



INSTYTUT OCHRONY ŚRODOWISKA – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL PROTECTION – NATIONAL RESEARCH INSTITUTE

Opracowanie i wdrożenie Strategicznego Planu Adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu

**Adaptacja wrażliwych sektorów i obszarów Polski
do zmian klimatu do roku 2070**



**SFINANSOWANO ZE ŚRODKÓW NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ
NA ZAMÓWIENIE MINISTERSTWA ŚRODOWISKA**

Warszawa, wrzesień 2013

Spis treści

1.	Synteza.....	5
2.	Wstęp.....	18
3.	Cele i zadania.....	19
4.	Podstawy działań adaptacyjnych.....	19
5.	Ocena aktualnych i przewidywanych zmian klimatu do końca XXI w. w oparciu o scenariusze zmian klimatu	21
5.1.	Zmiany klimatu w skali globalnej i europejskiej	21
5.2.	Aktualne i przewidywane zmiany klimatu w skali krajowej i regionalnej	24
6.	Wpływ zmian klimatu, wrażliwość i adaptacja do zmian	40
6.1.	Rolnictwo	40
6.2.	Leśnictwo	54
6.3.	Zasoby i gospodarka wodna	65
6.4.	Bioróżnorodność i ekosystemy	81
6.5.	Strefa wybrzeża i gospodarka morską.....	94
6.6.	Energetyka.....	104
6.7.	Budownictwo	118
6.8.	Transport	125
6.9.	Górnictwo.....	132
6.10.	Gospodarka przestrzenna i miasta.....	143
6.11.	Zdrowie	153
6.12.	Turystyka i rekreacja.....	167
7.	Horyzontalne aspekty adaptacji.....	171
8.	Społeczności lokalne	175
9.	Nadzwyczajne zagrożenia	184
10.	Ocena zagrożeń i korzyści środowiskowych, społecznych i gospodarczych.....	203
11.	Zgodność działań adaptacyjnych w Polsce z priorytetami adaptacji w UE	211
12.	Obserwacje i system ostrzegania	216
13.	Badania naukowe.....	225
14.	Edukacja i informacja.....	230
15.	Wnioski dla rozwoju społeczno-gospodarczego Polski w kontekście zmian klimatu.	
Kierunki działań adaptacyjnych		242
15.1.	Zadania dla Polski wynikające ze Strategii UE w zakresie przystosowania się do zmiany klimatu	242
15.2.	Kierunki działań adaptacyjnych	244
15.3.	Wytyczne do przyszłych polityk sektorowych i regionalnych.....	246
15.4.	Zadania adaptacyjne administracji państwowej i samorządowej.....	247
15.5.	Niezbędne regulacje prawne i mechanizmy finansowe	249
15.6.	Monitoring wdrażania i wskaźniki realizacji działań adaptacyjnych.....	250
Literatura		253

Spis załączników

1. Lista autorów ekspertyz wykonanych w ramach projektu KLIMADA
2. Ekspertyzy badawcze wykonane w ramach projektu KLIMADA
3. Wpływ działań adaptacyjnych na analizowane sektory
4. Zgodność działań adaptacyjnych z priorytetami adaptacji w UE
5. Projekty badawcze dotyczące zmian klimatu i adaptacji do tych zmian i ich skutków
6. Wykaz działań adaptacyjnych w pakiecie podstawowym, rozszerzonym i pełnym
7. Proponowany zakres odpowiedzialności za realizację działań adaptacyjnych
8. Wykaz skrótów

1. Synteza

Postawy tworzenia strategii adaptacyjnej w Polsce

Konieczność opracowania strategii adaptacyjnej (Strategicznego Planu Adaptacyjnego) wynika ze stanowiska Rządu przyjętego w dniu 19 marca 2010 r. przez Komitet Europejski Rady Ministrów jako wypełnienie postanowień dokumentu strategicznego Komisji Europejskiej – Białej Księgi (COM(2009)147) ws. adaptacji do zmian klimatu. Zgodnie z tym stanowiskiem Rządu Strategia obejmuje:

- przygotowanie do adaptacji sektorów najbardziej wrażliwych na zmiany klimatu tj: rolnictwa i obszarów wiejskich; zasobów i gospodarki wodnej, strefy wybrzeża i obszarów morskich; zdrowia człowieka, zwierząt i roślin oraz niektórych sektorów gospodarczych,
- włączenie strategii adaptacyjnych do strategii i polityk społeczno-gospodarczych na poziomie kraju i regionów oraz sektorów, zwłaszcza do programów rozwoju regionalnego,
- wymianę informacji o wdrażanych przedsięwzięciach i zwiększanie świadomości społeczeństwa.

Stanowisko Rządu stworzyło podstawy do uruchomienia w latach 2011-2013 projektu KLIMADA „Opracowanie i wdrożenie strategicznego planu adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu”, który był realizowany w latach 2011-2013 na zlecenie Ministra Środowiska przez IOŚ-PIB wraz z zespołem ekspertów zewnętrznych.. Rezultaty tego projektu stanowiły podstawę do przygotowania Strategicznego Planu Adaptacji do roku 2020 z perspektywą do roku 2030 (SPA 2020). Dokument stanowi pierwszy krok w kierunku zdefiniowania długofalowej wizji adaptacji do zmian klimatu do roku 2070.

Aktualne i przewidywane zmiany klimatu w Polsce

Klimat Polski wykazuje od końca XIX wieku systematyczną tendencję rosnącą temperatury powietrza ze znaczącym wzrostem od roku 1989. Opady nie wykazują jednokierunkowych tendencji. Zmieniła się natomiast struktura opadów głównie w cieplej porze roku; opady są bardziej gwałtowne, krótkotrwałe, niszczycielskie powodujące coraz częściej powodzie i podtopienia. Jednocześnie zanikają opady niewielkie (poniżej 1 mm/dobę).

Symulowana temperatura wykazuje wyraźną tendencję wzrostową na obszarze całego kraju, większe ocieplenie jest spodziewane pod koniec stulecia. Przyrosty temperatury są zróżnicowane regionalnie i sezonowo. Najsilniejsze wzrosty temperatury w ostatnim trzydziestolecu XXI wieku, powyżej 4.5°C w zakresie temperatur minimalnych, są obserwowane zimą w regionie północno-wschodnim kraju, a w przypadku temperatur wysokich – latem w Polsce południowo-wschodniej. Ze wzrostem temperatury związane są zmiany w przebiegu wszystkich wskaźników klimatycznych opartych na tej zmiennej. Wyraźna jest tendencja wydłużenia termicznego okresu wegetacyjnego, spadek liczby dni z temperaturą minimalną mniejszą od 0°C i wzrost liczby dni z temperaturą maksymalną wyższą od 25°C, przy zróżnicowaniu przestrzennym tych charakterystyk.

W przypadku opadu tendencje są mniej wyraźne; symulacje wskazują na pewne zwiększenie opadów zimowych i zmniejszenie opadów letnich pod koniec stulecia. Charakterystyki opadowe wskazują na wydłużenie okresów bezopadowych, wzrost sumy opadów maksymalnych oraz skrócenie okresu zalegania pokrywy śnieżnej.

Skutkiem ocieplania się klimatu jest wzrost występowania groźnych zjawisk pogodowych.

Ocena wrażliwości sektorów

Rolnictwo. Wraz ze wzrostem temperatury polepszają się warunki klimatyczne do uprawy roślin ciepłolubnych w Polsce. Wzrost temperatury w okresie późno-zimowym i wczesnowiosennym przyspiesza początek okresu wegetacyjnego i stwarza możliwość wcześniejszego rozpoczęcia prac polowych oraz wypasu bydła. Wcześniejszy siew odbywa się często w warunkach dostatecznego uwilgotnienia gleby, co pozwala uniknąć negatywnych skutków ewentualnych susz wiosennych.

Wydłużenie sezonu wegetacyjnego, wpływa na wydłużenie okresu wypasu oraz produktywność gatunków i odmian roślin wchodzących w skład bazy paszowej. W okresie zimowym łagodniejszy przebieg temperatur sprzyja obniżeniu kosztów ogrzewania budynków w chowie drobiu i trzody chlewnej. Niemniej większa zmienność plonowania roślin uprawnych z roku na rok powodowana niekorzystnym przebiegiem pogody zwiększyła ryzyko prowadzenia gospodarstwa. Wzrasta ryzyko braku pasz w gospodarstwie lub wysokich cen pasz w latach niekorzystnych dla produkcji roślinnej. Większe zagrożenie dla roślin i zwierząt spowodowane nowymi chorobami i szkodnikami generuje dodatkowe koszty.

Pogłębiający się niedobór wody może powodować w rolnictwie stopniowe zmniejszanie się efektywności nakładów na produkcję. W produkcji roślinnej przejawia się to występowaniem dużych wahań plonów (lata urodzaju i nieurodzaju). W miarę podnoszenia się ogólnego poziomu agrotechniki i plonów coraz większego znaczenia nabiera ilość i jakość wody dostępnej dla roślin. Niedobór wody, rzadziej jej nadmiar, staje się coraz częściej przyczyną niewykorzystania możliwości produkcyjnych, jakie stwarzają warunki termiczno-energetyczne środowiska przyrodniczego i nowoczesne technologie. Dotyczy to przede wszystkim środkowej części Polski, gdzie obecnie woda staje się czynnikiem ograniczającym wydajność produkcji roślinnej.

Wyższa temperatura w okresie letnim powoduje dodatkowy stres termiczny dla zwierząt, co może wpływać na zmniejszenie produktywności stad, a w przypadku bydła mlecznego zmniejszać mleczność oraz cechy jakościowe mleka. Podczas okresów z wysoką temperaturą w pomieszczeniach inwentarskich, które wymagają chłodzenia, następuje wzrost kosztów zużycia energii elektrycznej, związany z wprowadzeniem wspomagającej wentylacji mechanicznej lub klimatyzacji pomieszczeń. Wysoka temperatura powietrza w sezonie wegetacyjnym powoduje ograniczenie wypasu, pozostawianie bydła w budynkach wiąże się z koniecznością zwiększenia izolacji termicznej stropów i wiat na okres lata oraz z koniecznością wyposażenia pomieszczeń inwentarskich w systemy schładzania powietrza i większe moce wentylacji. Stres termiczny będzie zwiększać zapotrzebowanie na wodę w produkcji zwierzęcej. Wyższa temperatura wymaga rozbudowy urządzeń chłodniczych także w przechowalnictwie surowców zwierzęcych (jaj, mleka i mięsa), co wpływa na wzrost zapotrzebowania na energię, a tym samym na koszty produkcji.

Leśnictwo. Zmiany zachodzące współcześnie, głównie zmiany temperatury i opadów, nie odpowiadają warunkom klimatycznym, w których kształtowało się optimum ekologiczne gatunków współczesnych ekosystemów, a tempo tych zmian przekracza zdolności adaptacyjne ekosystemów. Istotne jest, że przez terytorium kraju przebiegają naturalne, jak i ukształtowane w wyniku działalności gospodarczej człowieka granice zasięgów głównych, lasotwórczych gatunków drzew. Obserwowane i prognozowane zmiany warunków klimatycznych wiążą się z przesunięciem optimum ekologicznego gatunków drzew na północny-wschód oraz w wyższe partie w górach. Zmiany zasięgów dotyczą nie tylko zespołów roślinnych, ale także ich konsumentów, a więc owadów, ptaków, ssaków i innych grup zwierząt. Stąd też problem o zasadniczym znaczeniu dla trwałości lasów i przyszłości gospodarki leśnej pojawia się na poziomie ekosystemowym. Przekształceniom ulegną

bowiem dotychczasowe relacje międzygatunkowe, a zmiany – również na poziomie krajobrazu, będą dotyczyły reakcji gatunków na środowisko abiotyczne.

Ocena wrażliwości lasów i gospodarki leśnej oraz całego sektora leśno-drzewnego na zmiany warunków klimatycznych, zawiera zarówno negatywne jak i pozytywne elementy i można ją zawrzeć w następujących punktach:

- zmiana lokalizacji lasów i przesunięcie się optimum ekologicznego dla wielu gatunków drzew; przesunięcie lub zanik niektórych formacji leśnych;
- zmniejszenie (choć niekiedy zwiększenie) produktywności ekosystemów, zarówno drewna, jak i produktów niedrzewnych, na jednostkę powierzchni;
- zmiany w typie i nasileniu występowania szkodników i chorób;
- uszkodzenie funkcji ekosystemowych tj. cykli geobiochemicznych i przemian energii (rozkład i mineralizacja materii organicznej);
- wzrost lub spadek retencji elementów odżywczych;
- zmiany cykli reprodukcyjnych (pogorszenie lub poprawa warunków odnawiania się lasów);
- zmiany wartości/atrakcyjności ekosystemów leśnych jako miejsc wypoczynku i rekreacji.

Zasoby i gospodarka wodna. Zasoby wód powierzchniowych w Polsce są szczególnie wrażliwe na warunki klimatyczne przede wszystkim na wahania opadów i parowanie. Średnie przepływy roczne na większości analizowanych rzek w wieloletnim okresie 1951-2000 miały nieznaczną tendencję rosnącą. Wzrost przepływu jest obserwowany przeważnie na rzekach położonych we wschodnich częściach dorzecza Wisły i Odry oraz rzekach Przymorza, a jego spadek na rzekach w zachodnich częściach tych dorzeczy, nie licząc górnych odcinków sudeckich dopływów Odry.

Wyniki symulacji z różnych modeli RCM/GCM wskazują na znaczne zróżnicowanie kierunku i intensywności prognozowanych zmian. Większość modeli wskazuje na wzrost, o różnym natężeniu średniego rocznego odpływu zwłaszcza na terenach górskich oraz brak zmian na pozostałym obszarze. W pierwszym okresie prognostycznym (2021-2050) prognozowany jest wzrost średnich rocznych przepływów od 14,83% do 111,92%. W drugim okresie (2071-2100) prognozowane zmiany są mniej intensywne i wahają się od 10,76% do 58,76%.

W latach 1997-2003, odnotowano wzrost częstotliwości występowania wzebrań, a jednocześnie wyraźny wzrost odpływu i to zarówno w półroczu zimowym, jak i letnim. W tych latach Polska doświadczyła szeregu katastrofalnych powodzi. Częstotliwość przepływów maksymalnych rzek o prawdopodobieństwie 1% (woda stuletnia) wzrosła dwukrotnie w latach 1981-2000 w porównaniu z latami 1961-1980.

Średnia roczna liczba dni z pokrywą śnieżną w okresach ze zmienionym klimatem a okresem referencyjnym wykazuje tendencję spadkową. W okresie 2021-2050 pokrywa śnieżna będzie zalegała średnio o 28 dni krócej niż w okresie 1971-2000. Pod koniec XXI wieku pokrywa śnieżna będzie zalegała średnio tylko 37 dni, średnio o 51 dni krócej niż w okresie referencyjnym.

Wyniki wszystkich analizowanych modeli klimatycznych symulują wzrost temperatury wody. Najwyższy wzrost temperatury wody nawet o 4°C prognozowany jest dla miesięcy wiosennych (kwiecień, maj) oraz w grudniu. Do połowy bieżącego dziesięciolecia średnie wartości potrzeb wodnych kraju dla całego XXI wieku będą nieznacznie rosły. W przemyśle, energetyce i gospodarce komunalnej wdrażanie mniej wodochłonnych technologii i bardziej efektywne wykorzystywanie zasobów spowoduje, że zużycie wody w tych

sektorach będzie spadać przez cały okres prognozowania pomimo znacznego zwiększenia wolumenu produkcji przemysłowej.

Jedynym sektorem, w którym średnie roczne potrzeby wodne wykazują stałą tendencję rosnącą jest rolnictwo. Wraz z rozwojem technicznym rolnictwa będzie rosła jego efektywność ekonomiczna, pociągając za sobą zwiększone zużycie wody. Zmiany klimatu wymuszają konieczność intensyfikacji sztucznych nawodnień rolnych, co sprawia, że pojawia się wyraźny trend rosnący potrzeb wodnych, które w pierwszym okresie wynoszą ok. 30% a w końcu XXI wieku przekraczają stan obecny o ok. 40-125 %.

Potrzeby wodne są zróżnicowane regionalnie i są funkcją strategii rozwojowych. Największy wzrost potrzeb w stosunku do stanu aktualnego w pierwszym okresie prognozowania będzie w województwach centralnych i wschodnich oraz lubuskim, a w drugim okresie tendencja ta utrzyma się z wyjątkiem województw centralnych, gdzie zapotrzebowanie na wodę będzie na poziomie dostępnych zasobów. Dla pierwszego okresu prognostycznego sytuacja najgorzej przedstawia się w województwie mazowieckim i świętokrzyskim, gdzie potrzeby nieomal zrównują się z zasobami. Ogólna sytuacja pogorszy się w drugim okresie w stosunku do okresu pierwszego prognozowania w województwach opolskim, kujawsko-pomorskim i lubelskim.

Bioróżnorodność. Wrażliwość gatunków i siedlisk jest nie tylko uwarunkowana zmianami temperatury czy opadów, lecz także zmianami częstotliwości i amplitudy zjawisk ekstremalnych, takich jak powódzie, wichury, ulewy. Wpływ wymienionych warunków spowoduje zmiany w zasięgu występowania gatunków, wielkości populacji, parametrach rozrodu, a w konsekwencji całej bioróżnorodności.

Spodziewane ocieplenie się klimatu spowoduje intensyfikację migracji gatunków z Europy Południowej, z równoczesnym wycofywaniem się tych gatunków, które nie są przystosowane do wysokich temperatur i suszy latem, a dobrze znoszą ostre mrozy.

Wpływ zmian klimatu na bioróżnorodność był rozpatrywany w dwóch aspektach: z punktu widzenia siedlisk przyrodniczych i gatunków oraz zmienności przestrzennej wynikającej z położenia geograficznego.

Grupa siedlisk nadbrzeżnych i słonaw obejmująca siedliska morskie i przymorskie jest jedną z najbardziej wrażliwych na przewidywane zmiany środowisk morskich związane z ociepleniem klimatu. Główne zagrożenia dla grupy siedlisk na wydmach nadmorskich i śródlądowych wiążą się ze wzrostem poziomu morza i możliwym zmniejszeniem ich powierzchni oraz wzrostem siły wiatrów i wysokości fal.

Grupa siedlisk wód słodkich płynących i stojących jest bardzo wrażliwa na zmiany klimatyczne takimi jak wzrost opadów nawałnych, okresy suche, intensyfikacja procesów eutrofizacji wód stojących i płynących. Biorąc pod uwagę tempo zanikania jezior, a także prognozowane zmiany klimatyczne, można oczekiwać, że zdecydowana większość jezior mazurskich zaniknie w ciągu najbliższych 100 lat. Podobnie wysoka wrażliwość na zmiany w środowisku wodnym cechuje siedliska z grupy torfowisk, trzęsawisk i źródlisk śródlądowych. Zmiany w reżimie opadowym i wzrost ewapotranspiracji w połączeniu z antropogenicznymi odwodnieniem ich stanowi istotne zagrożenie dla tych siedlisk. Zanik bagien, małych zbiorników wodnych, a także potoków i małych rzek jest największym zagrożeniem dla licznych gatunków, które bądź to bezpośrednio bytują na tych terenach, bądź korzystają z nich jako rezerwuarów wody pitnej. Dotyczy to też łąk wilgotnych i pastwisk, będących siedliskiem dla wielu roślin łąkowych, które zostały w ostatnich dekadach wytrzebione na rzecz monokultur trawy oraz będących ważną bazą pokarmową dla licznych gatunków zwierząt.

Grupy wrzosowisk i zarośli oraz naturalnych i półnaturalnych formacji łąkowych i muraw są także zagrożone przez obniżenie poziomu wód gruntowych i częste susze. Zjawiska te będą powodować ich stopniowe przechodzenie od postaci wilgotnych i świeżych do bardziej termofilnych. W górach wrażliwe na zmiany klimatu są objęte są zbiorowiska muraw alpejskich, szczególnie narażone na zanikanie w miarę przesuwania w górę pięter termicznych.

Spośród siedlisk leśnych do najbardziej zagrożonych należy zaliczyć siedliska lasów bagiennych, z powodu spadku poziomu wód gruntowych, lasy wysokogórskie i silnie termofilne lasy dębowe oraz niektóre postaci lasów na stokach południowych i zachodnich, szczególnie narażonych na skutki susz wiosenno-letnich.

Silnie narażone na utratę wartości będą obszary Natura 2000 desygnowane dla ochrony pojedynczego przedmiotu, który jednocześnie jest silnie zagrożony zmianami klimatycznymi, w wyniku których może on doznać znaczącego pogorszenia parametrów struktury i funkcji, w stosunkowo krótkim czasie. Obszary Natura 2000 leżące w pasie Nizin Polskich należy generalnie uznać za silnie narażone, co związane z obniżaniem poziomu wód gruntowych.

Strefa wybrzeża. Zmiany klimatu w strefach brzegowych będą miały negatywny wpływ na ich stan. Skutki zmian klimatu w tym obszarze można podzielić na dwie grupy: związane z procesami fizycznymi (wzrost poziomu morza, zanik pokrywy lodowej, wzrost intensywności falowania i spiętrzeń sztormowych) oraz te o charakterze ekologicznym (zagrożenie dla bioróżnorodności, inwazje gatunków obcych).

Spośród terenów o unikalnej wartości przyrodniczej zagrożone są obszary Słowińskiego Parku Narodowego i Wolińskiego Parku Narodowego oraz Nadmorskiego Parku Krajobrazowego. Zmiany klimatu spowodują ogromne zakłócenia funkcjonowania ekosystemów w ich obszarach i wzrost kosztów na utrzymanie funkcji związanych z ochroną przyrody. Na skutek spiętrzeń sztormowych, spowodowanych większą ilością i rosnącą siłą sztormów, fragmentacją zagrożony jest obszar Półwyspu Helskiego oraz mierzeje jezior przymorskich.

Miastem najbardziej zagrożonym powodzią od strony morza jest Gdańsk. Bezpośrednio zagrożone są również Szczecin, Świnoujście i Kołobrzeg. Wielkość szkód na terenach miast jest wysoka z powodu dużego zagęszczenia zabudowy miejskiej, dodatkowo rozmiary powodzi zwiększa uszczelnienie powierzchni terenu.

Wzrost poziomu morza oraz przewidywane zmiany w systemie opadów są czynnikami przyspieszającymi recesję klifów. Na skutek erozji morskiej nastąpi utrata co najmniej 120 km² powierzchni kraju.

Zmiany klimatyczne będą także generować straty związane z ekologią Morza Bałtyckiego, a więc będą istotnie wpływać na funkcjonowanie stref brzegowych w Polsce. Zmniejszanie się wlewów dobrze natlenionej powierzchniowej wody słonej z Morza Północnego do Bałtyku spowoduje, pogłębienie się jego wrażliwości na niekorzystne zmiany ekologiczne. Może to spowodować dramatyczny zanik cennych gatunków ryb, ogólne zmniejszenie się bioróżnorodności, inwazję gatunków obcych oraz pogorszenie warunków do rekreacji i turystyki, a zatem spadek dochodów tych sektorów.

Energetyka. Sektor energetyki jest relatywnie mało wrażliwy na zmiany klimatu. Wzrost temperatury jest korzystny z punktu widzenia zapotrzebowania na ciepło. Zmniejsza zapotrzebowanie, przede wszystkim na ogrzewanie pomieszczeń, a także wyrównuje zmiany obciążenia w wyniku zmniejszenia różnic między zapotrzebowaniem minimalnym i maksymalnym, co dotyczy to zarówno energii elektrycznej i ciepła. Wzrost temperatury może jednak wpływać na zwiększenie zapotrzebowania na chłód, a tym samym na energię

elektryczną. W przypadku zapotrzebowania nie można zatem wskazać prawdopodobnych zagrożeń i strat.

Najczulszą, z punktu widzenia zmian klimatu, składową sektora energetyki jest infrastruktura wykorzystywana do dystrybucji energii elektrycznej. Już obecnie obfite opady śniegu połączone z przechodzeniem temperatury przez wartość 0°C powodują masowe awarie sieci niskiego napięcia i nawet kilkudniowe braki zasilania, głównie na obszarach wiejskich. Wzrost temperatury w warunkach krajowych spowoduje, że zimą dni o temperaturze ok. 0°C znacznie przybędzie. Wzrastały będą zatem straty spowodowane brakiem zasilania w energię elektryczną.

W przypadku elektrowni i elektrociepłowni gazowych wraz ze wzrostem temperatury powietrza następuje niewielka utrata mocy osiągalnej i sprawności. Istotnym problemem w elektrowniach ciepłych jest dostępność wody dla potrzeb chłodzenia i uzupełniania obiegu.

Rozwój technologiczny zmniejszy energochłonność poszczególnych sektorów gospodarki. Energooszczędność struktur budowlanych, odpowiednie materiały, inteligentna obudowa budynku, systemy odpowiednio zarządzane i sterowane spowodują, że budynki będą zeroenergetyczne w odniesieniu do ciepła na potrzeby ogrzewania pomieszczeń. Natomiast będą produkować energię elektryczną i ciepło, które będą wykorzystywane do zaopatrywania budynków, a nadmiar energii będzie magazynowany lub oddawany do sieci elektroenergetycznej lub ciepłowniczej. Wraz ze wzrostem średniej temperatury wzrośnie efektywność działania ciepłych systemów słonecznych. Zmiany klimatu będą więc miały korzystny wpływ w tym zakresie. Ponadto przyszłe technologie energetyczne OZE będą mniej wrażliwe na zmiany klimatu, co zapewni odpowiedni rozwój poszczególnych technologii i ich adaptację do nowych warunków.

Budownictwo. Za najbardziej wrażliwe na zmiany klimatu należy uznać budownictwo mieszkaniowe na terenach zurbanizowanych (miejskie) oraz na terenach wiejskich (zagrodowe budownictwo kubaturowe). Pozostałe rodzaje, tj. budownictwo przemysłowe i użyteczności publicznej, wykazują większą odporność na zmiany klimatu.

Konstrukcja nośna obiektów budownictwa mieszkaniowego na terenach zurbanizowanych jest wrażliwa na czynniki klimatyczne. Przy zmieniających się warunkach klimatycznych stosowane obecnie normy i wskaźniki będzie trzeba dostosować do tych zmian.

Tradycyjne budownictwo mieszkaniowe jest obarczone błędami systemowymi ujawniającymi się w postaci niejednorodności termoizolacji obudowy, a tym samym podatnym na zmiany temperatury i nie zapewniającym komfortu termicznego w warunkach niskich lub wysokich temperatur. W użytkowanych obecnie budynkach mieszkalnych najbardziej wrażliwe na zmiany klimatu są instalacje: wodno-kanalizacyjna, grzewcza oraz wentylacyjno-klimatyzacyjna. Budynki wiejskie najczęściej są budowane w technologii tradycyjnej, z elementów drobnowymiarowych i stropów z pustaków lub płyt żelbetowych przy braku izolacji, właściwych zabezpieczeń antykorozyjnych czy odwodnień, więźba dachowa z reguły jest drewniana. Ponadto rozproszenie przestrzenne budownictwa wiejskiego sprawia, że budynki są szczególnie podatne na ekstremalne zjawiska klimatyczne (wiatr, ulewy, powodzie, osuwiska).

Budownictwo usługowe i produkcyjne na terenach wiejskich takie jak: magazyny, szklarnie oraz naziemne stalowe zbiorniki na gnojowicę wrażliwe są na silne podmuchy wiatru lub na intensywne opady śniegu.

Instalacje przemysłowe nieosłonięte są szczególnie wrażliwe na warunki klimatyczne, zwłaszcza na opady, silny wiatr czy wyładowania atmosferyczne (wieże, maszty, dźwigi, zbiorniki i in.). Wzrost gwałtowności działania porywów wiatru jest szczególnie niebezpieczny dla obiektów wysokich i wysokościowych. Oprócz budynków

wysokościowych na oddziaływanie wiatru szczególnie narażone są konstrukcje halowe, wieże, mosty, wiadukty, estakady.

Wyjątkową wrażliwością na podwyższoną temperaturę charakteryzują się: szpitale, hospicja, domy opieki i przedszkola, które w okresie lata muszą być wyposażone w klimatyzację ze względu na stres termiczny.

Narażone na bardzo wysoką lub bardzo niską temperaturę powietrza oraz silne wiatry i intensywne opady atmosferyczne, szczególnie na etapie prowadzenia robót budowlanych i remontowych są także takie obiekty, jak: skocznie i wyciągi narciarskie, schroniska górskie, przystanie jachtowe.

Grupą podatną na zagrożenia związane ze zmianami klimatu są obiekty zabytkowe, na które w sposób destrukcyjny mogą wpływać również częstość występowania i gwałtowność opadów, z dużą ich zmiennością w czasie, silne wiatry, wzrost poziomu wód gruntowych, zwiększenie liczby powodzi będących następstwem ulewnych, gwałtownych deszczy. Wysoki poziom wód gruntowych jest szczególnie niebezpieczny dla budynków także zabytkowych, nieposiadających izolacji przeciwwodnej.

Transport. Analiza przewidywanych zmian klimatu dowodzi, że oczekiwane zmiany w perspektywie końca wieku będą negatywnie oddziaływać na transport. Dotyczy to wszystkich kategorii transportu czyli drogowego, kolejowego, lotniczego i żeglugi śródlądowej. Największym zagrożeniem dla transportu mogą być zmiany w strukturze występowanie zjawisk ekstremalnych oraz zwiększenie opadu zimowego. We wszystkich wymienionych kategoriach największą wrażliwość na warunki klimatyczne wykazuje infrastruktura, która jest budowana na długi okres funkcjonowania (np. 100 lat).

Infrastruktura transportu drogowego i kolejowego jest najbardziej wrażliwa na czynniki klimatyczne przede wszystkim na: silny wiatr, opady śniegu, oblodzenie, deszcz i mróz. Ze względu na prognozowane zmiany struktury opadów większego znaczenia nabierze m.in. poprawne określanie światła mostów i przepustów, projektowanie drogi na dojazdach do mostów, problem osuwisk i zagadnienia związane z odwodnieniem powierzchni transportowych oraz przejść podziemnych, tuneli i in. Równie niekorzystne jest oddziaływanie wysokich temperatur (upałów) szczególnie długotrwałych na infrastrukturę drogową i kolejową. Istotny jest problem oddziaływania wysokich temperatur na nawierzchnie powierzchni komunikacyjnych.

Transport lotniczy najbardziej wrażliwy jest na warunki pogodowe w czasie startu i lądowania (silny wiatr, oblodzenie, opady śniegu). Wyższa temperatura powietrza będzie rzutować na gęstość powietrza i tym samym powodować konieczność zwiększenia szybkości samolotów, zwłaszcza w fazie wznoszenia, zużycie większej ilości paliwa, natomiast w fazie startu rzadsze powietrze wymagać będzie dłuższych pasów startowych lub ograniczenia ładunku. Infrastruktura lotnicza podlega takim samym wpływom klimatu, jak każda infrastruktura budowlana i techniczna.

Śródlądowy transport wodny jest wrażliwy na warunki wodne w rzekach (niskie i wysokie stany wody oraz zlodzenie)

Górnictwo: Sektor górnictwa węgla kamiennego i brunatnego ze względu na zajmowaną powierzchnię zakładów wydobywczych oraz rozbudowaną infrastrukturę jest szczególnie narażony na działanie niekorzystnych zjawisk klimatycznych. Zakłady wydobywcze zmieniają stosunki wodne i rzeźbę terenu, niekorzystnie wpływają na ekosystemy i uprawy, obniżają walory estetyczne i uzdrowiskowe terenów sąsiednich.

Obiekty kubaturowe, wieże szybowe i wyciągowe są narażone na wszelkiego typu oddziaływania zewnętrzne w tym na intensywne zjawiska pogodowe. Wyniki ankiety przeprowadzonej w kopalniach węgla kamiennego i brunatnego wskazują, że najistotniejsze

negatywne znaczenie mają deszcze nawalne/ułewy o dużej intensywności, huragany oraz powodzie. Oprócz utrudnień w transporcie wewnątrz zakładowym silne opady i wiatry powodują erozję wodną i wietrzną na skarpach i półkach składowisk i obwałowaniach osadników

Pozytywne działanie na wszystkie elementy sektora górniczego mają: niski stan wód oraz duże nasłonecznienie. W zakładach głębinowych większa liczba elementów jest szczególnie narażona na oddziaływanie silnych wiatrów – jest to związane z infrastrukturą przemysłową. Wspólnym elementem wrażliwym na silny wiatr (trąby powietrzne, huragany,) dla górnictwa głębinowego i odkrywkowego są linie energetyczne. Powyższe zjawiska pogodowe wraz z oblodzeniami występującymi w okresie zimowym mogą w istotny sposób wpływać na bezpieczeństwo funkcjonowania, w szczególności głębinowych zakładów wydobywczych. Brak zasilania zakładu wydobywczego głębinowego, skutkować może drastycznym obniżeniem poziomu bezpieczeństwa załogi pracującej w podziemnych wyrobiskach.

Wspólnymi elementami górnictwa głębinowego i odkrywkowego szczególnie narażonymi na zmiany klimatu są kanalizacja deszczowa, odwodnienie zwałów węgla, odwodnienie obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych, osadniki, drogi wewnętrzne i technologiczne na unieszkodliwiania odpadów wydobywczych, bocznice i szlaki kolejowe.

Gospodarka przestrzenna i miasta. Konsekwencje zmian klimatu, jakie zachodzą w środowisku, doprowadzą do narastania problemów związanych z gospodarowaniem przestrzenią, w tym konkurencji o wykorzystanie przestrzeni. Większość następstw dotyczy wszystkich regionów Polski, część z nich odnosi się jednak głównie do wybranych regionów geograficznych, lub obszarów funkcjonalno-przestrzennych. Do takich obszarów należą miasta, dla których największe zagrożenia powodują zjawiska związane ze zmianami klimatu jak np. zanieczyszczenie powietrza, czy powodzie. Na globalne zmiany klimatu nakłada się wpływ procesów urbanizacyjnych i intensywna działalność gospodarcza, co pogłębia negatywne oddziaływanie klimatu. Procesy te sprzyjają rozrostowi miast i zajmowaniu nowych obszarów często marginalnych szczególnie wrażliwych na konsekwencje zmian klimatu (np. obszary zalewowe). Duża gęstość zaludnienia i różnorodność grup społecznych i wiekowych sprawia, że wrażliwość na takie zmiany jest wyższa niż w regionach pozamiejskich.

Wysokie temperatury powietrza w dużych miastach zwiększają efekt miejskiej wyspy ciepła (MWC). Intensywność miejskiej wyspy ciepła jest wyraźnie zależna od udziału terenów biologicznie czynnych i systemu wentylacji, w nieco mniejszym zaś stopniu istotny jest wskaźnik intensywności zabudowy czy funkcja odległości od centrum miasta. Prognozowane zwiększenie częstotliwości i intensywności fal upałów może pogłębiać zjawiska związane z MWC i jej skutkami dla warunków życia i zdrowia ludzi.

Nadmiary wody w miastach sprowadzają się do dwóch kwestii: powodzi i podtopień. O ile powodzie zagrażają większości miast położonych w dolinach rzecznych (powodzie rzeczne) i w strefie wybrzeża (powodzie od strony morza), o tyle podtopienia mogą wystąpić w każdym miejscu jako efekt gwałtownych ulew (powodzie nagłe), intensywnych długotrwałych opadów, czy roztopów.

W obliczu zmian klimatu można oczekiwać coraz częstszych powodzi miejskich generowanych głównie przez nawalne opady deszczu. Zagrożenie tym rodzajem powodzi większa niewydolność systemu odwadniającego oraz uszczelnienie powierzchni terenu ograniczającego możliwości retencji wodnej.

Wraz ze wzrostem temperatur i związanych z nimi fal gorąca i długich okresów bezopadowych zwiększać się będzie zagrożenie suszami, pogłębiające niedobór wody. Długie okresy bezopadowe skutkują zarówno spadkiem wilgotności gleby w wyniku intensywnego

parowania, jak i obniżeniem się przepływów w rzekach i zwierciadła wód podziemnych, co może utrudniać zaopatrzenie w wodę.

Zdrowie. Wzrost ryzyka zgonu lub choroby podczas fal gorąca jest związany nie tylko z wysoką temperaturą powietrza, ale także dużym natężeniem promieniowania słonecznego oraz wysoką wilgotnością powietrza. W Polsce najwyższy wzrost ryzyka zgonu towarzyszy dużemu stresowi gorąca i wynosi dla zgonów z ogółu przyczyn +23% w stosunku do warunków termoneutralnych i +24% dla zgonów z powodu chorób układu krążenia. Grupami szczególnie wrażliwymi na wpływ wysokiej temperatury są osoby starsze i małe dzieci, u których łatwo dochodzi do zaburzeń gospodarki cieplnej organizmu, oraz osoby ze specyficznymi schorzeniami.

W nadchodzących 90 latach można się spodziewać znaczącego wzrostu liczby zgonów spowodowanych dysfunkcjami układu krążenia. Mimo zmniejszenia się liczby ludności w Polsce pod koniec XXI w. liczba zgonów z tych przyczyn wzrośnie w stosunku do stanu obecnego średnio o około 20-30%. Podstawową, klimatyczną przyczyną tego wzrostu jest obciążający stres wysokiej temperatury. W okresie zimowym najbardziej niebezpieczne dla organizmu są duże, nagłe spadki temperatury powietrza, które mogą stać się przyczyną nagłych zgonów, zwłaszcza osób starszych z chorobami tętnic czy z chorobą niedokrwienną serca. W warunkach zmieniającego się klimatu i zwiększonej zmienności zjawisk takie sytuacje będą się nasilać. Pozytywnym skutkiem postępującego ocieplenia okresów zimowych jest wyraźne zmniejszenie liczby zgonów z wychłodzenia organizmu. Pod koniec XXI wieku liczba takich zdarzeń może się zmniejszyć o 45-80%.

Ze wzrostem temperatury powietrza wiąże się także inwazja chorób odkleszczowych takich jak kleszczowe zapalenie mózgu, borelioza oraz babeszjoza. Symulacje zakładają wzrost liczby zachorowań na boreliozę od 20 do 50%.

W Polsce od kilkadziesiątu lat notuje się wzrost zachorowalności na alergię pyłkową, której główną przyczyną jest występowanie w powietrzu alergenów pyłku roślin wiatropylnych, przede wszystkim traw, na które jest uczulonych prawie 90% pacjentów z alergią pyłkową. Pod wpływem zmian klimatu, a zwłaszcza wzrostu temperatury obserwuje się m.in.: coraz wcześniejszy początek sezonów pyłkowych, zwłaszcza na wiosnę (drzewa wczesnowiosenne) – średnio o 6 dni, wydłużenie sezonu pyłkowego o 10-11 dni, wzrost stężenia rocznego pyłku, który jest zależny od regionu oraz migrację pyłku (transport daleki) i zasiedlenia nowymi gatunkami.

Prognozowany dla lata wzrost temperatury powietrza oraz wzrost liczby dni gorących o 12-32% będzie skutkował wzrostem zatruc salmonellą średnio o około 85% pod koniec wieku.

Turystyka i rekreacja. Wrażliwość sektora turystyki jest zróżnicowana regionalnie w zależności od zasobów środowiska przyrodniczego i kulturowych, na których jest oparta, a tym samym specyficznych aktywności turystycznych w regionach, zwłaszcza w górach i na pojezierzach. Zmiany klimatu będą wpływać na rozwój turystyki w Polsce poprzez wzrost atrakcyjności wybrzeża Bałtyku i pojezierzy w wyniku wzrostu temperatury i poprawy warunków solarnych w lecie. Sprzyjać turystyce w całym kraju będzie wydłużenie sezonu letniego w turystycznych regionach Polski umożliwiające poszerzenie oferty wypoczynku.

Jednocześnie należy oczekiwać zmniejszenia atrakcyjności turystycznej rejonów o wysokim ryzyku wystąpienia ekstremalnych zjawisk pogodowych i ich skutków i słabym systemie ostrzeżeń. W rejonach górskich w zimie pogorszeniu ulegną warunki do uprawiania sportów zimowych zwłaszcza w niższych partiach gór. Także utrata lub obniżenie wartości zasobów przyrodniczych w wyniku zmian klimatu (np. zanikanie jezior) będzie powodować spadek atrakcyjności turystycznej.

Natomiast wzrost częstości ekstremalnych zjawisk pogodowych będzie generować wyższe koszty ruchu turystycznego, co zmniejszy atrakcyjność polskich rejonów turystycznych zwłaszcza w porównaniu z innymi rejonami w Europie i na świecie.

Horyzontalne aspekty adaptacji

Wszystkie działania adaptacyjne mają charakter horyzontalny bowiem ich oddziaływanie dotyczy wielu dziedzin życia społecznego i gospodarczego. Do najwszechstronniejszych oddziaływań należy zaliczyć gospodarowanie zasobami wodnymi i ochronę przeciwpowodziową, ochronę wybrzeża, gospodarkę przestrzenną i działania na poziomie regionalnym i transgranicznym. Wszechstronnego podejścia do zmian klimatu wymagają obszary zurbanizowane i miasta. Skuteczna adaptacja powinna uwzględniać wszystkie aspekty związane z warunkami klimatycznymi tj. ulewy, silne wiatry, powodzie, wyspy ciepła i przewietrzanie miasta, obszary zielone i wodne. Aspekt społeczny ma także wymiar horyzontalny, ponieważ działania adaptacyjne włączające społeczeństwo mają znaczenie w przypadku większości sektorów.

Spolecności lokalne

Skuteczność działań adaptacyjnych zależy w dużym stopniu od zaangażowania w ich realizację społeczności i władz lokalnych. Z tego względu bardzo ważne jest włączanie społeczności lokalnych w proces planowania działań adaptacyjnych i zapewnianie szerokiego dostępu do informacji. Edukacja na tym poziomie ma szczególne znaczenie i powinna obejmować zarówno problematykę zmian klimatu, jak i wskazywać na konkretne metody zabezpieczenia przed nimi z uwzględnieniem specyfiki lokalnej. Świadomość konieczności podejmowania działań zapobiegawczych stopniowo wzrasta zwłaszcza na terenach często nawiedzanych przez zjawiska nadzwyczajne, czego przykładem są liczne inicjatywy lokalne prowadzących do zwiększenia odporności społeczności na zjawiska związane ze zmianami klimatu.

Nadzwyczajne zagrożenia

Spośród groźnych zjawisk klimatycznych lub związanych z warunkami klimatycznymi, które wykazują tendencje zmian należy wymienić powodzie rzeczne o zróżnicowanej tendencji zmian. Na większości rzek zmiany te nie są obserwowane. Jedynie na niektórych obserwuje się wzrost prawdopodobieństwa występowania przepływów maksymalnych. Wyraźnie wzrasta częstotliwość powodzi od strony morza na Bałtyku oraz występowanie błyskawicznych powodzi opadowych powodujących zalania i podtopienia oraz erozje. Występowaniu opadów ulewnych towarzyszą długie okresy bezdeszczowe powodujące susze glebowa. Wyraźną tendencję wzrostową wykazuje częstotliwość występowania trąb powietrznych i huraganowych wiatrów. W przypadku innych zjawisk takich jak grad czy gołoledź brak jest wystarczających danych do oceny tendencji zmian.

Ocena zagrożeń i korzyści środowiskowych, społecznych i gospodarczych

Pomimo deklaracji o wadze zagadnień klimatycznych i przeciwdziałaniu zmianom klimatu, władze prowadzą stosunkowo bierną politykę klimatyczną, co zwiększa zagrożenia polityczno-prawne dla skutecznego dostosowywania kraju do zmian klimatycznych. Zagrożeniem mogą być także bariery biurokratyczne i brak podstawowych dokumentów prawnych umożliwiających wdrażanie działań adaptacyjnych, a zwłaszcza uregulowania problemów gospodarki wodnej i planowania przestrzennego.

Ważnym czynnikiem jest nastawienie i świadomość społeczeństwa oraz jego chęć uczestniczenia w procesie wdrażania działań adaptacyjnych (wymiar socjo-kulturowy). Realizacja przedsięwzięć inwestycyjnych w zakresie adaptacji może przynieść najwięcej korzyści społeczno-gospodarczych, ale obciążona jest również największym ryzykiem wystąpienia czynników ograniczających. Zidentyfikowanie źródeł ryzyka i sytuacji

ryzykownych umożliwi sprawną implementację działań adaptacyjnych. W pierwszej pięcioletce, kiedy podejmowana jest pierwsza faza adaptacji, utrata PKB spowodowana przeniesieniem części wydatków rządowych na te cele sięga ponad półtora procenta. Z drugiej strony, w kolejnych dekadach, dzięki wybudowanej już infrastrukturze, PKB wzrośnie ze względu na to, że kapitał fizyczny wykorzystywany w bieżącej aktywności gospodarczej jest w dużo mniejszym stopniu niszczone przez ekstremalne zjawiska klimatyczne.

Oddziaływanie adaptacji do zmian klimatu na zatrudnienie jest znacząco silniejsze niż na PKB w pierwszych piętnastu latach wdrażania działań adaptacyjnych. W latach 2020-2030 działania adaptacyjne przynoszą wzrost zatrudnienia sięgający 1%. Po roku 2030 oddziaływanie pakietów adaptacji na zatrudnienie jest pomijalne i nie przekracza 0,1% PKB.

Wdrożenie działań adaptacyjnych przyczyni się do ograniczenia wpływu negatywnych konsekwencji zmian klimatu na działalność człowieka głównie poprzez zmniejszenie strat finansowych związanych z usuwaniem skutków wywołanych zmianami klimatu, a także konsekwencji społecznych. Korzyścią z wdrożenia działań jest tworzenie dodatkowego dobra publicznego, z którego mogą korzystać wszyscy ludzie.

Korzyścią gospodarcza są również pozytywne efekty zewnętrzne działań adaptacyjnych rozumiane jako *win-win adaptation*. Zmniejszenie np. wodochłonności gospodarki przyczyni się do uzyskania wymiernych oszczędności finansowych i ochrony środowiska.

Dostosowanie procesów społeczno-gospodarczych do warunków klimatycznych pomoże zmniejszyć i korzystnie przełoży się na jakość życia i poprawę warunków funkcjonowania ludności poprzez poprawę dostępu do niezbędnych zasobów i ich lepszą jakość.

Zgodność działań adaptacyjnych z priorytetami adaptacji w UE

Unijna Strategia Adaptacji do zmian klimatu (przyjeta w 2013 r.) jest dokumentem strategicznym, który nakreśla ramy i ukierunkowuje Europę na skuteczniejsze reagowanie na skutki zmian klimatu na poziomie UE i krajów członkowskich, a ponadto ustala terminarz działań na poziomie UE i krajów członkowskich w zakresie adaptacji do zmian klimatu. Celem ogólnym Strategii jest skuteczne zwiększenie odporności Europy na zmiany klimatu ze szczególnym zwróceniem uwagi na współpracę transgraniczną i międzysektorową zintegrowanymi na poziomie UE w ramach wspólnej polityki. Cel ten zostanie osiągnięty dzięki realizacji trzech celów czastkowych:

- 1) podejmowanie bardziej świadomych decyzji,
- 2) zwiększenie odporności terytorium UE,
- 3) zwiększenie odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu.

Strategia przyjęła trzy kluczowe wytyczne stanowiące podstawę do jej wdrażania. Są to: wspieranie działań w tworzeniu kompleksowej strategii adaptacyjnej w krajach UE, intensyfikacja rozwijania bazy wiedzy i wspieranie adaptacji na szczeblu UE w kluczowych sektorach podatnych na zagrożenia.

Zagadnienia adaptacji zostały już włączone do prawodawstwa w takich sektorach, jak: wody morskie, leśnictwo i transport oraz do instrumentów polityki w zakresie wód śródlądowych, różnorodności biologicznej oraz migracji i mobilności ludności.

Komisja uwzględniła adaptację do zmian klimatu w swoich wnioskach dotyczących wszystkich właściwych programów finansowania UE na lata 2014-2020 tj. europejskich funduszy strukturalnych i inwestycyjnych, Programu „Horyzont 2020” oraz Programu LIFE.

Komisja w 2017 r. przedstawi sprawozdanie dla Parlamentu Europejskiego i Rady na temat stanu wdrożenia strategii i w razie potrzeby przedstawi wniosek dotyczący jej przeglądu.

Przeprowadzona analiza zgodności zaproponowanych działań z dokumentami UE wykazała, że wszystkie zaproponowane działania są zgodne z legislacją UE.

Obserwacje i system ostrzegania

Obserwacje i pomiary stanowiące podstawę do monitorowania zmian klimatu i ich skutków w systemie przyrodniczym obejmują: pomiary i obserwacje meteorologiczne stanu atmosfery i klimatu; pomiary i obserwacje hydrologiczne ilości i jakości zasobów wodnych wód powierzchniowych i podziemnych oraz pokrywy śnieżnej; pomiary i obserwacje oceanograficzne oraz programy monitorowania zmian w powierzchni ziemi i biosfery.

Obserwacje i pomiary satelitarne prowadzone są w ramach systemu Światowej Organizacji Meteorologicznej i programu UE Copernicus (Globalny monitoring środowiska i bezpieczeństwa) i obejmują wszystkie elementy systemu Ziemi.

Pomiary i obserwacje prowadzone są przez szereg instytucji, wśród których podstawową rolę odgrywa Państwowa służba hydrologiczno-meteorologiczna w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej-PIB, a która prowadzi pomiary, obserwacje i badania podstawowych elementów klimatycznych w zakresie atmosfery, wód i Morza Bałtyckiego. Obserwacje wód podziemnych prowadzone są przez Państwową służbę hydrogeologiczną w Państwowym Instytucie Geologicznym-PIB.

Sieci pomiarowe obu służb są uzupełniane pomiarami prowadzonymi przez wiele uniwersytetów i instytutów badawczych, które koncentrują się albo na wąskich aspektach zmian klimatu (np. zmiany w lasach – Instytut Badawczy Leśnictwa) albo na zmianach regionalnych (Stacja w Puszczy Boreckiej – Instytut Ochrony Środowiska-PIB na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska). W ramach międzynarodowych programów badawczych tj IGBP, BAHC, GCTE, IGAC, PAGES, JGOFS, LOICZ, WCP, GCOS zbierane są informacje i dane o wszystkich podsystemach globalnego systemu środowiska. Uczestniczy w tym wiele instytucji naukowych z całego kraju.

Edukacja i informacja

Podnoszenie poziomu świadomości społecznej w dziedzinie adaptacji do zmian klimatu wymaga wzmoczonych, powszechnych działań edukacyjnych i szkoleniowych z zastosowaniem całej gamy środków przekazu oraz zaangażowania różnorodnych źródeł finansowania, jak i zapewnienia dostępu do informacji.

Edukacja w systemie oświaty formalnej wymaga rozpoczęcia prac nad uzupełnieniem odpowiednich treści w Podstawie programowej kształcenia ogólnego oraz prowadzenia dodatkowych szkoleń w ośrodkach doskonalenia nauczycieli. Praktyczne zagadnienia adaptacji do zmian klimatu stanowić powinny integralną część minimów programowych na kierunkach uczelni wyższych kształcących specjalistów w najbardziej newralgicznych dziedzinach, jak planowanie przestrzenne, architektura i budownictwo, transport, leśnictwo i nauki rolnicze a także zdrowie publiczne.

Edukacja nieformalna prowadzona przez organizacje społeczne i instytucje naukowe wymaga większego niż do tej pory ukierunkowania na sferę działań dostosowawczych do zmian klimatu oraz poradnictwo w tej dziedzinie zwłaszcza na poziomie lokalnym i samorządowym. Szkolenie przedsiębiorców zarówno w dziedzinie działań dostosowawczych w danej branży gospodarczej jak i szkolenia uświadamiające możliwość powstawania nowych przedsiębiorstw usługowych odpowiadających na potrzeby prowadzenia działań adaptacyjnych stanowią wyzwanie dla stowarzyszeń biznesowych jak np. KIG.

Ze względu na siłę docierania do społeczeństwa najistotniejszymi nośnikami informacji i wzorców zachowań są telewizja i Internet. Należy więc dążyć do najlepszego ich

wykorzystania w kształtowaniu powszechnej świadomości społecznej w dziedzinie indywidualnych działań dostosowawczych do zmian klimatu.

Niezbędne jest też prowadzenie stałego monitoringu dostępności i efektów edukacji oraz poziomu jej finansowania, a w konsekwencji potrzebne są prowadzone okresowo badania zmian poziomu świadomości społecznej.

Badania naukowe

Badania naukowe i rozwojowe wspierające proces adaptacji powinny koncentrować się na następujących kierunkach:

- diagnoza warunków klimatycznych i wodnych,
- stworzenie zintegrowanego systemu gromadzenia informacji o zmianach klimatu i ich skutkach,
- opracowanie nowych scenariuszy klimatycznych,
- ocena aktualnych i przyszłych kosztów zmian klimatu oraz ocena kosztów i korzyści związanych z procesem adaptacji.
- ocena ryzyka zagrożeń dla najbardziej wrażliwych sektorów i dziedzin życia,
- opracowanie narzędzi umożliwiających dokonywanie oceny adaptacji jako elementu podejmowania decyzji.
- identyfikacja wpływu przyjętych działań adaptacyjnych na ograniczenie ryzyka i ich skuteczności,
- czynniki wspierające zwiększenie odporności i zdolności adaptacyjnych.

Wraz z postępem prac i rozwojem badań kierunki te będą ulegać ewolucji tak, aby możliwe było dostosować badań do aktualnych potrzeb.

Kierunki działań adaptacyjnych

Działania adaptacyjne obejmują pięć kategorii: prawne i polityczne, techniczno-organizacyjne, edukacyjne, naukowo-badawcze oraz monitoring i informacja. Działania pogrupowane zostały w trzech pakietach o charakterze progresywnym według pilności ich realizacji i z uwzględnieniem kosztów wdrażania (pakiet podstawowy, rozszerzony i pełny). Pakiet podstawowy ukierunkowany jest na instrumenty obejmujące systemy monitoringu ekstremalnych zjawisk i zagrożeń wywołanych zmianami klimatycznymi oraz narzędzia prawne służące do unikania zbędnego ryzyka i dostosowania się do zmian klimatycznych. Jedyne działania infrastrukturalne w tym pakiecie dotyczą ochrony przeciwpowodziowej. W pakiecie rozszerzonym do działań podstawowych dochodzą działania bardziej zaawansowane, często inwestycyjne, pozwalające na adaptację budowli do zmian klimatycznych, czy aktywne działania na rzecz poprawy jakości lasów (zalesienia i zróżnicowanie drzewostanu). W pakiecie pełnym najważniejszym instrumentem jest wsparcie inwestycyjne gospodarstw rolnych. Ponadto pakiet zwiera propozycje zmian w energetyce, przyczyniających się do dywersyfikacji dostaw i rozwoju odnawialnych źródeł energii, a także działania zmierzające do opracowania nowych standardów budownictwa miejskiego oraz zwiększenia powierzchni biologicznie czynnej w miastach.

Optymalnym z punktu widzenia państwa działaniem jest wdrożenie części najefektywniejszych instrumentów polityki zawartych w pakiecie podstawowym najszybciej jak to tylko możliwe, a następnie, w 2016 roku dokonanie ich pierwszego przeglądu (przygotowanie raportu z wdrażania strategii adaptacyjnych do 2017 r. jest wymaganiem UE), wzbogacenie analiz o najnowsze wyniki badań dotyczących zmian klimatu i ich skutków i ewentualne podjęcie dalszych kroków, zmierzających do ewentualnego wdrożenia działań zawartych w pakiecie rozszerzonym i pełnym.

2. Wstęp

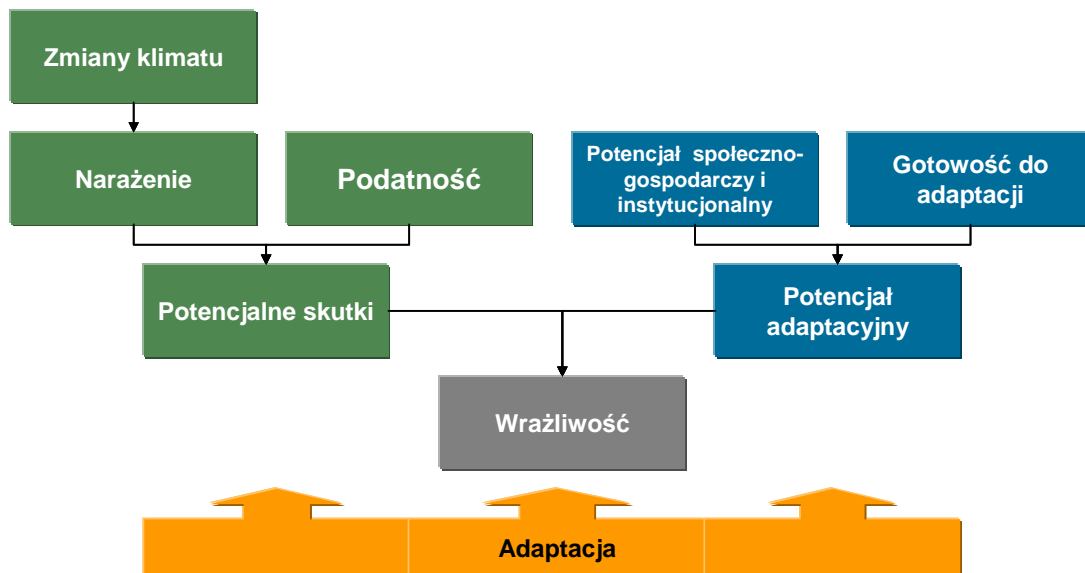
Skutki globalnych zmian klimatu spowodowanych przez człowieka (IPCC 2007) ujawniają się już teraz, a proces ten będzie nadal się pogłębiał. Nawet skuteczna realizacja ambitnej polityki ograniczenia globalnego wzrostu temperatur do 2°C nie uchroni nas przed wszystkimi konsekwencjami zmian klimatu. Wobec tego konieczne i ekonomicznie uzasadnione jest prowadzenie nie tylko polityki redukcji emisji, ale też adaptacji do nadchodzących zmian (Stern N. 2006).

Adaptacja jest podejmowaniem działań w celu zapobieżenia przewidywanym szkodliwym skutkom zmian klimatu lub zminimalizowania szkód przez nie powodowanych (wczesne podjęcie działań umożliwi zmniejszenie kosztów szkód poniesionych w przyszłości), ale także pozwala na wykorzystanie szans, jakie dają pozytywne skutki tych zmian.

Artykuł 4 Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu (UNFCCC) stanowi, że: „Wszystkie Strony, biorąc pod uwagę swe wspólne, lecz zróżnicowane, zasady odpowiedzialności oraz swe specyficzne priorytety rozwoju narodowego i regionalnego, cele i okoliczności, będą: (...) b) formułować, wdrażać, publikować i regularnie aktualizować krajowe i – tam, gdzie jest to właściwe – regionalne programy obejmujące środki (...) ułatwiające odpowiednią adaptację do zmian klimatu.”

Zmiany klimatyczne stanowią problem dla współczesnych społeczeństw. Jedną z kluczowych zasad obowiązujących w UNFCCC jest zasada przezorności co oznacza, że brak całkowitej pewności nie może być podstawą do niepodejmowania przygotowań do możliwych sytuacji, których wystąpienie nie jest wprawdzie wysoce prawdopodobne, ale w razie wystąpienia – konsekwencje mogą być niezwykle poważne.

Działania adaptacyjne do zmian klimatu wymagają przekrojowego podejścia i włączenia aspektów społecznych, ekonomicznych i środowiskowych. Kluczowym elementem jest podniesienie poziomu świadomości społecznej dla zrozumienia potrzeby adaptacji do zmian klimatu oraz poprawa edukacji społeczeństwa w zakresie działań dostosowawczych. Poniższy schemat wyjaśnia miejsce i zakres adaptacji w obszarze zmian klimatu (Rys. 2.1).



Rys. 2.1. Diagram pojęciowy dotyczący wrażliwości na zmiany klimatu i adaptacji.

Źródło: EEA 2008.

3. Cele i zadania

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie wizji zmian klimatu w długim horyzoncie czasowym (w drugiej połowie XXI w.) oraz spodziewanych konsekwencji tych zmian dla gospodarki i społeczeństwa, a także zidentyfikowanie kierunków działań adaptacyjnych do prognozowanych zmian warunków klimatycznych. Dla realizacji tego celu dokonano:

- oceny wpływu zmian klimatu i wrażliwości społeczeństwa i gospodarki na te zmiany,
- oceny zdolności adaptacyjnych gospodarki kraju do zmian klimatu,
- zdefiniowanie strategicznych kierunków adaptacji do tych zmian w różnych dziedzinach gospodarki i życia społecznego,
- określenie potrzeb w zakresie zwiększenia świadomości decydentów różnych szczebli o zagrożeniach związanych z wpływem klimatu,
- określenie sposobów włączenia problemu zmian klimatu do polityki społeczno-gospodarczej Państwa.

Opracowanie stanowi syntezę ekspertyz badawczych przygotowanych przez zespoły eksperckie ze wszystkich dziedzin będących przedmiotem analizy. Pełna lista autorów oraz przygotowanych przez nich opracowań zawarta jest w końcowej części dokumentu w załącznikach 1 i 2.

4. Podstawy działań adaptacyjnych

Biała Księga UE

Biała Księga UE z 2009 roku *Adaptacja do zmian klimatu: europejskie ramy działania* to dokument strategiczny, który nakreśla ramy i ukierunkowuje przygotowanie Europy do skutecznego reagowania na skutki zmian klimatu na poziomie UE i krajów członkowskich. Stanowi podstawę dla przygotowania unijnej strategii adaptacyjnej na okres po 2013 r., a jego celem jest zwiększanie wiedzy na temat zmian klimatu i możliwych działań adaptacyjnych oraz sposobów włączenia adaptacji do kluczowych dziedzin polityki UE. Dokument wspiera również szersze wysiłki międzynarodowe na rzecz adaptacji, w szczególności w krajach rozwijających się i współpracę z krajami partnerskimi w zakresie międzynarodowych kwestii dotyczących adaptacji.

Biała Księga wyznacza priorytety polityki w zakresie adaptacji do zmian klimatu i obejmuje następujące sektory: zdrowie i polityka społeczna, rolnictwo i leśnictwo, różnorodność biologiczna, ekosystemy i gospodarka wodna, obszary przybrzeżne i morskie, infrastruktura. Wskazuje dwa etapy tworzenia europejskiego systemu adaptacji:

- pierwszy (2009-2012): ustanowienie podstaw dla przygotowania unijnej strategii adaptacyjnej poprzez zwiększanie wiedzy na temat zmian klimatu i możliwych działań adaptacyjnych oraz sposobów włączenia adaptacji do kluczowych dziedzin polityki UE,
- drugi obejmie wdrożenie od roku 2013 kompleksowej unijnej strategii adaptacji powstałej w oparciu o wyniki osiągnięte w etapie pierwszym.

W marcu 2013 r. jako efekt realizacji pierwszego etapu powstała Strategia Adaptacji Unii Europejskiej. Strategia ta opiera się na czterech filarach:

- wzmocnienie bazy dowodowej z zakresu zmian klimatu,
- wprowadzenie adaptacji do kluczowych polityk UE,
- finansowanie adaptacji,

- wzmocnienie międzynarodowych wysiłków UE na rzecz adaptacji.

W ramach realizacji pierwszego etapu przygotowany także został portal Climate-Adapt¹ zawierający informacje o działaniach adaptacyjnych prowadzonych na poziomie krajów członkowskich oraz UE.

Postawy tworzenia strategii adaptacyjnej w Polsce

Konieczność opracowania strategii adaptacyjnej (Strategicznego Planu Adaptacyjnego) wynika ze stanowiska Rządu przyjętego w dniu 19 marca 2010 r. przez Komitet Europejski Rady Ministrów jako wypełnienie postanowień dokumentu strategicznego Komisji Europejskiej (COM(2009)147) – Białej Księgi ws. adaptacji do zmian klimatu. W stanowisku tym stwierdzono: „...w Polsce na szczeblu rządowym należy opracować strategię działań na rzecz adaptacji w sektorach, uwzględniając ocenę podatności sektorów na zmiany klimatu oraz biorąc pod uwagę analizę kosztów i korzyści możliwych działań adaptacyjnych. Na tej podstawie należy uzupełnić istniejące strategie społeczno-gospodarcze na poziomie kraju jak i poszczególnych sektorów gospodarczych. Istotną rolę powinna odgrywać wymiana informacji o wdrażanych przedsięwzięciach i zwiększanie świadomości społeczeństwa na temat potencjalnych konsekwencji zmian klimatu i możliwych indywidualnych działań oraz postępowania w przypadku wystąpienia ekstremalnych zjawisk pogodowych. Na szczeblu lokalnym szczególną uwagę należy skierować na oszczędzanie wody i jej gromadzenie w okresie opadów oraz właściwe planowanie przestrzenne.”

Stanowisko Rządu stworzyło podstawy do uruchomienia w latach 2011-2013 projektu „Opracowanie i wdrożenie strategicznego planu adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu” o akronimie KLIMADA. Rezultaty tego projektu stanowiły podstawę do przygotowania Strategicznego Planu Adaptacji do roku 2020 z perspektywą do roku 2030 (SPA 2020). Celem głównym SPA 2020 jest zapewnienie zrównoważonego rozwoju oraz efektywnego funkcjonowania gospodarki i społeczeństwa w warunkach zmian klimatu. Na cel ten składa się poniższych celów częściowych:

- Cel 1. Zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego i dobrego stanu środowiska;
- Cel 2. Skuteczna adaptacja do zmian klimatu na obszarach wiejskich;
- Cel 3. Rozwój transportu w warunkach zmian klimatu;
- Cel 4. Zapewnienie zrównoważonego rozwoju regionalnego i lokalnego z uwzględnieniem zmian klimatu;
- Cel 5. Stymulowanie innowacji sprzyjających adaptacji do zmian klimatu;
- Cel 6. Kształtowanie postaw społecznych sprzyjających adaptacji do zmian klimatu.

SPA 2020 stanowi pierwszy krok w kierunku zdefiniowania długofalowej wizji adaptacji do zmian klimatu na koniec wieku. Planowanie działań w tak długiej perspektywie jest konieczne m.in. z uwagi na niekorzystne zjawiska klimatyczne i pogodowe, których natężenie i częstotliwość zmieniają się istotnie na przestrzeni najbliższych dekad w porównaniu do sytuacji obecnej, co potwierdzają scenariusze zmian klimatu dla Polski. Ma to kluczowe znaczenie dla zachowania odporności gospodarki i zapewnienia jej konkurencyjności w warunkach stresu klimatycznego szczególnie wyraźnego w drugiej połowie bieżącego stulecia.

¹ <http://climate-adapt.europa.eu>

5. Ocena aktualnych i przewidywanych zmian klimatu do końca XXI w. w oparciu o scenariusze zmian klimatu

Ocena taka jest prowadzona okresowo przez Międzyrządowy Zespół ds. Zmian klimaty (IPCC). Aktualny raport (IPCC 2007) stanowi m.in. kompleksowy przegląd zmian klimatu w skali globalnej i regionalnej.

5.1. Zmiany klimatu w skali globalnej i europejskiej

Zmiany klimatu są wyraźnie widoczne w skali globalnej i należy się spodziewać, że w przyszłości będą bardziej zauważalne i coraz dotkliwiej odczuwalne dla społeczeństw i gospodarki. Obserwacje i pomiary elementów klimatu prowadzone w różnych regionach świata potwierdzają, że klimat w skali globalnej ociepla się oraz, że nasila się tendencja wzrostu temperatury powietrza przy powierzchni ziemi. Ocieplenie klimatu uwidacznia się najwyraźniej we wzroście średniej globalnej temperatury powietrza i temperatury oceanu, powszechnym topnieniu śniegu i lodu oraz podnoszeniu się globalnego średniego poziomu morza. Wzrost temperatury powietrza przy powierzchni ziemi jest powszechny w skali globalnej, niemniej jego natężenie wykazuje zróżnicowanie przestrzenne. Tempo ocieplenia jest większe w wysokich szerokościach geograficznych półkuli północnej.

Wzrost temperatury globalnej sprzyja wzrostowi intensywności i częstotliwości wielu zjawisk klimatycznych i pochodnych, do których należą ekstremalne zjawiska pogodowe w tym m.in. tornada, grad, burze piaskowe, fale upałów, ulewy i burze. Brak jest jednak wystarczających dowodów, by rozstrzygnąć, czy istnieją trendy w odniesieniu do takich zjawisk w skali lokalnej.

W ostatnim stuleciu średnia temperatura powietrza przy powierzchni ziemi wzrosła o $0,74^{\circ}\text{C}$ i nadal notuje się jej wzrost. Wieloletnie dane obserwacyjne wskazują, że obszary lądowe na obu półkulach ocieplają się szybciej niż oceany. W ostatnich dwóch dziesięcioleciach tempo wzrostu temperatury było dwukrotnie wyższe nad lądem niż nad oceanem, wynosiło odpowiednio $0,27^{\circ}\text{C}$ i $0,13^{\circ}\text{C}$ na dziesięciolecie.

Szczególnie ciepłym okresem okazała się druga połowa XX i pierwsza dekada XXI wieku. Na Półkuli Północnej był to najcieplejszy okres w ciągu 1300 lat. Najwyraźniejsze zmiany zaznaczyły się w wysokich szerokościach geograficznych w okresie zimowym i wiosennym.

Globalny trend zmian temperatury sprzyja powiększaniu się obszarów objętych suszą lub pustynnieniem oraz wzrostowi częstotliwości występowania ekstremalnych opadów. Długookresowa tendencja zmian wysokości opadów atmosferycznych zaznaczyła się na wielu większych obszarach, choć zmiany te są bardzo zróżnicowane przestrzennie i czasowo. W latach 1900–2005 wysokość opadów wzrosła znacząco we wschodnich częściach obu Ameryk, północnych regionach Europy, w północnej i centralnej Azji. Opady istotnie zmalały natomiast na obszarze Sahelu, w basenie Morza Śródziemnego, w południowej Afryce oraz w części południowej Azji. Na wielu obszarach zwiększyła się intensywność opadów; deszcze o dużym natężeniu częściej wystąpiły nawet na terenach o zmniejszonej całkowitej sumie opadów.

Wzrostowi temperatury towarzyszy podnoszenie się poziomu morza. Poziom morza, który w latach 1961–2003 podnosił się średnio o $1,8$ mm/rok, w latach 1993–2003 wzrastał w tempie $3,1$ mm/rok. Do zachodzących zmian w dużym stopniu przyczyniły się wody z topniejących lodowców Alaski, Arktyki i obszarów górskich Azji. Średni roczny zasięg lodu morskiego w Arktyce zmniejszył się od roku 1978 w tempie $2,7\%$ w ciągu dziesięciolecia, z

tempem w okresie lata sięgającym 7,4%. Średnia grubość lodu morskiego w środkowej części Arktyki zmniejszyła się o 1 m w dziesięcioleciu 1987-1997.

Częstość występowania lub natężenie niektórych ekstremalnych zjawisk pogodowych uległa zmianie w ciągu ostatnich 50 lat. I tak:

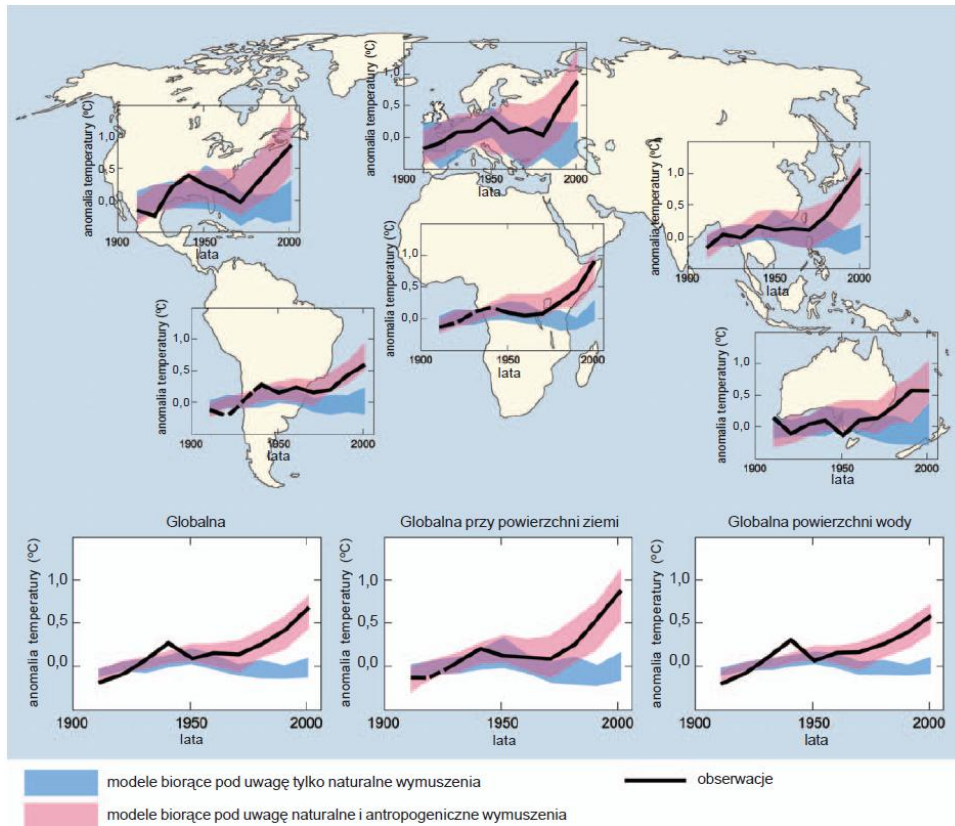
- 4) Na większości obszarów lądowych średnich szerokości geograficznych chłodne noce i dni oraz przymrozki występują rzadziej, częściej zaś dni upalne i ciepłe noce.
- 5) Fale upałów są częstsze na większości obszarów lądowych.
- 6) Na większości obszarów wzrosła częstość występowania opadów nawalnych oraz zwiększył się udział opadów nawalnych w ogólnej sumie opadów.
- 7) Od roku 1975 w wielu rejonach zwiększyła się częstość występowania ekstremalnie wysokiego poziomu morza.
- 8) W systemach hydrologicznych obserwowany jest zwiększony odpływ i wcześniejsze maksimum wiosennego przepływu w rzekach o zasilaniu śnieżnym i lodowcowym oraz wzrost temperatury jezior i rzek w wielu regionach, co wpływa na strukturę termiczną oraz jakość wody.

Przewidywane w XXI wieku ocieplenie wykazuje niezależnie od scenariusza klimatycznego podobny do obserwowanego w ostatnich kilku dekadach geograficzny rozkład zmian. Silniejsze ocieplenie, analogiczne z obecnie występującymi trendami, jest spodziewane nad lądami oraz w bardzo wysokich szerokościach geograficznych, słabsze w rejonie Oceanu Południowego (w pobliżu Antarktyki) i nad północną częścią Północnego Atlantyku. Wzrost wysokości opadów jest bardzo prawdopodobny w wysokich szerokościach geograficznych podczas, gdy zmniejszenie wysokości opadów (o blisko 20% w 2100 roku) jest prawdopodobne na większości subtropikalnych obszarów lądowych (zgodnie z obserwowanymi obecnie trendami).

Częściowa utrata masy lądolodów w rejonach polarnych, roztopianie się wieloletniej zmarzliny oraz zwiększenie objętości wody morskiej skorelowane ze wzrostem temperatury wód morskich (rozszerzalność cieplna wody) w odległych skalach czasowych może pociągać za sobą podniesienie się poziomu morza rzędu metrów, zasadnicze zmiany linii brzegowej i podtopienia nisko położonych obszarów z najsilniejszym efektem na obszarach delt i niewielkich wysp. Utrzymująca się przez tysiąclecia dalsza utrata masy lodu doprowadziłaby do niemal całkowitego stopienia się lądolodu Grenlandii, co spowodowałoby podniesienie się poziomu morza o około 7 m. Współczesne modele klimatyczne przewidują, że tego typu zmiany będą występowały w bardzo odległej skali czasu (tysiącletniej), jeśli wzrost globalnej temperatury powietrza od 1,9°C do 4,6°C (w stosunku do okresu przedprzemysłowego) nie zostanie powstrzymany.

Tendencje zmian zasięgu i rozmiaru kriosfery będą się nasilać. Wraz z postępującym ociepleniem obszar zalegania pokrywy śnieżnej będzie się stopniowo kurczył. Na większości obszarów występowania wiecznej zmarzliny przewidywane jest powszechne zwiększenie głębokości sezonowego rozmrażania gruntu. Według wszystkich globalnych modeli klimatycznych lód morski ulegnie stopieniu. W niektórych projekcjach Arktyka w ostatnich latach XXI wieku późnym latem będzie niemal w całości wolna od lodu morskiego.

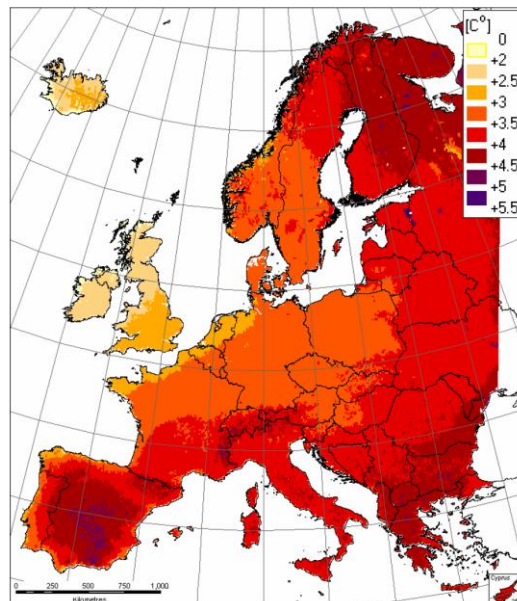
Syntetyczny obraz oczekiwanych zmian przedstawiono na Rys. 5.1.



Rys. 5.1. Globalne i regionalne zmiany temperatury.

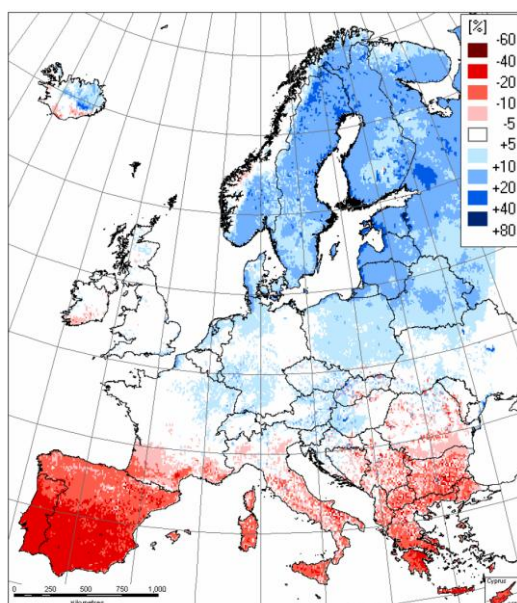
Źródło: IPCC 2007

W Europie prognozowane na koniec XXI wieku zmiany warunków klimatycznych wykazują duże zróżnicowanie przestrzenne (Rys. 5.2 i 5.3.). Prognozy zmian temperatury wskazują, że do końca stulecia średnia roczna temperatura powietrza w Europie wzrośnie od 2°C do ponad 6°C w stosunku do poziomu z roku 1990. Spowoduje to wzrost poziomu morza oraz wzrost częstotliwości występowania niekorzystnych zjawisk klimatycznych (susze, powodzie, huragany i in.).



Rys. 5.2. Zmiany średniej rocznej temperatury dla okresu 2071-2100.

Źródło: PESETA <http://peseta.jrc.es>



Rys. 5.3. Zmiany średniej rocznej sumy opadów w okresie 2071-2100.

Źródło: PESETA- <http://peseta.jrc.es>

Do najbardziej wrażliwych na zmiany klimatu regionów należy Europa południowo-wschodnia, basen Śródziemnomorski i Europa Środkowa, gdzie zarówno systemy naturalne, jak i gospodarcze znajdują się pod wpływem zarówno zmian klimatu jak i zmian w użytkowaniu powierzchni ziemi. Natomiast Europa Północna i niektóre regiony Europy Zachodniej mogą na zmianach klimatu skorzystać, zwłaszcza w obszarze rolnictwa.

5.2. Aktualne i przewidywane zmiany klimatu w skali krajowej i regionalnej²

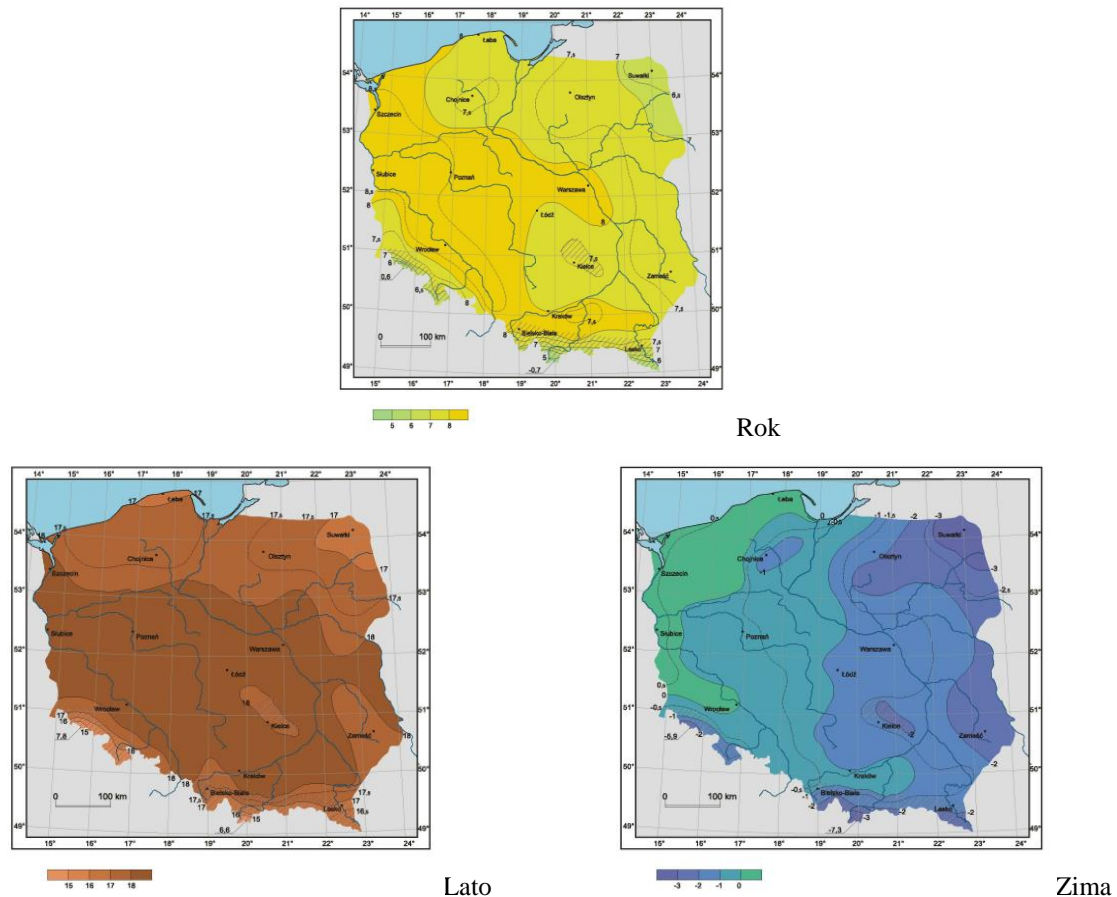
Współczesne zmiany klimatu w Polsce

Klimat Polski cechuje duża zmienność pogody oraz znaczne wahania w przebiegu pór roku w następujących po sobie latach. Średnie wartości rocznej temperatury powietrza wahają się od powyżej 5°C do blisko 9°C. Najcieplejszym obszarem jest południowo-zachodnia część Polski (Nizina Śląska, zachodnia część Kotliny Sandomierskiej oraz Nizina Południowowielkopolska), natomiast obszarem najchłodniejszym północno-wschodnia część kraju i obszary górskie (Rys. 5.4).

Rozkład temperatury w lecie ma przebieg równoleżnikowy, wartości maleją z południa na północ, z wyjątkiem terenów górskich, od powyżej 18,5°C na Nizinie Śląskiej, w południowej Wielkopolsce oraz Kotlinie Sandomierskiej do 16,5°C na Pojezierzu Kaszubskim. W zimie zaznacza się wyraźny spadek temperatury z zachodu na wschód, izotermie o układzie południkowym przekraczają 0°C na zachodzie, obniżając się do poniżej -3°C na wschodzie (zwłaszcza Pojezierze Suwalskie), przyjmując najniższe wartości w górach (-8,4°C na Kasprowym Wierchu, -7,3°C na Śnieżce). Średnie roczne amplitudy wahają się od 19°C na wybrzeżu do 23°C na krańcach wschodnich kraju. Najniższe w Polsce temperatury zanotowano w Siedlcach -41°C (1940) i w Kotlinie Żywieckiej -40,6°C (1929). Liczba dni z przymrozkami (temp. min poniżej 0°C) występującymi zwykle późną wiosną i wczesną jesienią waha się od 80 (nad morzem) do ponad 120 na północno-wschodnich obszarach,

² Wszystkie przetworzone zmienne i wskaźniki klimatyczne dla Polski dla okresu 1971-2100 przedstawione w rozdziale są dostępne poprzez SERWIS KLIMATYCZNY na stronie <http://klimat.icm.edu.pl>. Serwis zawiera również dane obserwacyjne w regularnej siatce prostokątnej o rozdzielczości przestrzennej ok. 25 km.

w górach przekracza 200. Dni gorące, o temperaturze ponad 25°C, występują w Polsce od maja do września. Ich liczba wzrasta w miarę oddalania się od morza (od 10 do ponad 40), w górach częstość ich występowania maleje wraz z wysokością. Absolutne maksima temperatury dochodzą prawie do 40°C (najwyższa 40,2°C – Prószków koło Opola w 1921, 39,5°C – 30 lipca 1994 r. w Słubicach).

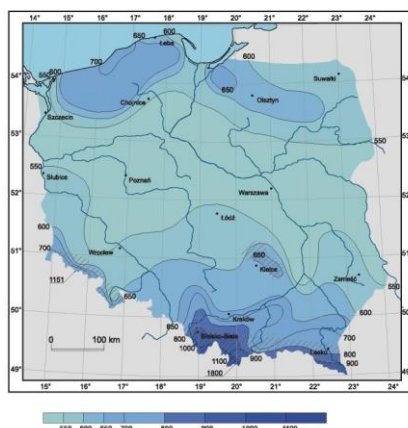


Rys. 5.4. Średnia temperatura powietrza [oC] na obszarze Polski (1971-2000).

Źródło: IMGW-PIB

Zróżnicowanie temperatury powietrza wpływa na długość okresu wegetacyjnego i okresu aktywnego wzrostu roślin mierzonych liczbą dni z średnią dobową temperaturą przekraczającą odpowiednio 5°C i 10°C. Średnio okres wegetacyjny w Polsce trwa 214 dni, wahając się od 199 do 233 dni zgodnie z gradientem temperatury północny wschód – południowy zachód. Długość okresu aktywnego wzrostu roślin wynosi średnio 158 dni i wykazuje podobne przestrzenne zróżnicowanie, od 167 dni na obszarze Dolnej Odry do 143 dni na Pojezierzu Suwalskim.

Opady atmosferyczne wykazują dużą zależność od ukształtowania powierzchni. Średnia suma opadów wynosi blisko 600 mm, ale opady wahają się od poniżej 500 mm w środkowej części Polski do niemal 800 mm na wybrzeżu i ponad 1000 mm w Tatrach (Rys. 5.5). Najwyższe sumy opadów przypadają na miesiące letnie, w tym okresie są 2-3 krotnie większe niż zimą, a w Karpatach nawet 4 razy wyższe. Deszcze nawalne (opady atmosferyczne o natężeniu >2 mm/min) zdarzają się od kwietnia do września z największą częstotliwością w lipcu i wiążą się często z burzami. Największy opad odnotowano w czerwcu 1973 r. na Hali Gąsienicowej w Tatrach – 300 mm wody w ciągu doby.

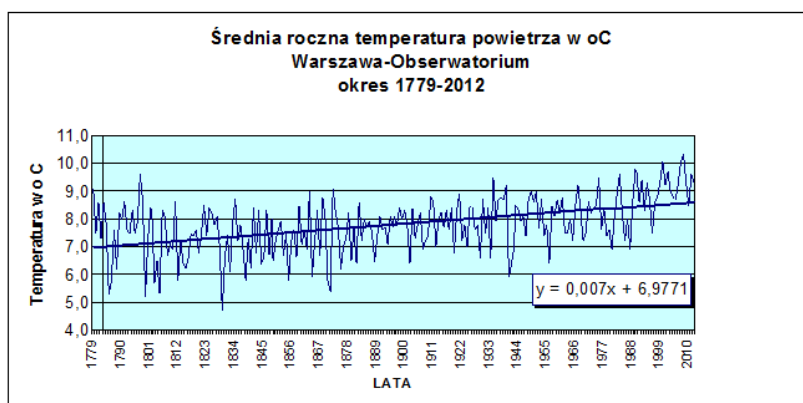


Rys. 5.5. Średnie roczne sumy opadów [mm] na obszarze Polski (1971-2000).

Źródło: IMGW-PIB

Opad śniegu, stanowi od 15 do 20% rocznej sumy opadów. Opady śnieżne występują od listopada do kwietnia, w górach już we wrześniu, a w Tatrach pojawia się sporadycznie w miesiącach letnich. Liczba dni z pokrywą śnieżną wydłuża się z zachodu i południowego zachodu ku północnemu wschodowi kraju z 30-60 do 80-90 dni i ponad 200 dni wysoko w górach.

Dwa ostatnie 10-lecia XX wieku i pierwsza dekada XXI wieku są najcieplejszymi w historii instrumentalnych obserwacji na ziemiach polskich, ze średnimi rocznymi wartościami temperatury w Warszawie, odpowiednio: +8,7°C, +8,9°C i +9,2°C (Rys. 5.6.). We wszystkich porach roku obserwowany jest wzrost temperatury powietrza, najsilniejszy w zimie, najłabszy w lecie. Taki sam trend obserwowano w przypadku temperatury maksymalnej i minimalnej. Zdecydowany wzrost temperatur ekstremalnych obserwuje się od roku 1981. Najcieplejszymi latami w okresie 230 lat były 4 lata: 2008 rok ze średnią roczną 10,2°C, 2000 i 2007 rok ze średnimi 10,0°C i 1989 rok ze średnią 9,8°C, w porównaniu do średniej wieloletniej z lat 1779-2000 wynoszącej 7,7°C.



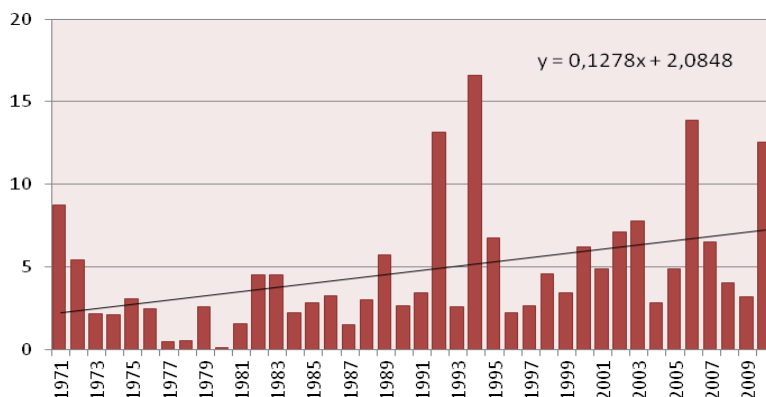
Rys. 5.6 Zmienność średniej rocznej temperatury w Warszawie w okresie 1779-2012.

Źródło: IMGW-PIB

Jak wynika z Rys. 5.6 temperaturę powietrza cechuje duża zmienność z roku na rok oraz rosnący trend od połowy XIX w. Do roku 2000 trend wzrostowy temperatury wyniósł 0,058°C na 10 lat, a w ciągu ostatnich 12 lat temperatura wzrosła o 0,12°C.

Największy wpływ na cechy klimatu Polski wywierają zjawiska ekstremalne, których obecne nasilenie się zauważalnie zmienia dynamikę cech klimatu w Polsce. Do zjawisk termicznych niekorzystnych i uciążliwych dla środowiska i społeczeństwa należą fale upałów (ciągi dni z maksymalną temperaturą dobową powietrza $\geq 30^{\circ}\text{C}$ utrzymującą się przez co

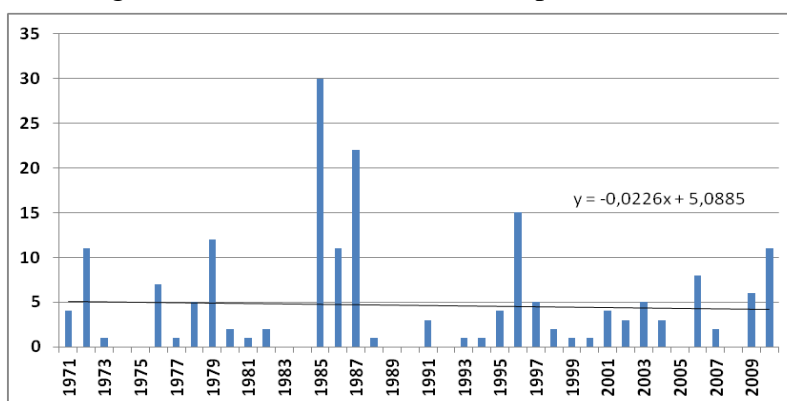
najmniej 3 dni) i dni upalne ($t_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) (Rys. 5.7.), najczęściej występujących w rejonie południowo-zachodniej części Polski, najrzadziej w rejonie wybrzeża i górach, z najdłuższymi ciągami dni upalnych trwającymi ≥ 17 dni (Nowy Sącz, Opole, Racibórz).



Rys. 5.7. Zmienność liczby dni upalnych ($t_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) w Polsce w okresie 1971-2010.

Źródło: IMGW-PIB

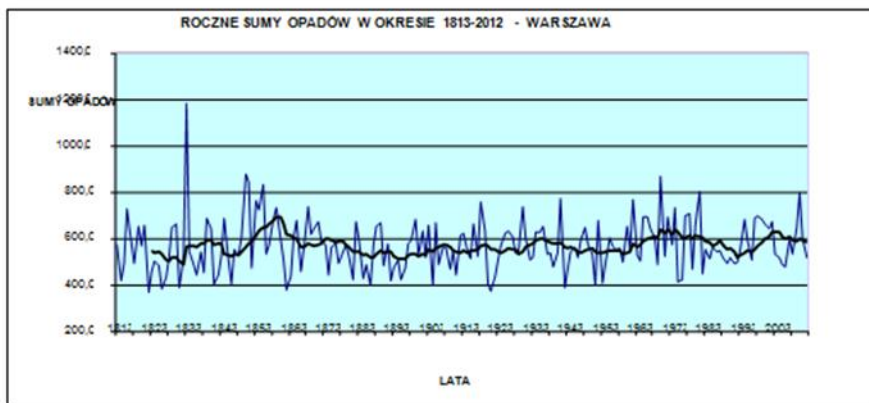
Na większości obszaru Polski obserwuje się tendencje spadkowe liczby dni mroźnych i bardzo mroźnych (dni z temperaturą minimalną $\leq -10^{\circ}\text{C}$, dni z temperaturą maksymalną $\leq -10^{\circ}\text{C}$). Niewielkie wzrosty zaznaczyły się jedynie w obszarach górskich i w południowo-zachodniej części Polski. Na przeważającym obszarze kraju długość okresów mroźnych wykazuje niewielką tendencję wzrostową, najdłuższe trwały ponad 20 dni i poza górami wystąpiły w północno-wschodniej części kraju (Rys. 5.8), natomiast spadki zaznaczyły się tylko w obszarach nadmorskich i w górach. Najdłuższe okresy bardzo mroźne wystąpiły w północno-wschodniej i wschodniej części kraju (10-20 takich epizodów w ciągu 40 lat), na pozostałym obszarze notowano jeden do kilku okresów bardzo mroźnych, z wyjątkiem obszarów nadmorskich, gdzie nie odnotowano takich temperatur.



Rys. 5.8. Wieloletnia zmienność występowania dni z $T_{\max} \leq -10^{\circ}\text{C}$ na stacji Suwałki w okresie 1971-2010.

Źródło: IMGW-PIB

W okresie 1813-2012 sumy roczne opadów dla Warszawy nie wykazują zdecydowanego kierunku trendu (Rys. 5.9).

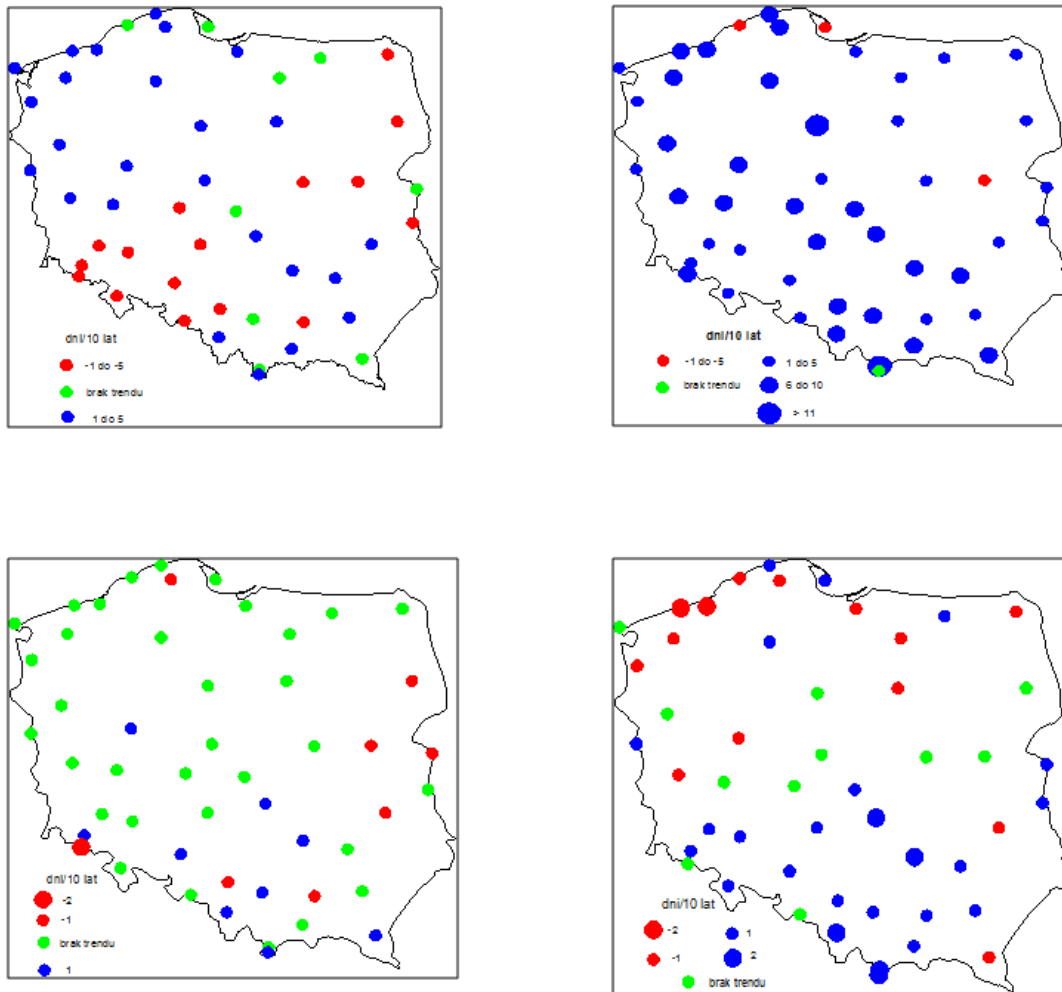


Rys. 5.9. Zmienność wieloletnich sum opadów w okresie 1813-2002 na stacji Warszawa-Observatorium.

Źródło: IMGW-PIB

W omawianym obszarze nastąpiła zmiana struktury opadów polegająca na zdecydowanym wzroście liczby dni z opadem o dużym natężeniu: opad dobowy ≥ 10 mm i ≥ 20 mm odpowiednio do 10 dni na dekadę i 4 dni na dekadę prawie w całej Polsce; ≥ 30 mm – ponad 3 dni na dekadę, z wyjątkiem wybrzeża i północno-wschodniej Polski; ≥ 50 mm o 2 dni na dekadę – wyraźnie w Polsce południowej i centralnej, miejscami na północy (Rys. 5.10). Zaznaczyła się tendencja wzrostowa sum opadów maksymalnych 5-cio dobowych (do 15 mm/5 dni na dekadę) na wybrzeżu (od Szczecina i Świnoujścia do Helu) oraz w południowej części Polski, a także spadek wysokości maksymalnych opadów 5-dobowych przebiegający wzdłuż pasa od Słubic i Gorzowa Wlkp. przez południową część Podlasia po Suwalszczyznę. W latach 1990-2000 tendencja malejąca tego wskaźnika widoczna była na Mazurach i Suwalszczyźnie oraz prawie na całym wybrzeżu kraju, tendencja wzrostowa sum opadów maksymalnych 5-dobowych utrzymywała się natomiast w całej środkowej i południowej Polsce, miejscami przekraczając 100 mm na 5 dni w dekadzie (tereny górskie i podgórskie). Najdłuższe ciągi opadowe w okresie 1961-2000 wahały się średnio od 11 do ponad 40 dni. Opady ulewne o natężeniach przekraczających 5 mm/min, z prawdopodobieństwem sezonowym (V–IX) $\geq 10\%$ występują najczęściej w całym pasie Podkarpacia, Gór Świętokrzyskich, południkowo ułożonego pasa od Opola i Częstochowy po rejon Olsztyna, zachodniej części Roztocza oraz obejmują fragment dorzecza Nysy Kłodzkiej (w okresie 1966–1985).

Analiza wyników liczby dni z opadem dobowym ≥ 10 , ≥ 20 , ≥ 30 i ≥ 50 mm wykazuje, że na tle uwzględnionego 32-letniego (1971-2002) charakteryzującego się na większości obszaru Polski trendem rosnącym częstości występowania dni z takim opadem, ostatnie 12-letnie tego okresu wyróżnia się zdecydowanym wzrostem liczby takich dni. Nastąpiła zmiana struktury opadów sezonu letniego polegająca na zdecydowanym wzroście liczby dni z opadem dobowym ≥ 30 mm oraz ≥ 50 mm/dobę, a także sum maksymalnych opadów 5-cio dobowych (do 100 mm/dekadę).



Rys. 5.10. Tendencje liczby dni z opadem ≥ 10 mm i ≥ 50 mm (lewy panel 1971-2002, prawy 1991-2002).

Źródło: IMGW-PIB

Sumy maksymalnych opadów 5-dobowych powyżej 100 mm są również symptomem wskazującym na możliwość wywołania nagłego wezbrania lub powodzi.

Analiza pięciodobowego opadu maksymalnego wykazuje w całym 32-leciu, iż na wybrzeżu (od Szczecina i Świnoujścia do Helu) oraz generalnie w południowej części Polski zaznacza się tendencja wzrostowa sum opadu maksymalnego w takich pięciodniówkach, rzędu do 15 mm/5 dni na dekadę. Z kolei spadek wysokości maksymalnych opadów 5-dobowych przebiega wzdłuż pasa od Słubic i Gorzowa Wlkp., przez Suwalszczyznę po południową część Podlasia. W ostatnim 12-leciu rozważanego okresu, tendencja malejąca tego wskaźnika widoczna jest na Mazurach i Suwalszczyźnie oraz prawie na całym wybrzeżu kraju. Tendencja wzrostowa sum opadów maksymalnych 5-dobowych utrzymuje się natomiast w całej środkowej i południowej Polsce, gdzie zmiany przewyższają miejscami 100 mm/5 dni w dekadzie (tereny górskie i podgórskie). 5-cio dobowe opady powyżej 50 mm mogą wystąpić w Karpatach i Sudetach co 3 lata.

Przewidywane zmiany klimatu w Polsce

Globalne Modele Klimatu (GCM) umożliwiają wyznaczenie pól opadu i temperatury w skali kuli ziemskiej. Zastosowanie modeli regionalnych RCM pozwala na dynamiczną interpolację przestrzenno-czasową parametrów klimatycznych. Jednakże procedury interpolacji wprowadzają dodatkowe błędy związane z niedostateczną wiedzą na temat interakcji pomiędzy procesami zachodzącymi w różnych skalach czasowych i przestrzennych.

Błędy symulacji RCM/GCM dla temperatury powietrza są niewielkie w porównaniu z błędami symulacji opadu. Występowanie błędu systematycznego dla symulacji opadu wynika z niedostatecznej wiedzy o procesach fizycznych zachodzących na granicy atmosfery i powierzchni ziemi, jak również z błędów parametryzacji zachodzących tam zjawisk i przybliżeń struktury modelu globalnego. Dodatkowym problemem związanym z oceną, ale również wykorzystaniem modeli regionalnych jest problem „zmiany podstawy uśredniania”. Mianowicie, obserwacje temperatury i opadu są punktowe, podczas gdy symulacje są uzyskiwane na siatce regularnej o wielkości ok. 25x25 km². Jest to szczególnie istotne w odniesieniu do opadu, który charakteryzuje się znaczną zmiennością przestrzenną. W wyniku uśredniania, wielkości opadów ekstremalnych maleją, natomiast wzrasta częstotliwość opadów niskich.

Scenariusze zmian klimatu w XXI wieku w Polsce opracowano (ICM-UW) wykorzystując najlepsze narzędzia nowoczesnej klimatologii – hydrodynamiczne modele systemu klimatycznego. Modele te konstruowane są zgodnie ze stopniem naszego poznania i zrozumienia praw fizycznych rządzących światem, dostarczają trójwymiarowego w czasie opisu zmiennych klimatycznych. Niestety obarczone są również niepewnością wynikającą z niedoskonałości naszej wiedzy. W jakichkolwiek więc rozważaniach na temat potencjalnych dróg rozwoju konieczne jest branie pod uwagę zakresów możliwych zmian, dlatego też analizom poddawane są wiązki projekcji uzyskanych z różnych modeli regionalnych sterowanych różnymi warunkami brzegowymi generowanymi przez modele ogólnej cyrkulacji.

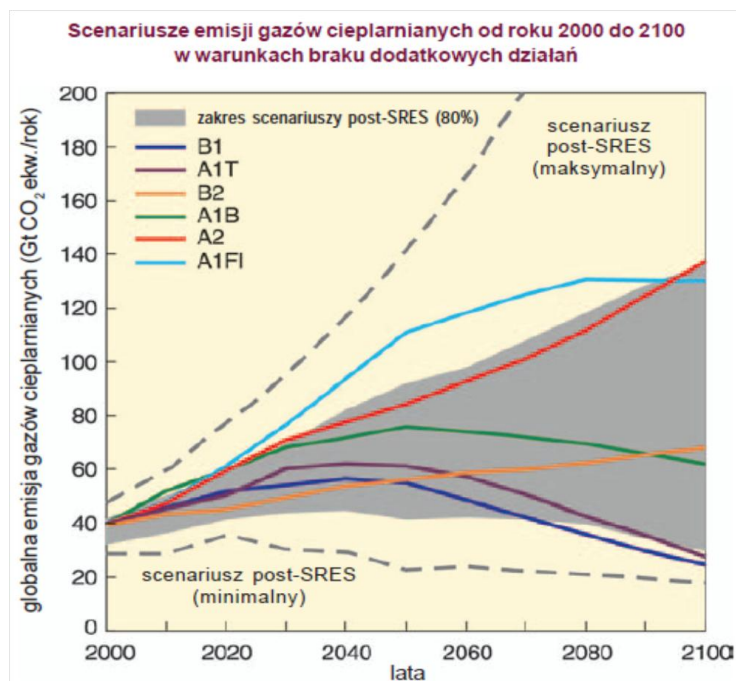
Opracowanie scenariuszy zmian klimatu dla Polski i wybranych regionów jest oparte na symulacjach przeprowadzonych w projekcie UE ENSEMBLES, w ramach którego powstał największy dostępny obecnie zestaw projekcji klimatu w Europie dla XXI wieku. Wyniki projektu ENSEMBLES umożliwiają wzięcie pod uwagę różnych możliwości rozwoju systemu klimatycznego, są szeroko eksploatowane i stanowią podstawę wielu opracowań zmian klimatu w innych krajach europejskich.

W opracowaniach scenariuszy dla Polski wykorzystano wiązkę 8 symulacji (Tab. 5.1), w tym 7 modeli regionalnych z warunkami brzegowymi z 4 modeli globalnych (ARPEGE, ECHAM5, BCM, HadCM3Q0). Starano się uwzględnić możliwie szerokie spektrum dostępnych modeli regionalnych oraz globalnych generujących warunki brzegowe dla symulacji scenariuszowych. Wiązka skonstruowana jest tak, że zawiera po dwie różne symulacje regionalne dla każdego modelu globalnego.

Tab. 5.1. Symulacje wykorzystane w opracowaniu scenariuszy klimatycznych dla Polski.

Lp.	Model regionalny	Referencje	Model globalny	Referencje
1	RM5.1	Radu et al, 2008	ARPEGE	http://www.cnrm.meteo.fr/gmgec/arpege/arpege.html
2	DMI-HIRHAM5	Christensen et al 2007	ARPEGE	
3	MPI-M-REMO	Jacob 2001, Jacob et al, 2001	ECHAM5	http://www.mpimet.mpg.de/en/wissenschaft/modelle/echam/echam5.html
4	KNMI-RACMO2	Meijgaard et al, 2008	ECHAM5	
5	SMHIRCA	Kjellström et al, 2005	BCM	Furevik et al 2003
6	DMI-HIRHAM5	Christensen et al 2007	BCM	
7	METO- HC_HadRM3Q0	Collins et al, 2006	HadCM3Q0	http://www.metoffice.gov.uk/research/modelling-systems/unified-model/climate-models/hadcm3
8	ETHZ-CLM	Böhm et al, 2006	HadCM3Q0	

Projekcje zostały wykonane przy założeniu scenariusza emisji SRES A1B.



Rys. 5.11. Globalna emisja gazów cieplarnianych (wyrażona w ekwiwalencie CO₂ w skali roku lub CO₂ ekw./rok) w przypadku braku podjęcia jakichkolwiek dodatkowych działań: sześć ilustracyjnych scenariuszy SRES (linie kolorowe) i zakres percentyla 80% dla obecnych scenariuszy opublikowanych po SRES, post-SRES (obszar zakresowany w kolorze szarym).

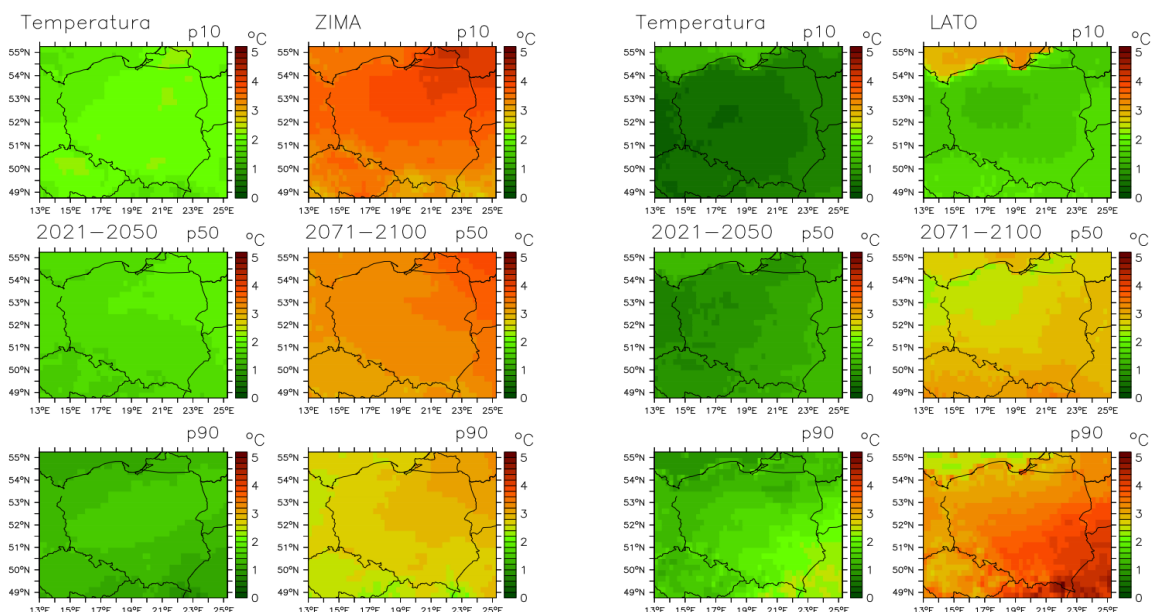
Linie przerywane pokazują pełen zakres scenariuszy post-SRES.
Emisja uwzględnia: CO₂, CH₄, N₂O i fluorowane gazy cieplarniane.

Źródło: Nakicenovic i Swart 2000

Scenariusz emisji A1B należy do rodziny scenariuszy SRES A1 i uwzględnia równowagę różnych źródeł energii. Symulacje przeprowadzone dla scenariusza A1B odzwierciedlają obraz średnich zmian w stosunku do scenariuszy skrajnych A2 i B1 (Rys. 5.11, Tab. 5.1). Ostatnio ze względu na politykę adaptacji do nadchodzących zmian klimatu raczej odchodzi się od oszacowań na podstawie zbyt radykalnych scenariuszy, wybór scenariusza A1B jest zatem uzasadniony. Natomiast różnice wynikające z zastosowania różnych modeli są bardzo istotne i niezbędne jest branie ich pod uwagę.

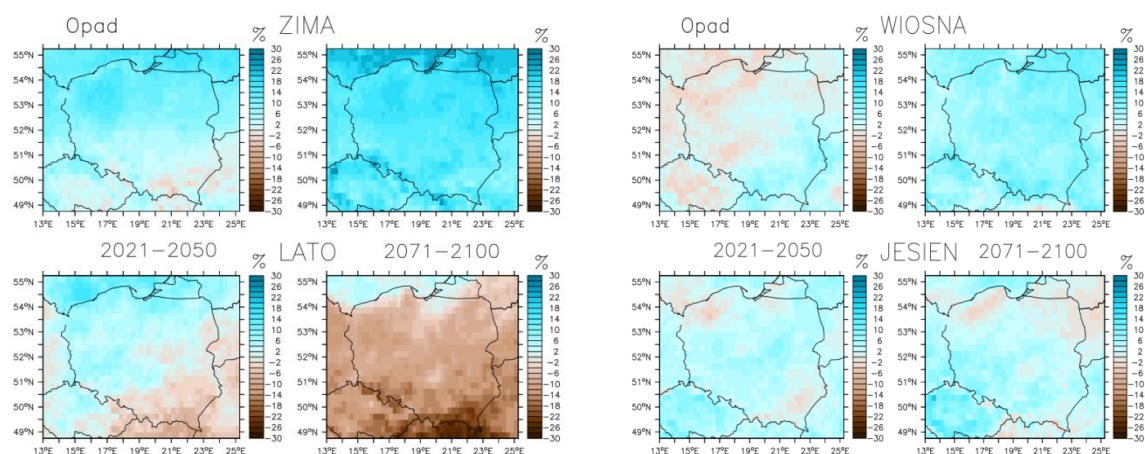
Analizy przeprowadzono dla dwóch okresów prognostycznych 2021-2050 oraz 2071-2100, przyjmując jako okres referencyjny wielolecie 1971-2000.

Rys. 5.12. wskazuje na spodziewane ocieplenie dla obu okresów i dla obu sezonów, wyraźnie większe dla ostatniego trzydziestolecia. W przypadku zimy (lewy panel) zdecydowanie większych przyrostów należy oczekiwać w zakresie temperatur niskich (percentyl 10.), najsilniejszych w Polsce północno-wschodniej, do 2.5°C w środkowym okresie i powyżej 4.5°C w ostatnim trzydziestoleciu. Wzrosty średnich i wysokich wartości temperatury zimowej są bardziej jednorodne dla całego kraju i nieco mniejsze, około 1.5°C w latach 2021-2050 i około 3.5°C w okresie 2071-2100 w przypadku percentyla 90. W lecie (prawy panel) wzrost niskich temperatur, reprezentowanych przez percentyl 10. dochodzi do około 1°C w latach 2021-2050 i do około 3°C w 2071-2100. Większy jest wzrost temperatur wysokich, zwłaszcza w Polsce południowo-wschodniej, od 2.5°C w pierwszym badanym okresie do ponad 4.5°C pod koniec stulecia.



Rys. 5.12. Różnice wartości percentyli (10., 50., 90.)³ temperatury powietrza [°C], pomiędzy okresami 2021-2050 oraz 2071-2100 a okresem referencyjnym 1971-2000, dla zimy (lewy panel) i lata (prawy panel).

Rys. 5.13. prezentuje rozkład przestrzenny względnych zmian opadu. Wyniki wskazują na zwiększenie opadu zimowego dochodzące do około 15% w części północnej kraju w latach 2021-2050 i do ponad 20% w części wschodniej w latach 2071-2100. Ponadto dobrze widoczne jest zmniejszenie opadu pod koniec stulecia latem, największe na południowym wschodzie. Opady wiosenne w pierwszym okresie nieznacznie maleją w zachodniej części kraju, natomiast w drugim rozważanym okresie zauważalny jest ich około 10% wzrost w całej Polsce. Dla jesieni tendencje są najslabsze, niewielki spadek w północnych regionach kraju.

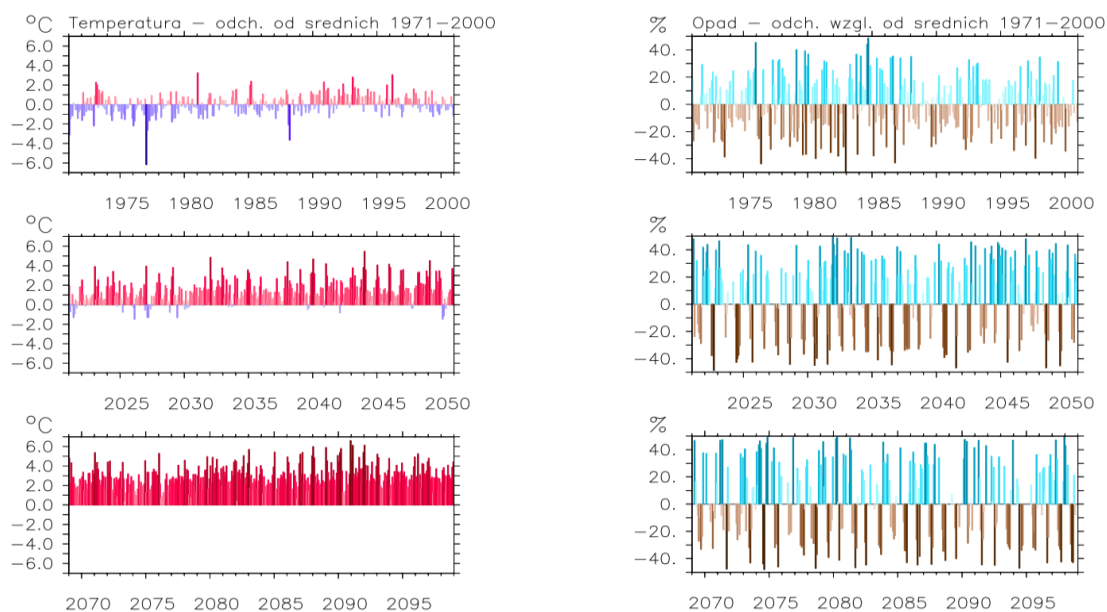


Rys. 5.13. Względne zmiany opadu [%] dla zimy, lata, wiosny i jesieni pomiędzy okresami 2021-2050 oraz 2071-2100 a okresem referencyjnym 1971-2000.

Rys. 5.14. pokazuje odchylenia temperatury i odchylenia względne opadu od wartości średnich obliczonych dla okresu referencyjnego 1971-2000 obliczone dla Polski środkowej. W przypadku temperatury wyraźnie widoczne są przyrosty temperatury, wyższe dla okresu

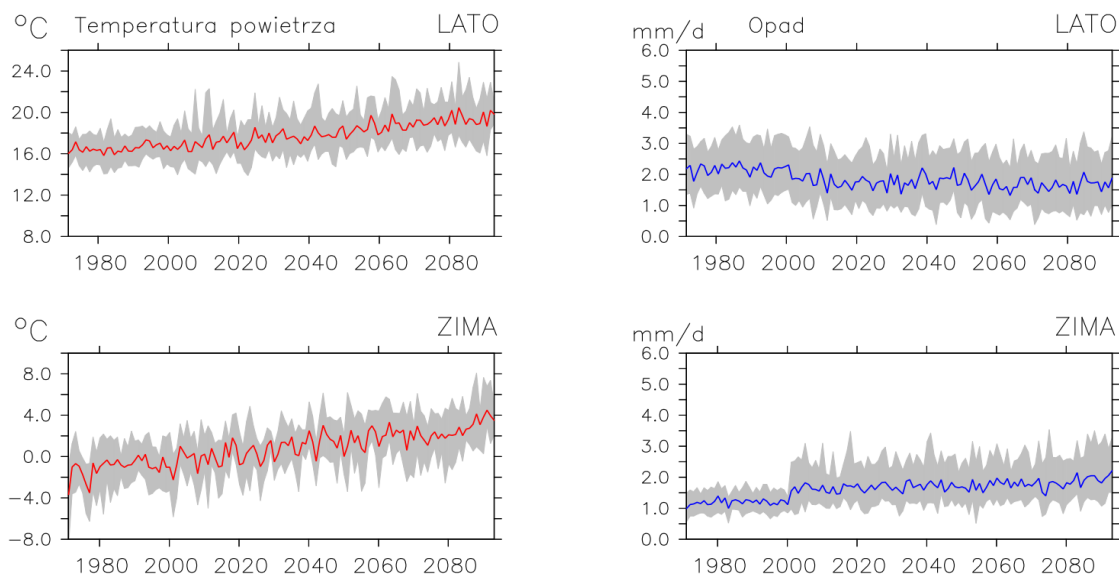
³ Percentyl 10. wskazuje wartości temperatury, poniżej której występuje 10% wszystkich wartości temperatury w danym trzydziestoleciu, percentyl 50. to wartość środkowa (mediana), dzieli wszystkie możliwe wartości na połowę, natomiast percentyl 90. odcina 10% największych wartości temperatury w badanym okresie.

2071-2100. Opad nie wykazuje wyraźnych tendencji, odchylenia są podobne dla trzech badanych okresów.



Rys. 5.14. Odchylenia od średnich dla okresu referencyjnego 1971-2000, temperatura (lewy panel), opad (prawy panel). W przypadku opadu są to odchylenia względne, oszacowania dla Polski środkowej.

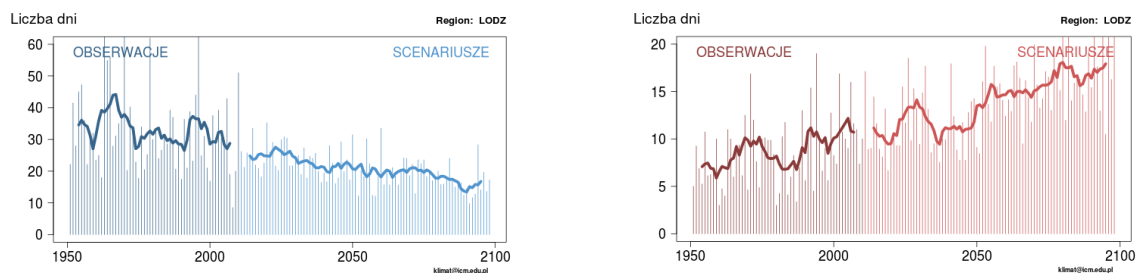
Przebiegi uśrednionych wartości temperatury powietrza oraz opadu w Polsce w lecie i zimie dla całego okresu 1971-2100 przedstawiono na Rys. 5.15. Szare obszary ilustrują zakres zmienności obu zmiennych dla ośmiu rozważanych symulacji i wskazują na skalę niepewności obliczonych scenariuszy. W lecie ta zmienność jest większa w przypadku opadu. Tendencja temperatury jest wyraźnie rosnąca. Dla opadu tendencje nie są wyraźne, jakkolwiek można zauważyć zmniejszenie opadu latem i niewielki wzrost zimą.



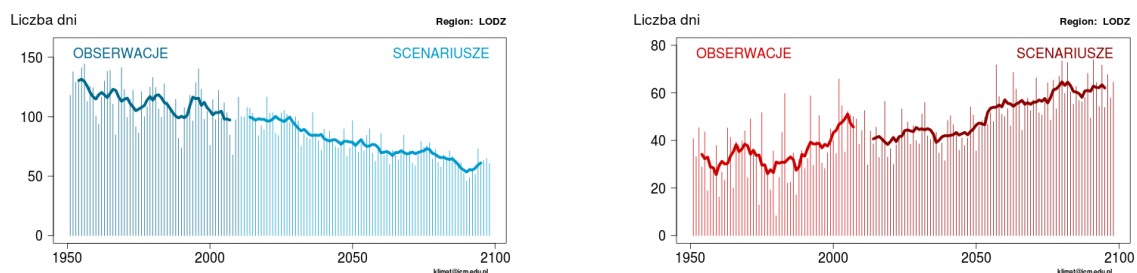
Rys. 5.15. Temperatura powietrza (lewy panel) i opad (prawy panel) uśrednione w Polsce w lecie i zimie.

Przy ocenach oczekiwanych zmian klimatu pomocne jest analizowanie wskaźników klimatycznych opisujących pewne istotne cechy klimatu. Kolejne rysunki przedstawiają tendencje opisanych niżej indeksów klimatycznych dla Polski środkowej (region Łodzi) oraz rozkłady przestrzenne wybranych wskaźników dla okresu referencyjnego 1971-2000 i okresu 2041-2070, jak również różnicę między nimi.

W przypadku temperatury bada się, między innymi, długości gorących okresów letnich oraz okresy dni mroźnych. Rys. 5.16 ilustruje maksymalne czasy trwania okresów letnich (najdłuższy okres z temperaturą maksymalną powyżej 25°C) i mroźnych (najdłuższy okres z ujemną temperaturą minimalną), natomiast Rys. 5.17 pokazuje liczbę dni w roku z temperaturą odpowiednio powyżej i poniżej przyjętych progów. Wykresy przedstawiają tendencje obserwowane w latach 1951-2010 oraz symulowane do końca wieku XXI. Modele wskazują na wydłużenie okresów letnich a skrócenie okresów mroźnych. Zwraca uwagę fakt, że w okresie referencyjnym 1971-2000 występuje ponad dwa razy więcej dni mroźnych z temperaturą minimalną poniżej 0°C, niż dni letnich, natomiast pod koniec stulecia ta tendencja się odwraca, więcej mamy dni letnich w roku i okresy te są coraz dłuższe.



Rys. 5.16. Najdłuższy okres z temperaturą minimalną mniejszą od 0°C (lewy panel) oraz z temperaturą maksymalną wyższą od 25°C (prawy panel) dla Polski środkowej⁴.

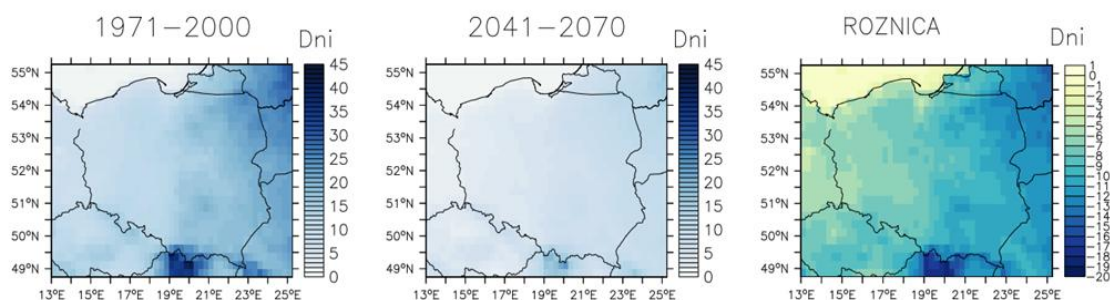


Rys. 5.17. Liczba dni w roku z temperaturą minimalną mniejszą od 0°C (lewy panel) oraz z temperaturą maksymalną wyższą od 25°C (prawy panel) dla Polski środkowej⁵.

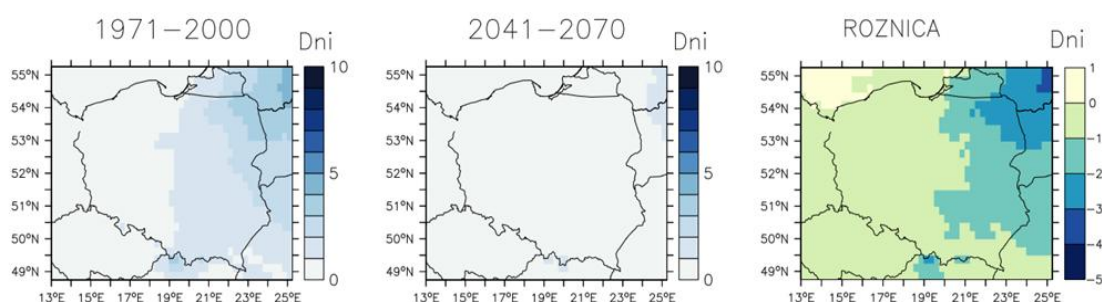
Na Rys. 5.18 i Rys. 5.19 zaprezentowano liczbę dni w roku z temperaturą minimalną mniejszą od -10°C i -20°C. Wyraźne jest zmniejszenie liczby dni z temperaturami mroźnymi. Dobrze widoczny jest południkowy rozkład regionalny z większą liczbą dni w regionie północno-wschodnim oraz w górach. W przypadku dni bardzo mroźnych najczęściej występować one będą w regionach północno-wschodniej Polski. Na pozostałej części kraju (z wyjątkiem gór) takie temperatury będą występować sporadycznie.

⁴ Wykresy dla okresu 1951-2010 opracowane są na podstawie danych obserwowanych (E-OBS), dalsze lata stanowią scenariusze.

⁵ Idem.

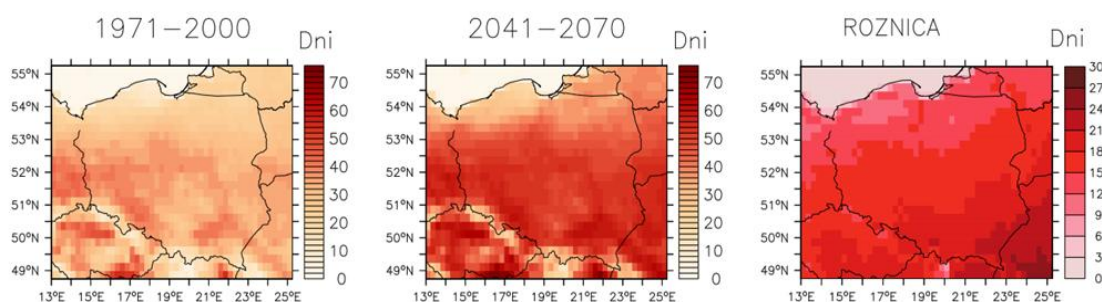


Rys. 5.18. Liczba dni z temperaturą minimalną mniejszą od -10°C w okresie 1971-2000 i 2041-2070 oraz różnica między tymi okresami.



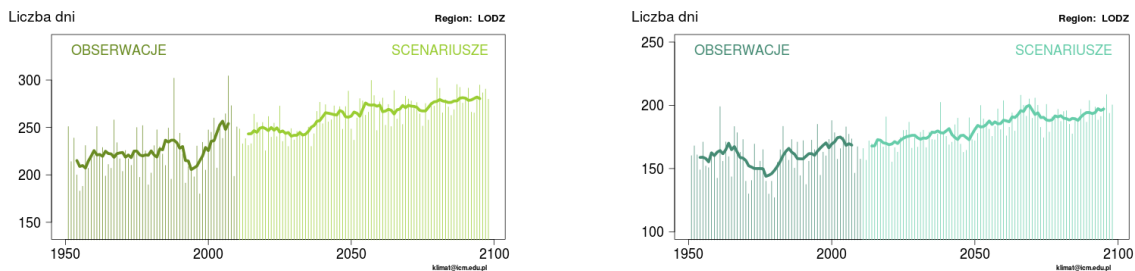
Rys. 5.19. Liczba dni z temperaturą minimalną mniejszą od -20°C w okresie 1971-2000 i 2041-2070 oraz różnica między tymi okresami.

W przeciwieństwie do liczby dni mroźnych, liczba dni bardzo gorących (z temperaturą maksymalną przewyższającą 25°C) znacznie wzrasta (Rys. 5.20). Wzrost ten ma miejsce w całym kraju, aczkolwiek jest zróżnicowany regionalnie. Na zachodzie i północy oraz w centrum wynosi ok. 12 dni pomiędzy okresami. Na południu i wschodzie liczba takich dni jest większa o ok. 21, a największa na południowym wschodzie - wynosi ok. 27 dni.

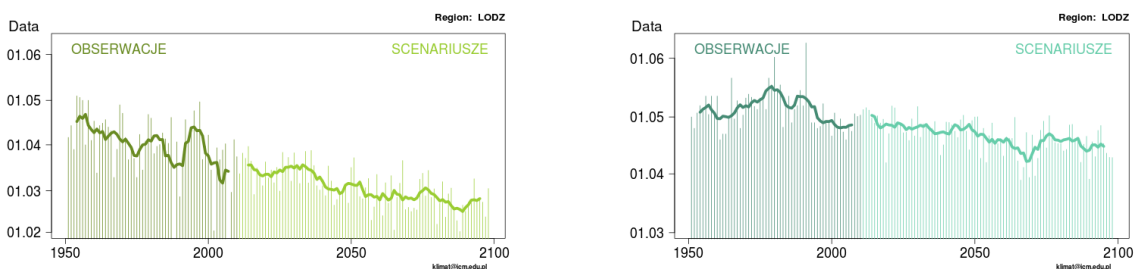


Rys. 5.20. Liczba dni z temperaturą maksymalną większą od 25°C w okresie 1971-2000 i 2041-2070 oraz różnica między tymi okresami.

Rys. 5.21 i Rys. 5.22 ilustrują długości i początki okresów wegetacyjnych dla dwóch kryteriów $T > 5^{\circ}\text{C}$ oraz $T > 10^{\circ}\text{C}$. Bardzo dobrze widoczne jest zarówno stopniowe wydłużenie okresu wegetacyjnego dla obu kryteriów w ciągu XXI stulecia, jak i wcześniejszy początek tych okresów.

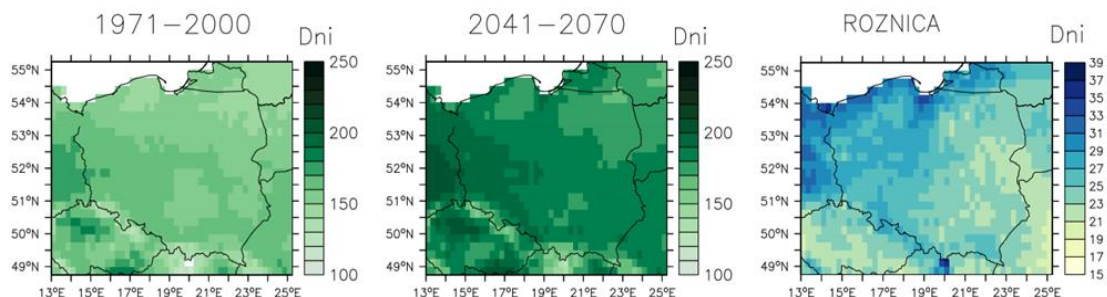


Rys. 5.21. Długość okresu wegetacyjnego dla kryterium $T > 5^{\circ}\text{C}$ (lewy panel) i $T > 10^{\circ}\text{C}$ (prawy panel), dla Polski środkowej.⁶



Rys. 5.22. Pierwszy dzień okresu wegetacyjnego dla kryterium $T > 5^{\circ}\text{C}$ (lewy panel) i $T > 10^{\circ}\text{C}$ (prawy panel), dla Polski środkowej.⁷

Okres aktywnego wzrostu roślin ($T > 10^{\circ}\text{C}$) ulega wydłużeniu szczególnie w lubuskim, w Wielkopolsce, na Kujawach i Pomorzu, a także lokalnie w Polsce południowo-wschodniej (Rys. 5.23).

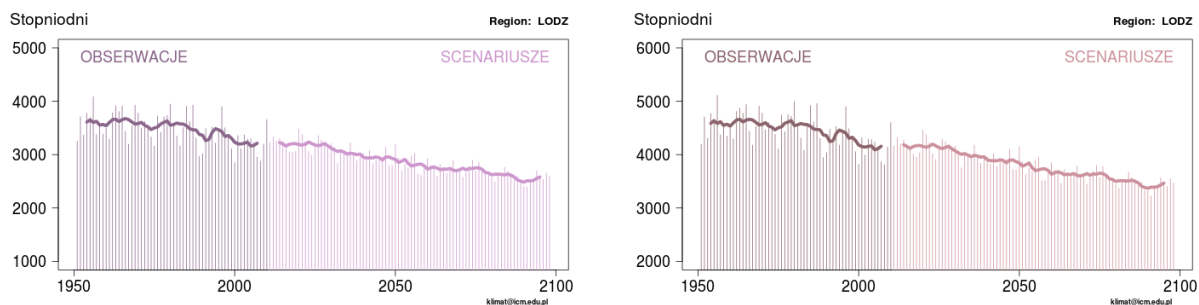


Rys. 5.23. Długość okresu aktywnego wzrostu roślin ($T > 10^{\circ}\text{C}$) w okresie 1971-2000 i 2041-2070 oraz różnica między tymi okresami.

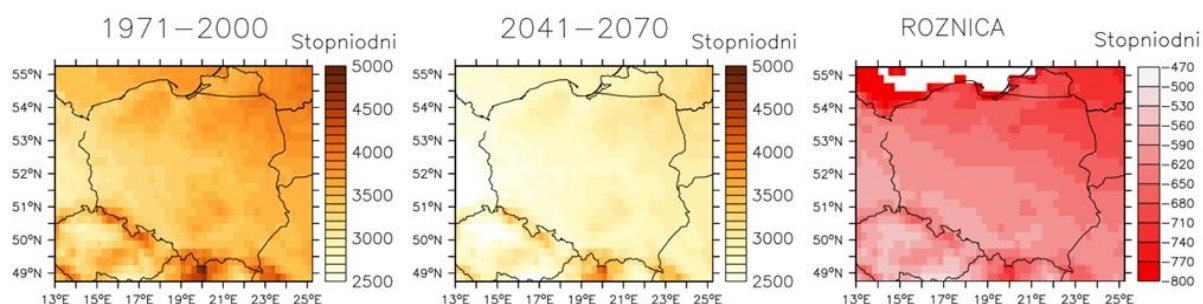
Na Rys. 5.24 i Rys. 5.25 przedstawiono długość okresu grzewczego (wyrażanego liczbą stopniodni). W konsekwencji wzrostu temperatury wyraźnie widoczny jest spadek zapotrzebowania na ogrzewanie pomieszczeń, jest on zróżnicowany regionalnie, liczba stopniodni ulega zmniejszeniu, zwłaszcza w Polsce północnej i wschodniej (Rys. 5.25).

⁶ Idem.

⁷ Idem.

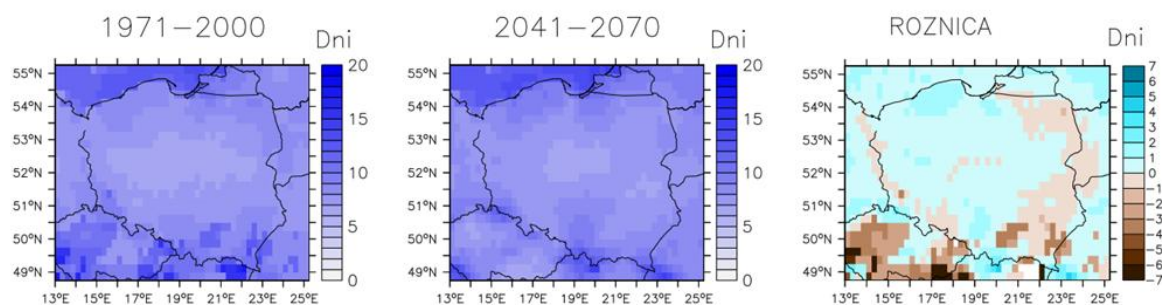


Rys. 5.24. Stopniodni dla kryterium $T < 17^{\circ}\text{C}$ (lewy panel) i $T < 20^{\circ}\text{C}$ (prawy panel), dla Polski Środkowej.⁸



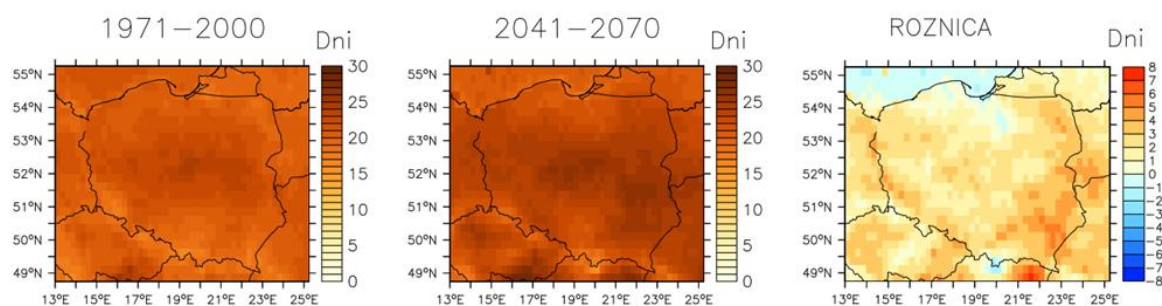
Rys. 5.25. Stopniodni dla progu 17°C w okresie 1971-2000 i 2041-2070 oraz różnica między tymi okresami.

W sumach rocznych opadów zróżnicowanie przestrzenne nie ulega zmianie w stosunku do obecnego. W przypadku okresów mokrych (najdłuższych okresów z opadem $> 1\text{mm}/\text{dobę}$) brak jest wyraźnej tendencji zmian wewnątrz kraju. Widoczne jest natomiast wydłużenie okresów bezopadowych (najdłuższych okresów z opadem $< 1\text{ mm}/\text{dobę}$). Warto zwrócić uwagę na strefę wzdłuż wschodniej granicy kraju, w której okresy z opadem skracają się (Rys. 5.26), a okresy bezopadowe są coraz dłuższe (Rys. 5.27).



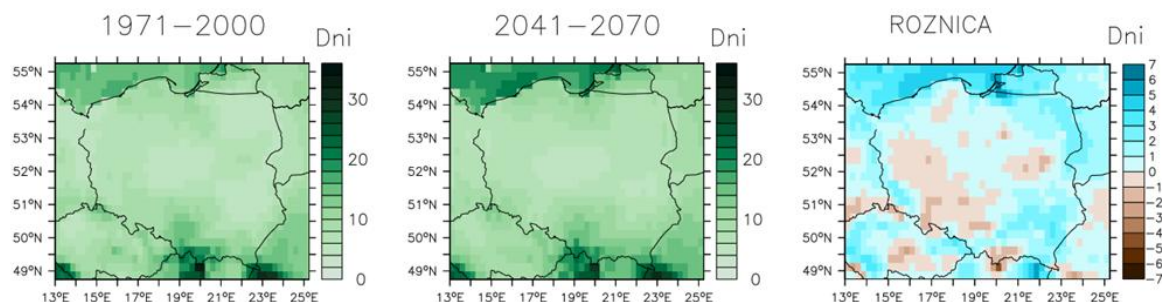
Rys. 5.26. Okresy mokre w okresie 1971-2000 i 2041-2070 oraz różnica między tymi okresami.

⁸ Idem.

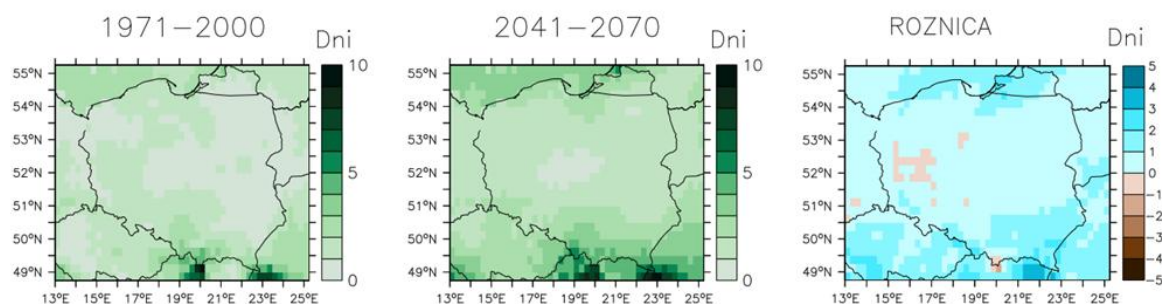


Rys. 5.27. Okresy suche w okresie 1971-2000 i 2041-2070 oraz różnica między tymi okresami.

W przypadku opadów intensywne (>10 mm/dobę) należy liczyć się ze wzrostem ich częstotliwości we wschodniej Polsce (Rys. 5.28). Liczba dni z opadami ulewnymi (>20mm/dobę) zwiększa się natomiast w Polsce południowej, zwłaszcza w regionie Bieszczadów, a zmniejsza w Polsce środkowej, szczególnie w jej części zachodniej (Rys. 5.29).



Rys. 5.28. Liczba dni z dużymi opadami dobowymi dla progu 10 mm w okresie 1971-2000 i 2041-2070 oraz różnica między tymi okresami.



Rys. 5.29. Liczba dni z dużymi opadami dobowymi dla progu 20 mm w okresie 1971-2000 i 2041-2070 oraz różnica między tymi okresami.

Wyniki analizy scenariuszy klimatycznych wykazują, że:

1. Temperatura wykazuje wyraźną tendencję wzrostową na obszarze całego kraju; większe ocieplenie jest spodziewane pod koniec stulecia, przyrosty temperatury są zróżnicowane regionalnie i sezonowo, najsilniejsze wzrosty temperatury w ostatnim trzyletniu XXI wieku powyżej 4.5°C w zakresach temperatur niskich są widoczne zimą w regionie północno-wschodnim kraju oraz latem w przypadku temperatur wysokich w Polsce południowo-wschodniej;

2. Wzrost temperatury jest prawidłowo odzwierciedlony w przebiegu wszystkich wskaźników klimatycznych opartych na tej zmiennej, np. wyraźna jest tendencja wydłużenia termicznego okresu wegetacyjnego, zauważa się jego wcześniejszy początek, maleje liczba dni z temperaturą minimalną mniejszą od 0°C a rośnie liczba dni z temperaturą maksymalną wyższą od 25°C, oczywiście przebiegi indeksów są uwarunkowane regionalnie, co bardzo dobrze oddają modele;
3. W przypadku opadu tendencje są mniej wyraźne, symulacje wskazują na pewne zwiększenie opadów zimowych i zmniejszenie opadów letnich pod koniec stulecia.

Charakterystyki pochodne temperatury takie jak np. liczba dni odzwierciedlają tendencje zmiany temperatury w kierunku jej wzrostu. Charakterystyki opadowe wykazują wydłużenie okresów bezopadowych, wzrost sumy opadów maksymalnych oraz skrócenie okresu zalegania pokrywy śnieżnej (Tab. 5.2).

Tab. 5.2. Zmiany wybranych charakterystyk klimatu do końca wieku.

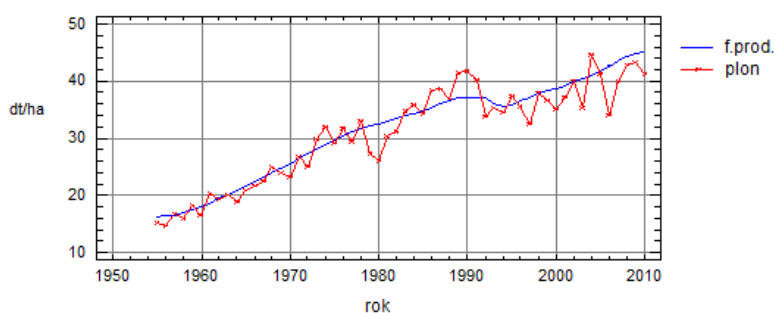
Element charakterystyki klimatu	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020	2021-2030	2041-2050	2061-2070	2071-2090
Średnia temperatura roczna [°C]	7.4	7.8	8.0	8.2	8.6	8.7	9.3	10.1	10.6
Liczba dni z $T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$	114	107	101	102	97	97	82	72	65
Liczba dni z $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$	27	27	30	29	36	35	37	46	52
Liczba stopniodni, $T < 17^{\circ}\text{C}$	3616	3488	3384	3374	3237	3236	3005	2803	2664
Dł. okresu weget. $T > 5^{\circ}\text{C}$ (w dniach)	199	205	210	217	223	224	237	247	253
Maksymalny opad dobowy [mm]	25.4	25.6	25.6	31.5	30.3	31.9	32.2	32.9	33.7
Najdłuższy okres suchy (opad < 1mm)(w dniach)	20	21	21	20	22	22	22	24	24
Najdłuższy okres mokry (opad > 1mm) (w dniach)	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Liczba dni z pokrywą śnieżną	100	87	84	82	71	71	58	49	42

6. Wpływ zmian klimatu, wrażliwość i adaptacja do zmian

6.1. Rolnictwo

W ocenie wpływu zmian klimatu na rolnictwo należy wziąć pod uwagę czynniki bezpośrednie i pośrednie. Wpływ bezpośredni wyraża się przez zmianę warunków atmosferycznych dla produktywności upraw, między innymi przez zmianę warunków termicznych, sum opadu atmosferycznego, częstości i intensywności zjawisk ekstremalnych. Ze zmianami klimatu zmieniają się również czynniki pośrednie decydujące o plonowaniu roślin, takie jak wymagania roślin dotyczące uprawy i nawożenia, występowanie i nasilenie chorób oraz szkodników roślin uprawnych, zmienia się oddziaływanie rolnictwa na środowisko (np. czynniki erozyjne, degradacja materii organicznej w glebie). Wpływowi zmian klimatycznych podlega także produkcja zwierzęca poprzez ograniczenie dostępności zbóż przeznaczonych na pasze, dostępności pastwisk, zmiany zasięgów oraz rozpowszechnienia się chorób oraz pasożytów zwierząt hodowlanych. Czynniki związane ze zmianami klimatu wywierają także wpływ na rozwój technologii i organizację produkcji rolniczej, a tym samym wtórnie na środowisko.

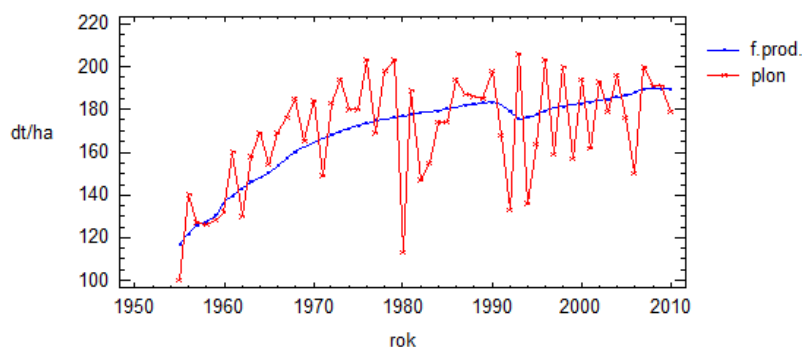
Przeprowadzone analizy wpływu warunków klimatycznych na plonowanie roślin w Polsce wykazały, że począwszy od końca lat siedemdziesiątych XX wieku, zwiększa się z powodów klimatycznych zmienność plonowania. Poszczególne uprawy różnią się wrażliwością na niekorzystne warunki pogodowe (Rys. 6.1 i Rys. 6.2), niemniej całkowita produkcja roślinna wykazuje stały wzrost zmienności (Rys. 6.3). Szczególnie duży wzrost zmienności plonów w ostatnim okresie oceniony na podstawie tzw. indeksów pogodowych⁹ plonu krajowego w Polsce, wykazują zboża jare, co może być efektem większej częstości susz późnowiosennych. W ostatnich czterech dekadach stwierdzono spadek średnich wartości indeksów pogodowych plonu głównych ziemiopłodów, z wyjątkiem indeksów pogodowych plonowania kukurydzy i buraka cukrowego.



Rys. 6.1. Plony pszenicy ozimej w Polsce (dt/ha) na tle funkcji produkcji.

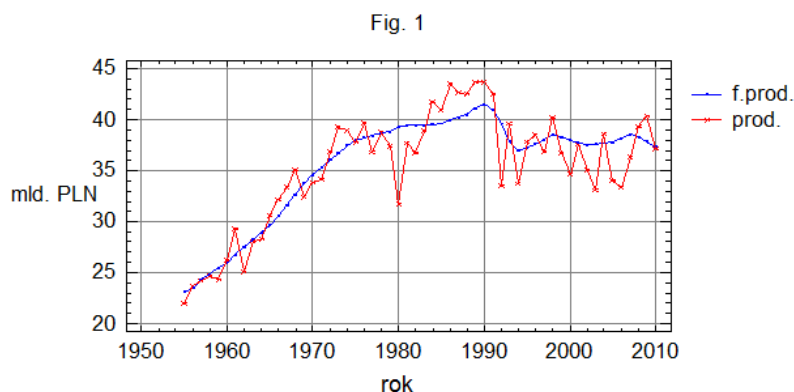
Źródło GUS

⁹ Indeks pogodowy (IP) jest wielokrotną funkcją elementów mierzonych na stacjach meteorologicznych, uśrednianych w dekadach lub miesiącach i stanowi agrometeorologiczną interpretację związków między pogodą a plonowaniem głównych roślin uprawnych (Górski i in. 1997).



Rys. 6.2. Plony ziemniaka w Polsce (dt/ha) na tle funkcji produkcji.

Źródło GUS



Rys. 6.3. Całkowita wartość produkcji roślinnej w Polsce (prod.) na tle funkcji produkcji (f.prod.).
Ceny stałe, odpowiadające średniej z lat 2003-2005.

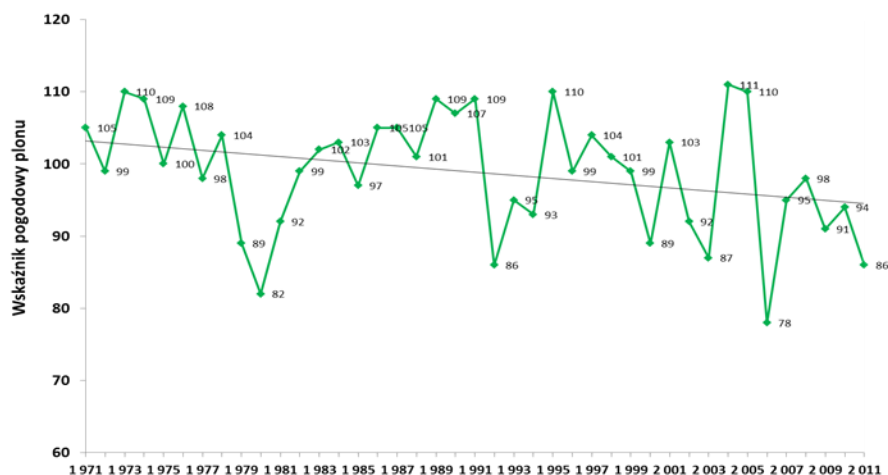
Źródło GUS

Plonowanie roślin

Wraz z postępującym globalnym ociepleniem należy oczekiwać dalszego wzrostu zmienności plonowania i stopniowego zmniejszania się plonów roślin uprawnych w Polsce, choć nie przewiduje się znaczącego obniżenia potencjału plonowania do połowy XXI wieku (Sadowski i in. 2008).

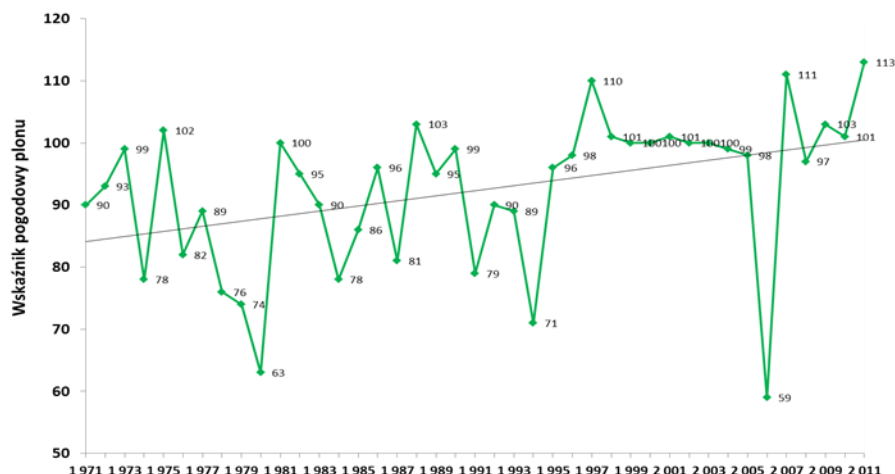
Przeprowadzona analiza indeksów pogodowych plonu¹⁰ w okresie 1971-2011 wykazała, że wartości te dla większości upraw ulegają spadkowi, rosną jedynie indeksy plonowania dla kukurydzy, co oznacza poprawę warunków do plonowania tej uprawy (Rys. 6.4 i Rys. 6.5).

¹⁰ Indeks pogodowy (IP) jest wielokrotną funkcją elementów mierzonych na stacjach meteorologicznych, uśrednianych w dekadach lub miesiącach i stanowi agrometeorologiczną interpretację związków między pogodą a plonowaniem głównych roślin uprawnych (Górski i in. 1997).



Rys. 6.4. Indeksy pogodowe (IP) plonu krajowego dla pszenicy ozimej w latach 1971-2011.

Źródło: Kozyra i in. 2011



Rys. 6.5. Indeksy pogodowe (IP) plonu krajowego kukurydzy w latach 1971-2011.

Źródło: Kozyra i in. 2011

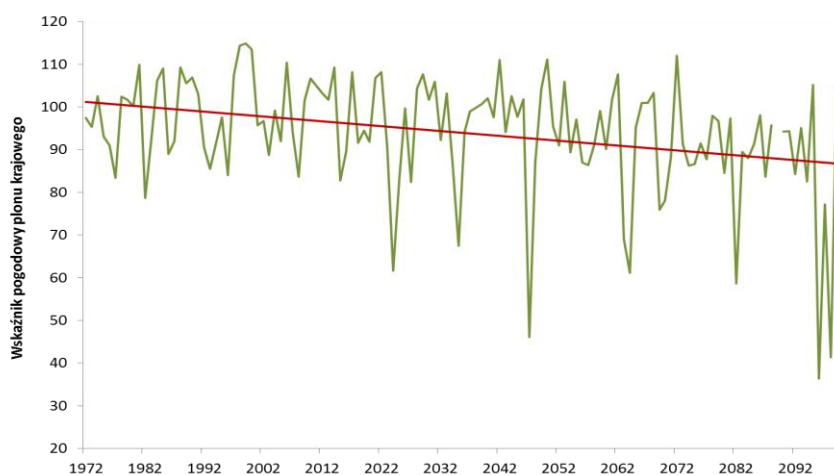
Analiza przyszłych zmian indeksów pogodowych plonu owsa wykazuje, że częstość lat ze stratami plonu z powodu niekorzystnego przebiegu pogody w Polsce przekraczającymi 20% wzrasta z 6% w latach 1971-2000 do 11% w latach 2021-2050, natomiast w latach 2071-2100 do 18%. Częstość lat ze stratami 30% plonu owsa wzrasta z 0,3% w latach 1971-2000 do 4,6% w latach 2021-2050 oraz 5,3% w latach 2071-2100. W przypadku pszenicy jarej, częstość lat ze stratami przekraczającymi 20% wzrasta z 2,3% w latach 2021-2050 do 9,4%, a w latach 2071-2100 do 13%. Straty plonu jęczmienia jarego przekraczające 20% (który jest najbardziej odporny na niedobory wody wśród analizowanych upraw) wzrastają z 0,5% do 6,8% w 2021-2050 i do 13% w latach 2071-2100.

Według analizowanego scenariusza klimatycznego w perspektywie lat 2021-2050 i 2071-2100 stwierdzono spadek średnich wartości indeksów pogodowych analizowanych upraw jarych. W perspektywie lat 2021-2050 spadek indeksu plonowania plonu krajowego nie będzie znaczący i wyniesie od 3% w przypadku pszenicy jarej do 4% w przypadku owsa i jęczmienia jarego. Natomiast w perspektywie lat 2071-2100 w przypadku owsa warunki klimatyczne plonowania pogorszą się o 12%, pszenicy jarej o 10% a w przypadku jęczmienia

jarego o 11% (Tab. 6.1). Analiza regionalna zmian indeksów plonowania zbóż jarych wskazała, że największe względne zmiany nastąpią w południowych regionach Polski dotychczas uważanych za korzystne do uprawy roślin jarych. W okolicach Krakowa zmiana indeksu plonowania zbóż jarych w perspektywie 2071-2100 ma wynieść 21%, a w okolicach Wrocławia 18%. Zwiększa się jednocześnie zmienność plonowania wszystkich analizowanych upraw jarych, co jest obserwowane szczególnie w drugiej połowie XXI wieku (Rys. 6.6.).

Tab. 6.1. Wartości indeksu pogodowego (IP) plonu owsa, pszenicy jarej i jęczmienia jarego w latach 1971-2000, 2021-2050 i 2071-2100 dla wybranych stacji.

Lata	Wskaźnik pogodowy plonu wiosny					
	Polska	Poznań	Wrocław	Kraków	Warszawa	Olsztyn
	Owies					
1971–2000	99	95	102	104	97	101
2021–2050	95	94	96	91	90	100
2071–2100	87	85	84	83	82	96
	Pszenica jara					
1971–2000	100	100	98	103	104	98
2021–2050	97	97	96	98	92	93
2071–2100	90	90	86	85	83	80
	Jęczmień jary					
1971–2000	110	107	112	113	108	112
2021–2050	106	105	107	101	102	110
2071–2100	99	95	94	92	89	103



Rys. 6.6. Ocena wpływu warunków wiosny na indeks pogodowy plonu krajowego owsa w latach 1971-2100.

Okres wegetacyjny i okres aktywnego wzrostu roślin¹¹

Przeprowadzona analiza symulacji modeli regionalnych klimatu wskazała na wydłużanie się okresu wegetacyjnego w Polsce w XXI wieku. W trzydziestoleciu 1971-2000 okres wegetacyjny w Polsce trwał 214 dni, natomiast w trzydziestoleciu 2021-2050 ma trwać 230

¹¹ Długość okresu wegetacyjnego wyznacza data przejścia średniej (normy) dobowej temperatury powietrza w analizowanych trzydziestoleciach przez próg 5°C (Górski 2005; Kędziora 2008). Okres aktywnego wzrostu roślin wyznacza przejście temperatury powietrza przez próg 10°C. Wydłużanie się tego okresu wskazuje na poprawę warunków wegetacji dla roślin, szczególnie dla roślin ciepłolubnych, które wcześniej mogą rozpocząć okres wzrostu.

dni, a w latach 2071-2100 - 255 dni. Różnica długości okresu wegetacyjnego pomiędzy końcem wieku XX i prognostycznymi okresami wyniesie więc odpowiednio 16 dni i 26 dni.

Średnia data początku okresu wegetacyjnego w Polsce w trzydziestoleciu 1971-2000 przypadała na 3 kwietnia, natomiast w latach 2021-2050 ma nastąpić 25 marca, a w latach 2071-2100 okres wegetacyjny ma zaczynać się już 13 marca. Zmiana terminu początku okresu wegetacji określona dla analizowanych 6 modeli w horyzoncie czasowym 2021-2050 wynosi 9 dni, natomiast w horyzoncie czasowym 2071-2100: 13 dni.

Średnia data końca okresu wegetacyjnego w Polsce określona dla analizowanych symulacji klimatycznych w trzydziestoleciu 1971-2000 to 3 listopada; w latach 2021-2050 koniec okresu wegetacyjnego ma przypadać na 10 listopada, a w latach 2071-2100 na 18 listopada. W pierwszym analizowanym horyzoncie czasowym, zmiana długości tego okresu wynosi 7 dni, natomiast w drugim horyzoncie czasowym jest to 15 dni.

Geograficznie największe zmiany w długości okresu wegetacyjnego stwierdzono w północnej i północno-zachodniej części Polski. W latach 2021-2050 okres wegetacyjny wydłuży się w tym regionie od 15-25 dni. Najmniejsze zmiany stwierdzono we wschodniej Polsce, gdzie w horyzoncie czasowym 2021-2050 okres wegetacyjny wydłuży się do 10 dni.

W latach 1971-2000 okres aktywnego wzrostu roślin trwał w Polsce 158 dni, w latach 2021-2050 będzie trwał 166 dni, a w latach 2071-2100 182 dni. Przeprowadzona analiza długości okresu aktywnego wzrostu roślin wskazuje na jego wydłużanie w perspektywie lat 2021-2050 o 8 dni, a w latach 2071-2100 o 17 dni. Zmiany długości okresu aktywnego wzrostu są o połowę mniejsze niż długości okresu wegetacyjnego.

W latach 1971-2000 początek okresu aktywnego wzrostu roślin przypadał na 1 maja, w latach 2021-2050 okres ten ma zaczynać się 26 kwietnia, a w latach 2071-2100 16 kwietnia. Przyspieszenie terminu początku okresu aktywnego wzrostu roślin ma wynieść w analizowanych perspektywach klimatycznych 5 i 10 dni.

Fenologia wybranych roślin uprawnych

Zgodnie z przeprowadzoną analizą średnia data kłoszenia pszenicy w Polsce w latach 1971-2000 przypadała na 7 czerwca, a dojrzałości woskowej na 27 lipca. W latach 2021-2050 termin kłoszenia pszenicy ozimej w Polsce będzie osiągnięty 1 czerwca, a dojrzałości woskowej 20 lipca. W latach 2071-2100 pszenica osiągać będzie fazę kłoszenia 20 maja, a dojrzałość woskową 7 lipca (w klimacie lat 2021-2050 średni termin kłoszenia pszenicy ozimej będzie więc wcześniejszy o 6 dni, natomiast w klimacie lat 2071-2100 o 12 dni). Zmiany terminu dojrzałości woskowej pszenicy ozimej wynoszą w latach 2021-2050 8 dni, a 2071-2100 13 dni.

Według przeprowadzonej analizy średnia data siewu kukurydzy w latach 1971-2000 przypadała na 26 kwietnia, w latach 2021-2050 ma to być 22 kwietnia, a w latach 2071-2100 13 kwietnia. Zmiany terminu siewu można ocenić na niewielkie, ponieważ już obecnie rolnicy w Wielkopolsce wysiewają kukurydzę w połowie kwietnia. Zmianę daty dojrzewania kukurydzy FAO 210 można ocenić już jako bardzo znaczącą. W latach 1971-2000 termin dojrzewania kukurydzy FAO 210 przypadał przeciętnie w Polsce na 25 września, natomiast w latach 2021-2050 ma to być 8 września, a w latach 2071-2100 - 17 sierpnia (czyli około 3 tygodni po terminie dojrzałości pszenicy ozimej w latach 1971-2000). W latach 2021-2050 zbiór kukurydzy może być wcześniejszy o 17 dni, a w latach 2071-2100 o 22 dni.

Największe zmiany w terminie dojrzewania kukurydzy nastąpią w północnych rejonach kraju, natomiast najmniejsze w części centralnej. W latach 2021-2050 w północnych rejonach zmiana terminu dojrzałości może osiągnąć 45 dni, a w centralnej części do 15 dni. W perspektywie lat 2071-2100 w centralnej części Polski zmiana terminu dojrzewania może osiągnąć 35 dni. Dobre warunki do uprawy kukurydzy w Polsce w latach 1941-1990

ograniczały się do obszarów położonych na Dolnym Śląsku i w Kotlinie Sandomierskiej. Prawdopodobieństwo dojrzenia średnio-wczesnej kukurydzy w tych rejonach w latach 1941-1990 przekraczało 80%, natomiast na północ od linii Szczecin – Białystok było mniejsze niż 20%. Z przeprowadzonej analizy wynika, że w latach 2001-2010 prawdopodobieństwo dojrzenia kukurydzy w całej Polsce wyraźnie przekroczy 80%.

Zapotrzebowanie na wodę

Przez zapotrzebowanie upraw rolniczych na wodę rozumie się ilość wody potrzebną do osiągnięcia określonego efektu produkcyjnego (plonu końcowego). Zapotrzebowanie na wodę zależy od właściwości danego gatunku rośliny i wielkości plonu końcowego oraz od warunków meteorologicznych występujących w okresie wegetacji rośliny (przede wszystkim od wilgotności i temperatury powietrza, prędkości wiatru, energii promieniowania słonecznego). Miarą zapotrzebowania na wodę danej rośliny uprawnej dla wydania określonego plonu jest ewapotranspiracja potencjalna tej rośliny. Zapotrzebowanie roślin na wodę jest różne w poszczególnych fazach rozwojowych – zwiększa się wraz z przyrostem zielonej masy i rozwojem części wegetatywnych. Średnie zapotrzebowanie na wodę roślin uprawy polowej, dających stosunkowo wysoki (ale nie maksymalny) plon, w warunkach klimatycznych Polski Centralnej w pasie nizin, można ocenić na 200-400 mm – w przypadku roślin o krótkim okresie wegetacji (do końca lipca) i małym zapotrzebowaniu na wodę, np. zboża, ziemniaki wczesne, warzywa wczesne; 400-500 mm – w przypadku roślin o długim okresie wegetacji (do końca września) i średnim zapotrzebowaniu na wodę, np. rośliny okopowe; 500-600 mm – w przypadku roślin o długim okresie wegetacji (do końca września) i dużym zapotrzebowaniu na wodę, np. rośliny pastewne, warzywa późne.

Według przyjętego scenariusza zmian klimatycznych, zarówno w prognozowanym okresie 2021-2050, jaki w 2071-2100, przewiduje się wzrost ewapotranspiracji wskaźnikowej ET_0 we wszystkich wytypowanych regionach. W pierwszym trzydziestoleciu wzrost ten będzie jeszcze niewielki (0,2-1,6 mm/rok), maksymalnie do 33 mm. W następnym analizowanym okresie przewidywany jest ok. 3-krotny wzrost ET_0 w stosunku do wzrostu w poprzednim trzydziestoleciu. Największy wzrost ET_0 pod koniec XXI wieku jest spodziewany w zachodniej i centralnej Polsce, zaś najmniejszy w południowej. Deficyt opadów w stosunku do parowania zaznaczy się szczególnie w okresie 2071–2100, natomiast w latach 2021–2050 na obszarze Polski prognozowane są zarówno spadki, jak i wzrosty klimatycznego bilansu wodnego ($P-ET_0$).

W świetle zakładanych zmian klimatycznych i zwiększających się ilości okresów posusznych i susz powodujących istotny wzrost ewapotranspiracji wskaźnikowej, przewiduje się wzrost zapotrzebowania na wodę w rolnictwie o 30-50% w perspektywie 20-30 lat. Ponadto więcej wody będzie potrzebne na jednostkę powierzchni i prawdopodobnie na jednostkę produkcji, zmniejszając produktywność wody (Łabędzki 2009). Również intensyfikacja produkcji rolnej prowadzi i prowadzić będzie do znacznego zwiększenia zapotrzebowania na wodę.

Uwilgotnienie gleby

W związku ze wzrostem opadów zimowych nastąpi znaczne zwiększenie wilgotności gleby na wiosnę, co spowoduje potrzebę rozwoju melioracji odwadniających. Z drugiej strony, przewidywany wzrost temperatury powietrza w okresie letnim spowoduje wzrost ewapotranspiracji, co w połączeniu z prognozowanym zmniejszeniem opadów w tym okresie i wydłużeniem sezonu wegetacyjnego, może spowodować zmniejszenie dostępnych zasobów wody w glebie i zwiększenie niedoborów wody dla roślin. Wymienione warunki klimatyczne będą powodować także szybkie spadki wilgotności gleby w czasie sezonu wegetacji. Według niektórych modeli przewiduje się zmniejszenie średnich rocznych wartości mobilnej retencji wodnej gleb od ok. 7% do 15% w ciągu 50 lat. Wskazuje to na możliwość nasilenia się

występowania lat suchych, a w konsekwencji istotnego ograniczenia wody dostępnej dla roślin (Somorowska 2008).

W prognostycznych okresach lat 2021–2050 i 2071–2100 na obszarze całego kraju, zwłaszcza na południu i północy, będą utrzymywać się korzystne warunki uwilgotnienia gleby w uprawie buraka cukrowego. W uprawie kukurydzy na zielonkę będą one stopniowo pogarszać się.

Niedobory wodne, zagrożenie suszą rolniczą i potrzeby nawodnień

Ocenę zagrożenia suszą rolniczą na badanych uprawach przeprowadzono dla analizowanych okresów prognostycznych w oparciu o zmiany wartości wskaźnika suszy rolniczej CDI¹²

Badania wykazały postępujący, chociaż nierównomierny wzrost zagrożenia suszą rolniczą na obszarze Polski. Uzyskane wyniki analiz wskazują na wzrost strat w plonach badanych roślin w wyniku wzrostu zagrożenia suszą rolniczą w latach 2021-2050 oraz 2071-2100. W uprawach badanych roślin największe straty potencjalnego plonu spodziewane są w Polsce centralnej i południowo-zachodniej, a najmniejsze w Polsce północno-wschodniej. Zmianę wartości wskaźnika CDI dla wybranych roślin podano w Tab. 6.2.

Tab. 6.2. Średnie dekadowe wartości wskaźnika suszy rolniczej CDI w okresie kwiecień–październik w wieloletniach: 1971-2000, 2021-2050, 2071-2100*

Okres	CDI				
	Bydgoszcz	Wrocław	Kraków	Warszawa	Olsztyn
Burak cukrowy					
1971-2000	0,09	0,10	0,01	0,12	0,05
2021-2050	0,12	0,10	0,02	0,16	0,05
2071-2100	0,19	0,19	0,04	0,22	0,11
Kukurydza na zielonkę					
1971-2000	0,08	0,09	0,01	0,11	0,05
2021-2050	0,11	0,09	0,03	0,13	0,07
2071-2100	0,15	0,16	0,07	0,17	0,10
Ziemniak późny					
1971-2000	0,22	0,25	0,20	0,29	0,20
2021-2050	0,26	0,25	0,22	0,31	0,20
2071-2100	0,32	0,33	0,29	0,35	0,26

* Nazwy miast umownie określają regiony kraju: Bydgoszcz- Kujawy, Wrocław – południowo-zachodni, Kraków- południowy, Warszawa- centralny, Olsztyn- północno-wschodni.

Źródło: Kozyra i in. 2007

Przewidywane zmiany klimatyczne i związane z nimi wzrost częstotliwości i intensywności susz w rolnictwie spowodują najprawdopodobniej w strefie klimatycznej Polski wzrost zapotrzebowania na wodę przez rośliny i zwiększenie powierzchni nawadnianej.

Obliczone prognostyczne wartości niedoborów wody w glebie świadczą o postępującym procesie przesuszania się gleby i zwiększania się zagrożenia suszą dla wybranych roślin. Największy wzrost niedoborów wystąpi w uprawie buraka cukrowego, szczególnie w Polsce centralnej, południowo-zachodniej i na Kujawach. Na pozostałych uprawach będzie on mniejszy (Tab. 6.3).

¹² Wskaźnik CDI jest stosunkiem ewapotranspiracji rzeczywistej do ewapotranspiracji potencjalnej i stanowi informację o niedoborze wody w glebie.

Tab. 6.3. Średnie dekadowe niedobory wody w glebie n [mm] w uprawie wybranych roślin w okresie kwiecień-październik w wieloletniach: 1971-2000, 2021-2050, 2071-2100.

Okres	Bydgoszcz	Wrocław	Kraków	Warszawa	Olsztyn
Burak cukrowy					
1971-2000	8,2	9,0	0,6	11,4	4,1
2021-2050	10,9	9,3	1,8	14,3	4,5
2071-2100	16,7	17,5	3,9	20,2	9,7
Kukurydza na zielonkę					
1971-2000	1,8	1,7	0,2	2,5	1,1
2021-2050	2,3	1,7	0,5	3,0	1,4
2071-2100	3,5	3,6	1,0	4,4	2,1
Ziemniak późny					
1971-2000	12,4	7,9	6,4	9,1	11,3
2021-2050	14,4	7,8	6,9	9,5	11,0
2071-2100	17,5	10,2	9,3	11,0	14,6

* Nazwy miast umownie określają regiony kraju: Bydgoszcz- Kujawy, Wrocław – południowo-zachodni, Kraków- południowy, Warszawa- centralny, Olsztyn- północno-wschodni.

Źródło: Kozyra i in. 2007

Podobnie jak zapotrzebowanie na wodę przez rośliny, niedobory wodne wykazują zróżnicowanie przestrzenne na obszarze Polski oraz czasowe. Istotne są okresy występowania niedoborów w okresach krytycznych rozwoju roślin, bo to one decydują w największym stopniu o plonie końcowym. Największe deficyty wody występują dla większości upraw w Polsce w pasie centralnym Polski, od wschodu do północo-zachodu.

Tab. 6.4. przedstawia niedobory wodne upraw polowych i użytków zielonych (przy uwzględnieniu długości okresu wegetacji) w rejonach o średniej sumie opadów atmosferycznych w okresie wegetacji wynoszącej 300-350 mm (województwa środkowej Polski - Pas Wielkich Dolin) i na glebach o zapasach wody użytecznej dla roślin w 1-metrowym profilu wynoszących 100-120 mm. Niedobory te kształtują się od 20 mm dla zbóż, 100-200 mm dla okopowych i warzyw do 400 mm dla sadów.

Tab. 6.4. Niedobory wodne w okresie wegetacji wybranych roślin uprawy polowej i użytków zielonych.

Roślina	Okres wegetacji	Niedobory wodne (mm)
Żyto	kwiecień – lipiec	20 – 40
Pszenica ozima	kwiecień - lipiec	60 – 80
Jęczmień jary	kwiecień – sierpień	50 - 70
Owies	kwiecień – lipiec	30 – 50
Ziemniaki późne	kwiecień –wrzesień	100 – 150
Pastwiska polowe	kwiecień –wrzesień	90 – 120
Kukurydza na ziarno	kwiecień –wrzesień	50 – 70
Rzepak ozimy	kwiecień – lipiec	20 – 30
Buraki cukrowe	kwiecień – wrzesień	50 – 100
Warzywa wczesne	maj – lipiec	50 – 200
Warzywa późne	maj – wrzesień	200 – 300
Sady	zróżnicowany	200 – 400
Łąki 3-kośne	kwiecień - wrzesień	50 – 150

Ocenę ryzyka uprawy wybranych roślin w różnych regionach Polski ze względu na zagrożenie deficytem wody przeprowadzono na podstawie niedoborów wybranych roślin uprawy polowej (Ostrowski i in. 2008) oraz powierzchni upraw w poszczególnych województwach w roku 2009 (*Użytkowanie...* 2009). Ocenę przeprowadzono dla wybranych grup użytkowych i gatunków roślin (zboża, okopowe, przemysłowe, pastewne) dla 5

regionów agroklimatycznych (północno-wschodni, obejmujący województwa: podlaskie, warmińsko-mazurskie i pomorskie, środkowo-północno-zachodni: łódzkie, kujawsko-pomorskie, wielkopolskie, lubuskie i zachodnio-pomorskie, środkowo-wschodni: mazowieckie, świętokrzyskie i lubelskie, południowo-zachodni: dolnośląskie, opolskie i śląskie, południowo-wschodni: małopolskie i podkarpackie), Tab.6.5.

Tab. 6.5. Niedobory wody ($N_{20\%}$) i zagrożenie ($Z_{20\%}$) upraw deficytem wody w roku suchym*.

Region	Ziemniaki późne		Buraki cukrowe		Rzepak ozimy		Pszenica ozima		Jęczmień jary		Kukurydza na zielonkę	
	$N_{20\%}$	$Z_{20\%}$	$N_{20\%}$	$Z_{20\%}$	$N_{20\%}$	$Z_{20\%}$	$N_{20\%}$	$Z_{20\%}$	$N_{20\%}$	$Z_{20\%}$	$N_{20\%}$	$Z_{20\%}$
Północno-wschodni	107	++	60	-	40	+	73	+	50	+	53	++
Środkowo-północno-zachodni	180	++++	168	++++	60	++	100	++	100	++	128	++++
Środkowo-wschodni	153	++	103	++	47	-	87	++	60	++	80	++
Południowo-zachodni	127	++	93	++	40	++	67	++	53	+	50	-
Południowo-wschodni	60	+	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-

* Ryzyko: - brak, + małe, ++ średnie, +++ duże, ++++ bardzo duże

Zróznicowanie przestrzenne niedoborów wody, jak również susz rolniczych kwantyfikowanych wskaźnikiem CDI, wskazuje na potrzeby nawodnień dla uzyskania wysokich plonów. Przy ocenie uwzględniono powierzchnie na glebach predestynowanych do uprawy danej rośliny w województwach zagrożonych niedoborami wody w okresie wegetacji oraz powierzchnię uprawy tej rośliny w stosunku do całkowitej powierzchni uprawy w Polsce. Oceniono ryzyko w roku przeciętnym dla prawdopodobieństwa 50% (może występować co dwa lata) oraz suchym dla prawdopodobieństwa 20% (może występować co 5 lat).

Okresy występowania największych deficytów wody w roku przeciętnym dla analizowanych upraw rolniczych przedstawia Tab. 6.6.

Tab. 6.6. Okresy występowania największych deficytów wody dla analizowanych upraw rolniczych.

Region	Ziemniaki późne	Buraki cukrowe	Rzepak ozimy	Pszenica ozima	Jęczmień jary	Kukurydza na zielonkę
Północno-wschodni	lipiec sierpień	lipiec sierpień	-	-	-	lipiec sierpień
Środkowo-północno-zachodni	czerwiec lipiec sierpień	czerwiec lipiec sierpień	maj czerwiec	maj czerwiec	maj czerwiec	czerwiec lipiec sierpień
Środkowo-wschodni	czerwiec lipiec sierpień	czerwiec lipiec sierpień	-	maj czerwiec	maj czerwiec	czerwiec lipiec sierpień
Południowo-zachodni	czerwiec lipiec sierpień	czerwiec lipiec sierpień	maj czerwiec	-	-	czerwiec lipiec sierpień
Południowo-wschodni	lipiec sierpień	lipiec sierpień	-	-	-	lipiec sierpień

Zróznicowanie częstotliwości susz rolniczych (Tab.6.7) w uprawie różnych roślin i na różnych glebach jest spowodowane różnicami odporności roślin na suszę (zależnej m. in. od długości okresu wegetacji roślin, wielkości ich zapotrzebowania na wodę i jego rozkładu w czasie, czasu, w którym występują okresy wzmożonego zapotrzebowania na wodę, głębokości

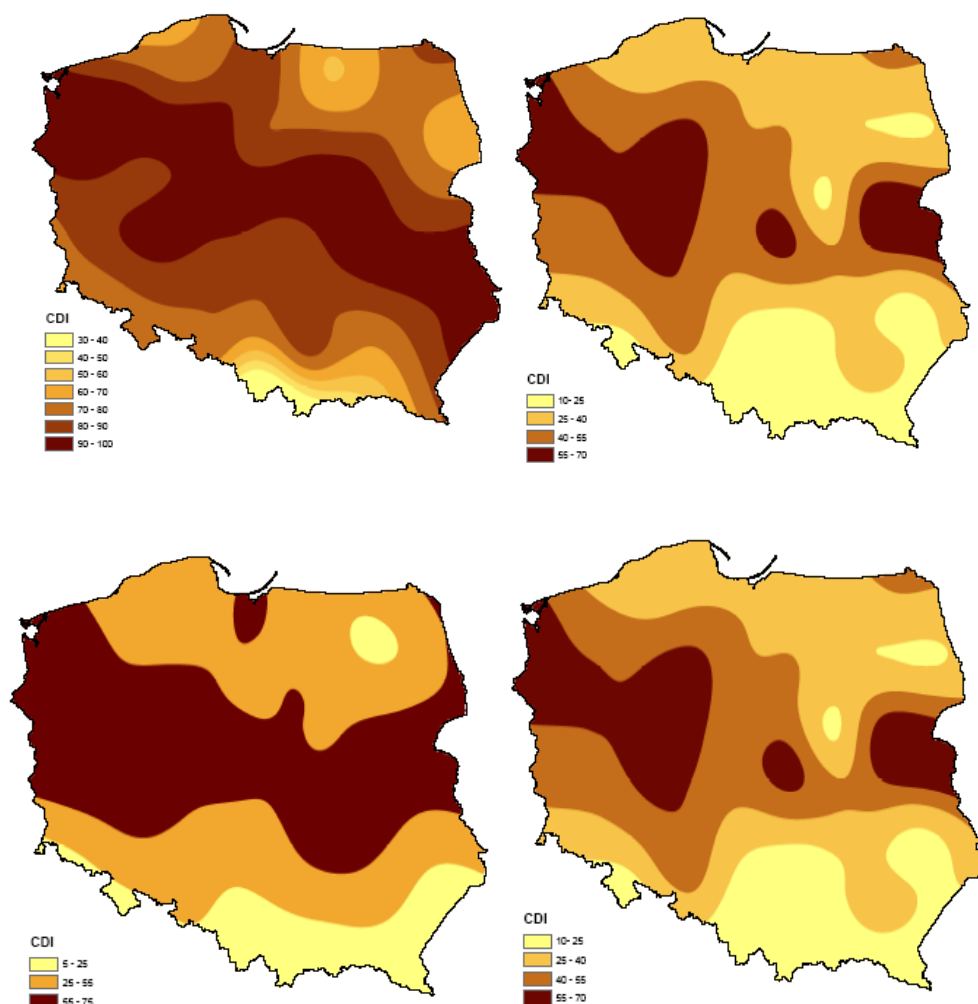
korzenia się) oraz zróżnicowania zapasów wody użytecznej w glebie, możliwości poboru wody glebowej przez rośliny i wynikających stąd zapasów wody łatwo dostępnej dla roślin.

Tab. 6.7. Częstotliwość susz rolniczych w latach 1970-2004, wg wskaźnika CDI.

ZWU* (mm)	Częstotliwość suszy (%)			
	Burak cukrowy	Pszenica ozima	Rzepak ozimy	Ziemiak późny
60	-	-	-	94
120	70	49	23	84
160	44	20	3	60
200	24	6	0	42
270	5	0	0	-

* ZWU – zapas wody użytecznej w 1-m profilu gleby

Przestrzenne zróżnicowanie częstotliwości susz według wskaźnika CDI w całym okresie wegetacji badanych roślin ma układ zbliżony do równoleżnikowego. Największa częstotliwość występuje w pasie środkowym Polski oraz w części północno-zachodniej. W kierunku północnym i południowym częstotliwość ta maleje – najmniejsza jest w obszarach podgórskich i nadmorskich oraz w północno-wschodniej części Polski.



Rys. 6.7. Częstotliwość (%) susz rolniczych w uprawie ziemniaków późnych (rys górny) i pszenicy ozimej (rys dolny) (ZWU – zapas wody użytecznej w 1-m profilu gleby. Po lewej 120 mm i po prawej 200 mm).

Źródło: mapy K. Smarzyńska, ITP Bydgoszcz

W chwili obecnej w Polsce nawodnienia odgrywają znikomą rolę zarówno w produkcji rolnej, jak i gospodarce wodnej. Są stosowane zaledwie na około 0,5% powierzchni użytków rolnych (Kaca 2008, Łabędzki 2007). Nawodnienia mają charakter interwencyjny i uzupełniają okresowy niedobór opadów. Są potrzebne w krótszych bądź dłuższych okresach w czasie trwania okresu wegetacyjnego, szczególnie w regionach, w których występują częste i silne susze. Występują lata, kiedy nawodnienia nie są potrzebne, jednak w latach takich jak np. 1992 i 2000, kiedy około 40% powierzchni kraju było dotknięte ekstremalnymi suszami, powodującymi średni spadek plonu roślin uprawnych o 10-40% w porównaniu z rokiem normalnym, mają ogromne znaczenie (Łabędzki 2006).

W świetle powyżej przedstawionych procesów ocenia się, że do roku 2020 zapotrzebowanie na wodę do nawodnień wzrośnie o ok 40% w stosunku do obecnego zapotrzebowania. Wzrostu zapotrzebowania wody do nawodnień należy się także spodziewać w związku ze wzrostem powierzchni nawadnianej. Powierzchnia nawadniania w Polsce powinna wzrosnąć do 2,1 mln ha, z czego 1,6 mln ha trwałych użytkach zielonych nawadnianych podsiąkowo i 0,5 mln ha na gruntach ornych i sadach.

Nadmiar wód w glebie i potrzeby odwodnień

Wyniki badań modelowych wskazują, że w latach 2021–2050 średnie nadmiary wody w glebie będą wzrastać na przeważającym obszarze kraju (Tab. 6.8). Największy wzrost jest spodziewany w południowo-zachodniej części kraju, gdzie w uprawie ziemniaka późnego wzrośnie on o 55%, a na uprawie kukurydzy na zielonkę o 54%. W tym samym okresie na Kujawach wartość średniego nadmiaru wody w uprawie buraka cukrowego zmniejszy się o 25% i o około 15% na pozostałych uprawach.

W wieloleciu 2071–2100 nastąpi spadek lub utrzymanie się wartości wskaźnika S¹³ na poziomie wielolecia 1971–2000. Spadek wartości wskaźnika świadczy o zmniejszeniu się zagrożenia okresowymi nadmiarami wody w tym wieloleciu w danym punkcie. Najmniejsze zagrożenie nadmiarami wody przewidywane jest na Kujawach i w Polsce południowej.

Tab. 6.8. Średnie dekadowe nadmiary wody w glebie S [mm] w uprawie wybranych roślin w okresie kwiecień–październik w wieloleciach: 1971–2000, 2021–2050, 2071–2100.

Lata	Wskaźnik S [mm]				
	Bydgoszcz	Wrocław	Kraków	Warszawa	Olsztyn
Burak cukrowy					
1971–2000	5,0	6,7	6,7	3,5	4,6
2021–2050	4,3	9,8	7,8	4,8	5,5
2071–2100	3,5	5,8	4,6	3,3	4,1
Kukurydza na zielonkę					
1971–2000	5,7	7,7	7,5	4,0	5,4
2021–2050	4,8	11,9	8,6	5,5	6,6
2071–2100	3,8	7,0	5,1	3,7	4,7
Ziemniak późny					
1971–2000	6,1	9,0	8,4	5,0	5,9
2021–2050	5,3	13,9	10,1	6,9	7,5
2071–2100	4,1	9,0	6,9	5,0	5,3

Ocena wpływu zmian klimatu na rolnictwo

Wraz ze wzrostem temperatury polepszyły się warunki klimatyczne do uprawy roślin ciepłolubnych w Polsce. Większe zasoby ciepła stwarzają możliwości uprawy roślin ciepłolubnych, takich jak soja, proso, słonecznik, sorgo czy winorośl (Kozyra, Górski 2004). Wzrost temperatury w okresie późno-zimowym i wczesno-wiosennym przyspiesza początek okresu wegetacyjnego i stwarza możliwość wcześniejszego rozpoczęcia prac polowych oraz

¹³ Wskaźnik S- średnie dekadowe nadmiary wody w glebie (w mm).

wypasu bydła. Wcześniejszy siew odbywa się często w warunkach dostatecznego uwilgotnienia gleby, co pozwala uniknąć negatywnych skutków ewentualnych susz wiosennych.

Wydłużenie sezonu wegetacyjnego, wpływa na wydłużenie okresu wypasu oraz produktywność gatunków i odmian roślin wchodzących w skład bazy paszowej. W okresie zimowym łagodniejszy przebieg temperatur sprzyja obniżeniu o kosztów ogrzewania budynków w chowie drobiu i trzody chlewnej.

Większa zmienność plonowania roślin uprawnych z roku na rok powodowana niekorzystnym przebiegiem pogody zwiększyła ryzyko prowadzenia gospodarstwa. Wzrasta ryzyko braku pasz w gospodarstwie lub wysokich cen pasz w latach niekorzystnych dla produkcji roślinnej. Większe zagrożenie dla roślin i zwierząt spowodowane nowymi chorobami i szkodnikami generuje dodatkowe koszty.

Wraz ze wzrostem ewapotranspiracji wzrasta zapotrzebowanie upraw rolniczych na wodę. Pogłębiający się niedobór wody w rolnictwie może powodować stopniowe zmniejszanie się efektywności nakładów na produkcję. W produkcji roślinnej przejawia się to występowaniem dużych wahań plonów (lata urodzaju i nieurodzaju). Zarówno dane empiryczne, jak i praktyczne obserwacje wykazują prostą zależność między skutecznością nawożenia a stanem wilgotności gleby. Niedobór wody w glebie będzie tym wyraźniej dawał znać o sobie, im wyższe będą dawki nawozów, a takich wymagają wydajne gatunki i odmiany roślin uprawnych, oraz im nowocześniejsze będą stosowane technologie produkcji. W miarę podnoszenia się ogólnego poziomu agrotechniki i plonów coraz większego znaczenia nabiera ilość i jakość wody dostępnej dla roślin. Niedobór wody, rzadziej jej nadmiar, staje się coraz częściej przyczyną niewykorzystania możliwości produkcyjnych, jakie stwarzają warunki termiczno-energetyczne środowiska przyrodniczego i nowoczesne technologie. Dotyczy to przede wszystkim środkowej części Polski, gdzie obecnie woda staje się czynnikiem ograniczającym wydajność produkcji roślinnej.

Zmiany klimatu wymuszają potrzebę modyfikacji technologii użytkowania wody w gospodarstwie i na polu w kierunku oszczędności wody i zwiększania efektywności wykorzystania wody. W ostatnich latach obserwuje się wzrastającą rolę mikro-nawodnień (nawodnień kroplowych, wgłębnych i mikro-deszczowania) w sadownictwie i ogrodnictwie. Jest to tendencja, która będzie się w najbliższych latach rozwijać coraz intensywniej. Czynnikiem uniemożliwiającym prowadzenie nawodnień jest w wielu przypadkach brak wody, spowodowany występowaniem w okresie suszy niżówek w rzekach i zmniejszeniem pojemności użytkowej jezior i zbiorników retencyjnych. W Polsce większość systemów nawadniających była projektowana na okres 30-50 lat, przy założeniu niewielkich zmian klimatycznych w tym okresie. Ponad 30% gruntów rolnych (18% powierzchni całego kraju) jest wyposażonych w różnego typu urządzenia melioracyjne (na gruntach ornych systemy drenarskie, a na użytkach zielonych - sieć rowów odwadniających, niekiedy z możliwością prowadzenia nawodnień). Prawie na całym obszarze Polski niezbędne są uzupełniające nawodnienia w latach średnio suchych (Łabędzki 2009). Przyjmuje się, że w przyszłości w Polsce powinno być nawadniane 3-4% powierzchni upraw, nie licząc nawodnień podsiąkowych metodą regulowanego odpływu, niezbędnych ze względu na ochronę terenów mokradłowych.

Powierzchnia nawadniania i zużycie wody do nawodnień rolniczych w Polsce w przyszłości będzie zależeć od przyjętej strategii rozwoju rolnictwa, a w mniejszym stopniu, od uwarunkowań klimatycznych. Możliwe zwiększenie deficytów wody w rolnictwie w wyniku zmian klimatu może zwiększyć obecne trendy rozwoju nawodnień. Znaczenie nawodnień w polskim rolnictwie powinno wzrastać wraz z intensyfikacją rolnictwa i negatywnymi skutkami zmian klimatu. Ocenia się, że do 2025 r. nawodnienia ciśnieniowe

będą wykorzystywane na obszarze ok. 1 mln ha, głównie na bardzo lekkich i lekkich glebach (Łabędzki 2009).

Wyższa temperatura w okresie letnim powoduje dodatkowy stres termiczny dla zwierząt, co może wpływać na zmniejszenie produktywności stad a w przypadku bydła mlecznego zmniejszać mleczność oraz cechy jakościowe mleka. Podczas okresów z wysoką temperaturą w pomieszczeniach inwentarskich, które wymagają chłodzenia, następuje wzrost kosztów zużycia energii elektrycznej, związany z wprowadzeniem wspomagającej wentylacji mechanicznej lub klimatyzacji pomieszczeń.

Wysoka temperatura powietrza w sezonie wegetacyjnym powoduje ograniczenie wypasu, pozostawianie bydła w budynkach wiąże się z koniecznością zwiększenia izolacji termicznej stropów i wiat na okres lata oraz z koniecznością wyposażenia pomieszczeń inwentarskich w systemy schładzania powietrza i większe moce wentylacji. Stres termiczny będzie zwiększać zapotrzebowanie na wodę w produkcji zwierzęcej. Wyższa temperatura wymaga rozbudowy urządzeń chłodniczych także w przechowalnictwie surowców zwierzęcych (jaj, mleka i mięsa), co wpływa na wzrost zapotrzebowania na energię, a tym samym na koszty produkcji.

Niepewność oceny

Podstawowym elementem oceny wpływu zmian klimatycznych na rolnictwo jest ocena produktywności upraw, która wykonywana jest najczęściej z wykorzystaniem modeli symulacyjnych wzrostu i plonowania roślin (Trnka i in. 2011). Źródłem możliwych błędów w szacunkach wpływu prognozowanego ocieplenia na plonowanie, większym nawet od wyboru scenariusza klimatycznego jest konieczność przyjmowania uproszczonych założeń dotyczących lokalnych uwarunkowań środowiskowych produkcji rolniczej, reakcji lokalnych odmian roślin uprawnych na niekorzystne warunki pogodowe, jak również założeń dotyczących organizacji produkcji (Olesen i in. 2011).

Dostrzeżone źródła niepewności prowadzonych analiz z wykorzystaniem modeli w konfrontacji z obserwowanymi znaczącymi stratami w produkcji rolnej w ostatnich latach, które przypisuje się niekorzystnym czynnikom pogodowym, zmuszają do poszukiwania alternatywnych sposobów analiz oraz projekcji warunków klimatycznych w warunkach zmieniającego się klimatu (Tubiello i in. 2007). Najczęściej analizuje się dane dotyczące notowanych plonów w dłuższych okresach i poszukuje się wyjaśnienia obserwowanej w ostatnich latach większej zmienności plonowania (Peltonen-Sainio i in. 2010). Prowadzone są badania ankietowe wśród ekspertów i rolników, którzy identyfikują bezpośrednie przyczyny spadków plonów (Olesen i in. 2011), jak również analizowane są najistotniejsze dla plonowania wskaźniki agroklimatyczne (Trnka 2011).

W Polsce badania związane z wpływem zmiany klimatu na plonowanie prowadzono są głównie z wykorzystaniem modeli statystyczno-empirycznych opracowanych dla warunków Polski (Górski i in. 1997, Sadowski i in. 2009) oraz przy identyfikacji zagrożeń dla rolnictwa spowodowanych przez zjawiska ekstremalne. Pomimo, że modele te nie uwzględniały np. czynnika wzrostu zawartości dwutlenku węgla w atmosferze, na ogół wyniki symulacji były zgodne z szacunkami wykonanymi w skali europejskiej (Górski 2005). Problematykę zmian najistotniejszych dla plonowania wskaźników agroklimatycznych w Polsce dokumentuje ostatnio szereg prac opublikowanych w ramach realizacji projektu ADAGIO (Leśny i in. 2010).

W przypadku oceny wpływu zmiany klimatu na produkcję zwierzęcą niepewność oceny wynika bezpośrednio z wpływu przebiegu zjawisk pogodowych ich częstotliwości oraz rejonizacji. Część z potencjalnych efektów zmiany klimatu jest już w tym momencie obserwowana w praktyce i podlega pierwszym opisom badawczym. Z niepewnością oceny związana jest również skuteczność realizowanych i zamierzonych działań zapobiegawczych.

Działania adaptacyjne

W celu utrzymania produkcji na odpowiednim poziomie konieczne będzie dostosowanie rolnictwa do spodziewanych zmian w agroklimacie Polski. W produkcji roślinnej w celu efektywnego wykorzystania zasobów cieplnych powinny być przedsięwzięte następujące działania:

- zmniejszenie areалу upraw tych roślin (odmian), które ze względu na częstsze susze zmniejszą produktywność;
- wprowadzenie do uprawy odmian roślin lepiej przystosowanych do zmieniających się warunków termicznych;
- zwiększenie areалу uprawy roślin efektywniej wykorzystujących zasoby ciepła (roślin ciepłolubnych);
- prowadzenie regionizacji upraw w zależności od zasobów klimatyczno-glebowych;
- wspieranie prac hodowlanych mających na celu opracowanie odmian roślin uprawnych o różnych wymaganiach środowiskowych ze szczególnym uwzględnieniem przystosowania roślin uprawnych do zmieniających się warunków klimatycznych.

W zakresie ograniczania deficytów wody należy dążyć do osiągnięcia czterech podstawowych celów kierunkowych:

- zwiększenia lokalnych zasobów wodnych i ich dostępności dla rolnictwa;
- zwiększenia efektywności wykorzystania wody w produkcji rolniczej;
- zmniejszenia zapotrzebowania na wodę i zużycia wody przez uprawy rolnicze;
- zmniejszenia strat wody.

Na podstawie oceny dotychczasowego wpływu zmian klimatu na produkcję zwierzęcą, niezbędne jest wprowadzenie szeregu działań adaptacyjnych w zakresie utrzymania i żywienia oraz samego stanu wiedzy i jego upowszechnienia. Działania w tym zakresie powinny dotyczyć :

- budowy infrastruktury monitoringu oddziaływania klimatu na produkcję zwierzęcą, oceny wrażliwości zwierząt na zmiany i skuteczności podejmowanych działań adaptacyjnych;
- wspierania rozwiązań technicznych budynków oraz budowli dla zwierząt zapewniającej ochronę przed stresem termicznym;
- wspierania technologii i rozwiązań racjonalizujących użytkowanie wody technologicznej oraz zabezpieczających zapotrzebowanie wody pitnej dla zwierząt;
- doradztwa technologicznego uwzględniającego aspekty dostosowania produkcji zwierzęcej do warunków większego ryzyka klimatycznego;
- wspierania prac badawczych i programów hodowlanych w celu selekcji zwierząt na większą odporność na stres termiczny wysokiej temperatury.

Działanie te muszą być wspierane przez szeroki wachlarz badań podstawowych i rozwojowych oraz rozwój świadomości społecznej rolników w zakresie zmiany klimatu, ich skutków i przeciwdziałania im.

Analizę wpływu działań adaptacyjnych na poszczególne sektory zamieszczono na końcu dokumentu w załączniku 3. Wykaz działań adaptacyjnych i ich kosztów w pakiecie podstawowym, rozszerzonym i pełnym zamieszczono na końcu dokumentu w załączniku 6.

6.2. Leśnictwo

Jednym z czynników silnie różnicujących występowanie lasów w Polsce, obok zróżnicowanych warunków glebowych, są warunki klimatyczne. Obrazuje to regionalizacja przyrodniczo-leśna, dzieląca Polskę na Krainy, Dzielnice i Mezoregiony przyrodniczo-leśne. Z warunkami klimatycznymi wiąże się optimum ekologiczne występujących gatunków drzew. Przez terytorium naszego kraju przebiegają granice naturalnych zasięgów wielu głównych, również dla Europy, lasotwórczych gatunków drzew leśnych.

W Polsce dominują słabe siedliska borowe. Wyraźnie zaznacza się centralny obszar z przewagą tych siedlisk, a także częstsze – w porównaniu z resztą kraju – występowanie siedlisk borów i lasów mieszanych wokół północnej i wschodniej granicy Polski. Takie usytuowanie siedlisk nie jest bez znaczenia w przypadku zmian klimatycznych, które – zgodnie z przewidywaniami – mają przesunąć optima ekologiczne gatunków drzewiastych na północny-wschód oraz podnosić w górach granice lasu. Różna wrażliwość siedlisk „borowych” i „lasowych” oraz różny skład gatunkowy drzewostanów na tych siedliskach mogą rzutować na sposoby urządzania lasu oraz zmieniać zasady postępowania hodowlanego i ochronnego w lasach.

Zmiany zachodzące współcześnie, głównie zmiany temperatury i opadów, nie odpowiadają warunkom klimatycznym, w których kształtowało się optimum ekologiczne gatunków współczesnych ekosystemów, a tempo tych zmian przekracza zdolności adaptacyjne ekosystemów. Konsekwencje nieprzystosowania wymagań bytowych gatunków leśnych do zmieniających się warunków klimatycznych mogą być daleko idące i, jeśli nawet w naszej szerokości geograficznej okresowo korzystne (tzw. efekt cieplarniany wpływający pozytywnie na wielkość produkcji pierwotnej), to w dalszej perspektywie należy zakładać głębokie perturbacje w strukturach ekosystemów leśnych i w wypełnianiu przez nie gospodarczych, przyrodniczych i społecznych funkcji.

Stan zasobów leśno-drzewnych w Polsce na początku XXI wieku

Powierzchnia lasów Polski w dniu 31.12.2011 r. wynosiła 9,35 mln ha. Wielkość ta zalicza Polskę do grupy krajów o największej powierzchni lasów w regionie (po Francji, Niemczech i Ukrainie). Według standardów międzynarodowych lesistość Polski w końcu roku 2011 przekroczyła 30%: wynosiła 30,5% i była niższa od średniej europejskiej (32%). Powierzchnia leśna przypadająca na jednego mieszkańca Polski wynosiła 0,24 ha i jest jedną z niższych w regionie. Lasy w Polsce charakteryzują się nierównomiernym rozmieszczeniem. Środkowa część kraju, tzn. województwa: łódzkie, mazowieckie, lubelskie, kujawsko-pomorskie, jak również wielkopolskie, posiadają ok. dwukrotnie mniej lasów niż województwo lubuskie.

Lesistość w okresie od 1945 r. do 2010 r. wzrosła o ponad 40% (GUS 2010). Korzystne zmiany w stanie lasów w Polsce w okresie powojennym, wyrażają się, oprócz zwiększenia lesistości, dynamicznym wzrostem wielkości zasobów drzewnych oraz poprawą struktury wiekowej i gatunkowej, a także zwiększającymi się możliwościami użytkowania głównego.

W Lasach Państwowych w okresie 1967-2010 nastąpił wzrost powierzchni gruntów leśnych o 9,3%, natomiast wielkość zasobów drzewnych wzrosła o około 90%. W okresie tym zwiększył się udział drzewostanów liściastych z 17,7% w 1967 r. do 23,2% w 2010 r. Przeciętna zasobność drzewostanów wzrosła z 141 do 247 m³/ha, a średni wiek drzewostanów z 46 do 61 lat. W okresie tym, ponad dwukrotnie wzrosły także zasoby drzewostanów VI klasy wieku i starszych. Zwiększający się udział drzewostanów w wieku powyżej 100 lat (tj. zbliżających się do wieku „fizjologicznej starości”) w miąższościowej strukturze zasobów budzi jednak niepokój w kontekście zmian klimatycznych. Gromadzenie zapasu rosnącego i stały wzrost średniego wieku drzewostanów są niekorzystne dla stanu lasów i efektów

sekwestracji węgla w lasach. Utrzymywanie w przyszłości takiej polityki w gospodarowaniu zasobami drzewnymi może doprowadzić do poważnych, zarówno ekologicznych jak i ekonomicznych kłopotów. Strategia adaptacji nasuwa działania dokładnie przeciwstawne: skracanie kolei ręb i odmładzanie lasów w rejonach spodziewanych najsilniejszych zmian klimatycznych.

W strukturze gatunkowej zmniejszył się udział gatunków iglastych z 82,3% do 76,8%. Nadal gatunkiem dominującym jest sosna ale jej udział zmniejszył się z 72,6% do 69,4%. Spadek udziału dotyczy również pozostałych gatunków iglastych. Udział gatunków liściastych ogólnie wzrósł z 17,7% do 23,2%, przy czym dębu: z 5,2% do 7,4%, buku: z 3,9% do 5,3% i olchy: z 3,4% do 4,4%. Mimo zwiększenia powierzchni drzewostanów liściastych w ostatnich dwóch dekadach, ich udział jest ciągle niższy od potencjalnego, wynikającego ze struktury siedlisk leśnych. Zmiany w składach gatunkowych, w tym zwłaszcza zwiększanie udziału gatunków liściastych, są korzystne z punktu widzenia adaptacji lasów do zmian klimatycznych. Dotyczy to głównie obszarów północnych i wschodnich kraju, gdzie warunki ekologiczne wzrostu lasów, z uwagi na ocieplenie i zmienność opadów, mogą najwcześniej i najsilniej wpływać niekorzystnie na stan lasów. W chwili obecnej nie dostrzega się w polityce leśnej i strategii zarządzania lasami, specjalnego ukierunkowania zadań gospodarczych w tych obszarach.

Wrażliwość na aktualne zmiany

Na większości obszarów kontynentalnej Europy lasy rosną szybciej, a drzewostany produkują więcej drewna, niż na początku XX wieku. Składa się na to kilka przyczyn: poprawa metod gospodarowania, poprawa żyzności poprzez eutrofizację siedlisk (depozyt związków azotowych), ale jako najważniejsza przyczyna wskazywana jest poprawa warunków wzrostu z powodu zmian klimatycznych, tj. wzrostu temperatury i koncentracji CO₂ (Spiecker i in. 1996). Do wzrostu produkcji przyczynia się wydłużający się okres wegetacyjny. Korzystny efekt ocieplenia klimatu może okazać się jednak przejściowy. Spowodowana zmianami klimatycznymi dystrybucja i fenologia gatunków, zarówno roślin jak i zwierząt (w tym gatunków kluczowych, tj. owadów zapylających, czy gatunków szkodliwych) pociąga za sobą zmiany ich cykli życiowych, co prowadzi do dysfunkcji układów ekologicznych i wzrostu zagrożeń. Ekologiczne fundamenty trwałości i równowagi biologicznej jak drapieżnictwo, symbioza czy pasożytnictwo, zostają rozchwiane. Populacje konsumentów zachowują się anormalnie jeśli nie natrafiają w swoim cyklu rozrodu na dostępny pokarm producentów, a krótsza zimowa hibernacja skraca cykl niezbędnych przemian rozwojowych. Zmiany składów gatunkowych, rozsynchronizowanie fenologii, mijanie się w etapach wzrostu i rozwoju roślin i zwierząt, zmieniając produktywność i zwiększając wrażliwość całego systemu na zagrożenia, zagrażają trwałości całego ekosystemu.

Zmiany fenologiczne ujawniają się jako pierwsze i wydają się być jedne z ważniejszych z uwagi na procesy reprodukcyjne. W latach 1971-2000 następowało przyspieszanie fenologii średnio o 2,5 dnia na dekadę (Menzel i in 2006). Obserwuje się zmiany w występowaniu takich zjawisk jak formowanie pączków, kwitnienie, zapylanie, pojawianie się liści, przebarwanie się liści, zrzucanie liści, zimowe uśpienie, migracje, hibernacje, itp. Rozchwianie fenologii roślin ma zasadnicze znaczenie dla długości sezonów wegetacyjnych, interakcji na poziomie populacji i jej dynamiki, zdrowotności i produktywności zbiorowisk. Ok. 78% roślin wykazuje wcześniejsze rozwijanie liści oraz kwitnienie; jedynie 3% wykazuje opóźnienie tych zjawisk. Jako skutek zmian klimatycznych w fenologii roślin wskazuje się wcześniejszy okres pylenia, który zaczyna się średnio o 10 dni wcześniej i trwa dłużej niż jeszcze 50 lat temu. Następuje rozsynchronizowanie między dostawami pożywienia i okresami rozmnażania, kwitnienia i zapylania, pojawianiem się drapieżników i ich ofiar,

fazami młodocianymi i dojrzałymi. Powoduje to eksplozję jednych populacji i upadek drugich. Jako wyraźny przykład tych zmian można traktować spontaniczne zmiany składów gatunkowych w Białowieskim Parku Narodowym. W latach 1936-1992 zarejestrowano tu wyraźną ekspansję lipy (wzrost liczby drzew ponad 25-krotny!) oraz grabu (wzrost ok. 3-krotny), przy jednoczesnym „wycofywaniu się” gatunków iglastych: sosny – ok. 2-krotny spadek liczebności i ok. 3-krotny – świerka (Bernadzki i in. 1998). Od 1960 roku 6 gatunków runa leśnego w BPN przyspieszyło kwitnienie o ok. 10 dni (Sparks i in., 2009).

Zmiany fenologiczne dotyczą także zwierząt. Ocieplenie klimatu silnie wpływa na fenologię takich grup jak: motyle, ważki, chrząszcze. Szkodniki owadzie rozwijają się szybciej i liczniej w wyższej temperaturze a rozrodowi sprzyjają również pożary, huragany, śniegołomy, okiść, niska i wysoka temperatura. Obserwowane zmiany klimatyczne powodują znaczące zmiany funkcji ekologicznych owadów w ekosystemach leśnych klimatu umiarkowanego Europy (Jönsson i in. 2007, Netherer i Schopf 2010, Battisti 2008). Dla owadów podwyższenie temperatury wiąże się w klimacie umiarkowanym z wcześniejszym rozpoczęciem aktywności po okresie zimy. Wraz ze wzrostem średniej temperatury rzędu jednego stopnia wzrasta przeżywalność owadów i tempo reprodukcji. Badania wykazują (Harrington i in. 2001), że wzrost temperatury zimą i wiosną o 2°C pozwoli niektórym gatunkom mszyc na wyprowadzenie 4-5 dodatkowych generacji w ciągu roku.

Wzrost liczebności i przeżywalności obserwuje się w przypadku ciepłolubnych gatunków takich jak opiętek dwuplamkowy *Agrilus biguttatus*, którego populacje gwałtownie rozwijają się w całym niemal zasięgu występowania gatunku, stając się jednym z dominujących czynników powodujących zamieranie dębów w Europie, w tym w Polsce (Moraal i Hilszczański 2000).

Wraz ze zmianami klimatu obserwuje się więc częstsze i bardziej groźne wybuchy gradacji owadów liściożernych oraz kambiofagów. W Polsce jednym z najgroźniejszych owadów liściożernych sosny jest brudnica mniszka *Lymantria monacha*. Jeśli nastąpi przesunięcie okresu kwitnienia sosny, to może to skutkować znacznym osłabieniem potencjału gradacyjnego tego szkodnika, ponieważ kwiatostany męskie sosny stanowią wysokoenergetyczny pokarm dla larw brudnicy mniszki.

W analizie przyczyn narastania problemów ze szkodnikami wtórnymi w Europie również należy uwzględnić także wpływ zmian klimatycznych na kondycję fizjologiczną lasów. Okresy suszy oraz ciepłych zim powodując niekorzystne warunki hydrologiczne przyczyniają się do pogarszania się stanu zdrowotnego lasów. Dotkliwe susze, które wystąpiły w latach 2003-2004 oraz 2005-2006, spowodowały osłabienie drzewostanów świerkowych i przyczyniły się do gwałtownego wzrostu zagrożeń. Dodatkowym czynnikiem, który wpłynął na stan zdrowotny świerczyn, były zniszczenia spowodowane przez huragany, z których najważniejszy przeszedł przez lasy Beskidów w listopadzie 2004 r. Wszystko to spowodowało potężny wzrost populacji kornika drukarza i wymarcie około 2 mln drzew w latach 2006-2010.

Wskazując stan zdrowotny lasów jako czynnik determinujący ich wrażliwość na zagrożenia należy zwrócić także uwagę na dwa inne problemy: zmiany zasięgów gatunków oraz starzenie się lasów. Wzrost temperatury sprawia m.in. że północna granica zasięgu niektórych gatunków drzew przesuwa się ku północy (dąb), a jednocześnie przesuwa się ku północy granica południowa gatunków borealnych (m.in. gatunki iglaste, brzoza). Jednakże naturalna szybkość przesuwania się gatunków drzew waha się od 20 do 200 km na stulecie co oznacza, że bez interwencji człowieka dostosowanie się lasów do zmienionych warunków klimatycznych będzie opóźnione i niezwykle trudne. Drzewa, które znajdują się poza swoim optimum ekologicznym podlegają fizjologicznym stresom i stają się bardziej wrażliwe na czynniki szkodotwórcze, w sposób naturalny ulegając wzmożonym atakom swoich wrogów.

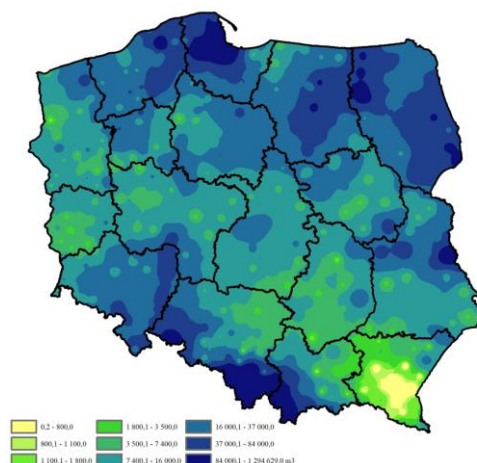
W kontekście zmian zasięgu występowania gatunków warto dodać, że zmiany te dotyczą także gatunków inwazyjnych. Liczne przykłady gatunków pojawiających się tysiące kilometrów od naturalnych miejsc występowania (przykład szrotówka kasztanowcowiaczka *Cameraria ohridella* w Polsce) powinny skłaniać do działań zmierzających do monitorowania i reagowania z wyprzedzeniem na potencjalne zagrożenia. Zmiany zasięgów nie mają już w odniesieniu do owadów charakteru jedynie ewolucyjnego, następują one bardzo szybko. Jako przykład pojawiania się w Polsce nieznanych dotychczas, egzotycznych gatunków grzybów, można podać grzyba z rodziny sromotnikowate - okratka australijskiego (*Clathrus archeri* (Berk.) Dring), którego zasięg występowania powoli przesuwa się w kierunku północnym.

"Fizjologiczna starość" lasów także jest istotna w ich wrażliwości na zagrożenia. Osłabienie fizjologiczne może powodować masowe zamieranie drzewostanów iglastych powyżej 100 lat (tak jak w przypadku drzewostanów świerkowych w Beskidach). Zjawisko to wraz z presją pogarszających się czynników wzrostu oraz biotycznymi zagrożeniami ze strony owadów i chorób może stwarzać zagrożenie dla trwałości lasu w przyszłości. Dzisiejsze sukcesy w zakresie wzmaganie różnorodności biologicznej mogą przerodzić się dosyć gwałtownie w jutrzejsze klęski zarówno przyrodnicze, jak i ekonomiczne. Kontynuowanie wysokiej kumulacji biomasy/drewna, w wyniku użytkowania niewiele ponad połowy przyrostu, spowodować może takie właśnie ryzyko. Wynika z tego wniosek, że wobec zmian klimatycznych przyjęty w polityce leśnej kierunek wydłużania kolei rębny jest dyskusyjny.

Należy także zwrócić uwagę, że czynnikiem przyspieszającym „fizjologiczną starość” drzewostanów są również - związane ze zmianami klimatu, ekstremalne zjawiska pogodowe. Wzrost częstości i zasięgu naturalnych zakłóceń takich jak: pożary, silne wiatry, niskie lub wysokie temperatury występujące w niewłaściwych okresach, susze, powodzie, itp. stanowiąc nieodłączne elementy środowiska naturalnego, powodują destrukcję ekosystemu. W stosunku do tych zjawisk potrzebne jest nowe podejście, które będzie je traktować nie tylko jako „klęski żywiołowe”, ale również jako naturalne zakłócenie rozwoju niezbędne w procesie adaptacji do nowych warunków. Wiele drzewostanów starszych trwa w stanie niezmiennym nawet w warunkach silnie zniekształconych; potrzeba dopiero zakłócenia (tj. huragan, pożar), żeby zainicjowane zostały zmiany adaptacyjne. Zagospodarowywanie obszarów pokłeskowych powinno być powiązane z działaniami zmierzającymi do adaptacji lasów do zmian środowiska.

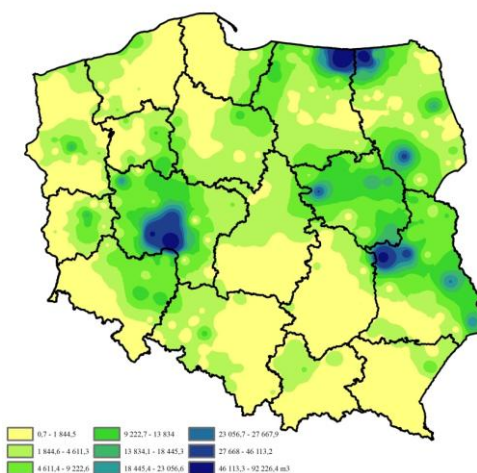
Dostępność odpowiedniego materiału lęgowego np. wiatrołomów lub osłabionych podatnych drzew żywicielskich, obok wyjściowego stanu populacji szkodnika należy do najważniejszych czynników warunkujących wydzielanie się posuszu. Kluczową rolę odgrywają tu bezpośrednio cztery czynniki, związane z warunkami klimatycznymi: stres wodny (susze), temperatura, wiatry oraz długość okresu wegetacyjnego.

Analiza dynamiki wydzielania się posuszu czynnego w odniesieniu do gatunków iglastych i liściastych w skali kraju oraz w wybranych Regionalnych Dyrekcji Lasów Państwowych na przestrzeni ostatnich dekad, w powiązaniu z obserwowanymi zmianami klimatycznymi, wskazała na przestrzenne zróżnicowanie ilości posuszu czynnego odpowiadające oczekiwanemu różnicowaniu się klimatu w Polsce. Pozyskanie posuszu w drzewostanach iglastych wyraźnie odzwierciedla występowanie ekstremalnych zjawisk pogodowych takich jak huragany czy susze, które miały miejsce w ostatnich latach. Dotyczy to zwłaszcza drzewostanów świerkowych i mieszanych z udziałem świerka, które rzutują na ogólny obraz pozyskania posuszu iglastego (Rys. 6.8).



Rys. 6.8. Przestrzenne zróżnicowanie pozyskania posuszu czynnego.

Bardziej wyraźne związki czynników klimatycznych z intensywnością wydzielania się posuszu można obserwować w przypadku gatunków liściastych. Największe problemy z drzewostanami liściastymi występują zwłaszcza po okresach suszy, co najwyraźniej widać na obszarach centralnej Polski (Rys. 6.9).



Rys. 6.9. Przestrzenne zróżnicowanie pozyskania posuszu czynnego liściastego w latach 2003 – 2012.

W ostatnich dekadach obserwuje się zjawisko tzw. „zamierania gatunków liściastych”, głównie dębu, brzozy, jesionu, olszy, na skutek działalności szkodników wtórnych (Tab. 6.9).

W przypadku dębu dominującą rolę odgrywały owady kambiofagiczne, a zwłaszcza opiótki, na jesionie czy olszy były to grzyby lęgniowce. Proces ten nasilił się w ostatnim dziesięcioleciu i trend ten utrwała się zarówno w południowo-wschodniej, jak i północno-wschodniej części kraju. Jednocześnie scenariusze zmian klimatycznych zakładają pogorszenie warunków hydrologicznych, co na obszarach centralnej i południowo-wschodniej Polski zdecydowanie może pogorszyć stan zdrowotny gatunków liściastych i tym samym zwiększyć presję szkodników wtórnych na osłabione drzewostany.

Tab. 6.9. Powierzchnia zamierania drzewostanów liściastych w ostatnim 20-leciu.

Gatunek drzewa	1992	1997	2002	2007	2012
Dąb	37151	21790	21257	55318	6343
Buk	12172	15166	6209	2957	855
Brzoza	0	2258	2455	3070	1258
Olsza	0	0	2690	3401	2019
Jesion	0	0	12836	15237	9997
Topola	0	0	6450	182	434
Ogółem liściaste	49323	39214	46097	80165	20906

Źródło: Sierota 2013

Sumaryczna ocena wrażliwości lasów i gospodarki leśnej oraz całego sektora leśno-drzewnego ma w istocie ambiwalentny charakter, zawiera bowiem zarówno negatywne jak i pozytywne elementy i można ją zawrzeć w następujących punktach:

- zmiana lokalizacji lasów i przesunięcie się optimum ekologicznego dla wielu gatunków drzew; przesunięcie lub zanik niektórych formacji leśnych;
- zmniejszenie (choć niekiedy zwiększenie) produktywności ekosystemów, zarówno drewna jak i produktów nieдрzewnych, na jednostkę powierzchni;
- zmiany w typie i nasileniu występowania szkodników i chorób; - uszkodzenie funkcji ekosystemowych tj. cykli geobiochemicznych i przemian energii (rozkład i mineralizacja materii organicznej);
- wzrost lub spadek retencji elementów odżywczych;
- zmiany cykli reprodukcyjnych (pogorszenie lub poprawa warunków odnawiania się lasów);
- zmiany wartości/atrakcyjności ekosystemów leśnych jako miejsc wypoczynku i rekreacji.

Tab. 6.10 Synteza wpływu zmian klimatycznych na ekosystemy leśne na różnych poziomach organizacji.

Czynnik klimatyczny	Poziom komórki	Poziom organizmu	Poziom gatunku	Poziom ekosystemu
Wzrost koncentracji CO ₂	Wzrost tempa fotosyntezy; Redukcja otwarcia się szparek	Zwiększenie tempa wzrostu; Zwiększenie zapotrzebowania na wodę i zużycia wody; Zwiększenie produkcji nasion	Zmniejszenie śmiertelności nasion i wzrost zdolności odnawiania się; Szybsze osiągnięcie dojrzałości	Zwiększanie produkcji biomasy; Zmiany zdolności konkurencyjnych; Zmiany składów gatunkowych zespołów
Wzrost temperatury	Wzrost lub spadek tempa fotosyntezy; Może wydłużyć się okres fotosyntezy (wegetacyjny); Wzrost transpiracji;	Zmiany produkcji pierwotnej (+ lub -); Zmiany produkcji nasion (+ lub -)	Zmiany tempa regeneracji; Możliwy wzrost śmiertelności drzew	Zmiany zdolności konkurencyjnych; Zmiany składów gatunkowych zbiorowisk; Wzrost mineralizacji materii organicznej w glebie
Zmiany opadów	Zmniejszenie tempa wzrostu	Zwiększenie śmiertelności nasion i zmniejszenie przeżywalności siewek	Zwiększenie tempa dojrzewania i śmiertelności drzew	Zmniejszenie zdolności konkurencyjnych; zmiany składów gatunkowych

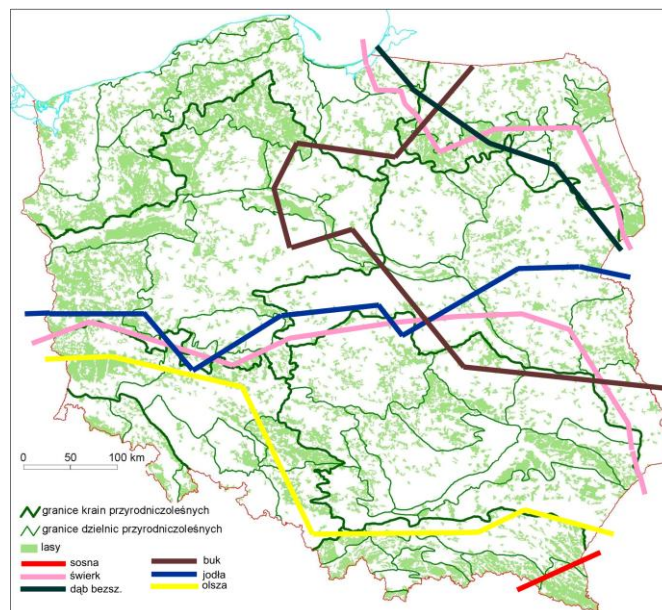
Wpływ przyszłych zmian klimatycznych na lasy

Dla leśnictwa – dziedziny zajmującej się długookresową produkcją biologiczną z udziałem długowiecznych drzew, otwartej na czynniki zewnętrzne przez co niezwykle wrażliwej na zmiany warunków ekologicznych – zmiany klimatyczne mogą stanowić

historyczną szansę odegrania ważnej roli zarówno w życiu gospodarczym, jak i społecznym, ale również w ochronie przyrody i kształtowaniu środowiska. Cykl życiowy lasu zawiera się w dziesiątkach i setkach lat. Decyzje podejmowane do dzisiaj bazowały na przekonaniu, że klimat pozostaje stały w okresie realizacji tych decyzji. W obliczu gwałtownych antropogenicznych zmian klimatu takie przekonanie wymaga weryfikacji.

Z punktu widzenia leśnictwa, w kontekście zmian klimatycznych, można wyróżnić dwa główne problemy. Pierwszy z nich to problem adaptacji lasów i gospodarki leśnej do zachodzących i przewidywanych zmian klimatycznych, drugi – mitygacji, czyli osłabienia tych zmian poprzez podejmowanie różnego rodzaju działań wchodzących w zakres szeroko rozumianej gospodarki leśnej. Zagadnienia te nie są rozłączne, przeciwnie, istnieją między nimi liczne powiązania.

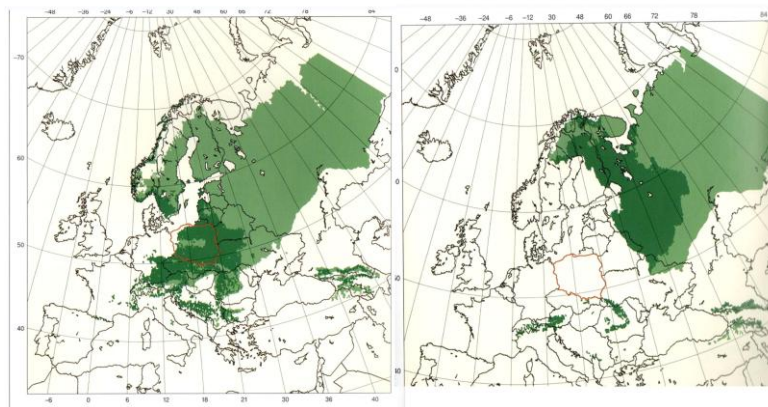
Lasy w Polsce znalazły się wobec zmian klimatycznych w sytuacji szczególnej. Przez terytorium kraju przebiegają bowiem naturalne (m.in. w wyniku ścierania się dwóch typów klimatu: atlantyckiego i kontynentalnego), jak i ukształtowane w wyniku działalności gospodarczej człowieka granice zasięgów głównych, również dla Europy, lasotwórczych gatunków drzew (Rys. 6.10): sosny zwyczajnej (zasięg południowy), świerka (zasięg północno-zachodni i południowo zachodni), modrzewia europejskiego (zasięg północny), cisa (zasięg wschodni), jodły (zasięg północny), topoli białej i topoli czarnej (zasięg północny), buka (zasięg wschodni), dębu bezszypułkowego (zasięg wschodni), klonu jawora (zasięg wschodni), lipy szerokolistnej (zasięg północny).



Rys. 6.10. Naturalne zasięgi występowania głównych lasotwórczych gatunków drzew w Polsce

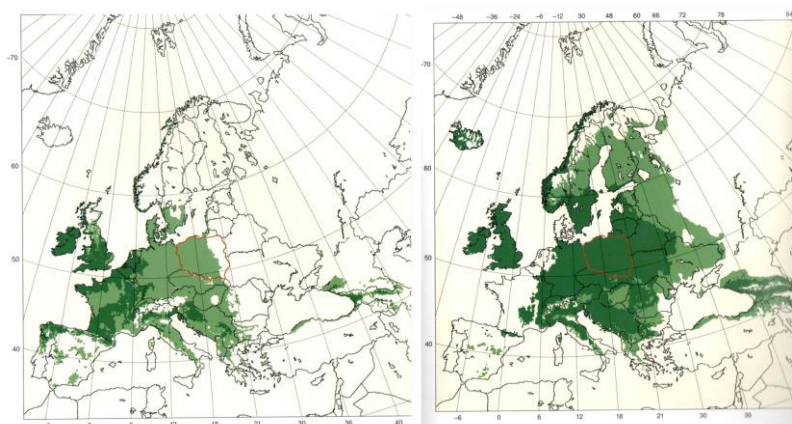
Źródło: Jaroszewicz, 2007

Problem o zasadniczym znaczeniu dla trwałości lasów i przyszłości gospodarki leśnej pojawia się na poziomie ekosystemowym. Przekształceniom ulegną bowiem dotychczasowe relacje międzygatunkowe, a zmiany – również na poziomie krajobrazu, będą dotyczyły reakcji gatunków na środowisko abiotyczne. Obserwowane i prognozowane zmiany dotyczą przesunięcia się optimum ekologicznego gatunków drzew na północny-wschód (Rys. 6.11- Rys. 6.13).



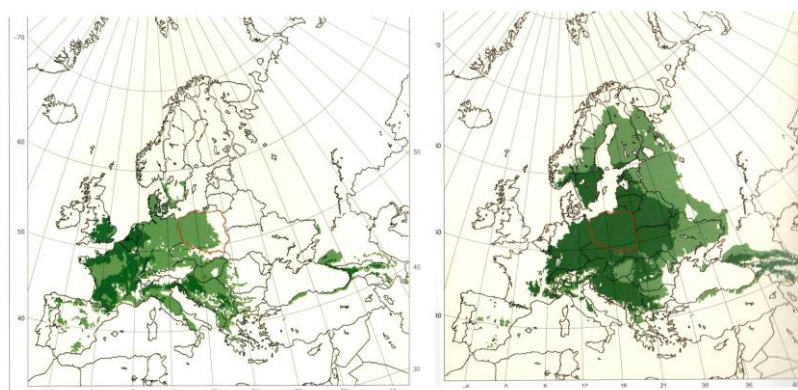
Rys. 6.11. Zmiany położenia zasięgów optimum ekologicznego gatunków lasotwórczych: świerk zwyczajny (*Picea abies*): stan obecny (po lewej stronie) i podwójna koncentracja CO₂ (po stronie prawej).

Źródło: Sykes i Prentice 1995



Rys. 6.12. Zmiany położenia zasięgów optimum ekologicznego gatunków lasotwórczych: dąb bezszypułkowy (*Quercus petraea*): stan obecny (po lewej stronie) i podwójna koncentracja CO₂ (po stronie prawej).

Źródło: Sykes i Prentice 1995



Rys. 6.13. Zmiany położenia zasięgów optimum ekologicznego gatunków lasotwórczych: buk zwyczajny (*Fagus sylvatica*): stan obecny (po lewej stronie) i podwójna koncentracja CO₂ (po stronie prawej)

Źródło: Sykes i Prentice 1995

Największym wpływem zmian klimatycznych podlegały będą ekosystemy górskie. Dzisiejsze górskie zbiorowiska leśne mogą stracić do 60% gatunków, a produktywność drzewostanów i ich trwałość może się gwałtownie załamać. Silnie zagrożone są niektóre subalpejskie typy lasów z udziałem limby i modrzewia. Modele dynamiki ekosystemów leśnych na północnych stokach Alp wskazują na możliwość ekspansji jodły, dębów i grabu, co jest także prawdopodobne w warunkach Karpat.

Wraz z „odejściem” na północ i w górę zespołów roślinnych odchodzą również ich konsumenci, a więc owady, ptaki, ssaki i inne grupy zwierząt. Nierównomierne tempo zmian klimatu, fragmentacja habitatów oraz inne czynniki będą przeszkadzać w przemieszczaniu się zwierząt w poszukiwaniu nowych obszarów i przyczynią się do zmniejszenia się liczby gatunków.

Modelowane zasięgi ponad 1350 gatunków roślin wskazują, że ponad połowa z nich znajdzie się na krawędzi możliwości ich występowania i będą zagrożone wyginięciem do roku 2080. Najbardziej zagrożone są gatunki endemiczne i reliktowe oraz wyspecjalizowane gatunki z końca łańcuchów pokarmowych (drapieżcy), o ograniczeniach co do występowania w określonych szerokościach geograficznych i wysokościach nad poziomem morza oraz te, które mają niewielkie zdolności rozpraszania się (np. gady i płazy).

Wzrost ewapotranspiracji, a także zmniejszanie się grubości i czasu trwania pokrywy śnieżnej, będzie sprzyjać spadkowi wilgotności w lasach zwiększając ryzyko pożarów i przyspieszając procesy mineralizacji gleb. Wydłużony okres z dodatnią temperaturą jesienią w połączeniu z intensywnymi opadami rozmiękczającymi glebę i osłabieniem przez szkodniki i choroby, może zwiększać wrażliwość lasów na silne wiatry i sprzyjać zwiększeniu wiatrołomów. Zmniejszona pokrywa śnieżna i krótszy okres z zamrożoną powierzchnią ziemi może z jednej strony utrudniać ścinę drzew, zwłaszcza na glebach lekkich i podmokłych, a z drugiej ułatwiać transport drewna. Wymagać to będzie większego zaangażowania w utrzymanie dróg leśnych w stanie przejezdnym.

Zmiany klimatyczne mogą przejściowo faworyzować niektóre gatunki i wzmacniać produkcję biomasy. Gatunki takie jak jodła czy świerk, czyli o wąskim spektrum wymagań siedliskowych, będą w umiarkowanej strefie klimatycznej zastępowane przez gatunki eurytopowe tj. o szerokim zakresie wymagań ekologicznych (np. topola, olsza). Zmiany w składzie drzewostanów pociągną za sobą zmiany w strukturze dominacyjnej fitofagów (Ryszkowski i in. 1995).

Wraz ze zmianami klimatu wzrośnie znaczenie takich czynników jak dostosowanie składu gatunkowego drzewostanu do warunków siedliska. Przy planowaniu upraw jedynie uwzględnienie fenologii drzew i zagrażających im szkodników może ograniczyć stopień defoliacji na skutek na przykład zaburzenia synchronizacji terminu rozwoju aparatu asymilacyjnego i wylęgu larw owadów liściożernych. Wprowadzanie późno rozwijających się form dębu, bardziej odpornych na uszkodzenia powodowane przez mróz i wiosenny żer foliofagów, jest tutaj dobrym przykładem. Przy prognozowanym występowaniu niedoboru wody powinno się w większym stopniu uwzględniać w zalesieniach gatunki o mniejszych wymaganiach wilgotnościowych, co pomoże ograniczyć straty związane z osłabieniem drzew i działalnością owadów. Jako alternatywę dla dębu szypułkowego i olszy czarnej można rozważyć dąb bezszypułkowy i olszę szarą, o znacznie mniejszych wymaganiach co do warunków wilgotnościowych podłoża. Poprawa stosunków wodnych w lasach to także kierunek działań, który powinien być coraz częściej brany pod uwagę.

Strefa koron drzew to przestrzeń, której struktura bezpośrednio wpływa na zachowania owadów np. długość okresu rozwoju, aktywność. Manipulowanie strukturą koron, czy zwarcie drzewostanu, najprawdopodobniej będzie wpływało na zachowanie owadów. Badania nad sterowaniem strukturą drzewostanu w celu zminimalizowania skutków działania lub zmaksymalizowania śmiertelności owadów liściożernych zostały już rozpoczęte w sadownictwie (Simon i in. 2006, 2007).

Prognoza rozwoju i użytkowania zasobów leśno-drzewnych w Polsce

Wobec konieczności pogodzenia różnych interesów gospodarczych, społecznych i przyrodniczych prognozowanie rozwoju zasobów leśnych jest podstawowym elementem

polityki leśnej Państwa w Polsce. Należy oczekiwać, że uwarunkowania globalne i rozwój cywilizacji spowodują wzrost znaczenia lasów oraz ich funkcji. Rosnąć bowiem będzie zarówno zapotrzebowanie na drewno, jak również nastąpi szybki wzrost zapotrzebowania na funkcje ochronne i społeczne lasów. Funkcje te będą musiały być realizowane w warunkach ryzyka wynikającego z niepewności długookresowych konsekwencji zmian klimatu, a także niespójności i dużego zróżnicowania polityki różnych krajów odnoszącej się do leśnictwa i lasów¹⁴ oraz ogólnej relacji „człowiek – przyroda”.

Dla gospodarki leśnej sprawą nadrzędną jest trwałość lasów, a więc stała poprawa ich stanu, w tym zwłaszcza kształtowanie stabilności lasów oraz przestrzeganie zasady równomierności użytkowania w dłuższych horyzontach czasowych. Zasady te nabierają szczególnego znaczenia w kontekście zarówno przewidywanych zmian klimatu, jak również potrzeby zalesiania gruntów nieprzystatnych rolniczo (marginalnych). Wyrażają to priorytety zagospodarowania przyjęte na poziomie regionalnym (Borecki, Stępień 2012):

- równomierność użytkowania, przy uwzględnieniu istniejącej struktury wiekowej i obecnego stanu drzewostanów oraz ograniczeń wynikających ze zróżnicowania obciążenia funkcjami pozaprodukcyjnymi,
- poprawa stanu zasobów zgodnie z możliwościami produkcyjnymi siedlisk i drzewostanów, przy uwzględnieniu lokalnych preferencji gatunkowych oraz potrzeb rozproszenia ryzyka związanego ze zmianami klimatu,
- poprawa zaopatrzenia na surowiec drzewny.

Wyniki przeprowadzonych symulacji wskazują, że w lasach państwowych w okresie najbliższych 50 lat nastąpi wzrost ogólnej powierzchni o około 2,5%. Wzrośnie udział powierzchni drzewostanów I i II klasy wieku. Nastąpi natomiast wyraźne zmniejszenie się udziału drzewostanów III i IV klas wieku. Udział drzewostanów V klasy wieku oraz drzewostanów starszych utrzyma się na podobnym poziomie.

W przypadku lasów prywatnych prognozowany jest znaczący wzrost ogólnej powierzchni o około 32,6%. W prognozowanym okresie wzrośnie udział powierzchni drzewostanów V i starszych klas wieku, a w wyniku zalesień wzrośnie udział drzewostanów I klasy wieku zaś II klasy wieku utrzyma się na poziomie około 16,5%. W wyniku zmian udziału powierzchni drzewostanów poszczególnych klas wieku należy oczekiwać wzrostu ogólnej miąższości lasów prywatnych o prawie 80% i w konsekwencji znacznego zwiększenia się średniej zasobności drzewostanów do poziomu takiego jak w lasach państwowych.

Dotychczasowe prognozy rozwoju zasobów i możliwości użytkowania nie uwzględniają prawdopodobnych zmian, jakie mogą zaistnieć w związku ze zmianami klimatycznymi np. w tempie przyrostów lub tempie wydzielania się posuszu. Traktując uzyskane dane jako prognozy kierunkowe (Dawidziuk 2012; Borecki i Stępień 2012) można je podsumować następująco:

- do 2070 roku powierzchnia leśna wzrośnie łącznie o ok. 720 tys. ha;
- średni wiek drzewostanów wzrośnie z 61 w 2011 do 64 lat w 2031 a następnie zmniejszy się do 62 lat w 2061 r.;
- zasoby drzewne wzrosną z 1 772 mln m³ grubizny brutto w 2011 r. do 2035 mln m³ w 2031 r. i do 2080 m³ w 2041 r.; po roku 2050 przewiduje się spadek wielkości zasobów drzewnych;

¹⁴ W ramach ministerialnego procesu ochrony lasów w Europie (Forest Europe, dawniej MCPFE) trwa trzecia runda negocjacji (Warszawa, 10-15 czerwca 2013 r.) nad wspólnymi dla wszystkich krajów, prawnie obowiązującymi regulacjami w zakresie polityki leśnej w Europie.

- prognozowana wielkość łącznego użytkowania zwiększy się z 40,4 mln m³ brutto do 55,7 mln m³ brutto rocznie, tj. o ok. 38% i osiągnie poziom rocznego przyrostu;

Stosunek wielkości przyrostu do pozyskania jest traktowany jako wskaźnik tzw. trwałego i zrównoważonego rozwoju, a niska jego wartość jest dowodem pro-ekologicznej gospodarki leśnej. Wskaźnik ten nie może jednak być interpretowany bezkrytycznie. W kontekście zmian klimatycznych użytkowanie zaledwie połowy przyrostu jest niekorzystne dla stanu lasów i efektów sekwestracji węgla w lasach.

Na wartość wskaźnika użytkowania ma wpływ użytkowanie przygodne, a więc związane ze stanem klimatu ekstremalne warunki pogodowe, przede wszystkim huraganowe wiatry, oraz szkody biotyczne (owady, grzyby) które mogą powodować wielkopowierzchniowe pozyskiwanie drewna. Wzrost wymienionych zagrożeń wymaga zweryfikowania strategii i uelastycznienia dotychczasowego podejścia do użytkowania i odnowienia lasu. Istnieją w Polsce regiony szczególnie narażone na szkody klimatyczne (Orzechowski 2013): od wiatru (RDLP Katowice, Wrocław, Kraków), od okiści (RDLP Wrocław, Kraków), na skutek zakłóceń stosunków wodnych (RDLP Katowice, Wrocław, Szczecin, Warszawa, Poznań).

Wzrost częstotliwości występowania zjawisk kłęskowych i co za tym idzie intensywności wydzielania się drzew spowoduje znaczne zwiększenie użytkowania przygodnego prowadzące do zatarcia się granicy między cięciami pielęgnacyjnymi a rębными. Należy przypuszczać, że cięcia o charakterze pielęgnacyjnym i cięcia wymuszone w drzewostanach wszystkich klas wieku zrealizują w znaczącym procencie planowany rozmiar cięć, rola zrębowego sposobu zagospodarowania ograniczona zostanie do minimum, a cięcia będą miały charakter ciągły i realizowane będą po całym lesie.

Konsekwencja takiego sposobu użytkowania lasu wymaga preferowania odnowień naturalnych. Brak wyraźnej granicy między cięciami pielęgnacyjnymi a rębными wymagać będzie weryfikacji i elastyczności sposobu rozliczania etatu całkowitego.

Działania adaptacyjne

W sektorze leśnictwa kierunki działań adaptacyjnych powinny koncentrować się na weryfikacji pod kątem zmian klimatu podstawowych regulacji prawnych, a przede wszystkim ustawy o lasach oraz Polityki Leśnej Państwa, Krajowego Programu Zwiększania Lesistości, a także stosownych strategii długookresowego rozwoju kraju. Nowym dokumentem, który powinien powstać równoległe, o charakterze ideowym/koncepcyjnym, scalającym interesy wszystkich stron zainteresowanych korzystaniem z dóbr i usług leśnych, oraz regulującym zobowiązania międzynarodowe, powinien być Narodowy Program Leśny (NPL).

W wymienionych dokumentach powinny znaleźć się zapisy, z których wyłoni się wizja polskiego leśnictwa (państwowego i prywatnego) oraz zostanie na ich podstawie określona misja głównego zarządcy lasów w Polsce – Lasów Państwowych. Zapisy te powinny wskazywać:

- rolę lasów w gospodarce, w przestrzeni przyrodniczej i w życiu społecznym, jako strategicznego zasobu naturalnego,
- obszary wspólnych interesów rozwojowych sektora gospodarki leśnej i przemysłów drzewnych (sektor leśno-drzewny)
- obszary współpracy i wspólnych strategii z innymi resortami (na zasadzie harmonizacji poziomej z rolnictwem, energetyką, budownictwem, ochroną przyrody/środowiska, infrastrukturą, rozwojem regionalnym, gospodarką wodną).

Z punktu widzenia zmian klimatycznych weryfikacji wymaga „Program zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 2011-2035”. W świetle tych zmian kluczowe znaczenie ma dostosowanie baz nasiennych do oczekiwanych

zmian klimatu, a także dążenie do skracanie kolei rębny i odmładzania lasów w rejonach spodziewanych najsilniejszych zmian klimatycznych.

Potrzebna jest redefinicja wielofunkcyjnej gospodarki leśnej, uwzględniająca zróżnicowanie regionalne, a na tym tle opracowanie regionalizacji funkcji lasu oraz związanie gospodarki leśnej z rozwojem regionalnym i planowaniem/zagospodarowaniem przestrzennym. Podobnie zróżnicowany, regionalny charakter powinna mieć strategia adaptacji leśnictwa do tych zmian. Adaptacja na poziomie operacyjnym jest przede wszystkim problemem lokalnym ze względu na zmienność parametrów topoklimatycznych nawet na niewielkiej relatywnie przestrzeni, zależy bowiem od wielu czynników geologiczno-krajobrazowych, a także od lokalnych stosunków społecznych, ekonomicznych i socjalnych. O ile powstrzymanie zmian klimatycznych jest problemem makroekonomicznym na poziomie kraju, o tyle adaptacje branż gospodarczych w tym gospodarki leśnej są działaniem regionalnym.

Analizę wpływu działań adaptacyjnych na poszczególne sektory zamieszczono na końcu dokumentu w załączniku 3. Wykaz działań adaptacyjnych i ich kosztów w pakiecie podstawowym, rozszerzonym i pełnym zamieszczono na końcu dokumentu w załączniku 6.

6.3. Zasoby i gospodarka wodna

Polska wyróżnia się stosunkowo małymi zasobami wód, a efektywność ich użytkowania jest niska – zużywa się ponad dwa razy więcej wody na 1000 USD PKB niż w większości państw OECD. W niektórych częściach Polski występują okresowo trudności w zaopatrzeniu w wodę, a w wielu obszarach kraju występują poważne zagrożenia powodziowe.

Zasoby wód powierzchniowych, definiowane jako średni odpływ rzeczny z wielolecia, stanowią ok. 28% sumy opadów (Borecki i in. 2004). Na jednego Polaka przypada średnio 1660 m³ wody na rok, podczas gdy w krajach europejskich przeciętne zasoby wód powierzchniowych szacowane są na 4560 m³/rok na mieszkańca (GIOŚ 2010). Wobec wyraźnego spadku w ostatnim dziesięcioleciu wielkości poboru wody przez przemysł i gospodarstwa domowe, problemy ilościowe gospodarki wodnej (poza zagrożeniem powodziowym i zapotrzebowaniem na wodę w rolnictwie) znacznie straciły na ostrości. Pomimo systematycznego zmniejszania się ilości ścieków ze źródeł komunalnych i przemysłowych, stan jakości wód w rzekach i jeziorach nadal nie jest zadowalający. Załedwie 6,5% jednolitych części wód płynących osiąga dobry lub bardzo dobry stan ekologiczny. Natomiast w przypadku wód podziemnych w ok. 80% badanych punktów stan chemiczny tych wód ocenia się jako dobry (GIOŚ 2010).

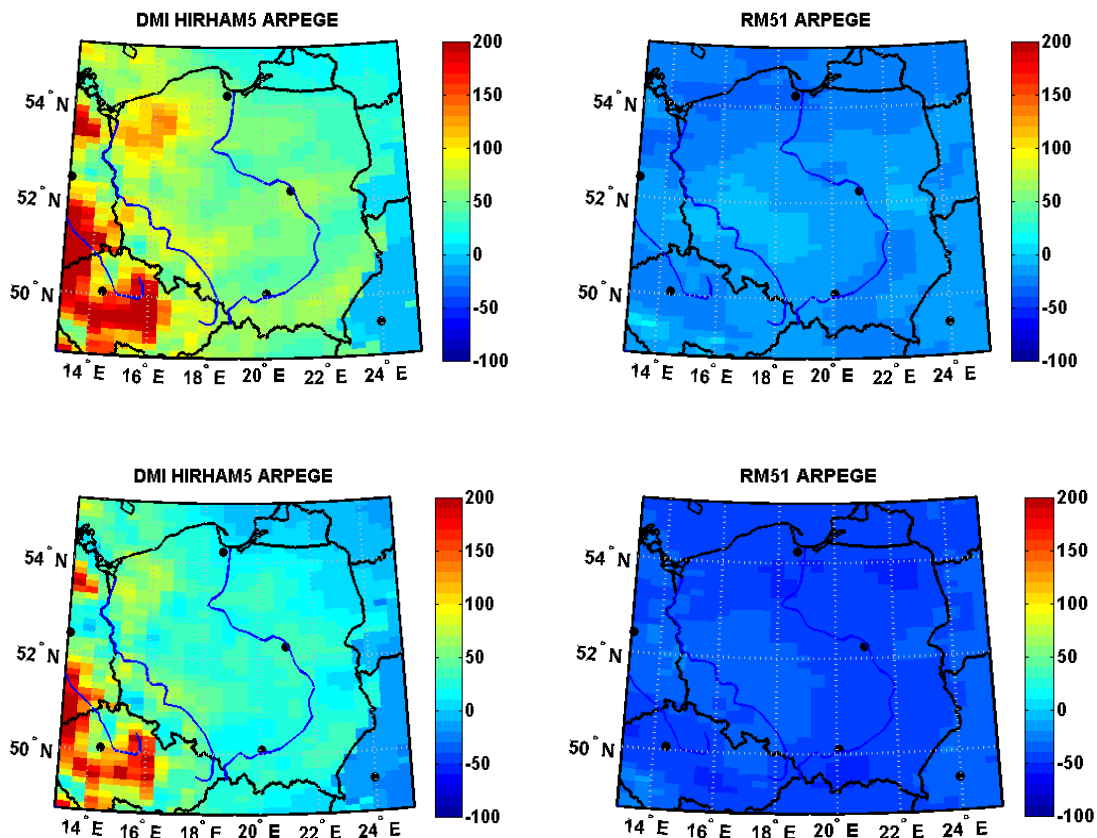
Analiza przepływów obserwowanych

Średnie przepływy roczne na większości analizowanych rzek w wielolecia 1951-2000 miały nieznaczną tendencję rosnącą. Wzrost przepływu jest obserwowany przeważnie na rzekach położonych we wschodnich częściach dorzecza Wisły i Odry oraz rzekach Przymorza, a jego spadek na rzekach w zachodnich częściach tych dorzeczy, nie licząc górnych odcinków sudeckich dopływów Odry. Trendy rosnące, istotne statystycznie, charakterystyczne są jedynie w przypadku rzek Pojezierza Pomorskiego oraz lokalnie rzek dorzecza Narwi i niektórych rzek karpaccich. Analizę przestrzennego zróżnicowania tendencji zmian przepływów utrudniają warunki fizycznogeograficzne zlewni, a także działalność człowieka. Elementy te w dużej mierze decydują o kształtowaniu warunków odpływu i specyfice jego reżimu. Zaobserwowana w latach 70-tych skokowa zmiana tendencji przepływów wymaga monitoringu i dalszych badań (także przepływów maksymalnych), które potwierdziłyby statystyczną istotność zmiany tendencji przepływów oraz określiły termin przejścia z trendów rosnących w malejące.

Wpływ zmian klimatu na zasoby wodne

Dotychczasowe wyniki opracowań dotyczące wpływu zmian klimatu na zasoby wodne w Polsce wskazują, że przewidywany wpływ zmian klimatu na przepływy średnie roczne jest nieznaczny i ich wzrost nie powinien przekroczyć 10% (Dankers i Feyen, 2008). Natomiast wyniki oszacowań dla różnych modeli RCM/GCM wskazują na znaczne zróżnicowanie kierunku i intensywności prognozowanych zmian (Kundzewicz, 2012). Zimą i wiosną przewidywany jest wzrost natężenia przepływu dla większości rzek w Europie za wyjątkiem rejonów Europy Południowej i Południowo-Wschodniej. Latem i jesienią prawdopodobnie zmniejszy się natężenie przepływu w większości krajów europejskich za wyjątkiem Europy Północnej i Północno-Wschodniej. Zimą dla wszystkich analizowanych polskich rzek tendencja zmian jest wzrostowa natomiast w pozostałych sezonach widoczne jest zróżnicowanie kierunku zmian.

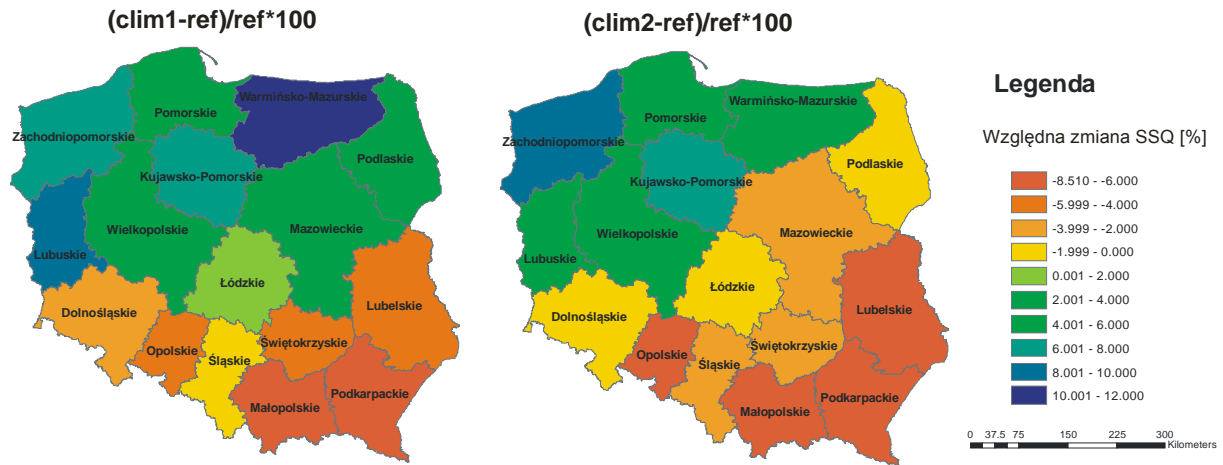
Przepływy średnie roczne dla okresu referencyjnego (1971-2000) oraz dwóch okresach prognozowania 2021-2050 oraz 2071-2100 zostały przeanalizowane na podstawie wiązki modeli RCM/GCM oraz sześciu metod szacowania przepływów średnich rocznych. Względne procentowe zmiany przestrzenne średniego rocznego odpływu dla obu okresów względem okresu referencyjnego przedstawione dla wybranych symulacji na Rys. 6.14.



Rys. 6.14. Zmiana średniego rocznego odpływu (w %) w okresie 2021-2050 (panel górny) oraz 2071-2100 (panel dolny) w stosunku do okresu referencyjnego dla symulacji z modeli DMI-HIRHAM5-ARPEGE oraz RM11151 ARPEGE

Kierunek i intensywność symulowanych zmian zależy od modelu RCM/GCM. Największa intensywność zmian jest symulowana przez modele ARPEGE. W przypadku modelu DMI-HIRHAM5-ARPEGE symulowany jest wzrost średnich rocznych wartości odpływu, natomiast wyniki RCM51-ARPEGE wskazują na znaczny spadek wartości SSQ.

Na podstawie wyznaczonych wartości średniego rocznego odpływu dla modeli RCM/GCM w poszczególnych węzłach siatki, wyznaczono tendencje zmian średniego rocznego odpływu na terenie szesnastu województw. Względne zmiany przestrzenne odpływu średniego rocznego dla obu okresów względem okresu referencyjnego dla wartości środkowej przedstawione są na Rys. 6.15 i Tab. 6.11.



Rys. 6.15. Względna zmiana średniego rocznego odpływu dla okresów 2021-2050 oraz 2071-2100.

Oszacowania na podstawie mediany z wiązki symulacji dla modeli RCM/GCM i sześciu metod wyznaczania indeksu suszy wskazują na różny kierunek zmian dla poszczególnych województw. Na terenie województw: dolnośląskiego lubelskiego, małopolskiego, opolskiego podkarpackiego, śląskiego, świętokrzyskiego należy oczekiwać spadku średniego rocznego odpływu. Dla pozostałych województw symulowany jest niewielki wzrost.

Porównanie względnych zmian odpływu dla wszystkich badanych charakterystyk z wiązki symulacji modeli RCM/GCM w ujęciu regionalnym przedstawiono w Tab. 6.11. Oprócz zmian wartości środkowej zamieszczono dane o zmienności wartości średniej, minimalnej oraz maksymalnej z wiązki symulacji modeli RCM/GCM. We wszystkich regionach w okresie do 2021-2050 symulowany jest wzrost średnich wartości SSQ. Najintensywniejsze zmiany są symulowane dla województwa zachodniopomorskiego, wynoszą one średnio 12.02%. Natomiast w drugim okresie wartości średnie odpływu będą niższe niż w okresie referencyjnym.

Prognozowane zmiany SSQ na podstawie mediany z wiązki scenariuszy są stosunkowo niewielkie i nie wykazują jednakowej tendencji w całym kraju (por. Rys. 6.12). Można jednak spodziewać się pogłębienia różnic w drugim okresie prognozowania. Znacznie większy zakres zmienności jest symulowany na podstawie wartości ekstremalnych (wartości minimalnej i maksymalnej) z wiązki modeli RCM/GCM. Symulacje minimalnych wartości, wskazują na znaczny spadek średniego rocznego odpływu z wielolecia w obu okresach. W okresie 2021-2050 w stosunku do okresu referencyjnego oczekiwany jest spadek wartości SSQ¹⁵ w zakresie od 13.40 % w województwie śląskim do 32.94% w województwie lubelskim. Wraz z upływem czasu zmiany te będą coraz bardziej intensywne. W drugim okresie prognozowania należy się spodziewać spadku SSQ od 36.43% w województwie śląskim do 53.14% w województwie podlaskim.

Tab. 6.11. Oszacowanie procentowych względnych zmian średniego rocznego odpływu w dwóch okresach prognozowania względem okresu referencyjnego na podstawie różnych charakterystyk z wiązki symulacji modeli RCM/GCM.

¹⁵ SSQ - średni roczny przepływ.

Województwo	2021-2050				2071-2100			
	Min [%]	Max [%]	Średnia [%]	Mediana [%]	Min [%]	Max [%]	Średnia [%]	Mediana [%]
Dolnośląskie	-16.78	78.55	7.84	-2.06	-42.62	42.35	-1.81	-1.61
Kujawsko-pomorskie	-17.19	57.00	9.38	6.62	-46.87	27.65	0.14	6.17
Lubelskie	-32.94	87.41	4.67	-4.07	-50.80	33.74	-7.06	-8.51
Lubuskie	-21.16	60.41	9.30	8.79	-48.90	22.76	-2.17	5.32
Łódzkie	-16.47	55.19	5.67	1.20	-41.86	28.53	-4.23	-1.13
Małopolskie	-24.40	69.84	3.27	-6.36	-41.49	34.58	-4.64	-6.88
Mazowieckie	-22.03	56.28	7.01	2.15	-49.28	28.53	-5.53	-3.02
Opolskie	-17.47	86.83	6.31	-5.60	-40.23	58.55	-2.11	-6.55
Podkarpackie	-31.89	111.92	7.14	-6.45	-45.20	58.76	-2.57	-7.60
Podlaskie	-30.24	39.03	3.64	3.79	-53.14	10.76	-6.85	-0.79
Pomorskie	-19.55	42.12	8.65	5.90	-46.30	15.23	0.14	5.11
Śląskie	-13.40	84.62	9.03	-1.14	-36.43	46.13	-1.13	-2.54
Świętokrzyskie	-19.77	82.15	7.75	-4.72	-41.16	33.25	-2.20	-2.62
Warmińsko-mazurskie	-19.03	14.83	6.15	10.30	-47.55	11.11	-2.83	3.92
Wielkopolskie	16.42	54.03	7.54	3.10	-44.91	27.51	-1.79	4.58
Zachodniopomorskie	-23.18	60.15	12.02	7.34	-48.60	27.21	3.40	8.16
Polska	-21.84	66.59	7.52	1.34	-45.62	31.07	-2.56	0.28

Oszacowania zmian SSQ na podstawie wartości maksymalnej z wiązki symulacji modeli RCM/GCM, wskazują na wzrost ich wartości. W okresie 2021-2050 prognozowany jest wzrost SSQ od 14.83% w województwie warmińsko-mazurskim do 111.92% w województwie podkarpackim. W drugim okresie prognozowania zmiany są mniej intensywne niż dla okresu pierwszego. Symulowane zmiany zmieniają się w zakresie od 10.76% w województwie podlaskim do 58.76% w województwie podkarpackim.

Pokrywa śnieżna

Wyniki analizy dla Polski (IMGW-PIB 2012) wskazują na tendencję spadkową śnieżności zim w okresie 1971-2000. Różnice pomiędzy średnią liczbą dni z pokrywą śnieżną w ciągu roku kalendarzowego w okresach prognozowania a okresem referencyjnym dla wybranych stacji meteorologicznych przedstawiono w Tab. 6.12. W okresie 2021-2050 pokrywa śnieżna będzie zalegała średnio o 28 dni krócej niż w okresie 1971-2000. Pod koniec XXI wieku pokrywa śnieżna będzie zalegała średnio tylko 37 dni, średnio o 51 dni krócej niż w okresie referencyjnym.

Tab. 6.12. Porównanie różnicy liczby dni z pokrywą śnieżną i maksymalnego rocznego zapasu wody w śniegu w dwóch okresach prognozowania: 2021-2050 i 2071-2100 w stosunku do okresu referencyjnego 1971-2000. Wartości uśrednione dla wiązki scenariuszy.

Miasto	2021-2050		2071-2100	
	Liczba dni	Max zapas wody (mm)	Liczba dni	Max zapas wody (mm)
Białystok	-29	-11	-56	-20
Kalisz	-28	-7	-50	-12
Kielce	-27	-11	-52	-17
Leszno	-31	-6	-50	-11
Lublin	-31	-11	-55	-17
Nowy Sącz	-25	-12	-49	-16
Piła	-29	-4	-51	-13
Poznań	-29	-5	-53	-12
Sandomierz	-29	-10	-50	-12
Tarnów	-29	-9	-50	-14
Wrocław	-28	-6	-46	-9

Podobnie jak w przypadku liczby dni z pokrywą śnieżną, wszystkie modele prognozują spadek maksymalnej rocznej wartości zapasu wody w śniegu. Symulowane różnice tej wartości pomiędzy okresem 2021-2050 a 1971-2000 różnią się na terenie kraju. Największe różnice są prognozowane w górach (Tatry, Sudety). Średnio pomiędzy okresem 2071-2100 a okresem referencyjnym różnica ta wyniesie aż 20 milimetrów. Najłagodniejsze zmiany są prognozowane dla rejonu Wrocławia, gdzie różnica wynosi 9 milimetrów.

Temperatura wody

Jednym z najważniejszych parametrów określających jakość wody jest stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie. Jest on ściśle powiązany z temperaturą wody i jego stężenia maleją wraz ze wzrostem temperatury wody. Temperatura wody ma również silny wpływ na zmiany siedlisk organizmów wodnych oraz zmiany w obiegu składników pokarmowych (por. rozdz. 6.4).

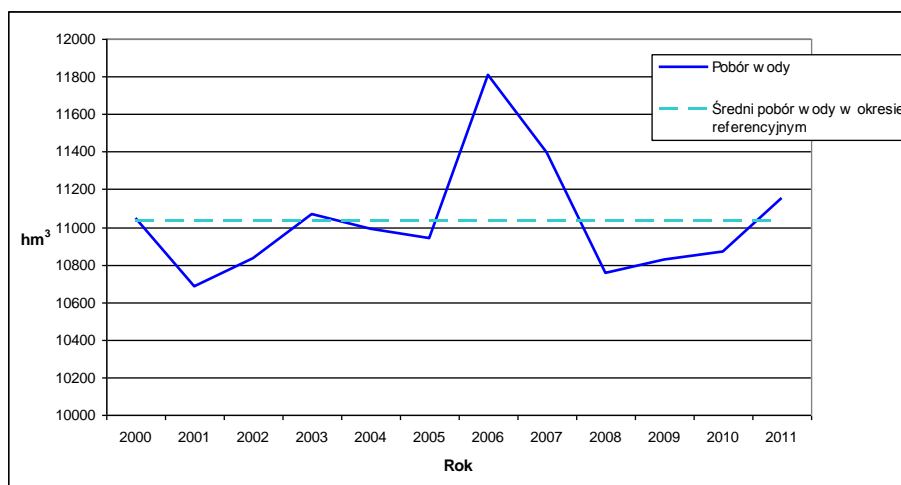
Przeprowadzone symulacje wpływu zmian klimatu na temperaturę wody na kilku wybranych rzekach (Tab. 6.13) wskazują, że najwyższe zmiany temperatury wody prognozowane są dla miesięcy wiosennych (kwiecień, maj) oraz w grudniu. Największe zmiany (do 4⁰C) symulowane są dla miesięcy wiosennych przez model bazujący średnich dobowych temperaturach powietrza.

Tab. 6.13. Symulowane zmiany temperatury wody w dwóch okresach prognozowania: 2021-2050 i 2071-2100 w stosunku do okresu referencyjnego 1971-2000. Wyniki symulacji trzech modeli bazujących na minimalnej, średniej lub maksymalnej dobowej wartości temperatury powietrza.

Wodowskaz	Minimalna dobowa temp. powietrza		Średnia dobowa temp. powietrza		Maksymalna dobowa temp. powietrza	
	2021-2050	2051-2070	2021-2050	2051-2070	2021-2050	2051-2070
	Koszyce /Biała Tarnowska	0.8	1.9	0.6	1.5	0.6
Załuki/Supraśl	0.5	1.0	0.5	1.2	0.6	1.4
Kowanówko/Welna	1.0	2.4	0.8	1.8	0.5	1.4
Korzeńsko/Orla	0.8	2.0	0.7	1.6	0.4	1.2

Potrzeby wodne w skali kraju

Przebieg zmian średnich rocznych wartości poboru wody w Polsce na potrzeby gospodarki narodowej i ludności w okresie referencyjnym lat 1998-2010 obrazuje Rys.6.16.



Rys.6.16. Pobór wody na potrzeby gospodarki narodowej i ludności w okresie referencyjnym 2000-2011

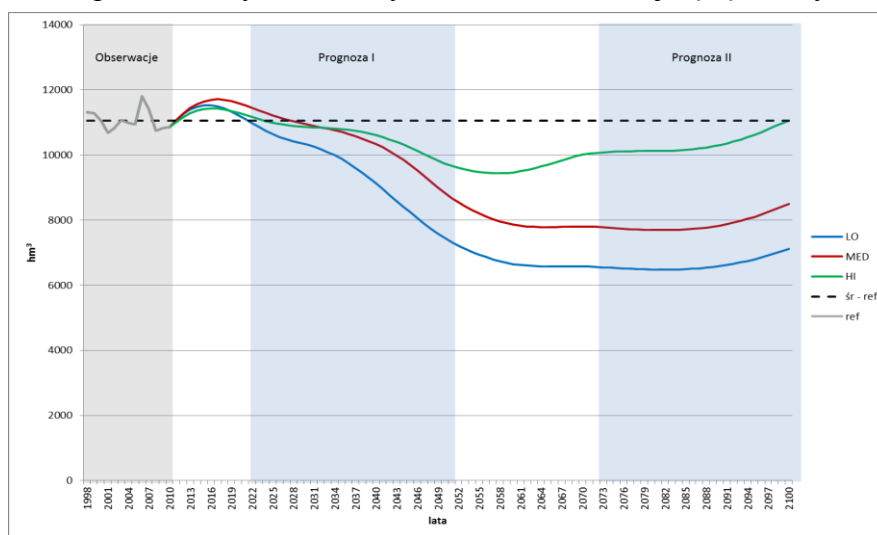
Źródło: GUS

Średnia wielkość poboru w tym okresie wynosi 11062 hm³/rok. Zmiany potrzeb wodnych kraju dla całego XXI wieku, w tym dla dwóch okresów prognostycznych 2021-2050 i 2071-2100 przedstawiono na Rys.6.17. Oceniając dynamikę tych zmian należy zauważyć, że bez względu na przyjęty scenariusz, do połowy bieżącego dziesięciolecia średnie wartości tych

potrzeb nieznacznie rosną, a następnie do końca pierwszego okresu prognostycznego stale maleją. W dalszych latach potrzeby te stabilizują się i nieznacznie rosną w drugim okresie prognostycznym lat 2071-2100.

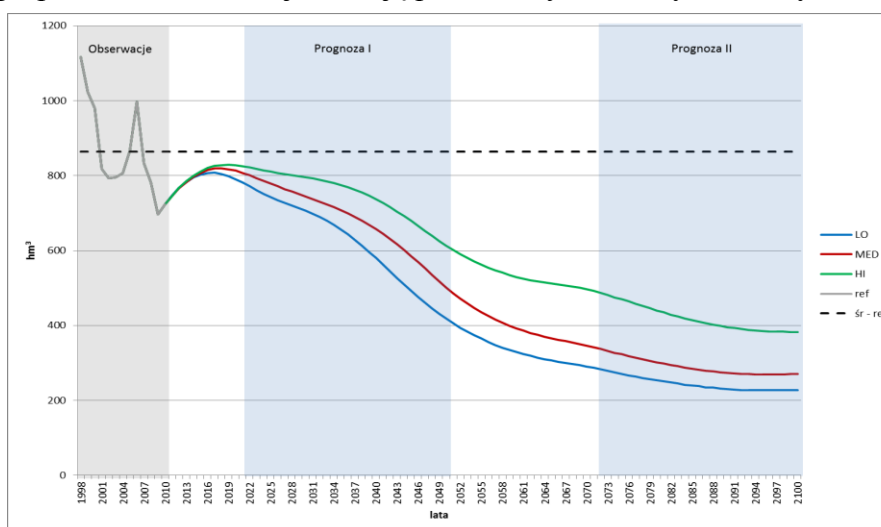
Dla oceny przyszłych potrzeb wodnych wykorzystano trzy scenariusze, społeczno-gospodarczego rozwoju Polski (IBS 2012). Scenariusz LOW przewiduje wyhamowanie wzrostu ok. roku 2020 – jest to scenariusz stagnacji przewidujący w znacznej mierze utrzymanie status quo z roku 2012. W scenariuszu MED przewiduje się wyhamowanie wzrostu ok. roku 2030 – jest to niejako zatrzymanie się w pół drogi między scenariuszami LOW i HIGH. Wreszcie w scenariuszu HIGH – jest to scenariusz innowacji – kraj rozwija się do ok. 2040 roku, w którym osiąga poziom rozwiniętych krajów Europy Zachodniej.

W scenariuszu HI wartość potrzeb w końcu XXI wieku jest bliska średniej z okresu referencyjnego, natomiast w pozostałych scenariuszach suma potrzeb wodnych kraju jest o 1.5-2.0 hm³ mniejsza od tej wartości. Ten wynik pozwala na sformułowanie ogólnego wniosku, że szacunkowo średnie roczne potrzeby wodne gospodarki i ludności Polski nie będą w XXI wieku przekraczały ich obecnych wartości, a raczej będą mały.



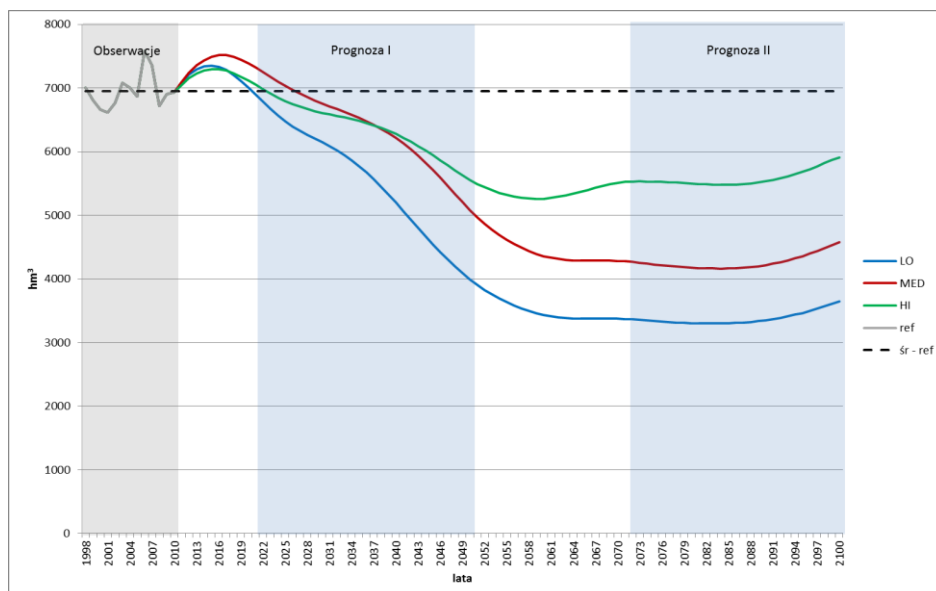
Rys.6.17. Szacunkowe potrzeby wodne w okresach 2021-2050 i 2071-2100.

Oszacowany przebieg zmian średnich rocznych wartości potrzeb wodnych Polski w latach 2021-2050 i 2071-2100 (trzy scenariusze), w rozbiciu na potrzeby przemysłu, energetyki, rolnictwa i gospodarki komunalnej ilustrują poniższe rysunki (Rys.6.18-Rys. 6.21).



Rys.6.18. Szacunkowe potrzeby wodne przemysłu w okresach 2021-2050 i 2071-2100.

W przemyśle, obserwuje się stały spadek potrzeb wodnych we wszystkich scenariuszach rozwoju, rozpoczynający się jeszcze w okresie referencyjnym. Tempo tego spadku jest znacznie szybsze niż w innych sektorach gospodarki wodnej, co wynika przede wszystkim z obecnego poziomu wodochłonności produkcji przemysłowej w Polsce, niemal dwukrotnie przekraczającej jej poziom w krajach Europy Zachodniej. Zakłada się, że przez stopniowe stosowanie mniej wodochłonnych technologii i bardziej efektywne wykorzystywanie zasobów, zużycie wody w tym sektorze będzie spadać przez cały badany okres pomimo znacznego zwiększenia wolumenu produkcji przemysłowej.



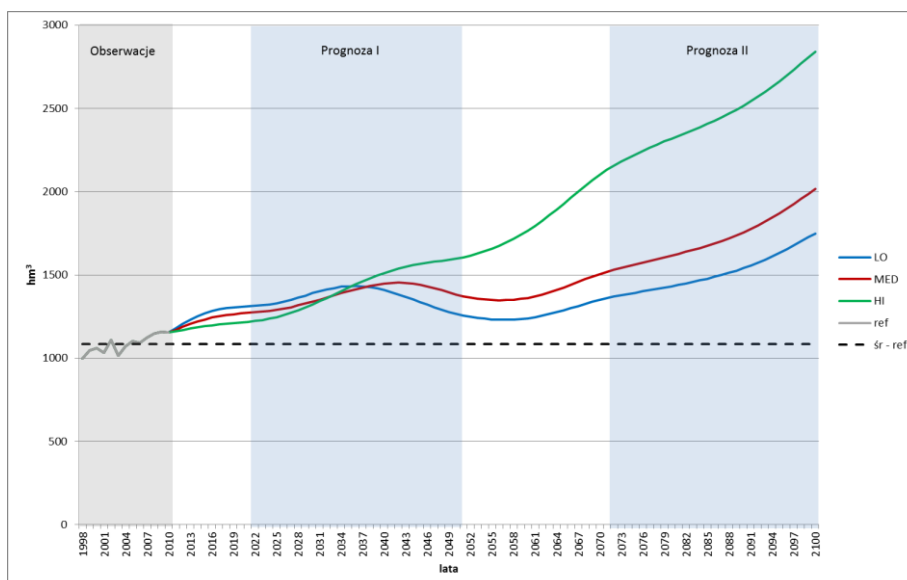
Rys. 6.19. Szacunkowe potrzeby wodne energetyki w okresach 2021-2050 i 2071-2100.

Zmiany poboru wody dla celów chłodniczych w energetyce idą w tym samym kierunku. Duża część polskich elektrowni została wybudowana w latach 70. ubiegłego wieku i w najbliższych dwóch dekadach będą one wycofywane z ruchu, a co najmniej modernizowane. W miarę jak stare bloki będą wymieniane na nowe, znacznie mniej wodochłonne, to zapotrzebowanie na wodę będzie spadać. W obecnym dziesięcioleciu potrzeby wodne początkowo rosną, ale już w drugiej jego połowie zaczynają maleć. W pierwszym okresie prognostycznym pobory wody w dalszym ciągu maleją. Pomimo tego, że produkcja energii elektrycznej we wszystkich scenariuszach stale rośnie (choć w różnym tempie), współczynniki wodochłonności (m^3/MWh) już w pierwszym okresie prognostycznym maleją na tyle szybko, że całkowity pobór wody również maleje. W drugim okresie prognostycznym potrzeby wodne stabilizują się we wszystkich scenariuszach (choć na różnych poziomach), co jest wynikiem zarówno poprawy efektywności produkcji energii, jak przechodzenia w większej skali na zamknięte obiegi wód chłodzących. Jest to również zasługa poprawy sprawności rynku energetycznego i szybkiej dyfuzji innowacji w produkcji, przesyłach i konsumpcji energii.

Największe potrzeby wodne występują w przypadku wytwarzania energii elektrycznej i ciepła w elektrowni chłodzonych z wykorzystaniem obiegów otwartych. Zapotrzebowanie wody dla takiego układu wynosi około $150-200m^3/MWh$ (zależnie od parametrów, obciążenia i stosowanego, dopuszczalnego podgrzewu wody), a w skali rocznej od 5-8,5 mld m^3 . Woda ta nie jest jednak tracona, a tylko podgrzewana o około $5-10^{\circ}C$. Duże przepływy konieczne do chłodzenia kondensatora, w połączeniu z ograniczeniami, co do możliwości podgrzewania wody w rzekach i zbiornikach wodnych, powodują, że już obecnie nie przewiduje się budowy dużych bloków energetycznych z otwartymi układami chłodzenia. Z punktu widzenia wieloletniej perspektywy, w jakiej oceniany jest wpływ zmian klimatu na energetykę, należy

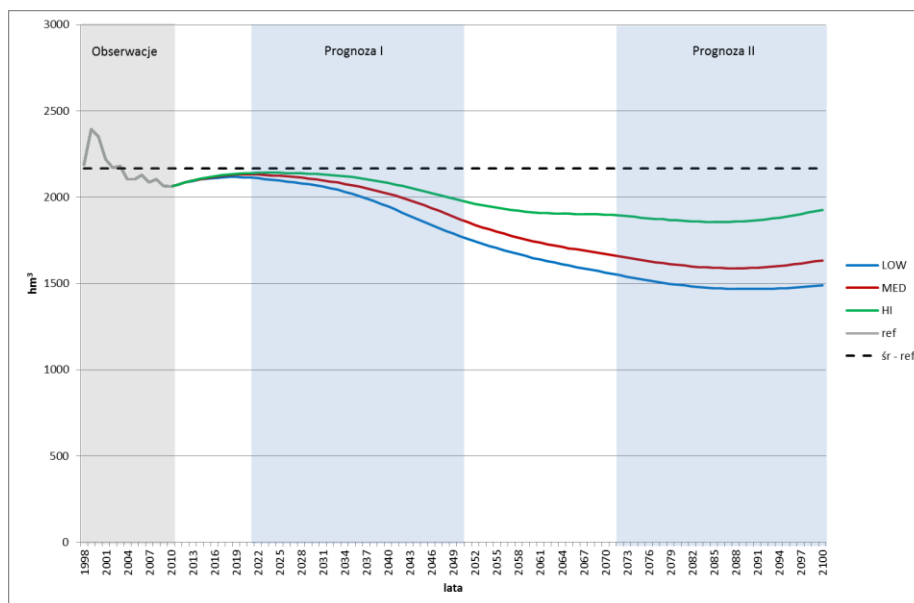
założyć, że duże jednostki wytwórcze o takim systemie chłodzenia zostaną z systemu elektroenergetycznego wycofane. W elektrowniach z zamkniętym układem chłodzenia zużycie wody wynosi około 1,5-2,5 m³/MWh. Dodatkowo istnieje konieczność uzupełniania wody w obiegu parowym elektrowni, ale tu potrzeby są bardzo małe, rzędu 0,1 m³/MWh, a w skali rocznej 250-300 mln m³.

Obecnie w elektrowniach ciepłych wytwarzane jest około 140 TWh energii elektrycznej z czego około 35 TWh w elektrowniach z otwartym układem chłodzenia. Zużycie w układach zamkniętych oraz jako uzupełnienie obiegu parowego wynosi około 250-300 mln m³.



Rys. 6.20. Szacunkowe potrzeby wodne rolnictwa w okresach 2021-2050 i 2071-2100.

Rolnictwo jest jedynym z omawianych sektorów w którym średnie roczne potrzeby wodne wykazują stałą tendencję rosnącą. Obecnie potrzeby wodne rolnictwa są znacznie niższe w porównaniu z rolnictwem całej Unii Europejskiej. Wraz z rozwojem technicznym rolnictwa zakłada się, że będzie rosła jego efektywność ekonomiczna, pociągając za sobą zwiększone zużycie wody. Jednocześnie następować będzie spadek wodochłonności rolnictwa indukowany postępem technologicznym. W kolejnych latach tempo spadku zużycia wody na jednostkę produkcji zostanie spowolnione w wyniku wyczerpywania się możliwości dalszego zmniejszania zużycia wody w rolnictwie oraz stabilizacji struktury demograficznej populacji. Zmiany klimatu powodujące zmniejszenie opadów i wzrost ewapotranspiracji powodują konieczność intensyfikacji sztucznych nawodnień rolnych, co szczególnie wyraźnie zaznacza się w drugim okresie prognostycznym (pojawia się wyraźny trend rosnący potrzeb wodnych, które w pierwszym okresie wynoszą ok. 30% a w końcu XXI wieku przekraczają stan obecny o ok. 40-125 % w zależności od scenariusza).



Rys. 6.21. Szacunkowe potrzeby wodne gospodarki komunalnej w okresach 2021-2050 i 2071-2100

W sektorze gospodarki komunalnej za najbardziej istotną część poboru odpowiadają gospodarstwa domowe, usługi odgrywają w tym sektorze stosunkowo nieznaczną rolę. Zużycie wody na mieszkańca w gospodarstwach domowych jest wypadkową dwóch przeciwstawnych sił – z jednej strony bogacenie się społeczeństwa powoduje wzrost zużycia wody. Z drugiej strony, urządzenia domowe stają się coraz oszczędniejsze w zużyciu wody i upowszechnia się "ekologiczny" tryb życia sprzyjający ograniczeniu zużycia wody w gospodarstwach domowych. Zakłada się, że ta druga tendencja będzie nieco silniejsza, co wraz ze znacznym spadkiem liczby ludności implikuje stałą redukcję zużycia wody w tym sektorze, osiągając wartości ok. 15-20% mniejsze niż w okresie referencyjnym.

Tab.6.14 przedstawia wartości średniego z wielolecia rocznego poboru wody na potrzeby gospodarki narodowej i ludności w okresie referencyjnym oraz potrzeby wodne szacowane dla dwóch okresów prognostycznych.

Tab.6.14. Średnie z wielolecia pobory referencyjne oraz pobory prognozowane w dwóch okresach prognostycznych (hm³).

Polska	1998-2010	2021-2050			2071-2100		
	Ref.	LOW	MED	HI	LOW	MED	HI
Total	11062,00	9526,47	10480,33	10642,33	6626,63	7881,60	10321,63
Energetyka	6947,08	5554,40	6377,37	6380,40	3380,03	4263,73	5576,97
Przemysł (bez energetyki)	863,77	624,03	683,80	749,87	245,57	291,63	421,90
Rolnictwo	1085,38	1364,37	1377,30	1419,27	1510,13	1714,13	2445,13
Gospodarka komunalna	2165,77	1983,67	2041,87	2092,80	1490,90	1612,10	1877,63

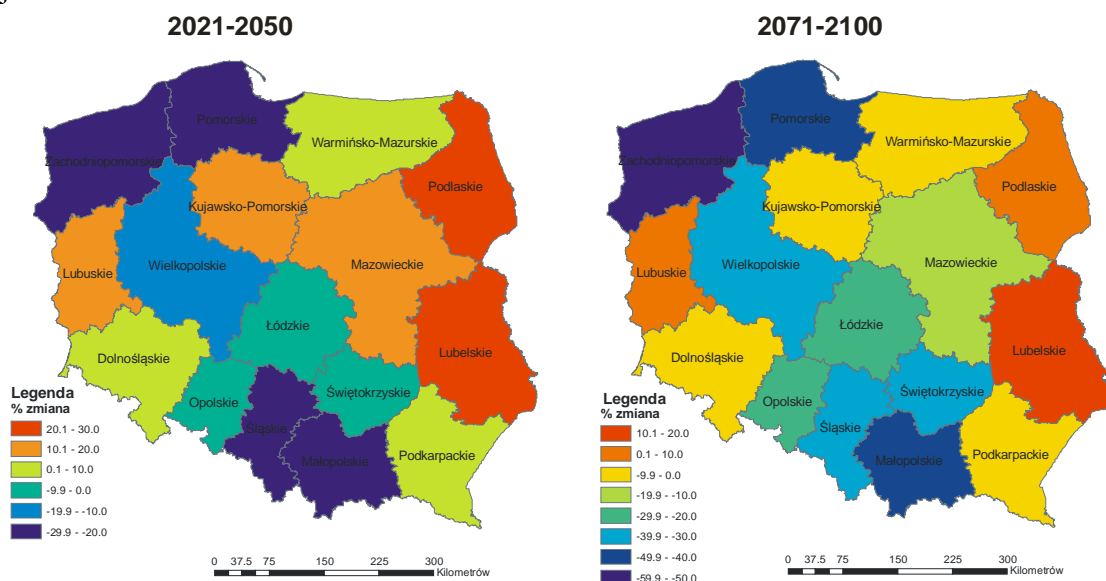
Potrzeby wodne województw

W szacowaniu potrzeb wodnych województw (Tab.6.15.) uwzględniono nie tylko zmiany danego sektora w skali krajowej, lecz również tendencje zmian w poszczególnych województwach w okresie referencyjnym. Należy jednak podkreślić, że przedstawione tu szacunki wojewódzkie należy traktować jako wysoce orientacyjne. Dla bardziej precyzyjnego ich szacowania niezbędne byłyby badania potencjalnych możliwości rozwoju poszczególnych województw.

Tab. 6.15. Średnie z wielolecia całkowite wojewódzkie pobory referencyjne oraz całkowite potrzeby wodne prognozowane w dwóch okresach prognostycznych (hm³).

Województwo	1998-2010	2021-2050			2071-2100		
	Ref.	LOW	MED	HI	LOW	MED	HI
Dolnośląskie	462,92	460,82	482,01	493,57	382,47	433,07	566,68
Kujawsko-pomorskie	255,84	272,86	284,33	297,00	209,19	233,83	306,08
Lubelskie	356,38	430,66	446,17	466,96	361,33	408,41	562,28
Lubuskie	103,88	114,69	118,06	121,84	95,40	106,28	138,84
Łódzkie	337,45	287,82	304,51	311,63	231,24	264,61	347,47
Małopolskie	770,41	508,08	550,74	564,11	357,48	417,74	543,38
Mazowieckie	2645,22	2787,34	3145,47	3163,61	1835,56	2251,65	2926,67
Opolskie	138,59	123,17	130,10	134,40	91,65	103,83	134,30
Podkarpackie	296,15	301,43	325,47	331,96	229,81	268,57	356,32
Podlaskie	93,39	110,29	113,69	117,53	89,98	99,73	128,20
Pomorskie	263,23	194,76	205,37	213,74	134,76	150,20	186,94
Śląskie	587,25	429,84	449,08	464,43	331,00	370,94	477,72
Świętokrzyskie	1160,55	932,57	1049,67	1054,93	598,53	734,24	971,66
Warmińsko-mazurskie	139,04	138,19	143,54	148,10	115,92	130,68	173,86
Wielkopolskie	1913,94	1414,99	1575,79	1588,70	964,24	1163,53	1518,96
Zachodniopomorskie	1537,77	1018,94	1156,33	1169,81	598,09	744,29	982,26

Rys. 6.22 ilustruje porównanie średnich z wielolecia różnic poborów w okresie referencyjnym i potrzebami wodnymi szacowanymi dla dwóch okresów prognozowania dla województw.



Rys. 6.22. Zmiany całkowitych średnich rocznych wojewódzkich potrzeb wodnych w dwóch okresach prognostycznych względem okresu referencyjnego (%).

Z Tab. 6.15 oraz Rys. 6.22 wynika, że w siedmiu województwach zmiany całkowitych średnich rocznych potrzeb wodnych szacowanych dla dwóch okresów prognozowania nie przekraczają podobnych potrzeb zarejestrowanych w okresie referencyjnym. Są to województwa małopolskie, opolskie, pomorskie, śląskie, świętokrzyskie, wielkopolskie i zachodnio-pomorskie. Potrzeby wodne województwa dolnośląskiego w pierwszym okresie prognozy prawie nie odbiegają od wartości średniej z okresu referencyjnego. W drugim okresie prognostycznym potrzeby te rosną względem okresu referencyjnego tylko w scenariuszu HI o ok. 20%. W województwie kujawsko-pomorskim potrzeby wyraźnie rosną w latach dwudziestych we wszystkich sektorach, a ich przebieg w dalszych latach zależy od scenariusza. W scenariuszu HI rosną względem okresu referencyjnego w obydwu

okresach prognostycznych – ok. 16% w pierwszym z nich i ok. 19% w drugim. Potrzeby wodne województwa lubelskiego wykaczają w obydwu okresach prognostycznych zdecydowanie ponad odpowiadające im wartości w okresie referencyjnym. Dotyczy to w szczególności sektora rolniczego, którego potrzeby względem potrzeb referencyjnych wzrastają o ok. 50% w pierwszym okresie prognostycznym i ponad 150% w drugim okresie. W scenariuszu MED, zmiany potrzeb wodnych województwa lubuskiego przekraczają poziom referencyjny w obydwu okresach prognostycznych – ok. 17% w pierwszym i ok. 34% w drugim okresie. W dwóch pozostałych scenariuszach potrzeby wzrastają w pierwszym okresie prognostycznym i wracają do poziomu referencyjnego w drugim. W województwie łódzkim, całkowite potrzeby wodne w obydwu okresach prognostycznych są niższe od potrzeb referencyjnych, nieznacznie je przekraczając w ostatnich latach drugiego okresu. W pierwszym okresie prognostycznym potrzeby wodne województwa mazowieckiego w scenariuszu HI maleją do poziomu referencyjnego, a następnie przekraczają ten poziom w końcu drugiego okresu prognostycznego o ok. 10%. Potrzeby wodne województwa podkarpackiego rosną znacznie w sektorze rolniczym (ok. 170% średnio w drugim okresie prognostycznym), a jednocześnie maleją w sektorze przemysłowym (o ok. 60% względem okresu referencyjnego). Przebieg zmian przyszłych potrzeb wodnych względem okresu referencyjnego województwa podlaskiego jest bliski podobnym zmianom w województwie warmińsko-mazurskim. Potrzeby rosną w przypadku scenariusza HI w drugim okresie

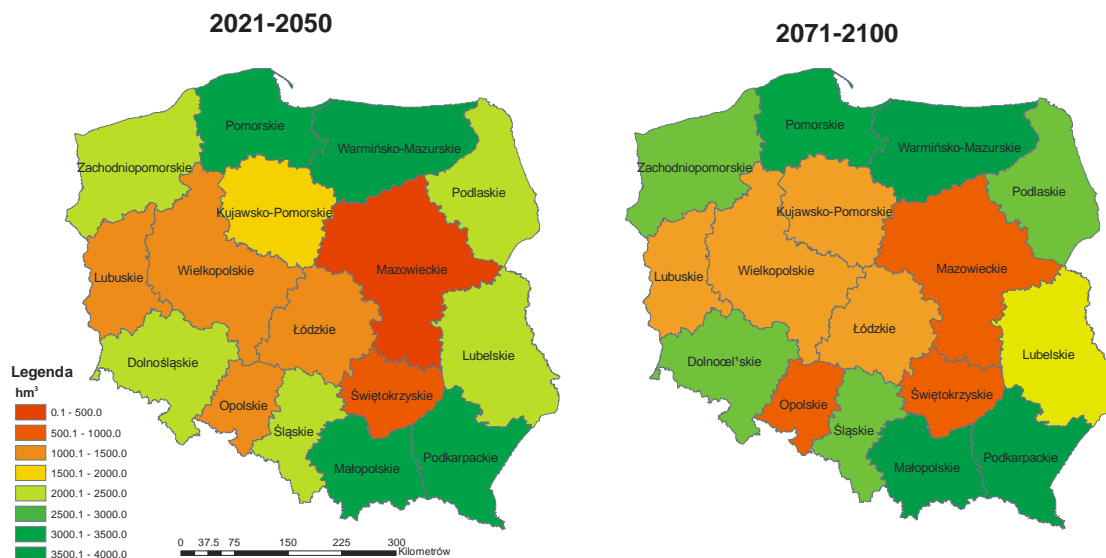
Analiza uzyskanych wyników wskazuje, że procentowe zmiany całkowitych potrzeb wodnych dla poszczególnych województw nie mogą być mechanicznie przypisywane procentowym zmianom w poszczególnych sektorach. We wszystkich siedmiu województwach – małopolskim, opolskim, pomorskim, śląskim, świętokrzyskim, wielkopolskim i zachodnio-pomorskim potrzeby wodne przemysłu w okresach prognostycznych nie przekraczają ich wartości w okresie referencyjnym. W województwie opolskim średnie potrzeby wodne przekraczają wartości referencyjne o około 15% dla scenariuszy MED i HI w latach 2021-2050 i ok. 2% w latach 1971-2100. Podobna sytuacja występuje w woj. śląskim, gdzie potrzeby wodne energetyki dla scenariuszy MED i HI w przyszłości przekraczają odpowiadające im wartości z okresu referencyjnego odpowiednio o ok. 4%. W województwach śląskim, świętokrzyskim i wielkopolskim, potrzeby wodne rolnictwa przekraczają we wszystkich scenariuszach wartości poboru wody w okresie referencyjnym, a przekroczenia te są szczególnie widoczne w drugim okresie prognostycznym. Sięgają one (dla scenariusza HI) ok. 128, 173 i 167% odpowiednio dla trzech wspomnianych wyżej województw. Przyszłe potrzeby wodne dla zaopatrzenia gospodarki komunalnej, tylko w woj. wielkopolskim, pierwszy okres prognostyczny wykazują wzrost względem okresu referencyjnego o ok. 6 do 12%.

Bilans wodny w skali kraju oraz w skali województw

Przyszłe zasoby wodne charakteryzowano czterema wartościami średniego rocznego odpływu w dwóch okresach prognostycznych: minimum, maksimum, wartość średnia i mediana na podstawie wiązki scenariuszy z modeli RCM/GCM. Podobnie dla potrzeb wodnych szacowanych dla każdego z okresów prognostycznych, określono ich średnie roczne wartości dla trzech scenariuszy. Rachunki bilansowe wykonano w dwóch wariantach: (1) porównanie wartości średniej zasobów z potrzebami MEDIUM (wariant optymistyczny), oraz (2) porównanie wartości minimalnej zasobów z potrzebami HIGH (wariant pesymistyczny). W obydwu wariantach, w żadnym z obydwu okresów prognostycznych, w skali kraju nie występują sytuacje deficytowe.

Analiza różnic pomiędzy prognozowanymi zasobami a prognozowanymi potrzebami w skali wojewódzkiej (Rys. 6.23) wskazuje na potencjalne zagrożenia niedoborami wody. Dla pierwszego okresu prognostycznego (2021-2051) sytuacja najgorzej przedstawia się w

województwie mazowieckim i świętokrzyskim, gdzie potrzeby nieomal zrównują się z zasobami. Ogólna sytuacja pogorszy się w latach 2071-2100 w stosunku do okresu pierwszego prognozowania dla województwa opolskiego, kujawsko-pomorskiego i lubelskiego. Podobnie jak w pierwszym analizowanym okresie województwa o najmniejszej różnicy pomiędzy prognozowanymi zasobami a potrzebami to: mazowieckie, świętokrzyskie i opolskie.



Rys. 6.23. Różnica pomiędzy średnimi prognozowanymi zasobami a średnimi poborami prognozowanymi w scenariuszu rozwoju gospodarczego MED – przypadek średni.

W scenariuszu pesymistycznym zarówno w pierwszym, jak i drugim okresie prognozowania obserwujemy wystąpienie ujemnego bilansu wodnego dla województw: mazowieckiego, świętokrzyskiego i wielkopolskiego. W drugim okresie prognozowania (2071-2100) nie ma większych różnic w stosunku do wyników z okresu pierwszego. Symulowane deficyty są nieznacznie łagodniejsze, mieszczą się w obrębie tych samych progów ułatwiających ocenę podatności na niedobory wody. Na terenie województwa zachodniopomorskiego prognozowane jest zagrożenie deficytami, natomiast na terenie województw: mazowieckiego, świętokrzyskiego i wielkopolskiego silne zagrożenie deficytami wody.

Wskaźnik eksploatacji wody (WEI)¹⁶

Prognozowane średnie wartości wskaźnika WEI dla obszaru Polski wynoszą 24.63 w pierwszym prognozowanym okresie i 20.59 w drugim. Te wartości wskaźnika WEI klasyfikują Polskę jako obszar nieznacznie przekraczający górną granicę strefy niskiego zagrożenia deficytami. Wartości wskaźnika adekwatnie do zróżnicowania przestrzennego zasobów oraz potrzeb wodnych w regionach Polski różnią się dla poszczególnych

¹⁶ Zgodnie z rekomendacjami Europejskiej Agencji Środowiska do oceny stopnia wykorzystania zasobów wodnych na potrzeby gospodarki zastosowany został wskaźnik eksploatacji wody (WEI). Wskaźnik ten jest wyznaczany, jako iloraz prognozowanego średniego całkowitego rocznego poboru wody (razem z wodami chłodniczymi) przez prognozowane średnie całkowite odnawialne zasoby wody na poziomie kraju oraz poszczególnych województw i wyraża się go w procentach. Zmiany wskaźnika pomagają w identyfikacji regionów podatnych na niedobory wody. W analizie przyjmują się następujące progi zgodne, z którymi ocenia się podatność na niedobory wody: (a) <10% bez zagrożenia deficytami wody, (b) większe niż 10% i niższe niż 20% niskie zagrożenie deficytami, (c) większe niż 20% i mniejsze niż 40% zagrożone deficytami, (d) większy niż 40% silne zagrożenie deficytami wody. Obszary o wskaźniku eksploatacji wody większym niż 20% w czasie niżówek zagrożone są występowaniem dużych deficytów wody.

województw (Tab. 6.16, Rys. 6.24). Obliczono je dla średniego scenariusza rozwoju gospodarczego oraz mediany z wiązki symulacji zasobów wodnych.

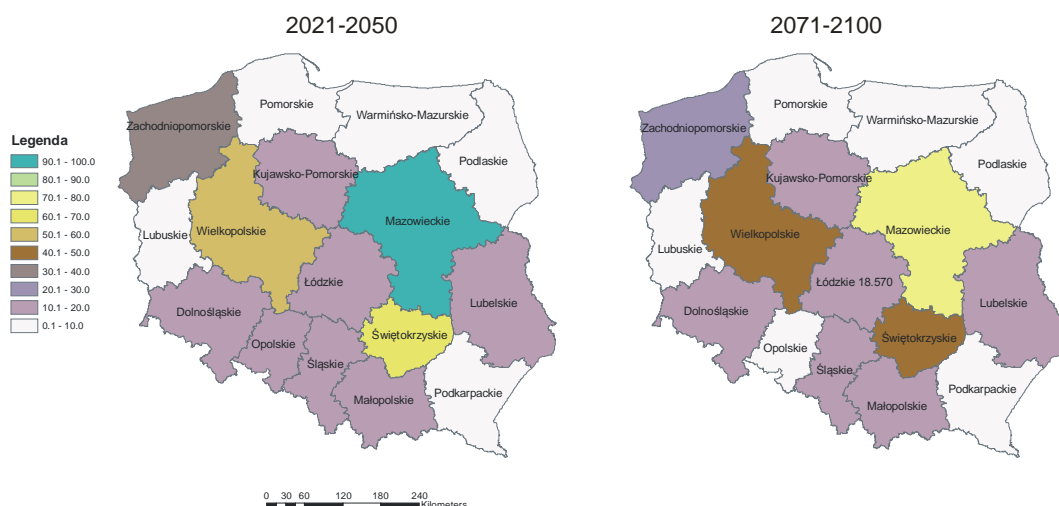
Tab. 6.16. Symulowane wartości wskaźnika WEI [%].

Województwo	2021-2050	2071-2100
Dolnośląskie	16.63	16.53
Kujawsko-pomorskie	15.74	14.30
Lubelskie	17.61	18.23
Lubuskie	7.98	8.11
Łódzkie	18.57	17.98
Małopolskie	14.14	11.65
Mazowieckie	97.13	79.55
Opolskie	11.16	9.75
Podkarpackie	8.64	7.87
Podlaskie	4.77	4.69
Pomorskie	6.27	5.01
Śląskie	15.61	14.28
Świętokrzyskie	62.57	48.50
Warmińsko-mazurskie	3.86	3.88
Wielkopolskie	59.24	48.43
Zachodniopomorskie	35.83	25.17
Polska	24.63	20.59

Prognozowane średnie wartości wskaźnika WEI w pierwszym okresie prognostycznym wskazują na brak zagrożeń deficytami wody na terenie województw: lubuskiego, podkarpackiego, podlaskiego, pomorskiego i warmińsko-mazurskiego. Niskie zagrożenie deficytami wody prognozowane jest na terenie województw: dolnośląskiego, kujawsko-pomorskiego, lubelskiego, łódzkiego, małopolskiego, opolskiego i śląskiego. Na terenie województw mazowieckiego, świętokrzyskiego, wielkopolskiego i zachodniopomorskiego średnie wartości wskaźnika WEI wykazują zagrożenie lub nawet silne zagrożenie deficytami wody.

W drugim okresie prognozowania w scenariuszu średnim nie ma większych różnic w braku zagrożeń i niskim zagrożeniu deficytami wody, natomiast na terenie województwa zachodniopomorskiego prognozowane jest zagrożenie deficytami wody, a na terenie województwa mazowieckiego, świętokrzyskiego i wielkopolskiego silne zagrożenie deficytami wody.

Wartości wskaźnika WEI w czterech województwach tj. mazowieckim, świętokrzyskim, wielkopolskim i zachodniopomorskim należy interpretować biorąc pod uwagę, że w ocenie potrzeb wody uwzględniono również wody chłodnicze stanowiące ok. 70% całkowitych poborów wody w Polsce. Jak wiadomo ok. 95% tych wód, po ich wykorzystaniu, jest bezpośrednio odprowadzane do wód powierzchniowych odpowiednio zwiększając kubaturę zasobów wodnych.

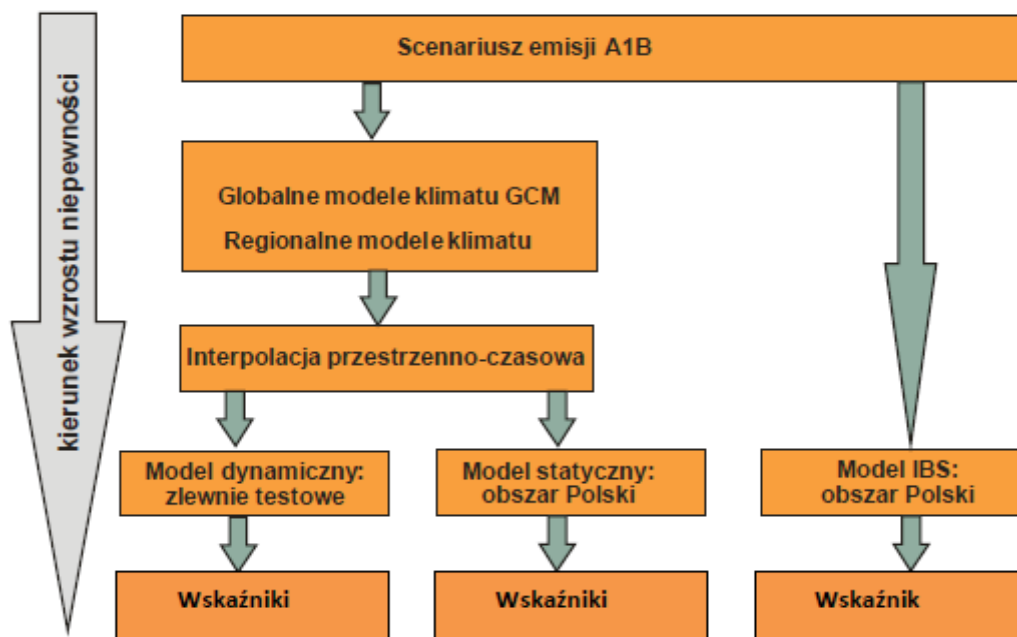


Rys. 6.24. Symulowane wartości WEI w pierwszym i drugim okresie zmian klimatu.

Niepewność związana z prognozami potrzeb wodnych

Prognozy wpływu zmian klimatu na zasoby i potrzeby wodne są wynikiem symulacji modelowych, które oparte są na szeregu założeń wyjściowych obciążonych różną skalą niepewności zależnej. W skali lokalnej i regionalnej, nie dysponujemy wystarczającą wiedzą dotyczącą istniejących ograniczeń i warunków, jakie mogą zaistnieć w przyszłości. W skali globalnej, rozdzielczość siatki modeli jest zbyt duża, aby procesy zachodzące w skali regionalnej mogły być realistycznie przedstawione zarówno w atmosferze, jak i na powierzchni ziemi. W związku z powyższym, prognozy uzyskane z globalnych modeli klimatu (GCM) nie mogą być bezpośrednio zastosowane jako dane wejściowe do modeli hydrologicznych. Stosowane są różne metody interpolacji ich wyników do skali regionalnej, co również powoduje zwiększenie niepewności szacowanych zmiennych. Z kolei modele hydrologiczne obciążone są niepewnością związaną z nieznanymi parametrami modeli, błędami struktury oraz błędami numerycznymi. W związku z tym mamy do czynienia z propagacją błędów w systemie szacowania prognozy. Wiele prac wskazuje na konieczność kompleksowego podejścia do estymacji niepewności symulacji zmian zarówno w skali przestrzennej, jak i czasowej. W opracowaniach należy uwzględniać niepewność scenariuszy klimatycznych temperatury powietrza i opadu oraz niepewność związaną z użyciem przybliżonych metod transformacji opadu w wpływ za pomocą modeli hydrologicznych.

Przedstawiony poniżej schemat (rys. 6.25) ilustruje propagację niepewności w łańcuchu działań składających się na wyznaczenie wskaźników zmian określających wpływ zmian klimatu na zasoby wodne i ekstremalne zjawiska hydrologiczne.



Rys. 6.25. Schemat procedury szacowania indeksów zmian określający propagację niepewności w łańcuchu działań.

W powyższym schemacie niepewność wzrasta na każdym z etapów idąc w dół schematu. Transformacja zmiennych losowych przez każdy z elementów łańcucha działań dostarcza dodatkowej niepewności związanej z niepewnością parametryczną i strukturalną wykorzystywanych modeli.

Działania adaptacyjne

Działania adaptacyjne w sektorze gospodarki wodnej są realizowane poprzez szereg dokumentów strategicznych, związanych przede wszystkim z zapobieganiem i usuwaniem skutków powodzi. Należą do nich: "Program wodno-środowiskowy kraju", "Program ochrony przed powodzią w dorzeczu Górnej Wisły na obszarze województw śląskiego, małopolskiego, podkarpackiego i świętokrzyskiego", "Program dla Odry 2006 - aktualizacja", "Kompleksowe zabezpieczenie przeciwpowodziowe Żuław - do roku 2030 (z uwzględnieniem etapu 2015)". Strategia adaptacyjna wymienia jedynie najważniejsze kierunki działań zawarte w wymienionych programach.

Na podstawie opracowanych scenariuszy wpływu zmian klimatu na zasoby wodne oraz gospodarkę wodną zostały zaproponowane działania adaptacyjne przy uwzględnieniu dotychczas prowadzonych prac nad dokumentami programowymi w obszarze gospodarki wodnej. Działania zostały pogrupowane w cztery grupy wykorzystujące instrumenty administracyjno-prawne, wykorzystujące instrumenty ekonomiczne, działania informacyjno-edukacyjne oraz działania techniczne.

Działania wykorzystujące instrumenty administracyjno-prawne obejmują przede wszystkim wdrożenie zasady „użytkownik płaci” i „zanieczyszczający płaci”, doskonalenie zasady partycypacji w utrzymaniu urządzeń wodnych, uzależnienie możliwości uzyskania pozwolenia wodno-prawnego od dostępności zasobów i warunków korzystania z wód zlewni oraz silniejsze powiązanie z planowaniem przestrzennym. W zakresie działań wykorzystujących instrumenty ekonomiczne są poprawa zarządzania popytem na wodę, dostosowanie opłat za wodę do „rzadkości” wody w danym rejonie, wzmocnienie funkcji bodźcowej opłat za wodę (obecnie opłaty za pobór wody nie są istotnym elementem kosztów produkcji w żadnym sektorze gospodarczym). Działania informacyjno-edukacyjne obejmują głównie podnoszenie świadomości ekologicznej i promowanie oszczędzania wody.

Wreszcie działania techniczne to między innymi substytucja wody o wyższej jakości wodą o niższej jakości, zwiększanie retencji „małej” i „dużej”, zmiany technologiczne zmniejszające wodochłonność, relokacja użytkownika wód i realizacja działań przewidzianych programem wodno-środowiskowym kraju.

Generalnie adaptacja zasobów wodnych sprowadza się do wdrożenia efektywnych instrumentów gospodarki wodnej w celu ochrony istniejących zasobów i ograniczenia strat wody poprzez gromadzenie dostępnej wody, spowalnianie odpływu, ograniczenie strat na parowanie i in.

Dostosowanie sektora gospodarki wodnej do ekstremalnych zjawisk pogodowych powinno uwzględnić:

- 1) opracowanie map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego dla obszarów narażonych na niebezpieczeństwo powodzi (w toku).
- 2) wpisanie do prawa regulacji dotyczących planowania przestrzennego, budownictwa, działań w rolnictwie wspomagających proces adaptacji, a zarazem zapobiegających powstawaniu zagrożeń dla społeczeństwa, gospodarki i środowiska.
- 3) opracowanie i wdrażanie programów zwiększania naturalnej i sztucznej retencji wodnej mających na celu zwiększanie pojemności retencyjnej zlewni w celu spowalniania spływu powierzchniowego oraz przywracanie dobrego stanu przyrodniczego ekosystemów wodnych i od wody zależnych - zgodnie z dyrektywami UE: 2000/60/WE i 2007/60/WE.
- 4) wykorzystanie analizy kosztów i korzyści przy dużych inwestycjach związanych z gospodarką wodną (analiza taka jest obowiązkowa w projektach wspieranych ze środków UE), standaryzacja metod wyceny korzyści z realizacji takich projektów
- 5) prowadzenie działań prewencyjnych przed powodzią, do których zalicza się:
 - właściwą politykę przestrzennego zagospodarowania kraju i ograniczenie zabudowy obszarów zagrożonych powodziami,
 - właściwe projektowanie budynków zlokalizowanych w strefie zagrożenia powodziowego,
 - poprawę zalesienia kraju i zabezpieczeń przez osuwiskami będącymi skutkiem gwałtownych opadów,
 - budowę obwałowań przeciwpowodziowych,
 - budowę zbiorników retencyjnych, polderów (suchych zbiorników) oraz systemów małej retencji mających na celu ograniczenie gwałtownego odpływu wód powodziowych,
 - optymalizację instrukcji gospodarowania wodą na zbiornikach retencyjnych,
 - utrzymanie we właściwym stanie systemów melioracji rolnych, pozwalających na bezpieczne odprowadzenie nadmiaru wód powodziowych,
 - w skrajnych przypadkach przesiedlanie ludności zamieszkującej w strefie wysokiego zagrożenia.
- 6) wdrażanie działań przygotowawczych obejmujących:
 - budowę informatycznych systemów wczesnego ostrzegania przed zagrożeniami powodziowymi,
 - opracowanie planów postępowania w trakcie powodzi związanych z zagrożeniami dla zdrowia i życia ludzkiego, ryzyka zakłóceń w dostawie wody oraz energii elektrycznej czy poważnych awarii przemysłowych,
 - realizację Dyrektywy 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim, potocznie zwanej Dyrektywą Powodziową.

Analizę wpływu działań adaptacyjnych na poszczególne sektory zamieszczono na końcu dokumentu w załączniku 3. Wykaz działań adaptacyjnych i ich kosztów w pakiecie podstawowym, rozszerzonym i pełnym zamieszczono na końcu dokumentu w załączniku 6.

6.4. Bioróżnorodność i ekosystemy

Utrata bioróżnorodności jest uznawana obok zmian klimatu za największe zagrożenie życia na Ziemi. Połączenie i zrozumienie tych dwóch zmieniających się komponentów może być kluczowe do zrozumienia zmian w zasobach przyrodniczych, a w konsekwencji także ich wpływu na systemy społeczne i ekonomiczne. Według UNEP to właśnie zmiany klimatyczne w XXI wieku mogą stać się największym zagrożeniem dla światowej różnorodności biologicznej; przez co struktura i funkcja ekosystemów lądowych i morskich prawdopodobnie zostanie poddana zasadniczym zmianom. Wiele gatunków roślin i zwierząt narażonych będzie na wyginięcie. Zmiany klimatyczne mogą w ciągu kilku dziesięcioleci, zniweczyć nasze wysiłki dotyczące ochrony i zrównoważonego użytkowania różnorodności biologicznej.

Obecne tempo wymierania gatunków jest około 100 razy szybsze od stanu, który można uznać za naturalny. W Polsce zagrożone jest aż 21% flory naczyniowej.

W maju 2006 r. Komisja Europejska przyjęła konwencję w sprawie "Zatrzymania procesu utraty różnorodności biologicznej do roku 2010 i w przyszłości". Jednym z dziesięciu nadrzędnych celów konwencji jest "wspierać dostosowanie różnorodności biologicznej do zmian klimatycznych".

W Polsce istnieją 23 parki narodowe oraz 122 parków krajobrazowych, które wraz z obszarami Natura 2000 i obszarami chronionego krajobrazu zajmują ok. 30 % powierzchni kraju. Podstawową funkcją różnych form ochrony przyrody jest ochrona bioróżnorodności, ale jednocześnie w poważnym zakresie obszary te mogą wspomóc łagodzenie skutków zmian klimatycznych.

Różnorodność przyrodnicza na terenie Polski jest wynikiem ścierających się wpływów klimatu atlantyckiego i kontynentalnego, przez co świat roślin i zwierząt jest szczególnie bogaty, gdyż zawiera gatunki charakterystyczne dla obydwu typów klimatu. Spodziewane ocieplenie się klimatu spowoduje narastanie wpływu z kierunku południowego wyrażające się w migracji gatunków z Europy Południowej, jednak z równoczesnym wycofywaniem się tych gatunków, które nie są przystosowane do wysokich temperatur i suszy latem, a dobrze znoszą ostre mrozy. Tak więc należy liczyć się w nadchodzących dekadach z procesami wzmożonej migracji szeregu gatunków roślin i zwierząt.

Oddziaływania związane z prognozowanymi zmianami klimatu będą z różnym natężeniem wzmacniane wskutek działalności człowieka, zarówno poprzez podejmowanie aktywności gospodarczej (wydobycie kopalin, kierunkowa gospodarka leśna i hodowla zwierząt, rolnictwo), jak i jej zaniechania (porzucanie łąk i muraw, zanik tradycyjnych form wykorzystania terenu). Oddziaływania te są wielokierunkowe i mogą znacznie wzmocnić niekorzystne oddziaływanie prognozowanych zmian warunków klimatycznych.

Uwarunkowania ochrony bioróżnorodności utrudniające adaptację do zmian klimatu to m.in.: mała skuteczność systemów ochrony przyrody, w tym także obszarów Natura 2000, związana z brakiem systemowej integracji krajowych form z siecią Natura 2000, nieadekwatnym finansowaniem systemu ochrony przyrody, niewystarczającym zapleczem administracyjnym, eksperckim i naukowym, brakiem skutecznych systemów wdrożeniowych – planów ochrony/zdolności wdrożeniowych, brakiem instrumentów prawnych umożliwiających egzekwowanie realizacji zapisów planu ochrony i in. Znaczna część negatywnych skutków utraty bioróżnorodności ma charakter sprzężony, więc w konsekwencji wywołuje zmiany w innych sektorach, a równocześnie przez inne zmiany jest generowana.

Problemy jakie muszą pokonać krajowe formy ochrony przyrody, aby wspierać aktywną adaptację do zmian klimatu to m.in.: brak spójnych założeń metodycznych tworzenia obszarów chronionych, brak instrumentu weryfikacji czy system obszarów jest kompletny, czy obejmuje odpowiednią reprezentację typów krajobrazów, zbiorowisk roślinnych, ostoi gatunków, brak łączności przestrzennej elementów systemu ułatwiającej przemieszczanie się gatunków, brak analizy wrażliwości i podatności systemów przyrodniczych na zmiany klimatu – określenie priorytetów ochrony, brak systemu kontroli i zwalczania obcych gatunków inwazyjnych. Te czynniki związane z systemem ochrony czynią zasoby przyrodnicze kraju wrażliwymi na zmiany warunków klimatycznych.

Podstawą oceny wpływu zmian klimatu na bioróżnorodność jest zrozumienie progowych wartości biologicznych. Każdy organizm charakteryzuje się określonymi granicami tolerancji na zmiany poszczególnych czynników środowiska, takich jak temperatura czy wilgotność. Gatunki o szerokim zakresie tolerancji mogą opanowywać ciągle nowe środowiska, muszą tam jednak pokonać wiele przeciwności jak np. uporać z zastanymi układami między gatunkami, zwiększoną konkurencją o pokarm, nowymi chorobami i nieznanymi wrogami. Z drugiej strony, gatunki o specyficznych wymaganiach korzystają ze środowiska o przewidywalnych warunkach klimatycznych, nie muszą tracić energii na adaptację.

Globalne zmiany są stosunkowo powolne, istotne jest natomiast – ze względu na rzadkość występowania niektórych gatunków i siedlisk przyrodniczych – zidentyfikowanie potencjalnych zagrożeń na poziomie lokalnym. Konieczność szczegółowej analizy czynników wpływających na spadek bioróżnorodności w danym obszarze, a przede wszystkim wyraźne oddzielenie czynników antropogenicznych i naturalnych wymaga prowadzenia bardziej szczegółowych regularnych badań terenowych na zwiększonej liczbie powierzchni, z uwzględnieniem badania zmian czynników środowiskowych w lokalnej skali (*Monitoring...* 2010).

W perspektywie długookresowej istotne będzie prowadzenie pogłębionych badań w zakresie różnorodności biologicznej. Należy przede wszystkim dokonać inwentaryzacji oraz stworzyć spójny system informacji o zasobach gatunków i siedlisk przyrodniczych kraju wraz z wyceną wartości środowiska przyrodniczego. Badania powinny być ukierunkowane na obserwację wpływu zmian klimatu na bioróżnorodność i aktualizowanie strategii reagowania. Istotna będzie również utrata usług ekosystemowych (Rosin i in. 2010) w związku ze zmianami i wahaniami różnorodności biologicznej, a co za tym idzie realne straty gospodarcze (związane np. z zanikaniem cennych obszarów wodno-błotnych, gatunków roślin służących do wytwarzania farmaceutyków (Strategia „Bezpieczeństwo Energetyczne i Środowisko” Perspektywa 2020 r).

Wpływ zmian klimatu na różnorodność biologiczną

Wpływ zmian klimatu powinien być rozpatrywany w dwóch aspektach: z punktu widzenia siedlisk przyrodniczych i gatunków oraz zmienności przestrzennej wynikającej z położenia geograficznego.

Zgodnie z ogólnoeuropejską klasyfikacją siedlisk przyrodniczych ujętych w Załączniku I Dyrektywy Siedliskowej, a szczegółowo opisaną i wyjaśnioną przez Komisję Europejską (*Interpretation Manual...* 2007), rozróżniamy w Europie 9 głównych grup siedlisk:

- 1) Siedliska nadbrzeżne i słonawy;
- 2) Siedliska na wydmach nadmorskich i śródlądowych;
- 3) Siedliska wód słodkich, płynących lub stojących;
- 4) Wrzosowiska i zarośla strefy umiarkowanej;
- 5) Zarośla kserotermiczne;
- 6) Naturalne i półnaturalne formacje łąkowe i murawy;
- 7) Torfowiska, trzęsawiska i źródła śródlądowe;

- 8) Siedliska naskalne i jaskinie;
- 9) Siedliska leśne.

W Polsce niektóre z wyżej wymienionych siedlisk przywiązane są do określonych stref geograficznych, inne zaś występują na terenie całego kraju. Niemniej jednak większości z nich można przypisać określone kategorie zagrożenia, zależne od lokalnych wymagań siedliskowych oraz charakterystyki ekologicznej typu siedliska.

Grupa siedlisk nadbrzeżnych i słonaw obejmuje siedliska morskie i przymorskie, takie jak estuaria, duże zatoki śródlądowe, niewielkie wyspy, roślinność brzegów morskich, kicziny, klify, słonolubne bagna i murawy (w tym śródlądowe). Z uwagi na przewidywane zmiany środowisk morskich (podwyższenie poziomu morza, wzrost temperatury wody, zwiększenie częstotliwości i intensywności sztormów) jest to jedna z najbardziej wrażliwych na zmiany grup siedlisk przyrodniczych, nie tylko w Polsce, lecz w całym zasięgu swojego występowania.

Grupa siedlisk na wydmach nadmorskich i śródlądowych obejmuje różnego typu siedliska nawydmore – od inicjalnych wydm białych, poprzez szare, atlantyckie wrzosowiska nadmorskie, zarośla nawydmore aż po zbiorowiska lasów mieszanych i liściastych na ustabilizowanych wydmach i w obniżeniach międzywydmowych. Podobnie jak grupa poprzednia jest ona ściśle związana w Polsce z wybrzeżem Bałtyku, a przewidywane zmiany klimatyczne stanowią zagrożenie dla utrzymania ich w korzystnym stanie ochrony. Główne zagrożenia dla tych siedlisk nie będą jednak stanowić zmiany wiążące się bezpośrednio ze wzrostem temperatury wody i zmianą jej chemizmu, a zmiany pośrednie – wzrost poziomu morza zmniejszający powierzchnie siedlisk, wzrost siły wiatrów i wysokości fal - zwiększające erozję eoliczną i abrazję oraz zwiększony transport soli zawieszonych w powietrzu, co może powodować wzrost powierzchni zajmowanej przez roślinność halofityczną kosztem łąk i muraw. Do grupy tej zaliczana jest także roślinność wydm śródlądowych, bardzo rzadka w naszym kraju, jednak dobrze dostosowana do skrajnie niekorzystnych warunków klimatycznych.

W grupie siedlisk wód słodkich płynących i stojących znajdują się wszelkie typy siedlisk (w tym krótkookresowe jak namuliska czy pionierskie kamieńce nadrzeczne) rzek i jezior śródlądowych. Grupa ta jest narażona na zmiany wskutek kilku różnych czynników, jakimi są wzrost opadów nawalnych (częstsze i gwałtowniejsze powodzie), okresy suche (możliwość wystąpienia spadku wielkości przepływów poniżej przepływów minimalnych), intensyfikacja procesów eutrofizacji wód stojących i płynących, wypływanie zbiorników płytkowodnych, zaburzenia w krążeniu wód w zbiornikach, zmiany gospodarki wodnej na stawach hodowlanych (siedlisko Natura 2000 3130 brzegi lub osuszane dna zbiorników wodnych ze zbiorowiskami z *Littorelletea*, *Isoëto-Nanojuncetea*). Należy uznać, że siedliska z tej grupy należą do bardzo wrażliwych na zmiany klimatyczne. Przyspieszenie eutrofizacji i przekształcenia struktury ichtiofauny jezior pod wpływem zmian klimatycznych odnotowano już w krajach skandynawskich w tempie niespotykanym dotychczas w ich historii. Sytuacja ta dotyczy także jezior polskich, gdyż w ciągu ostatniego półwiecza zanikło lub zmniejszyło powierzchnię do obszaru poniżej 1 ha – 2215 jezior o ogólnym areale 359 km². Jak wynika z prowadzonych badań w okresie 1954–1991 uległy zanikowi 643 Jeziora Mazurskie, a ich łączna powierzchnia zmniejszyła się o 10%. Biorąc pod uwagę tempo zanikania jezior, a także prognozowane zmiany klimatyczne, można oczekiwać, że zdecydowana większość jezior zaniknie na tym obszarze w ciągu najbliższych 100 lat.

W Polsce 40 gatunków spośród 50 należących do autochtonicznej ichtiofauny Jezior Mazurskich jest związanych z wodami zimnymi i chłodnymi. Tak więc zanikowi jezior towarzyszyć będzie również zanik 90% gatunków istniejącej fauny polodowcowej. Zostanie ona zastąpiona przez ciepłolubne gatunki karpiozłote oraz formy inwazyjne.

Grupa wrzosowisk i zarośli jest w Polsce reprezentowana przez trzy typy siedlisk wrzosowiskowych oraz trzy – zaroślowych, w tym dwa wysokogórskie i jeden kserotermiczny. Odpowiedzi poszczególnych siedlisk na przewidywane zmiany klimatyczne będą więc różne – od zagrożenia przez obniżenie poziomu wód gruntowych (jak wilgotne wrzosowiska z wrzosem bagiennym *Ericion tetralix*), nadmierne i powtarzające się susze (40A0 Subkontynentalne zarośla kserotermiczne z wisienką stepową *Prunetum fruticosa*), po stopniowe przesuwanie w górę zasięgów pięter roślinnych (4060 Wysokogórskie borówczyska bażynowe *Empetro-Vaccinietum*, 4070 Zarośla kosodrzewiny *Pinetum mugo*, 4080 Subalpejskie zarośla wierzbowe wierzby lapońskiej *Salicetum lapponum* lub śląskiej *Salicetum silesiaca*).

W tej grupie zarośli kserotermicznych w Polsce występuje tylko jedno siedlisko 5130 Formacje z *Juniperus communis* na wapiennych wrzosowiskach i obszarach trawiastych. Jego rozmieszczenie i stopień zagrożenia w Polsce są bardzo słabo znane.

Do grupy naturalnych i półnaturalnych formacji łąkowych i muraw należy większość występujących w Polsce muraw (od naskalnych, poprzez psammofilne, bliźniczkowe i galmanowe, do kserotermicznych) oraz łąk i ziołorośli. Siedliska te będą najbardziej narażone na zmiany ewapotranspiracji i obniżanie się poziomu wód gruntowych, gdyż będą to zjawiska powodujące ich stopniowe przechodzenie od postaci wilgotnych i świeżych do bardziej termofilnych. Zjawiska te szczególnie intensywnie występować mogą w pasie nizinnym oraz na wyżynach. W górach wrażliwe na zmiany klimatu są zbiorowiska muraw alpejskich, szczególnie narażone na zanikanie w miarę przesuwania w górę pięter termicznych w Karkonoszach i Karpatach. Przykładem może służyć szybkie przekształcenie płatów siedliska 6150 Nizinne łąki kośne *Alopecurus pratensis*, *Sanguisorba officinalis* w siedlisko w 4060 Wrzosowiska alpejskie na Śnieżniku Kłodzkim w Sudetach, które częściowo spowodowane mogło być zaprzestaniem wypasu, częściowo zaś wiązać się ze zmianami klimatycznymi.

Siedliska z grupy torfowisk, trzęsawisk i źródeł śródładowych są szczególnie wrażliwe na zmiany w reżimie opadowym i wzrost ewapotranspiracji. Stopniowe wysychanie i ubożenie torfowisk jest zauważane w Polsce od lat 90-tych XX w., więc mamy tu do czynienia z kontynuacją trendu długookresowego. Obserwowaną reakcją na zmieniające się warunki higrotermiczne, a głównie wzrost temperatury przy zmniejszającej się sumie opadów jest ubywanie powierzchni siedlisk hydrogenicznych, co powoduje zmniejszanie różnorodności krajobrazowej i gatunkowej. Trudno jednak oddzielić wpływ klimatu od skutków celowych działań odwodnieniowych. Przewiduje dalsze zmiany siedlisk hydrogenicznych, które w dużej mierze generowane będą także zjawiskiem ocieplania klimatu. Należą do nich dalsza eutrofizacja siedlisk hydrogenicznych i zanikanie siedlisk oligotroficznych i mezotroficznych, nasilenie procesu murszenia hydrogenicznych utworów glebowych, przekształcanie gleb organicznych w mineralno-organiczne i mineralne, zmiany sukcesyjne oraz zanik wielu gatunków cennych przyrodniczo związanych z siedliskami wodno-błotnymi oraz wkraczanie gatunków obcych. Obecnie w Polsce mokradła zajmują 14% powierzchni kraju, a tzw. żywe torfowiska 4% powierzchni.

Grupa siedlisk naskalnych i jaskiń zajmuje skrajnie małe powierzchnie w skali kraju, lecz ważna jest dla zachowania różnorodności biologicznej. Część typów zajmuje stanowiska eksponowane i silnie nasłonecznione, przez co jest narażona zarówno na pogłębiające się okresy susz, jak i na oddziaływanie opadów nawałnych. Oba te czynniki mogą także przyspieszać erozję w skali lokalnej, co powoduje zmniejszanie ogólnej powierzchni siedlisk tej grupy. Inne zajmują położenia alpejskie, przez co są szczególnie narażone na zanikanie w miarę przesuwania w górę pięter termicznych w Karkonoszach i Karpatach.

Prognozowane zmiany temperatury w okresie zimy mogą powodować stopniowe zmiany warunków klimatycznych w jaskiniach, przez co w przyszłości staną się one nieprzydatne

jako miejsca hibernacji nietoperzy, a przede wszystkim dla występowania stenotopowych gatunków fauny troglobiontycznej. Należy się spodziewać, że to doprowadzi do wymarcia tej grupy organizmów (głównie bezkręgowców) w Polsce ze względu na brak możliwości tak szybkiej adaptacji do wzrostu temperatur w otoczeniu.

W Polsce istnieje 17 różnych typów siedlisk leśnych od ubogich (91T0 Środkowoeuropejskie lasy sosny zwyczajnej z porostami, 9190 Stare acydofilne lasy dębowe z *Quercus robur* na piaszczystych równinach, 9110 Las bukowy *Luzulo-Fagetum*), aż po bardzo bogate gatunkowo (9150 Środkowoeuropejskie lasy bukowe na podłożu wapiennym z *Cephalanthero-Fagion*, 9180 Lasy *Tilio-Acerion* na stromych zboczach, piargach i urwiskach, 9110 Środkowoeuropejskie lasy bukowe na podłożu wapiennym z *Cephalanthero-Fagion*), o zróżnicowanych warunkach siedliskowych i wysokościowych. Z tego względu każdy z typów należy oceniać osobno pod względem ryzyka środowiskowego, gdyż będą one w różny sposób reagowały na prognozowane zmiany klimatyczne. Do najbardziej zagrożonych należy zaliczyć siedliska lasów bagiennych, z powodu spadku poziomu wód gruntowych, lasy wysokogórskie i silnie termofilne lasy dębowe oraz niektóre postaci lasów stokowych, na stokach południowych i zachodnich, szczególnie narażone na skutki susz wiosenno-letnich. Wskutek zwiększonej siły i częstotliwości powodzi lasy aluwialne i nadrzeczne prawdopodobnie zwiększą swój zasięg, choć będą zachodziły w nich trudne obecnie do przewidzenia zmiany parametrów struktury i funkcji.

Dla potrzeb analizy wielkoskalowych zmian klimatycznych wystarczający jest uproszczony obraz, zróżnicowania geograficznego Polski wynikający z położenia poszczególnych stref o wspólnych cechach przebiegających z północy na południe (Starkel i Kundzewicz 2008). Ich środowisko przyrodnicze wykazuje wiele pokrewieństw w postaci dominujących typów ekosystemów, co pozwala oczekiwać wspólnego zestawu ich odpowiedzi na ewentualne zmiany wskaźników klimatycznych.

Może Bałtyckie i wybrzeże Bałtyku. Obszary Natura 2000 mają charakter morski lub przymorski i zdominowane są przez siedliska przyrodnicze z grupy 1 oraz 2. Najpoważniejsze zmiany, jakie wiążą się z ocieplaniem wód morskich, wzrostem poziomu morza oraz zmianami w geochemii wód, w przypadku realizacji rozpatrywanych wcześniej scenariuszy będą odnosiły się do:

- spadku produktywności obszarów morskich (zmiany w składzie i liczebności planktonu), co pociągnie za sobą zaburzenia struktury troficznej aż do najwyższego poziomu i będzie oddziaływało bezpośrednio i pośrednio na wszystkie składniki ekosystemów morskich (grupa 1 Siedliska nadbrzeżne i słonawy), ptaki oraz ssaki drapieżne i walenie.
- zmniejszeniu zasięgu siedlisk przymorskich (grupa 2 Siedliska na wydmach nadmorskich i śródlądowych) wskutek stopniowej transgresji Bałtyku i zwiększonej erozji. Zagrożone będą w tym przypadku wszystkie siedliska wydmore i psammofilne, klify, lasy nadmorskie na wydmach oraz na szczytach klifów (w tym buczyny storczykowe), a także laguny i estuaria (grupa 1) – z fauną i florą typową dla wód słonawych (wskutek wysolenia).
- wzrostu zasolenia strefy przybrzeżnej wskutek silniejszych wiatrów i częstszych epizodów sztormowych – paradoksalnie ten czynnik mógłby spowodować poprawę sytuacji niektórych zbiorowisk słonoroślowych, oczywiście jeśli nie będzie zniwelowany przez mniejsze opady i wzrost ewapotranspiracji wskutek podwyższenia średnich temperatur.

Poważnym, choć na razie potencjalnym zagrożeniem jest zmniejszenie się obszaru dostępnego dla organizmów morskich wskutek powiększania się stref anoksygennych.

Buforowanie zmian dla obszarów Natura 2000 leżących w tym obszarze wymaga zlewniowego zarządzania wodami spływającymi do Bałtyku i oczyszczania ich z biogenów, w celu minimalizacji ryzyka zakwitów sinic i powstawania stref anoksycznych. Podnoszenie się poziomu morza i związane z tym zmiany w siedliskach nie wydają się być możliwe do minimalizacji.

Strefa pojezierzy. Strefa ta jest stosunkowo najbardziej odporna na stopniowe zmiany klimatyczne z uwagi na buforującą rolę jezior, cieków i różnych typów torfowisk. Obszary Natura 2000 leżące w tym regionie najbardziej narażone są na zjawiska związane z eutrofizacją jezior i obniżaniem wód gruntowych, stąd też zagrożenia ze strony zmian klimatycznych powinny być z wyprzedzeniem buforowane przez realizację celów Dyrektywy Wodnej, a przede wszystkim osiągnięcie i utrzymania dobrego stanu wód.

Niż polski. Pas nizin ciągnący się od Wielkopolski i Niziny Śląsko-Łużyckiej aż po Podlasie jest silnie narażony na zmiany klimatu z uwagi na jego postępujące wysychanie. Warto przypomnieć, że o „stepowieniu” Wielkopolski” pisano na długo przed pojawieniem się jakichkolwiek zmian klimatycznych powodowanych przez antropogeniczne emisje przemysłowe (Wodziczko 1947). Procesy związane z obniżaniem poziomu wód gruntowych są na niżu polskim dobrze widoczne przynajmniej w skali lokalnej, a wiążą się ze stopniowym zanikaniem różnych typów torfowisk, wilgotnych lasów i borów bagiennych, obniżaniem poziomu jezior, przechodzeniem łąk świeżych w wysokie oraz wzrostem udziału gatunków termofilnych muraw w siedliskach łąk kośnych.

Obszary Natura 2000 leżące w tym pasie należy generalnie uznać za silnie narażone i objąć regularnym monitoringiem stanu. Należy też dążyć do rozbudowy małej retencji (z wykorzystaniem retencji naturalnej i dolinnej, nie tylko poprzez budowę płytkich i łatwo wysychających zbiorników!) oraz dostosowanie systemów melioracyjnych do przewidywanych okresów długotrwałych susz, a więc zmniejszenie roli melioracji odwadniających, a nawet częściową likwidację ich systemów.

Wyżyny polskie. Podobnie jak pas pojezierny skutki zmian klimatycznych w tej strefie obserwowane będą prawdopodobnie później niż w strefach narażonych na bezpośrednie oddziaływanie. Dominują tu typy siedlisk związane z warunkami kserotermicznymi oraz skałami wapiennymi, które poprzez korzystne warunki wodne i powietrzne występujące w dominujących glebach lessowych, rędzinach i czarnoziemach będą – początkowo przynajmniej – łagodziły skutki stresu klimatycznego. Dla siedlisk przyrodniczych występujących w obszarach Natura w tej strefie szczególnie niekorzystne mogą okazać się długotrwałe susze letnie oraz opady nawalne. Pierwsze powodować mogą w skrajnych przypadkach, iż rośliny po zakwitnięciu nie zdążą wydać nasion (zjawiska takie obserwowano w podgórskich pasmach Sudetów np. w roku 2009), i regularnie występujące susze wiosenne w kilkuletnim okresie mogą doprowadzić do zubożenia różnorodności biologicznej nawet w siedliskach typowo kserotermicznych. Opady nawalne będą powodowały osunięcia ziemi i bezpośrednie zniszczenia siedlisk przyrodniczych na terenie osuwisk, a także zmiany w chemizmie cieków, z których wiele należy do siedliska 3260 Nizinne i podgórskie rzeki ze zbiorowiskami włosieniczników.

Kotliny podgórskie. Z uwagi na korzystne warunki zagospodarowania kotliny podgórskie należą do silnie zmienionych przez człowieka, stąd też ustanowiono w nich niewielką liczbę obszarów Natura 2000, w większości dla zachowania ściśle określonych typów zasobów, częściowo także o pochodzeniu antropogenicznym (jak ekstensywnie użytkowane stawy rybne). Oddziaływanie zmian klimatycznych jest w nich także w naturalny sposób buforowane przez zwiększoną wysokość opadów w sąsiednich górach i mniejszą ewapotranspirację, z uwagi na niższe średnie temperatury roczne. Można uznać więc że zasoby przyrodnicze w tym pasie należą do mniej zagrożonych w skali kraju.

Obszary górskie. Grupą ekosystemów szczególnie podatną na zmiany klimatu są ekosystemy górskie. Potencjalne w tych ekosystemach zmiany są stosunkowo powolne, niemniej silnie zależne od warunków lokalnych. Prawdopodobnie bezpośredni wpływ czynników klimatycznych jest mniej istotny, biorąc pod uwagę dużą plastyczność fenotypową roślin górskich i odporność na zmienne oraz trudne warunki środowiskowe, istotniejszy jest wpływ pośredni, w tym przede wszystkim sukcesja roślinności prowadząca do zmniejszenia powierzchni siedlisk oraz zmian w ich strukturze i funkcji.

Obszary górskie w Polsce charakteryzują się wyraźną piętrowością, niskim stopniem zagospodarowania, wysoką lesistością i stopniem różnorodności biologicznej. Mimo różnych opinii co do stopnia ogólnego stopnia zagrożenia siedlisk górskich (*Monitoring...* 2010), wydaje się, że wpływ prognozowanych zmian klimatycznych daleko wykracza poza możliwość stopniowego zanikania izolowanych siedlisk subalpejskich i alpejskich wskutek zmniejszania się dostępnej dla nich powierzchni, już obecnie ograniczonej do najwyższych obszarów górskich.

Modelowanie zmian siedliskowych, związanych z ociepleniem klimatu i zmniejszeniem ilości opadów w austriackich Alpach pozwala wnioskować, iż zwiększenie rocznej temperatury o 2°C i zmniejszenie się miesięcznej sumy opadów w sierpniu o 30 mm prowadziłoby do bardzo dużego zagrożenia dla roślinności alpejskiej (Dirnböck i in. 2003), ale także mniejsze, bardziej prawdopodobne zmiany (np. zwiększenie temperatury o 0,65°C) mogą prowadzić do lokalnej utraty siedlisk alpejskiej flory. W przypadku ekspansji krzewów i drzew związanej ze zmianami klimatycznymi, roślinność piętra alpejskiego i subalpejskiego ulegnie najpierw przekształceniu (Albert i in. 2008, Pickering i in. 2008).

Kolejnym z czynników warunkujących możliwość prawidłowego funkcjonowania tych ekosystemów jest długość zalegania i wysokość pokrywy śnieżnej (Beniston 2003, Green 2010), co bezpośrednio wiąże się z przewidywanymi zmianami w zakresie podwyższania temperatur zimowych oraz zmniejszaniem opadów śniegu i skróconym okresem jego zalegania (Starkel i Kundzewicz 2008).

W regionach górskich przykładem reakcji na ocieplenie klimatu może być podniesienie wysokości górnego zasięgu licznych gatunków i zbiorowisk. Spośród gatunków drzew dotyczy to przede wszystkim sosny zwyczajnej, świerka pospolitego, dębu szypułkowego, dębu bezszypułkowego, buka zwyczajnego i lipy drobnolistnej (Rykowski 2008). Badania florystyczne prowadzone na terenie różnych pasm górskich Polski na przełomie wieków (Białecka 1982, Szelaąg 2000, Świerkosz 2007) sugerują, że granice pięter roślinnych w Sudetach i Beskidach przesunęły się ku górze o około 100 metrów w stosunku do początku wieku XX, choć żaden z cytowanych autorów nie wyjaśnił zjawiska występowania gatunków o charakterze niżowo-podgórskim znacznie powyżej zasięgu granicy piętra pogórza podawanego za przedwojenną literaturą. Badania prowadzone w innych pasmach górskich Europy wykazują jednak, że od początku wieku XX granice pięter roślinnych ulegają przesunięciu ku górze w tempie od 10 do 15 metrów na dekadę (Sanz-Elorza i in. 2003)

Szczególnej uwagi wymaga ochrona siedlisk subalpejskich i alpejskich, przede wszystkim w izolowanych położeniach górskich. Potrzebna jest szczegółowa analiza zjawisk zachodzących przy górnej granicy lasu, uwzględniając historię zmian jej położenia, a także obecne zmiany (w tym zmiany składu gatunkowego). Siedliska te są silnie narażone na przyszłe zmiany klimatyczne. Zagrożenie dla różnorodności biologicznej jest tym większe, że z siedliskami tymi związany jest cały szereg reliktowych gatunków roślin i zwierząt, z których część (np. dzwonek karkonoski *Campanula bohemica*, gnidosz sudecki *Pedicularis sudetica* czy przytulia sudecka *Galium sudeticum*) ujęta jest w załączniku II Dyrektywy Siedliskowej, inne zaś stanowią endemity lub subendemity karpackie.

Wrażliwość siedlisk i gatunków na zmiany klimatu

Do oceny wrażliwości poszczególnych przedmiotów ochrony na skutki zmian klimatycznych wykorzystano idee zawarte w opracowaniu *Leibniz Institute of Ecological and Regional Development* (2010), które zmodyfikowano, uzupełniono i dostosowano do warunków Polski. Dla każdego z przedmiotów ochrony określono podstawowe wskaźniki, mogące świadczyć o ich wrażliwości na przewidywane zmiany określone w pierwszej części opracowania. Do grupy siedlisk silnie narażonych należą siedliska o bardzo wąskim zasięgu geograficznym i/lub wysokościowym, o wysokiej zależności od zmian temperatury i silnie zależne od wód, z reguły także podatne na inwazję gatunków obcych. Do siedlisk tych zaliczamy: 1160 duże płytkie zatoki, 1130 płytkie ujścia rzek, 1150 laguny, 1170 morskie ławice małży, 1310 śródlądowe błotniste solniska z solirodkiem, 1330 bagiennie solniska nadmorskie, 1340 śródlądowe halofilne łąki, 4010 wilgotne wrzosowiska z wrzoścem bagiennym, 6130 murawy galmanowe, 8230 pionierska roślinność skał krzemianowych.

W przypadku siedlisk morskich o ocenie zdecydowały prognozy ocieplania się wód Bałtyku, z którymi związane mogą być zjawiska takie jak zwiększenie powierzchni stref beztlenowych, wzrost zasolenia i zakwaszenia wód, spadek różnorodności gatunkowej oraz inwazje gatunków o charakterze termofilnym. Pozostałe typy siedlisk należą do występujących skrajnie rzadko w Polsce, na pojedynczych stanowiskach już w chwili obecnej narażonych na zmiany wynikające z procesów sukcesyjnych stymulowanych przez ocieplenie klimatu i związane z nim zjawiska.

Natomiast jako gatunki roślin silnie narażone zaliczono następujące gatunki 1832 kaldejsza dziewięciornikowata *Caldesia parnassifolia*, 4096 mieczyk błotny *Gladiolus palustris*, 1887 koleantus delikatny *Coleanthus subtilis*, 1528 skalnica torfowiskowa *Saxifraga hirculus*, 1516 aldrowanda pęcherzykowata *Aldrovandra vesiculosa*, 4109 Ttojad morawski *Aconitum firmum* ssp. *Moravicum*, 4087 Sierpik różnolistny *Serratula lycopifolia*, 2109 warzucha polska *Cochlearia polonica*, 1758 Jęczyczka syberyjska *Ligularia sibirica*, 1614 Selery błotny *Apium repens*.

Większość z wymienionych gatunków występuje na terenie Polski w niewielkiej liczbie okazów lub na liczbie stanowisk nie przekraczającej 20, lecz dodatkowo niemal wszystkie z nich są silnie związane z siedliskami przyrodniczymi zależnymi od wód, a więc szczególnie narażonych na projektowane zmiany klimatyczne.

Ocena zagrożenia dla poszczególnych gatunków zwierząt wykazuje, że wszystkie ich gatunki stwierdzone w Polsce mogą być, choćby w niewielkim stopniu narażone na skutki zmian klimatycznych. Do gatunków zwierząt silnie narażonych zaliczono gatunki: 2608 suseł perełkowany *Spermophilus suslicus*, 2021 smużka stepowa *Sicista subtilis*, 1335 suseł moręgowaty *Spermophilus citellus*, 1220 żółw błotny *Emys orbicularis*, 1106 łośoś szlachetny *Salmo salar*, 1103 parposz *Alosa fallax*, 1099 minóg rzeczny *Lampetra fluviatilis*, 1095 minóg morski *Petromyzon marinus*, 2511 kiełb Kesslera *Gobio kessleri*, 4045 łątka ozdobna *Coenagrion ornatum*, 1071 strzępotek edypus *Coenonympha oedippus*, 1013 poczwarówka *Geyera Vertigo geyeri*, 1016 poczwarówka jajowata *Vertigo moulinsiana*, 4042 modraszek eroides *Polyommatus eroides*, szcudłak zwyczajny *Himantopus himantopus*.

Są to gatunki bardzo rzadkie w Polsce, silnie związane z biotopami wodnymi (zarówno morskie jak i siedlisk higrofilnych) oraz skrajnie rzadkie gatunki o charakterze stepowym.

Wrażliwość obszarów Natura 2000

W Polsce, podobnie jak w innych krajach Wspólnoty Europejskiej, zaznacza się silne zróżnicowanie w wewnętrznej strukturze obszarów Natura 2000. Część z nich obejmuje duże powierzchnie – do kilkuset tysięcy hektarów i jest powołana dla ochrony wielu typów siedlisk przyrodniczych i populacji gatunków. Inne zaś – o powierzchniach nie przekraczających 50

ha – zostały powołane dla ochrony określonego typu siedliska lub też dla ochrony znaczących liczebnie, lecz zajmujących znikome terytorium populacji gatunków zwierząt (np. obszary desygnowane dla ochrony ważnych kolonii lęgowych/rozrodczych lub zimowisk nietoperzy).

Wielkość obszaru Natura 2000, szczególnie w powiązaniu z wrażliwością głównego przedmiotu ochrony, dla którego ochrony został on powołany, może mieć istotne znaczenie dla zachowania jego statusu prawnego we Wspólnocie Europejskiej.

Silnie narażone na utratę wartości będą bowiem obszary desygnowane dla ochrony pojedynczego przedmiotu, który jednocześnie jest silnie zagrożony zmianami klimatycznymi, w wyniku których może on doznać znaczącego pogorszenia parametrów struktury i funkcji, w stosunkowo krótkim horyzoncie czasowym. Za przykład służyć mogą niewielkie powierzchniowo obszary powołane do ochrony muraw kserotermicznych (np. obszar „Murawy w Haćkach”) lub torfowisk (np. obszar „Trzczańskie Mokradła”).

Wzrost zagrożeń gatunkami inwazyjnymi roślin

Pojawienie się roślin obcych geograficznie (neofitów) może mieć zdecydowanie negatywny wpływ na świadczenia ekosystemowe (Vilà i in. 2010). Dotyczy to zwłaszcza roślin pochodzących z Ameryki Północnej i z Azji, rozprzestrzeniających się masowo poza granicami naturalnego zasięgu. To właśnie z tej grupy pochodzi wiele roślin uznawanych za gatunki inwazyjne. Stanowią one ogromny problem ekologiczno-ekonomiczny i powodują znaczne ograniczenie wielu świadczeń ekosystemowych. Niektóre wieloletnie gatunki – jak nawłoc kanadyjska *Solidago canadensis*, nawłoc późna *S. gigantea*, czy z rodzaju rdestowiec *Reynoutria* sp. – mogą z czasem tworzyć zwarte fitocenozy, określane mianem ksenospontanicznych (Tokarska-Guzik i Dajdok 2004). W zbiorowiskach tych rodzime rośliny są stopniowo wypierane poprzez zagłuszanie lub oddziaływanie na drodze allelopatii. Oddziaływanie allelopatyczne roślin inwazyjnych może również znacząco obniżać plony w uprawach w krajobrazie rolniczym (Tokarska-Guzik 2005). Przekształcanie składu florystycznego zbiorowisk gatunków rodzimych, spowodowane rozwojem neofitów, pociąga za sobą również zmiany ugrupowań innych organizmów związanych z danym siedliskiem, w tym owadów zapylających (np. Moroń i in. 2009) oraz ptaków owadożernych (np. Skórka i in. 2010). Na obszarach rolnych południowo-zachodniej Polski odnotowano, że w obrębie środowisk marginalnych występowało tylko kilka gatunków inwazyjnych, ale fitocenozy z ich udziałem były znacznie uboższe florystycznie od płatów, w których nie odnotowano ich obecności (Dajdok i Wuczyński 2008). W ciągu ostatnich lat na Dolnym Śląsku, w Małopolsce i Wielkopolsce stwierdzono zwiększenie zarówno liczby stanowisk, jak też areалу zajmowanego w obrębie środowisk marginalnych przez gatunki z rodzaju *Solidago*. Ich rozprzestrzenianiu na tych siedliskach sprzyja zarzucenie wypasu i wykaszania, które niegdyś praktykowano na szerokich miedzach, drogach polnych i pasmach roślinności wzdłuż cieków wodnych. Stanowiska rdestowców skupiają się głównie w miejscach dawnego lub obecnego, nielegalnego składowania odpadów. Skuteczna likwidacja tego procederu pozwoliłaby jeszcze w początkowych etapach rozprzestrzeniania się tego gatunku zdecydowanie ograniczyć ten proces. Podjęcie działań zaradczych wydaje się niezbędne w obliczu prognoz wskazujących, że obszary rolne w Europie należą do ekosystemów, dla których w najbliższej przyszłości przewiduje się nasilenie zjawiska inwazji (Chytry i in. 2009). Tym bardziej że niekorzystne oddziaływanie gatunków inwazyjnych na rodzime ekosystemy jest obecnie na tyle poważnym zjawiskiem, że tam, gdzie to możliwe, podejmuje się ich zwalczanie lub przynajmniej ograniczenie zadomawiania się kolejnych gatunków obcych i zajmowania nowych obszarów przez gatunki już zadomowione.

Problem ubożenia składu gatunkowego i upraszczania struktury zbiorowisk roślinnych w wyniku coraz wyraźniejszej dominacji jakiegoś gatunku dotyczy nie tylko roślin obcego pochodzenia, ale także rodzimych elementów flory. Spośród gatunków rodzimych na czoło

wysuwają się dwa: trzcina pospolita *Phragmites australis* i pokrzywa zwyczajna *Urtica dioica*, które tworzą często jednogatunkowe zbiorowiska z dużym nagromadzeniem biomasy uniemożliwiającym wzrost innych gatunków (Dajdok 2004, Skórka i in. 2007). Różnorodność gatunkowa roślin w płatach z udziałem pokrzywy osiąga zdecydowanie niższe wartości w stosunku do płatów bez udziału tego gatunku (Dajdok i Wuczyński 2008). Zagadnienie to ma szczególne znaczenie w kontekście planowanego w ramach polityki rolnej UE od 2013 roku wprowadzenia tzw. zazielenienia pólności bezpośrednich, co ma polegać m.in. na pozostawianiu na co najmniej 7% powierzchni gospodarstw naturalnych elementów krajobrazu, jak strefy buforowe, fragmenty nieużytkowane czy tereny zalesione. W regionach zdominowanych przez wielkoobszarowe uprawy rolne struktury te będą musiały być zakładane od podstaw, dlatego już na etapie przygotowania wytycznych do ich tworzenia konieczne jest przyjęcie zasady, że w formowaniu roślinności „struktur ekologicznych” nie mogą być wykorzystywane gatunki obce geograficznie.

Wpływ klimatu na zwierzęta

W przypadku zwierząt często bardzo trudno od oddzielenie wpływu komponentu klimatycznego od innych składników środowiska. Niewątpliwie grupą – z racji specyfiki termicznej i zajmowanego siedliska – która może posłużyć jako wskaźnik zmian są m.in. ryby. Na zmiany klimatu najbardziej narażone są stenotypowe gatunki ryb, w szczególności z grupy chłodnolubnych, przede wszystkim z rodziny łososiowatych. Wyższa temperatura wody pociąga za sobą spadek zawartości tlenu, utrudnia rozmnażanie i prawidłowy rozwój ryb oraz zmniejsza szanse ich przeżycia. Dla tych gatunków wzrost temperatury wody, nawet okresowy, może powodować zaprzestanie pobierania pokarmu, a tym samym osłabienie organizmu i zwiększona podatność na infekcje. Optimum termiczne dla bytowania ryb chłodnolubnych mieści się w zakresie 13-18°C i z tego powodu nawet nieznaczny wzrost temperatury wody powyżej górnej granicy może wywierać negatywne oddziaływania. Z kolei dla ryb ciepłolubnych podwyższenie temperatury wody może być czynnikiem sprzyjającym. Istnieje jednakże potencjalne zagrożenie nadmiernej ekspansji wraz ze wzrostem temperatury wody ciepłolubnych gatunków inwazyjnych. Stąd też, należy zaprzestać zarybiania obcymi gatunkami, gdyż polityka ta naraża rodzime gatunki na niebezpieczeństwo. Wpuszczanie obcych, niekiedy egzotycznych gatunków do Polskich wód, przy rosnących średnich rocznych temperaturach może skutkować tym, że gatunki inwazyjne, będą w stanie przeżyć, a nawet rozmnażać się. Relatywnie na introdukcję w największym stopniu narażona jest rodzima fauna kręgowców, a zwłaszcza ichtiofauna, której „zaśmiecenie” obcymi elementami przekroczyło już 25% ogólnej krajowej liczby gatunków. Narażenie to polega nie tylko na bezpośrednim oddziaływaniu na ekosystemy i gatunki rodzime (konkurencja, drapieżnictwo i wypieranie), ale też na przywlekaniu przez egzotyczne gatunki kręgowców ich silnie patogennych pasożytów.

Pośredni wpływ ocieplania się klimatu może objawiać się zmniejszaniem natlenienia wód, gdyż rozpuszczalność tlenu w wodzie obniża się wraz ze wzrostem temperatury. Oddziaływanie to może dotyczyć w szczególności ryb chłodnolubnych (np. łososiowate), wrażliwych na deficyty tlenowe, w konsekwencji powodując ustępowanie gatunków z terenów naturalnego zasięgu występowania.

Spodziewane wraz z ocieplaniem się klimatu fluktuacje terminów pojawienia się makrobentosu – podstawowego pokarmu ryb wielu gatunków ryb, mogą mieć wpływ na wzrost i rozwój ichtiofauny. Ocieplenie się klimatu może wpływać na sukces rozrodczy ryb, w szczególności dotyczy to gatunków wędrownych.

Wpływ działań adaptacyjnych w innych sektorach na bioróżnorodność

Działania podejmowane w celu ograniczania wpływu zmian klimatu na inne sektory mogą oddziaływać na bioróżnorodności. Możliwy pozytywny i negatywny wpływ tych działań przedstawiono poniżej w Tab. 6.17.

Tab. 6.17. Wpływ działań adaptacyjnych do zmian klimatu na różnorodność biologiczną.

Działania adaptacyjne	Przewidywany wpływ na bioróżnorodność
Gospodarka wodna	
Konieczność zwiększenia retencji wody w lasach i na obszarach wodno-błotnych oraz na obszarach rolniczych.	Pozytywny - bardziej zróżnicowane siedliska. Możliwy negatywny – utrata siedlisk hydrogenicznych zajmowanych pod zbiorniki małej retencji. (Mioduszewski 2008, Mioduszewski i Pierzgałski 2009)
Odtwarzanie polderów i tzw. kanałów ograniczających, łączenie rzek ze starorzeczami, przywracanie naturalnego meandrowania rzekom.	Pozytywny – zalewanie większej powierzchni terenów – dobry skutek dla ochrony przyrody. Wskazany wzrost powierzchni polderów nie sterowanych i poszerzanie międzywala tam gdzie jest to możliwe. (Gromadzińska-Graczyk i in. 2003; Penczak i in. 2005; Jelonek 2002; Wiśniewolski 2003)
Przeznaczenie znacznie większych niż dotąd funduszy na remonty i modernizację istniejących urządzeń hydrotechnicznych i wałów przeciwpowodziowych.	Negatywny - inwestycje tego typu często powodują zniszczenia w środowisku naturalnym, mimo to są potrzebne gospodarczo; jednak w przypadkach szybkiej sukcesji mogą mieć znaczenie pozytywne – np. wykaszanie wierzby w pewnych układach dolin rzecznych
Zakładanie pasów zieleni wzdłuż rzek i brzegów jezior	Pozytywny
Budowa systemów nawadniania pól i sadów, drenaż nawadniający uprawy	Pozytywny
Zmiany w prawie dotyczącym planowania przestrzennego zabraniającego budowę jakichkolwiek, trwale posadowionych obiektów na terenach zalewowych.	Pozytywny - zachowanie naturalnego siedliska i wymuszenie istnienia polderów zalewowych
Zwiększanie strefy erozji brzegowej Bałtyku oraz strefy potencjalnego zalewania terenów wodą morską.	Częściowo pozytywny wpływ na różnorodność –wzrośnie liczba siedlisk solniskowych i słonolubnych, natomiast uruchomią się procesy erozyjne na utrwalonych sztucznie klifach etc.
Brak zezwolenia na budowę elektrowni i elektrociepłowni z otwartym obiegiem chłodniczym - brak zezwoleń na duże systemy nawadniające	Pozytywny
Przeprowadzenie weryfikacji tak zwanych przepływów nienaruszalnych w rzekach, niezbędnych dla utrzymania przy życiu flory i fauny rzecznej	Pozytywny (Wiśniewolski 2006)
Rolnictwo	
Dłuższy okres wegetacyjny, zmiana gatunków uprawnych	Potencjalne zagrożenia: gorsze warunki dla ptaków środowiska rolniczego, kukurydza i winorośl są dla nich mniej atrakcyjne od wielu typów zbóż - zboża wymagają większej pielęgnacji - zagrożenie stosowaniem genetycznie zmodyfikowanej kukurydzy (Laiolo 2005, Gevers i in. 2011)
Wzrost ilości chwastów i przewidywane zwiększenie użycia chemikaliów	Zagrożenie dla bioróżnorodności
Zwiększenie ilości obszarów nadających się pod uprawę	Negatywny wpływ na bioróżnorodność - większość nowych terenów zostanie przekształcona z terenów naturalnych
Wzrost ilości pól z uprawianymi roślinami energetycznymi (np. rzepak)	Niekorzystny – spadek różnorodności biologicznej szczególnie wśród bezkręgowców , w tym zagrożenia dla pszczoły miodnej. Homogenizacja składu fauny w kierunku pospolitych zespołów gryzoni. Korzystny jedynie dla części ptaków drapieżnych związanych z krajobrazem otwartym.

Działania adaptacyjne	Przewidywany wpływ na bioróżnorodność
Leśnictwo	
Dostosowanie składu gatunkowego lasów do warunków siedliskowych	Pozytywny efekt – zmniejszenie monokultury leśnej
Odpowiednie prowadzenie gospodarki leśnej, m.in. odnawianie lasu z udziałem gatunków szybko rosnących, zabiegi hodowlane zwiększające zapas na pniu oraz retencję węgla w glebie.	Potencjalnie negatywny wpływ na bioróżnorodność – lasy energetyczne (chyba że zostaną wykorzystane pionierskie gatunki rodzime).
Ochrona istniejących zasobów i zwiększanie powierzchni leśnej w wyniku zalesiania gruntów porolnych.	Potencjalnie negatywny wpływ- zagrożenia dla ptaków środowiska rolniczego, Pozytywny wpływ – nowe siedliska dla zwierzyny leśnej, pod warunkiem że zalesianie odbywa się na obszarach gdzie naturalnie występuje las (Matthews i in. 2002, Plantinga and Wu 2003, Morzillo i Alig 2011)
Zwiększone wykorzystanie biomasy odpadowej z pielęgnacji lasu i pozostałości po wyrębach do produkcji energii cieplnej i elektrycznej w małych, lokalnych kotłowniach i elektrociepłowniach komunalnych.	Potencjalnie negatywny wpływ – te elementy są siedliskiem owadów saproksylicznych.
Rozwój systemu zapobiegania i ochrony przed pożarami	Potencjalne zagrożenie dla bioróżnorodności – budowa dróg leśnych. Chociaż lokalnie niekoniecznie – przecinki bowiem powodują postawienie mikrosiedlisk znacznie wzbogacających różnorodność biologiczną.
Rozwój adaptacyjnych form zarządzania lasami.	Potencjalne niebezpieczeństwo – zwiększona częstotliwość pielęgnacji i prawdopodobne zwiększenie użycia chemicznych środków ochrony
Retencjonowanie wód	Potencjalnie pozytywny wpływ (Ptak 2010, Mioduszewski 2008)
Prognoza kierunków wykorzystania drewna	Potencjalne zagrożenie – pojawienie się lasów „energetycznych” (Delucchi 2010, Hennenberg 2010, Groom i in. 2008)
Rozwój infrastruktury	Negatywny wpływ - planowane polepszenie stanu i utwardzanie dróg leśnych – zwiększona śmiertelność zwierząt, zniszczenia stanowisk rzadkich i chronionych gatunków roślin często występujących na poboczach dróg i w rowach śródleśnych.
Zdrowie	
Można spodziewać inwazji roślin alergizujących np. rozszerzanie się występowania silnie alergizującej rośliny, tj. ambrozji (<i>Ambrosia artemisiifolia</i>).	Walka z chwastami, szczególnie archeofitami ma negatywny wpływ na bioróżnorodność.
Energetyka	
Tworzenie odnawialnych źródeł energii	Konflikt farmy wiatrowe – przyroda Konflikt elektrownie wodne - przyroda
Konieczność klimatyzacji w budynkach	Wzrost zapotrzebowania na energię
Planowanie przestrzenne	
Wprowadzenie ogólnych zasad dla każdego sektora	Stwarza łatwe do przewidzenia i rozpoznania ewentualny negatywny wpływ na bioróżnorodność
Turystyka	
Przewidywany wzrost turystyki	Negatywny wpływ na bioróżnorodność - nowe zabudowania, infrastruktura
Zmiana modelu na: - model śródziemnomorski (dewastacja krajobrazu i środowiska przyrodniczego), - model szwajcarski (pozytywny)	Negatywny wpływ na bioróżnorodność – wybór modelu śródziemnomorskiego - wzrost zanieczyszczenia środowiska, nowe zabudowania, zwiększone zapotrzebowanie na energię
W rejonach górskich, spodziewane zwiększenie zużycia wody w okresie zimowym do zaśnieżania stoków narciarskich	Negatywny wpływ na bioróżnorodność – mniejsza ilość śniegu na stokach narciarskich – większa dewastacja i erozja stoków (Roux-Fouillet i in. 2011, Ronaldo i in. 2007)

Ocena wpływu oczekiwanych zmian klimatu na różnorodność biologiczną

Identyfikacja wpływu oczekiwanych zmian klimatu na różnorodność biologiczną jest niezbędnym elementem dla przeciwdziałania niekorzystnym zmianom w przyszłości. Niestety, aktualny stan naszej wiedzy nie pozwala na oszacowanie dokładnej skali zagrożenia, więc musimy działać z uwzględnieniem elementów nieprzewidywalnych.

Przewidywalne zmiany dotyczyć będą układu fenologicznego – zachowania gatunków w interakcjach populacji w arealach występowania poszczególnych gatunków, a w końcu zmiany te dotyczyły będą całych ekosystemów. Jako skutek globalnego ocieplenia skład gatunkowy zgrupowań organizmów żywych się zmienia, zaczynają się pojawiać gatunki bardziej ciepłolubne, ptaków oraz roślin natomiast niektóre zmiany powodują zakłócenia procesów w ekosystemach. Na przykład wcześniejsze kwitnienie roślin uniemożliwia im skuteczne zapylanie. Takie zmiany nie są przewidywalne - dlatego bardzo ważne jest opracowanie systemu monitoringu oraz dostosowanie ochrony do zmieniających się ekosystemów.

W ocenie wpływu zmian klimatu na stan bioróżnorodności musimy się pogodzić z brakiem danych dotyczących poszczególnych gatunków, populacji i ich interakcji. Conroy i in. (2011) określili 4 rodzaje niepewności, z którym musimy się liczyć podejmując próby ograniczenia niekorzystnego wpływu oczekiwanych zmian klimatu na bioróżnorodność. Są to:

- wariacja środowiskowa. W efekcie zmiany klimatu przewiduje się, że wariacja ta będzie jeszcze większa, a zatem modele opisujące ekosystemy mogą sugerować zupełnie odmienne wyniki.
- trudności związane z ekstrapolacją monitoringu na zachowania całego systemu.
- niedokładna implementacja działań adaptacyjnych. Instrumenty prawne są zazwyczaj rygorystyczne i nie ma możliwości pełnego ich dostosowania do dynamicznych zmian w rzeczywistości.
- tzw. niepewność strukturalna. Wariacja wynikająca z metody modelowania. Modele te zazwyczaj upraszczają systemy naturalne a zatem alternatywne modele mogą dawać zupełnie inne predykcje.

Działania adaptacyjne

Specyfika ochrony bioróżnorodności tylko w niewielkim stopniu umożliwia ograniczenie wpływu zmian klimatu na ekosystemy drogą ingerencji człowieka. Ingerencja ta ogranicza się do ochrony przyrody w sposób nie odbiegający od obecnie stosowanego.

Najistotniejsze są działania związane z utrzymaniem obszarów wodno-błotnych lub ich odtwarzaniem, gdy zachodzi taka potrzeba. W tym zakresie konieczne jest podjęcie szerokiego programu przywracania stosunków wodnych do stanu sprzed ingerencji człowieka, w tym podjęcie działań o charakterze inżynierskim. Dotyczy to także kształtowania odpowiednich stosunków wodnych w ekosystemach leśnych dla zapewnienia ich trwałości.

Ochrona różnorodności biologicznej, aby była skuteczna, w tym także, aby skuteczne były podejmowane działania adaptacyjne do zmian klimatu, wymaga ochrony korytarzy ekologicznych. Konieczne jest wzmacnianie i odtwarzanie systemu struktur liniowych łączących obszary cenne przyrodniczo, zapewnienie ciągłości przestrzennej powiązań przyrodniczych także poprzez odpowiednie rozwiązania legislacyjne.

Działania adaptacyjne służące ochronie przyrody wymagają ciągłego aktualizowania strategii reagowania, dlatego też muszą mieć podstawy w badaniach naukowych obejmujących m.in. inwentaryzacje przyrodnicze, stworzenie spójnego systemu informacji o zasobach gatunków i siedlisk przyrodniczych kraju, wycenę wartości środowiska przyrodniczego oraz, oczywiście, obserwacje wpływu zmian klimatu na bioróżnorodność.

Analizę wpływu działań adaptacyjnych na poszczególne sektory zamieszczono na końcu dokumentu w załączniku 3. Wykaz działań adaptacyjnych i ich kosztów w pakiecie podstawowym, rozszerzonym i pełnym zamieszczono na końcu dokumentu w załączniku 6.

6.5. Strefa wybrzeża i gospodarka morska

Ocena przewidywanych skutków wynikających ze zmian klimatu

Spośród zagrożeń spowodowanych zmianami klimatu istotnymi z ekologicznego i gospodarczego punktu widzenia w rejonie wybrzeża Polski są zmiany średniego poziomu morza, wzrost intensywności falowania, zmiany struktury przestrzennej i czasowej zakwitów glonów oraz struktury termohalinowej.

Najważniejsze zagrożenia wywołane przez zmiany klimatyczne - wzrost poziomu morza oraz zwiększone spiętrzenia sztormowe - mają charakter losowy, a więc cechuje je pewien stopień niepewności, który należy oszacować.

W przygotowywanych obecnie strategiach adaptacyjnych do zmian klimatu w Polsce zakłada się wzrost poziomu morza na 60 cm. W świetle wyników IPCC (IPCC 2007) jest to założenie racjonalne i w miarę bezpieczne, gdyż wielkość 60 cm stanowi górną granicę oszacowań tego wzrostu. Ewentualna korekta w górę będzie uzasadniona jedynie w przypadku, gdy kolejne prognozy IPCC, bazujące na rozszerzonej wiedzy na temat dynamiki procesów lodowych i związanym z nimi zanikiem pokrywy lodowej (głównie w rejonach arktycznych), będą wskazywać, że wzrost poziomu morza do końca XXI w. może przekroczyć wielkość 60 cm z dużym prawdopodobieństwem.

Drugim elementem wpływającym na niepewność prognoz opisujących zmiany klimatyczne jest wielkość spiętrzenia sztormowego o 1% prawdopodobieństwie. Największą wielkość tego spiętrzenia, równą 680 cm (a więc 180 cm ponad obecny poziom morza) obliczono dla Kołobrzegu, dla Świnoujścia wynosiła ona 665 cm, a Gdańska 651 cm. Z powodu niewielkich różnic wielkość 180 cm przyjęto jako założenie potrzebne do zdefiniowania obszarów zagrożonych zalaniem w wyniku powodzi od strony morza dla całego otwartego wybrzeża polskiego (oprócz Zalewu Wiślanego i Szczecińskiego). Uwzględniając tę wielkość oraz spodziewanym wzrostem poziomu morza (60 cm) i dodając 10 cm dla redukcji niepewności otrzymano wielkość +2.5 m n.p.m. jako rzędną terenów zagrożonych. Symulacja powodzi o 1% prawdopodobieństwie wystąpienia dla Półwyspu Helskiego, uwzględniająca wzrost poziomu morza, spiętrzenie sztormowe oraz dodatkowe podniesienie zwierciadła wody na skutek transformacji falowania, podaje wielkość 734 cm jako najwyższy osiągnięty poziom morza, a więc 2.34 m ponad obecny, normalny jego poziom.

Zmiany poziomu morza na polskim wybrzeżu opracowano dla całego XXI wieku ze szczególnym uwzględnieniem okresu 2011-2030 oraz 2081-2100 w odniesieniu do okresu referencyjnego 1971-1990 (IMGW-PIB 2012). Do oceny przyszłych zmian poziomu morza, falowania i zlodzenia wykorzystano dwa modele globalne: ECHAM-5 i HadCM3, a wyniki ostateczne czyli scenariusze wiązkowe stanowią uśrednienie wyników. Analizę przeprowadzono dla scenariusza emisji SRES A1B.

Scenariusze zmian średniego rocznego poziomu morza na wybrzeżu polskim opracowano dla każdej skali (rok, sezony, miesiące), z tym, że skupiono się na zmianach w skali rocznej i sezonowej. Dla oceny zmian wykorzystano dwa modele: prostej regresji oraz downscalingu statystyczno-empirycznego.

Scenariusz opracowany z wykorzystaniem modelu prostej regresji pokazuje, że w okresie 2011-2030 średni roczny poziom morza wzdłuż całego wybrzeża (Świnoujście-Wisłoujście), będzie wyższy o około 5 cm w stosunku do średniej wartości z okresu referencyjnego (Tab. 6.18)

z maksimum we Władysławowie. Średnia dla okresu 2081-2100 będzie wyższa o ok. 28-30 cm. Największy wzrost spodziewany jest we wschodniej części wybrzeża (od Władysławowa po Gdańsk) i będzie stopniowo malał w kierunku zachodnim o około 2 cm.

Scenariusz opracowany na podstawie modelu downscalingu statystyczno-empirycznego wykazuje w okresie 2011-2030 bardzo zbliżone wartości średnie do modelu prostej regresji, jednakże pod koniec XXI wieku różnice między dwiema metodami są większe i wynoszą kilka centymetrów (Tab. 6.18). Model downscalingowy przewiduje niższe wartości dla dwudziestolecia 2081-2100 wynoszą one ok. 2 cm.

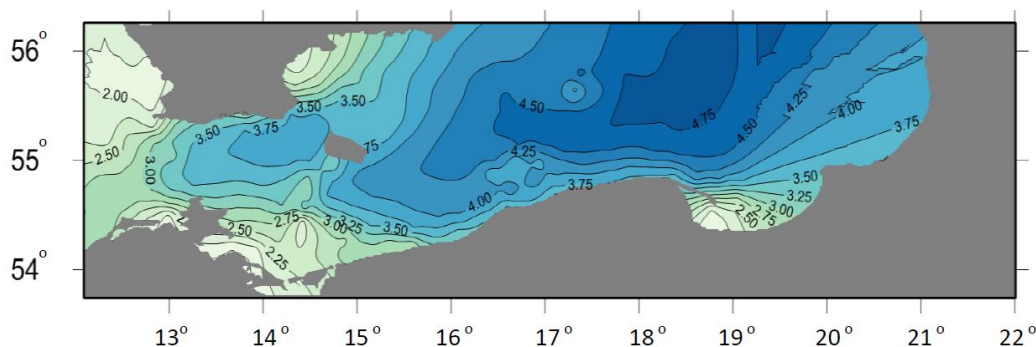
Tab. 6.18. Scenariusz zmian średniego rocznego poziomu morza wzdłuż polskiego wybrzeża opracowany w oparciu o model prostej regresji i model downscalingu statystyczno-empirycznego; zmiany w cm w stosunku do okresu referencyjnego 1971-1990.

A1B	Okres	Świnoujście	Kołobrzeg	Ustka	Łeba	Władysławowo	Hel	Gdynia	Gdańsk	Ujście Wisły
Model regresji	2011-2030	5,1	5,3	5,3	5,4	5,6	5,5	5,5	5,6	5,1
	2080-2100	27,8	28,4	28,6	29,2	29,8	29,4	29,5	29,7	29,7
Model downscalingu	2011-2030	5,0	5,1	5,1	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,1
	2080-2100	25,5	25,9	26,1	26,3	26,3	26,3	26,2	26,2	25,5

Źródło: IMGW-PIB 2012

Wzrost średniego poziomu morza w skali sezonów w okresie 2011-2030 wyniesie około 3-5 cm zimą i wiosną oraz 4-7 cm latem i jesienią. Znacznie większego wzrostu poziomu morza w stosunku do okresu referencyjnego można oczekiwać w wieloleciu 2081-2100. W przypadku modelu regresyjnego zmiany wyniosą około 27-28 cm we wszystkich sezonach, jedynie latem będą nieco mniejsze (25-26 cm). W przypadku modelu downscalingu zmiany te wyniosą około 26 cm w każdym z sezonów.

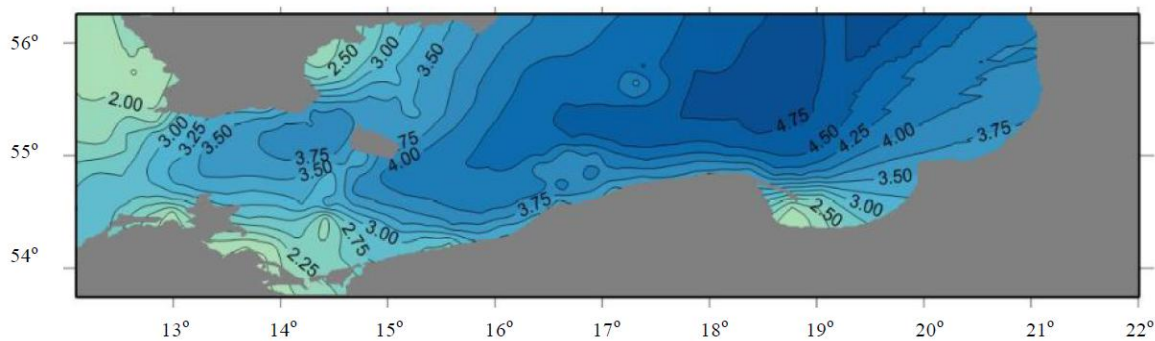
Wpływ zmian klimatu na falowanie na obszarze Bałtyku został określony poprzez wyznaczenie za pomocą modeli statystyczno-empirycznych (downscaling statystyczny) zależności między wielkoskalowym polem wymuszenia (pole ciśnienia atmosferycznego zredukowane do poziomu morza znad obszaru Europy i Północnego Atlantyku), a wysokością fali na południowym Bałtyku. Zdefiniowane zależności zostały następnie wykorzystane do opracowania scenariuszy zmian wysokości falowania w XXI w. Na Rys. 6.26. przedstawiono ekstremalną wysokość falowania na obszarze południowego Bałtyku (percentyl 99%) w okresie referencyjnym 1988-1993 (tj. wartości, które mogą być przekroczone z prawdopodobieństwem 1%).



Rys. 6.26. Rozkład przestrzenny percentyla 99% wysokości falowania (m) w skali roku w okresie referencyjnym 1988-93, uzyskany z parametrów rozkładu Weibulla.

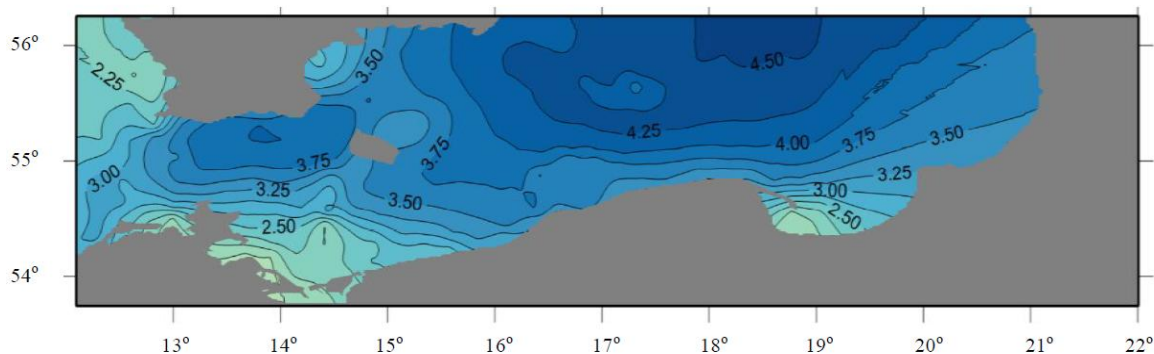
Źródło: IMGW-PIB 2012

Wyniki wskazują, że w latach 2011–2030 dominować będą spadki wysokości falowania na Bałtyku, większe w symulacji HadCM-3, zwłaszcza we wschodniej części Bałtyku Południowego, z anomaliami przekraczającymi 0,25 m. Uzyskane rezultaty obliczeń wysokości fali w latach 2011-2030 przedstawione na rysunkach Rys. 6.27. i Rys. 6.28. są w dużym stopniu uśrednione, ponieważ dotyczą rocznej skali czasowej bez wyróżnienia sezonu sztormowego (wrzesień – marzec) oraz bezsztormowego (kwiecień – sierpień). Na ich podstawie można jednak założyć, że do roku 2030 istotne zwiększenie liczby i siły sztormów nie jest wysoce prawdopodobne, co w kontekście zakończenia wieloletniego programu ochrony brzegów morskich w roku 2023 jest ważne.



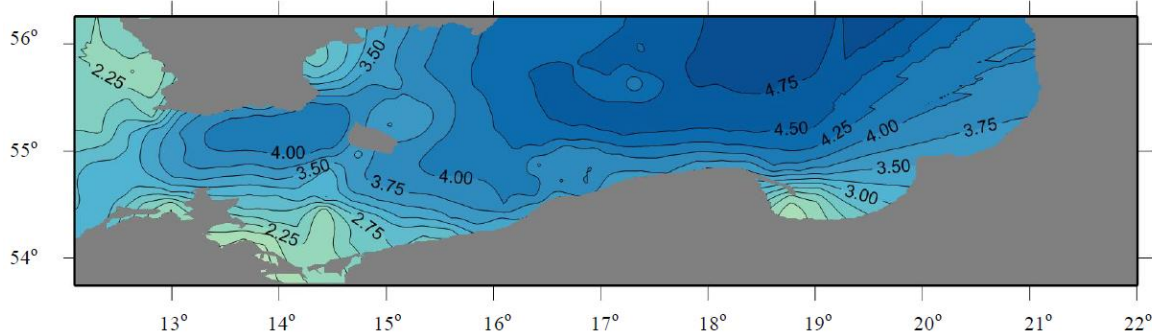
Rys. 6.27. Rozkład przestrzenny kwantyla 99% wysokości falowania (m) całkowitego w latach 2011-2030 według scenariuszy opartych na symulacjach globalnych ECHAM-5 i HadCM-3. Model ECHAM-5, scenariusz A1B run 1.

Źródło: IMGW-PIB 2012



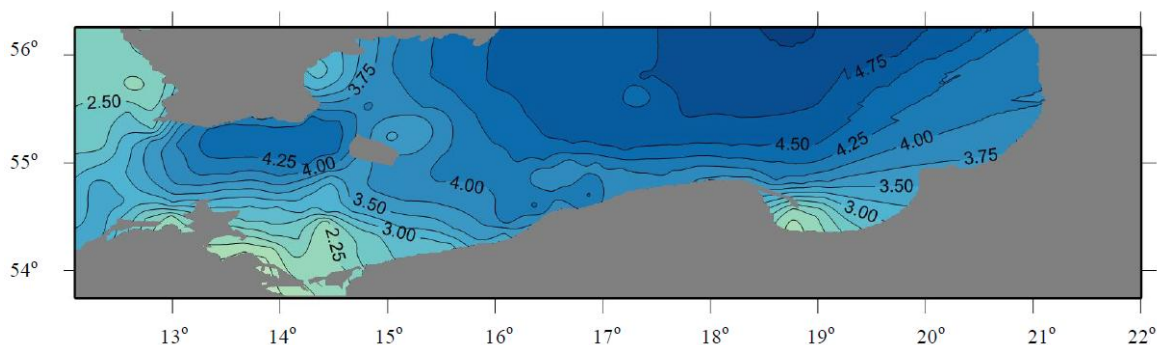
Rys. 6.28. Rozkład przestrzenny kwantyla 99% wysokości falowania (m) całkowitego w latach 2011-2030 według scenariuszy opartych na symulacjach globalnych ECHAM-5 i HadCM-3. Model HadCM-3, scenariusz A1B run 1.

Źródło: IMGW-PIB 2012



Rys. 6.29. Rozkład przestrzenny percentyla 99% wysokości falowania całkowitego w latach 2081-2100 wg scenariuszy opartych na symulacjach globalnych ECHAM-5 i HadCM-3. Model HadCM-3, scenariusz A1B run 1.

Źródło: IMGW-PIB 2012



Rys. 6.30. Rozkład przestrzenny percentyla 99% wysokości falowania całkowitego w latach 2081-2100 wg scenariuszy opartych na symulacjach globalnych ECHAM-5 i HadCM-3. Model HadCM-3, scenariusz A2 run 1.

Źródło: IMGW-PIB 2012

Pod koniec XXI wieku (lata 2080-2100) spodziewany jest wzrost wartości wysokości fali dla percentyla 99%. Wyniki symulacji wysokości falowania w skali całego roku do końca XXI wieku przedstawiono na powyższych rysunkach Rys. 6.29 i Rys. 6.30. Te wyniki dowodzą, że strefa brzegowa poddana będzie działaniu większych strumieni energii falowej niż ma to miejsce w chwili obecnej.

Zanikanie pokrywy lodowej spowodowane ociepleniem klimatu silniej naraża brzeg morski na erozję zimą, tj. w okresie sztormowym na Bałtyku. W obecnych warunkach klimatycznych liczba dni z lodem na polskim wybrzeżu dla zim łagodnych, normalnych i surowych wynosi 0-56 dni, co przedstawia Tab. 6.19.

Tab. 6.19. Liczba dni z lodem na polskim wybrzeżu w obecnych warunkach klimatycznych na podstawie obserwacji w latach 1956-2005.

Lokalizacja	Liczba dni z lodem		
	Zima łagodna	Zima normalna	Zima surowa
Gdynia/ Zat. Gdańska	0	4	44
Kołobrzeg/Wybrzeże środkowe	0	3	37
Świnoujście/Zat. Pomorska	0	10	56

Źródło: IMGW-PIB 2012

Prognozowana zmiana liczba dni z lodem na polskim wybrzeżu w okresie 2011-2030 przyjmuje odmienny kierunek w zależności od symulacji (Tab. 6.20). W przypadku scenariuszy bazujących na danych z modelu globalnego ECHAM-5 przewidywany jest nieznaczny w stosunku do okresu referencyjnego 1971-1990 wzrost liczby dni z lodem dla run 1. W symulacji run 2, wyniki wskazują na zmniejszenie się liczby dni z lodem wzdłuż całego polskiego wybrzeża, maksymalnie o 4-6 dni. Wyniki bazujące na modelu globalnym HadCM3 pokazują wyraźny spadek liczby dni.

Tab. 6.20. Zmiana liczby dni ze zlodzeniem na polskim wybrzeżu w latach 2011-2030 w stosunku do okresu referencyjnego 1971-1990.

Model globalny	SRES	Świnoujście	Kołobrzeg	Ustka	Hel	Gdynia	Gdańsk
HadCM5	A1B, run 1	0,4	2,2	2,7	0,9	1,9	2,2
	A1B, run 2	-4,4	-5,3	-5,8	-1,7	-5,0	-4,6
	A1B, run 4	-6,1	-3,6	-3,3	-0,8	-3,7	-2,5
HadCM3	A1B, run 1	-4,0	-4,4	-4,8	-1,4	-4,2	-3,8

Źródło: IMGW-PIB 2012

W latach 2081-2100 można spodziewać się zmniejszenia liczby dni z lodem na polskim wybrzeżu, z wyjątkiem scenariusza A1B run 1 (model ECHAM-5), w którym przewidywany jest nieznaczny wzrost liczby takich dni, z wyłączeniem Świnoujścia, co można interpretować jako stabilizację zjawisk lodowych (Tab. 6.21.). Natomiast wg modelu HadCM3 dla tego

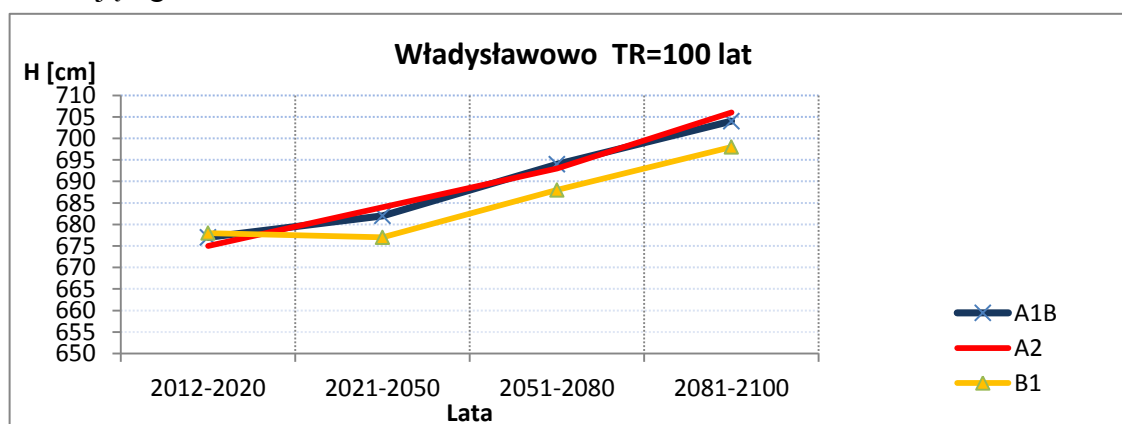
scenariusza przewidywane są spadki, co w przypadku zmian powyżej 10 dni na niektórych stacjach wskazuje na możliwość całkowitego zaniku zjawisk lodowych na polskim wybrzeżu dla zim łagodnych i normalnych oraz ich znacznego skrócenia dla zim surowych.

Tab. 6.21. Scenariusz zmian liczby dni ze zlodzeniem na polskim wybrzeżu dla okresu 2081-2100 (zmiany liczby dni określona w stosunku do okresu referencyjnego 1971-1990).

Model globalny	SRES	Świnoujście	Koło-brzeg	Ustka	Hel	Gdynia	Gdańsk
ECHAM-5	A1B, run 1`	-2,8	0,7	1,4	0,7	0,3	1,2
	A1B, run 2	-5,6	-5,6	-5,9	-1,7	-5,4	-4,7
	A1B, run 4	-13,6	-7,4	-6,6	-1,4	-7,8	-5,0
HadCM3	A1B, run 1	-15,8	-11,1	-10,9	-2,8	-11,2	-8,4

Źródło: IMGW-PIB, 2012

Analizując wpływ zmian klimatu na strefę wybrzeża należy uwzględnić negatywną synergię trzech elementów: wzrostu poziomu morza, zmniejszenia się lub nawet zaniku pokrywy lodowej chroniącej brzegi przed erozją morską w sezonie zimowym (a więc w okresie sztormowym) oraz zwiększonego dopływu energii do brzegu. Przykładem dobrze ilustrującym negatywną synergię tylko dwóch czynników tj. wzrostu energii falowania i poziomu morza, są wyniki badania wpływu zmian klimatycznych na Półwysep Helski – fragment polskiego wybrzeża najbardziej narażony na erozję morską (projekt „THESEUS” realizowany przez IBW PAN i IMGW-PIB). Na Rys. 6.31 przedstawiono prognozowany poziom morza o okresie powtarzalności 100 lat w rejonie Władysławowa w perspektywie 2100 r. wyznaczony na podstawie trzech scenariuszy emisyjnych A1B, A2 i B1 i obliczeń symulacji ECHAM-5 run 1. Pod koniec XXI wieku w rejonie Władysławowa należy oczekiwać wzrostu poziomu morza o ponad 2 m względem normalnego poziomu morza odpowiadającego wartości 500 cm.



Rys. 6.31. Przewidywane zmiany poziomu morza o okresie powtarzalności 100 lat dla Władysławowa w XXI wieku; A2, B1 – inne scenariusze emisyjne (nie ujęte w pracy).

Źródło: IBW PAN i IMGW-PIB

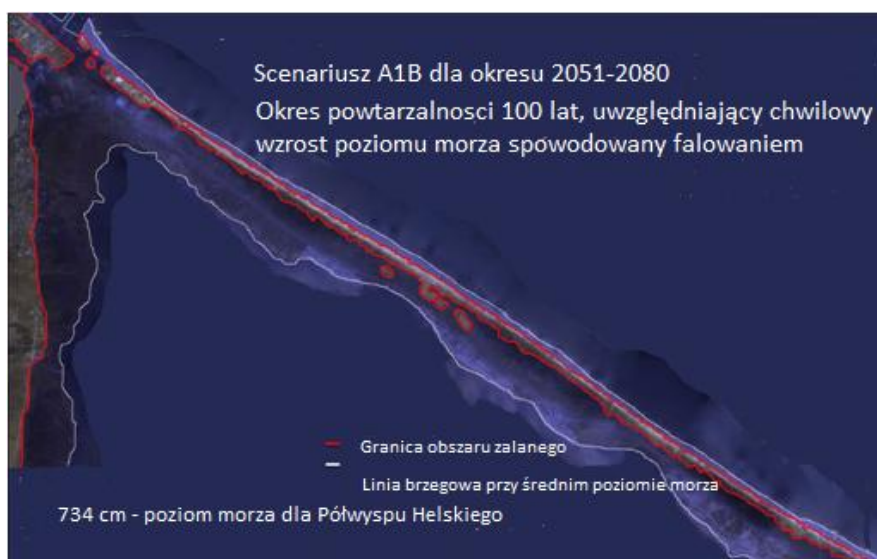
Ocenę przewidywanej ewolucji ekstremalnych wysokości falowania w rejonie Półwyspu Helskiego dokonano w oparciu o badania sytuacji sztormowych w wieloletnim (150 lat). Według zrekonstruowanego klimatu falowego fala znaczna, tj. fala, której wysokość równa jest średniej wysokości 1/3 fal najwyższych występujących w danym miejscu na morzu i obserwowanych w ciągu określonego okresu, o okresie powtarzalności 100 lat miała wysokość $H_s = 8,12$ m w latach 1958-2001. Zgodnie z symulacjami przewiduje się, że wysokość fali znacznej w roku 2020 wyniesie do 10,54 m, w 2050 do 11,14 m, a w 2080 osiągnie aż 11,63 m. To spowoduje dobrze znane w inżynierii brzegowej konsekwencje w postaci dodatkowego spiętrzenia wody na skutek transformacji fali brzegowej określanego jako tzw. wave set-up. Wyniki te uwzględniono w tworzeniu map terenów, które zostaną

zatonione na Półwyspie Helskim w rejonie Władysławowo-Chałupy podczas powodzi o okresie powtarzalności 100 lat (Rys. 6.32. i Rys. 6.33.).



Rys. 6.32. Mapa przewidywanego zalania terenu w rejonie Władysławowo-Chałupy o okresie powtarzalności 100 lat w roku 2050 w scenariuszu emisyjnym A1B.

Źródło: IBW PAN i IMGW-PIB



Rys. 6.33. Mapa przewidywanego zalania terenu w rejonie Władysławowo-Chałupy o okresie powtarzalności 100 lat dla roku 2080 i scenariusza emisyjnego A1B.

Źródło: IBW PAN i IMGW-PIB

Przewidywany łączny efekt spiętrzenia wody na skutek transformacji fali i większych fal sztormowych w latach 2020-2050 wyniesie 722 cm, natomiast w latach 2050-2080 osiągnie 734 cm. Choć różnica wynosi wciąż poniżej 2,5 m – wartości przyjętej za krytyczną ponad obecny normalny poziom morza (500 cm) i wyznaczającej linię graniczną obszarów zagrożonych powodzią od strony morza – tym niemniej skutki powodzi mogą być dramatyczne, szczególnie u samej nasady Półwyspu, gdyż przy prognozowanym poziomie morza ulegnie on przerwaniu. Ponadto, wzmożone falowanie spowoduje katastrofalne rozmywanie wydm nadbrzeżnych, które w warunkach braku możliwości wystarczająco szybkiej odbudowy, nie będą mogły w dalszym ciągu pełnić funkcji ochronnych przed erozją.

W przypadku niedostatecznego przeciwdziałania będzie to prowadzić do trudno odwracalnej fragmentacji części nasadowej Półwyspu.

Innym możliwym skutkiem zmian klimatu są zmiany struktury termohalinowej, tj. zmiany zasolenia i temperatury wód morskich, będących czynnikiem stymulującym ich produktywność. Jako kryterium produktywności wybrano parametry zapewniające optymalną egzystencję ławic dorsza, tj. temperaturę wody pomiędzy 2 a 7°C, zasolenie na poziomie 11 PSU oraz natlenienie wody w ilości 4 cm³/dm³ – dla wód przydennych.

Prognozowane wartości zasolenia w roku 2030 oraz rok, w którym zasolenie osiągnie wartość 11 bądź 10 PSU, określono na podstawie liniowych trendów zmian zasolenia wód przydennych w trzech akwenach znajdujących się w polskiej strefie ekonomicznej Morza Bałtyckiego, tj. w rejonie Głębi Bornholmskiej (kwadrat H04), Rynny Słupskiej (J04) oraz Głębi Gotlandzkiej (K05) oraz średniego zasolenia w warstwie przydennej dla 2008 roku (Tab. 6.22).

Tab. 6.22. Zmiany zasolenia wody w warstwie przydennej w wybranych kwadratach bałtyckich w polskiej strefie Morza Bałtyckiego, średnie zasolenie wody w 2008 roku oraz prognoza zasolenia na rok 2030 oraz rok osiągnięcia wartości 11 i 10 PSU.

Kwadrat	Okres	Trend	Średnia w 2008 r.	Prognoza 2030	Prognoza 11PSU	Prognoza 10 PSU
H04 – rej. Głębi Bornholmskiej	1952-2008	-0,005 PSU/rok okresowość zmian od 4 do około 7 lat	15,639	15,539	2916	3136
	1989-2008	+0,183 PSU/rok		19,665	-	-
J04 – rej. Rynny Słupskiej	1952-2008	+0,005 PSU/rok	12,921	13,031	-	-
	1989-2008	+0,073 PSU/rok		14,527	-	-
K05 – rej. pd, Głębi Gotlandzkiej	1952-2008	-0,006 PSU/rok	11,150	11,018	2033	2200
	1989-2008	+0,110 PSU/rok		13,570	-	-

Źródło: IMGW-PIB 2012

Jak widać z powyższej tabeli w polskiej strefie Morza Bałtyckiego nie ma zagrożenia niedostatecznym zasoleniem wód przydennych dla optymalnych warunków bytowania dorsza, z wyjątkiem Głębi Gotlandzkiej. Średnia wartość zasolenia (11,15 PSU) w tym rejonie wskazuje, że jest to obszar o bardzo delikatnej równowadze ekologicznej ze względu na wysładzenie się akwenu.

Analiza zmian temperatury wody przy dnie wskazuje, że optymalne warunki termiczne sprzyjające bytowaniu dorsza (temp od 2 do 7°C) w analizowanych regionach (Głębia Bornholmska, Rynna Słupska, Głębia Gotlandzka) nie będą zakłócone w bieżącym stuleciu. (Tab. 6.23.). Jednak długookresowy trend w rejonie Rynny Słupskiej i Głębi Gotlandzkiej ma wartość dodatnią, co oznacza że warunki termiczne do bytowania dorsza stale pogarszają się, gdyż już w 2008 roku średnia temperatura wody przydennej przekraczała 7°C. W rejonie Głębi Gotlandzkiej temperatura 7°C zostanie osiągnięta w 2031 roku. Wskazuje to na możliwy negatywny wpływ zmian klimatycznych na stan ekologii Morza Bałtyckiego w sąsiedztwie brzegów polskich. Z drugiej strony, analiza zmian temperatury wody jedynie za pomocą regresji liniowej jest obciążona dużą niepewnością, spotęgowaną przez brak informacji o zmienności danych (nieznana wariancja pomiarów) oraz o korelacji wyników tych pomiarów i przyjętego modelu regresji liniowej.

Tab. 6.23. Trendy temperatury wody i średnia temperatura wody w 2008 roku w warstwie przydennej wybranych kwadratów polskiej strefy Morza Bałtyckiego.

Rejon	Okres	Trend	Średnia temp. 2008
Głębia Bornholmska	1952-2008	-0,012 °C/rok	7,425
	1989-2008	+0,146 °C/rok	
Rynna Słupska	1952-2008	+0,02 °C/rok	7,334
	1989-2008	+0,04 °C/rok	

Rejon	Okres	Trend	Średnia temp. 2008
Głębia Gotlandzka	1952-2008	+0,02 °C/rok	6,061
	1989-2008	+0,04 °C/rok	

Źródło: IMGW-PIB 2012

Porównując prognozy zmian zasolenia wody i temperatury wody przy dnie stwierdzono, że w rejonie Głębi Bornholmskiej należy oczekiwać utrzymania się korzystnych wartości zasolenia, a temperatura wody powinna być zbliżona do górnej wartości przedziału optymalnego, pod warunkiem, że szybki jej wzrost w ostatnim dwudziestolecu okaże się anomalią. Z drugiej strony wyniki wskazują na dużą niepewność tego wnioskowania i możliwą zmianę reżimów temperaturowych na skutek zmian klimatycznych, jeżeli anomalia ta się utrzyma. W rejonie Rynny Słupskiej zmiany zasolenia nie doprowadzą do przekroczenia wartości optymalnych, natomiast temperatura – będzie wykraczać poza górny zakres przedziału optymalnego. To nie oznacza zaniku dorsza w tym rejonie, lecz spadek produktywności jego stada (mniejsze sezonowe przyrosty masy). Najgorsza sytuacja występuje w Głębi Gotlandzkiej, gdzie zasolenie może spaść poniżej 11 PSU mniej więcej w połowie bieżącego stulecia przy wartościach temperatury z górnego przedziału optymalnego. Spadek zasolenia jest dużo bardziej niekorzystny dla bytowania dorsza niż wzrost temperatury, gdyż ikra, larwy i narybek dorsza muszą unosić się w toni wodnej, a to nie jest możliwe, gdy zasolenie spadnie poniżej 11 PSU wg jednych lub 10 PSU wg innych źródeł.

Czynnikiem krytycznym dla warunków bytowych organizmów żywych Bałtyku jest stężenie tlenu rozpuszczonego w warstwie przydennej (Tab. 6.24). Z jednej strony jest ono związane z wlewami dobrze natlenionej wody z Morza Północnego, a z drugiej z produkcją zanieczyszczeń, w tym substancji biogennych, w zlewniach basenu Morza Bałtyckiego. Liniowe trendy zmian stężenia tlenu uwzględniające zmniejszone wlewy z Morza Północnego oraz prognozowane stężenia tlenu w roku 2030 wskazują, że należy się spodziewać deficytu tlenu i pojawienie się siarkowodoru, który uniemożliwia egzystencję dorsza. Minimalizacja negatywnych skutków zmniejszonych wlewów dobrze natlenionych wód z Morza Północnego wymaga radykalnego zmniejszenia dopływu do Bałtyku zanieczyszczeń, głównie substancji biogennych (azotany i fosforany). Ostre reżimy oczyszczania ścieków komunalnych i przemysłowych oraz właściwe praktyki nawożenia pól uprawnych można więc traktować jako elementy adaptacji do zmian klimatycznych. W przypadku niewystarczających efektów takich działań będzie trzeba rozważyć zmianę sposobu użytkowania pól, do zaprzestania rolniczego wykorzystania niektórych obszarów łącznie.

Tab. 6.24. Trendy stężenia tlenu w warstwie przydennej i średnie stężenie tlenu w wodzie przydennej w kwadratach strefy głębokowodnej polskiego sektora Morza Bałtyckiego w 2008 roku, prognoza stężenia tlenu na rok 2030.

Rejon	Okres	Trend	Średnie stężenie 2008	Prognoza 2030
Głębia Bornholmska	1952-2008	-0,028 ml/dm ³ /rok	0,721	0,105
	1989-2008	-0,256 ml/dm ³ /rok		-4,911
Rynna Słupska	1952-2008	-0,073 ml/dm ³ /rok	0,274	-1,332
	1989-2008	-0,11 ml/dm ³ /rok		-2,146
Głębia Gotlandzka	1952-2008	-0,0001 ml/dm ³ /rok	1,847	1,845
	1989-2008	-0,4 ml/dm ³ /rok		-6,953

Źródło: IMGW-PIB 2012

Zmiany zasolenia i temperatury wód bałtyckich mogą mieć poważne znaczenie dla zakwitów glonów, które stanowią jeszcze jeden negatywny element wpływu zmian klimatycznych na Bałtyk. Z tego powodu podjęto w sąsiedztwie polskiego wybrzeża badania zależności korelacyjnych pomiędzy parametrami biologicznymi (stężenie chlorofilu-a, całkowita biomasa fitoplanktonu w miesiącach letnich), a czynnikami charakteryzującymi środowisko morskie (temperatura i zasolenie) oraz parametrami chemicznymi (stężenia substancji biogennych),

uwzględniając ich dopływ wodami Wisły i Odry. Wstępne wyniki pokazują wzrost różnicy temperatury między górną i dolną granicą termokliny w ostatnim dwudziestolecu, co oznacza, że w tym okresie obserwuje się silniejsze nagrzewanie się warstwy morza, w której odbywa się produkcja pierwotna. Sprzyja to rozwojowi ciepłolubnych gatunków fitoplanktonu, głównie cyjanobakterii (IMGW-PIB 2012). Ponadto poważnymi konsekwencjami mogą być zagrożenie dla bioróżnorodności, przede wszystkim gatunków endemicznych oraz inwazje gatunków obcych zaburzających łańcuch troficzny, cykl rozrodczy i strukturę populacji gatunków bałtyckich.

Ocena skutków

Zmiany klimatu w strefach brzegowych będą miały negatywny wpływ na ich funkcjonowanie. Skutki zmian klimatu w tym obszarze można podzielić na dwie grupy: związane z procesami fizycznymi (wzrost poziomu morza, zanik pokrywy lodowej, wzrost intensywności falowania i spiętrzeń sztormowych) oraz te o charakterze ekologicznym (zagrożenie dla bioróżnorodności, inwazje gatunków obcych).

Straty wynikające ze zmian związanych z procesami fizycznymi, w przypadku odstąpienia od jakichkolwiek działań adaptacyjnych w obszarze przybrzeżnym, zostały oszacowane następująco (Cieślak 2013):

- możliwe powodzie (do rzędnej +2,5 m n.p.m.) spowodują zalanie obszaru o powierzchni 2200 km², którego ponad 20% stanowią tereny o unikalnych wartościach przyrodniczych w skali europejskiej lub krajowej, a ponad 7% to tereny wysoko zurbanizowane i zindustrializowane,
- podwyższenie poziomu wód gruntowych w nisko położonych obszarach do +1,25 m n.p.m. spowoduje ograniczenia przyszłego wykorzystania wielu terenów do celów mieszkalnych i przemysłowych,
- utrata przynajmniej 120 km² powierzchni wskutek erozji morskiej,
- powstawanie dużych osuwisk na klifach w wyniku spękania podczas długich okresów suszy i głębokiej penetracji wody,
- narażenie około 300 tys. osób na bezpośrednie ryzyko wystąpienia skutków zmian klimatu (utrata mieszkań),
- narażenie około 1,7 mln osób na pośrednie skutki zmian klimatu (utrata miejsc pracy).

Miastem najbardziej zagrożonym powodzią od strony morza jest Gdańsk, największe miasto na polskim wybrzeżu. Bezpośrednio zagrożone są również Szczecin, Świnoujście i Kołobrzeg. Wielkość szkód na terenach miast jest wysoka z powodu dużego zagęszczenia zabudowy miejskiej, dodatkowo rozmiary powodzi zwiększa uszczelnienie powierzchni terenu, a co za tym idzie zmniejszenia lub całkowitego wyeliminowania infiltracji (naturalnego wsiąkania wód do gruntu) (Bednarczyk i in., 2006). Nagłe zalanie przez wodę obszarów gęsto zaludnionych może mieć katastrofalne skutki.

Na skutek erozji morskiej nastąpi utrata co najmniej 120 km² powierzchni kraju. Intensyfikacja procesów erozyjnych spowoduje brak możliwości kontynuacji zasadniczego elementu obecnego programu ochrony brzegów morskich, tj. utrzymania konfiguracji linii brzegowej z roku 2000. Szacuje się, że jedynie 30% polskich brzegów morskich będzie objęte pełną ochroną (Cieślak 2013), a reszta będzie podlegać różnym wariantom kontrolowanego odstąpienia. Ustalenie metod i wybór odcinków przeznaczonych do pełnej ochrony oraz wypracowanie właściwej strategii kontrolowanego odstąpienia dla pozostałych odcinków brzegu staną się więc głównymi zagadnieniami adaptacji polskich stref brzegowych do zmian klimatycznych, począwszy od 3. dekady XXI wieku.

Inną negatywną konsekwencją zmian klimatycznych jest wzrost narażenia klifów na powierzchniowe ruchy masowe. Wzrost poziomu morza jest jednym z czynników przyspieszających ich recesję, jednak główną przyczyną przyszłego zmniejszenia się odporności

klifów na zniszczenie jest przewidywana zmiana reżimu opadów atmosferycznych. Długie okresy suszy będą przerywane krótkimi okresami intensywnych opadów, przy stosunkowo niewielkiej zmianie ogólnej ilości opadów w skali roku. W okresach suszy powstawać będą spękania gruntu, które w czasie (intensywniejszych) opadów będą penetrowane przez wodę. Wynikiem tego będzie osłabienie struktury gruntów budujących klify, ich silne okresowe nawodnienie, co wywoła spadek stabilności całego masywu i dużo większe ryzyko masowych ruchów powierzchniowych. Przeciwdziałanie tym zjawiskom jest bardzo kosztowne. Przykładem stabilizacji klifu jest ochrona klifu w Jastrzębiej Górze, najwyższego klifu w Polsce, za pomocą geosyntetyków oraz gabionów (kaszyce) wypełnionych (drobnymi) kamieniami. Obserwacje zachowania się tej instalacji w przyszłości stanowią będą pomocny materiał przy opracowywaniu podobnych projektów ochronnych na innych brzegach klifowych w Polsce. W przypadku niemożności wykonania skutecznej ochrony klifu, bądź braku celowości finansowej takiego przedsięwzięcia, konieczne będzie określenie granicy bezpiecznego inwestowania na klifach. Jest to jeden z istotnych elementów kontrolowanego odstąpienia od pełnej ochrony brzegów na brzegach klifowych.

Zmiany klimatyczne będą także generować straty związane z ekologią Morza Bałtyckiego oraz istotnie wpływać na funkcjonowanie stref brzegowych w Polsce. Obserwowane w ostatnich dekadach zmniejszenie się wlewów dobrze natlenionej powierzchniowej wody słonej z Morza Północnego do Bałtyku spowoduje, pogłębienie się jego wrażliwości na niekorzystne zmiany ekologiczne (opisany w poprzedniej części spadek zasolenia wód przydennych i tworzenie się rozległych stref beztlenowych, zakwity wody, itd.). Może to spowodować dramatyczny zanik cennych gatunków ryb, ogólne zmniejszenie się bioróżnorodności, inwazję gatunków obcych oraz pogorszenie warunków do rekreacji i turystyki, a zatem spadek dochodów tych sektorów. W chwili obecnej, z powodu dużej niepewności bieżących analiz, związanych z redukcją wlewów z Morza Północnego, nie można stwierdzić jednoznacznie w jakim stopniu niekorzystne zjawiska, związane z ekologią Bałtyku, zostały spowodowane zmianami klimatycznymi, a w jakim bezpośrednimi czynnikami antropogenicznymi (niedostateczne oczyszczanie ścieków komunalnych i przemysłowych czy nadmierne emisje azotu i fosforu przez rolnictwo). W każdym razie należy oczekiwać, że działania proekologiczne mające na celu redukcję emisji zanieczyszczeń do Bałtyku będą też mieć dodatkowy, pozytywny aspekt w zakresie adaptacji do zmian klimatu.

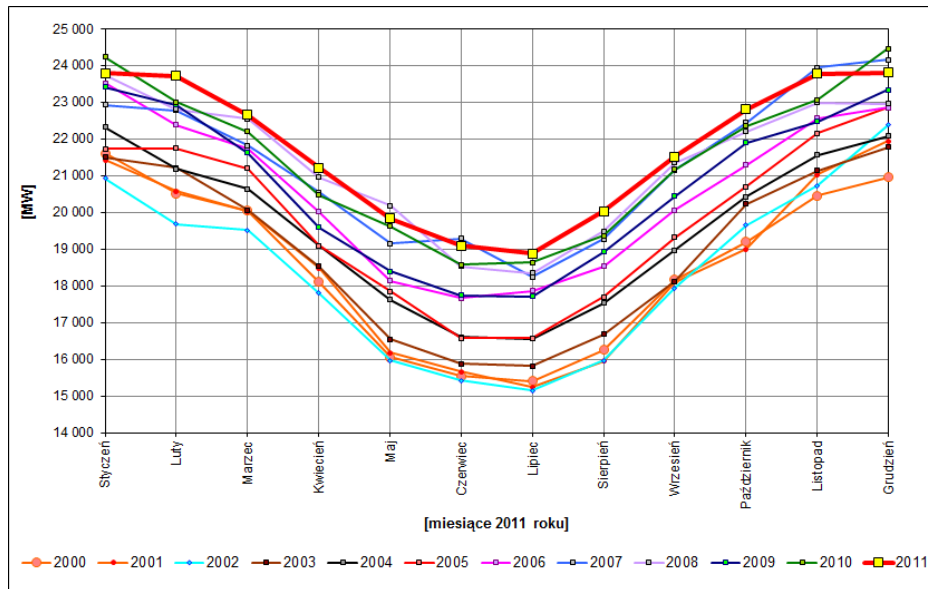
W strefie wybrzeża natomiast spośród terenów o unikalnej wartości przyrodniczej zagrożone są obszary Słowińskiego Parku Narodowego i Wolińskiego Parku Narodowego oraz Nadmorskiego Parku Krajobrazowego. Zmiany klimatu spowodują ogromne zakłócenia funkcjonowania ekosystemów w ich obszarach i wzrost kosztów na utrzymanie funkcji związanych z ochroną przyrody. Na skutek spięrzeń sztormowych, spowodowanych większą ilością i rosnącą siłą sztormów, fragmentacją zagrożony jest obszar Półwyspu Helskiego oraz mierzeje jezior przymorskich, w szczególności Jezior Kopań, Jamno, Bukowo, Resko Przymorskie i Liwia Łuża. To może spowodować poważne straty gospodarcze i społeczne na terenach zmian, szczególnie w sytuacji braku spójnej strategii przeciwdziałania negatywnym konsekwencjom zmian klimatu. Szczególnie wysokich kosztów należy oczekiwać w przypadku działań doraźnych i reaktywnych, o krótkotrwałej i lokalnej efektywności.

Analizę wpływu działań adaptacyjnych na poszczególne sektory zamieszczono na końcu dokumentu w załączniku 3. Wykaz działań adaptacyjnych i ich kosztów w pakiecie podstawowym, rozszerzonym i pełnym zamieszczono na końcu dokumentu w załączniku 6.

6.6. Energetyka

Zmiany zapotrzebowania na energię elektryczną i ciepło

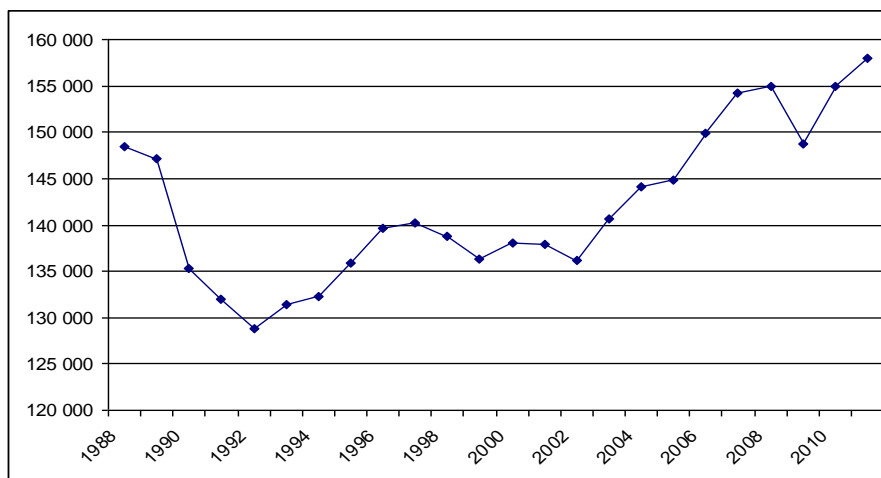
W zapotrzebowaniu na energię elektryczną obserwuje się w Polsce dwie tendencje. Pierwsza z nich to zmniejszenie się różnic w zapotrzebowaniu na moc w miesiącach zimowych i letnich, druga – stopniowy wzrost zapotrzebowania na moc i energię. Rys. 6.34 i Rys. 6.35. obrazują te tendencje.



Rys. 6.34. Średnie miesięczne krajowe zapotrzebowanie na moc w szczytach wieczornych z dni roboczych

Źródło: PSE 2011

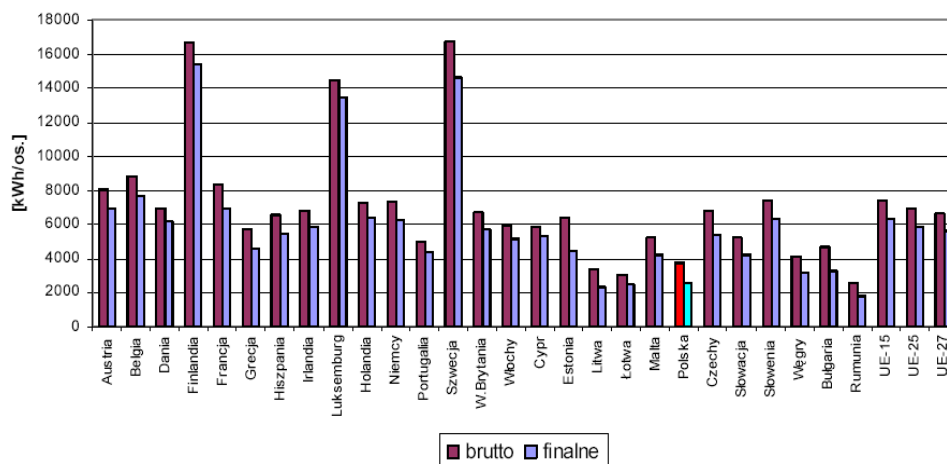
W 2000 roku różnica między maksymalnym i minimalnym średnim miesięcznym zapotrzebowaniem na moc wynosiła ok. 6,5 tys. MW, a w 2011 zmniejszyła się do ok. 4,5 tys. MW. Widoczny przyrost mocy w miesiącach letnich, wykorzystywanej dla potrzeb chłodnictwa i klimatyzacji wynika zarówno ze wzrostu średniej temperatury lata, jak też ze wzrostu zamożności, a tym samym większych wymagań, co do komfortu w miejscach pracy i mieszkaniach.



Rys. 6.35. Zapotrzebowanie na energię elektryczną w Polsce

Źródło: PSE 2011

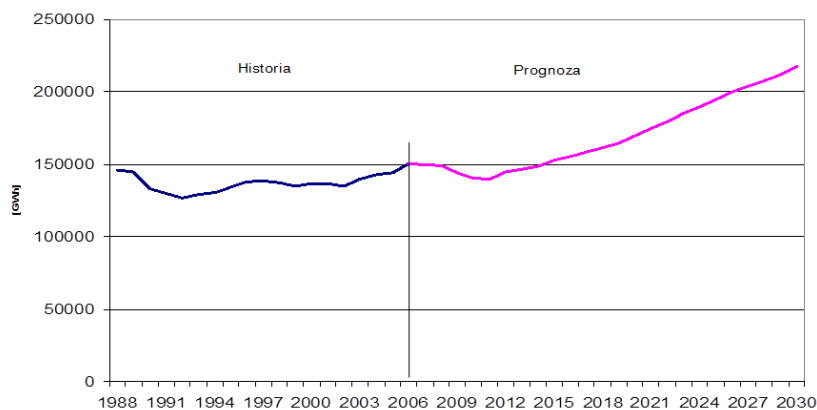
Mimo wzrostu zapotrzebowania roczne zużycie energii elektrycznej na mieszkańca jest w Polsce ciągle jeszcze dwukrotnie mniejsze niż w innych krajach UE (Rys. 6.36), stąd z dużym prawdopodobieństwem można założyć, że zapotrzebowanie to będzie wzrastało (na pewno do roku 2030). Wzrost temperatury nie zmieni tej tendencji, gdyż jak wynika z Rys. 6.36, po pominięciu Finlandii, Luksemburga i Szwecji, brak jest korelacji między warunkami klimatycznymi w kraju a zużyciem energii elektrycznej.



Rys. 6.36. Zużycie energii elektrycznej na mieszkańca w krajach UE

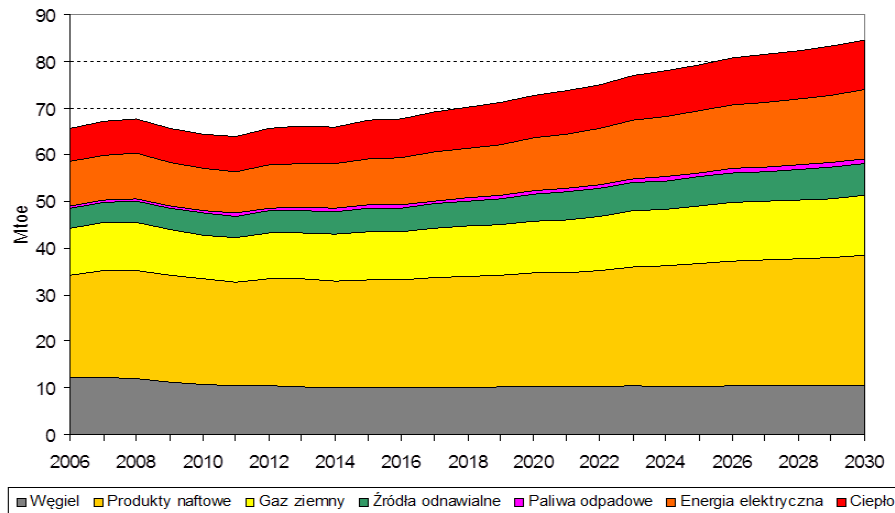
Źródło: Eurostat

Trendy te są podstawą do określenia zmian zapotrzebowania w długim horyzoncie czasowym. Dokument „*Polityka energetyczna Polski*” obejmuje horyzont czasowy do roku 2030 i zawiera zarówno prognozę zapotrzebowania na energię elektryczną (Rys. 6.37.), jak i całkowite zapotrzebowanie na energię (Rys. 6.38.).



Rys. 6.37. Prognoza zapotrzebowania na energię elektryczną do roku 2030

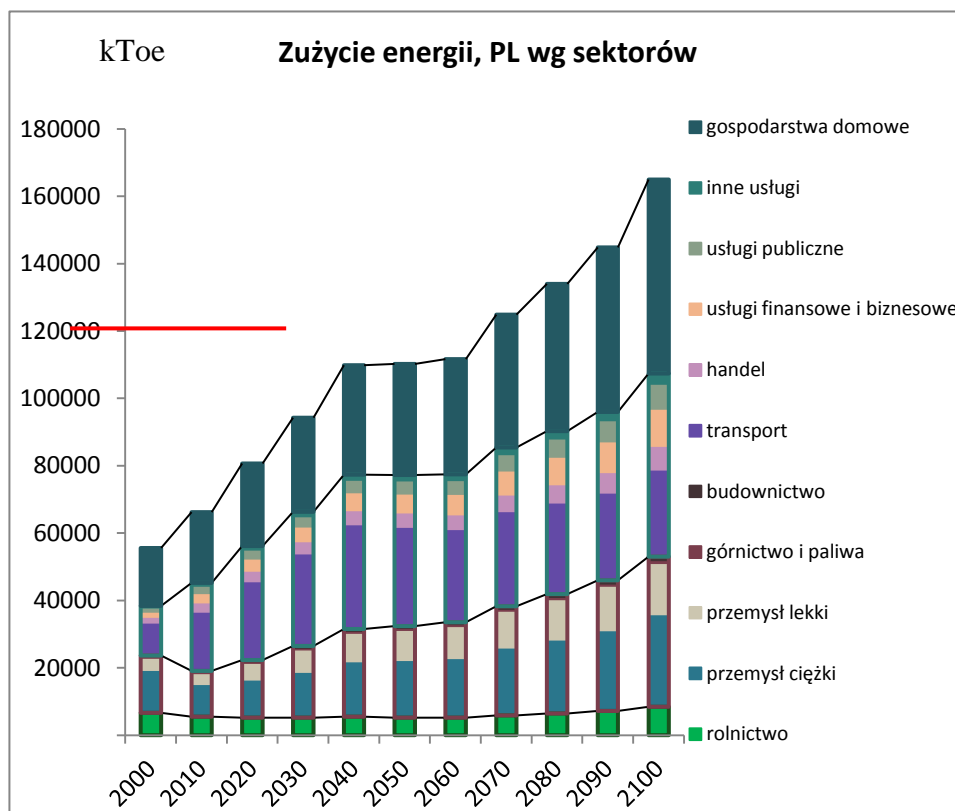
Źródło: *Polityka energetyczna...*



Rys. 6.38. Prognoza zapotrzebowania na energię końcową do roku 2030

Źródło: *Polityka energetyczna...*

Prognoza zapotrzebowania na energię końcową do roku 2100 (Rys. 6.39.) wykonana została przez Instytut Badań Strukturalnych (Bukowski i in. 2011). Porównanie obu prognoz do 2030 r. wskazuje, że prognozy te znacząco się od siebie różnią, a prognoza wzrostu całej gospodarki, przygotowana w ramach pracy wskazuje na jej ciągle dużą energochłonność.

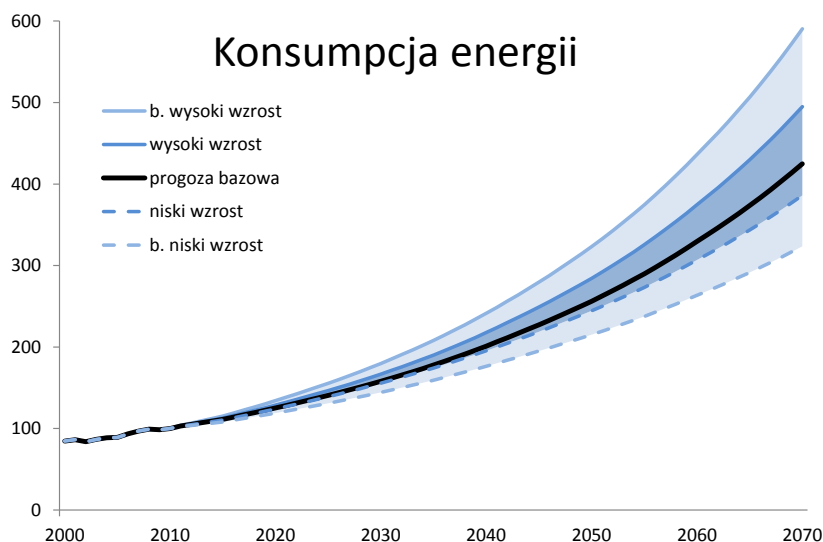


Rys. 6.39. Prognoza zapotrzebowania na energię końcowa do roku 2100; linią po lewej stronie wykresu zaznaczono poziom prognozowany w 2030 roku w „Polityce energetycznej Państwa”.

Źródło: na podstawie Bukowski i in. 2011 oraz *Polityka energetyczna...*

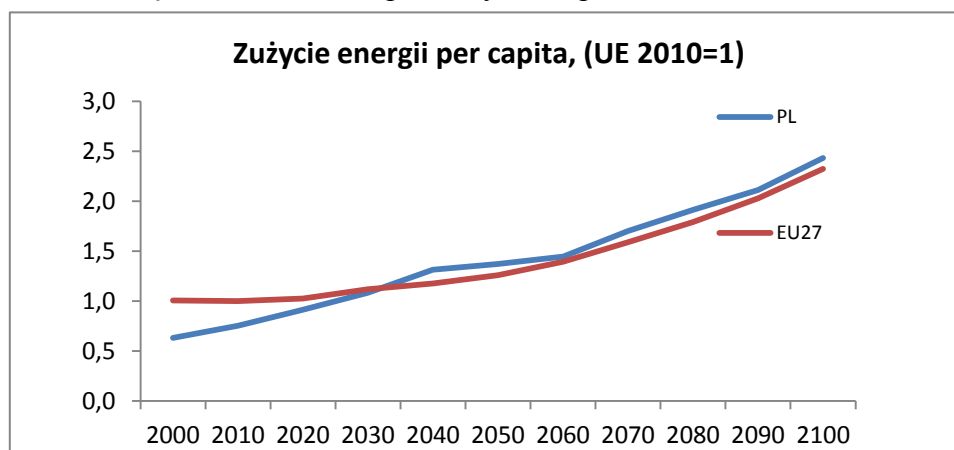
Prognozy długoterminowe charakteryzują się zwykle dużą niepewnością oceny przyszłych zjawisk. W przypadku energetyki istotne są takie wskaźniki jak: tempo wzrostu gospodarczego, energochłonność, emisyjność czy struktura sektorowa gospodarki. Jak

wykazały badania IBS (Bukowski i in. 2011) po okresie 50-60 lat w zależności od przyjętego stopnia wzrostu danego wskaźnika różnice końcowe w ramach poszczególnych wskaźników mogą być kilkudziesięcioprocentowe (Rys. 6.40.). Przyjęto, że rok 2010 jest rokiem bazowym o wartości prognozowanej wielkości równej 100 %. W skrajnym przypadku w 2070 różnica między maksymalnym a minimalnym zapotrzebowaniem na energię wynosi prawie 50 %.



Rys. 6.40. Alternatywne scenariusze BAU, konsumpcja energii per capita w Polsce, 2000-2070 (2010=100%).
Źródło: Bukowski i in. 2011

Prognozę IBS uwiarygodnia porównanie prognozowanych zmian zużycia energii na jednego mieszkańca w Polsce i średniej w Unii Europejskiej. Przedstawiono je na Rys. 6.41. Z prognozy tej wynika, że około 2035 roku zużycie w Polsce osiągnie wartość średnią dla UE i od tego momentu będzie wzrastało w podobnym tempie.

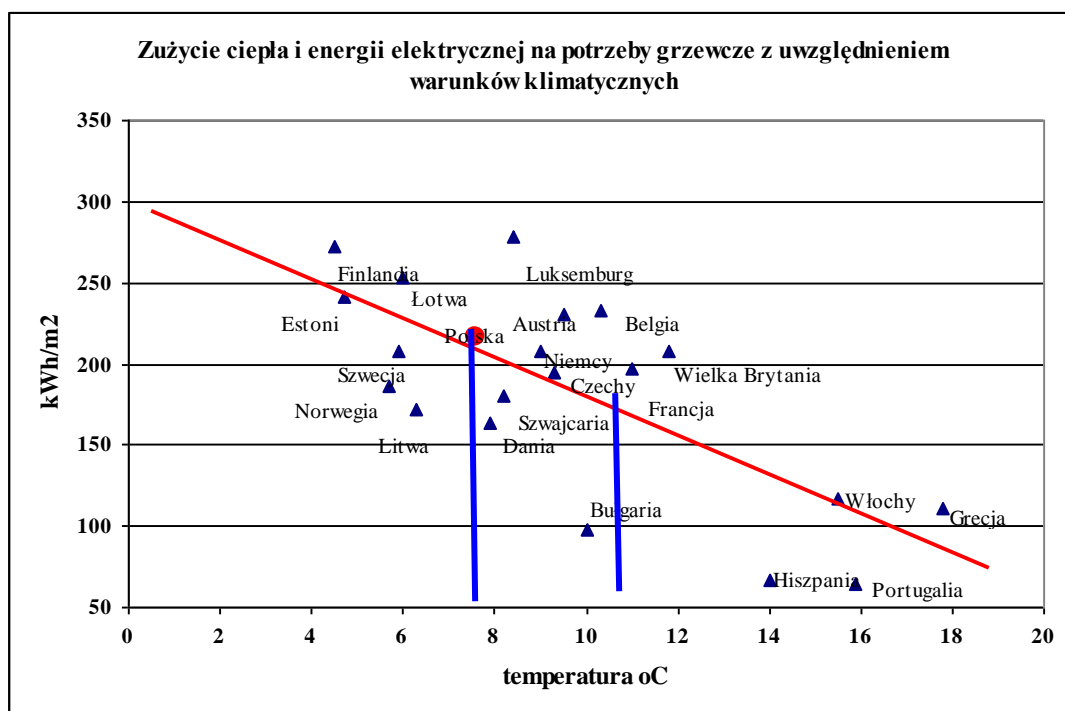


Rys. 6.41. Prognoza zapotrzebowana energii na jednego mieszkańca w Polsce i średniej w UE.
Źródło: Bukowski i in. 2011

O ile w perspektywie przyszłych lat prognozowany jest wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną, to w przypadku ciepła w perspektywie lat 30. XXI w. należy się spodziewać spadku lub utrzymania aktualnych potrzeb. Utrzymywanie się dotychczasowego zapotrzebowania jest wypadkową dwóch podstawowych składowych: ciągłego przyrostu liczby mieszkań, połączonego ze wzrostem ich powierzchni oraz spadku jednostkowego zapotrzebowania na ciepło w istniejących budynkach.

Zapotrzebowanie na ciepło zależy oczywiście także od warunków klimatycznych. Prognoza klimatyczna wskazuje, że do 2030 roku liczba stopniodni (będących miarą zapotrzebowania na ciepło) – zależnie od rejonu Polski – zmniejszy się o 140-220, czyli

poniżej 5%, przy czym zmniejszą się różnice w potrzebach ciepłych mieszkańców różnych rejonów kraju. Zmniejszenie zapotrzebowania będzie korzystne dla scentralizowanych systemów ciepłowniczych, gdyż zmniejszy się dysproporcja między zapotrzebowaniem letnim (ciepła woda użytkowa), a zimowym (dodatkowo ogrzewanie). Zmiana liczby stopniodni do roku 2100 może sięgnąć 25% i w takiej perspektywie liczyć się należy ze znacznym zmniejszeniem zapotrzebowania na ciepło. Efekt ten będzie dodatkowo wzmocniony perspektywą znaczącej wymiany infrastruktury budowlanej na energooszczędną. Spodziewany wpływ zmian zapotrzebowania na skutek zmian temperatury można ocenić porównując aktualne zapotrzebowanie na energię dla ogrzewania mieszkań w krajach europejskich o różnych temperaturach w sezonie grzewczym. Porównanie takie przedstawiono na Rys. 6.42. Wynika z niego, że wzrost temperatury o około 3°C powoduje zmniejszenie zapotrzebowania energii do ogrzewania pomieszczeń o około 40 kWh/m², a więc w stosunku do obecnego zapotrzebowania w Polsce o około 20 %.



Rys. 6.42. Zużycie ciepła i energii elektrycznej na potrzeby grzewcze z uwzględnieniem warunków klimatycznych.

Źródło: Opracowanie założeń... 2010, Ecoheatcool... 2005-2006

Wszystkie modele matematyczne służące do prognozowania zmian zapotrzebowania na energię w mniejszym lub większym stopniu wykorzystują zaobserwowane trendy. Skutkuje to zawyżaniem zapotrzebowania, nawet gdy prognozy dotyczą krótszych okresów, zwykle 20-letnich. Długoterminowe prognozy zaś nie mogą uwzględniać technologii, które dzisiaj nie są jeszcze znane, znajdują się w początkowym stadium rozwoju, bądź nie są rozwijane ze względu na aktualne uwarunkowania społeczne i polityczne. Dotyczy to zarówno technologii wykorzystujących energię dla celów wytwarzania innych produktów, jak i technologii energetycznych. Można zatem przyjąć, że prognozy zapotrzebowania w perspektywie 2100 roku okażą się znacząco zawyżone; są obarczone prawdopodobieństwem bliskim zeru.

W analizie wpływu zmian klimatu na zapotrzebowanie na energię elektryczną i ciepło wyróżniono 4 umowne kategorie związane z temperaturą: wysoka temperatura latem (Z1), wysoka temperatura zimą (Z2), niska temperatura latem (Z3), niska temperatura zimą (Z4). Wpływ tych kategorii na zapotrzebowanie energii zestawiono w poniższej tabeli (Tab. 6.25.).

Tab. 6.25. Wpływ wyróżnionych umownych kategorii klimatu na zapotrzebowanie energii elektrycznej i ciepła*

Rodzaj zapotrzebowania	Z1	Z2	Z3	Z4
Zapotrzebowanie na energię elektryczną	+	-	-	+
Zapotrzebowanie na moc elektryczną	+	-	-	+
Zapotrzebowanie na ciepło	0	-	0	+
Zapotrzebowanie na moc cieplną	0	-	0	+

* „+” zwiększenie, „-” zmniejszenie, „0” brak wpływu

Przedstawiona w powyższej tabeli analiza pokazuje, że prognozowane zmiany klimatu będą miały pomijalny wpływ na zapotrzebowanie na energię elektryczną, niewielki na zapotrzebowanie na ciepło oraz także niewielki pozytywny na zapotrzebowanie mocy, bo zmniejszy się różnica między zapotrzebowaniem zimowym i letnim. Dotyczy to zarówno energii elektrycznej, jak i ciepła.

Zmiany warunków dystrybucji energii elektrycznej

W polskim systemie elektroenergetycznym dominują sieci napowietrzne. Infrastruktura podziemna (sieci kablowe) stosowana jest tylko w dużych aglomeracjach miejskich, przy przesyłach prądu o niskim i średnim napięciu. Praktycznie w 100 % napowietrzne są sieci przesyłowe o napięciu 400 i 220 kV (wyjątek stanowi kablowe połączenie między Polską a Szwecją). Całkowita długość linii o napięciu 110 kV wynosi ponad 32,5 tys. km, z czego zaledwie ok. 100 to linie kablowe. Długość linii średniego napięcia w Polsce wynosi ponad 300 tys. km, w tym kablowych około 68 tys. Linie niskiego napięcia w przeważającej części wykonane są także jako napowietrzne.

Sieci napowietrzne narażone są na awarie spowodowane silnym wiatrem i oblodzeniem związanym z przechodzeniem temperatury powietrza przez 0°C, z występującymi jednocześnie opadami w postaci marznącej (śnieg mokry, mżawka, przechłodzony deszcz) oraz wiatrem. Z tego rodzaju sytuacjami związany jest wzrost częstotliwości awarii sieci elektroenergetycznej.

Elektroenergetyczne sieci kablowe nie są wrażliwe na zmiany klimatu. Natomiast ciepłownicze sieci przesyłowe mogą być wrażliwe na długotrwałe utrzymujące się ekstremalnie niskie temperatury ujemne, zwłaszcza w przypadku sieci starych i niedostatecznie zaizolowanych.

Zmiana możliwości wytwórczych energetyki paliw kopalnych

Wytwarzanie energii elektrycznej w elektrowniach zasilanych paliwami kopalnymi realizowane jest w dwóch podstawowych układach technologicznych: blokach parowych zasilanych węglem kamiennym oraz układach gazowo-parowych zasilanych gazem, z tym, że w technologii węglowej wytwarzane jest w kraju ponad 90% energii elektrycznej.

Z zasady pracy każdego silnika cieplnego wynika potrzeba odebranie ciepła w tzw. dolnym źródle. Im niższa temperatura tego źródła tym wyższa sprawność i wytwarzana moc elektryczna. W praktyce stosowane są dwa rodzaje tych dolnych źródeł – rodzaje chłodzenia: w obiegu otwartym – wodą z rzeki lub zespołu jezior oraz w obiegu zamkniętym w tzw. chłodni kominowej, gdzie ciepło przekazywane jest do powietrza. Temperatura chłodzenia, a tym samym sprawność wytwarzania energii, zależy więc od temperatury wody w rzekach lub temperatury powietrza. W przypadku chłodzenia w obiegu otwartym dodatkowe ograniczenia wynikają z konieczności nie przekraczania dopuszczalnego wzrostu temperatury w rzece. Przy niskim stanie wody oznacza to konieczność ograniczania mocy siłowni.

W układzie gazowo-parowym sprawność i moc zależą dodatkowo od temperatury powietrza wykorzystywanego do spalania paliwa. Ze wzrostem temperatury rośnie praca potrzebna do sprężania powietrza, a tym samym zmniejsza się sprawność i moc. W układzie

parowym, w którym powietrze podawane jest do paleniska pod ciśnieniem atmosferycznym, wpływ ten jest pomijalny.

Odnosząc omówione wpływy do umownych kategorii klimatu wyróżniono dwie kategorie: wysoka temperatura powietrza (W1) oraz mała ilość opadów (niski stan wód) (W2), co przedstawiono w Tab. 6.26.

Tab. 6.26. Wpływ wyróżnionych umownych kategorii klimatu na sprawność i moc wytwórczych instalacji energetycznych.*

Rodzaj instalacji energetycznej	W1	W2
Elektrownia parowa na węgiel z otwartym układem chłodzenia	+	+
Elektrownia parowa na węgiel z zamkniętym układem chłodzenia	+	0
Elektrownia gazowo - parowa z otwartym układem chłodzenia	++	+
Elektrownia gazowo - parowa z zamkniętym układem chłodzenia	++	0

* „++” znaczny wpływ, „+” widoczny wpływ, „0” brak wpływu

Technologie wytwarzania ciepła praktycznie nie zależą od warunków klimatycznych.

Zmiany technologii w energetyce

Z większości prognoz dotyczących rozwoju sektora energetyki przewiduje się rewolucję w zakresie technologii, a jako wiodące wskazywane są technologie wykorzystujące energię słoneczną. Przykładem może tu być prognoza niemieckiej grupy ekspertów WBGU z 2010 r. dotycząca przewidywanych zmian w strukturze paliwowo-energetycznej na świecie w odniesieniu do paliw pierwotnych do 2100 roku (WBGU, *Energy Vision...* 2009). Zgodnie z prognozą w 2050 roku udział energii odnawialnej będzie wynosił 50%, przy czym energia słoneczna do produkcji energii elektrycznej to 25%, natomiast w 2100 roku całkowity udział OZE ma wynosić 90%, z tego 90% to słoneczna energia elektryczna.

Należy zauważyć, że w prognozie tej całkowicie pominięto energetyką jądrową czy termojądrową. Nie można natomiast wykluczyć, że do tego czasu nie zostanie opracowana i wdrożona kontrolowana reakcja termojądrowa. Technologia wykorzystująca reaktory prędkie jest wstrzymywana ze względów społecznych i politycznych. Obie te technologie można ocenić na odporne na zmiany klimatyczne i nie można wykluczyć, że staną się one konkurencyjne w stosunku do powszechnie dziś propagowanej i wspieranej finansowo energetyki słonecznej.

Należy sądzić, że za kilkadziesiąt lat pojawią się nowe technologie obecnie nieznane lub niedoceniane. Praktycznie nie wykazywane w prognozach energetycznych są technologie wodorowe i ogniwo paliwowych. Uważa się, że do skojarzonych technologii słonecznych i wodorowych może należeć przyszłość (Kazmerski 2010, *Energy Visions...* 2009). Będzie to miało miejsce dzięki wykorzystaniu zjawiska elektrolizy, zachodzącego pod wpływem energii dostarczanej z paneli fotowoltaicznych i odpowiedniej metodzie magazynowania wodoru i tlenu (np. w cienkich warstwach materiałowych), czy też dzięki procesom fotochemicznym, czyli zjawisku fotolizy.

Możliwy jest także powrót do idei budowy centralnych elektrowni słonecznych na zewnątrz atmosfery ziemskiej, gdzie występuje tylko promieniowanie bezpośrednie wiązkowe i będą stosowane technologie koncentryczne skojarzone z fotowoltaicznymi. Wiązka uzyskanego promieniowania będzie przekazywana dalej jako fala elektromagnetyczna na Ziemię. Energia nie będzie już wytwarzana na Ziemi, tylko odbierana w zależności od potrzeb.

Wpływ zmian klimatu na energetykę odnawialną

Większość energii odnawialnej jest pochodną energii promieniowania słonecznego. Do pochodnych promieniowania słonecznego należy energia wiatru, wody, biomasy. Wykorzystuje się również samą energię promieniowania słonecznego w sposób bezpośredni.

Dostępność tych energii, ze względu na źródło ich pochodzenia, charakteryzuje się dużą zmiennością w czasie. Z jednej strony zmienność ta ma charakter deterministyczny i związana jest przede wszystkim z porami roku i dnia, z drugiej strony stochastyczny, przypadkowy.

Wzrost temperatury, opadu, wilgotności, prędkości wiatru, napromieniowania słonecznego w zależności od czasu uśredniania może mieć pozytywne lub negatywne skutki dla poszczególnych rodzajów energetyki odnawialnej, takich jak: energetyka słoneczna cieplna i fotowoltaiczna, energetyka wiatrowa, energetyka wodna, energetyka związana z wykorzystaniem biomasy, energetyka związana z wykorzystaniem energii zawartej w otoczeniu zewnętrznym za pośrednictwem pomp ciepła.

W celu oceny oddziaływania zmian klimatu na sektor energetyki odnawialnej umownym kategoriom klimatu przypisano czynniki charakteryzujące daną kategorię, przy czym uwzględniono czas oddziaływania, co w przypadku energetyki odnawialnej jest bardzo istotne.

Tab. 6.27. Umowne kategorie klimatu i czynniki charakteryzujące daną kategorię o różnym czasie oddziaływania.

Lp.	Umowna kategoria klimatu	Opis czynników składających się na daną kategorię
1.A	Mróz krótkotrwały	Bardzo niska temperatura w krótkim okresie
1.B	Mróz długotrwały	Bardzo niska temperatura w długim okresie
2.A	Upał krótkotrwały	Bardzo wysoka temperatura, duże napromieniowanie w krótkim okresie
2.B	Upał długotrwały	Bardzo wysoka temperatura, duże napromieniowanie w długim okresie
3.A	Duże nasłonecznienie krótkotrwałe	Wysokie natężenie promieniowania słonecznego w krótkim okresie
3.B	Duże nasłonecznienie długotrwałe	Wysokie natężenie promieniowania słonecznego w długim okresie
4.A	Opad –deszcz krótkotrwały	Intensywne opady deszczu w dodatniej temperaturze powietrza, krótkotrwałe
4.B	Opad – deszcz długotrwały	Intensywne opady deszczu w dodatniej temperaturze powietrza, długotrwałe, podtopienia występowanie powodzi
5.A	Opad-śnieg krótkotrwały	Krótkotrwałe opady przy niskiej temperaturze (zamiecie śnieżne, pokrywa śnieżna, gradobicie)
5.B.	Opad-śnieg długotrwały	Intensywne długotrwałe opady przy niskiej temperaturze (zamiecie śnieżne, pokrywa śnieżna, gradobicie)
6.A	Wiatr krótkotrwały	Bardzo silne krótkotrwałe wiatry i wyładowania atmosferyczne (sztorm, huragan, trąba powietrzna)
6.B	Wiatr długotrwały	Bardzo silne długotrwałe wiatry i wyładowania atmosferyczne (sztorm, huragan, trąba powietrzna)
6.C	Brak wiatru, cisza	Brak wiatru, długie okresy ciszy

W tabeli poniżej (Tab. 6.28.) przedstawiono zakres oddziaływania umownych kategorii klimatu (UKK) na sektor energetyki odnawialnej w odniesieniu do poszczególnych OZE w aspekcie przyjętych obszarów wrażliwości.

Tab. 6.28. Zakres oddziaływania umownych kategorii klimatu (UKK) na sektor energetyki odnawialnej w odniesieniu do poszczególnych OZE.*

Urządzenia/ instalacje/system OZE	Kategoria klimatu (UKK)												
	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B	6A	6B	6C
Energetyka słoneczna cieplna													
Funkcje i cechy użytkowe		--		--	++	--	++			++			++
Lokalizacja		--		--	++	--	++	--		--		--	
Umiejscowienie/ posadowienie		--			++	++	++	--		--		--	
Konstrukcja		--		--	++	-+	++	--		--		--	++
Dostępność źródła					++	++		--		--			
Wydajność energetyczna		--		-+	++	++	--	--	--	-	--	--	++
Długość życia		-		--		--		--		--		-	+

Urządzenia/ instalacje/system OZE	Kategoria klimatu (UKK)												
	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B	6A	6B	6C
Energetyka słoneczna fotowoltaika													
Funkcje i cechy użytkowe			--	--	++	-+	++	--		--	++	+/-	
Lokalizacja			--	--	++	++	++	--		--			
Umiejscowienie/ posadowienie				-	++	++	++	--		--	++	+/-	
Konstrukcja				--		-+	++	--		--		--	
Dostępność źródła					++	++	--	--		--			
Wydajność energetyczna	++	++	--	--	++	++	--	--	--	--	++	+/-	
Długość życia				-	-	--		--		--	++	+/-	
Energetyka wodna													
Funkcje i cechy użytkowe	-	--	-	--		--		--		--		--	
Lokalizacja	-	--		--		--		--		--		--	
Umiejscowienie/ posadowienie		--		--		--		--		--		--	
Konstrukcja		--		--		--		--		--		--	
Dostępność źródła		--		--		--	-	-	-	-	-	-	
Wydajność energetyczna		--		--		-		--		--			
Długość życia		--		--		--		--		-			
Energetyka wiatrowa													
Funkcje i cechy użytkowe		--								--	+	+/-	
Lokalizacja		--						-		--	++	+/-	
Umiejscowienie/ posadowienie		--						-		--	+	+/-	-
Konstrukcja		--						-		--	++	-	--
Dostępność źródła											++	+/-	-
Wydajność energetyczna											++	+/-	--
Długość życia		--								-		--	
Energetyka ciepła biomasy													
Funkcje i cechy użytkowe		-+	+	+-	+	+							
Lokalizacja		-											
Umiejscowienie/ posadowienie		--											
Konstrukcja		--		-									
Dostępność źródła		--	++	--	++	--	++	--		--			
Wydajność energetyczna	+	-+		-		-							
Długość życia		--											
Energetyka OZE z pompą ciepła gruntową													
Funkcje i cechy użytkowe		-											
Lokalizacja		-				+		+		-			
Umiejscowienie/ posadowienie		-		+		+		+					
Konstrukcja		-								-			
Dostępność źródła	-	-	+	+		+		+	-	-			
Wydajność energetyczna		-		+		+		+		-			
Długość życia		-											

* znak + oddziaływanie pozytywne, znak – oddziaływanie negatywne, puste miejsce brak oddziaływania

W przypadku energetyki słonecznej cieplnej niezależnie od jej skali, upał wpływa pozytywnie na technologie zależne nie tylko od promieniowania słonecznego, ale i od temperatury otoczenia. Mróz długotrwały teoretycznie powinien mieć pozytywny wpływ na dostępność źródła OZE, bowiem z reguły dużym mrozom towarzyszy duża przejrzystość atmosfery, a więc duże nasłonecznienie, wyjątkiem są technologie zależne od temperatury otoczenia zewnętrznego (np. płaski cieczowy i powietrzny kolektor słoneczny). Wydajność energetyczna systemu może być wrażliwa na długotrwałe okresy dużego nasłonecznienia (przegrzewanie czynnika roboczego, ponad temperaturę stagnacji). Krótkotrwałe opady

deszczu przy temperaturze dodatniej mają wpływ pozytywny pełniąc funkcję czynnika czyszczącego powierzchnię zewnętrzną odbiornika - kolektora. Natomiast długotrwałe deszcze i długotrwałe opady śniegu, oznaczające również długotrwałe zachmurzenie, mają ujemny wpływ. Długotrwałe wiatry o dużej prędkości, oznaczają obecnie wzrost strat ciepła z powierzchni odbiorników promieniowania słonecznego, działają negatywnie na większość obszarów wrażliwości.

W odniesieniu do instalacji fotowoltaicznych wysokie temperatury obniżają jej sprawność. Natomiast niskie temperatury (chłodzenie naturalne modułów) związane z sytuacjami wyżowymi mają wpływ pozytywny. Wpływ wiatru zwłaszcza długotrwały zwiększa efekt chłodzenia. Krótkotrwały deszcz i śnieg ma wpływ pozytywny, tak jak w przypadku kolektorów, pełni rolę czyszcząca panele. Natomiast długotrwały deszcz i śnieg (zalegający na panelach) są związane z dużym zachmurzeniem, ograniczają dostęp do zasobów i mają wpływ ujemny.

W przypadku energetyki wiatrowej długotrwałe opady śniegu mogą wpływać negatywnie na systemy małej skali, a szczególnie mikroskali, gdy wiatraki są zlokalizowane bezpośrednio na budynku. Długotrwałe opady deszczu przechłodzonego w temperaturze w okolicy 0°C, mrozy (zwłaszcza w przypadku parków wiatrowych zlokalizowanych na morzu), mogą powodować oblodzenie. Bezwietrzna pogoda oznacza brak możliwości pracy elektrowni wiatrowych. Niekorzystnie oddziałują także zbyt silne i gwałtowne wiatry – huragany. Natomiast pozytywny wpływ mają wiatry trwające długo, o mało zmiennej prędkości.

Wrażliwość energetyki wodnej jest ściśle związana z wrażliwością zasobów i gospodarką wodną. Zmniejszenie poziomu wody w rzekach prowadzi do ograniczonego dostępu do zasobów energii, w konsekwencji do ograniczenia lub nawet uniemożliwienia wykorzystania energii spadku wód powierzchniowych.

Wykorzystanie biomasy naturalnej do celów energetycznych jest związane z roślinnością, która ściśle zależy od zmian klimatu. Wzrost średniej temperatury może spowodować wydłużenie się okresu wegetacji oraz bujniejszy wzrost roślin skutkujący większą podażą biomasy na cele energetyczne.

Wykorzystanie energii geotermalnej płytkiej (warstw powierzchniowych i płytkich gruntu), w zależności od głębokości zależy w mniejszym lub większym stopniu od temperatury zewnętrznej, opadów deszczu, nasłonecznienia, jako zjawisk długookresowych. Na wykorzystanie przez pompę ciepła zawartego w powietrzu lub w wodach powierzchniowych wpływają negatywnie niskie temperatury powietrza (mrozy).

W dalszej analizowanej perspektywie czasowej po 2030 roku technologie OZE, jako coraz bardziej dojrzałe, będą coraz mniej zależne od klimatu, poza tymi kategoriami, które są bezpośrednio związane z ich dostępnością. Niemniej w rozpatrywanym okresie do 2100 roku umowne kategorie klimatu i czynniki charakteryzujące te kategorie, z uwzględnieniem czasu oddziaływania, pozostają praktycznie niezmiennymi. Mogą natomiast nasilać się ekstremalne zjawiska pogodowe utrudniające prace urządzeń energetycznych jak pożary, zalania, powodzie, nawałnice, huragany. Poza zjawiskami lokalnymi mogą występować zjawiska o charakterze regionalnym, wpływające na wykorzystanie energetyki odnawialnej. Szczególnie niebezpieczne jest zapylenie, które w skrajnych przypadkach może całkowicie ograniczyć możliwość wykorzystania energii promieniowania słonecznego na znacznych obszarach (np. pożary lasów w wyniku intensywnej suszy).

Ocena wrażliwości sektora energetyki odnawialnej na zmiany klimatu będzie zmieniać się z upływem czasu, wykazując coraz mniejsze zależności od warunków klimatycznych, niż w pierwszej połowie XXI w. Problem spadku sprawności urządzeń i instalacji fotowoltaicznych ze wzrostem temperatury będzie rozwiązany w przyszłości, m.in. poprzez rozwój technologii

hybrydowych, w których moduły fotowoltaiczne są zintegrowane z kolektorami słonecznymi lub poprzez inne obecnie nie znane jeszcze rozwiązania. Wydaje się, że w przyszłości podstawową kategorią klimatu wpływająca negatywnie na wykorzystanie tej technologii będzie zachmurzenia i zanieczyszczenia/zapylenia atmosfery. Negatywny wpływ może mieć również długotrwały śnieg zalegający na panelach uniemożliwiający ich stosowanie. Biorąc jednak pod uwagę przewidywane zmniejszenie liczby dni z pokrywa śnieżna można oczekiwać, że to zjawisko nie będzie stanowić istotnego zagrożenia dla tego źródła energii.

Wydaje się, że w przypadku energetyki słonecznej cieplnej niezależnie od jej skali, podobnie jak w przypadku fotowoltaiki jedynymi kategoriami umownymi klimatu wpływającymi negatywnie na poszczególne obszary wrażliwości jest zachmurzenie i długotrwały zalegający śnieg. Inne nie będą już miały znaczenia dzięki dalszemu postępowi technologicznemu.

W przypadku energetyki wiatru negatywny wpływ będą miały długotrwałe opady śniegu i to dla systemów małej skali, a szczególnie mikroskali zwłaszcza, gdy turbiny wiatrowe będą zlokalizowane bezpośrednio na budynku. Teoretycznie przejście przez temperaturę 0°C i długotrwałe mrozy mogą negatywnie wpływać na turbiny wiatrowe, zwłaszcza na wiatraki zlokalizowane na morzu (oblodzenie). Jednakże należy oczekiwać, że w ciągu kilkudziesięciu lat problemy te zostaną rozwiązane. Problemem pozostanie bezwietrzna pogoda (brak źródła energii) i pojawią się nowe zagrożenia, jak kataklizmy środowiskowe.

Jak wspomniano wcześniej wrażliwość energetyki wodnej jest ściśle związana z wrażliwością zasobów i gospodarką wodną. Można oczekiwać, że rola energetyki wodnej do produkcji energii będzie bardzo ograniczona, a zasobniki i zapory wodne będą pełnić funkcje jedynie retencyjne.

Chociaż przewiduje się wykorzystanie biomasy poprzez technologie zaawansowane energetycznie, to raczej będzie to biomasa pochodząca z tzw. metabolizmu społecznego. Spodziewany jest wzrost przetwarzania biomasy odpadowej w biogazowniach, gdzie substratami będą odpady z leśnictwa oraz przemysłu rolnego i spożywczego. Biomasa naturalna, której wrażliwość na zmiany klimatu wiąże się z jej wegetacją i pozyskiwaniem, nie będzie raczej wykorzystywana.

Energia geotermalna płytka, tzn. warstw powierzchniowych i płytkich gruntu, jak również energia zawarta w powietrzu może być wykorzystywana za pomocą pomp ciepła. W zależności od dolnego źródła ciepła na tę technologię wpływ będzie mieć temperatura zewnętrzna, temperatura gruntu i wody, a w przypadku wykorzystania gruntu także jego wilgotność, przepływ wód gruntowych. Prawdopodobnie będą stosowane jedynie pompy ciepła gruntowe z wymiennikami pionowymi, żeby uniezależnić odbiór ciepła od warunków atmosferycznych, czyli od zmian klimatu.

W przypadku skojarzonych technologii słonecznych i wodorowych, których rozwój przewiduje się w przyszłości, można przypuszczać, że kategoriami umownymi wpływającymi na nie, będą tylko te związane bezpośrednio z promieniowaniem słonecznym, czyli nasłonecznienie, jako kategoria pozytywna oraz zachmurzenie, kataklizmy i długotrwałe opady śniegu, co oczywiście związane jest z zachmurzeniem.

W przypadku energetyki odnawialnej podstawowym czynnikiem warunkującym prawidłowe funkcjonowanie sektora jest dostęp do zasobów energii odnawialnej, czyli w zależności od rodzaju OZE dostęp odpowiednio do energii promieniowania słonecznego, energii wiatru, wody i biomasy, a w przypadku pompy ciepła energii zawartej w środowisku. Przy zmianach klimatu ograniczających dostęp do zasobów lub uniemożliwiających ich wykorzystanie dana gałąź sektora OZE przestanie istnieć, o czym wcześniej już napisano. Sektor jest w tym aspekcie bardzo wrażliwy na zmiany klimatu.

Innym istotnym elementem jest rozwój sektora przemysłu energetyki OZE, w tym łatwy dostęp do urządzeń i instalacji wykorzystujących OZE i służących do produkcji ciepła, energii elektrycznej i chłodu. Celowy jest rozwój rodzimego przemysłu OZE, a dzięki temu uniezależnienie się od zmian globalnych gospodarczych i politycznych, a także intensyfikacja działań na rzecz wzrostu efektywności funkcjonowania poszczególnych urządzeń i systemów. To ostatnie może być osiągnięte poprzez wprowadzenie odpowiednich mechanizmów wspierających krajowych producentów, mechanizmów na rzecz wdrażania innowacyjnych technologii i współpracy nauki z przemysłem. Światowy rozwój gospodarczy powinien mieć pozytywny wpływ na sektor OZE w kraju wpływając na intensyfikację postępu technologicznego i wzrost konkurencyjności na rynkach energetycznych, obniżając cenę urządzeń i instalacji, stanowiąc je bardziej dostępnymi i atrakcyjnymi dla odbiorcy końcowego, który może stać się jednocześnie producentem energii. Jednakże istotna jest dynamika tego rozwoju, w szczególności w warunkach krajowych, co nie jest łatwe do przewidzenia dla przestrzeni kilkudziesięcioletniej.

Ocena wpływu przyszłych zmian klimatu na energetykę

Sektor energetyki jest relatywnie mało wrażliwy na zmiany klimatu. Wzrost temperatury jest korzystny z punktu widzenia zapotrzebowania na ciepło. Zmniejsza zapotrzebowanie, wyrównuje zmiany obciążenia. Zmniejszenie zapotrzebowania dotyczy przede wszystkim potrzeb na ogrzewanie pomieszczeń. Zmniejszenie różnic między zapotrzebowaniem minimalnym i maksymalnym dotyczy zarówno ciepła, jak i energii elektrycznej. Wzrost temperatury może jednak wpływać na zwiększenie zapotrzebowania na chłód, co będzie powodowało zwiększenie zapotrzebowania na energię elektryczną. W przypadku zapotrzebowania na energię nie można zatem wskazać prawdopodobnych zagrożeń i strat.

Najbardziej wrażliwą, z punktu widzenia zmian klimatu, składową sektora energetyki jest infrastruktura wykorzystywana do dystrybucji energii elektrycznej. Już obecnie obfite opady śniegu połączone z przechodzeniem temperatury przez wartość 0°C powodują masowe awarie sieci niskiego napięcia i nawet kilkudniowe braki zasilania, głównie na obszarach wiejskich. Wzrost temperatury w warunkach krajowych spowoduje, że zimą dni o temperaturze 0°C znacznie przybędzie. Wzrastały będą zatem straty spowodowane brakiem zasilania w energię elektryczną. Oszacowanie ich jest niezmiernie trudne. Zależą bowiem od rejonu w jakim wystąpią, pory dnia itd. Można je oszacować posługując się wielkościami uśrednionymi, przy założeniu, że przy współczesnym uzależnieniu od zasilania w energię elektryczną brak zasilania powoduje utratę możliwości „wytwarzania” produktu krajowego brutto (PKB). Przyjmując, że krajowy PKB na mieszkańca wynosi około 40000 zł/rok, to statystyczny Polak wytwarza w ciągu godziny PKB o wartości około 4,5 zł. Brak zasilania przez 10 godzin obszaru, na którym mieszka 100 tys. osób oznacza średnio stratę na poziomie 4,50 mln. zł, bez uwzględnienia kosztów usuwania uszkodzeń. Dostępne publicznie dane nie pozwalają jednoznacznie oszacować kosztów usuwania uszkodzeń.

Elektrownie, elektrociepłownie i ciepłownie wytwarzające energię elektryczną i ciepło są mało zależne od prognozowanych zmian klimatu. W przypadku elektrowni i elektrociepłowni gazowych wraz ze wzrostem temperatury powietrza następuje niewielka utrata mocy osiągalnej i sprawności. W przypadku technologii parowych wpływ ten jest praktycznie pomijalny. Istotnym problemem w elektrowniach cieplnych jest natomiast dostępność wody dla potrzeb chłodzenia i uzupełniania obiegu.

Można przypuszczać, że przyszłe technologie energetyczne OZE praktycznie nie będą wrażliwe na zmiany klimatu, co zapewni odpowiedni rozwój poszczególnych technologii i ich adaptacja do nowych warunków. Niektóre podsektory jak energetyka wodna, czy technologie spalania biomasy naturalnej (w tym plantacji energetycznych) nie będą wykorzystywane w związku ze znacznie ograniczonymi ich zasobami).

Zmiany klimatu związane ze wzrostem temperatury spowodują w sposób naturalny zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło. Jednocześnie rozwój technologiczny zmniejszy energochłonność poszczególnych sektorów gospodarki. Sektor budownictwa, który obecnie jest odpowiedzialny za przeszło 40% zużycie energii końcowej, zarówno w Polsce, jak i w całej Europie, już w okresie kilkudziesięciu lat (około 2050 roku) nie będzie wykazywał potrzeb na ciepło do ogrzewania i chłodu do chłodzenia, czy klimatyzacji budynków. Energooszczędność struktur budowlanych, odpowiednie materiały, inteligentna obudowa budynku, systemy odpowiednio zarządzane i sterowane spowodują, że nowobudowane budynki będą zeroenergetyczne w odniesieniu do ciepła na potrzeby ogrzewania pomieszczeń. Natomiast będą produkować energię elektryczną i ciepło, które będą wykorzystywane do zaopatrywania budynków, a nadmiar energii będzie magazynowany lub oddawany do sieci elektroenergetycznej lub ciepłowniczej. Wraz ze wzrostem średniej temperatury wzrośnie efektywność działania ciepłych systemów słonecznych. Zmiany klimatu będą więc miały korzystny wpływ w tym zakresie.

Powyższe rozważania cechuje duża niepewność. Po pierwsze ocieplenie klimatu może nie nastąpić, a w tym przypadku energetyka wodna będzie się nadal rozwijać. Natomiast spalanie biomasy niezależnie od zmian klimatycznych będzie zaprzestane, przede wszystkim ze względu na emisje CO₂. Sposób zerowania emisji CO₂ pochodzącej ze spalania biomasy pochodzenia roślinnego musi być zlikwidowany, jako nie oddający rzeczywistego efektu emisji zanieczyszczeń do otoczenia.

W przypadku energetyki współczesne technologie rozwijają się bardzo szybko i szczególnie w przypadku technologii OZE widać ogromny postęp zwiększający sprawność wykorzystania zasobów i źródeł oraz efektywność działania urządzeń i instalacji. Jednakże już za kilkadziesiąt lat mogą pojawić zupełnie nowe przełomowe technologie umożliwiające pozyskiwanie i magazynowanie energii poprzez zmiany właściwości materiałów.

Istotnym, wspomnianym już wcześniej problemem są awarie sieci dystrybucyjnej, które powodują braki zasilania w energię elektryczną. Niestety podziemne sieci kablowe są znacząco droższe niż naziemne. Dla niskich napięć podziemna linia kablowa jest droższa 3-5 razy od naziemnej, a przy liniach najwyższych napięć stosunek ten może dochodzić do 20. Wymiany sieci z napowietrznej na podziemną nie uda się zatem przeprowadzić na zasadach rynkowych. Wydaje się, że należałoby tu zastosować system dotacji ze środków pozyskiwanych z opłat zastępczych, a w przyszłości ze sprzedaży uprawnień do emisji.

Jedną z charakterystycznych cech sektora energetyki jest długotrwałość wszystkich procesów gospodarczych. Proces inwestycyjny, łącznie z przygotowaniem trwa minimum 5 lat. Czas eksploatacji urządzeń wytwórczych i sieci to lat kilkadziesiąt. Niezwykle ważne jest zatem długoterminowe prognozowanie zapotrzebowania na energię, cen surowców i uwzględnienie zmian klimatu.

Działania adaptacyjne

Istotną rolę w ograniczeniu skutków zmian klimatu będą odgrywać działania sektorowe, w tym w szczególności polityka gospodarcza - energetyczna i środowiskowa, a także budownictwa, infrastruktury i rolnictwa. To one będą decydować o preferencjach i wsparciu dla poszczególnych źródeł energii, metod ich przetwarzania i wykorzystania oraz o stopniu zmniejszania zużycia energii i ograniczenia emisji szkodliwych gazów w poszczególnych sektorach. Wzrost wytwarzania energii nie musi bowiem oznaczać, wzrostu obciążenia środowiska emisjami. Przy zastosowaniu odpowiednich źródeł i metod może oznaczać jego znaczne zmniejszenie. Pierwszoplanową rolę powinny tu pełnić źródła energii odnawialnej.

Sektor energetyki powinien przygotować się do efektywnego pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych, ich magazynowania i przetwarzania w energię końcową, biorąc pod uwagę

specyfikę poszczególnych odbiorców: przemysłu, budownictwa, transportu i rolnictwa, jak i zróżnicowaną specyfikę OZE. Konieczne jest prowadzenie działań zintegrowanych pomiędzy poszczególnymi sektorami gospodarki.

Działania adaptacyjne poszczególnych sektorów powinny uwzględniać odpowiednie podlegające im obszary, tj. planowania energetycznego, przestrzennego, budownictwa i infrastruktury, transportu, rolnictwa, z uwzględnieniem wspólnych celów zmniejszania ich energochłonności i zanieczyszczenia środowiska. Jednocześnie istotne jest, aby obiekty energetyczne, wytwarzające, czy też pozyskujące energię dostosowywały się do zmian klimatu. Oznacza to, konieczność rozszerzenia i wzmocnienia badań nad nowymi technologiami energetycznymi, rozszerzenie programów nauczania na szczeblu podstawowym, średnim i wyższym. Edukacja w zakresie innowacyjnych energooszczędnych rozwiązań we wszystkich sektorach gospodarczych jest kluczowa dla szybkiej i efektywnej adaptacji do zmian klimatu i jego skutków.

W zależności od obszaru działań, sektora gospodarki i jego wrażliwości na zmiany klimatu, działania adaptacyjne mogą mieć charakter jednorazowy, cykliczny lub długoterminowy. Wobec bardzo długiego okresu, w jakim będzie przeprowadzany proces adaptacyjny preferowane powinny być działania cykliczne w zakresie administracyjno-prawnym i ciągle w obszarze edukacyjnym. Większość działań powinna być podjęta natychmiast, skutki monitorowane i w zależności od tych skutków działania cyklicznie korygowane.

Jednym z istotniejszych problemów jest tu zapobieganie awariom sieci dystrybucyjnej. Konieczne wydaje się:

- zobligowanie operatora systemu przesyłowego (oraz operatorów systemów dystrybucyjnych) do wprowadzenia technologii i procedur odladzania linii napowietrznych;
- stopniowa wymiana linii napowietrznych na kablowe (szczególnie linii niskiego napięcia) - celowe jest dofinansowanie takich działań ze środków publicznych;
- likwidacja barier w dostępie ekip remontowych do sieci przesyłowych w przypadku konieczności usunięcia awarii;
- zmniejszenie wpływu wzrostu temperatury na osiągi konwencjonalnych bloków energetycznych można uzyskać poprzez takie działania jak preferowanie budowy bloków z zamkniętymi układami chłodzenia, głównie poprzez decyzje środowiskowe oraz wsparcie inwestycji w obszarze jednostek szczytowych i interwencyjnych (gazowych) poprzez ogłoszenie przetargów (pomoc publiczna).

Za konieczne do podjęcia działania zapobiegające negatywnym oddziaływaniom zmian klimatu na sektor OZE należy uznać wprowadzanie nowych mechanizmów wsparcia dla tych technologii, dla których ocieplenie klimatu będzie sprzyjające (energetyka słoneczna).

Dla pełnego rozwoju energetyki odnawialnej konieczne jest opracowanie efektywnych metod magazynowania energii. Konieczne jest utworzenie programu i finansowanie badań nad technologiami magazynowania energii krótko- i długoterminowego, zarówno elektrycznej, jak i ciepła i chłodu.

Celowe jest wspieranie technologii wykorzystujących jako paliwo biomasę odpadową: ścieki, osady ściekowe, odpady leśnictwa, z przemysłu rolnego i spożywczego. Powinny to być technologie wysokosprawne pracujące w układach kogeneracyjnych lub trójgeneracyjnych.

Konieczne będzie wprowadzenie zasad wyznaczania efektywności energetycznej instalacji i systemów energetycznych z uwzględnieniem pełnego cyklu życia (LCA) zarówno w odniesieniu do energii niezbędnej do wytworzenia urządzeń energetycznych i ich oprzyrządowania (energii wbudowanej), energii wymaganej w procesie inwestycyjnym i eksploatacyjnym danego systemu, jak i energii niezbędnej do przetworzenia elementów tego systemu do surowców wtórnych. Poza

zużyciem energii powinny być wyznaczane odpowiadające im emisje szkodliwych gazów i innych substancji. Metoda LCA powinna stać się powszechna w ocenie efektywności energetycznej i środowiskowej nowych inwestycji energetycznych, a także w budownictwie, infrastrukturze i transporcie.

Analizę wpływu działań adaptacyjnych na poszczególne sektory zamieszczono na końcu dokumentu w załączniku 3. Wykaz działań adaptacyjnych i ich kosztów w pakiecie podstawowym, rozszerzonym i pełnym zamieszczono na końcu dokumentu w załączniku 6.

6.7. Budownictwo

Uwzględnienie zmian klimatu w polityce infrastrukturalnej obejmującej transport i budownictwo stanowi jeden z warunków zrównoważonego rozwoju obu sektorów. Ocena wpływu przyszłych zmian klimatycznych wykorzystuje jako poziom odniesienia wartości elementów klimatu, które obecnie stanowią podstawę obowiązujących przepisów technicznych. Klimat oddziałuje w sposób bardzo podobny na wszystkie rodzaje budownictwa i infrastruktury transportowej. Budownictwo w sektorze transportu podlega takim samym oddziaływaniom, jak pozostałe rodzaje budownictwa. Natomiast odrębnym zagadnieniem jest oddziaływanie zmian klimatu na funkcjonowanie transportu. Transportowi został poświęcony rozdział 6.8.

Analizę wpływu zmian klimatu na budownictwo przeprowadzono na podstawie kilku podstawowych elementów klimatycznych, które zagregowano w Umowne Kategorie Klimatu (UKK) opisujące te zjawiska klimatyczne (Tab. 6.29), które mają znaczenie dla badanych sektorów.

Tab. 6.29. Umowne Kategorie Klimatu (UKK) o istotnym wpływie na sektory.

UKK	Opis czynników składających się na daną kategorię
Mróz	Bardzo niska temperatura, przemarzanie gruntu, pokrywa lodowa na ciekach wodnych, gołoledź
Śnieg	Intensywne opady przy niskiej temperaturze powietrza, zamieć śnieżna, pokrywa śnieżna, gradobicie
Deszcz	Intensywne opady deszczu w dodatniej temperaturze powietrza, występowanie powodzi lub podtopień
Wiatr	Bardzo silny wiatr i wyładowania atmosferyczne (sztorm, huragan, trąba powietrzna), duży gradient ciśnienia atmosferycznego, turbulencja
Upał	Bardzo wysoka temperatura, usłonecznienie
Mgła	Zjawiska ograniczające widzialność, mgła, niska podstawa chmur,

Na różne rodzaje budownictwa warunki klimatyczne wywierają zróżnicowany wpływ w zależności od rozpatrywanych elementów, takich jak: lokalizacja obiektu budowlanego, posadowienie i fundamentowanie, konstrukcja nośna obiektu, obudowa zewnętrzna obiektu i jej termoizolacyjność, instalacje wewnętrzne, wykonawstwo budowlane.

Wrażliwość sektora budownictwa należy rozważać w odniesieniu do projektowania, wykonawstwa robót budowlanych i technologii wykonawczych, wyrobów i materiałów budowlanych oraz utrzymania obiektów budowlanych.

Tab. 6.30. Oddziaływanie warunków klimatycznych na sektor budownictwa.

Obszar wrażliwości	Etap życia*	Umowna Kategoria Klimatu					Najważniejsze zagrożenia
		Mróz	Śnieg	Deszcz	Wiatr	Upał	
Uwarunkowania funkcjonalno-użytkowe i lokalizacja obiektu budowlanego	P	+	+	+	+	+	Niedogrzenie lub przegrzanie pomieszczeń
	R						
	W						
	U			+			
Posadowienie i fundamentowanie	P	+		+			Przemarzanie gruntu Poziom wód gruntowych,
	R	+	+	+	+	+	
	W						
	U			+			

Obszar wrażliwości	Etap życia*	Umowna Kategoria Klimatu					Najważniejsze zagrożenia
		Mróz	Śnieg	Deszcz	Wiatr	Upał	
Konstrukcja nośna	P	+	+		+	+	Obciążenia stałe i zmienne, mrozoodporność materiałów i wyrobów budowlanych
	R	+	+	+	+	+	
	W	+					
	U						
Obudowa zewnętrzna	P	+		+		+	Termoizolacyjność, zawilgocenie
	R	+	+	+	+	+	
	W	+		+		+	
	U		+	+			
Sieci kanalizacyjne	P	+	+	+	+		termoizolacyjność instalacji wod.-kan. oraz grzewczej, niewydolność sieci kanalizacyjnej
	R	+		+			
	W	+			+		
	U	+		+			

* P - projektowanie obiektu, R - budowa obiektu obejmująca technologię i warunki wykonawstwa robót budowlanych, W - budowa obiektu obejmująca zastosowanie materiałów i wyrobów budowlanych, U – eksploatacja budynku.

Analizy wrażliwości na oddziaływanie elementów klimatu, przeprowadzono dla następujących rodzajów budownictwa: budownictwo mieszkaniowe na terenach zurbanizowanych, budownictwo wiejskie, budownictwo przemysłowe, budownictwo użyteczności publicznej.

Zaproponowany podział, uwzględniający specyfikę wynikającą z pełnionej funkcji użytkowej obiektów budowlanych, pozwala na zgrupowanie obiektów o zbliżonych walorach technicznych i podobnej wrażliwości na czynniki klimatyczne lub inne czynniki środowiskowe. Z tego względu w ramach poszczególnych rodzajów budownictwa mogą być ujęte także obiekty budowlane zazwyczaj zaliczane do innych podgrup.

Za najbardziej narażone na zmiany klimatu uznano budownictwo mieszkaniowe na terenach zurbanizowanych (miejskie) oraz na terenach wiejskich (zagrodowe budownictwo kubaturowe). Pozostałe dwa rodzaje, tj. budownictwo przemysłowe i użyteczności publicznej, wykazują większą odporność na zmiany klimatu.

Na budownictwo mieszkaniowe zlokalizowane na terenach zurbanizowanych składają się budynki mieszkalne wielokondygnacyjne przede wszystkim w centrach miast oraz budownictwo jednorodzinne na obrzeżach lub w małych miastach. Ten ostatni rodzaj budownictwa pod względem wrażliwości na zmiany klimatu jest zbliżony do budownictwa wiejskiego.

Budownictwo mieszkaniowe na terenach zurbanizowanych

Historycznie miasta były lokowane z reguły nad rzekami lub w dolinach ze względu na dostępność wody. To historyczne uwarunkowanie sprawia, że miasta położone w dolinach rzecznych są narażone na powódzie związane z przepływem rzeczny, jak i podtopienia w wyniku silnych opadów deszczu i niewielkich spadków terenu uniemożliwiających szybki odpływ wody opadowej. W przeszłości centra miast były lokowane na terenach o dobrych lub bardzo dobrych warunkach gruntowo-wodnych, tzn. podłoże było nośne, a poziom wody gruntowej był wystarczająco niski, nie budowano na terenach podmokłych lub zalewowych. Budynki były posadowione na fundamentach bezpośrednich i były stosunkowo nieznacznie zagłębione.

Obecnie budownictwo lokalizowane jest także na innych terenach, gdyż warunek dostępności wody pitnej jest realizowany poprzez sieci wodociągowe, a z racji ograniczenia terenowego, coraz częściej, nowe obiekty mieszkaniowe są wznoszone na terenach o niekorzystnych warunkach geotechnicznych, w dodatku budynki mają często kondygnacje

podziemne. Tereny w miastach, na których obecnie są lokalizowane budynki, to tereny wcześniej nie zabudowane ze względu na słabonośne podłoże lub uznawane wcześniej za tereny zalewowe. Stanowi to główne zagrożenie dla tego rodzaju budownictwa.

Budownictwo mieszkaniowe charakteryzuje ogromna różnorodność rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych, dominują jednak rozwiązania masywne (żelbet, ceramika budowlana, stal), o znacznej odporności ogniowej (gwarantującej bezpieczeństwo pożarowe).

Konstrukcja nośna obiektów budownictwa mieszkaniowego na terenach zurbanizowanych jest wrażliwa na czynniki klimatyczne. Musi ona być odporna na takie zagrożenia jak: zmiany temperatury, obciążenie wiatrem i śniegiem.

W tradycyjnym budownictwie mieszkaniowym w ciągu ostatnich 100 lat stosowano obudowę ścian zewnętrznych i stropodachy charakteryzujące się słabą izolacyjnością termiczną. Wymagania podwyższonej izolacyjności termicznej obowiązują w Polsce od ok. 40 lat. Szczególne znaczenie ma termoizolacyjność przegród zewnętrznych w budownictwie prefabrykowanym z drugiej połowy XX w. Jest ono obciążone błędami systemowymi ujawniającymi się w postaci niejednorodności termoizolacji obudowy, a tym samym podatnym na zmiany temperatury i nie zapewniającym komfortu termicznego w warunkach niskich lub wysokich temperatur. Współczesne budownictwo charakteryzuje się znacznie lepszymi wskaźnikami izolacyjnymi i jest bardziej przystosowane do zmieniających się warunków klimatycznych. W użytkowanych obecnie budynkach mieszkalnych najbardziej wrażliwe na zmiany klimatu są instalacje: wodno-kanalizacyjna, grzewcza oraz wentylacyjno-klimatyzacyjna.

Nadmierne ilości wody spowodowane gwałtownymi deszczami mogą stanowić duży problem dla branży kanalizacyjnej. Odprowadzanie nadmiaru wody z dachów lub ulic może być utrudnione przez za małą przepustowość istniejących (lub projektowanych) instalacji. Może to powodować dodatkowo zalewanie wszelkiego rodzaju studzienek oraz piwnic. Dachy i tarasy, a także zagłębienia przy ścianach zewnętrznych budynku powinny mieć odprowadzenie wody opadowej do wyodrębnionej kanalizacji deszczowej lub kanalizacji ogólnospławnej. Przy przewidywanych zmianach klimatycznych, wydaje się więc konieczne, zwiększenie możliwości przepustowej kanalizacji deszczowej przez zwiększenie średnic sieci instalacyjnej lub jej ilości, co wymaga modernizacji infrastruktury wodno-kanalizacyjnej na terenie całego kraju.

Budownictwo wiejskie

Budownictwo wiejskie obejmuje budynki mieszkalne, z reguły jedno lub dwu kondygnacyjne oraz budynki produkcyjne gospodarstw rolnych. Budynki wiejskie najczęściej są budowane w technologii tradycyjnej, tzn. mają ściany murowane z elementów drobnowymiarowych i stropy gęsto żebrowe z wypełnieniem z pustaków lub płytowe żelbetowe. Więźba dachowa z reguły jest drewniana, rzadziej ze stalowych kształtowników. Budownictwo wiejskie charakteryzuje się specyficznymi cechami takimi jak:

- rozproszenie przestrzenne co sprawia, że budynki są szczególnie podatne na ekstremalne zjawiska klimatyczne (przede wszystkim oddziaływanie wiatru),
- wpływ budowlanej tradycji regionalnej (np. strome dachy na terenach górskich, budownictwo drewniane),
- brak podpiwniczenia umożliwiającego ochronę przed trąbami powietrznymi,
- łączenie funkcji inwestora, wykonawcy i użytkownika obiektu, a także często projektanta nie zawsze przez osoby mające ku temu uprawnienia,
- bliskie sąsiedztwo nieuregulowanych cieków wodnych,

- niski poziom kultury technicznej zarówno wykonawców, jak i przyszłych użytkowników, przejawiający się np. w niestosowaniu wieńców lub izolacji, braku właściwych zabezpieczeń antykorozyjnych czy odwodnień,
- słaby lub niedostateczny nadzór budowlany.

Lokalizacja budynku może mieć decydujące znaczenie dla oceny zagrożenia zjawiskami związanymi z warunkami klimatycznymi np. zalaniem, podtopieniem wodą gruntową lub powodziową, deficytem wody, osuwiskami, zniszczeniami wywołanymi przez wiatr. Brak dostatecznej wiedzy o metodach zapobiegania takim zjawiskom na etapie projektowania i wznoszenia budynków (np. budowa na terenach zalewowych, osuwiskowych lub w rejonach podatnych na silne wiatry) sprzyja powstawaniu konstrukcji obarczonych błędami wynikającymi z wadliwego wykonawstwa lub oszczędności wprowadzanych przez inwestora.

Przyjmując poziom posadowienia budynków wiejskich należy uwzględnić warunek głębokości przemarzania. Z racji dysponowania przez inwestora stosunkowo dużą powierzchnią terenu, budynki są posadowione z reguły na terenach nośnych i o niższym poziomie wody gruntowej.

Część starej zabudowy (budynki inwentarskie i gospodarcze oraz stodoły), z tytułu niskiej rangi tych budynków, nie jest zaopatrzona w izolacje przeciwwilgociowe, co sprzyja zawilgoceniu murów.

Na terenach wiejskich są budowane obiekty (np. magazynowe), które mogą mieć konstrukcję nietypową: stosunkowo wysokie zewnętrzne ściany nośne lub słupy (żelbetowe lub stalowe), lekką konstrukcję dachu (dach nieocieplany), z małą liczbą usztywnień poprzecznych. Konstrukcje takie są wrażliwe na silne podmuchy wiatru lub na intensywne opady śniegu. Na oddziaływania wiatru są także wrażliwe: szklarnie, napowietrzne linie energetyczne oraz naziemne stalowe zbiorniki na gnojowicę. Natomiast zbiorniki zagłębione w gruncie wykazują wrażliwość na wahania poziomu wody gruntowej, która w wypadku wysokiego poziomu może doprowadzić do wyparcia konstrukcji z podłoża i awarii zbiornika.

W przypadku starej zabudowy wiejskiej, z obudową ścianami szachulcowymi (szkielet drewniany wypełniony gliną lub ceramiką), wrażliwość na zawilgocenie lub rozmycie jest wysoka, ale budynków tego typu jest coraz mniej.

Budownictwo przemysłowe

Cechą charakterystyczną budownictwa przemysłowego jest przede wszystkim dostosowanie do wymogów wynikających z rodzaju prowadzonej produkcji. Są to zwykle różnego rodzaju budowle o rozbudowanej kubaturze i gabarytach dostosowanych do zamontowanych instalacji. Instalacje te w zależności od rodzaju przemysłu są obudowane (np. hale produkcyjne przemysłu maszynowego) lub pozostają nieobudowane (np. instalacje przemysłu chemicznego). Z racji swojego przeznaczenia i kosztów są to obiekty, które już na etapie projektowania muszą uwzględniać warunki klimatyczne i gruntowo-wodne. Oprócz odporności na wahania temperatury powietrza i opady obiekty te muszą być odporne na obciążenie wiatrem oraz śniegiem. Instalacje nieosłonięte są szczególnie wrażliwe na warunki klimatyczne, zwłaszcza na opady, silny wiatr czy wyładowania atmosferyczne (wieże, maszty, dźwigi, zbiorniki i in.).

Budownictwo użyteczności publicznej

Wrażliwość na warunki klimatyczne obiektów użyteczności publicznej jest identyczna jak pozostałych rodzajów budownictwa, zwłaszcza budownictwa mieszkaniowego na terenach zurbanizowanych. Wyjątkową wrażliwością na podwyższoną temperaturę charakteryzują się: szpitale, hospicja, domy opieki i przedszkola, które w okresie lata muszą być wyposażone w klimatyzację ze względu na stres termiczny. Z racji pełnionej funkcji obiekty sportowe i rekreacyjne, często są lokowane na terenach atrakcyjnych przyrodniczo (nad jeziorami, w

lasach, na terenach górskich lub nadmorskich). Narażone na czynniki klimatyczne są szczególnie takie obiekty, jak: skocznie i wyciągi narciarskie, schroniska górskie, które z założenia muszą być odporne na silny wiatr, obciążenie śniegiem i oblodzenie. Natomiast przystanie jachtowe są zagrożone powodziami, podtopieniami i szkwałowym wiatrem.

Obiekty takie są wrażliwe na bardzo wysoką lub bardzo niską temperaturę powietrza oraz silne wiatry i intensywne opady atmosferyczne, szczególnie na etapie prowadzenia robót budowlanych i remontowych. Obiekty użyteczności publicznej są podatne na zmiany temperatury szczególnie ze względu na duże powierzchnie i łatwo ulegają albo przegrzaniu albo wychłodzeniu.

Reasumując należy stwierdzić, że wpływ klimatu na wszystkie rodzaje budownictwa jest podobny. W Tab. 6.31 przedstawiono ocenę tego wpływu z wykorzystaniem zaproponowanej skali wrażliwości.

Tab. 6.31. Zakres oddziaływania aktualnych warunków klimatycznych w wybranych kategoriach UKK na różnych etap życia obiektów budowlanych. *

Umowna kategoria klimatu	Etapy życia obiektu**			
	P	R	W	U
Mróz	3	3	3	3
Śnieg	2	2	1	2
Deszcz	3	3	1	3
Wiatr	3	3	0	2
Upał	2	1	1	2
Mgła	0	2	0	0

* skala wrażliwości: 0-neutralne, 1- utrudniające, 2- ograniczające, 3- uniemożliwiające.

** P - projektowanie obiektu, R - budowa obiektu obejmująca technologię i warunki wykonawstwa robót budowlanych, W - budowa obiektu obejmująca zastosowanie materiałów i wyrobów budowlanych, U – eksploatacja budynku.

Porównanie zapisów norm budowlanych, służących do projektowania obiektów budowlanych, z wynikami prognozowanych zmian klimatu, wskazuje na konieczność monitorowania zmian klimatu i sukcesywne uwzględnianie ich przez wprowadzanie stosownych korekt w załącznikach krajowych do norm europejskich.

Wrażliwość sektora budownictwa wskazuje na konieczność uwzględnienia zmian klimatu w załącznikach krajowych do norm europejskich dotyczących projektowania budynków i budowli w zakresie oddziaływania przede wszystkim opadów oraz wiatru, i to na etapie: projektowania, wykonawstwa robót budowlanych w tym posadowienia i fundamentowania oraz utrzymania obiektów.

Gwałtowne wzrosty temperatury w okresach zalegania pokrywy śnieżnej mogą być także przyczyną powstawania znacznych odpływów wód roztopowych, które mogą powodować przeciążenia sieci deszczowych.

Przy dalszym wzroście temperatury powietrza, a tym samym gruntu może zająć potrzeba zmiany zasad projektowania sieci przy ustalaniu minimalnych zagłębień kanałów ze względu na zmniejszenie grubości warstwy gruntu zamarzającej. Zmiany temperatury muszą być także brane pod uwagę przy projektowaniu oczyszczalni ścieków ze względu na jej wpływ na przebieg procesów biologicznego usuwania zanieczyszczeń.

Wyniki porównania zapisów norm budowlanych i prognoz dotyczących zmiany klimatu wskazują na konieczność uwzględnienia wzrostu częstości występowania przewidywanych ekstremalnych wartości prędkości wiatru.

Prognozy wiatru budzą największe zastrzeżenia, ze względu na dużą niepewność prognoz tego elementu. Obserwowane obecnie losowe występowanie silnych wiatrów i ich lokalny charakter nie daje możliwości określenia stref szczególnie zagrożonych tym zjawiskiem.

Jedynym możliwym działaniem, szczególnie w wypadku budownictwa wiejskiego jest przygotowanie pomieszczeń umożliwiających mieszkańcom bezpieczne schronienie w wypadku wystąpienia huraganu lub trąby powietrznej. Funkcjonowanie takich obiektów wymaga jednak bardzo sprawnego działania służby ostrzegawczej i dostarczania ostrzeżeń z wyprzedzeniem umożliwiającym schronienie się.

Czynnikiem, który powinien być także uwzględniany na każdym etapie życia obiektu jest wysoka temperatura. O ile tendencja wzrostu temperatury utrzyma się w drugiej połowie stulecia, wyrażonego kilkustopniowym podwyższeniem średniej temperatury dobowej oraz skróceniem okresu grzewczego i zwiększeniem częstotliwości wystąpienia upałów w lecie. Będzie konieczna analiza adekwatności obecnie stosowanych norm w zakresie termoizolacji, zasad ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji budynków lub zasad odśnieżania dachów. W najbliższej perspektywie (rok 2030, 2050) jednak nie przewiduje się konieczności zmian przepisów odnośnie obudowy zewnętrznej.

Istniejące zapisy normowe w zakresie ujemnych temperatur i śniegu, wynikające z wieloletniego doświadczenia, gwarantują bezpieczne projektowanie obiektów budowlanych w przypadku wystąpienia wartości ekstremalnych, obserwowanych w latach ubiegłych, zwłaszcza że zgodnie z oczekiwaniami natężenie tych zjawisk będzie malało; wymagania techniczne zawarte w normach należy pozostawić na niezmiennym poziomie. O ile trend ten utrzyma się w drugiej połowie XXI wieku analiza norm będzie konieczna pod kątem zmniejszenia wymagań. Zmiana ta może mieć także istotny wpływ na technologie i warunki wykonawstwa robót budowlanych oraz utrzymanie obiektu budowlanego. Nowego znaczenia mogą nabrać zagadnienia związane z warunkami pracy, szczególnie w odniesieniu do okresów z wysokimi temperaturami.

Pozostałe kategorie klimatu w odniesieniu do etapu projektowania, jaki i do wykonawstwa robót budowlanych oraz stosowanych materiałów i wyrobów budowlanych, mogą oddziaływać w zakresie zbliżonym do obecnie obserwowanego. Zwrócić należy jednak uwagę na dużą dynamikę zmian warunków klimatycznych (np. duże wahania dobowe temperatury), które mogą negatywnie wpływać zarówno na wykonawstwo robót, jak i wymagane właściwości wyrobów budowlanych.

Oddziaływanie wiatru

Część zjawisk wynikających ze zmian klimatu może wpływać bezpośrednio na obniżenie bezpieczeństwa konstrukcji. Należy do nich przede wszystkim zwiększenie gwałtowności porywów wiatru, zwiększenie częstości występowania trąb powietrznych oraz szkwałów burzowych. Polska norma dotycząca obciążenia wiatrem nakazuje ustalenie, czy konstrukcja obiektu budowlanego jest podatna na dynamiczne działanie wiatru, czy też nie.

Ze względu na złożony charakter oddziaływań wiatrowych, nie można w sposób prosty określić bezpośredniego wpływu wiatru na budynek. Uzależnione to jest nie tylko od samego wiatru, ale przede wszystkim od sztywności przestrzennej całej konstrukcji, szczegółów połączeń poszczególnych elementów, rodzaju elewacji, a także rozwiązań architektonicznych tworzących wystrój wewnętrzny, zastosowania dodatkowych tłumików (w budynkach bardzo wysokich). Wszystko to wpływa na częstość drgań własnych konstrukcji (inną dla każdego rozwiązania) i sztywność giętą całego układu konstrukcyjnego. O skomplikowanym i bardzo zindywidualizowanym charakterze zjawiska świadczy fakt, że częstość porywów wiatru oddziałującego na jeden budynek wysokościowy może być zbliżona do częstości drgań własnych konstrukcji tego budynku, stwarzając niebezpieczeństwo rezonansu, podczas gdy dla innego budynku, częstości te nie mają żadnego wpływu.

Wzrost gwałtowności działania porywów wiatru jest szczególnie niebezpieczny dla obiektów wysokich i wysokościowych. Oprócz budynków wysokościowych na oddziaływanie

wiatru szczególnie narażone są konstrukcje halowe, wieże, mosty, w tym mosty podwieszane i wiszące, wiadukty, estakady.

Grupą podatną na wzrost dynamicznego oddziaływania wiatru są obiekty zabytkowe, na które w sposób destrukcyjny mogą wpływać również: częstość występowania i gwałtowność opadów, z dużą ich zmiennością w czasie, wzrost poziomu wód gruntowych, zwiększenie liczby powodzi będących następstwem ulewnych, gwałtownych deszczy. Wydaje się, że w obliczu prognozowanych zmian klimatycznych, budowlane obiekty zabytkowe, będące znaczącą częścią dziedzictwa narodowego, wymagają specjalnej troski. Uwzględniając ich aktualny stan techniczny powinny być podjęte niezwłocznie działania dotyczące ich rewitalizacji, a przynajmniej zabezpieczenia pod względem bezpieczeństwa konstrukcji i użytkowania. Elementami konstrukcji szczególnie narażonymi na dynamiczne działanie porywów wiatru, nasilenie wiatru, występowanie trąb powietrznych są konstrukcje dachów obiektów zabytkowych.

Oddziaływanie wody

Zwiększenie ilości ulewnych opadów deszczu, gwałtowność tych opadów, podniesienie poziomu wód gruntowych, podnoszenie się poziomu morza, z możliwością zalewania terenów przybrzeżnych, podnoszenie się poziomu rzek ze zwiększeniem ilości powodzi, stwarzają nowe zagrożenia dla budynków istniejących oraz wymuszają przeanalizowanie nowego podejścia przy projektowaniu nowych inwestycji.

Wysoki poziom wód gruntowych jest szczególnie niebezpieczny dla budynków istniejących, w tym przede wszystkim budynków starych, nieposiadających izolacji przeciwwodnej, zarówno poziomej, jak i pionowej lub z izolacją niesprawną. Obecnie obowiązuje podział na trzy typy izolacji przeciwwodnych: ciężką, gdy poziom wód gruntowych znajduje się wyraźnie ponad poziomem posadowienia i ponad poziomem podłogi w piwnicy (powyżej ok. 40-50 cm), średnią (poniżej ok. 40-50 cm) i lekką - przeciwwilgociową, gdy poziom wody gruntowej znajduje się poniżej poziomu posadowienia.

Praktyka inżynierska wskazuje, iż stosowanie izolacji przeciwwilgociowej typu lekkiego może być niewystarczające przy podnoszeniu się poziomu wód gruntowych oraz zwiększeniu ilości opadów deszczu.

Doświadczenia innych państw (np. Wietnam) pokazują, że można dostosować technologię budowlaną do warunków istniejących na terenach zalewowych, np. poprzez wznoszenie budynków na fundamentach pośrednich (palach) z podniesionymi poziomami użytkowymi. W warunkach polskich rozwiązania takie wymagają uzasadnienia ekonomicznego.

Wśród grupy budynków najbardziej podatnych na zagrożenia związane z wodą, podobnie jak w wypadku oddziaływania wiatru, są obiekty zabytkowe.

Bezpieczeństwo pożarowe

Wydłużenie okresów z wysoką temperaturą i nasłonecznieniem, przy jednoczesnym zwiększonym parowaniu, może doprowadzać do pojawiania się częstych susz, zwiększających niebezpieczeństwo występowania pożarów.

Działania adaptacyjne

Zmiana oddziaływania elementów klimatycznych powinna znaleźć swoje odbicie w zakresie projektowania zarówno posadowienia, jak i konstrukcji niosącej budowli. Krytycznym elementem wymagającym zmian w całym procesie budowy są sieci kanalizacyjne, które muszą być przygotowane na odbiór większej ilości wód opadowych. Oddziaływanie opadów ulewnych musi być uwzględnione w odniesieniu do sprawności sieci

kanalizacyjnych, lokowania budowli na terenach zalewowych oraz występowania osuwisk skarp i rozmywania podpór mostowych. Dlatego wraz z nasilaniem się częstości występowania skrajnych temperatur konieczne jest zapewnienie im skutecznej izolacji termicznej. Także oczekiwany wzrost częstości występowania intensywnych opadów wymaga skutecznego systemu odprowadzania wód opadowych i dobrej izolacji przeciwwilgociowej. Ze względu na obserwowane obecnie występowanie silnych wiatrów, powodujących zniszczenia szczególnie na obszarach wiejskich, istnieje konieczność opracowania zasad „bezpieczniejszego” budowania na terenach narażonych na silne wiatry.

Ulewne deszcze i woda powodziowa mogą sprzyjać powstawaniu osuwisk gruntu. Działania profilaktyczne powinny zakładać wzmocnienie gruntów przede wszystkim pod budynkami istniejącymi lub projektowanymi oraz nasypami drogowymi, w rejonach szczególnie narażonych na wystąpienie osuwisk.

Należy opracować i stopniowo wprowadzać przepisy regulujące zasady odbudowy, remontów i rozbiórek obiektów budowlanych zniszczonych lub uszkodzonych w wyniku działania żywiołu, a także stawiania wymagań przy renowacji już zniszczonych budynków.

Działania adaptacyjne mające na celu ograniczenie negatywnych skutków oddziaływania zmian klimatu na sektor budownictwa powinny dotyczyć w szczególności:

- dostosowania do zmian klimatu norm stosowanych do projektowania obiektów budowlanych, w tym zwiększenie uprawnień organów wodnych do decydowania o możliwości i rodzaju zabudowy terenów zalewowych,
- monitorowania kosztów prewencji i likwidacji szkód oddziaływania czynników klimatycznych,
- monitorowania rzeczywistych zmian klimatu.

Analizę wpływu działań adaptacyjnych na poszczególne sektory zamieszczono na końcu dokumentu w załączniku 3. Wykaz działań adaptacyjnych i ich kosztów w pakiecie podstawowym, rozszerzonym i pełnym zamieszczono na końcu dokumentu w załączniku 6.

6.8. Transport

Transport to jedna z najbardziej wrażliwych na zmiany klimatu dziedzina gospodarki. We wszystkich jego kategoriach, tj. transporcie drogowym, kolejowym, lotniczym i żegludze śródlądowej wrażliwość na warunki klimatyczne należy rozpatrywać z punktu widzenia trzech podstawowych elementów tj. infrastruktury, środków transportu oraz komfortu socjalnego. W Tab. 6.32. zostały zamieszczone główne elementy sektora będące w różnym stopniu uzależnione od warunków klimatycznych.

Tab. 6.32. Elementy sektora transportu.

Rodzaj transportu	Rodzaje elementów sektora		
	Infrastruktura	Środek transportu	Komfort socjalny
Transport drogowy	Drogi i obiekty inżynierskie, zaplecze techniczne i infrastruktura towarzysząca	Autobusy, pojazdy ciężarowe, samochody osobowe, tramwaje	Warunki: pracy personelu, podróży pasażerów, przewozu towarów
Transport kolejowy	Linie i sieci kolejowe, obiekty inżynierskie, zaplecze techniczne i infrastruktura towarzysząca	Pociągi, autobusy, urządzenia przeładunkowe	Warunki: pracy personelu, podróży pasażerów, przewozu towarów
Transport lotniczy	Lotniska, drogi kołowania i postojowe, zaplecze techniczne i infrastruktura towarzysząca	Statki powietrzne, autobusy, urządzenia przeładunkowe	Warunki: pracy personelu, podróży pasażerów, przewozu towarów

Rodzaj transportu	Rodzaje elementów sektora		
	Infrastruktura	Środek transportu	Komfort socjalny
Żegluga śródlądowa	Nabrzeża, porty, drogi wodne, zaplecze techniczne i infrastruktura towarzysząca	Statki wodne, urządzenia przeładunkowe	Warunki: pracy personelu, podróży pasażerów, przewozu towarów

Obowiązek zapewnienia bezpieczeństwa obiektów budowlanych, w tym także obiektów infrastruktury transportowej, jest zapisany w ustawie – Prawo budowlane. We wszystkich rozpatrywanych tutaj rodzajach transportu (drogowego, kolejowego, lotniczego i żeglugi śródlądowej) występują obiekty inżynierskie. W odniesieniu do transportu drogowego i kolejowego najczęściej są to obiekty mostowe (mosty, wiadukty, estakady i kładki dla pieszych) oraz tunele i przepusty, a także konstrukcje oporowe. W wypadku transportu lotniczego najważniejsze są lotniska i obiekty budowlane zaplecza, w tym wieże kontrolne. Żegluga śródlądowa wymaga utrzymania w sprawności technicznej dróg wodnych, śluz i jazów oraz urządzeń portowych.

O ile urządzenia transportowe (w zakresie: rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych, warunków użytkowania, stosowanego paliwa i materiałów eksploatacyjnych) oraz komfort socjalny (w zakresie warunków realizacji usługi, niezawodności, terminowości, bezpieczeństwa oraz komfortu pasażerów, obsługi i cargo) można na bieżąco dostosować do zmieniających się warunków, o tyle w odniesieniu do infrastruktury transportowej, która jest budowana na długi okres funkcjonowania (np. 100 lat) zdefiniowanie wrażliwości na zmiany oraz działania adaptacyjne należy wprowadzać sukcesywnie z dużym wyprzedzeniem (Rymsza i Zawieska 2012).

Większość czynników klimatycznych ma wpływ na wszystkie rodzaje transportu, jednak jak wykazują analizy niektóre z nich mają szczególne znaczenie dla jednego rodzaju transportu. Funkcjonowanie sektora transportu jest uzależniona od jego wrażliwości na oddziaływanie Umownych Kategorii Klimatu. Wrażliwość poszczególnych rodzajów transportu przedstawiono Tab. 6.33 (Rymsza 2013a). Z analizy wynika, że najbardziej wrażliwa zwłaszcza na: silny wiatr, śnieg, deszcz i mróz jest infrastruktura transportu drogowego i kolejowego.

Tab. 6.33. Obecnie obserwowany zakres wrażliwości rodzajów transportu na zmiany warunków klimatycznych*.

UKK	Infrastruktura	Środek transportu	Komfort socjalny
Transport drogowy			
Mróz	2	2	2
Śnieg	3	1	2
Deszcz	3	1	1
Wiatr	3	2	1
Upał	2	1	2
Mgła	1	0	2
Transport kolejowy			
Mróz	3	1	1
Śnieg	3	1	1
Deszcz	3	0	1
Wiatr	3	0	0
Upał	1	0	1
Mgła	0	0	2
Żegluga śródlądowa			
Mróz	3	2	3
Śnieg	2	2	0
Deszcz	2	0	1
Wiatr	2	2	2
Upał	0	2	1
Mgła	0	2	2

UKK	Infrastruktura	Środek transportu	Komfort socjalny
Transport lotniczy			
Mróz	2	2	1
Śnieg	3	1	1
Deszcz	1	1	1
Wiatr	2	2	2
Upał	1	2	1
Mgła	0	2	1

* 0 – neutralne, 1 – utrudniające, 2 – ograniczające, 3 – uniemożliwiające.

Transport drogowy

Ten rodzaj transportu korzysta z rozbudowanej sieci dróg o długości około 380 000 km oraz około 30 000 obiektów inżynierskich. Około 5% stanowią drogi krajowe zarządzane przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad. Ze względu na przestrzenny charakter, infrastruktura jest szczególnie wrażliwa na zmiany zjawisk klimatycznych. Należą do nich przede wszystkim opady i silny wiatr, a także upały i temperatura oscylująca wokół zera stopni (Rymsza 2013b).

Silne wiatry powodują między innymi: tarasowanie dróg przez powalone drzewa i słupy energetyczne, zamknięcie dróg, uszkodzenie pojazdów i obiektów budowlanych, utrudnienia w prowadzeniu prac załadunkowych, uszkodzenia ekranów przeciwhałasowych (Rymsza 2013c).

Ulewy i wywołane nimi powodzie dezorganizują prace transportu poprzez: wyłączenie z ruchu tras komunikacyjnych, uszkodzenia infrastruktury drogowej, obsunięcia ziemi, podtopienia terenu, a wraz z nim, np.: zajezdni, garaży oraz awarie i uszkodzenia urządzeń odwadniających, zniszczenie środków transportowych, a także utrudnienia w komunikacji miejskiej zwłaszcza w wyniku podtopienia tuneli i obniżonych części dróg i ulic, także dojazdów do mostów.

Opady śniegu a zwłaszcza mokrego oraz oblodzenie dróg i ulic stanowią poważne utrudnienie w pracy tego rodzaju transportu powodując nieprzejezdność dróg przez zasypy śnieżne i powalone drzewa, opóźnione lub niezrealizowane kursy, wypadki drogowe, pogorszenie warunków jezdnych poprzez zmniejszenie przyczepności kół do nawierzchni dróg, wzrost kosztów utrzymania przejezdności tras.

Jednym z najbardziej dokuczliwych zjawisk są wahania temperatury, w szczególności tzw. przejścia przez zero w połączeniu z opadami lub topniejącym śniegiem sprzyjają zjawisku gołoledzi a także intensyfikują korozyjne oddziaływanie wody na infrastrukturę transportową.

Niskie temperatury ujemne są czynnikiem ograniczającym możliwości transportu drogowego. Sprzyjają zwiększeniu awaryjności sprzętu, zmniejszają sprawność działania środków transportu, zmniejszają komfort podróżowania, powodują uszkodzenia nawierzchni drogowej (przełomy zimowe) oraz utrudniają prace przeładunkowe, wydłużając czas załadunku i wyładunku.

Równie niekorzystne jest oddziaływanie wysokich temperatur (upałów) szczególnie długotrwałych, które powodują przegrzewanie się silników i innych urządzeń technicznych, zwiększenie podatności nawierzchni bitumicznych na oddziaływania pojazdów, co wymusza konieczność wprowadzenia ograniczenia ruchu ciężkich pojazdów, obniżenie komfortu pracy kierowców i pracowników obsługi a także pasażerów.

Czynnikiem klimatycznym powodującym utrudnienia w ruchu drogowym jest mgła, szczególnie często występująca w warunkach jesienno-zimowych przy temperaturach bliskich zera. Ograniczenie widoczności powoduje zmniejszenie prędkości eksploatacyjnej i

opóźnienia w ruchu drogowym szczególnie w transporcie publicznym, a także zwiększa ryzyko wypadków drogowych.

Transport kolejowy

W transporcie kolejowym, podobnie jak drogowym w aspekcie długoterminowych działań najbardziej wrażliwą na wszystkie kategorie klimatyczne jest infrastruktura.

Ujemna temperatura sprzyja pękaniu szyn, zamarzaniu rozjazdów, awariom urządzeń wodno-kanalizacyjnych obiektów zaplecza technicznego, powodować oblodzenie sieci trakcyjnych i energetycznych. Ponadto obiekty dworcowe zajmowane są przez osoby bezdomne, co często utrudnia ruch pasażerski. Wraz z postępującym procesem ocieplenia, silne spadki temperatury będą mieć charakter incydentalny, a przez to mogą być groźniejsze, bo mała częstotliwość występowania nie sprzyja mobilizacji służb do zapobiegania skutkom takich zjawisk i ich usuwania.

Intensywne opady śniegu, w połączeniu z silnym wiatrem, sprzyjają: powstawaniu zasp śnieżnych na torach, zaśnieżeniu układu torowego, trudnościom z przekładaniem rozjazdów, zaśnieżeniu i oblodzeniu nawierzchni peronów. Podobnie jak w wypadku silnych mrozów zjawiska te będą mieć mniejszą częstotliwość.

Deszcze ulewne i nawałne powodują podtopienia i zalanie dróg kolejowych, dojazdów, uszkodzenia infrastruktury kolejowej, miejscowe zalania terenu, tuneli i przejść podziemnych, obsunięcia ziemi, zalewanie rowów odwadniających, awarie i uszkodzenia urządzeń odwadniających i in. Z tego rodzaju opadami związane jest występowanie wyładowań atmosferycznych, które powodują uszkodzenia lub zakłócenia w pracy urządzeń sterowania ruchem kolejowym, uszkodzenia lub zakłócenia w pracy urządzeń energetycznych, urządzeń łączności i uszkodzenia sieci trakcyjnej. Zjawiska takie będą się nasilać i tym samym zwiększać zagrożenie dla tego rodzaju transportu.

Silne wiatry i trąby powietrzne powodują uszkodzenia sieci trakcyjnych i linii energetycznych, tarasowanie dróg kolejowych przez powalone drzewa, zrywanie dachów i uszkodzenia budynków zaplecza technicznego. Podobnie jak w wypadku opadów ulewnych należy oczekiwać zwiększenia częstości występowania takich zjawisk.

Wysoka temperatura oddziałuje nie tylko na infrastrukturę poprzez deformacje toru w wyniku wydłużania się szyn i pożary powodujące uszkodzenia infrastruktury kolejowej, ale przede wszystkim oddziałuje na warunki pracy (stres termiczny) a także przyczynia się do obniżenia komfortu podróży.

W przeciwieństwie do transportu drogowego, mgła wprawdzie powoduje ograniczenie widoczności i wymaga zwiększenia czujności przez służby odpowiedzialne za bezpieczeństwo szlaków kolejowych, jednak nie jest to zjawisko szczególnie groźne.

Transport lotniczy

Transport lotniczy ze względu na swoją specyfikę jest bardziej zależny od chwilowych warunków pogodowych niż od zmian klimatu. Jego zależność od warunków klimatycznych największe znaczenie ma przede wszystkim w momencie startu i lądowania samolotów. Infrastruktura lotnicza podlega takim samym wpływom klimatu, jak każda infrastruktura budowlana i techniczna omówiona wcześniej.

Dla samolotów przyziemionych podstawowe zagrożenie stanowi silny wiatr (jego porywy) oraz oblodzenie. Pozostałe zjawiska jak ulewy czy silny opad śniegu mogą opóźnić operacje i wpływać negatywnie na ich regularność jednak nie stanowią bezpośredniego zagrożenia. Już obecnie transport lotniczy jest przygotowany na działanie w takich warunkach.

Brak widoczności z powodu mgły lub emisji pyłu wulkanicznego, zjawisko mało istotne w odniesieniu do pozostałych rodzajów transportu, w wypadku transportu lotniczego może całkowicie wstrzymać realizację funkcji transportowych. Zjawiska takie mają jednak krótki czas trwania, zatem skutkują jedynie opóźnieniami.

Natomiast wyższa temperatura powietrza będzie rzutować na gęstość powietrza i tym samym na konieczność zwiększenia szybkości samolotów, zwłaszcza w fazie wznoszenia i zużycia większej ilości paliwa, a w fazie startu rzadsze powietrze wymagać będzie dłuższych pasów startowych lub ograniczenia ładunku.

Żegluga śródlądowa

W Polsce śródlądowy transport wodny obsługuje mniej niż 1% ogólnokrajowych potrzeb przewozowych i stanowi margines w systemie transportu. Ten rodzaj transportu jest ściśle uzależniony od warunków wodnych na rzekach i jest wrażliwy na wysokie powodziowe stany rzek oraz niskie stany związane z okresami suszy. W analizowanym okresie należy się liczyć ze wzrostem częstotliwości obu niekorzystnych zjawisk a tym samym utrudnienia w działaniach żeglugi. Kolejnym elementem klimatycznym mającym wpływ na żeglugę jest zamarzanie rzek. Jednakże wraz z rozwojem procesu ocieplenia częstotliwość tych zjawisk zmaleje.

Wrażliwość infrastruktury transportowej w zmieniających się warunkach klimatycznych

Największym zagrożeniem dla transportu, wskazanym w scenariuszach klimatycznych w perspektywie do końca XXI w. mogą być zmiany w strukturze: występowanie ekstremalnych opadów deszczu oraz zwiększenie opadu zimowego. Prognozy dotyczące średnich prędkości wiatru nie przewidują zmian w oddziaływaniu wiatru. Natomiast prognozowanie zmian ekstremalnych prędkości jest jeszcze niemożliwe.

Analiza przewidywanych zmian klimatu dowodzi, że zmiany te w dalszej perspektywie będą oddziaływać na transport negatywnie. W okresie do 2070 r. należy się liczyć przede wszystkim ze zdarzeniami ekstremalnymi, które będą utrudniać funkcjonowanie sektora.

Zestawienie prognozowanego negatywnego oddziaływania klimatu na infrastrukturę transportową przedstawiono w Tab. 6.34, w której wskazano tylko oddziaływanie wynikające z prognozowanych zmian klimatu o charakterze pogarszającym warunki funkcjonowania sektora.

Tab. 6.34. Negatywne oddziaływanie, prognozowanych do końca XXI wieku, zmian klimatu na infrastrukturę transportową.*

UKK	Transport drogowy	Transport kolejowy	Żegluga śródlądowa	Transport lotniczy
Mróz	0	0	0	0
Śnieg	0	0	0	1
Deszcz	3	3	2	2
Wiatr	3	3	2	2
Upał	2	2	2	2
Mgła	0	0	0	0

* 0 – neutralne, 1 – utrudniające, 2 – ograniczające, 3 – uniemożliwiające.

Przedstawiona w Tab. 6.34. wrażliwość infrastruktury transportowej wskazuje, że najbardziej wrażliwa na deszcz i wiatr będzie nadal infrastruktura drogową i kolejową. Zjawiska w kategorii „mróz”, którą oceniono jako mającą obecnie istotny wpływ na poprawność funkcjonowania sektora transportu we wszystkich rozpatrywanych jego elementach (infrastruktura transportowa, urządzenia transportowe i komfort socjalny) oraz rodzajach (transport: drogowy, kolejowy, lotniczy i żegluga śródlądowa) zmniejszy swoje negatywne oddziaływanie. Zdecydowanie mniej będzie dni chłodnych i tych o bardzo niskich

temperaturach, i tych decydujących o zagrożeniach wynikających z negatywnego oddziaływania mrozu.

Jednak niepewność wyniku oraz wieloletnia praktyka wskazują na konieczność zachowania ostrożności i nie zmieniania zasad budowania wobec przedstawianych optymistycznych perspektyw złagodnienia klimatu w okresie jesienno-zimowym. Oczekiwane zmiany w tym okresie nie będą wymagać podejmowania jakichś szczególnych działań adaptacyjnych.

Zmiany w zakresie wysokich temperatur w lecie wskazują na wzrost częstotliwości takich sytuacji, ale wrażliwość sektora na oddziaływanie tej kategorii, w zależności od rodzaju transportu i jego elementów, oceniono w skali wrażliwości na 1-2 (warunki utrudniające - ograniczające funkcjonowanie sektora). Z tego względu uznano, że działania adaptacyjne w tym obszarze mają mniejsze znaczenie i w perspektywie 2070 r. można je pominąć, zachowując jednak dbałość o monitoring konstrukcji oraz czynników eksploatacyjnych wrażliwych na wzrost temperatury oraz o bieżącą kontrolę warunków pracy i podróży (komfort socjalny).

W odniesieniu do kategorii – „mgła” nie uzyskano informacji pozwalających na prognozowanie działań adaptacyjnych, ale kategoria ta ma wpływ na funkcjonowanie sektora transportu w zakresie działań krótkoterminowych.

Największe i najważniejsze prognozowane zmiany klimatu dotyczą dwóch kategorii „deszcz” i „wiatr”. Jeszcze większego znaczenia nabierze m.in. poprawne określanie światła mostów i przepustów, projektowanie niwelety drogi na dojazdach do mostów, problem osuwisk i zagadnienia związane z odwodnieniem powierzchni transportowych oraz przejść podziemnych, tuneli i stacji metro.

Działania adaptacyjne

Elementem sektora transportu wymagającym najwcześniej podejmowanych działań adaptacyjnych jest infrastruktura transportowa, której obiekty są projektowane na okres użytkowania 50-150 lat. Z tego względu dzisiaj podejmowane działania muszą uwzględniać zmiany klimatu jakie mogą wystąpić za 20 lub za 70 lat.

Działania dostosowawcze sektora transportu do oczekiwanych zmian klimatu powinny przede wszystkim ograniczać negatywne skutki oddziaływania zmian klimatu na sektor transportu, a w szczególności zabezpieczyć infrastrukturę drogową i kolejową przed zagrożeniami wynikającymi ze wzrostu częstotliwości intensywnej opadów ulewnych. W tym względzie szczególna uwaga musi być skierowana na zapewnienie światła mostów i przepustów. Minimalne światło mostu i przepustu musi zapewniać swobodę maksymalnego przepływu rocznego bez spowodowania nadmiernego spiętrzenia wody w cieku - wywołującego dodatkowe zagrożenia i nieuzasadnione ekonomicznie szkody - oraz bez spowodowania nadmiernego rozmycia koryta cieku, z uwzględnieniem potrzeb ochrony środowiska.

W świetle spodziewanych zmian w zakresie opadów atmosferycznych i zwiększenia ich intensywności, konieczne jest zwrócenie uwagi na następujące problemy:

- 1) Aktualizacja danych o przepływach maksymalnych, służących do oceny zjawisk o danym prawdopodobieństwie z uwzględnieniem tendencji zmian;
- 2) Weryfikacja podstaw hydrologicznych dla odwodnień i obliczenia przepływów w małych zlewniach pod kątem spodziewanych tendencji zmian; Jest to szczególnie ważne w odniesieniu do małych mostów i przepustów gdzie źródłem największego zagrożenia są lokalne deszcze nawalne.

- 3) Dokonanie przeglądu istniejących norm stosowanych do projektowania odwodnienia dróg i innych powierzchni komunikacyjnych oraz wymagań pod kątem dostosowania ich do zmienionych warunków opadowych.
- 4) W większości wypadków okresy analizowane obecnie do wyznaczania przepływów o określonym prawdopodobieństwie są dość krótkie, a wyznaczanie na tej podstawie wielkości o niskim prawdopodobieństwie jest dość wątpliwe. Ma to podstawowe znaczenie przy wymiarowaniu budowli i ocenie ich bezpieczeństwa eksploatacyjnego;
- 5) Wraz z ograniczaniem niepewności w odniesieniu do oczekiwanych zmian będzie konieczne przeanalizowanie możliwych zagrożeń istniejących obiektów i ewentualne podjęcie działań poprawiających przepustowość mostów i wprowadzenie nowych norm projektowych dla obiektów nowobudowanych .

W stosunku do obiektów istniejących będzie konieczne:

- 1) Przeprowadzenie oceny bezpieczeństwa mostów istniejących i ewentualnie wykonanie dodatkowych robót w celu ułatwienia przepływu wody pod mostem; przebudowa koryt rzecznych - prowadząca do obniżenia stanów wody przy tym samym przepływie - może zmniejszyć niebezpieczeństwo podtopienia przęsła, ale zwiększy pogłębienie pod mostem i ryzyko rozmycia przy filarach. Nowe mosty należałoby wymiarować na większe przepływy;
- 2) Na ciekach górskich i podgórskich przeprowadzenie oceny i ewentualne wzmocnienie przyczółków i nasypów dojazdowych w celu uniknięcia ich przerwania, zwłaszcza przy zatamowaniu przepływu pod mostami o małym świetle przez drzewa i inne obiekty niesione przez wodę;
- 3) Utrzymywanie koryta cieków w dobrym stanie i zabezpieczenie przed porywaniem przez wodę drzew i innych obiektów, które mogłyby zatkać światło lub uszkodzić konstrukcje mostowe;
- 4) Wprowadzenie zmiany przepisów umożliwiających przy odbudowie obiektów zniszczonych bądź uszkodzonych przez powódź, powiększenie światła budowli, inne ukształtowanie przyczółków. Konieczna jest zmiana przepisów, które w wypadku szybkiej odbudowy obiektów zniszczonych przez powódź nakazują dokładne odtworzenie zniszczonej konstrukcji;
- 5) Systematyczne oczyszczanie przepustów i małych mostów oraz utrzymywanie koryta odpływowego i rowów przydrożnych we właściwym stanie technicznym;
- 6) Opracowanie planów zagospodarowania terenu i wskazanie terenów przeznaczonych pod zabudowę. Wprowadzenie zróżnicowania stawek ubezpieczeniowych i opłat w zależności od bezpieczeństwa terenu i stopnia ochrony przeciwpowodziowej;
- 7) Opracowanie wytycznych do zabezpieczenia powierzchni transportowych przed zalewaniem przez deszcze nawalne i szybkiego odprowadzanie wody z powierzchni nawierzchni i wprowadzenie jej do odbiornika.
- 8) Włączenie społeczności lokalnych i władz samorządowych do zapewnienia właściwej drożności małych obiektów drogowych (rowy, przepusty, mostki) Pomocne w tym wypadku powinny być przede wszystkim akcje uświadamiające kierowane do społeczeństwa .

Na stan techniczny nawierzchni transportowych (drogowych, kolejowych i lotniskowych) ma wpływ m.in. temperatura otoczenia. O ile dotychczas wiele uwagi poświęcano problemowi zimowego utrzymania tras komunikacyjnych, o tyle w związku przewidywanym ociepleniem klimatu, nowego znaczenia nabiera problem oddziaływania wysokich temperatur na nawierzchnie powierzchni komunikacyjnych. Właściwości asfaltowej nawierzchni drogowej w znacznym stopniu zależą od jej temperatury. W doborze materiałów i projektowaniu mieszanki mineralno-asfaltowej oraz ocenie jej trwałości należy brać pod

uwagę m.in. jej odporność na pękanie w niskiej temperaturze i na deformacje trwałe w wysokiej temperaturze. Wymagać to także będzie weryfikacji map stref klimatycznych Polski ze względu na dobór lepiszcza asfaltowego do nawierzchni asfaltowych i opracowania uproszczonej metody projektowania nowych nawierzchni asfaltowych dla warunków odpowiadających najwyższej średniej 7-dniowej maksymalnej temperaturze powietrza.

W odniesieniu do dróg obecnie eksploatowanych, ze względu na możliwość występowania okresów o podwyższonej temperaturze powietrza (większej niż np. 25°C), należy rozważyć konieczność nowelizacji rozporządzenia w sprawie okresowych ograniczeń oraz zakazu ruchu niektórych rodzajów pojazdów na drogach w celu wprowadzenia zakazu poruszania się pojazdów o masie większej niż dopuszczalna w okresie długotrwałych upałów. Mogą ulec zmianie terminy rozpoczynania sezonu utrzymania zimowego zarówno dróg, jak i szlaków kolejowych.

W odniesieniu do częstotliwości występowania dużych prędkości wiatru prognozy przewidują dużą dynamikę zmian i możliwość występowania wartości ekstremalnych. Zjawiska takie wymagają monitorowania a działania adaptacyjne w tym zakresie są analogiczne jak dla sektora budownictwa ze szczególnym zwróceniem uwagi na wysokie budowle, które mogą być zagrożone (mosty wiszące i podwieszane, urządzenia przeładunkowe oraz wieże kontrolne).

Analizę wpływu działań adaptacyjnych na poszczególne sektory zamieszczono na końcu dokumentu w załączniku 3. Wykaz działań adaptacyjnych i ich kosztów w pakiecie podstawowym, rozszerzonym i pełnym zamieszczono na końcu dokumentu w załączniku 6.

6.9. Górnictwo

Polska pod względem wydobycia węgla kamiennego zajmuje na świecie 10 miejsce (Dubieński i Turek 2012), a pod względem wydobycia węgla brunatnego 8 oraz odpowiednio 1 i 3 miejsce w Unii Europejskiej. Dla Polski węgiel stanowi ciągle gwarancję bezpieczeństwa energetycznego, będąc obecnie podstawowym źródłem pozyskiwania energii. Dzięki złożom tego surowca, poziom zależności Polski od dostaw węgla z rynków zewnętrznych jest bardzo niski (Dubieński i Turek 2012).

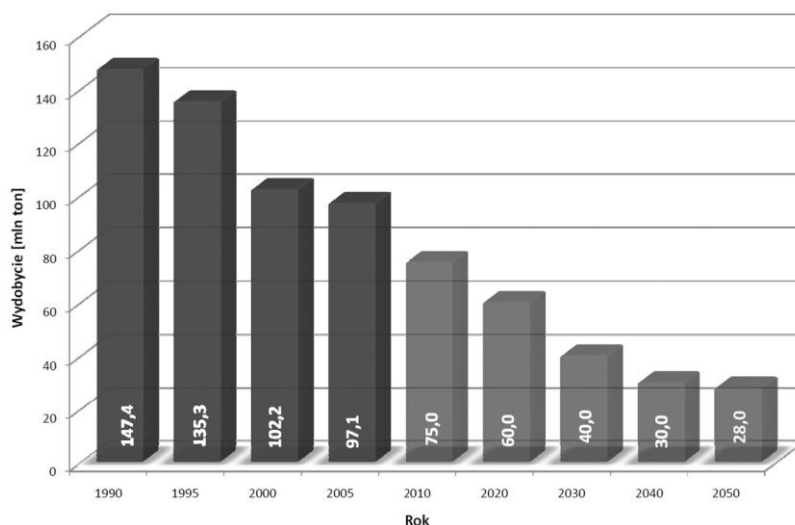
Perspektywy rozwoju sektora węgla kamiennego i brunatnego

Udokumentowane, prognostyczne i perspektywiczne zasoby węgla kamiennego i brunatnego w Polsce, a także możliwości techniczno-ekonomiczne ich wydobycia pozwalają na wieloletnie zabezpieczenie gospodarki krajowej w energię elektryczną i ciepłą.

W 2008 roku około 90% energii elektrycznej w Polsce było wytwarzane z węgla kamiennego (55%) i brunatnego (35%). Jednakże ze względu na zobowiązania międzynarodowe, w szczególności związane z pakietem klimatycznym, jego udział w bilansie energetycznym będzie się stale zmniejszał (Gawlik i in. 2010). Prognoza zapotrzebowania na paliwa i energię wykonana na potrzeby *Polityki energetycznej Polski* przewiduje, że w 2020 roku udział węgla w produkcji energii elektrycznej spadnie do 40% w przypadku węgla kamiennego i 26% węgla brunatnego, a do 2030 nastąpi dalszy spadek odpowiednio do 36% węgla kamiennego i 21% węgla brunatnego (Strzelec-Łobodzińska 2010). Dlatego istotnym elementem stabilnego rozwoju i funkcjonowania przemysłu węgla kamiennego i brunatnego jest pokazanie, że węgiel dzięki czystym technologiom może być źródłem niskoemisyjnej energetyki. Przykładem może być podziemne zgazowanie węgla. Na obecnym etapie badań i rozwoju tych technologii przewiduje się, że będą one narażone na zmiany klimatu i wpływ intensywnych zjawisk pogodowych w takim samym stopniu, jak funkcjonujące zakłady wydobywcze. Infrastrukturę powierzchniową związaną z tymi technologiami będą stanowić najprawdopodobniej: budowle kubaturowe niskie, rurociągi

przesyłowe i linie energetyczne. Transport operacyjny będzie oparty na transporcie kołowym. W przypadku podziemnego zgazowania węgla, infrastrukturę powierzchniową można porównać np. do infrastruktury charakterystycznej dla zakładu chemicznego. Można przypuszczać, że oddziaływanie zjawisk klimatycznych będzie dotyczyć zatem elementów takich jak budownictwo przemysłowe i transport. Rozważając budowę takich zakładów i instalacji, już na etapie projektowania (normy branżowe, współczynniki bezpieczeństwa) należy uwzględnić niekorzystny wpływ zjawisk pogodowych.

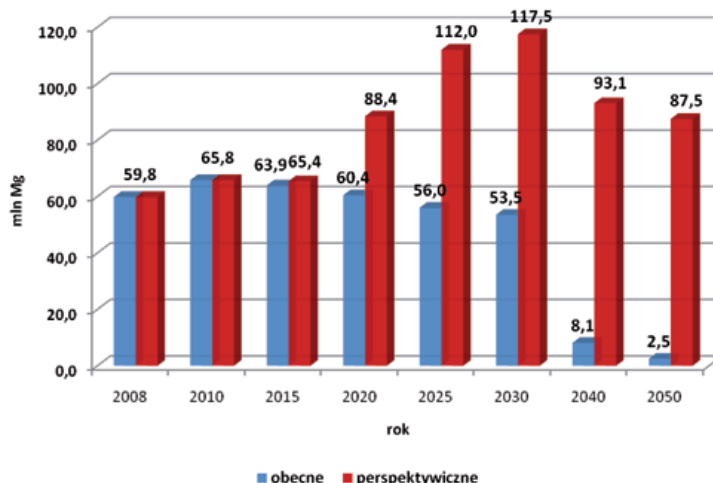
Polska posiada wszystkie atuty dla dalszego rozwoju tego sektora w okresie następnych dekad. Jednakże brak znaczących inwestycji, głównie w budowę nowych poziomów eksploatacyjnych, wydłużenie funkcjonowania lub budowę nowych szybów spowoduje zatrzymanie lub spadek wydobycia polskich kopalń. Szacunkowe możliwości wydobycia węgla kamiennego w Polsce przedstawia Rys. 6.43.



Rys. 6.43 Szacunkowe możliwe ilości wydobycia węgla kamiennego przez polskie kopalnie węgla kamiennego w I połowie XXI wieku w Polsce

Źródło: Kasztelewicz 2010

Możliwości wydobycia węgla brunatnego w Polsce w perspektywie długookresowej przedstawia Rys. 6.44.



Rys. 6.44. Wydobycie węgla brunatnego w I połowie XXI wieku (uwzględniając złoża obecnie eksploatowane i zagospodarowanie kolejnych złóż perspektywicznych).

Źródło: Kasztelewicz i in. 2009.

Z dużym prawdopodobieństwem można przewidzieć, że w ciągu najbliższych kilkudziesięciu lat węgiel pozostanie najważniejszym paliwem, głównie dla produkcji energii elektrycznej przy równoczesnym rozwoju nowych technologii spalania i zmniejszania kosztów wydobycia oraz redukcji emisji spalin do atmosfery (Tajduś i in. 2011). Konieczne jest również zabezpieczenie dostępu do zasobów strategicznych węgla m.in. poprzez ochronę obszarów ich występowania przed dalszą zabudową infrastrukturalną niezwiązaną z energetyką poprzez ustalenia miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, a mając na uwadze długi cykl inwestycji górniczych podejmowanie, z odpowiednio dużym wyprzedzeniem czasowym, prac przygotowujących do zagospodarowania kolejnych złóż węgla.

Ocena obecnie obserwowanego wpływu zmian klimatu i wrażliwości sektora

Zakłady górnicze ze względu na zajmowaną powierzchnię, zróżnicowanie obiektów i urządzeń mogą być narażone na wpływ zmian klimatu, a przede wszystkim na związane z nimi działania niekorzystnych zjawisk klimatycznych takich jak silne wiatry i intensywne opady. Dotyczy to zarówno zakładów wydobywających węgiel kamienny, jak i bardzo rozległych kopalń węgla brunatnego.

Powierzchniowa część zakładu górniczego to przede wszystkim obiekty kubaturowe (budynki biurowe, hale magazynowe, zakłady przeróbcze), charakteryzujące się bardzo mocną metalową lub żelbetową konstrukcją o silnym fundamencie, wieże wyciągowe i szybowe o konstrukcji stalowej lub żelbetowej, rozległe torowiska i bocznicę kolejowe związane bezpośrednio z transportem węgla i materiałów budowlanych, osadniki wód dołowych o konstrukcji żelbetowej i osadniki ziemne będące częścią obiegu zakładów przeróbczych, składowiska odpadów, obiekty unieszkodliwiania odpadów wydobywczych, zwałowiska odpadów (nadpoziomowe i podpoziomowe) oraz place magazynowe i magazyny materiałów budowlanych. Wymienione części zakładu górniczego zajmują rozległe powierzchnie. Poprzez swoją budowę i funkcje są narażone na wszelkiego typu oddziaływania zewnętrzne, w tym na intensywne zjawiska pogodowe.

Podstawowymi etapami działalności sektora górniczego są: wydobycie i przeróbka, transport i magazynowanie. Zakładom górniczym zawsze towarzyszy wytwarzanie odpadów. Wpływowi zjawisk klimatycznych podlegają również części składowe poszczególnych etapów i związana z nimi infrastruktura. W sektorze górnictwa można zatem wyróżnić grupy elementów wrażliwych na czynniki klimatyczne:

- związane z procesem wydobycia: wybrany i zasypany górotwór, wieże szybowe, niecki obniżeniowe, szkody górnicze, parki maszynowe, wielkopowierzchniowe wyrobiska i odkrywki,
- związane z procesem przeróbki – obiekty kubaturowe (budowlane), osadniki ziemne/ betonowe, załadowane osadniki,
- związane z procesem transportu i magazynowania – transport wewnętrzny (operacyjny), transport wód, rurociągi, taśmociągi, torowiska i bocznicę kolejowe, drogi wewnętrzne i dojazdowe, magazyny materiałów i produktów,
- związane z gospodarką odpadami – składowiska odpadów, obiekty unieszkodliwiania odpadów wydobywczych, zwałowiska odpadów (nadpoziomowe i podpoziomowe),
- inne – elementy sektora nieujęte w powyższych kategoriach, a istotne dla zakładu górniczego np. napowietrzne linie energetyczne.

Ocenę wpływu warunków klimatycznych na górnictwo przeprowadzono w oparciu o badania ankietowe. Badaniach przeprowadzono w 32 kopalniach węgla kamiennego i 4 kopalniach węgla brunatnego (liczba zakładów wydobywczych w czasie prowadzenia badań –

2010 r.). Podstawowe skutki wpływu zjawisk klimatycznych lub pochodnych na te obiekty ujęto w Tab. 6.35.

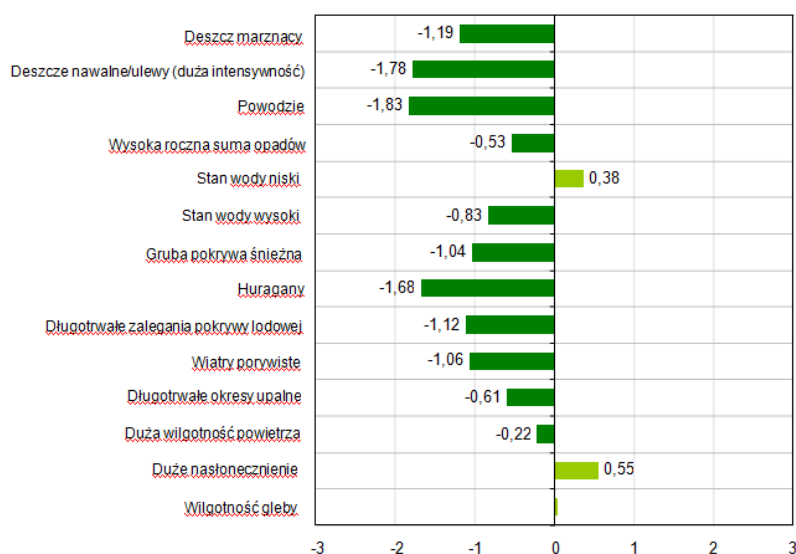
Tab. 6.35. Konsekwencje i oddziaływanie wybranych zjawisk i czynników klimatycznych w sektorze górnictwa.

Czynnik klimatyczny	Oddziaływanie	
	W sektorze górnictwa	Dla społeczności
Deszcz marznący	Utrudnienia w komunikacji, obciążenie infrastruktury zakładowej (parki maszynowe, zwłaszcza w kopalniach węgla brunatnego oraz wieże szybowe i wyciągowe w kopalniach węgla kamiennego), obciążenia i awarie linii energetycznych i teleinformatycznych	Utrudnienia w komunikacji, obciążenie infrastruktury komunalnej, zwłaszcza linii energetycznych, teleinformatycznych, zniszczenie roślinności, drzewostanu i pól
Długotrwałe okresy upalne	Przesuszenie powierzchni zwałowisk odpadów i osadników – konsekwencją jest niekorzystna erozja powierzchniowa tych obiektów, nadmierne pylenie i wzrost zanieczyszczeń powietrza	Zagrożenia zdrowotne (dzieci, osoby starsze), wzrost zanieczyszczenia powietrza, pogorszenie bilansu wodnego, uszkodzenia infrastruktury komunalnej, zmniejszenie ilości i jakości lub zniszczenie pól
Długotrwałe zaleganie pokrywy lodowej	Utrudnienia w komunikacji i transporcie, obciążenie i zniszczenie powierzchniowej infrastruktury zakładowej	Utrudnienia w komunikacji, obciążenie infrastruktury komunalnej, zwłaszcza linii energetycznych, teleinformatycznych, zniszczenie roślinności, drzewostanu i pól
Huragany	Zniszczenie powierzchniowej infrastruktury zakładowej związanej z wydobywaniem, przeróbką, transportem, magazynowaniem i składowaniem węgla i odpadów	Zablokowanie, zniszczenie tras komunikacyjnych, infrastruktury drogowej kolejowej, zniszczenie terenów zamieszkałych, przedsiębiorstw, zakładów, instytucji, mienia prywatnego, infrastruktury komunalnej itd., zniszczenie obszarów rolnych i terenów zielonych
Powodzie	Zalania, podtopienia i zniszczenia powierzchniowej i podziemnej infrastruktury zakładowej związanej z wydobywaniem, przeróbką, transportem, magazynowaniem i składowaniem (węgiel, odpady)	Zalanie terenów zamieszkałych, przedsiębiorstw, zakładów, instytucji, infrastruktury komunalnej itd., ofiary w ludziach, skażenia terenów, zniszczenie mienia, ekosystemów, pól rolnych, rozwój insektów, owadów, pasożytów,
Stany wody wysokie	Podtopienia terenów i infrastruktury zakładowej - trudności wystąpią zwłaszcza w kopalniach węgla brunatnego	Podtopienie terenów, pogorszenie bilansu wodnego, zawilgocenie gleb
Ulewy	Zalania i podtopienia powierzchniowej infrastruktury zakładowej, utrudnienia w komunikacji, erozja wodna i wymywanie zanieczyszczeń wskutek nadmiernego spływu powierzchniowego zwłaszcza na zwałowiskach odpadów	Utrudnienia w komunikacji drogowej, kolejowej i lotniczej, zagrożenia powodziowe, podtopienia infrastruktury komunalnej, drogowej, budynków i urządzeń użyteczności publicznej, mienia prywatnego itp., zagrożenie ekosystemów, pól rolnych, zakłócenie cyklu wegetacji roślin
Wiatry porywiste	Narażenie powierzchniowej infrastruktury zakładowej związanej z wydobywaniem, przeróbką, transportem, magazynowaniem i składowaniem węgla i odpadów	Naruszenie, zablokowanie i/lub zniszczenie infrastruktury drogowej kolejowej, naruszenie terenów zamieszkałych, przedsiębiorstw, zakładów, instytucji, mienia prywatnego, infrastruktury komunalnej itd.
Wysoka pokrywa śnieżna	Utrudnienia w komunikacji i transporcie na obszarze zakładów, obciążenia konstrukcji stalowych (wieże wyciągowe i szybowe), maszyn i budynków kubaturowych, podtopienia i zalania infrastruktury zakładowej	Zagrożenie powodziowe (powodzie roztopowe), zasypianie terenów publicznych, rolniczych, obszarów leśnych, obciążenie budynków i budowli, infrastruktury, utrudnienia komunikacyjne, obciążenie infrastruktury komunalnej, drogowej,

Czynnik klimatyczny	Oddziaływanie	
	W sektorze górnictwa	Dla społeczności
		budynków i urządzeń użyteczności publicznej, mienia prywatnego itp.
Wilgotność gleby (podłoża)	Oddziaływanie mało znaczące. Pozytywne w przypadku podwyższonej wilgotności na zrekultywowanych zwałowisk odpadów z ukształtowaną szatą roślinną. Ograniczenie negatywnego oddziaływania na stan powietrza atmosferycznego w wyniku zmniejszenia emisji pyłu w trakcie robót ziemnych oraz wtórnej emisji pyłu	Wysoka wilgotność sprzyja uprawom i hodowlom, zbyt niska generuje koszty i straty.
Suma roczna opadów	Utrudnienia w komunikacji i transporcie na obszarze zakładów i dla społeczności w gminach górniczych - oddziaływanie mało znaczące	
Wilgotność powietrza	Nieznaczące oddziaływanie negatywne związane przede wszystkim z obniżeniem komfortu pracy załogi w zakładach wydobywczych jak i dla społeczności w gminach górniczych	
Nasłonecznienie	Oddziaływanie pozytywne, związane z poprawą komfortu pracy i funkcjonowania zarówno dla zakładów wydobywczych jak i dla społeczności w gminach górniczych	

Źródło: Łączny i in. 2012.

Analiza wykazała, że najistotniejsze negatywne znaczenie mają: deszcze nawalne oraz huragany. Mniejsze, chociaż mało zróżnicowane, znaczenie negatywne mają: deszcz marznący, długotrwała pokrywa, wiatry porywiste oraz gruba pokrywa śnieżna. Nie mają większego wpływu: wysoki stan wody, długotrwałe okresy upalne, wysoka roczna wielkość opadów oraz duża wilgotność powietrza. Duże nasłonecznienie, a także stan wody niski mają umiarkowany wpływ pozytywny na sektor górniczy (Rys. 6.45).



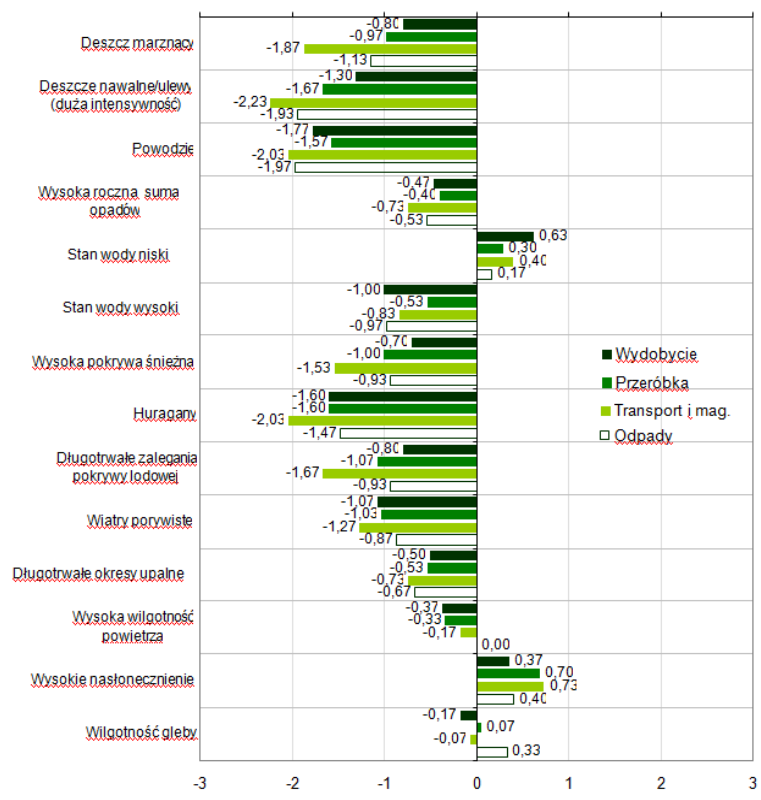
Rys. 6.45. Ocena wpływu czynników klimatycznych na sektor górnictwa.

Źródło: Łączny i in. 2011

Rozpatrywane zjawiska klimatyczne mają znaczący wpływ na większość elementów sektora. Niekorzystnym wpływem tych czynników są zagrożone przede wszystkim: transport i magazynowanie, przeróbka oraz odpady (Rys. 6.46).

Częścią składową elementu „transport” jest infrastruktura na potrzeby transportu wewnętrznego (operacyjnego) – rurociągi, taśmociągi, torowiska i bocznice kolejowe, drogi wewnętrzne i dojazdowe, magazyny materiałów i produktów. Na te elementy najbardziej niekorzystny wpływ wywierają czynniki, takie jak: deszcze nawalne/ulewy powódzie i huragany oraz deszcz marznący, a także długotrwałe zalegająca pokrywa lodowa i śnieżna.

Na elementy sektora „przeróbka” negatywne oddziaływanie mają deszcze nawalne i ulewy, huragany i powodzie. Wpływ ten dotyczy obiektów kubaturowych oraz osadników ziemnych/betonowych i załadowanych osadników. Podobnie w kategorii „odpady”, związanej ze składowiskami odpadów, obiektami unieszkodliwiania odpadów wydobywczych, zwałowiskami odpadów (nadpoziomowymi i podpoziomowymi), istotną negatywną rolę odgrywają powodzie, deszcze nawalne/ulewy oraz huragany. Związane jest to z nasileniem procesów erozji wodnej i wietrznej na skarpach i półkach składowisk, zwałowisk lub obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych i obwałowaniach osadników. Na wybrany i zasypywany górotwór, wieże szybowe, niecki obniżeniowe, szkody górnicze, park maszynowy, wielkopowierzchniowe wyrobiska i odkrywki mają negatywny wpływ przede wszystkim powodzie oraz huragany. Na obiekty kubaturowe, osadniki ziemne/betonowe najistotniejszy wpływ wywierają powodzie, huragany i deszcze nawalne.



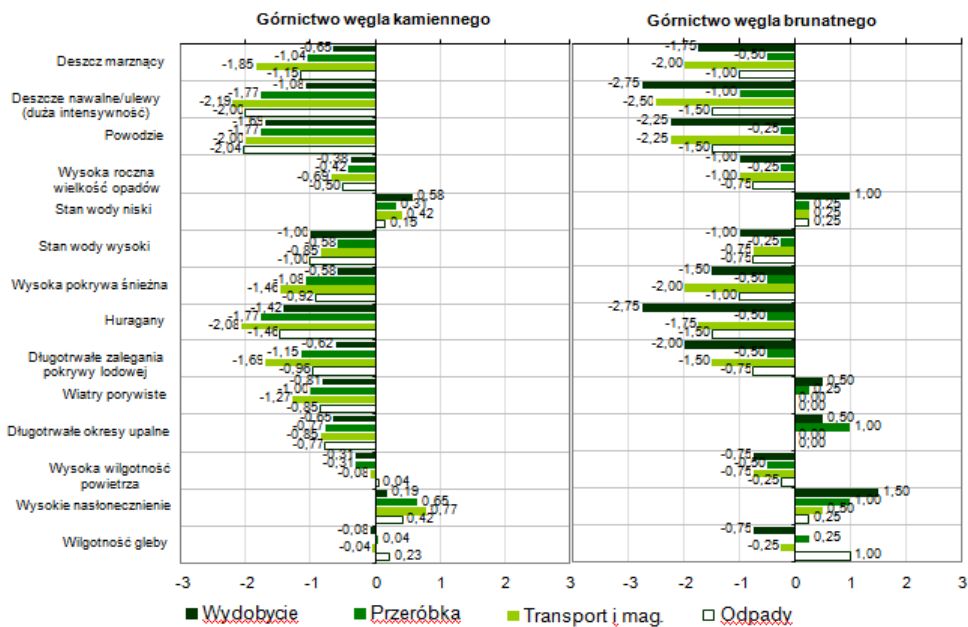
Rys. 6.46. Ocena wpływu wybranych czynników klimatycznych na poszczególne elementy sektora górnictwa; N=30

Źródło: Łączny i in. 2011

Pozytywne działanie na wszystkie cztery elementy sektora górnictwa mają niski stan wód oraz duże nasłonecznienie. Niski stan wód sprzyja w największym stopniu wydobywaniu i jest bezpieczny dla m.in. wybranego i zaspywanego górotworu, niecek obniżeniowych, wyrobisk i szkód górniczych, wyrobisk i odkrywek, które najszybciej mogą ulec zalaniu w przypadku wezbrań i stanów wysokich. Duże nasłonecznienie jest korzystne przede wszystkim dla transportu i magazynowania oraz dla przeróbki węgla – sprzyja przesuszeniu obiektów i powierzchni. Według badań ankietowych „długotrwałe okresy upalne” zostały ocenione negatywnie, podczas gdy „wysokie nasłonecznienie” – pozytywnie. Parametry te wydają się być ze sobą ściśle związane, zwłaszcza w okresie letnim. Przyczyną takiej oceny respondentów było najprawdopodobniej rozumienie pojęć. Długotrwałe okresy upalne były odbierane jako obniżenie komfortu i bezpieczeństwa pracy (wart. $-0,61$) czyli negatywnie,

natomiast wysokie nasłonecznienie (wart. +0,55) było traktowane jako brak opadów i bardziej intensywne przesuszanie terenów, a zatem zjawisko korzystne.

W zestawieniu czynników klimatycznych wpływających na górnictwo węgla kamiennego i brunatnego zostały uwidocznione istotne różnice zarówno w wartościach średnich ocen oddziaływania na poszczególne elementy sektora, jak i w kierunkach tego oddziaływania (Rys. 6.47).



Rys. 6.47 Ocena wpływu wybranych zjawisk klimatycznych na poszczególne elementy segmentu górnictwa węgla oraz brunatnego.

Źródło: Łączny i in.2011

Największe zróżnicowanie w ocenie wpływu poszczególnych czynników klimatycznych na elementy sektorowe między górnictwem węgla kamiennego oraz brunatnego obserwuje się w przypadku trzech czynników: deszczy nawalnych i ulewnych na wydobycie oraz długotrwałych okresów upalnych i powodzi na przeróbkę węgla. Oddziaływanie deszczy ulewnych na wydobycie jest naturalnie silniejsze w przypadku węgla brunatnego z uwagi na charakter prac odkrywkowych. Z kolei powodzie wpływają na przeróbkę węgla kamiennego zdecydowanie bardziej aniżeli na przeróbkę węgla brunatnego, głównie z uwagi na fakt występowania tych procesów w strefie zagrożenia powodzią (np. osadniki, hydrocyklony). W przypadku długotrwałych okresów upalnych ocena oddziaływania na przeróbkę jest diametralnie różna dla segmentu węgla kamiennego, gdzie oddziaływanie to jest negatywne – przeróbki węgla kamiennego dokonuje się przeważnie w zamkniętych zakładach przeróbczych, gdzie wysoka temperatura niekorzystnie wpływa na komfort pracy i brunatnego, podczas gdy oddziaływanie dla górnictwa węgla brunatnego jest pozytywne – węgiel brunatny ulega podsuszeniu z jednoczesną poprawą wartości opałowej a przeróbkę prowadzi się na otwartej przestrzeni. Podobnie zróżnicowanie to jest widoczne przy ocenie oddziaływania tego czynnika na wydobycie.

Największe zróżnicowanie przeciętnych wartości wykazują elementy sektorowe, takie jak wydobycie oraz przeróbka. W górnictwie węgla brunatnego wyraźnie jest widoczna duża wrażliwość wydobycia na większość analizowanych czynników klimatycznych. W górnictwie węgla kamiennego najbardziej wrażliwy w świetle dokonanej oceny jest transport i magazynowanie. Deszcz marzący ma zdecydowanie większy negatywny wpływ na

wydobycie w segmencie węgla brunatnego aniżeli w segmencie węgla kamiennego. Deszcz marznący niekorzystnie w górnictwie odkrywkowym wpływa na parki maszynowe, linie zasilające oraz transport kołowy i kolejowy. W przypadku przeróbki węgla kamiennego deszcz marznący obniża sprawność taśmociągów, urządzeń przesypowych itp. Opady, a zwłaszcza deszcze nawalne, wywierają negatywny wpływ na wydobycie węgla brunatnego oraz na transport i magazynowanie w obu segmentach. Istotny wpływ deszcze nawalne wywierają na odpady, co jest związane z formami ich składowania (nadpoziomowe i podpoziomowe składowiska odpadów, obiekty unieszkodliwiania odpadów wydobywczych, zwałowiska odpadów). Powodzie wpływają negatywnie na wszystkie elementy sektora zarówno węgla kamiennego, jak i brunatnego. Zalania, podtopienia i zniszczenie infrastruktury sektora najmniej istotne są dla przeróbki węgla brunatnego. Huragany mają wyraźny negatywny wpływ na oba sektory. Najbardziej wrażliwe jest wydobycie węgla brunatnego oraz transport i magazynowanie w obu sektorach. W przypadku wiatrów porywistych ich wpływ na górnictwo węgla brunatnego jest marginalny natomiast w przypadku górnictwa węgla kamiennego zdecydowanie negatywny. Długotrwałe zaleganie pokrywy lodowej negatywnie wpływa na wydobycie węgla brunatnego (utrudnienia w dostępie do wielkopowierzchniowych wyrobisk i odkrywek) oraz transport i magazynowanie węgla kamiennego (utrudnienia w transporcie wewnętrznym drogowym i kolejowym). Pozytywny wpływ na wszystkie elementy sektora wywierają niskie stany wód oraz duże nasłonecznienie. Podobną zależność można zaobserwować w przypadku wystąpienia długotrwałych okresów upalnych. Pozostałe zjawiska nie odgrywają istotnej roli w obu sektorach.

Reasumując można stwierdzić, że najbardziej narażone elementy sektora to transport, związany z zaopatrzeniem kopalń oraz wywozem węgla i odpadów (drogi wewnętrzne, drogi technologiczne, torowiska) oraz budownictwo przemysłowe (budynki kubaturowe, obiekty przeznaczone do składowania odpadów lub magazynowania węgla, osadniki ziemne i betonowe, stałe i mobilne elementy parków maszynowych).

Ocena zagrożeń i korzyści wynikających z przewidywanych zmian klimatu

Niezależnie od rodzaju kopalni wydobywanych w poszczególnych gałęziach sektora górnictwa korzyści i zagrożenia wynikające ze zmian klimatu dla zakładów wydobywczych zależną od sposobu eksploatacji głębinowej lub odkrywkowej. Uwzględniając specyfikę zakładów wydobywczych górnictwa głębinowego i odkrywkowego wytypowano elementy szczególnie narażone na zmiany istotnych umownych kategorii klimatu. Wyniki analizy przedstawiono w Tab. 6.36.

Zmiany klimatyczne nie mają znaczącego wpływu na techniki górnicze w zakładach wydobywczych głębinowych. Techniki te uwzględniają niektóre warunki zewnętrzne pogodowe poprzez wykorzystanie ich jako danych do formuł obliczeniowych bardzo praktycznych wielkości fizycznych. Przykładem takiego działania jest wykorzystywanie danych o wartości ciśnienia powietrza atmosferycznego, jego temperaturze i wilgotności jako wartości wyjściowych do obliczeń wydajności systemów wentylacyjnych kopalń. Z uwagi jednak na prognozowane nieznaczne zmiany wartości wielkości fizycznych opisujących gaz (powietrze) pompowany do wyrobisk kopalń nie przewiduje się znaczących korekt w systemach wentylacji kopalń głębinowych. Podobnie od wartości wielkości opisujących powietrze atmosferyczne w niewielkim stopniu jest uzależniony system odmetanowania kopalń. Problemem wymagającym uwzględnienia może być zmniejszona gęstość powietrza w falach upałów.

Tab. 6.36. Elementy szczególnie narażone na zmiany istotnych UKK

Kategoria UKK	Charakter zmiany UKK	Obszar	Elementy szczególnie narażone	Etap
Górnictwo głębinowe				
Deszcz	Niekorzystna (zwiększenie liczby dni z opadami powyżej 20mm)	Budownictwo przemysłowe Transport drogowy, kolejowy	Kanalizacja deszczowa Odwodnienie zwałów węgla Odwodnienie obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych Osadniki Drogi wewnętrzne Drogi technologiczne na obiektach lokowania odpadów Bocznice i szlaki kolejowe	Projektowanie Budowa Utrzymanie
Wiatr	Umiarkowanie niekorzystna (minimalne zwiększenie ilości dni z wiatrami $v_{max} > 20m/s$)	Budownictwo przemysłowe	Budynek nadszybia Zakład przeróbczy Budynek dyrekcji i cechowni Napowietrzne linie energetyczne	Projektowanie Budowa Utrzymanie
Górnictwo odkrywkowe				
Deszcz	Niekorzystna (zwiększenie liczby dni z opadami >20mm)	Budownictwo przemysłowe Transport drogowy, kolejowy	Kanalizacja deszczowa Odwodnienie wyrobiska (odkrywki) Odwodnienie zwałów węgla Odwodnienie zwałowisk odpadów Osadniki Drogi wewnętrzne Drogi technologiczne w odkrywkach Drogi technologiczne na obiektach lokowania odpadów Bocznice i szlaki kolejowe	Projektowanie Budowa Utrzymanie
Wiatr	Umiarkowanie niekorzystna (minimalne zwiększenie ilości dni z wiatrami $v_{max} > 20m/s$)	Budownictwo przemysłowe	Napowietrzne linie energetyczne Budynek dyrekcji	Projektowanie Budowa Utrzymanie

W zakładach głębinowych większa liczba elementów jest szczególnie narażona na oddziaływanie silnych wiatrów – jest to związane z infrastrukturą przemysłową. Wspólnym elementem wrażliwym na silny wiatr (trąby powietrzne, huragany,) dla górnictwa głębinowego i odkrywkowego są linie energetyczne. Oblodzenie linii energetycznych to zagrożenie w istotny sposób wpływające na bezpieczeństwo funkcjonowania w szczególności głębinowych zakładów wydobywczych. Brak zasilania zakładu wydobywczego głębinowego, skutkować może drastycznym obniżeniem poziomu bezpieczeństwa załogi pracującej w podziemnych wyrobiskach.

Wspólnymi elementami szczególnie narażonymi na zmiany klimatu są:

- kanalizacja deszczowa która z większym prawdopodobieństwem będzie narażona na zniszczenia wodami napływającymi w trakcie nawałnych deszczy, powstania niedrożności (zamulenia),
- odwodnienie zwałów węgla dla którego zaistnieje większa możliwość erozji powierzchniowej skarp zwałów co może mieć wpływ na ewentualne powstanie stanów termicznych (samozapalenia), rozmycie drobnych frakcji węglowych, zanieczyszczenie okolicznych terenów,
- odwodnienie obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych dla którego pojawi się większe prawdopodobieństwo erozji powierzchniowej obiektów

uformowanych z odpadów wydobywczych, oraz możliwość napowietrzenia i powstania samozapłonu, zamulenia rowów opaskowych i cieków odprowadzających wody, zanieczyszczenia potoków i rzek substancjami wymywanymi z odpadów wydobywczych,

- osadniki które w większym stopniu narażone będą na uszkodzenia konstrukcji w wyniku dużego napływu wód, a zwiększenie prędkości wód przepływających przez osadnik może powodować utratę skuteczności osadzania zawiesin, przebranie osadnika i zanieczyszczenie terenów okolicznych,
- drogi wewnętrzne dla których wystąpi większe prawdopodobieństwo uszkodzenia podbudowy dróg i ich nawierzchni, a tym samym możliwość utrudnienia dojazdu np. dla służb ratowniczych lub utrudnienia logistyczne
- drogi technologiczne na obiektach lokowania odpadów które będą bardziej narażone na rozmycia, brudowania, uniemożliwienie odstawy odpadów wydobywczych
- bocznice i szlaki kolejowe – które będą bardziej narażone na uszkodzenia podbudowy placów i torowisk, wystąpi większe prawdopodobieństwo utrudnień odstaw węgla.

Z uwagi na specyfikę wykorzystywanego w kopalniach parku maszynowego (zwłaszcza w kopalniach odkrywkowych) uznano, że jest on mało wrażliwy na ekstremalne zjawiska pogodowe. Jest to sprzęt ciężki, mobilny - odpowiednio przeszkolona załoga w zakresie „bezpiecznej pracy ludzi i sprzętu” powinna znać procedury postępowania w przypadkach awaryjnych, także podczas ekstremalnych zjawisk pogodowych. Zastosowanie do obowiązujących procedur likwiduje lub znacznie ogranicza zagrożenie z tym związane.

Za korzystne dla funkcjonowania zakładów wydobywczych uznano dwa parametry pogodowe: mniejsza liczba dni bezśnieżnych w roku oraz mniejsza liczba dni z temperaturą <-20 °C. W Tab. 6.37 przedstawiono możliwe korzyści dla zakładów wydobywczych związane z tymi czynnikami.

Tab. 6.37. Korzyści organizacyjno-techniczne wynikające ze zmiany klimatu

Parametr	Prognozowana zmiana	Potencjalnie korzystny wpływ na funkcjonowanie zakładu wydobywczego
Liczba dni z opadem śnieżnym	75,37 dni w roku 2010 r. 43,6 dni w roku 2070 r.	Korzystny wpływ na transport drogowy i kolejowy – mniejsze utrudnienia w okresie zimowym, Niezakłócona opadami śniegu odstawa urobku i dowóz zaopatrzenia zakładu górniczego Ograniczenie wydatków na utrzymanie przejezdności szlaków komunikacyjnych oraz na utrzymanie normalnego funkcjonowania placów składowych i magazynowych, Niezakłócona odstawa odpadów wydobywczych na zwały, łatwe poruszanie się pojazdów po obiektach zagospodarowania odpadów.
Liczba dni z temperaturą poniżej -20°C	0,7 dnia w roku 2010 r. 0,3 dnia w roku 2070 r.	Mniejsze szkody w nawierzchniach szlaków komunikacyjnych, torowiskach, liniach energetycznych itp., Mniejsza awaryjność sprzętu ciężkiego, Niższe koszty ogrzewania budynków,

Działania adaptacyjne niezbędne do ograniczenia skutków zmian klimatu

Ekstremalne zjawiska pogodowe (nawalne lub długotrwałe deszcze i porywiste wiatry) już aktualnie sprawiają mniejsze lub większe problemy na obszarach zakładów wydobywczych. Służby odpowiedzialne za poszczególne obszary funkcjonowania przedsiębiorstwa muszą zmagać się z likwidacją ich skutków. Jeśli prognozy zmian klimatu będą się potwierdzać, to problem będzie narastać, a z utrudnieniami spowodowanymi nawalnymi deszczami lub huraganowymi wiatrami służby zakładowe zmagać się będą coraz

częściej. Można wytypować szereg prostych działań technicznych i organizacyjnych, które można wdrażać w celu likwidacji utrudnień związanych z omawianymi zjawiskami. Pod uwagę wzięto aktualną specyfikę zakładów wydobywczych w dziedzinie infrastruktury i funkcjonowania przedsiębiorstwa. W Tab. 6.38 przedstawiono propozycję działań techniczno-organizacyjnych, które wprowadzane w życie spowodują zwiększenie szeroko rozumianego bezpieczeństwa oraz niezakłócone funkcjonowanie zakładów wydobywczych.

Tab. 6.38. Przykładowe działania techniczne i organizacyjne w zakładach górniczych w ramach adaptacji do zmian klimatu

Element infrastruktury/ środowiska zakładu wydobywczego	UKK	Działanie adaptacyjne
Kanalizacja deszczowa	Deszcz	Projektowanie i stosownie układów retencji wód nadmiarowych na terenie zakładu wydobywczego przejmujących wody w okresie nawałnych deszczy.
Odwodnienie zwałów węgla	Deszcz	Projektowanie i stosowanie niezależnych od kanalizacji deszczowej systemów odwadniania zwałów węgla
Odwodnienie obiektów lokowania zagospodarowania odpadów wydobywczych	Deszcz	Odpowiednie ukształtowanie docelowe brył obiektów lokowania odpadów wydobywczych dla ochrony skarp obiektów: układy retencji na wierzchowinie, system odprowadzania wód z poszczególnych pólek technologicznych, odpowiednie ukształtowanie pólek technologicznych.
Osadniki	Deszcz	Umożliwienie odcięcia dopływu wód deszczowych do osadników wód dołowych i technologicznych z zakładów przerobczych, celem zapewnienia niezakłóconego obiegu tych wód w trakcie nawałnych deszczy.
Drogi wewnętrzne	Deszcz	Wytypowanie głównych (strategicznych) szlaków komunikacyjnych na terenie zakładu i jego skanalizowanie, zabezpieczenie przed napływem wód. Wytypowanie szlaków komunikacyjnych awaryjnych na wypadek powodzi.
Drogi technologiczne na obiektach lokowania odpadów	Deszcz	Utwardzanie nawierzchni dróg technologicznych kruszywem odpornym na rozmakanie, montaż bystrotoków na głównych trawersach i pojazdach, wytyczenie oznakowanie i wyprofilowanie głównych tras technologicznych na wierzchowinie poza obszarami spływu wód powierzchniowych w trakcie nawałnych deszczy.
Napowietrzne linie energetyczne	Wiatr	Stosowanie nowych systemów zasilania wewnątrz zakładu ze szczególnym uwzględnieniem systemów zasilania awaryjnego

Istotnym elementem adaptacji zakładów górniczych do zmian klimatu jest dostosowanie infrastruktury technicznej do przewidywanego niekorzystnego oddziaływania intensywnych zjawisk pogodowych. W tym zakresie zadania związane z adaptacją powinny polegać na usprawnieniu funkcjonowania infrastruktury, z uwzględnieniem danego czynnika oraz jednoczesnym wytypowaniem działań alternatywnych i awaryjnych. Działania adaptacyjne powinny być zdefiniowane dla każdego elementu infrastruktury, który wcześniej musi być zinwentaryzowany. Działania adaptacyjne powinny uwzględniać planowane inwestycje (budowę nowych obiektów i rozbudowę już funkcjonujących).

Ze względu na zróżnicowaną infrastrukturę i trudności w jej inwentaryzacji przez podmioty zewnętrzne, zakłady górnicze we własnym zakresie mogą opracować plany działań adaptacyjnych, uwzględniając najistotniejsze zagrożenia. Ponieważ sektor górnictwa jest związany z innymi sektorami i strukturami (gmina, powiat), zadania adaptacyjne mogłyby zostać podzielone na zadania własne i koordynowane (udział w finansowaniu). Wiele inicjatyw podejmowanych przez zakłady wydobywcze oraz gminy górnicze pomimo, że nie miały na celu adaptacji do zmian klimatycznych, w rzeczywistości są przykładem przedsięwzięć noszących znamiona takich działań. Przykładem może być rekultywacja zwałowisk odpadów powęglowych, podczas której wykonuje się zabezpieczenia skarp przed erozją wodną i wietrzną, reguluje gospodarkę wodno-ściekową na obiekcie oraz wykonuje utwardzenia dróg technicznych.

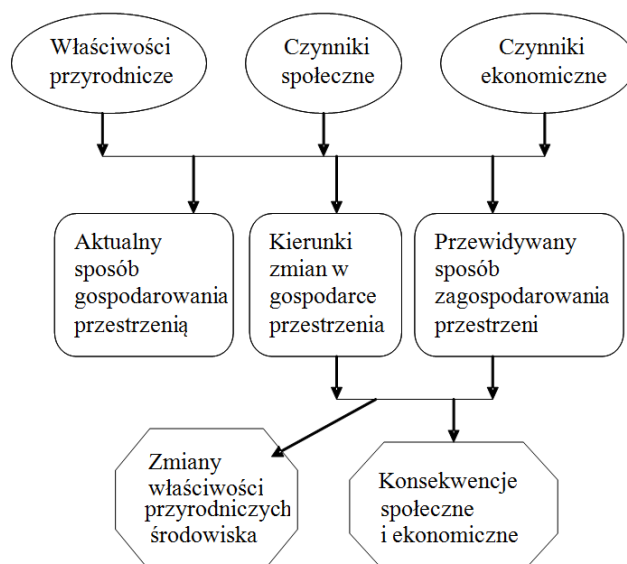
Zadania zawarte w planach adaptacyjnych powinny obejmować również działania związane z monitoringiem, badaniami naukowymi oraz ze szkoleniami i edukacją.

Analizę wpływu działań adaptacyjnych na poszczególne sektory zamieszczono na końcu dokumentu w załączniku 3. Wykaz działań adaptacyjnych i ich kosztów w pakiecie podstawowym, rozszerzonym i pełnym zamieszczono na końcu dokumentu w załączniku 6.

6.10. Gospodarka przestrzenna i miasta

Założeniem gospodarki przestrzennej jest dążenie do zachowania równowagi pomiędzy elementami naturalnymi środowiska, a wytworami działalności ludzkiej oraz kształtowanie ładu przestrzennego i tworzenie warunków dla dobrej jakości życia poprzez wdrażanie zrównoważonej polityki przestrzennej, której głównym instrumentem jest planowanie przestrzenne oraz wdrażanie systemu zarządzania przestrzenią.

W ostatnich dekadach istotnym czynnikiem, który musi być brany pod uwagę w planowaniu rozwoju przestrzennego są zmiany klimatyczne, jakie zachodzą w megasystemie środowiska geograficznego, a których konsekwencje mogą objąć zarówno system przyrodniczy, jak i społeczno-gospodarczy (Rys. 6.48).

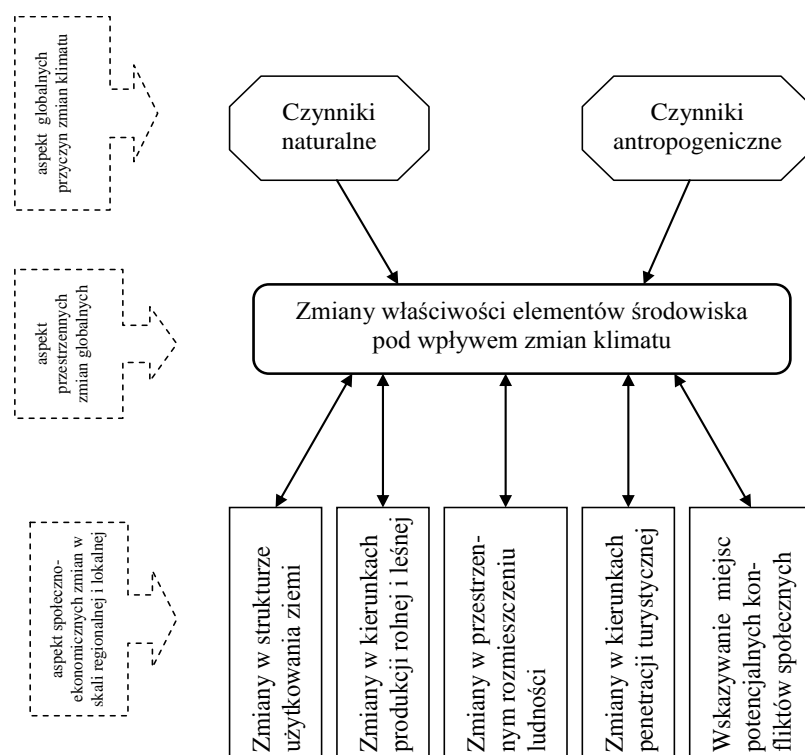


Rys. 6.48. Wzajemne powiązania pomiędzy elementami przyrodniczymi i społeczno-ekonomicznymi a zagospodarowaniem przestrzennym.

Do podstawowych zmian funkcjonowania środowiska przyrodniczego należeć będą zmiany warunków higr termicznych, uwiadczniające się zwiększaniem się deficytu wody oraz zwiększaniem się liczby zjawisk ekstremalnych. Najważniejsze zmiany w systemie społeczno-gospodarczym to zmiany warunków życia i wzrost zagrożenia chorobami, konieczność dostosowywania upraw rolniczych do uwarunkowań klimatycznych, optymalizacja gospodarowania zasobami wody oraz kreowanie nowych kierunków rozwoju wykorzystujących zmiany klimatyczne, jako czynniki rozwoju np. turystyki, energetyki odnawialnej i in. Zmiany klimatu w kontekście przestrzennym mogą również generować konflikty społeczne, a tym samym mogą stawać się bezpośrednią przyczyną migracji ludzi, poszukujących bardziej przyjaznych warunków do życia, zarówno ze strony uwarunkowań środowiska, jak i warunków społeczno-ekonomicznych (Rys. 6.49).

Obserwując konsekwencje zmian klimatu, jakie zachodzą w środowisku należy zakładać, iż doprowadzą one do narastania problemów związanych z gospodarowaniem przestrzenią, w tym konkurencji o jej wykorzystanie. Większość następstw dotyczy wszystkich regionów

Polski, część z nich odnosi się jednak głównie do wybranych regionów geograficznych lub obszarów funkcjonalno-przestrzennych. W zależności od uwarunkowań geograficznych mogą one występować z różnym nasileniem. Konkurencja o przestrzeń ulegnie zwiększeniu wraz z podnoszeniem się poziomu mórz i bazy erozyjnej rzek. Wzrost zagrożenia powodziowego, zwłaszcza w dużych miastach położonych w strefie ujściowej dużych rzek do morza oraz w ich dolinach powodować będzie także ubytek bezpiecznych i atrakcyjnych terenów inwestycyjnych, głównie mieszkaniowych. Może to być jeden z nowych czynników migracyjnych ludności.



Rys. 6.49. Wpływ zmian klimatu na zmiany funkcjonowania systemu społeczno-gospodarczego w kontekście przestrzennym.

Przygotowanie polskiej przestrzeni do nowych uwarunkowań klimatycznych jest obecnie jednym z najważniejszych wyzwań, jakie stoją przed gospodarką przestrzenną. Polityka adaptacyjna do zmian klimatu wymaga uwzględnienia aspektu regionalnego, ze szczególnym odniesieniem do najbardziej istotnych dla zagospodarowania przestrzennego obszarów, a zwłaszcza obszarów górskich, wybrzeża oraz dolin rzecznych, a także obszarów metropolitalnych.

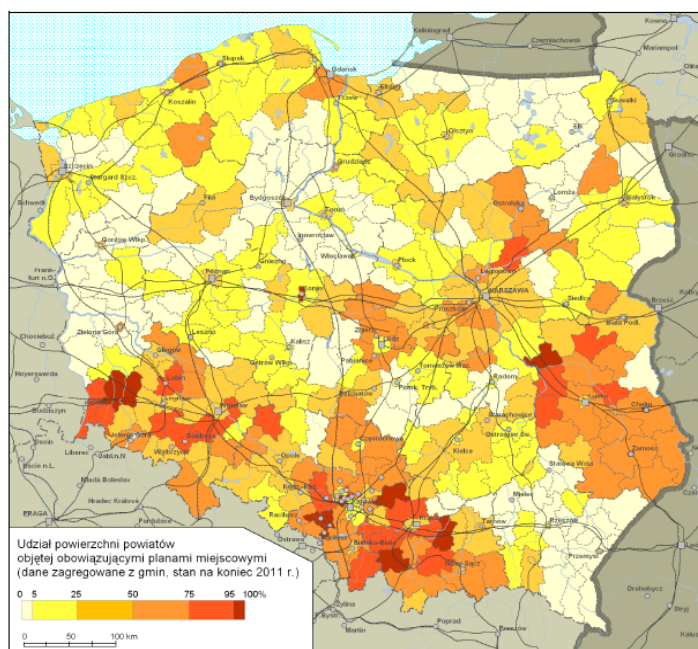
Problemy planowania przestrzennego w Polsce

Gminy jako najistotniejsze podmioty planowania przestrzennego w Polsce w bardzo ograniczonym zakresie wywiązują się z powierzonych im zadań w zakresie sporządzania miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, jako jedynych dokumentów planistycznych o charakterze aktu prawa miejscowego. Na koniec 2011 roku pokrycie miejscowymi planami zagospodarowania przestrzennego wynosiło zaledwie 25,4% powierzchni kraju, jakkolwiek w stosunku do roku 2004 (17,2%) był to znaczny postęp. Obszary pokryte miejscowymi planami zagospodarowania przestrzennego to głównie tereny silnie zurbanizowane lub przeznaczone pod zabudowę (Rys. 6.50). Planowanie miejscowe w Polsce ma bowiem charakter wybitnie inwestycyjny. Plany o charakterze ochronnym, w tym chroniące np. tereny zagrożone powodzią przed zabudową i osuwiskami, systemy

przewietrzania miast, sieć ekologiczną, zwłaszcza korytarze ekologiczne i zielone pierścienie wokół dużych miast stanowią bardzo rzadko przedmiot planowania miejscowego.

W procesie planowania przestrzennego obecne próby działań, które można by zaliczyć do adaptacyjnych do zmian klimatu zazwyczaj nie uzyskują akceptacji społecznej. Miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego zawierające takie ustalenia, jak dotyczące przeznaczenia gruntów na poldery, suche zbiorniki retencyjne, kanały ulgi, tereny zielone lub rolne i wyłączenia spod zabudowy, skazane są zwykle na nieuchwalenie lub dokonanie pod presją mieszkańców zmiany funkcji zwykle na mieszkaniową, zwłaszcza w okolicach dużych miast. Właściciele nieruchomości gruntowych na obszarach zagrożonych powodzią lub podtopieniami, zazwyczaj o małej świadomości skutków zagrożenia, zwykle nie dopuszczają nadrzędności interesu publicznego nad prywatnym, nawet kiedy chodzi o bezpieczeństwo ludzi i mienia. Trudna jest także ochrona terenów przyrodniczo cennych, zwłaszcza na obszarach poddanych silnej presji urbanizacyjnej, nawet w przypadku ustanowienia niektórych form ochrony lub relatywnie wysokiej ceny gruntu.

Tereny zieleni leśnej i wód, stanowiące obecnie 33% powierzchni kraju, według ustaleń studiów sporządzonych dla 57% gmin wynosić mają tylko 18% (Śleszyński i Solon 2010), co należy ocenić jako stan wymagający pilnych i skutecznych działań naprawczych. Uwzględniając ubytek trwałych użytków zielonych na obszarach hydrogenicznych i semihydrogenicznych rysuje się bardzo niekorzystny kierunek zmian w gospodarce gruntami, inny aniżeli potrzeby wynikające z adaptacji przestrzeni do zmian klimatu.



Rys. 6.50. Pokrycie obowiązującymi miejscowymi planami zagospodarowania przestrzennego w powiatach w końcu 2011 r.

Źródło: Śleszyński i in. 2012

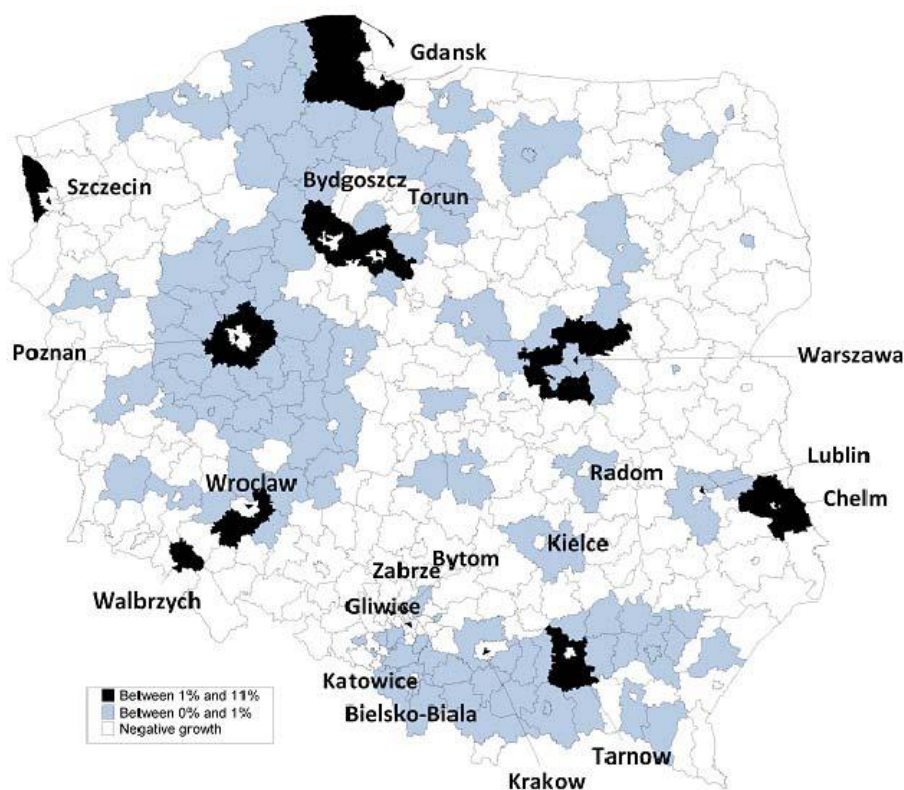
Wojewódzkie plany zagospodarowania przestrzennego zazwyczaj nie uwzględniają potrzeby adaptacji polityki przestrzennej województwa do zmian klimatu, z wyjątkiem gospodarki wodnej, i/lub zagrożenia powodziowego. Nawet wymagane opracowania ekofizjograficzne oraz strategiczne oceny oddziaływania na środowisko nie uwzględniają problematyki zmian klimatu.

Skutkiem opisanej wyżej sytuacji jest obecny żywiołowy proces urbanizacji przestrzeni, polegający głównie na rozlewaniu i rozpraszaniu zabudowy wokół dużych miast. Sprzyja to tworzeniu chaosu przestrzennego, bardzo nieefektywnej gospodarce gruntami i

niezrównoważonemu, nadmiernemu rozwojowi transportu samochodowego, co jednocześnie wpływa na wzrost zanieczyszczeń i powstawanie efektu cieplarnianego. Możliwości poprawy warunków wilgotnościowych i sanitarnych powietrza w miastach ogranicza bezpowrotna utrata terenów zielonych w wyniku ich zabudowy, a w wielu przypadkach niewłaściwe ich rozplanowanie.

Wrażliwość miast na czynniki klimatyczne i ich zmiany

Ogólna liczba miast w Polsce wynosi obecnie 908 (stan na początek 2011 roku), z czego 86 przekroczyło 50-tysięczną liczbę mieszkańców, zaś tylko 38 liczy ponad 100 tysięcy mieszkańców. W miastach mieszka 60,2% ludności kraju (2011). W obszarach miejskich koncentracja grup ludności szczególnie narażonych na zjawiska ekstremalne w tym na powodzie i fale upałów jest wysoka. Należą do niej ludzie starsi (powyżej 65 lat), dzieci, zwłaszcza małe, osoby chore na choroby układu oddechowego, krążenia i serca, osoby niedołążne oraz bezdomni.



Rys. 6.51. Zmiany liczby ludności wg powiatów w latach 1998–2008
– kolor czarny wskazuje obszary podlegające silnej urbanizacji

Źródło: Raport Polska 2011

Z racji swojego charakteru miasta z dużym nasyceniem infrastruktury i zagęszczeniem ludności są szczególnie wrażliwe na wszelkie zmiany związane ze zmianami klimatu. Dwa zjawiska związane z warunkami klimatycznymi stanowią podstawowe zagrożenie dla urbanizacji i organizmów miejskich. Są to zagrożenia związane warunkami termicznymi oraz nadmiarem lub niedoborem wody.

Zagrożenia wynikające z warunków termicznych w miastach

Jednym z głównych zagrożeń związanych ze zmianami klimatu jest wzrost temperatury w obszarach miejskich skutkujący rozwojem miejskiej wyspy ciepła, wzrostem zanieczyszczeń powietrza i spadkiem komfortu życia. Każde miasto jest specyficznym zespołem architektoniczno-urbanistycznym zbudowanym przede wszystkim z betonu, asfaltu, cegły,

czy kamienia, czyli materiałów charakteryzujących się wysokimi wskaźnikami kumulacji ciepła i niską pojemnością cieplną w stosunku do powierzchni zielonych i wodnych. Powodowane jest to po części niskim współczynnikiem albedo (stosunek promieniowania słonecznego pochłoniętego przez podłoże do odbitego) wymienionych materiałów. Dodatkowo przy tak dużej koncentracji mieszkańców w miastach następuje emisja ciepła antropogenicznego. Te dwa czynniki, rodzaj powierzchni (pokrycia terenu) oraz wzmożona emisja ciepła antropogenicznego decydują o tym, że temperatura powietrza w mieście jest wyższa niż na terenie pozamiejskim, co określane jest jako miejska wyspa ciepła (MWC). Zagrożenie związane z wysokimi temperaturami powietrza w dużych miastach zwiększa efekt miejskiej wyspy ciepła (MWC). Badania prowadzone w wielu miastach świata wykazały, że na terenie miejskim notowane temperatury są wyższe w porównaniu z terenami pozamiejskimi średnio o 0,5 do 0,8°C, a w zimie nawet od 1,1 do 1,6°C (EEA 2012). Intensywność zjawisk związanych z powstawaniem i funkcjonowaniem MWC zależna jest od wielkości, struktury funkcjonalno-przestrzennej i intensywności zabudowy miasta. Niska zabudowa rozproszona nie wpływa w sposób istotny na kształtowanie się MWC, natomiast w miarę przechodzenia budownictwa rozproszonego w zabudowę zwartą, wielokondygnacyjną jej intensywność wzrasta. Wielkość miasta, wyrażona liczbą mieszkańców, determinuje intensywność miejskiej wyspy ciepła w różnym stopniu. W przypadku zabudowy zwartej niskiej współczynnik determinacji wynosi 40%, dla zabudowy luźnej wysokiej – 90%, a zwartej wysokiej aż 97%. W każdym z powyższych typów zabudowy intensywność MWC wzrasta liniowo wraz ze wzrostem wielkości miasta, od wartości niewiele przekraczających 0°C w miastach do 5 tys. mieszkańców do 1,5 do 2,5°C w Warszawie, liczącej blisko 2 mln mieszkańców. Jednakże, w ekstremalnych warunkach termicznych, gdy temperatura osiąga wartości ponad 35°C w mieście do 600 tys. mieszkańców intensywność MWC sięgać może 7,6°C, zaś w miastach około 1-2 mln mieszkańców różnica temperatury powietrza pomiędzy miastem a terenami otwartymi może wynosić nawet 9-10°C.

Intensywność MWC jest wyraźnie zależna od udziału terenów biologicznie czynnych, w nieco mniejszym zaś stopniu istotny jest wskaźnik intensywności zabudowy czy funkcja odległości od centrum miasta. Zatem można przyjąć, że wielkość powierzchni biologicznie czynnej ma kluczową rolę w projektowaniu osiedli tak, by możliwie najbardziej zmniejszać zasięg i intensywność MWC. Z obecnych badań wynika również, że by tak się działo udział TBC nie powinien być niższy niż 45-50%, jednak wyznaczenie dokładnego progu wymagałoby szerszych analiz na większej liczbie obszarów modelowych.

Tereny parków miejskich również znajdują się pod wyraźnym wpływem MWC. Pomimo, iż są to obszary pokryte szatą roślinną, która powinna niwelować ocieplający wpływ miasta, jednak zlokalizowane są one najczęściej w centrach miejscowości, a więc na terenach najcieplejszych. Obszary otaczające parki (są to z reguły duże ruchliwe ulice i zwarta zabudowa miejska) znacznie je ocieplają. Odchylenia temperatury minimalnej na obszarze parków są w 77% zależne od wielkości miasta, a w Warszawie wynoszą około 1,5°C.

Globalne ocieplenie sprzyja intensyfikacji zjawiska MWC: poprzez zwiększoną częstotliwość występowania sytuacji bezwietrznych i fal upałów w lecie prowadzi m.in. do zwiększonej liczby zachorowań i zgonów na choroby układu oddechowego, krążeniowego, chorób serca i alergii w wyniku zwiększonej koncentracji zanieczyszczeń powietrza i nieefektywnego przewietrzania miasta.

Związek MWC z falami upałów nie jest dotychczas dostatecznie rozpoznany, niemniej należy spodziewać się, że prognozowane zwiększenie częstotliwości i intensywności fal upałów może pogłębiać zjawiska związane z MWC i jej skutkami dla warunków życia i zdrowia ludzi. Fale upałów, zwłaszcza pojawiające się w czerwcu i lipcu prowadzą do istotnego wzrostu liczby zgonów: o 15-19% z ogółu przyczyn oraz 18-22% z powodu chorób

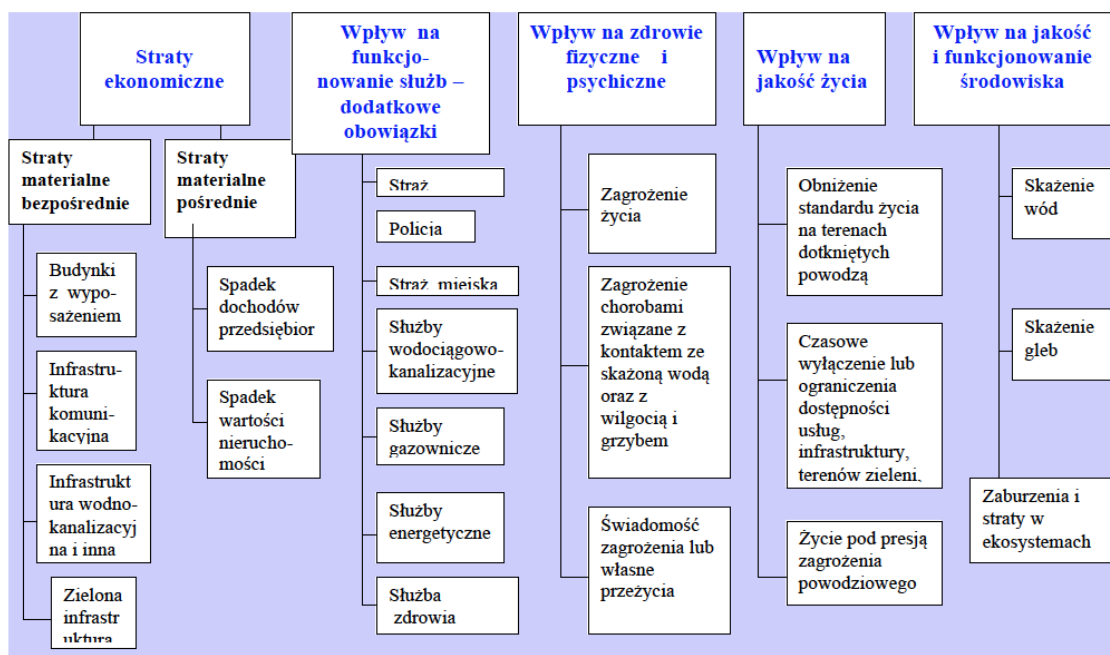
układu krążenia w porównaniu z okresami bez upałów. Wysoka temperatura powietrza w lecie 1994 r. (w Warszawie temperatura przekroczyła 36°C) spowodowała w Polsce wzrost śmiertelności od 50 - 230% w stosunku do przeciętnej. Liczba ofiar tej fali upałów w samej Warszawie, po uwzględnieniu naturalnego zmniejszenia umieralności występującego po okresie wzrostu w czasie upałów wyniosła 47. Jeszcze większy wzrost śmiertelności spowodowanej warunkami termicznymi odnotowano w roku 2006 (Kuchcik i Degórski 2009).

Ukształtowanie systemu wymiany i regeneracji powietrza w dużym mieście poprzez odpowiednie zaplanowanie struktury funkcjonalno-przestrzennej, stanowi podstawę do poprawy jakości powietrza i zmniejszania uciążliwości MWC na drodze planistycznej.

Zagrożenia związane z nadmiarem wód

Zagrożenie związane z nadmiarami wody w miastach sprowadza się do dwóch kwestii: powodzi i podtopień. O ile powódzie zagrażają większości miast położonych w dolinach rzecznych (powódzie rzeczne) i w strefie wybrzeża (powódzie od strony morza), o tyle podtopienia mogą wystąpić w każdym miejscu jako efekt gwałtownych ulew (powódzie nagłe), intensywnych długotrwałych opadów, mogą także być spowodowane przez wody roztopowe.

W warunkach polskich działanie służb przeciwpowodziowych i infrastruktura przeciwpowodziowa ukierunkowane są zwykle na przeciwdziałanie powodziom rzeczonym. Ochrona przeciwpowodziowa miast w największym stopniu zależy o działań ochronnych w całym dorzeczu. Działania podejmowane w miastach uzupełniają działania podejmowane w wyższej części dorzecza i zwykle lokalnie ograniczają zagrożenie w obrębie miasta lub łagodzą skutki powodzi, ale nie mają wpływu na wysokość fali powodziowej docierającej do miasta, jakkolwiek wpływają na sytuację powodziową poniżej niego. Niemniej w miastach powódzie wywołują zawsze katastrofalne straty i szkody. Głównymi przyczynami wysokich szkód są: duże zagęszczenie zabudowy miejskiej oraz uszczelnienie powierzchni terenu, a co za tym idzie zmniejszenie lub całkowite wyeliminowanie infiltracji (naturalnego wsiąkania wód do gruntu). Skutki klęski żywiołowej może jeszcze pogarszać rytm życia w wielkim mieście: godziny pracy i związane z tym godziny szczytu komunikacyjnego, pory handlu, nauki itp. Nagłe zalanie wodą obszaru, na którym są duże zgromadzenia ludności, jak np. zatory uliczne czy centra handlowe, może mieć katastrofalne skutki. Jednocześnie podczas powodzi w miastach generowane są zagrożenia związane z systemem zaopatrzenia w wodę pitną, kanalizacją i oczyszczaniem ścieków, składowiskami odpadów oraz z hałdami przemysłowymi, stacjami paliw, rurociągami przesyłowymi, zbiornikami, instalacjami przemysłowymi, magazynami materiałów niebezpiecznych.



Rys. 6.52. Obszary wpływu potencjalnej powodzi na miasto

Większość obszarów metropolitalnych zlokalizowana jest w dolinach dużych rzek. Spośród dużych miast największa skala zagrożenia powodziowego dotyczy miast położonych nad Wisłą i Odrą. Natomiast miastem o największym zagrożeniu powodzią od strony morza jest Gdańsk. Oprócz niego miastami zagrożonymi są Szczecin, Świnoujście i Kołobrzeg. Pomijając historyczne lokalizacje miast należy zwrócić uwagę, że na rozmiary skutków powodzi mają wpływ współcześnie podejmowane decyzje planistyczne. Urbanizacja terenów zalewowych nie uwzględniająca wystąpienia wysokiej wody lub uwzględniająca w niewystarczającym stopniu może przyczynić się do zwiększenia rozmiarów strat w wyniku powodzi. Jednocześnie zabudowywane są inne tereny pochłaniających nadmiar wody: tereny zielone, pasy zieleni, zbiorniki naturalne i sztuczne itp.

W obliczu zmian klimatu można oczekiwać coraz częstszych powodzi miejskich generowanych głównie przez nawalne opady deszczu. Praktycznie nie można w pełni zabezpieczyć miasta przed skutkami powodzi błyskawicznych. Zagrożenie tym rodzajem powodzi zwiększa niewydolność systemu odwadniającego, a w mniejszym zakresie także ograniczone możliwości retencji wodnej, zarówno w zbiornikach retencyjnych, retencji przyobiektowej, jak i retencji gruntowej. Najczęściej jest to wynikiem braku systemu odwodnienia wielu szczególnie nowych osiedli mieszkaniowych lub mała przepustowość starszej infrastruktury, zaniedbania w zakresie oczyszczania i pogłębiania rowów, kanałów oraz niedrożność przepustów. Zabudowa kanałów i niejednokrotnie nowe inwestycje prowadzą do przerwania ciągłości funkcjonującego systemu odwodnienia miast. Istniejąca sieć kanalizacyjna nie jest w większości miast przygotowana do odbioru nadmiernych ilości wody opadowej, co w efekcie prowadzi do lokalnych podtopień. Żywiłowa urbanizacja skutkuje nieracjonalnym wykorzystaniem istniejących naturalnych warunków gruntowowodnych w retencionowaniu wody; np. w Warszawie stopień urbanizacji zlewni Potoku Służewieckiego – którego dolina jest istotnym elementem w systemie przyrodniczym miasta – sięga obecnie około 70%. Niewłaściwa gospodarka przestrzenna powoduje, że nowe osiedla powstają bez wyposażenia w sprawny system odwodnienia. Najgroźniejsza w skutkach jest ich lokalizacja na terenach bezodpływowych, przy braku systemu odwadniania.

W Warszawie problemy systemu odprowadzania wód opadowych są bardzo złożone ze względu na fakt, że odbiornikami są małe rzeczki, potoki i kanały, które narażone są na znaczne przyspieszenia odpływu wód deszczowych ze zlewni w czasie opadów, zaś w okresach bezopadowych na zmniejszenie przepływów ze względu na uszczelnienie zlewni i ograniczenie zasilania gruntowego. Jednocześnie odbiorniki te narażone są na znaczne zanieczyszczenie. Położenie odbiorników na terenach prywatnych utrudnia ich utrzymanie we właściwym stanie technicznym. Dotyczy to także dawnych systemów melioracji, które zostały zdewastowane lub całkowicie zasypane, powodując zaburzenie stosunków wodnych na danym obszarze. Przypadek Łodzi pokazuje, że skanalizowanie i przykrycie cieków przepływających niegdyś przez teren obecnego miasta, doprowadziło do znacznego ograniczenia możliwości odprowadzania nadmiaru wód opadowych, czego wynikiem był kosztowny projekt restytucji i renaturalizacji niektórych cieków, a głównie Łódki i Sokółki wraz ze stawami. W Krakowie badania wykazały brak sprawnego systemu odprowadzenia wód opadowych z wielu obszarów zabudowanych i ewentualnego ich retencjonowania. Tak więc w sytuacji trudnych warunków klimatycznych miasta te narażone są na podtopienia. Coraz częściej narażona jest infrastruktura komunikacyjna (metro, linie tramwajowe, drogi i przejścia podziemne przeprowadzone poniżej poziomu gruntu). Na problemem nadmiaru wód narażone są także oczyszczalnie ścieków. W Warszawie z uwagi na fakt, że sieć kanalizacyjna ciężąca do oczyszczalni ścieków „Czajka” jest w znacznej części siecią ogólnospławną, maksymalne przepływy jakie zdarzają się podczas ulewnych deszczów bywają nawet dwukrotnie wyższe niż wartości średnie. Oczyszczalnia ścieków w Pruszkowie, do której trafiają ścieki z części Warszawy, w 2011 r. z powodu częstych i intensywnych opadów oraz podwyższonego stanu wód gruntowych wymagała 7-krotnego uruchomienia przelewu awaryjnego do rzeki Utraty (pozwolenie wodno-prawne dopuszcza możliwość 10-krotnego uruchomienia przelewu burzowego w ciągu roku).

Zagrożenia związane z niedoborem wody

Bardzo istotnym elementem funkcjonowania miasta jest zaopatrzenie jego mieszkańców w wodę. W warunkach zmieniających się warunków klimatycznych, brak wody może być jedną z barier rozwoju miast. Wraz ze wzrostem temperatur i związanych z nimi fal gorąca i długich okresów bezopadowych zwiększać się będzie zagrożenie suszami, pogłębiające niedobór wody. Długie okresy bezopadowe skutkują zarówno spadkiem wilgotności gleby w wyniku intensywnego parowania, jak i obniżeniem się przepływów w rzekach i zwierciadła wód podziemnych. Z reguły ten drugi przypadek rzadko wpływa na trudności z zaopatrzeniem w wodę w miastach, bo ujęcia wody dla potrzeb miasta są na ogół bezpieczne. Zwykle takie sytuacje skutkują ograniczeniem zużycia wody dla celów komunalnych, jednak nie wpływają na ograniczenie produkcji i działania kluczowych systemów miejskich.

Jak wynika z analiz przedstawionych w rozdziale dot. gospodarki wodnej (rozd. 6.3) nie przewiduje się sytuacji deficytu wody w skali kraju, niemniej ujemnego bilansu wodnego można spodziewać się m.in. w województwie mazowieckim (w wariacie pesymistycznym). W kontekście zaopatrzenia mieszkańców Warszawy i gospodarki w wodę, w warunkach zwiększenia częstotliwości i uciążliwości okresów z suszą, oczekiwać można, że zaopatrzenie w wodę nadal nie będzie zagrożone, ponieważ miasto jest zaopatrywane z dwóch niezależnych źródeł poboru wody: Zalewu Zegrzyńskiego oraz Wisły. Dodatkowo Warszawa jest zlokalizowana w zasięgu trzech zbiorników wód podziemnych (dwóch w utworach trzeciorzędowych oraz jeden w utworach czwartorzędowych). Zagrożenie związane z pogłębiającym się niedoborem wody wykazywać może zbiornik czwartorzędowy jako reakcję na zwiększone parowanie, okresowy brak opadów i związane z tym ekstremalne obniżenie poziomu Wisły. Nie można więc wykluczyć problemów występujących miejscowo – na skalę lokalnych ujęć z poziomu czwartorzędowego.

Problemem w miastach związanym z niedoborem wody jest natomiast spadek wilgotności gleby, co przejawia się przede wszystkim przesuszeniem zespołów roślinnych i zieleni miejskiej, a także ogranicza możliwości roślinności w łagodzeniu wpływu wysokich temperatur.

Adaptacja gospodarki przestrzennej do zmian klimatu

Pomiędzy zagospodarowaniem przestrzennym i warunkami klimatycznymi zachodzi ścisły związek wzajemnego oddziaływania. W kontekście zmian klimatu istnieje konieczność zmian treści planowania przestrzennego tak, żeby odpowiadały na problemy, które dotychczas nie były, bądź nie musiały być przedmiotem rozstrzygnięć planistycznych, albo miały marginalne znaczenie w toku procesu planistycznego. Biorąc pod uwagę horyzontalny i interdyscyplinarny charakter gospodarki przestrzennej wdrażanie działań adaptacyjnych w tym sektorze przyczynia się do ograniczenia skutków zmian klimatu nie tylko w zagospodarowaniu przestrzennym, ale także w większości obszarów życia gospodarczego i społecznego. To powoduje, że planowanie przestrzenne będące najważniejszym instrumentarium gospodarki przestrzennej, urasta do jednego z najistotniejszych kreatorów przestrzennej organizacji systemów społeczno-gospodarczych i ekologicznych, decydujących o adaptacji polskiej przestrzeni do spodziewanych zmian klimatu, a tym samym uwarunkowań środowiskowych i łagodzenia skutków społeczno-ekonomicznych tych zmian.

Adaptacja gospodarki gruntami do przewidywanych zmian klimatu wymaga wyłączenia coraz większych powierzchni spod zabudowy w związku z zagrożeniem powodzią i podtopieniami oraz osuwiskami, a także zachowania w obszarach miejskich co najmniej 1/3 terenów zieleni (łącznie z wodami) i podobnej powierzchni terenów zalesionych w skali kraju w celu łagodzenia skutków zmian klimatu i antropogenicznych czynników generujących te zmiany. Ponadto zwiększająca się intensywność opadów wymaga zwiększenia i konsekwentnego egzekwowania zachowania terenów biologicznie czynnych, głównie w obszarach zurbanizowanych, a w terenach otwartych terenów o wysokiej retencji gruntowej.

Wobec zmian klimatycznych istotną staje się ochrona struktur przyrodniczych oraz zachowanie spójności i drożności sieci ekologicznej na poziomie krajowym, regionalnym, subregionalnym i lokalnym, która poza funkcjami przyrodniczymi, w tym klimatycznymi pełni również funkcje społeczne poprzez poprawę jakości życia, szczególnie mieszkańców dużych miast. Na specjalną uwagę w sieci ekologicznej zasługują dwie struktury - korytarze ekologiczne i zielone pierścienie wokół dużych miast - z uwagi na niejasne zasady ich tworzenia. Zadaniem korytarzy ekologicznych jest połączenie obszarów o największej wartości biotycznej tzw. biocentrów. Dotychczas nie zdefiniowano zasad delimitacji tych strukturalnych jednostek przestrzennych, jak również nie mają one żadnego umocowania prawnego, ani określonej polityki przestrzennej. Zapewnienie instytucjonalnej ochrony struktur przyrodniczych jest podstawowym elementem adaptacji przestrzeni do zmian klimatu.

W miastach ochrona struktur przyrodniczych i ich powiązań z zewnętrzną siecią ekologiczną jest celem nadrzędnym planowania przestrzennego. Adaptacja miast do prognozowanego wzrostu temperatury ma na celu obniżenie ryzyka termicznego w kontekście zdrowia człowieka, ale także ograniczanie zanieczyszczenia powietrza. System wentylacji miasta i regeneracji powietrza obejmujący tereny leśne w otoczeniu miasta, kliny napowietrzające oraz układ terenów zieleni w mieście musi być jednym z priorytetów w planowaniu przestrzennym miast. Należy przede wszystkim dążyć do zwiększenia obszarów leśnych w strefie pozamiejskiej oraz wokół miast (zielone pierścienie), które nie tylko wprowadzają zregenerowane i schłodzone powietrze do tej strefy, ale także umożliwiają odpływ zanieczyszczonego i ogrzanego powietrza z tej strefy. Należy także dążyć do zachowania drożności korytarzy napowietrzających. Działania muszą być także

ukierunkowane na zwiększanie powierzchni zielonych stabilizujących warunki higrotermiczne na obszarach zurbanizowanych. Istotna jest w tym względzie również ich rola w ochronie przed wzmożoną insolacją, którą można zapewnić przez nasycenie przestrzeni publicznych zielenią wysoką i jej odpowiednie kształtowanie, zacinając miejsca częstego przebywania ludzi (place, skwery, chodniki), w tym dzieci i osób starszych.

W kontekście adaptacji przestrzeni do zmian klimatu istnieje konieczność uwzględniania nowych zagrożeń dla zabudowy i infrastruktury. Instrumenty planowania przestrzennego muszą uwzględniać ekspozycję terenów zabudowanych na ekstremalne zjawiska klimatyczne, a rozstrzygnięcia planistyczne muszą odnosić się do takich problemów, jak odporność zabudowy i infrastruktury na huraganowe wiatry, nawalne deszcze, czy nadmierne uwilgotnienie.

W celu zwiększenia bezpieczeństwa wodnego mieszkańców konieczne jest skoncentrowanie się, poza działaniami przewidzianymi przez Dyrektywę Wodną i Dyrektywę Powodziową¹⁷, m.in. na działaniach poprawiających spowolnienie odpływu oraz zwiększenie małej retencji w celu gromadzenia wód opadowych. W tym celu należy tworzyć odrębne systemy kanalizacji wód opadowych i ich wykorzystywanie dla potrzeb gospodarczych (utrzymywanie zieleni, mycie ulic i in.). Prognozowane zwiększenie częstotliwości i intensywności susz, na które będzie ekspozowana zieleń miejska wymagały będą zabezpieczenie infrastruktury nawadniającej i odpowiedniego doboru gatunków.

Ogólnie istnieją dwie możliwości adaptacji do niedoborów wody – zmniejszenie zużycia wody lub zwiększenie jej podaży. W warunkach polskich zmniejszenie zużycia wody jest raczej niemożliwe, ponieważ nadal jej zużycie na mieszkańca jest znacznie mniejsze niż w wielu krajach zachodniej Europy, a zatem należy liczyć się ze zwiększeniem zużycia wody w gospodarstwach domowych. Zarządzanie zasobami wodnymi może przebiegać w trzech skalach: na skalę ujęcia wody, na skalę miejską oraz miejscową (budynki). W celu ograniczenia zagrożenia deficytem konieczne jest podejmowanie różnych działań ograniczających zużycie wody, m.in. poprzez zamieszenie wodochłonności produkcji, wprowadzanie mechanizmów finansowych sprzyjających oszczędności wody a także uszczelnienie systemów wodociągowych i ciepłowniczych w celu ograniczenia strat w sieci.

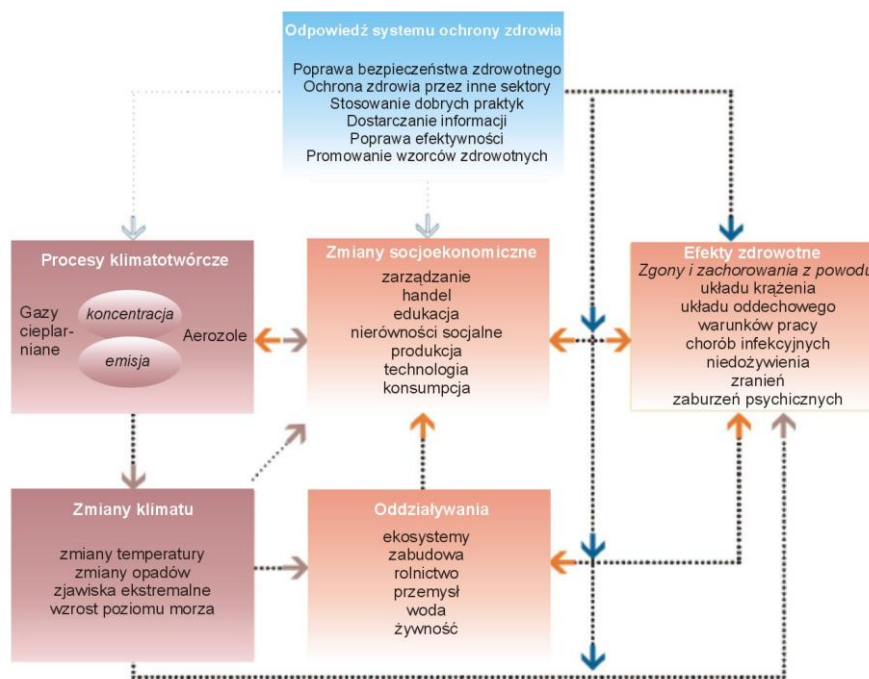
Powodzenie w planowaniu i wdrażaniu działań adaptacyjnych zależy od kilku czynników, a szczególnie: zwiększenia świadomości zagrożeń wynikających ze zmian klimatu i możliwości ich ograniczenia zarówno wśród decydentów i polityków lokalnych, jak i społeczeństwa, racjonalnego i skutecznego planowania działań zapobiegawczych oraz zapewnienie współpracy różnych szczebli administracyjnych, przedsiębiorców i organizacji pozarządowych przy realizacji działań horyzontalnych, podejmowania działań uzasadnionych ekonomicznie i przynoszących dodatkowe uboczne korzyści (np. zakładanie obszarów zielonych i wodnych), zapewnienia niezbędnych środków umożliwiających realizację przyjętych działań. Niemniej podstawowym wymogiem w procesie adaptacyjnym polskiej przestrzeni, w tym szczególnie miast do zmian klimatu jest stworzenie spójnego i powszechnego systemu planowania przestrzennego.

Analizę wpływu działań adaptacyjnych na poszczególne sektory zamieszczono na końcu dokumentu w załączniku 3. Wykaz działań adaptacyjnych i ich kosztów w pakiecie podstawowym, rozszerzonym i pełnym zamieszczono na końcu dokumentu w załączniku 6.

¹⁷ Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej i Dyrektywa 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim.

6.11. Zdrowie

Na zmiany klimatu i pogody narażeni jesteśmy w sposób bezpośredni oraz pośredni, poprzez zmiany stanu i zasobów wodnych, jakości powietrza, jakości i ilości żywności, zmiany w ekosystemach, rolnictwie, poziomie życia i infrastrukturze (Confalonieri i in. 2007). Wszystkie te zmiany mogą skutkować wielorakimi problemami zdrowotnymi (Rys. 6.53).



Rys. 6.53. Powiązania pomiędzy zmianami klimatu i ich przyczynami a zmianami w ekosystemach, stanie zdrowia i rozwoju socjoekonomicznym

Źródło: Menne i in. 2008

Konsekwencje zdrowotne współczesnych zmian klimatu są dotychczas słabo rozpoznane i w większości mają charakter jakościowy. Spośród znamion zmian klimatu obserwowanych w skali globalnej, wymienianych w 4 Raporcie IPCC, na obszarze Polski z całą pewnością należy się liczyć ze wzrostem częstości i długości fali upałów, częstości ekstremalnych zjawisk pogodowych, częstości powodzi, susz i pożarów, przypadków wysokich stężeń zanieczyszczeń powietrza (zwłaszcza ozonem i pyłem PM₁₀) w obszarach zurbanizowanych (Tab. 6.39.).

Tab. 6.39. Globalny kierunek i trendy ekstremalnych zjawisk pogodowych i zdrowia

Zjawisko i jego trend	Projekcja na XXI wiek	Korzyści lub zagrożenia dla zdrowia człowieka
Spadek liczby zimnych dni i nocy	Pewna	Spadek chorób układu oddechowego
Wzrost częstości fal gorąca i upałów	Pewna	Wzrost ryzyka udarów cieplnych i zgonów wywołanych gorącem, szczególnie u osób starszych, przewlekle chorych, małych dzieci oraz osób odizolowanych społecznie; nasilenie problemów kardiologicznych; zwiększenie ryzyka chorób odkleszczowych
Wzrost częstości i intensywności opadów	Bardzo prawdopodobna	Wzrost ryzyka śmierci, zranień, infekcji, chorób skóry, chorób wodo zależnych i zatruc pokarmowych oraz zdrowia psychicznego, znaczne straty materialne
Wzrost częstości i długości okresów suszy	Bardzo prawdopodobna	Wzrost ryzyka ograniczenia zasobów wody i żywności, niedożywienia, chorób wodo zależnych i zatruc pokarmowych

Zjawisko i jego trend	Projekcja na XXI wiek	Korzyści lub zagrożenia dla zdrowia człowieka
Wzrost częstości i intensywności silnych wiatrów	Bardzo prawdopodobna	Wzrost ryzyka śmierci i zranień spowodowanych skutkami silnych wiatrów, znaczne starty materialne
Utrzymywanie się niedoborów warstwy ozonowej	Bardzo prawdopodobna	Wzrost ryzyka zachorowań na nowotwory skóry oraz inne choroby wywoływane nadmiarem promieniowania UV-C

Źródło: IPCC 2007, zaadoptowane dla obszaru Polski

Pod pojęciem „choroby klimatozależne” należy rozumieć takie choroby, które są wywoływane w organizmie człowieka bezpośrednio przez czynniki pogodowe, choroby, które nasilają się w wyniku występowania konkretnych sytuacji pogodowych oraz choroby rozprzestrzeniające się jako efekt działania czynników pogodowych na bezpośrednie źródło choroby.

Oddziaływania czynników klimatycznych na zdrowie człowieka mają charakter bezpośredni i pośredni. W przypadku oddziaływań bezpośrednich analizuje się wpływ na organizm człowieka pojedynczych elementów klimatu i zjawisk pogodowych (Błażejczyk 2009, Błażejczyk i Kozłowska-Szczęśna 2008, Kozłowska-Szczęśna i in. 2004). Pośrednie oddziaływania klimatu uwidaczniają się poprzez postępującą urbanizację, problemy z zaopatrzeniem w wodę pitną o odpowiedniej jakości, a także choroby i infekcje przenoszone drogą pokarmową i wektorowo (Confalonieri i in. 2007).

Ocena obserwowanych oddziaływań zmian klimatu na stan zdrowia społeczeństwa

Wśród elementów klimatu największy wpływ na organizm człowieka wywiera środowisko termiczne, na które składa się temperatura i wilgotność powietrza, promieniowanie słoneczne oraz prędkość wiatru. Negatywnie oddziałują przede wszystkim warunki skrajne, pojawiające się rzadko, do których organizm nie jest zaadaptowany, np. bardzo wysoka lub bardzo niska temperatura powietrza utrzymująca się przez dłuższy czas, czyli fale upałów i zimna. Te warunki pogodowe, pociągają za sobą więcej ofiar w ludziach niż jakiegokolwiek inne.

W większości badań klinicznych, niezależnie od strefy klimatycznej, autorzy zwracają uwagę na duży wzrost liczby zgonów i zachorowań podczas fal gorąca (Dessai 2002; Diaz i in. 2006; *Heat waves...* 2004; Kuchcik 2006; Kuchcik i Degórski 2009; Pascal i in. 2005).

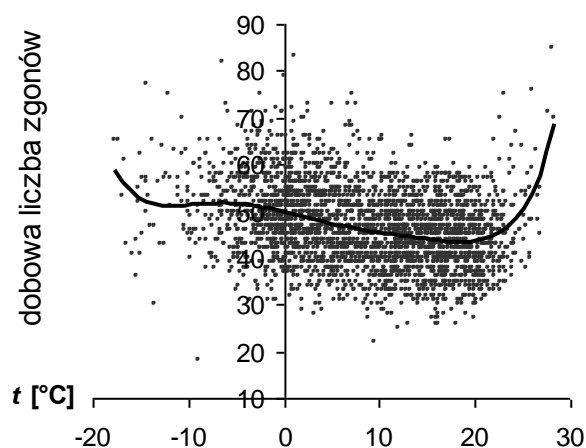
Wzrost ryzyka zgonu lub choroby jest przy tym związany nie tylko z wysoką temperaturą powietrza, ale także dużym natężeniem promieniowania słonecznego oraz wysoką wilgotnością powietrza (Błażejczyk i in. 1998, Błażejczyk i McGregor 2007; Matzarakis i Mayer 1991; Laschewski i Jendritzky 2002). Specyficznymi dla umiarkowanych i wysokich szerokości geograficznych są natomiast komplikacje zdrowotne związane z niskimi wartościami temperatury powietrza, a szczególnie z falami mrozów (Błażejczyk 2009). Dzieje się tak dlatego, że poszczególne elementy klimatu w istotny sposób wpływają na procesy fizjologiczne zachodzące w organizmie człowieka.

W środowisku gorącym istotnie utrudniona jest praca układu krążenia, pojawiają się ostre i przewlekłe choroby związane zwłaszcza z niewydolnością tego układu. Upały trwające kilka dni prowadzą do zmniejszenia ilości hemoglobiny, która przenosi tlen, wzrostu częstości oddechów, czyli przewietrzania płuc - groźnego dla cierpiących na choroby układu oddechowego (Klonowicz i Kozłowski 1970, Jankowiak 1976). Duży dopływ bezpośredniego promieniowania słonecznego, będący przyczyną wysokiej temperatury powietrza, powoduje także wzrost ciśnienia skurczowego i rozkurczowego krwi (Błażejczyk 1998).

Grupami szczególnie wrażliwymi na wpływ wysokiej temperatury są osoby starsze i małe dzieci, u których łatwo dochodzi do zaburzeń gospodarki cieplnej organizmu, oraz osoby ze

specyficznymi schorzeniami. Wysokiej temperaturze powietrza często towarzyszy wzrost ciśnienia pary wodnej, który wywołuje uczucie parności. Takie warunki u osób z nadciśnieniem prowadzą do podwyższenia ciśnienia skurczowego i rozkurczowego krwi.

Najczęściej w badaniach wpływu ekstremalnych warunków termicznych na człowieka brane są pod uwagę dobowe statystyki umieralności, zazwyczaj w rozbiciu na przyczyny i grupy wiekowe, czasem płeć, wykształcenie i inne. W Polsce maksimum umieralności występuje w okresie od grudnia do marca. W Europie liczba zgonów rośnie liniowo wraz ze spadkiem temperatury powietrza i zimą jest o 10-25% większa niż latem (Kozłowska-Szczęsna i in. 2004). Zależność między temperaturą powietrza a umieralnością przybiera graficzną postać litery U, V lub J (Rys. 6.54.), ale wartość temperatury powietrza, przy której notowana jest najniższa umieralność jest inna nie tylko w różnych strefach klimatycznych, czy regionach, ale nawet w poszczególnych miejscowościach. Wzrost umieralności w wysokiej temperaturze powietrza jest szybszy i bardziej stromy niż w niskiej temperaturze, jednak liczba dni chłodnych i zimnych jest znacznie większa niż liczba dni gorących, co w efekcie daje w roku więcej zgonów w warunkach stresu zimna niż stresu gorąca (Błażejczyk i McGregor 2007; Kuchcik 2003).



Rys. 6.54. Średnia dobowa temperatura powietrza w Warszawie a liczba zgonów ogółem; 1993-2002

Źródło: Kuchcik i Degórski (2009)

Optimum termiczne, wyznaczone na podstawie średniej temperatury powietrza odpowiadającej najniższej umieralności wynosi w Warszawie 19,5°C, średnio w Europie 18°C. Warunki termiczne stanowią silny bodziec zazwyczaj w grupie osób starszych, powyżej 65 roku życia, w tym szczególnie powyżej 75 lat, a nawet 85 lat (Eurowinter Group 1997; Kozłowska-Szczęsna i in. 2004; Kuchcik i Degórski 2009).

Analiza zgonów z powodu chorób układu krążenia w 6 największych miastach Polski w powiązaniu z temperaturą maksymalną powietrza w latach 1999-2006 wykazała dodatnią zależność jedynie w grupie osób powyżej 70 roku życia: wraz ze wzrostem temperatury maksymalnej o 1°C ryzyko zgonu wzrastało od 0,9% do 1,5%.

W Polsce przedział temperatury powietrza, w którym notowana jest najmniejsza liczba zgonów zmienia się w zależności od danego miejsca. W cechującym się ostrym klimatem Białymstoku, gdzie średnia roczna temperatura powietrza z lat 1993-2002 wynosiła 7,4°C, najniższą umieralność obserwowano przy średniej dobowej temperaturze powietrza 16,5-17,5°C oraz przy temperaturze maksymalnej powietrza 21,5-22,5°C. W Warszawie, gdzie średnia temperatura powietrza z wielolecia wynosi 8,4°C przedziały te wynoszą odpowiednio: 19-20°C i 23-24°C. Ogólnie w Polsce przedział średniej dobowej temperatury, powyżej którego obserwuje się wzrost liczby zgonów waha się pomiędzy 16,5°C a 20°C (Tab. 6.40 i Tab. 6.41).

Tab. 6.40. Przedział średniej dobowej oraz maksymalnej temperatury powietrza (°C) odpowiadający najniższej liczbie zgonów ogółem w wybranych miastach polskich. Lata 1993-1996 oraz 1999-2002.

Miasto	Temperatura średnia dobowa	Temperatura maksymalna
Białystok	16,5-17,5	21,5-22,5
Gdańsk	17,5-19,5	-
Kraków	17,5-18,5	22,5-24,5
Lublin	16,5-17,5	21,5-22,5
Poznań	17,5-18,5	23,0-24,0
Warszawa	19,0-20,0	23,0-24,0
Wrocław	18,0-19,0	23,0-24,0

Źródło: Kuchcik (dane niepublikowane)

W większości miast widoczny jest większy wzrost umieralności w skrajnie gorących typach odczucia termicznego niż w skrajnie zimnych. W dniach z odczuciem termicznym „bardzo gorąco” oraz „ekstremalnie gorąco”, w każdym mieście obserwowano wzrost liczby zgonów (często istotny statystycznie) sięgający 18% w Warszawie, 26% w Krakowie i aż 31% w Poznaniu. Na terenach o ostrzejszym klimacie, leżących na wschodzie kraju, istotny statystycznie wzrost liczby zgonów ogółem i z powodu chorób układu krążenia notowano w dniach bardzo mroźnych: o 10% w Białymstoku i 11% w Lublinie (Tab. 6.41.).

W Polsce najwyższy wzrost ryzyka zgonu towarzyszy dużemu stresowi gorąca i wynosi dla zgonów z ogółu przyczyn +23% w stosunku do warunków termoneutralnych i +24% dla zgonów z powodu chorób układu krążenia. Wzrost ryzyka zgonu w dniach z odczuciem termicznym „bardzo gorąco” wynosi odpowiednio +11% i +10%. Wzrost liczby zgonów w dniach ze znacznym stresem zimna wyniósł około 3,5%.

Tab. 6.41. Zmiana ryzyka względnego zgonu z ogółu przyczyn i z powodu chorób układu krążenia wśród osób powyżej 65 roku życia w skrajnych typach odczucia i stresu termicznego w wybranych miastach polskich. Lata 1993-1996 oraz 1999-2002.

Miasto	Odczucie termiczne wg temperatury efektywnej*						Stres termiczny wg wskaźnika stresu termofizjologicznego*					
	Zgony ogółem			Zgony - układ krążenia			Zgony ogółem			Zgony - układ krążenia		
	BG	G	BZ	BG	G	BZ	ExG	G	Z	ExG	G	Z
Białystok	+10	+7	+10	+5	+1	+11	+12	+4	+8	+8	+2	+9
Gdańsk	+7	+3	0	+17	-3	+3	+9	-7	+4	+1	-3	+4
Kraków	+10	-3	+7	+6	-4	+11	+26	+9	+4	+21	+7	+6
Lublin	+8	+5	+11	+6	+8	+12	+12	+8	+8	+12	+6	+7
Poznań	+27	+11	0	+23	+10	-2	+31	+5	+4	+26	+3	+2
Warszawa	+10	+2	+3	+11	+3	+4	+18	+3	+2	+18	+4	0
Wrocław	+18	+3	-2	+20	+1	-3	+20	+4	+3	+30	+1	+2

* BG – bardzo gorąco, G – gorąco, BZ – bardzo zimno, ExG – duże natężenie stresu gorąca, G – znaczne natężenie stresu gorąca, Z - znaczne natężenie stresu zimna. Wartości **pogrubione** – istotne statycznie na poziomie 0,05.

Źródło: Kuchcik (dane niepublikowane);

Fale upałów zdefiniowane jako co najmniej 6 kolejnych dni z temperaturą pozorną (łącznie z wilgotnością powietrza) powyżej przyjętego progu, różnego dla różnych rejonów (np. 26,2°C w Białymstoku, czy 27,7°C w Rzeszowie (Kuchcik 2006) w okresie 1993-2002 występowały średnio raz na 16 miesięcy: najmniej zanotowano ich w Gdańsku (2), najwięcej w Olsztynie (9). Najczęściej trwały 6 dni, tylko 17% z nich było dłuższe niż 10 dni. Najdłuższa fala upałów, obejmująca w całej Polsce 15-20 dni wystąpiła na przełomie lipca i sierpnia 1994 roku. Wiosną fale upałów występują sporadycznie, ale prowadzą wtedy do znacznego wzrostu umieralności wśród niezaadaptowanych jeszcze do warunków gorąca mieszkańców miast. Średnio w Polsce powodują wzrost umieralności ogólnej o 15%, a umieralności z powodu chorób układu krążenia o 18% (Tab. 6.42).

Fale zimna w klimacie umiarkowanym także prowadzą do wzrostu liczby zgonów, jednak z większym opóźnieniem niż fale upałów. Największa liczba przypadków zgonów związana jest z chorobami układu krążenia i najczęściej występuje już 2 dni po nagłym spadku temperatury powietrza, w przeciwieństwie do zgonów na choroby układu oddechowego, które osiągają maksimum częstości z 10-12-dniowym opóźnieniem. Najbardziej niebezpieczne dla organizmu są jednak duże, nagłe spadki temperatury powietrza, które mogą stać się przyczyną nagłych zgonów, zwłaszcza osób starszych z chorobami tętnic czy z chorobą niedokrwienną serca.

W falach zimna trwających co najmniej 6 dni, we wszystkich analizowanych miastach występuje wzrost liczby zgonów. Średnio w całej Polsce wzrost liczby zgonów z ogółu przyczyn i z powodu chorób układu krążenia w falach zimna wynosi 8%, choć np. w Białymstoku sięga aż 31% z powodu chorób układu krążenia (Tab. 6.42.). Największy wzrost umieralności w falach zimna notuje się na wschodzie Polski (Białystok, Lublin), najmniejszy zaś – w miastach leżących nad morzem i na zachodzie Polski.

Tab. 6.42. Wzrost ryzyka zgonu z ogółu przyczyn i z powodu chorób układu krążenia wśród osób powyżej 65 roku życia w falach upałów i zimna, w wybranych miastach polskich. Lata 1993-1996 oraz 1999-2002.

Miasto	Fale upałów*						Fale zimna*	
	maj – czerwiec		lipiec		sierpień		ogółem	krąż.
	ogółem	krąż.	ogółem	krąż.	ogółem	krąż.		
Białystok	+4	+1	+5	+10	+13	+36	+20	+31
Gdańsk	-	-	+3	+4	-	-	+11	+10
Kraków	+30	+32	+10	+5	+15	+13	+8	+6
Lublin	-	-	+15	+28	-4	+3	+15	+19
Poznań	-3	-16	+40	+33	-	-	+6	+6
Warszawa	-	-	+15	+21	+3	-1	+5	+4
Wrocław	+16	+29	+26	+39	+3	+1	+7	+5
POLSKA (17 miast)	+15	+18	+19	+22	+3	+1	+8	+8

* wartości **pogrubione** – istotne statycznie na poziomie 0,05.

Źródło: Kuchcik (dane niepublikowane)

Choroby przenoszone wektorowo to choroby przenoszone przez zakażone owady i inne małe zwierzęta (Błażejczyk 2009). Populacje nosicieli chorób tego typu są silnie uzależnione od warunków klimatycznych, a zwłaszcza od temperatury powietrza i jego wilgotności. Na obszarze Europy Środkowej, w tym Polski, notuje się kilka jednostek chorobowych, które są przenoszone przez zakażone kleszcze, a do najczęstszych i najgroźniejszych chorób odkleszczowych należą: kleszczowe zapalenie mózgu (KZM), borelioza (choroba z Lyme) oraz babeszjoza.

Inwazja chorób odkleszczowych wiąże się z tym, że notowany na przestrzeni ostatnich lat wzrost temperatury powietrza, spowodował pojawienie się w Polsce, gatunków fauny i flory, które wcześniej występowały jedynie na południu Europy. Jednym z gatunków, który znalazł dogodne warunki bytowania są kleszcze. O ile przed 20 laty kleszcze były aktywne od kwietnia do października, to stosunkowo łagodne zimy i wczesne wiosny panujące w ostatniej dekadzie sprawiły, że sezon aktywności kleszczy wydłużył się i trwa od marca i do listopada (Lingren i Jeansen 2006). Na Dolnym Śląsku obserwowano także zimowe inwazje kleszczy (Siuda 1993).

W ciągu ostatnich 10 lat obserwuje się wyraźny wzrost zarejestrowanych zachorowań na boreliozę. Pewna część przyrostu zachorowań wiąże się ze zmianami środowiskowymi, w tym klimatycznymi (Lingren i Jeansen 2006). Do obszarów szczególnie narażonych na zakażenie boreliozą należy Polska północno-wschodnia, pas pojezierzy oraz Polska południowo-zachodnia i południowa (Kiewra i in. 2004).

Liczba zachorowań na kleszczowe zapalenie mózgu wzrasta i podczas, gdy przed rokiem 1993 obserwowano w Polsce rocznie od 4 do 27 przypadków, to obecnie notuje się ich 200-300. Główne rejony endemiczne występowania tej choroby znajdują się w północno-wschodniej Polsce (Kondrusik i in. 2004). Kleszczowe zapalenie mózgu jest nasilającym się problemem medycznym w całej Europie, gdzie każdego roku odnotowuje się 10-12 tysięcy przypadków zachorowań. W ciągu ostatnich 30 lat zachorowalność zwiększyła się w Europie o 400 proc.

Choroby związane ze stanem sanitarnym powietrza

Wśród cywilizacyjnych czynników pogorszenia stanu zdrowia ludności duże znaczenie ma przekształcenia środowiska naturalnego związane ze wzrostem zanieczyszczenia powietrza (Jędrzychowski 1986; Seńczuk 2002). Wraz z powietrzem przez układ oddechowy dostają się do organizmu różne zanieczyszczenia. Zanieczyszczenia powietrza wpływają bezpośrednio, ale też stanowią czynnik stymulujący nasilenie niektórych chorób, zależny od warunków pogodowych. Wysokie zanieczyszczenie powietrza w miastach sprawia, że liczba osób cierpiących na alergiczne nieżyty nosa i astmę jest znacząco wyższa niż w obszarach wiejskich.

W powietrzu współistnieją związki siarki, węgla i pyły powstałe ze spalania paliw kopalnych (składniki tzw. smogu redukującego), których największe stężenie notowane jest w sezonie grzewczym, jak i te będące rezultatem przemian fotochemicznych, czyli tlenki azotu, ozon, czy węglowodory, które łącznie tworzą smog utleniający, występujący najczęściej w półroczu ciepłym. Wymienione związki chemiczne wpływają na organizm człowieka równocześnie, zazwyczaj wzmagając w ten sposób swe toksyczne oddziaływanie.

Badania przeprowadzone w Krakowie i w Zabrze w latach 70. i 80. XX w. wykazały istotną korelację dodatnią między stężeniem pyłu i SO_2 a zgonami ogółem w miesiącach zimowych. Wskutek wzrostu stężenia SO_2 o $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ liczba zgonów z powodu chorób układu oddechowego wzrastała o 19%, a układu krążenia o 10%. Przy wzroście zanieczyszczenia powietrza notowano także 5-10% wzrost częstości napadów astmy przede wszystkim u dzieci.

Korelacja liczby zgonów w Warszawie w latach 1994-1995 z zanieczyszczeniem powietrza (NO_x , SO_2 , CO , O_3 , PM_{10}) wykazała, że średnio w roku 22% zmienność liczby zgonów z powodu chorób układu krążenia wyjaśniona jest zmianami zanieczyszczenia powietrza: w tym 28% w półroczu chłodnym, a 21% w półroczu ciepłym. Negatywne oddziaływanie pyłu PM_{10} widoczne jest szczególnie w ciepłej porze roku. Latem najwyższe stężenia ozonu notowane są w dniach gorących i zwiększona umieralność w tych dniach jest wynikiem nakładania się na siebie tych dwóch czynników (Kuchcik 2000, 2001, 2003).

Wpływ zanieczyszczenia powietrza miejskiego polega przede wszystkim na powszechności i długotrwałości oddziaływania na ludzi, powodując stały spadek odporności mieszkańców miast i wzrost częstości różnego rodzaju alergii. Incydenty ekstremalnych stężeń odgrywają mniejszą rolę (z wyjątkiem smogu).

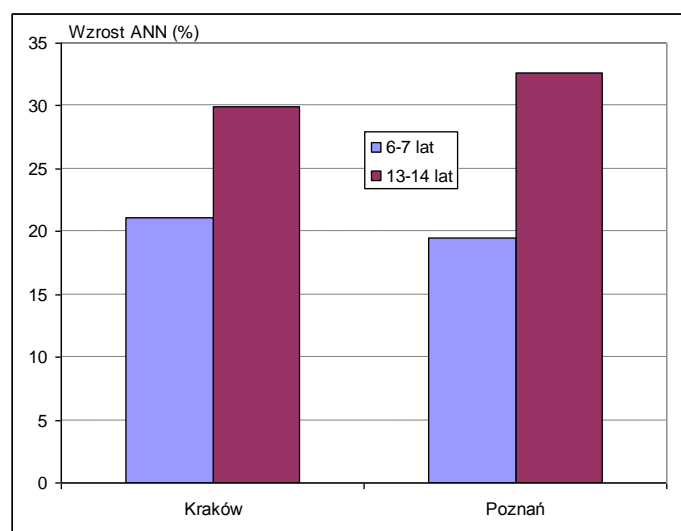
Choroby alergiczne, a zwłaszcza alergiczny nieżyt nosa w połączeniu z alergicznym zapaleniem spojówek, rzadziej astmą, są związane z alergenami roślinnymi, przede wszystkim z fazą pylenia niektórych roślin i są charakterystyczne dla objawów klinicznych alergii pyłkowej (Harmata 1993). Pod wpływem zmian klimatu, a zwłaszcza wzrostu temperatury obserwuje się:

- coraz wcześniejszy początek kwitnienia oraz sezonów pyłkowych, zwłaszcza na wiosnę (drzewa wczesnowiosenne) – średnio o 6 dni,
- coraz późniejsze pojawianie się pyłku jesienią o średnio 4,8 dnia,
- wydłużenie sezonu pyłkowego o 10-11 dni,

- wzrost stężenia rocznego pyłku, który jest zależny od regionu,
- migrację pyłku (transport daleki), zasiedlenia nowymi gatunkami,
- zjawiska ekstremalne, np. powodzie, sztormy, silne burze zmieniające naturalne środowisko w tym aeroplankton.

W Polsce od kilkudziesięciu lat notuje się wzrost zachorowalności na alergię pyłkową (Samoliński 2008, Samoliński i in. 2009), której główną przyczyną jest występowanie w powietrzu alergenów pyłku roślin wiatropylnych, przede wszystkim traw, na które jest uczulonych prawie 90% pacjentów z alergią pyłkową (Obtułowicz i inni 1990, 1991). Spośród alergenów drzew najsilniej w naszej strefie klimatycznej uczula brzoza, a następnie leszczyna i olsza, natomiast głównymi alergenami występującymi późnym latem i jesienią są: bylica i ambrozja.

W okresie lata objawy alergicznego nieżytu nosa są dodatkowo nasilane przez wysokie stężenia zarodników grzybów anamorficzych, zwłaszcza *Alternaria* i *Cladosporium* (Myszkowska i in. 2002). Badania prowadzone w Krakowie i Poznaniu wśród dzieci 6-7. letnich oraz 13-14. letnich w odstępie 7 lat, na przełomie 1994/95 oraz 2001/02 roku dowiodły, że w tym czasie częstość ustalonych rozpoznań alergicznego nieżytu nosa oraz alergicznego nieżytu nosa i spojówek w obu grupach wiekowych istotnie wzrosła: w pierwszej grupie wiekowej o około 20%, natomiast w drugiej grupie wiekowej o 30-32% (Rys. 6.55.) (Lis i in. 2004).



Rys. 6.55. Wzrost, w okresie 1995-2002, rozpoznań alergicznego nieżytu nosa oraz alergicznego nieżytu nosa i spojówek (ANN) u dzieci w wieku 6-7 lat i 13-14 lat w Krakowie i Poznaniu.

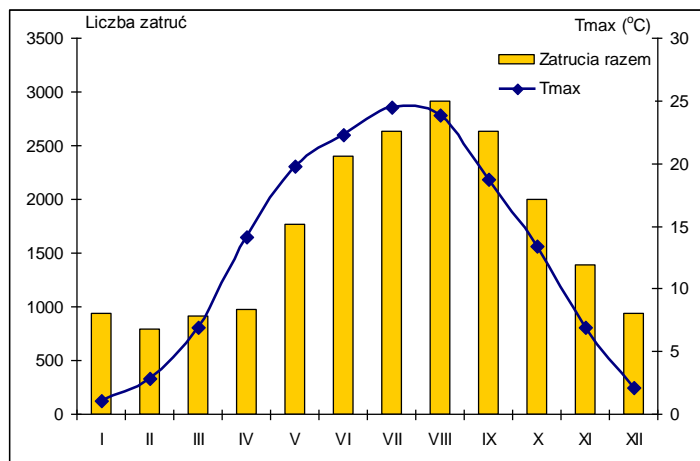
Źródło: Lis i in. 2004

Szczególnie wyraźnie obserwuje się zwiększony udział procentowy chorych na alergię pyłkową i astmę oskrzelową na obszarach zurbanizowanych (Peternel i in. 2004). Zanieczyszczenie powietrza w mieście dodatkowo przyczynia się do wzrostu częstości chorób alergicznych.

W warunkach klimatycznych Polski można się spodziewać także chorób związanych z jakością wody, takich jak: czerwonka bakteryjna, bakteryjne zakażenie pokarmowe wywołane przez bakterie *Escherichia Coli*, bakterie grupy coli typu kałowego oraz paciorkowce kałowe, wirusowe zapalenie wątroby typu A czy też dur brzuszny (Skotak 2008). Warunki pogodowe, a zwłaszcza nadmierne opady i wysoka temperatura powietrza są także czynnikami ułatwiającymi rozwój w wodzie niektórych bakterii i drobnoustrojów patogennych.

W Polsce najpowszechniejszą chorobą przenoszoną drogą pokarmową jest salmonelloza. Do zakażeń najczęściej dochodzi w ciepłej porze roku, która sprzyja namnażaniu się bakterii.

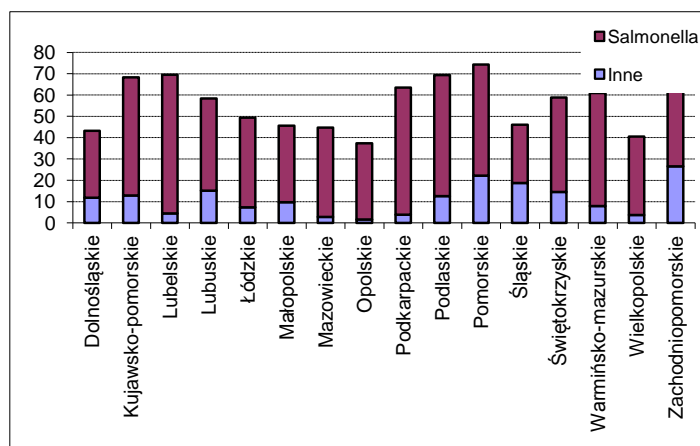
O ile w miesiącach zimowych liczba zatruc nie przekracza z reguły 1000 przypadków na miesiąc, to latem, gdy średnia temperatura maksymalna sięga 25°C, zatruc takich jest kilkakrotnie więcej (około 2500 miesięcznie) (Rys. 6.56). Zmniejszenie liczny przypadków zatruc pokarmowych związane z ogólną poprawą warunków sanitarnych może w miesiącach letnich być niweczone przez szybszy rozwój zakażeń bakteryjnych w podwyższonej temperaturze powietrza (Błażejczyk i Błażejczyk 2012a).



Rys. 6.56. Liczba bakteryjnych zatruc pokarmowych oraz średnia maksymalna temperatura powietrza w kolejnych miesiącach roku.

Źródła: PZH-GIS

Na podstawie danych z lat 2000-2008 można stwierdzić, że najwięcej zatruc było rejestrowanych w województwach: pomorskim, lubelskim, podlaskim i kujawsko-pomorskim. Najmniej bakteryjnych zatruc pokarmowych występuje natomiast w województwach: opolskim, dolnośląskim i wielkopolskim (Rys. 6.57). Na taki rozkład przestrzenny zatruc pokarmowych wpływa przede wszystkim ogólny stan higieny w poszczególnych regionach Polski.



Rys. 6.57. Średnia zapadalność na bakteryjne zatrucia pokarmowe w różnych województwach, w latach 2000-2008 (liczba zatruc /100 tys. mieszkańców).

Źródło: PZH-GIS

Ogólna poprawa stanu sanitarnego i higieny osobistej sprawiają, że mimo obserwowanych zmian klimatu, nie należy się spodziewać istotnego wzrostu o ile zachowane zostaną prawidłowe zasady nadzoru i kontroli jakości wody przeznaczonej do spożycia oraz usuwania szkodliwych zanieczyszczeń z wody ujmowanej (Skotak 2010).

Liczba zachorowań na czerwonkę w analizowanych latach charakteryzowała się dużą zmiennością. Do roku 1973 corocznie rejestrowano ponad 5000 przypadków zachorowań, w

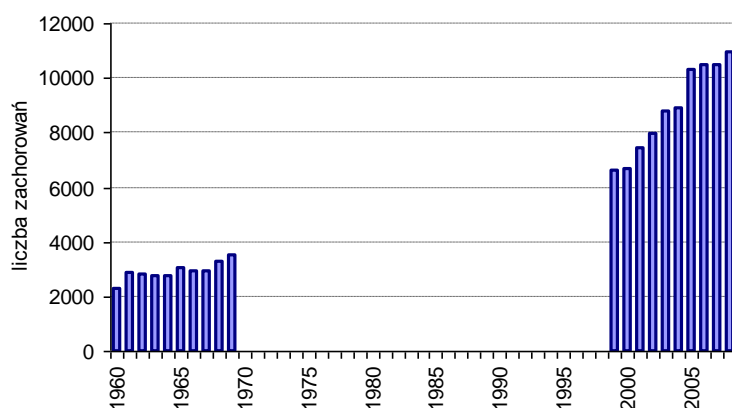
wybranych latach – 1961, 1962, 1963, 1971, 1972 – liczba ta przekraczała 10 000. Od 1995 roku liczba zachorowań znacząco zmalała, nie przekraczając już 1 000 przypadków rocznie i stopniowo obniża się – w roku 2009 zarejestrowano jedynie 30 przypadków czerwonki na terenie Polski.

O ile istnieje wyraźna, krótkookresowa, sezonowa zależność pomiędzy warunkami termicznymi a zatruciami pokarmowymi (Rys. 6.56.) o tyle wieloletnie wahania liczby zatruczeń nie wykazują związku z okresowymi zmianami temperatury powietrza. Obserwacje prowadzone w różnych krajach europejskich wskazują, że liczba przypadków salmonelloz wzrasta o 5-10% na każdy stopień wzrostu temperatury powyżej 5°C. W Polsce wzrost zachorowań na salmonellozy jest szacowany na 8% na stopień (Kovatz i in. 2004). Im zatem wcześniej rozpoczyna się okres z temperaturą powietrza powyżej 5°C i im wyższa jest wtedy temperatura, tym większej liczby zakażeń salmonellozą należy się spodziewać w danym roku.

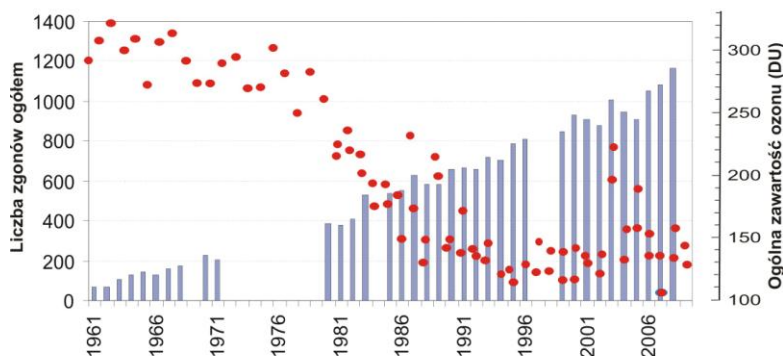
Promieniowanie słoneczne ma duże znaczenie dla regulacji procesów życiowych organizmów żywych, w tym człowieka. Najaktywniejszą częścią widma słonecznego jest promieniowanie nadfioletowe (UV) o najmniejszej długości fal. Największe znaczenie dla zdrowia człowieka ma UV-B (por. Tab. 6.49.). Reakcja na promieniowanie słoneczne zależy od typu skóry. Najbardziej podatna, a przez to najbardziej narażona, jest skóra bardzo jasna.

Nadmierne dawki promieniowania UV mogą powodować liczne choroby skóry, oczu i zaburzenia układu immunologicznego (Confalonieri i in. 2007; Lucas i in. 2006). Czynnikiem radiacyjnym przypisuje się działanie rakotwórcze w odniesieniu do skóry i oczu, ale także naczyń limfatycznych, prostaty, piersi i jelita grubego (Lucas i in. 2006). Do najgroźniejszych należy uszkodzenie DNA jądra komórek skóry prowadzące do rozwoju względnie łagodnych nowotworów skóry, ale również groźnego dla życia człowieka czerniaka.

Spośród ostrych objawów można wymienić oparzenie słoneczne i świetlne zapalenie rogówki. Do chorób przewlekłych zalicza się: przedwczesne starzenie się skóry, nowotwory skóry oraz choroby oczu: zaćmę, skrzydlik i kropelkową keratopatię (Lityńska i in. 2001). Coraz częstszym problemem są także fotoalergie, czyli uczulenia na działanie promieniowania nadfioletowego (Kieć-Świerczyńska i Kręcisz 2008). Udokumentowane i wiarygodne statystyki medyczne dotyczą nowotworów skóry, w tym najczęstszego i najgroźniejszego czerniaka. Od początku lat 60. liczba zachorowań na wszelkie nowotwory wzrosła w Polsce czterokrotnie, w 2006 r. osiągając wartość prawie 125 tys. Liczba zachorowań na nowotwory skóry wzrosła natomiast pięciokrotnie, osiągając w 2008 roku wartość ponad 10 000 przypadków (Rys. 6.58), a liczba zgonów z tych przyczyn wzrosła 10-krotnie w ciągu ostatnich 50 lat (Rys. 6.59.).



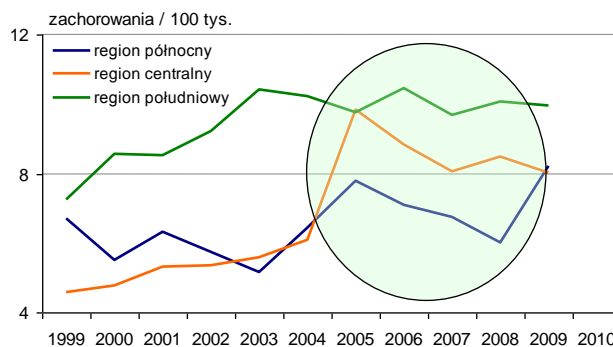
Rys. 6.58. Liczba zachorowań (w liczbach bezwzględnych) na nowotwory skóry w Polsce, 1960-1969 i 1999-2008, Źródło: GUS



Rys. 6.59. Ogólna liczba zgonów na raka skóry w Polsce (słupki) oraz ogólna zawartość ozonu w atmosferze nad Antarktyką (koła) w okresie 1961-2008.

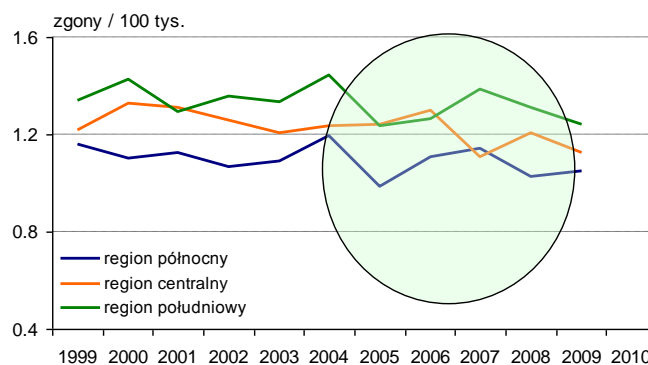
Źródła: WHO

Wyraźny wzrost liczby zachorowań i zgonów na nowotwory skóry należy wiązać z obserwowanym w ostatnich kilkudziesięciu latach ubytkiem warstwy ozonowej w stratosferze. Miarą intensywności niebezpiecznego dla zdrowia promieniowania nadfioletowego jest wskaźnik *UVI* (Błażejczyk i Błażejczyk 2012b). Począwszy od początku 2005 r. obserwuje się powolny ale niezmienny wzrost maksymalnych wartości *UVI* i wyraźny wzrost liczby zachorowań na nowotwory skóry; jest to szczególnie widoczne w województwach leżących na północy i w centrum kraju (Rys. 6.60).



Rys. 6.60. Liczba zachorowań (na 100 tys. mieszkańców) na nowotwory skóry w trzech regionach Polski w latach 1999-2009, Źródło: <http://epid.coi.waw.pl/krn/>

Liczba zgonów na nowotwory skóry w Polsce w ostatnim dziesięcioleciu była względnie stabilna i wynosiła około 1-1,5 przypadku na 100 tysięcy mieszkańców rocznie (Rys. 6.61).



Rys. 6.61. Liczba zgonów (na 100 tys. mieszkańców) w trzech regionach Polski w latach 1999-2009, Źródło: CO-I

Ocena oddziaływań oczekiwanych zmian klimatu na stan zdrowia społeczeństwa

Do symulacji prognozowanego stanu zdrowia społeczeństwa wykorzystano projekcję zmian klimatu, opartą na modelu regionalnym MPI-M-REMO z uwzględnieniem warunków brzegowych stosowanych w globalnym modelu klimatu ECHAM5. Projekcja została opracowana dla scenariusza najbardziej prawdopodobnych zmian klimatu A1B.

W nadchodzących 90 latach można się spodziewać znaczącego wzrostu liczby zgonów spowodowanych dysfunkcjami układu krążenia. Mimo zmniejszenia się liczby ludności w Polsce pod koniec XXI w. liczba zgonów z tych przyczyn wzrośnie w stosunku do stanu obecnego średnio o około 20-30%. Podstawową, klimatyczną przyczyną tego wzrostu jest obciążający stres wysokiej temperatury. Średnia temperatura okresu letniego w latach 2071-2100 może być w środkowej Polsce o 2-4°C wyższa niż na początku obecnego wieku.

Tab. 6.43. Liczba zgonów (w %) z powodów kardiologicznych w stosunku do lat 2001-2010.

Okres:	Średnia	Najwyższa	Najniższa
2021-2030	101,9	96,6	100,4
2051-2060	110,8	97,5	115,9
2071-2100	118,4	102,4	129,0

Zgony spowodowane chorobami układu oddechowego w okresie listopad-marzec są wyraźnie częstsze niż w okresie ciepłym. W związku z postępującym ociepleniem (pod koniec XXI w. temperatura okresu zimowego może być w środkowej Polsce o 4-8°C wyższa niż na jego początku) fakt ten ma swe odzwierciedlenie w prognozowanym zmniejszeniu zgonów z tych przyczyn o 10-12% (Tab. 6.44).

Tab. 6.44. Zmiana (w%) zgonów z przyczyn chorób układu oddechowego w stosunku do lat 2001-2010.

Okres:	Średnia	Najwyższa	Najniższa
2021-2030	101,1	102,6	100,2
2051-2060	94,2	95,9	93,4
2071-2100	88,3	89,9	87,6

Kolejnym, pozytywnym skutkiem postępującego ocieplenia okresów zimowych jest wyraźne zmniejszenie liczby zgonów z wychłodzenia organizmu. Pod koniec XXI wieku liczba takich zdarzeń może się zmniejszyć o 45-80%. Nadal jednak prognozy zakładają znaczącą, choć zmniejszającą się, liczbę śmiertelnych zamarznięć w okresie zimowym. W prognozie przyjęto, że liczba osób szczególnie narażonych na takie sytuacje (bezdomni, nadużywający alkoholu) nie będzie się w ciągu najbliższych 90 lat zmniejszała (Tab. 6.45).

Tab. 6.45. Zmiana (w %) zgonów z powodu wychłodzenia organizmu w stosunku do lat 2001-2010.

Okres:	Średnia	Najwyższa	Najniższa
2021-2030	83,2	87,5	85,8
2051-2060	57,5	67,0	62,5
2071-2100	25,1	55,0	18,3

Prognozowany dla lata wzrost temperatury powietrza o 2-4°C oraz wzrost liczby dni gorących o 12-32% będzie skutkował wzrostem zatruc salmonellą średnio o około 85%. Prognozy te nie zakładają zmian w ogólnym poziomie sanitarnym społeczeństwa.

Tab. 6.46. Zmiana (w %) zatruc pokarmowych salmonellą w stosunku do lat 2001-2010.

Okres:	Średnia	Najwyższa	Najniższa
2021-2030	147,9	100,7	108,0
2051-2060	157,5	121,1	137,6
2071-2100	184,4	125,1	164,5

Grupą chorób o wyraźnej sezonowości zakażeń są także choroby odkleszczowe. Najliczniejsze są zakażenia boreliozą. Na liczbę zakażeń wpływają warunki termiczne panujące zimą i wczesną wiosną oraz warunki termiczne i opadowe latem. Każda z tych charakterystyk będzie się w wieku XXI zmieniać w innym tempie. Stąd też poszczególne

prognozy różnią się między sobą znacząco. Niemniej każda z nich zakłada wzrost liczby zachorowań na boreliozę od 20 do 50%. (Tab. 6.47).

Tab. 6.47. Zmiana (w %) zachorowań na boreliozę w stosunku do lat 2001- 2010.

Okres:	Średnia	Najwyższa	Najniższa
2021-2030	105.1	106.8	177.4
2051-2060	154.0	121.0	203.4
2071-2100	153.2	120.5	145.7

Także grypa jest chorobą o bardzo wyraźnej sezonowości. Pojawia się przede wszystkim pomiędzy listopadem i kwietniem, a kulminacja zachorowań ma miejsce na przełomie zimy i wiosny. Zwiększona liczba infekcji grypowych jest związana z latami o niskiej temperaturze powietrza. Stąd też, w nadchodzących 90 latach należy się spodziewać zmniejszonej liczby zachorowań. Prognoza nie uwzględnia pojawiania się epidemii i pandemii choroby (Tab. 6.48).

Tab. 6.48. Zmiana (w %) zachorowań na grypę w stosunku do lat 2001-2010.

Okres:	Średnia	Najwyższa	Najniższa
2021-2030	106,2	88,7	113,2
2051-2060	87,0	70,2	50,8
2071-2100	70,5	61,5	39,7

Trzy ostatnie dekady przyniosły dramatyczny, wręcz skokowy, wzrost liczby zachorowań na różne formy raka skóry. Jako jedną z najważniejszych, egzogennych przyczyn raka skóry rozpoznano ekspozycję na działanie promieniowania nadfioletowego (o długości fali <0,297 μm - UV-C). Dzięki podjętym w ostatnich dekadach XX w. działaniom zmierzające do ograniczenia emisji do atmosfery freonów i halonów ubytek warstwy ozonowej został zahamowany (Tab. 6.49.). Dlatego też w wieku XXI nie powinny nastąpić większe zmiany w liczbie (względnej) zachorowań na różne formy raka skóry (Tab. 6.49).

Tab. 6.49. Zmiana (w%) zachorowań na różne formy raka skóry w stosunku do lat 2001-2010.

Okres:	Średnia	Najwyższa	Najniższa
2021-2030	101,7	100,7	103,6
2051-2060	99,2	97,9	105,0
2071-2100	101,9	97,8	115,1

Prognozy zgonów na czerniaka nie są tak optymistyczne jak prognozy dla liczby zachorowań ogółem na wszystkie formy raka skóry. Jeżeli nie nastąpi poprawa metod leczenia czerniaka należy się liczyć ze wzrostem zgonów z tego powodu. Zależnie od charakterystyki i zastosowanego modelu prognostycznego wzrost ten może wynosić od 10 do 35% (Tab. 6.50.).

Należy także dodać, że zachorowania na czerniaka stanowią obecnie około 22% ogólnej liczby zachorowań na różne formy raka skóry. Niestety, aż jedna czwarta zachorowań na czerniaka kończy się śmiercią chorego.

Tab. 6.50. Zmiana (%) liczby zgonów na czerniaka w stosunku do lat 2001-2010.

Okres:	Średnia	Najwyższa	Najniższa
2021-2030	119,6	101,5	127,6
2051-2060	119,6	102,5	120,3
2071-2100	110,7	101,8	132,5

Nowy wskaźnik obciążeń cieplnych człowieka (UTCI) jest miarą oceny oddziaływania środowiska termicznego na organizm. Informuje o rzeczywistych obciążeniach układu termoregulacyjnego i układu krążenia w konkretnych sytuacjach pogodowych. Wskazuje na uruchomienie intensywnych procesów dostosowania procesów fizjologicznych do warunków upałów. Są one znacznym obciążeniem dla układu krwionośnego i mogą prowadzić do jego niewydolności. Potwierdza to obserwowany w takich warunkach wzrost ryzyka zgonu aż o 25% w stosunku do sytuacji termoneutralnych. Prognozy zakładają, że na koniec XXI wieku

częstość takich sytuacji wzrośnie w okresie maj-wrzesień o 10-17 dni. Dni z wyraźnie podwyższonym ryzykiem zgonu z powodu niewydolności układu krążenia mogą obejmować średnio około 55% okresu ciepłego, z marginesem tolerancji od 26 do 85%. Prognozy te współgrają z prognozą zmian zgonów z powodu chorób układu krążenia (Tab. 6.43).

Odmierna sytuacja biotermiczna panuje w okresie chłodnym (listopad-marzec). Liczba dni z silnym stresem zimna, którego konsekwencją są dysfunkcje układu oddechowego i układu krążenia, zmniejszy się o 6-40 dni. Będą one stanowiły jedynie od 2 do 35% dni okresu chłodnego. Prognozy te dobrze współgrają z prognozą zmian zgonów z przyczyn chorób układu oddechowego (Tab. 6.44.)

Brak jest wiarygodnych statystyk dotyczących zmian w liczbie osób chorujących na alergię co nie pozwala na ilościową ocenę wpływu zmian klimatu na zmiany tendencji zachorowań na choroby alergiczne. Możliwe jest tylko ocenienie, jakie zmiany mogą nastąpić w zakresie początku występowania pylenia głównych roślin alergicznych. Zmiany te informują na ile wydłuży się okres narażenia na alergię pyłkowe.

W przypadku każdej z badanych roślin alergicznych zaobserwowano możliwość wcześniejszego rozpoczynania się sezonu pylenia. Zmiany te są różne w zależności od taksonu i wahają się na koniec wieku średnio od 6-7 dni w przypadku roślin zielnych i traw do 21 dni w odniesieniu do olszy. Jedynie w przypadku brzozy zmiany początku pylenia będą nieznaczące.

Scenariusz zmian dat początku sezonów pyłkowych (Tab. 6.51 i Tab. 6.52) wskazuje, że należy się liczyć z bardzo dynamicznymi jego zmianami.

Tab. 6.51. Zmiana (liczba dni) daty początku pylenia olszy w stosunku do lat 2001-2010 (na przykładzie Polski południowej).

Okres:	Najwcześniejszy	Najpóźniejszy
2021-2030	-1,0	16,8
2051-2060	-4,9	-24,7
2071-2100	-7,0	-33,0

Tab. 6.52. Zmiana (liczba dni) daty początku pylenia leszczyny w stosunku do lat 2001-2010 (na przykładzie Polski południowej).

Okres:	Najwcześniejszy	Najpóźniejszy
2021-2030	-4,7	9,6
2051-2060	-6,9	-14,1
2071-2100	-8,4	-18,9

Wcześnie rozpoczynający się sezon pylenia zwykle trwa dłużej (data początku pylenia silnie wpływa na jego długość trwania). Dłużej trwający sezon pyłkowy z jednej strony nie jest korzystny dla pacjentów, gdyż wydłuża się okres ekspozycji alergicznej, jednak w przypadku dłuższych sezonów często stężenie ziaren pyłku w powietrzu nie jest bardzo wysokie. Sezony rozpoczynające się później trwają zazwyczaj krócej, ale stężenie ziaren bywa wówczas bardzo wysokie.

Sezony pyłkowe traw są względnie stabilne. O ile w latach 2021-2030 możliwe jest nieco późniejsze – o 4-6 dni – rozpoczynanie się sezonu pyłkowego traw o tyle w drugiej połowie XXI wieku ziarna pyłku traw mogą pojawić się w powietrzu nawet do 11 dni wcześniej niż z początkiem tego wieku. Wcześniej należy się więc liczyć z możliwością występowania alergicznego nieżytu nosa i spojówek oraz napadów astmy pyłkowej u pacjentów uczulonych na alergeny traw.

Podjęta próba prognozowania występowania sezonów pyłkowych roślin alergicznych w oparciu o wybrane elementy meteorologiczne wskazuje na dynamiczne zmiany w środowisku biologicznym. Prognozowane wydłużanie się sezonów pyłkowych może wpływać na

nakładanie się olszy i leszczyny na sezon brzozy, co dodatkowo może nasilać objawy alergiczne.

Ocena oddziaływań zmian klimatu na funkcjonowanie podstawowych elementów systemu ochrony zdrowia

Zmiany klimatu mogą bezpośrednio wpłynąć na funkcjonowanie i aktywność przede wszystkim tych instytucji, w których prowadzi się różnego rodzaju działalność leczniczą i/lub profilaktyczną. W wielu z tych miejsc warunki pracy personelu medycznego oraz przebywania pacjentów nie są dostosowane do coraz częstszych i coraz dłuższych okresów fal ciepła. To placówki prowadzące działalność leczniczą powinny być w pierwszej kolejności objęte programem modernizacji urządzeń technicznych zapewniających komfort cieplny w pomieszczeniach. Istotnym elementem zapobiegającym zdrowotnym skutkom i minimalizującym efekty występowania fal ciepła jest również zapewnienie odpowiednich warunków bytowania ludzi, w tym klimatyzowanego transportu publicznego, odpowiedniej wymiany powietrza w pomieszczeniach biurowych oraz możliwości wychłodzenia mieszkań w okresie nocnym. Jest to szczególnie ważne w miastach, gdzie ze względu na efekt miejskiej wyspy ciepła, wychłodzenie powietrza w nocy może nie być wystarczające.

Możliwy wzrost liczby chorób odkleszczowych, zatruc pokarmowych salmonellą oraz zgonów na czerniaką powinien być przesłanką zarówno do zintensyfikowania badań nad rozwojem i leczeniem tych chorób, jak również nad ich diagnostyką.

Spodziewany z dużym prawdopodobieństwem wzrost problemów zdrowotnych związanych z układem krążenia powinien być wskazówką do przygotowania odpowiednio przeszkolonego personelu medycznego (lekarze, pielęgniarki) oraz pomocniczego (pracownicy socjalni). Należy dążyć do tego, aby w znaczącej części problemów kardiologicznych nie dochodziło do niewydolności układu krążenia, zakończonej zgonem. Dlatego też szkolenia te powinny objąć szeroko rozumiany wpływ środowiska na zdrowie, celem lepszego zrozumienia mechanizmów związanych ze zmianami klimatycznymi i reakcją zdrowotną organizmu.

Ważnym elementem systemu ochrony zdrowia, nieujętym bezpośrednio w powyższym schemacie, jest człowiek i jego świadomość zagrożeń dla zdrowia związanych z klimatem i jego zmianami. Często nawet tam, gdzie klimat powinien być stosowany jako środek leczniczy i profilaktyczny, czyli w uzdrowiskach, kuracjusze nie otrzymują informacji i zaleceń, jak z tego surowca leczniczego korzystać. Podniesienie świadomości i wrażliwości na problemy zdrowotne związane z działaniem czynników klimatycznych jest potrzebne na wszystkich szczeblach systemu ochrony zdrowia, od lekarzy, pielęgniarek i personelu pomocniczego podstawowych placówek leczniczych, po urzędników w NFZ i Ministerstwie Zdrowia. Istotnym elementem wydaje się również podniesienie ogólnej świadomości społeczeństwa odnośnie zagrożeń związanych ze środowiskiem atmosferycznym. Dlatego też, celem wypracowania określonych zasad zachowania się ludzi w okresach zagrożenia (np. burze, powodzie, czy fale upałów), koniecznym wydaje się opracowanie i wdrożenie systemu odpowiedniego systemu edukacji i bieżącego informowania (poprzez różnego rodzaju media) o zakresie zmian klimatycznych oraz potencjalnych skutkach zdrowotnych powodowanych przez te zmiany. Istotną rolę powinny odgrywać tu informacje odnośnie czynników związanych z krótkookresowym narażeniem (jak fale upałów, czy chłódów oraz okresy potencjalnego zagrożenia chorobami wektorowymi).

Analizę wpływu działań adaptacyjnych na poszczególne sektory zamieszczono na końcu dokumentu w załączniku 3. Wykaz działań adaptacyjnych i ich kosztów w pakiecie podstawowym, rozszerzonym i pełnym zamieszczono na końcu dokumentu w załączniku 6.

6.12. Turystyka i rekreacja

Turystyka związana jest z innymi sektorami gospodarki, również podatnymi na zmiany klimatu takim jak, transport, ubezpieczenia, praca, zdrowie publiczne, bezpieczeństwo publiczne. Ocena wrażliwości sektora na zmiany klimatu zależna jest od wielu czynników, przede wszystkim od zasobów, na których turystyka się opiera (przyrodniczych lub kulturowych) i ich wrażliwości, znaczenia turystyki w rozwoju społeczno-gospodarczym kraju oraz struktury ruchu turystycznego, w tym prognozowanej. Rozpatrując wrażliwość sektora na prognozowane zmiany warunków klimatycznych należy zwrócić uwagę na podstawowe (aktualne i prognozowane) cechy turystyki w Polsce:

- udział turystyki w krajowym PKB szacuje się na poziomie około 5% (w 2007 r. wyniósł 6%, zaś w 2011 r. – 4,9%; MSiT 2013);
- prognozowany udział w tworzeniu dochodu narodowego będzie się zwiększał. Ocenia się, że turystyka będzie jednym z najszybciej rozwijających się segmentów sektora usług (*Kierunki...*, 2008);
- stały wzrost wydatków samorządów na turystykę, którego przyczyną jest upatrywana we wzroście zainteresowania turystyką jako sektorem korzystnie wpływającym na rozwój społeczno-gospodarczy danego regionu (MSiT 2013). Jednocześnie turystyka jest sektorem wysoce pracochłonnym, a ponadto generuje także miejsca pracy w branży okołoturystycznej;
- duże zasoby przyrodnicze (w szczególności obszary wybrzeża, pojezierzy i gór, parków narodowych i krajobrazowych,) i stosunkowo duży potencjał do rozwoju alternatywnych form turystyki (agroturystyki, turystyka krajobrazowa, turystyka kwalifikowana)
- dominację turystyki wypoczynkowej nad innymi rodzajami turystyki (celem ponad 50% wyjazdów Polaków jest wypoczynek, 29% - odwiedziny krewnych i znajomych, ok. 20% - podróże służbowe, turystyka kwalifikowana ma znaczenie marginalne ok. 1%; GUS 2012)
- silne zróżnicowanie regionalne turystyki (w województwach zachodniopomorskim, małopolskim i pomorskim skupia się ponad 50% ruchu turystycznego w kraju, GUS 2012) i sezonowość (w województwach zachodniopomorskim, pomorskim i warmińsko-mazurskim ok. 40% udzielonych noclegów przypada na miesiące lipiec i sierpień)
- niewielki udział turystyki zagranicznej (zarówno pod względem wyjazdów Polaków za granicę, jak i przyjazdów cudzoziemców do Polski)
- niski poziom dochodów społeczeństwa polskiego.

Spośród wymienionych podstawowych cech turystyki o wrażliwości sektora w Polsce mogą przesądzać zasoby przyrodnicze i warunki środowiskowe, które są (aktualnie, jak i w planowaniu strategicznym) podstawą turystyki. Są to także dwie grupy czynników najwrażliwsze na zmiany klimatu. Istotne w ocenie wrażliwości sektora są także aspekty ekonomiczne. Wyraźne zróżnicowanie regionalne w natężeniu ruchu turystycznego jest cechą sprzyjającą wrażliwości sektora w niektórych województwach.

Klimat jest jednym z głównych czynników determinujących funkcjonowanie sektora turystyki, gdyż określa przydatność terenu dla lokalizacji działalności turystycznych, determinuje zakres usług turystycznych, kształtuje sezonowość popytu turystycznego oraz ma istotny wpływ na koszty operacyjne (zagospodarowanie i infrastruktura turystyczna). Zmiany warunków klimatycznych, mogące przejawiać się głównie zmianami w długości i jakości sezonów turystycznych, mogą mieć znaczący wpływ na sytuację społeczno-gospodarczą w regionach kraju, przede wszystkim na jakość życia lokalnych społeczności, zatrudnienie i

przedsiębiorczość, stan środowiska w danym obszarze, specjalizację ośrodków i konkurencyjność między miejscowościami.

W Polsce zmiany klimatu mogą mieć znaczenie dla wybrzeża Bałtyku i pojezierzy w zakresie turystyki wypoczynkowej oraz dla gór w zakresie turystyki zimowej. Ocenia się, że jest bardzo prawdopodobne, iż w wyniku zmian globalnych nastąpi przesunięcie warunków klimatycznych atrakcyjnych do uprawiania wymienionych typów turystyki (UNWTO 2008) w kierunku wyższych szerokości geograficznych i wyższych wysokości nad poziomem morza. Prognozowany wzrost temperatury na wybrzeżu Bałtyku w okresie letnim, wzrost temperatury morza oraz zmniejszenie opadów latem może więc korzystnie wpływać na turystykę wypoczynkową. Jednocześnie w efekcie prognozowanego znacznego obniżenia komfortu turystycznego i bezpieczeństwa w basenie Morza Śródziemnego można spodziewać się korzystnego przesunięcia zainteresowania miejscami wypoczynku w kierunku wybrzeża Bałtyku oraz polskich jezior (UNWTO 2008). Uwzględniając aktualną strukturę ruchu turystycznego na wybrzeżu i pojezierzu (dominacja turystów krajowych, w miesiącach lipiec i sierpień) korzystne dla północnych regionów Polski będzie wydłużenie sezonu turystycznego, sprzyjające poprawie sytuacji społeczno-gospodarczej województw zachodniopomorskiego, pomorskiego, kujawsko-pomorskiego oraz warmińsko-mazurskiego. W skali rozwoju sektora turystycznego Polski istotne jest, że zmiany dotyczą - z jednej strony obszarów o najwyższych wskaźnikach intensywności ruchu turystycznego, z drugiej - są to obszary charakteryzujące się najwyższą stopą bezrobocia w Polsce (woj. warmińsko-mazurskie, kujawsko-pomorskie i zachodniopomorskie przez ostatnie 3 dekady).

W przypadku turystyki zimowej, szczególnie w górach niskich, na pogórzu, w obszarach wyżynnych (Beskidy, pogórze, Roztocze, Dolny Śląsk) - sukcesywne zmniejszanie liczby dni z pokrywą śnieżną i wzrost temperatury w okresie zimowym mogą wpływać niekorzystnie na atrakcyjność turystyczną tych obszarów w tej porze roku. Nieciągłości w działalności narciarskich ośrodków turystycznych spowodowane niekorzystnymi warunkami termicznymi oraz konieczność naśnieżania stoków będą generować wzrost kosztów utrzymania infrastruktury i związane z tym problemy finansowe podmiotów obsługujących ruch turystyczny. Należy zwrócić uwagę na niewielkie w skali kraju znaczenie ruchu turystycznego związanego z tym rodzajem turystyki (turystyka kwalifikowana stanowi jedynie ok. 1% wyjazdów turystycznych Polaków, a baza noclegowa w górach ma charakter sezonowy, z wyraźną przewagą wykorzystania jej w okresie wakacyjnym). Stosunkowo małe znaczenie turystyki zimowej w Polsce wynika niewątpliwie z braku dostatecznie korzystnych warunków dla rozwoju tego sektora turystyki (narciarstwa zjazdowego, snowboardu, skitouring). Wpływają na to warunki środowiskowe, w tym także klimatyczne, ale także stosunki własnościowe. Natomiast tereny o najkorzystniejszych warunkach dla turystyki zimowej, mianowicie Tatry i Karkonosze charakteryzuje ograniczona pojemność i chłonność turystyczna z uwagi na walory i zasoby przyrodnicze, które formalnie objęte są ochroną jako parki narodowe. Te ograniczenia w sytuacji prognozowanych trudnych dla tego typu turystyki warunków klimatycznych podnoszą wrażliwość ośrodków narciarskich w Polsce na zmiany klimatu. Wrażliwość ta zwiększana jest dodatkowo, przez obecnie podejmowane inwestycje, które w przypadku prognozowanych zmian klimatu mogą okazać się chybione (np.: projekt "Siedem Dolin" w Beskidzie Sądeckim).

Na sektor turystyki znaczący wpływ mają także warunki pogodowe, będące kluczową determinantą decyzji o celu podróży. Uznanie za prawdopodobne, że wzrost częstotliwości lub intensywności niektórych pogodowych i ekstremalnych zjawisk klimatycznych (np. fale upałów, susze, nawalne deszcze, huragany) jest wynikiem zmian klimatu (IPCC 2007a), pozwala przyjąć także, że zjawiska te są czynnikiem bezpośredniego wpływu zmian klimatu na turystykę. Prognozowane zmiany w warunkach pogodowych wpłyną istotnie na sektor

turystyczny; wpływ ten będzie negatywny. Zwiększone ryzyko wystąpienia ekstremalnych zjawisk pogodowych zwiększy ryzyko wystąpienia szkód w infrastrukturze turystycznej, może spowodować dodatkowe wymagania związane z przygotowaniem do sytuacji kryzysowej (ubezpieczenia, zapasy wody i energii elektrycznej, ewakuacje) oraz generować koszty przerw w działalności. Obecnie w obszarach zniszczonych w wyniku powodzi, huraganów, dotkniętych suszą obserwuje się zawieszanie działalności przez usługodawców turystycznych, szczególnie w gospodarstwach agroturystycznych (np. Kotlina Jeleniogórska, Lubelszczyzna). Nieprzewidywalność pogody oraz zagrożenie zjawiskami ekstremalnymi może także znacząco obniżać motywację turystów do wyboru zagrożonych miejsc jako celów podróży.

Podobnie jak w przypadku zmian w sezonowości turystyki, także zwiększone ryzyko wystąpienia pogodowych zjawisk ekstremalnych, dotyczy przede wszystkim turystyki na wybrzeżu Bałtyku. Niski stopień przewidywalności pogody w sezonach wypoczynku na polskim wybrzeżu jest czynnikiem obniżającym atrakcyjność turystyczną tego regionu. Jednocześnie rosnące zagrożenie powodziami od strony morza i zagrożenie erozją wybrzeża morskiego stanowi problem dla zagospodarowania turystycznego. Może nie tylko wiązać się z generowaniem oczywistych znacznych kosztów modernizacji infrastruktury turystycznej, ale także z obniżeniem walorów estetycznych architektury i degradacją krajobrazu (przede wszystkim niszczące obiekty, chaotyczny rozwój zabudowy, wielość i brak estetyki obiektów tymczasowych), co już obecnie jest problemem polskiego wybrzeża.

Ekstremalne zjawiska pogodowe mają także znaczenie dla turystyki w miastach. Ten rodzaj turystyki jest stosunkowo najmniej wrażliwy na zmiany klimatyczne, ale prognozowane fale upałów będą niekorzystnie wpływać na komfort termiczny i sanitarny turystów, mogą też obniżyć motywację turystów do wyboru miast jako celów podróży. W tym aspekcie o wysokiej wrażliwości na zmiany można mówić w przypadku Warszawy, Krakowa, Wrocławia i Gdańska. Należy zwrócić uwagę, że także w przypadku miast obserwuje się sezonowość turystyki (lipiec-sierpień); niekorzystne warunki klimatyczne w miastach w miesiącach letnich mogą więc wpłynąć na natężenie ruchu turystycznego w poszczególnych miesiącach.

Pośredni wpływ na sektor turystyki będą miały przewidywane - jako skutki zmian klimatu - zmiany w zasobach przyrodniczych, gospodarce wodnej i sytuacji finansowej społeczeństw, także związanej z wprowadzaniem polityk minimalizujących wpływ gospodarki na klimat.

Zasoby środowiska przyrodniczego stanowią kluczową determinantę decyzji o miejscu wypoczynku. Obszary o dużej wartości przyrodniczej, szczególnie objęte formami ochrony przyrody, należą do najbardziej atrakcyjnych obszarów turystycznych (Kamienicka 2012). Prognozowane zmiany w zasobach przyrodniczych, polegające na obniżeniu różnorodności przyrodniczej mogą więc wpływać na atrakcyjność turystyczną tych obszarów, a tym samym destynacje turystów. W Polsce do najwrażliwszych obszarów, których zasoby przyrodnicze mogą ulec obniżeniu w wyniku zmian klimatu należą obszary wodno-błotne (m.in. parki narodowe Biebrzański, Wigierski i Poleski, parki krajobrazowe Mazurski, Wdecki, Wdzydzki, Zaborski, Drawski), obszar wybrzeża (szczególnie parki narodowe Słowiński i Woliński, parki krajobrazowe Nadmorski i Mierzeja Wiślana) oraz obszary gór średnich i wysokich (parki narodowe Tatrzański, Karkonoski i Babogórski).

Niezwykle istotna utrata zasobów dotyczy regionów pojeziernych. Obserwowane tempo procesu zanikania jezior, związanego z eutrofizacją wód, wzrasta pod wpływem zmian klimatycznych. Dla regionu warmińsko-mazurskiego oznacza to utratę podstawowego zasobu, z którego korzysta obecnie i w planowaniu strategicznym (zarówno wojewódzkim, jak gminnym) ten region i jego społeczności lokalne. Prognoza ta jest tym bardziej niekorzystna, że dotyczy regionu o złej sytuacji społeczno-gospodarczej, a więc szczególnie

wrażliwego na funkcjonowanie w trudnych warunkach klimatycznych. Problem ten dotyczy także innych obszarów pasa pojezierzy, gdzie turystyka opiera się na zasobach wodnych (Pomorski Zespół Parków Krajobrazowych, Drawski Park Krajobrazowy), a także Pojezierza Łęczyńskiego.

Zasoby przyrody są podstawą turystyki krajoznawczej oraz kwalifikowanej (obserwacje przyrodnicze, turystyka wodna, turystyka górską). Wymienione rodzaje turystyki nie stanowią istotnego elementu w strukturze ruchu turystycznego, ale - w sytuacji ograniczonych zasobów kulturowych - wartości przyrodnicze są podstawowym strategicznym zasobem rozwoju turystyki w Polsce. Prognozowane obniżenie bioróżnorodności w wyniku zmian klimatu może więc wpłynąć negatywnie na możliwości rozwoju obszarów o wysokich walorach przyrodniczych i o niewielkim obecnie wykorzystaniu turystycznym tj. województw lubelskiego, podlaskiego, wschodniej części województwa warmińsko-mazurskiego. Obniżenie poziomu i eutrofizacja wód w rzekach i zbiornikach wodnych są czynnikami, które w sposób istotny mogą obniżać motywację turystów do wyboru jako celów podróży tych rejonów Polski. Dla wymienionych regionów może to oznaczać osłabienie potencjału, na którym opierany jest ich społeczno-gospodarczy rozwój, na co wskazują strategiczne dokumenty planistyczne województw i gmin.

Z wykorzystaniem wód w turystyce wiążą się także kwestie gospodarki wodnej. W tym względzie istotne mogą być zmiany w zasobach dostępnej wody oraz potrzeb wodnych w obsłudze turystyki. Jak wynika z analiz przedstawionych w rozdziale dot. gospodarki wodnej (rozdz. 6.3) nie prognozuje się sytuacji deficytu wody w skali kraju. Zmniejszające się prognozowane zasoby wodne mogą stanowić problem dla ośrodków narciarskich funkcjonujących w trudnych warunkach klimatycznych, a z uwagi na nieregularność opadów w sezonie zimowym i skrócenie sezonu, wymagających sztucznego naśnieżania stoków.

Sytuacja społeczno-gospodarcza społeczeństw jest podstawowym czynnikiem kształtującym sektor turystyki: na turystykę wpływa na wiele sposobów, przede wszystkim poprzez aktywność turystyczną, koszty obsługi turystów oraz poprzez możliwości inwestowania w usługi i produkty turystyczne. Prognozowane koszty ponoszone przez społeczeństwa w związku ze zmianami klimatu, także te dotyczące konieczności przekształcania gospodarki w kierunku niskoemisyjnej, oraz makroekonomiczne procesy na rynkach finansowych wpływają i będą wpływać istotnie na sytuację finansową społeczeństw. Sytuacja finansowa decyduje o podejmowaniu podróży: obniżenie zasobności finansowej obniżać będzie aktywność turystyczną, z drugiej strony osłabi także możliwości inwestowania w jakość usług i produktów turystycznych.

Podsumowując, można stwierdzić, że w wyniku zmian klimatu i ich skutków dla elementów środowiska oraz gospodarki w sektorze turystyki obserwowane mogą być procesy pozytywne, takie jak:

- przesunięcie zainteresowania miejscami nadmorskiego wypoczynku w kierunku wyższych szerokości geograficznych warunkowane wypromowaniem nowych miejsc oraz rozwojem infrastruktury obsługi ruchu turystycznego, a także sukcesywnym rozszerzeniem wachlarza usług,
- wydłużenie sezonu w turystycznych regionach Polski umożliwiające poszerzenie oferty wypoczynku,
- ograniczenie dalekich podróży turystycznych z wykorzystaniem transportu lotniczego, w szczególności do oferujących wypoczynek nad morzem krajów na innych kontynentach, sprzyjające rozwój turystyki na polskim wybrzeżu,

oraz zjawiska niekorzystne dla sektora:

- obniżenie motywacji turystów do wyboru jako celów podróży miejsc o wysokim ryzyku wystąpienia ekstremalnych zjawisk pogodowych i ich skutków,

- możliwy spadek atrakcyjności turystycznej ze względu na utratę lub obniżenie wartości zasobów przyrodniczych,
- ponoszenie kosztów skutków ekstremalnych zjawisk pogodowych przez podmioty turystyczne oraz przez rząd i samorządy realizujących inwestycje zapobiegające skutkom klęsk żywiołowych.

Działania adaptacyjne do zmian klimatu

Adaptacja sektora turystyki do prognozowanych zmian klimatu powinna być przede wszystkim oparta na jakości oferty turystycznej, wymagać więc będzie zarówno działań o charakterze organizacyjno-administracyjnym, jak i podjęcia szeregu działań o charakterze inwestycyjnym. Można tu wyróżnić dwa generalne kierunki działań:

- podnoszenie jakości oferty i usług turystycznych,
- rozszerzanie oferty turystycznej w oparciu o zasoby dotychczas nie wykorzystane, ze szczególnym uwzględnieniem dywersyfikacji w regionach wrażliwych.

Niemniej uwzględniając, że największe ryzyko w sektorze turystyki związane jest z występowaniem ekstremalnych zjawisk pogodowych oraz ich skutkami, podstawowym działaniem adaptacyjnym jest utworzenie i wzmocnienie monitoringu zjawisk klimatycznych oraz stworzenie systemu wczesnego ostrzegania o zagrożeniach. Kwestie adaptacji miast, w tym zakresie związane są z odpowiednimi działaniami na poziomie planowania przestrzennego.

Podnoszenie jakości oferty turystycznej jest procesem obserwowanym aktualnie, przede wszystkim związanym ze wzrostem wydatków samorządów wszystkich szczebli na turystykę.

Dla regionów wrażliwych na zmiany klimatyczne a charakteryzujących się dużymi zasobami przyrodniczymi i wysokimi walorami turystycznymi konieczne są działania zmierzające do rozwoju alternatywnych form turystyki jak ekoturystyka, turystyka wiejska, agroturystyka, turystyka zdrowotna, turystyka motywacyjna. Dotyczy to przede wszystkim regionów Polski Wschodniej, w tym pojezierzy, Rostocza, a także pogórza i gór niskich.

Obserwując aktualny ruch turystyczny, preferencje Polaków, ruch turystyczny cudzoziemców oraz prognozowane zmiany w warunkach klimatycznych, w ramach działań adaptacyjnych konieczne jest stworzenie spójnej strategii turystycznej dla wybrzeża Bałtyku.

Analizę wpływu działań adaptacyjnych na poszczególne sektory zamieszczono na końcu dokumentu w załączniku 3. Wykaz działań adaptacyjnych i ich kosztów w pakiecie podstawowym, rozszerzonym i pełnym zamieszczono na końcu dokumentu w załączniku 6.

7. Horyzontalne aspekty adaptacji

Skuteczność realizacji działań adaptacyjnych zależy od powodzenia we włączeniu ich do polityki społeczno-gospodarczej kraju. Program realizacji strategicznego planu adaptacji zakładał skoncentrowanie się przede wszystkim na analizie wrażliwości i zagrożeń, a w konsekwencji działań adaptacyjnych w sektorach gospodarczych. Podejście takie umożliwia powiązanie strategii adaptacyjnej ze strategiami rozwoju społeczno-gospodarczego, które mają charakter sektorowy. Przyjęta koncepcja ma jednak swoje wady, o ile nie uwzględni się wzajemnych konsekwencji działań adaptacyjnych w różnych sektorach. Działania podejmowane w jednym sektorze mogą pogłębiać negatywne oddziaływanie klimatu w innym lub też bezpośrednio negatywnie oddziaływać na funkcjonowanie sektora. Pomimo niepewności związanych z oceną przyszłych zmian klimatu, a także prognoz rozwoju społecznego i gospodarczego, problem zmian klimatu powinien już obecnie zostać włączony do różnych narzędzi i systemów integrujących problemy środowiska z gospodarką, takich jak

EMAS, oceny oddziaływania na środowisko czy systemy zarządzania ryzykiem. Działania adaptacyjne powinny zostać uwzględnione w procesach planowania przestrzennego.

Przy wyborze działań adaptacyjnych konieczna jest pełna analiza oceny skutków planowanych inwestycji lub podejmowanych działań m.in. politycznych i legislacyjnych. Zdolność do adaptacji zależy od wrażliwości danego podmiotu i potencjału adaptacji. Proponowane w niniejszym projekcie działania w większości nie kolidują z rozwojem sektorów gospodarczych, a w dłuższej perspektywie czasowej będą przynosiły także korzyści.

W przypadku działań adaptacyjnych zapobiegających przed klęską powodzi (obwałowania, zbiorniki itp.) można spodziewać się nie tylko pozytywnych skutków np. ograniczenie strat w infrastrukturze lub życiu ludzi wiąże się z zalaniem obszarów użytkowanych rolniczo. W niektórych przypadkach działania adaptacyjne mogą powodować straty. Do takich przypadków można zaliczyć zajęcie terenów uprawowych pod zbiorniki retencyjne. W takim przypadku rzeczą oczywistą jest zrekompensowanie straty przez administrację rządową, jak i system ubezpieczeń. Inny przykład to wprowadzanie odmian roślin odpornych na suszę, które mogą zakłócić równowagę w ekosystemach rolniczych i naturalnych. Z kolei naśnieżanie stoków narciarskich ma lub może mieć negatywny wpływ zarówno na różnorodność biologiczną, zasoby wodne, jak i na zwiększenie emisji CO₂ w wyniku dodatkowego zapotrzebowania na energię. Dotyczy to także innych działań wymagających dodatkowych nakładów energetycznych.

Do konfliktów mogą również prowadzić różne interesy w zakresie zarządzania gospodarką wodną dla potrzeb utrzymania obszarów bagiennych (zapewnienie odpowiedniego poziomu wody), a sąsiednimi obszarami rolniczymi albo pozbawionymi w wyniku takich działań dostatecznej ilości wody czy podtapianymi w wyniku spiętrzeń. Problem wpływu działań adaptacyjnych w odniesieniu do społeczności lokalnych, również w ujęciu horyzontalnym omówiono w rozdziałach 8. *Spoleczności lokalne* i 10. *Ocena korzyści i zagrożeń gospodarczych, społecznych i środowiskowych*.

Realizacja działań adaptacyjnych będzie wpływać także pozytywnie na niektóre sektory. Do takich obszarów należą przede wszystkim działania adaptacyjne w ramach gospodarki przestrzennej oraz gospodarki wodnej. Te dwa obszary odgrywają zasadniczą rolę w ograniczaniu wpływu zmian klimatu w skali kraju. Wdrożenie działań adaptacyjnych w obu obszarach ograniczy w znacznym stopniu zagrożenie w innych analizowanych sektorach. Praktycznie wszystkie sektory w mniejszym lub większym stopniu są uzależnione od działań podejmowanych w tych dwóch obszarach. Podstawowym działaniem, jakie musi być podjęte jest uporządkowanie prawnych podstaw w obu przypadkach z uwzględnieniem długofalowych zmian, jakie mogą być wynikiem zmian klimatu. Te działania mają kluczowe znaczenie przede wszystkim z punktu widzenia stworzenia trwałych podstaw do harmonijnego i zrównoważonego rozwoju kraju, a jednocześnie będą stanowić podstawę do ograniczania negatywnych wpływów zmian klimatu i będą wspierać redukcję emisji gazów cieplarnianych.

Planowanie przestrzenne stanowi warunek ograniczenia ryzyka wynikającego ze zmian klimatu, przy założeniu, że dokumenty planistyczne są prawnie wiążące i obejmują długi okres uwzględniając przyszłe zmiany klimatu, pozwalający na wdrożenie ich postanowień. W pierwszej kolejności takimi planami muszą być objęte obszary szczególnie wrażliwe na zmiany klimatu tj. obszary zagrożone powodzią, miasta oraz obszary pozamiejskie szczególnie wrażliwe na niedobór wody. Planowanie powinno wydzielać obszary, na których powinno być zabronione budowanie obiektów (klify nadmorskie, rejony osuwisk, obszary o wysokim ryzyku powodziowym, obszary rekreacyjne i obszary zielone w miastach), a także określać zakres inwestowania na obszarach chronionych i korytarzach ekologicznych.

Zasoby i gospodarka wodna to drugi obszar mający znaczenie horyzontalne i obejmujący wszystkie sektory życia i gospodarki. Podstawową rolę pełnią trzy główne aspekty w tym obszarze tj. ochrona zasobów wodnych i zapewnienie ich dostępności, ochrona przed nadmiernym przesuszeniem oraz ochrona przeciwpowodziowa. W dłuższej perspektywie czasowej szczególnego znaczenia nabiera dostępność wody dla gospodarki i społeczeństwa. Jak wynika z rozdziału 6.3. *Zasoby wodne i gospodarka wodna* w niektórych regionach kraju należy liczyć się z niedoborami wody, które w połączeniu z pogorszeniem jakości wody wynikającym ze wzrostu temperatury wody, będą rzutować na możliwości rozwoju. W tym świetle szczególnego znaczenia nabiera konieczność wprowadzania działań skutkujących ograniczeniem wodochłonności produkcji i jej marnotrawstwa, a także lepszego wykorzystania wód opadowych, zwłaszcza w obszarach zurbanizowanych poprzez zwiększenie powierzchni obszarów zielonych i wodnych.

Beneficjentami działań adaptacyjnych w obszarze ochrony przed suszą będą przede wszystkim rolnictwo oraz gospodarka komunalna, a także leśnictwo. Ograniczenie skutków suszy sprowadza się do realizacji programów oszczędzania wody i poprawy wodochłonności gospodarki, w tym na gromadzenia wód powierzchniowych w różnych formach małej retencji oraz ochrony gleb przed utratą wilgotności poprzez zabiegi agrotechniczne, tworzenie pasów zieleni, ograniczenie erozji itp. Skutecznym sposobem zwiększenia retencji wody jest m.in. zwiększenie infiltracji gleby w okresie powodziowym, co ograniczy skutki powodzi i podniesie poziom wód podziemnych.

Ochrona przeciwpowodziowa jest przedmiotem szczególnego zainteresowania władz wynikającego także z konieczności wdrożenia Dyrektywy Wodnej oraz Dyrektywy Powodziowej. Tworzone są programy ochrony dorzecza Odry, Górnej i Środkowej Wisły oraz wspierający je system ISOK (Informatyczny system osłony kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami) ukierunkowany przede wszystkim na ochronę przeciwpowodziową. Biorąc pod uwagę koszty tego rodzaju przedsięwzięć i inwestycji trzeba się liczyć z długofalowym wdrażaniem tych programów, jednak pozwoli to na zwiększenie szans na podejmowanie działań zapobiegawczych i ograniczenie kosztów likwidacji strat ponoszonych w wyniku zjawisk nadzwyczajnych w zagrożonych obiektach produkcyjnych, obszarach przyrodniczo cennych oraz mieniu samorządów i obywateli; m.in. z tych względów konieczne jest wprowadzenie obowiązkowego ubezpieczenia mienia i życia na obszarach o najwyższym poziomie ryzyka.

Szerszym zagadnieniem o charakterze horyzontalnym związanym z ochroną przeciwpowodziową jest system ostrzegania przed wszelkiego rodzaju zagrożeniami związanymi ze zmianami klimatu, oprócz powodzi, takimi jak: gwałtowne ulewy, podtopienia i zalania, grad, burze, silne wiatry, fale upałów, oblodzenie, a z tzw. „pełzających” groźnych zjawisk – susza, erozja, inwazja obcych gatunków, zmiany bioróżnorodności, zagrożenia dla zdrowia i życia. Omówienie tego zagadnienia znajduje się w rozdziale 12. *Obserwacje i system ostrzegania*.

Kolejnym obszarem mającym charakter horyzontalny są działania, jakie trzeba podejmować w skali regionalnej. Na tym szczeblu wymagane jest zintegrowane podejście, dzięki któremu będzie możliwe zredukowanie skutków zmian klimatu w skali lokalnej i regionalnej w ramach strategii krajowej. Szczególne znaczenie mają działania prowadzące do utrzymania istniejących ekosystemów i zachowania różnorodności biologicznej, z jednoczesnym zapewnieniem funkcjonowania całej infrastruktury, która ulega stałym zmianom, w tym także ze względu na zmiany klimatu. Szczególne znaczenie mają działania specjalnie ukierunkowane na sektor leśnictwa, które nie są obojętne dla różnorodności biologicznej.

Obszary szczególnie wrażliwe na zmiany klimatu, jak wybrzeże morza czy obszary górskie, powinny – podobnie jak obszary dorzeczy – mieć jednolity system zarządzania ryzykiem bez względu na podziały administracyjne. O ile w przypadku wybrzeża taką funkcję pełnią urzędy morskie, o tyle w odniesieniu do obszarów górskich jednolity system nie istnieje. Ekosystemy obszarów górskich ze względu na swój unikalny charakter są szczególnie wrażliwe na zmiany temperatury, opadów i zjawiska nadzwyczajne; cienka warstwa gleby bardzo łatwo ulega zerodowaniu; występują często osuwiska i obrywy. Aktywność gospodarcza prowadzona na tych obszarach (gospodarka leśna, turystyka, infrastruktura) musi uwzględniać przy wdrażaniu działań adaptacyjnych konieczność zachowania równowagi w rozwoju wszystkich dziedzin gospodarki i przyrody (m.in. poprzez ochronę przyrody i krajobrazu i obszarów źródłiskowych rzek).

Ograniczenie skutków zmian klimatu w strefie wybrzeża uzależnione jest od działań podejmowanych przez różne sektory, które muszą uwzględniać specyfikę tego regionu.

Wszechstronnego podejścia do zmian klimatu wymagają obszary zurbanizowane i miasta. Skuteczna adaptacja powinna uwzględniać wszystkie aspekty związane z warunkami klimatycznymi tj. ulewy, silne wiatry, powódzie, wyspy ciepła i przewietrzanie miasta, obszary zielone i wodne. Kompleksowe podejście do tego problemu w miastach umożliwia bardziej efektywne wdrażanie działań przy optymalizacji kosztów.

Biorąc pod uwagę charakter zmian klimatu w regionach przygranicznych w działaniach adaptacyjnych konieczna jest ścisła współpraca z regionami przygranicznymi krajów sąsiednich, aby zwiększyć skuteczność tych działań i nie tworzyć sytuacji konfliktowych.

Kluczowe znaczenie przy ocenie horyzontalnych skutków działań adaptacyjnych mają oceny oddziaływania na środowisko, które dotychczas nie uwzględniały tego aspektu lub uwzględniały w niedostatecznym stopniu. Biorąc pod uwagę trwałość planowanych i wdrażanych inwestycji, w większości przypadków przekraczających horyzont czasowy 50 lat, nie uwzględnianie zmian klimatu w realizacji inwestycji może w przyszłości utrudnić, a nawet uniemożliwić wypełnianie przewidzianej roli. Przykładem takich inwestycji są sieci kanalizacyjne projektowane i budowane w latach 50-tych i 60-tych XX w., które obecnie nie są w stanie zapewnić skutecznego usuwania nadmiernych ilości wód opadowych.

Kolejnym zagadnieniem o charakterze horyzontalnym jest przygotowanie różnych dokumentów (strategii, planów, aktów prawnych) o zasięgu krajowym, regionalnym czy lokalnym. Wszelka tworzona dokumentacja mająca w perspektywie dłuższy horyzont czasowy wymaga uwzględnienia problemu zmian klimatycznych i nawiązania do adaptacji. Zagadnienie to zostało poszerzone w rozdziale 15.3. *Zadania adaptacyjne administracji państwowej i samorządowej.*

Praktycznie biorąc proponowane działania adaptacyjne nie niosą ze sobą negatywnych skutków ani dla społeczeństwa ani dla gospodarki z wyjątkiem kosztów jakie trzeba ponieść na ich wdrożenie, choć w dłuższym horyzoncie czasowym koszty te będą niższe niż korzyści.

Analizę wpływu działań adaptacyjnych na poszczególne sektory zamieszczono na końcu dokumentu w załączniku 3.

8. Społeczności lokalne

Adaptacja społeczeństwa do zmian klimatu stanowi skomplikowane wyzwanie, ponieważ intensywność skutków tych zmian różni się znacznie dla różnych regionów. Wrażliwość społeczeństw na skutki zmian klimatu zależy od takich czynników, jak fizyczne zagrożenia dla danego regionu, poziom rozwoju społeczno-gospodarczego, zdolność do adaptacji środowiska naturalnego i populacji ludzkiej oraz opieka zdrowotna i mechanizmy monitorowania klęsk żywiołowych. Działania w zakresie adaptacji społeczeństwa konieczne są na wszystkich poziomach – lokalnym, regionalnym, krajowym, europejskim i międzynarodowym i wymagają zaangażowania administracji publicznej, sektora prywatnego i obywateli. Organy samorządu lokalnego posiadające najlepszą wiedzę na temat miejscowych warunków odgrywają kluczową rolę w umożliwianiu obywatelom adaptacji do zmian klimatu.

Społeczności lokalne są głównym podmiotem działań adaptacyjnych do zmian klimatu, a wszelkie korzyści i zagrożenia zidentyfikowane dla poszczególnych sektorów są jednocześnie korzyściami i zagrożeniami dla społeczności lokalnych.

Zadania władz lokalnych w adaptacji do zmian klimatu

Dokumenty międzynarodowe i krajowe odnoszące się do zmian klimatu oraz ograniczania skutków tych zmian podkreślają istotną rolę władz lokalnych w podejmowaniu działań instytucjonalnych, strategicznych, planistycznych, inwestycyjnych, informacyjnych i edukacyjnych w celu przeciwdziałania oraz adaptacji do prognozowanych niekorzystnych zjawisk i procesów. W tym zakresie zadania władz lokalnych można określić następująco:

- przygotowanie społeczności na zwiększone ryzyko wystąpienia klęsk żywiołowych, takich jak powódź, susza, rozległy pożar, huragan, obfite opady śniegu, ekstremalne długotrwałe upały lub mrozy, osuwanie się mas ziemi,
- uwzględnienie w studiach gminnych i planach zagospodarowania przestrzennego zagrożeń powodziowych występujących w regionie wodnym,
- zabezpieczenie infrastruktury gminnej (drogi, budynki) przed skutkami klęsk żywiołowych,
- przygotowanie planów działań ratunkowych i zapobiegawczych na wypadek długotrwałych upałów (zwiększona gotowość personelu medycznego, wsparcie dla grup ryzyka np. osób starszych),
- zabezpieczenie przed powodzią infrastruktury inżynierskiej i drogowej oraz budynków położonych nad brzegami rzek,
- zabezpieczenie awaryjnych systemów zaopatrzenia w wodę i energię elektryczną.

Prowadzona przez gminę skuteczna polityka adaptacji do zmian klimatu może stosować wszystkie dostępne rodzaje instrumentów jako narzędzia operacyjne.

Do takich narzędzi należą przede wszystkim dokumenty strategiczne, programy i plany, w których gmina powinna uwzględniać problemy adaptacji. Do takich dokumentów należą:

- 1) strategia rozwoju gminy, którą można określić jako generalną koncepcję (plan) systemowego, długofalowego działania władz i wszystkich partnerów społecznych wobec szans i zagrożeń wynikających ze zmiennego otoczenia i działań innych podmiotów, ukierunkowany przez wartości i opcje uznane przez społeczność lokalną, bazujący na wewnętrznym potencjale sił i uwzględniający wewnętrzne słabości;
 - 2) programy i plany sektorowe – obligatoryjnie przygotowywane przez gminę, to m.in.:
- gminny program ochrony środowiska uwzględniający wymagania polityki ekologicznej państwa oraz program ochrony środowiska powiatu i województwa,

zintegrowany ze strategią zrównoważonego rozwoju gminy i innymi programami sektorowymi;

- założenia do planu zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe lub plan zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe, które powinny przekładać się i pozostawać w ścisłym związku z politykami, programami i planami tworzonymi przez gminę i przedsiębiorstwa energetyczne oraz innych uczestników rynku energetycznego, a przede wszystkim ze strategią rozwoju gminy, studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy oraz miejscowymi planami zagospodarowania przestrzennego i z programem ochrony środowiska gminy,
- studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy (polityka przestrzenna gminy), które jest dokumentem koordynującym i wyrażającym przełożenie polityk sektorowych, planów i programów częściowych na ustalenia przestrzenne,
- wieloletni program gospodarowania zasobem mieszkaniowym gminy.

Odnosząc się do kompetencji i zadań gminy należy uznać, że głównym zadaniem jej będzie określenie indywidualnych działań adaptacyjnych – zachowań organizacji i sterującego nią podmiotu, wobec wyzwań stawianych przez zmieniające się okoliczności i uwarunkowania wewnętrzne i zewnętrzne w ramach strategii rozwoju gminy – zawierająca elementy tzw. strategii reaktywnej. Może być ona wyrażona w formie strategii adaptacji do zmian klimatu, jako część strategii rozwoju gminy, przełożonej na plany i programy sektorowe.

Należy zwrócić uwagę, że działania podejmowane przez władze lokalne zależą nie tylko od uwarunkowań wewnętrznych, ale są ściśle powiązane z otoczeniem, wywierającym na nie większy lub mniejszy wpływ. Dlatego też w planowaniu działań adaptacyjnych należy uwzględnić hierarchiczność władzy oraz warunki lub ograniczenia, które wynikają z tej hierarchiczności, a które wpływają na funkcjonowanie jednostek najniższego szczebla jakimi są gminy.

Jak wynika z wymienionych powyżej narzędzi planistycznych w gminie, działania sektorowe w adaptacji do zmian klimatu na poziomie lokalnym odnoszą się przede wszystkim do gospodarki wodnej, gospodarki energetycznej, ochrony zdrowia, rolnictwa, transportu i budownictwa. Na poziomie lokalnym powinny być również realizowane działania adaptacyjne w odniesieniu do ochrony różnorodności biologicznej, sektora leśnictwa oraz turystyki.

Wśród podstawowych wyzwań dotyczących gospodarowania wodą, przed którymi stają gminy w związku z przewidywanymi zmianami klimatu wyróżnić można: deficyty zaopatrzenia ludności w wodę, zniszczenia infrastruktury wodnej, podniesienie świadomości społecznej w zakresie racjonalnego korzystania z wody, deficyty wody dla potrzeb rolnictwa, zagrożenie powodziowe.

Gminny program ochrony środowiska lub integralny z nim program gospodarki wodno-ściekowej winien przedstawiać ochronę wód i założenia gospodarki wodno-ściekowej dla poszczególnych miejscowości i jednostek osadniczych, z podziałem na poszczególne zlewnie.

Uwzględnienie w programie potrzeb wynikających z adaptacji do zmian klimatu ma pomóc władzom lokalnym we wprowadzaniu rozwiązań ograniczających zagrożenie deficytem wody lub zanieczyszczenie ujęć wody, awaryjnych metod i źródeł zaopatrzenia w wodę. Dotyczy to przede wszystkim okresów suszy hydrologicznej oraz powodzi.

Wobec rosnącego zagrożenia powodziowego podstawowym zadaniem władz lokalnych jest przede wszystkim prowadzenie działań prewencyjnych na wypadek powodzi, do których zalicza się:

- właściwą lokalną politykę przestrzenną w zakresie planowania i zagospodarowania terenów i ograniczenie zabudowy obszarów zagrożonych powodzią,
- właściwe projektowanie budynków zlokalizowanych w strefie zagrożenia powodziowego,
- wzrost lesistości i poprawę zabezpieczeń przez osuwiskami będącymi skutkiem gwałtownych opadów lub podmycia przez wody wezbraniowe,
- budowę obwałowań przeciwpowodziowych,
- budowę zbiorników retencyjnych, polderów (suchych zbiorników) oraz systemów małej retencji mających na celu ograniczenie gwałtownego odpływu wód powodziowych,
- utrzymanie sprawnie działających systemów melioracji rolnych, pozwalających na bezpieczne odprowadzenie nadmiaru wód,
- w skrajnych przypadkach przesiedlanie ludności zamieszkującej w strefie wysokiego zagrożenia.

Działania przygotowawcze do czynnej ochrony mieszkańców i ich mienia przed powodzią obejmują budowę lokalnych informatycznych systemów wczesnego ostrzegania przed zagrożeniami powodziowymi oraz opracowanie i realizację gminnych planów operacyjnych ochrony przed powodzią.

W ochronie przed powodzią planowanie przestrzenne odgrywa zasadniczą rolę w „odsuwaniu ludzi i mienia od wody”. Określa to ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, która wymaga, aby w dokumentach planowania przestrzennego były uwzględniane uwarunkowania wynikające z zagrożenia ludności i jej mienia oraz określenia obszarów narażonych na niebezpieczeństwo powodzi i osuwania się mas ziemnych. Od polityki prowadzonej przez gminę zależeć będzie na jaki cel (funkcje) będą przeznaczone te tereny.

Niezbędnej wiedzy na temat ryzyka powodziowego dostarcza organom gminy wstępna ocena ryzyka powodziowego, która zawiera:

- mapy obszarów dorzeczy z ich granicami przedstawiające topografię i sposób zagospodarowania, zasięg zlewni i granic pasa nadbrzeżnego,
- opis powodzi historycznych,
- ocenę potencjalnych negatywnych skutków powodzi mogących wystąpić w przyszłości,
- prognozę długofalowego rozwoju wydarzeń, w szczególności wpływu zmian klimatu na występowanie powodzi,
- określenie obszarów narażonych na niebezpieczeństwo powodzi.

W sektorze energetyki można wskazać na następujące zagadnienia związane z adaptacją społeczności lokalnych do zmian klimatu:

- zaopatrzenie ludności w energię,
- zabezpieczenie infrastruktury energetycznej przed skutkami zmian klimatu,
- zwiększenie udziału OZE w bilansie energetycznym oraz możliwość produkcji energii ze źródeł rozproszonych,
- podniesienie świadomości społecznej w zakresie oszczędnego korzystania z energii elektrycznej.

Prawo energetyczne przewiduje dwa rodzaje dokumentów planistycznych uchwalanych przez radę gminy: założenia do planu zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe oraz plan zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe. Wiodącym dokumentem w procesie planowania energetycznego jest projekt założeń do planu zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe. Dokument musi zawierać następujące zagadnienia:

- ocenę stanu aktualnego i przewidywanych zmian zapotrzebowania na energię, wskazywać przedsięwzięcia racjonalizujące użytkowanie energii,
- wskazanie możliwości wykorzystania istniejących nadwyżek i lokalnych zasobów paliw i energii, z uwzględnieniem odnawialnych źródeł energii oraz energii elektrycznej i ciepła użytkowego, wytwarzanych w kogeneracji, oraz zagospodarowania ciepła odpadowego z instalacji przemysłowych,
- opis zakresu współpracy z innymi gminami.

Adaptacja gospodarki energetycznej do zmian klimatu wymagać będzie od organów samorządu lokalnego przede wszystkim:

- identyfikacji i kategoryzacji zagrożeń bezpieczeństwa energetycznego pod kątem prawdopodobieństwa wystąpienia na skutek zjawisk wywołanych zmianami klimatu oraz czasu ich oddziaływania,
- oceny wrażliwości sfery społecznej na krótko i długookresowe braki zasilania w energię i surowce energetyczne,
- identyfikację i ocenę rejonów (terenów) szczególnie narażonych na możliwość wystąpienia braków zasilania,
- analizy i oceny możliwych strat społecznych i gospodarczych wynikających z braku dostaw nośników energii,
- opracowania planu awaryjnego zasilania.

Przewidywane skutki zmian klimatu w Polsce, takie jak wzrost średnich temperatur, fale upałów oraz zwiększone zagrożenie ekstremalnymi zjawiskami i anomaliami pogodowymi będą stanowić ważny czynnik decydujący o kierunkach działań w ochronie zdrowia na poziomie lokalnym, szczególnie w sytuacji starzenia się społeczeństwa. Z tego względu powinny być one zdiagnozowane i wzięte pod uwagę w gminnym programie ochrony zdrowia. Podstawowymi zadaniami samorządów w realizacji zadań związanych z adaptacją do zmian klimatycznych będzie utrzymanie i wsparcie placówek ochrony zdrowia oraz odpowiednie informowanie społeczeństwa w kwestii potencjalnych zagrożeń zdrowotnych. Istotnym elementem będzie również opracowywanie, uruchomienie i kontrola skuteczności funkcjonujących strategii i programów umożliwiających minimalizację wpływu zmian klimatu na stan zdrowia populacji.

Katalog gminnych zadań należących do sektora rolniczego – szczególnie w gminach wiejskich, jest bardzo obszerny. Rozpatrując owe zadania, można wśród nich wyróżnić przede wszystkim te, których zakres wynikać będzie z konieczności adaptacji produkcji rolnej do zmian klimatu – np. dostosowanie struktury upraw do zmieniających się warunków, zwalczanie pojawiających się nowych chorób roślin i zwierząt oraz szkodników. Istnieje duże prawdopodobieństwo, że przewidywane zmiany klimatyczne i związane z nimi wzrost częstotliwości i intensywności susz w naszej strefie klimatycznej spowoduje wzrost zapotrzebowania na wodę w rolnictwie wynikający ze zwiększenia powierzchni nawadnianych upraw oraz wzrost potrzeb w hodowli zwierząt. Dla gmin wiejskich oznaczać to będzie konieczność inwestowania w nowe ujęcia wody i system wodociągów, ale wymusi jednocześnie potrzebę modyfikacji technologii użytkowania wody w gospodarstwie i na polu w kierunku jej oszczędności i zwiększania efektywności jej wykorzystania oraz wykorzystanie możliwości jakie daje retencjonowanie wody w okresach obfitych opadów.

Gmina może podejmować działania edukacyjne i informacyjne upowszechniające zagadnienia adaptacji do zmian klimatu w rolnictwie. Powinny być one nakierowane na wzrost wiedzy o procesach wynikających ze zmian klimatu, o ich skutkach, sposobach przeciwdziałania i możliwościach dostosowania do zmieniających się warunków. Mogą być one prowadzone w formie szkoleń rolników, doradców, służb melioracyjnych, wykładów i prelekcji, publikacji internetowych i prasowych, broszur, ulotek, audycji w lokalnych stacjach radiowych czy systemu doradztwa dla rolników.

Wśród zadań realizowanych przez gminę, szczególnie istotne dla adaptacji do zmian klimatu są te, które dotyczą organizacji transportu publicznego, utrzymania, remontów dróg i inwestycji drogowych. W dużych aglomeracjach koordynacja działań związanych z organizacją transportu publicznego może napotykać na szereg trudności, które mogą być przeszkodą dla skutecznych działań adaptacyjnych do zmian klimatu. Dlatego najważniejszym zadaniem przed jakim stoją obecnie samorządy dużych aglomeracji (obszarów metropolitalnych) jest stworzenie spójnego i zintegrowanego systemu transportu publicznego, który będzie w stanie zaspokoić potrzeby przewozowe mieszkańców, będzie racjonalny i dostosowany do nie tylko do aktualnych potrzeb, ale w perspektywie uwzględnił konsekwencje wynikające ze zmian klimatu i potrzeby adaptacji do tych zmian. Dlatego należy dążyć do opracowywania dla obszarów aglomeracji zintegrowanych planów zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego.

Przeprowadzone wieloletnie obserwacje i prognozy wykazują, że klimat nabierze bardziej łagodnych cech – wzrosną temperatury w miesiącach zimowych oraz zmniejszy się wielkość opadów śniegu. Zmniejszy się więc oddziaływanie tych czynników na sektor budownictwa – co pozwoli wydłużyć sezon budowlany i umożliwi złagodzenie wymogów technicznych określonych w normach. Jednocześnie przewiduje się większe amplitudy temperatur powietrza w okresie roku. Znaczący wpływ na sposób i terminy prowadzenia prac budowlanych oraz na przyjęte rozwiązania i wykonywanie konstrukcji nośnych i posadowienia budowli i budynków będzie miało częste występowanie silnych wiatrów (wichur i huraganów) i intensywnych opadów deszczu. Wzięcie pod uwagę zjawisk wynikające z intensywnych lub długotrwałych opadów deszczu jest szczególnie ważne przy projektowaniu i wykonaniu sprawnej sieci kanalizacyjnej, doborze odpowiedniej lokalizacji zabudowy zapewniającej ochronę przed zalaniem lub podtopieniem. Równie ważny jest dobór lokalizacji inwestycji budowlanej poza strefą występowania procesów osuwiskowych. Dotyczy to przede wszystkim infrastruktury inżynierskiej, transportowej, obiektów użyteczności publicznej i obiektów przemysłowych.

Prognozy dotyczące silnych wiatrów wskazują na intensyfikację się zjawisk ekstremalnych – jak trąby powietrzne lub huragany. Jednak w przypadku tych zjawisk trudno jest określić strefy szczególnie zagrożone ich występowaniem. Rolą władz lokalnych przy tworzeniu warunków do adaptacji budownictwa do zmian klimatu będzie m.in. ścisła współpraca z organizacjami branżowymi zrzeszającymi architektów, konstruktorów i pracowników branży budowlanej w celu wymiany informacji, wiedzy i dobrych praktyk, służących wypracowaniu najlepszych rozwiązań odpowiadających warunkom i potrzebom lokalnym. Samorząd lokalny jako pierwszy powinien stosować wymogi dostosowania do zmian klimatu inwestycji publicznych. Powinny być one określone w warunkach zamówień publicznych.

Niezbędne będzie także dostosowanie studiów gminnych i planów miejscowych do sytuacji już istniejącej i prognozowanej. Ponieważ wiele decyzji dotyczących adaptacji podejmowanych jest na szczeblu lokalnym, gdzie istnieje dobra i szczegółowa znajomość miejscowych warunków, dlatego świadome i trafne decyzje i rozwiązania na tym poziomie powinny mieć podstawy w wiedzy o zjawiskach i procesach wywołujących zmiany klimatu

oraz są ich konsekwencją. Istotną kwestią w tym przypadku jest włączenie przedsiębiorców budowlanych, inwestycyjnych, developerów, biur projektów i agencji nieruchomości w proces przygotowania programu ochrony klimatu i adaptacji do zmian klimatycznych w gminie/powiecie. Program taki powinien obejmować zadania realizowane przez jednostki samorządowe oraz interesariuszy zewnętrznych reprezentujących wszystkie sektory ujęte w programie. Bardzo ważnym partnerem w przygotowaniu dokumentu – mającymi rolę opiniotwórczą, są organizacje pozarządowe i media.

Działania adaptacyjne skierowane do społeczności lokalnych związane z ochroną bioróżnorodności w warunkach zmieniającego się klimatu powinny skupiać się przede wszystkim na:

- edukacji mieszkańców obszarów objętych ochroną przyrodniczą w zakresie zagrożeń dla różnorodności biologicznej związanych ze zmianami klimatu oraz możliwości włączenia się mieszkańców (a szczególnie rolników) w działania ochronne;
- zapewnieniu monitoringu zmian w rolnictwie pod kątem ich potencjalnego wpływu na zanikanie różnorodności biologicznej na terenach rolnych;
- wzmocnieniu współpracy pomiędzy administracją obszarów chronionych, władzami lokalnymi, mieszkańcami oraz organizacjami pozarządowymi.

Strategia integrująca zagadnienia adaptacji do zmian klimatu powinna być zaprojektowana i dostosowana do szczególnych indywidualnych cech gminy, jej uwarunkowań wewnętrznych i powiązań z otoczeniem, w jakim ona funkcjonuje. Jednym z głównych narzędzi realizacji strategii jest polityka przestrzenna gminy wyrażona w studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego – w odniesieniu do wymogów określonych w ustawie o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, odpowiadającym potrzebom adaptacji do zmian klimatu.

Kierunki polityki przestrzennej, które wyznacza studium obejmują wszystkie dziedziny istotne dla adaptacji do zmian klimatu. Plany miejscowe, które są aktami prawa lokalnego, muszą być zgodne z ustaleniami studium gminnego. Kolejnym dokumentem ważnym ze względu na wprowadzanie zadań adaptacyjnych do zmian klimatu jest gminny program ochrony środowiska. Program określa cele ekologiczne, priorytety, rodzaj i harmonogram działań proekologicznych oraz środki niezbędne do osiągnięcia celów. Jego słabą stroną jest czteroletni okres programowania, zbyt krótki aby skutecznie realizować i oceniać efekty działań służących adaptacji do zmian klimatu w perspektywie długookresowej. Dodatkowym instrumentem, który powinien uwzględniać w prowadzonej procedurze i w zakresie merytorycznym skutki zmian klimatu i adaptację do tych zmian, jest strategiczna ocena oddziaływania na środowisko, której przeprowadzenie (z udziałem społecznym) wymagają dokumenty strategiczne, plany i programy oraz studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego i miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego.

Podmioty zaangażowane w działaniach adaptacyjnych do zmian klimatu

Planowanie i realizacja działań adaptacyjnych na poziomie lokalnym wymaga zaangażowania wielu podmiotów i organizacji, nie jest natomiast konieczne powoływanie nowych organów administracji. Istotne jest zaangażowanie struktur wyodrębnionych jako jednostki pomocnicze gminy. Zalicza się do nich sołectwa (w gminach wiejskich) oraz dzielnice (w miastach).

Zadania sołectwa obejmują poniższy katalog, w którym wyróżnić można szereg zadań związanych z realizacją działań adaptacyjnych :

- współdziałanie z miejscowymi organizacjami społecznymi i pozarządowymi w sprawach kształtowania właściwych postaw mieszkańców: gotowości niesienia

- pomocy sąsiedzkiej, kultury współzycia mieszkańców, wzajemnego szacunku, gospodarności, poszanowania mienia;
- organizowanie różnych form pomocy sąsiedzkiej;
 - podejmowanie działań mających na celu umacnianie bezpieczeństwa i porządku publicznego;
 - organizowanie i współdziałanie z właściwymi organami dla poprawy warunków sanitarnych, stanu ochrony przeciwpożarowej oraz zabezpieczenia przeciwpowodziowego.

Analizując zakres działania sołectwa, należy podkreślić, że jest to podstawowy poziom działań adaptacyjnych w gminach wiejskich, dlatego też różnego typu działania edukacyjne w dziedzinie adaptacji do zmian klimatu powinny być kierowane nie tylko do władz gmin, ale również do sołtysów.

W gminach miejskich jednostką pomocniczą jest dzielnica. Do zadań dzielnicy należy m.in: opiniowanie funkcjonowania komunikacji na terenie dzielnicy; zgłaszanie uwag i wniosków do projektów planu zagospodarowania przestrzennego obejmującego dzielnicę lub jej część; współpraca z Policją, Strażą Miejską i Strażą Pożarną w zakresie utrzymania ładu, porządku publicznego i bezpieczeństwa, podejmowanie i wspieranie działań na rzecz ochrony środowiska, przyrody oraz zieleni na terenie dzielnicy.

Z punktu widzenia wdrażania działań adaptacyjnych do zmian klimatu, często polegających na zabezpieczaniu nieruchomości oraz ich otoczenia przed negatywnymi skutkami ekstremalnych zjawisk klimatycznych, konieczne wydaje się również zaangażowanie w te procesy wspólnot mieszkaniowych.

Niemożliwymi do pominięcia podmiotami, które angażują się i powinny być zaangażowane w adaptację do zmian klimatu są organizacje pozarządowe. Sfera zadań publicznych, które są realizowanych przez organizacje pozarządowe jest bardzo szeroka. Bezpośrednio związane z działaniami adaptacyjnymi do zmian klimatu są działania w zakresie pomocy społecznej, ochrony i promocji zdrowia, działalności wspomagającej rozwój wspólnot i społeczności lokalnych, ekologii i ochrony zwierząt oraz ochrony dziedzictwa przyrodniczego, porządku i bezpieczeństwa publicznego, ratownictwa i ochrony ludności, pomocy ofiarom katastrof i klęsk żywiołowych, promocji i organizacji wolontariatu. Szczególnie ważne jest zaangażowanie lokalnych organizacji, które działają w miejscu, występowania problemu oraz wykorzystanie tego zaangażowania przez władze lokalne dla wspólnego działania na rzecz adaptacji do zmian klimatu. Dobrym wzorem współpracy władz lokalnych z organizacjami pozarządowymi są Komisje Dialogu Społecznego, czyli gremia inicjatywno-doradcze, utworzone przez zainteresowane organizacje pozarządowe oraz m.st. Warszawę. Komisje są też forum wymiany wiedzy, doświadczeń i współpracy między organizacjami. W interesie władz lokalnych jest więc współpraca z organizacjami pozarządowymi i innymi partnerami dotycząca adaptacji do zmian klimatu. Komisja do spraw adaptacji do zmian klimatu może być najlepszym forum debaty, konsultacji i wymiany wiedzy między reprezentantami społeczności lokalnej a organami władzy w gminie.

Organizacje pozarządowe, ale także jednostki naukowo-badawcze oraz uczelnie mogą stanowić istotny wkład w podnoszeniu świadomości społeczeństwa w zakresie zmian klimatu i adaptacji do ich skutków, a także w kształtowaniu odpowiednich postaw i zachowań w warunkach wystąpienia zjawisk ekstremalnych. Bardzo ważnym partnerem w planowaniu i realizowaniu działań na rzecz adaptacji mają także lokalne media.

Dobre praktyki w adaptacji do zmian klimatu

Cecha adaptacji do zmian klimatu jest w odróżnieniu od działań mitygacyjnych jej regionalny i lokalny charakter. Społeczności lokalne są grupą najbardziej wrażliwa na zmiany

klimatu, zwłaszcza na zdarzenia nadzwyczajne. Skuteczność działań adaptacyjnych zależy w dużym stopniu od zaangażowania w ich realizację społeczności i władz lokalnych. Z tego względu edukacja na tym poziomie ma szczególne znaczenie i powinna obejmować zarówno problematykę zmian klimatu jak i wskazywać na konkretne metody zabezpieczenia przed nimi z uwzględnieniem specyfiki lokalnej. Świadomość konieczności podejmowania działań zapobiegawczych stopniowo wzrasta zwłaszcza na terenach często nawiedzanych przez zjawiska nadzwyczajne. Krótki przegląd podejmowanych inicjatyw obejmuje zarówno działania podejmowane przez organizacje pozarządowe jak i samorządy i inne instytucje.

Organizacje pozarządowe skupiają się przede wszystkim na prowadzeniu działalności edukacyjnej i zwiększającej świadomość społeczeństwa w zagadnieniach zmian klimatu. Do takich działań należy projekt Life+ Dobry Klimat dla Powiatów, który jest projektem realizowanym przez Instytut na Rzecz Ekorozwoju skierowany do samorządów.

Mazowiecka Agenda Klimatyczna to projekt zrealizowany przez Stowarzyszenie Pierwsza Warszawska Agenda 21 ze środków Funduszu Inicjatyw Obywatelskich. Mazowiecka Agenda Klimatyczna pełni rolę forum współpracy, wymiany wiedzy i dobrych praktyk różnych podmiotów oraz integracji różnych działań służących wzrostowi świadomości społecznej o czynnikach kształtujących klimat aglomeracji miejskiej – na przykładzie aglomeracji warszawskiej.

Związek Stowarzyszeń Polska Zielona Sieć jest ogólnopolską organizacją pożytku publicznego zrzeszającą organizacje ekologiczne działające w największych miastach Polski. Polska Zielona Sieć realizuje obecnie projekt „Klimat dla rolników”. Projekt angażuje w działania i dyskusje różnorodne grupy, których temat dotyczy – stowarzyszenia rolników i przetwórców, lokalne grupy działania, indywidualnych rolników i przetwórców, przedstawicieli lokalnych samorządów i izb rolniczych, studentów, ekologiczne organizacje pozarządowe, naukowców, ekspertów, osoby zainteresowane zrównoważonym rozwojem, konsumentów oraz użytkowników Internetu. Projekt jest częścią międzynarodowego projektu „ClimATE change”, której partnerami są organizacje pozarządowe z Niemiec, Włoch, Malty, Francji, Afryki oraz Ameryki Południowej.

Partnerstwo dla Klimatu Projekt „Partnerstwo dla Klimatu”. Do roku 2011 Platforma działała pod patronatem Ministerstwa Środowiska, od roku 2012 inicjatywa kontynuowana jest przez Miasto Stołeczne Warszawa. Celem Platformy „Partnerstwo dla Klimatu” jest prowadzenie wspólnie z partnerami kompleksowych, innowacyjnych działań edukacyjnych i promocyjnych związanych z problematyką zmian klimatu. W ramach Platformy organizowane są różnego rodzaju wydarzenia o zróżnicowanym charakterze, m.in. konferencje, debaty, happeningi, wystawy, które mają na celu zwiększanie świadomości społecznej z zakresu ochrony klimatu. Partnerami „Partnerstwa dla Klimatu” są organizacje i instytucje reprezentujące bardzo różnorodne środowiska, m.in. jednostki administracji rządowej i samorządowej, ambasady, organizacje pozarządowe oraz instytucje, dla których ochrona klimatu stanowi priorytet.

Na szczeblu lokalnym inicjatywy związane z adaptacją dotyczą przede wszystkim zabezpieczeń przed powodzią i łączą różne środowiska i organizacje lokalne. Poniższe przykłady stanowią ilustracje takiej aktywności.

Projekt „Społeczna ochrona przeciwpowodziowa – związki wałowe wracają” to projekt realizowany przez Stowarzyszenie Żuławy, w ramach którego zostaną przeprowadzone szkolenia przygotowujące ochotników do roli strażnika wałowego. Strażnik wałowy jest historycznym, odpowiedzialnym zajęciem, ściśle związanym ze społeczną ochroną przeciwpowodziową. Z uczestnikami szkolenia zostanie podpisana umowa zobowiązująca do odpłatnej organizacji i przeprowadzenia samodzielnie przynajmniej jednego szkolenia w swoim środowisku (np. w szkole, urzędzie, instytucji, organizacji) przy pełnym wsparciu

technicznym Stowarzyszenia Żuławy. Każdy z uczestników otrzyma certyfikat Strażnika Wałowego. Cel szkoleniowy to nabycie przez uczestników szkolenia wiedzy i umiejętności do upowszechniania profilaktyki, kierowania i organizowania w podstawowym zakresie społecznej ochrony przeciwpowodziowej mieszkańców, zamieszkujących tereny bezpośrednio zagrożone powodzią oraz stworzenie kadry zdolnej do samodzielnego przeprowadzania szkolenia lub lekcji z podstawowych zasad ochrony przeciwpowodziowej.

Gmina Gnojnik (woj. Małopolskie) została w latach 1997-2001 aż 6 razy dotknięta powodzią. W efekcie tak częstych klęsk powodziowych mieszkańcy gminy wypracowali system pomocy sąsiedzkiej. W ramach pomocy sąsiedzkiej, każda rodzina zamieszkująca w wyższych partiach obszaru gminy sprawuje awaryjną opiekę nad jedną rodziną zamieszkującą obszary objęte zagrożeniem powodziowym. Oznacza to, że tym samym rodzina ta podejmuje się udzielić konkretnej pomocy poszkodowanym sąsiadom np.: udzielić im schronienia we własnym domu, przewieźć ich dobytek poza teren zagrożony etc. System ten funkcjonuje sprawnie już wiele lat.

Serwis Naprawmyto.pl umożliwia swoim użytkownikom zgłaszanie problemów w przestrzeni publicznej, zaobserwowanych w najbliższym otoczeniu. Inicjatorem i fundatorem budowy serwisu jest Fundacja im. Stefana Batorego. Za koordynację prac nad powstaniem serwisu odpowiada Pracownia Badań i Innowacji Społecznych „Stocznia”. Podstawową funkcją serwisu jest mapowanie i zgłaszanie problemów i spraw wymagających załatwienia w przestrzeni publicznej, m.in. w takich obszarach jak infrastruktura, bezpieczeństwo czy źle działające usługi publiczne (np. uszkodzone wały przeciwpowodziowe). Każde zgłoszenie jest rejestrowane w systemie, a odpowiedni komunikat przekazywany do instytucji publicznych odpowiedzialnych za daną kwestię. Tym sposobem może serwis służyć jako kanał dwustronnej komunikacji na linii władza-obywatele. W pracach serwisu bierze udział na razie 8 gmin (Czerwonak, Lublin, Marki, Nysa, Przemyśl, Szczecin, Toruń, Zamość), użytkownicy zgłosili 13200 alertów z czego 4285 jest już naprawionych. Wiele ze zgłoszonych alertów dotyczyło stanu rowów melioracyjnych, kanalizacji deszczowej, etc. Dzięki zgłoszeniom mieszkańców, władze podejmowały stosowne interwencje.

Powiatowy Urząd Pracy w Górze w 2009 roku zrealizował program „Bezrobotni dla gospodarki wodnej i ochrony przeciwpowodziowej”. Program powstał na mocy porozumień w sprawie współpracy z zakresu gospodarki wodnej i ochrony przeciwpowodziowej oraz ograniczenia bezrobocia na terenie gmin Powiatu Górowskiego, zawartych pomiędzy Dolnośląskim Zarządem Melioracji i Urządzeń Wodnych we Wrocławiu a Powiatowym Urzędem Pracy w Górze oraz Urzędem Miasta i Gminy Góra, Urzędem Gminy Jemielno, Urzędem Gminy Niechlów i Urzędem Miejskim Wąsosza. Celem programu było zapewnienie bezpieczeństwa przed lokalnymi podtopieniami powodziowymi oraz tworzenie na obszarze gmin dodatkowych miejsc pracy poprzez organizację robót publicznych, w ramach których zatrudnienie na okres 5,5 miesiąca uzyskały 24 osoby bezrobotne zarejestrowane w Powiatowym Urzędzie Pracy w Górze. Zakres wykonywanych prac przez zatrudnione osoby polegał na czyszczeniu i konserwacji cieków wodnych, wałów przeciwpowodziowych i rowów. Program realizowany był w okresie od maja 2009r. do listopada 2009r., a pozyskane środki finansowe na jego realizację kształtują się na poziomie 230 400,00 zł.

9. Nadzwyczajne zagrożenia

Zagrożenia naturalne są rezultatem oddziaływania czynnika przyrodniczego związanego z naturalnymi procesami następującymi w przyrodzie, a także społeczno-ekonomicznego wynikającego z wrażliwości ludzi na oddziaływanie środowiska (Kundzewicz, Matczak 2010) Wg Benistona (2007) zjawisko uznaje się za ekstremalne jeżeli występując spełnia trzy kryteria:

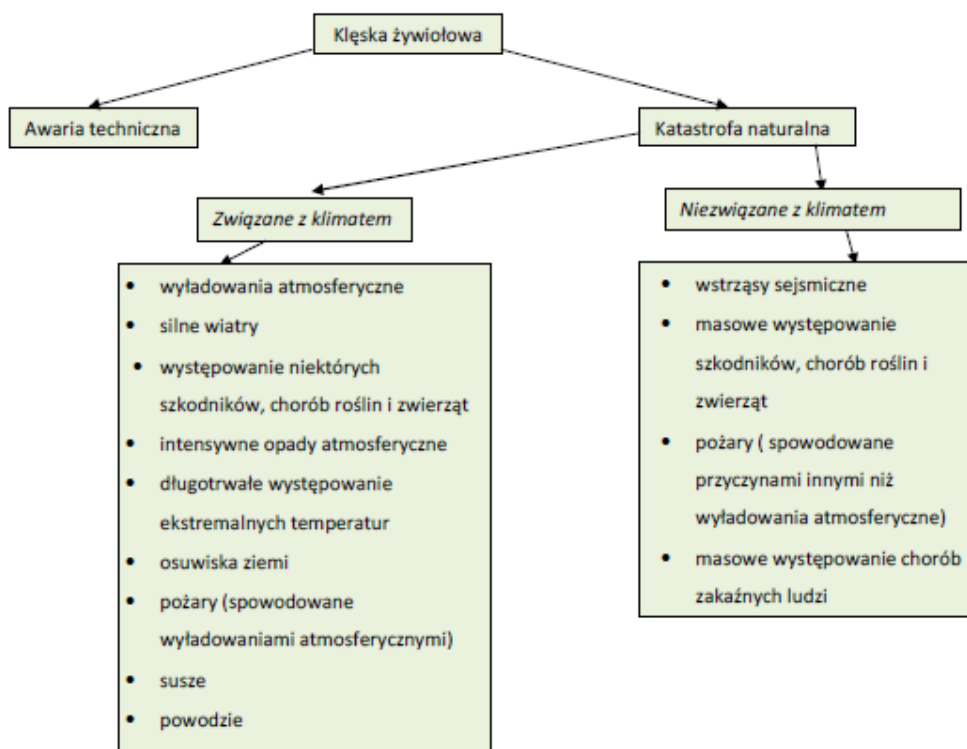
- rzadkość występowania – zdarzenia pojawiające się ze stosunkowo niską częstotliwością, przyjmuje się, że chodzi o zdarzenia rzadsze od 10. lub 90. percentyla;
- intensywność – zdarzenia określane za pomocą skali, charakteryzują je duże odchylenia parametrów od normy; nie wszystkie zdarzenia intensywne są rzadkie (niskie sumy opadów są często dalekie od średniej opadów, ale wciąż mogą występować dość często);
- dotkliwość – zdarzenia powodujące straty, kryterium to jest złożone ponieważ dotkliwe skutki mogą wystąpić nawet jeżeli zjawisko nie jest rzadkie ani intensywne.

W przypadku kiedy zjawisko ekstremalne wystąpi na obszarze gęsto zaludnionym, na którym człowiek inwestuje, prowadzi do powstania klęski żywiołowej. Klęską żywiołową nazywamy katastrofę naturalną lub awarię techniczną (Siwiec 2012). Katastrofa naturalna to zdarzenie związane z działaniem sił natury, natomiast awarię techniczną nazywamy gwałtowne, nieprzewidziane uszkodzenie lub zniszczenie obiektu budowlanego, urządzenia technicznego lub systemu urządzeń technicznych powodujące przerwę w ich używaniu lub utratę ich właściwości.

Skutki katastrof naturalnych oraz awarii technicznych zagrażają życiu i zdrowiu dużej liczby osób, majątkowi lub środowisku. Skuteczna pomoc i ochrona przed skutkami klęski żywiołowej może być podjęta dzięki zastosowaniu nadzwyczajnych środków i współdziałaniu różnych instytucji, specjalistycznych służb i formacji działających pod jednolitym kierownictwem.

Katastrofa naturalna może wystąpić z przyczyn niezwiązanych z klimatem oraz z powodów klimatycznych. W wyniku wzrostu temperatury na powierzchni Ziemi do atmosfery trafia coraz więcej energii w postaci ciepła. Energia musi się w jakiś sposób wyładować, dlatego z dużym prawdopodobieństwem zakłada się, że spodziewane zmiany klimatu zwielokrotnią i zintensyfikują pojawiające się ekstrema pogodowe.

Do katastrof naturalnych związanych z klimatem, które stanowią przedmiot niniejszej pracy, zalicza się wyładowania atmosferyczne, silne wiatry, intensywne opady atmosferyczne, długotrwałe występowanie ekstremalnych temperatur, osuwiska ziemi, pożary (spowodowane wyładowaniami atmosferycznymi), susze, powodzie, zjawiska lodowe na rzekach i morzu oraz jeziorach i zbiornikach wodnych (Rys. 9.1).



Rys. 9.1. Podział katastrof naturalnych

Źródło: Siwiec E., 2012

Polska wyróżnia się pozytywnie pod względem liczby występujących katastrof naturalnych w porównaniu do krajów Europy, szczególnie Europy Południowej. Poniżej przedstawiono zestawienie zjawisk ekstremalnych dotyczących kraj uwzględniając wielkość szkód spowodowanych przez zjawisko ekstremalne, w tym liczbę ofiar śmiertelnych, a także stopień nagłośnienia zdarzenia przez media.

Tab. 9.1. Zdarzenia powodujące szkody w Polsce w latach 1997, 2001-2010.

Rok	Opis zdarzenia
1997	Powódź tysiąclecia Katakizm, który wystąpił w 1997 roku spowodował śmierć 55 osób oraz ogromne szkody materialne i społeczne. Straty gospodarcze oszacowano na ponad 7,6 mld zł. Powódź dotknęła 38 z 49 województw, jednak najwyższe straty odnotowano w dorzeczu Odry (tab.1.1) głównie w województwie katowickim, wałbrzyskim i opolskim.
2001	Powódź W 2001 roku występująca na obszarze Polski powódź spowodowała około 3,3 mld zł strat. Najwyższe szkody odnotowano na obszarze województwa małopolskiego, podkarpackiego i świętokrzyskiego.
2002	Huragan 4 lipca 2002 roku silny huragan spustoszył Puszczę Piską, Kurpiowską i Borecką. Usuwanie szkód na całym obszarze wystąpienia huraganu pochłonęło 53, 1 mln zł
2003	Lawina W styczniu lawina, która zeszła pod Rysami spowodowała śmierć 7 osób, uczniów tyskiego liceum
2004	Trąba powietrzna W dniu 9 lipca trąby powietrzne przeszły przez kilka miejscowości środkowej i wschodniej części Polski. Skutkiem trąby, która przeszła przez Wiktorów stały się kompletnie zniszczone obiekty budowlane. Trąba "zassała" i przeniosła na kilkanaście metrów człowieka, nie spowodowała jednak ofiar śmiertelnych

Rok	Opis zdarzenia
2005	Burze i opady deszczu W ostatnich dniach lipca Polskę nawiedziły silne burze połączone z intensywnymi opadami deszczu.
2006	Zespół niekorzystnych zjawisk atmosferycznych Zespół niekorzystnych zjawisk atmosferycznych w rolnictwie spowodował ponad 6 mld zł strat. Duży napór śniegu na dachu Hali Targowej w Katowicach spowodował jego zawalenie i śmierć 65 osób. Na Lubelszczyźnie wystąpiła silna trąba powietrzna.
2007	Wichura Katastrofalne skutki spowodowała wichura, która przeszła nad Polską w styczniu 2007 roku, na skutek oddziaływania orkanu Cyryl. Zginęło wtedy 6 osób, a 36 zostało rannych. W lipcu i sierpniu 2007 roku nad Polską przeszła fala potężnych trąb powietrznych. W sierpniu 2007 roku „biały szkwał” na jeziorach mazurskich wyrzucił blisko 50 łódek i zabił 12 osób.
2008	Trąba powietrzna Trąba powietrzna, która przeszła nad Polską w sierpniu spowodowała kilkaset katastrof budowlanych w województwie łódzkim, opolskim oraz śląskim.
2009	Opady deszczu, trąby powietrzne W wyniku powodzi, która dotknęła Europę w 2009 roku ucierpiała również Polska, szczególnie okolice miejscowości Ropczyce. Zginęła 1 osoba. Poza intensywnymi opadami deszczu i gradu kraj nawiedziły również trąby powietrzne.
2010	Powódź Powódź, która przeszła przez Polskę w maju i czerwcu 2010 roku dotknęła 14 z 16 województw, zarówno tych z dorzecza Wisły jak i Odry. Województwem, w którym wystąpiły ponownie najwyższe szkody, było województwo małopolskie. Straty w tym województwie wyniosły ponad 30 % ogółu szkód w Polsce.

Występujące na terenie naszego kraju wydarzenia ekstremalne wynikające z oddziaływania klimatu nie są niczym wyjątkowym, ponieważ od zawsze związane były z klimatem Polski. Szczególnie dotkliwe skutki przynoszą powodzie. Problem powodzi i podtopień dotyka wszystkich sektorów gospodarki, a szczególnie infrastruktury niezbędnej społecznościom lokalnym żyjącym na terenach zalewowych. Powódź przynosi również najwięcej ofiar śmiertelnych.

Informacje te potwierdzają raporty dobowe przygotowane przez Rządowe Centrum Bezpieczeństwa. Raporty powstają w Krajowym Centrum Zarządzania Kryzysowego. W raporcie umieszczone są syntetyczne informacje o sytuacjach kryzysowych, odnotowanych w kraju w ciągu ostatniej doby oraz informacje o zdarzeniach zagranicznych, które mogą się przekładać na zarządzanie kryzysowe w Polsce. Zestawienie publikowane jest na ogólnodostępnej stronie internetowej¹⁸. W początkowej fazie raporty tworzone były w formie opisowej bez wskazania poziomu zagrożenia. Dopiero od 18 czerwca 2010 r. sporządzane są tabelaryczne zestawienia uwzględniające poziom zagrożenia określony w trzystopniowej skali (Grosset 2012). Poziom 1 oznaczał brak istotnych zagrożeń, poziom 2 wskazywał na wystąpienie istotnego zagrożenia, natomiast poziom 3 stwierdzał zaistnienie zdarzenia krytycznego.

W chwili obecnej zdarzenia krajowe przypisane są do obszarów zagrożeń oraz oznaczone odpowiednim kolorem, stosownie do poziomu zagrożenia określonego w Krajowym Planie Zarządzania Kryzysowego. Poziomy zagrożenia, które funkcjonują w obecnie tworzonych raportach, po raz pierwszy użyte zostały w Raporcie dobowym w dniu 4 października 2010 r. Podział na poziomy zagrożenia określają podział zagrożeń pod kątem metody działań.

¹⁸ www.rcb.gov.pl

Tab. 9.2. Poziomy zagrożeń aktualnie stosowane w raportach dobowych Rządowego Centrum Bezpieczeństwa

Poziom	Metoda działań
0	Brak zdarzeń - rutynowe działania służb
1	Zarządzanie sytuacją na poziomie lokalnym lub wojewódzkim
2	Zarządzanie sytuacją w obszarze działania jednego Ministra
3	Zarządzanie sytuacją w obszarze działania kilku Ministrów
4	Stan klęski żywiołowej, wyjątkowy, wojenny

Źródło: Opracowanie własne za Grosset R., 2012

Stan klęski żywiołowej nie został w Polsce nigdy wprowadzony, nawet gdy w 2010 roku kraj nawiedziła wielka powódź w pełni wpisująca się w definicję klęski żywiołowej. Prawdopodobną przyczyną wzbraniania się władz przed jego wprowadzeniem jest obawa o konieczność wypłaty przez Skarb Państwa odszkodowań każdemu, kto poniósł stratę majątkową w następstwie ograniczania wolności i praw człowieka i obywatela w czasie trwania stanu nadzwyczajnego.

Zestawienie danych zawartych w raportach pozwala na określenie, ile razy w poszczególnych latach ogłaszano stany alarmowe z występującym danym poziomem zagrożenia i z jakiej przyczyny.

Tab. 9.3. Liczba ogłoszonych zagrożeń spowodowanym zjawiskami ekstremalnymi *.

Rok	Poziom zagrożenia	Suma dla województw					
		Ulewy, gwałtowne burze	Wichury	Susza	Powodzie, podtopienia	Osuwiska	Mróz, opady śniegu
2012	1	4	7	182	17	-	40
	2	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-
2011	1	165	15	96	290	1	7
	2	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-
2010	1	226	12	14	279	9	367
	2	-	-	-	5	15	-
	3	8	-	-	367	-	-
2009	1	60	11	14	59	-	71
	2	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-

* dane obejmują okres od 23.03.2009 do 29.02.2012

Źródło: na podstawie Grosset R., 2012

Z przygotowanego zestawienia wynika, że zagrożenia spowodowane zjawiskami ekstremalnymi najczęściej dotyczyły Polskę w 2010 roku. Powodzie i podtopienia spowodowały ogłoszenie 3. poziomu zagrożenia aż 367 razy oraz ogłoszenie 1. poziomu 279 razy. Zarządzanie sytuacją kryzysową na poziomie lokalnym i wojewódzkim z powodu ulew i burz w samym 2010 roku ogłoszono 226 razy, a z powodu mrozów 367 razy. Powodzie i podtopienia były też częstym zagrożeniem w roku 2011.

Rządowe Centrum Bezpieczeństwa związane z klimatem zagrożenia definiuje jako zagrożenia okresowe i poświęca im raport „Zagrożenia okresowe występujące w Polsce”. Poszczególnym zagrożeniom przyporządkowano prawdopodobny okres ich wystąpienia. Określając hierarchię ważności zagrożeń wzięto pod uwagę wielkość strat finansowych oraz narażenie na utratę życia i zdrowia ludzkiego. Przygotowane przez Rządowe Centrum Bezpieczeństwa zestawienie uzupełniono o dodatkowy element. W celu lepszego zobrazowania rozmiaru strat finansowych do poszczególnych kategorii kolorystycznych

przyporządkowano punkty. Pozwoliło to na wyodrębnienie miesięcy, w których prawdopodobnie mogą wystąpić najwyższe straty finansowe oraz największe niebezpieczeństwa dla zdrowia i życia ludzi.

Polska jest najbardziej zagrożona wystąpieniem niekorzystnych zjawisk przynoszących najwyższe straty w styczniu, lutym i marcu, czyli w pierwszym kwartale roku. Natomiast za potencjalnie „bezpieczne” miesiące możemy uznać te „jesienne”, czyli wrzesień, październik i listopad (Tab. 9.4).

Tab. 9.4. Zagrożenia z przyporządkowanym prawdopodobnym okresem ich wystąpienia

Zagrożenie	Miesiąc											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Powodzie roztopowe												
Powodzie roztopowo-opadowe												
Powodzie zatorowe												
Powodzie opadowe												
Powodzie od strony morza												
Osuwiska												
Wichury												
Trąby powietrzne												
Silne mrozy, zawieje, zamiecie śnieżne												
Požary lasów												
Grypa												
Susza												
Halny												
Lawiny śnieżne												
Upał												
Suma punktów dla miesięcy	28	24	28	22	13	15	16	16	12	9	8	20
Suma punktów dla kwartałów	80			50			44			37		

Źródło. Siwiec 2012

Tab. 9.5. Objaśnienie do tabeli 9.5.

Kolor	Objaśnienie	Liczba punktów
	Zagrożenie przynoszące bardzo duże straty finansowe	4
	Zagrożenie przynoszące duże straty finansowe	3
	Zagrożenie przynoszące średnie straty finansowe	2
	Zagrożenie przynoszące małe straty finansowe	1

Źródło: Opracowanie własne na podstawie RCB; 2012

Zagrożenia spowodowane ekstremalnymi wartościami elementów klimatu

Istnieje wiele różnorodnych kryteriów kwalifikujących dane zjawisko jako ekstremalne. Pozwala to z dużą swobodą traktować wiele występujących zjawisk jako nadzwyczajne. W zależności od przyjętego wyznacznika do zjawisk nadzwyczajnych zaliczone są zarówno te gwałtowne, występujące stosunkowo rzadko, jak również te o mniejszej intensywności, systematycznie dotykające określony obszar np. podtopienia. Mogą mieć charakter lokalny albo wielkoobszarowy. Wspólną cechą wszystkich nadzwyczajnych zjawisk jest to, że ich pojawienie się wywołuje dodatkowe zagrożenie dla zdrowia lub życia ludzi oraz powoduje szkody.

Głównymi elementami klimatu są temperatura, opady i wiatr. Nadzwyczajne zagrożenia powstają w momencie, gdy parametry opisujące te składowe przyjmują wartości znacząco odbiegające od średnich. Występowanie temperatur w ekstremalnej formie powoduje fale mrozów lub upałów, wiatry niosą zagrożenie jako trąby powietrzne i huragany, natomiast opady w szczytowej postaci przekształcają się w ulewy i nawałnice. Wspomniane zagrożenia są bezpośrednio związane z aktywnością i oddziaływaniem na siebie poszczególnych elementów klimatu. Jednak groźnie są również zjawiska, które wynikają z wzajemnego oddziaływania elementów klimatu na powierzchnię Ziemi np. osuwiska, powódzie, susze itp.

Temperatura (fale upałów, fale gorąca, mrozy i fale chłódów)

W pierwszej dekadzie XXI wieku w Polsce zaobserwowano wzrost liczby dni upalnych (Lorenc H., 2011). W okresie tym, szczególnie od roku 2003, kiedy ze względu na utrzymujące się fale upałów w krajach Europy Zachodniej zmarło około 35 000 osób, problemowi temu poświęcono w światowej i polskiej literaturze przedmiotu wiele uwagi.

Szczególnie niebezpieczne są jednak fale upałów, kiedy to temperatura maksymalna dobowa powietrza $\geq 30^{\circ}\text{C}$ utrzymuje się przez co najmniej 3 dni (Limanówka i in. 2011). Najwięcej dni upalnych, wystąpiło w Słubicach – 335, 323 dni w Legnicy i 320 dni w Opolu. Najmniej dni upalnych w 40-letnim okresie obserwacji było u podnóża Tatar w Zakopanem – 10 dni i nad morzem – 18 dni na Helu. Pozostałe stacje notowały 60-300 dni upalnych w okresie 1971-2010. Najdłuższe ciągi dni z temperaturą $\geq 30^{\circ}\text{C}$ wystąpiły w naszym kraju w roku 1994.

Analiza przebiegu ciągów dni upalnych wykazała zdecydowaną ich tendencję wzrostową w drugiej połowie badanego okresu, zapoczątkowaną w pierwszej połowie lat 90-tych. Ciągi takich dni pojawiły w latach 90-tych na stacjach, które wcześniej przez dwadzieścia lat takich zjawisk nie notowały. Najdłuższe ciągi upalne (o długości 17 dni) wystąpiły w 1994 r. Tak długie okresy utrzymywania się temperatury powietrza ponad 30°C zanotowano w Nowym Sączu, Opolu i Raciborzu. Na czterech stacjach z 51 wybranych do analizy zaznaczyła się jednocześnie niewielka tendencja spadkowa liczby ciągów dni upalnych. Były to stacje usytuowane na Pobrzeżu Szczecińskim (Szczecin i Resko), a z minimalną tendencją spadkową – Wrocław i Zielona Góra.

Najwyższą sumę dni z temperaturą maksymalną $\leq -10^{\circ}\text{C}$ obserwowano w szczytowych partiach gór. Na Kasprowym Wierchu w 40-leciu 1971-2010 zanotowano 699 takich dni (tj. około 17 dni w roku), a na Śnieżce 417 (około 10 dni w roku). Na pozostałym obszarze Polski liczba takich dni kształtowała się w granicach od kilkunastu w pasie nadmorskim do 185 w rejonie Suwałk (4-5 dni w roku).

Okresy utrzymywania się temperatury maksymalnej $\leq -10^{\circ}\text{C}$ powyżej 3 dni najczęściej obserwowano w północno-wschodniej i wschodniej części Polski (10-20 takich epizodów), z maksimum 20 takich zdarzeń w Suwałkach. Na pozostałym obszarze kraju notowano od jednego do kilku okresów bardzo mroźnych, a stacje nadmorskie w ogóle nie obserwowały ciągów tak niskiej temperatury.

Opady (ulewy, nawałnice, okresy bezopadowe)

Opady w Polsce nie wykazują jednokierunkowych tendencji w skali wieku, charakteryzują się dużą zmiennością. Ważną cechą jest pojawianie się opadów, szczególnie w letniej porze roku, o dużym natężeniu w dobowych lub krótszych odcinkach czasu powodujących zagrożenia lokalnych wezbrań, zalania i powodzi. W celu ujednoczenia terminologii i porównań wskaźników opadów o dużym natężeniu, opracowano skalę natężenia opadów zgodną z ich fizyczną strukturą dla obszaru Polski (Atlas Polski 2006).

Tab. 9.6. Skala natężenia opadu

Nr klasy	Natężenie opadów w mm/min	Rodzaj opadu
1	0,2	Deszcz ulewny I stopnia
2	0,3 - 0,6	Deszcz ulewny II stopnia
3	0,7 - 1,0	Deszcz ulewny III stopnia
4	1,1 - 1,4	Ulewa
5	1,5 - 1,9	Ulewa silna
6	2,0 - 2,9	Deszcz nawałny I stopnia
7	3,0 - 3,9	Deszcz nawałny II stopnia
8	4,0 - 6,9	Nawałnica
9	$\geq 7,0$	Nawałnica o charakterze klęski żywiołowej*

* Rozmiary klęski żywiołowej przybierają także opady deszczu klas 6 – 8 trwające: klasa 6 ≥ 3 h, klasa 7 - 2-3 h, klasa 8 - 1-2 h.

Źródło: Lorenc 2011 Atlas Polski 2006

Wg Lorenc (2011) opady ekstremalne definiowane są jako określone sumy opadów dobowych doprowadzających w wielu przypadkach do wystąpienia wezbrania opadowego lub powodzi oraz okresy bezopadowe prowadzące do wystąpienia suszy. W celu wykazania stopnia zagrożenia powodziowego tego typu opadami oraz rozmiaru zniszczeń, opracowano dla tych potrzeb odpowiednią klasyfikację opadów według wysokości opadów dobowych.

Analizy wykazały, że w okresie 1971-2002 nastąpiła zmiana struktury opadów sezonu letniego polegająca na zdecydowanym wzroście liczby dni z opadem dobowym ≥ 30 mm oraz ≥ 50 mm/dobę, a także sum maksymalnych opadów 5-cio dobowych (do 100 mm/dekadę), znacząco w południowej części kraju. Ponadto ostatnie 12-lecie tego okresu wyróżnia się zdecydowanym wzrostem liczby dni z opadem ≥ 10 mm (wzrost do 10 dni/dekadę) i ≥ 20 mm (do 4 dni/dekadę) – prawie w całej Polsce, z opadem ≥ 30 mm (ponad 3 dni/dekadę) – wzrost poza wybrzeżem i północno-wschodnimi krańcami Polski, z opadem ≥ 50 mm (2 dni/dekadę) – wyraźny wzrost w Polsce południowej (głównie w rejonie Beskidów) centralnej i miejscami na północy kraju.

Biorąc pod uwagę długość okresów bezopadowych, do których zaliczono liczbę dni bez opadu lub z opadem poniżej 1 mm okazuje się, że w okresie 32-lecia 1971-2002, na większości obszaru Polski, wystąpiła tendencja spadkowa do 4 dni/dekadę za wyjątkiem południowej części Niziny Wielkopolskiej, fragmentów Wyżyny Lubelskiej oraz fragmentów wybrzeża i Pomorza. Natomiast w okresie ostatnich 12 lat (1991-2002) tego okresu, wyróżnia się obszar całej Polski wschodniej (od Wisły na wschód), gdzie wydłuża się okres bezdeszczowy, miejscami nawet o 5 dni/dekadę. Jest to rejon kraju, który w okresie 1991-2002 był najczęściej nawiedzany klęską suszy. Zjawiskiem zaskakującym jest również tendencja wydłużania się okresów suchych w wysokich partiach Karkonoszy i Tatr traktowanych jako rejon o najmniejszych wpływach antropogenicznych. Co ciekawe okres bezopadowy wydłużył się na obszarze wschodniej Polski przy jednoczesnym wzroście liczby dni z opadem >10 mm, >20 mm, >30 mm i >50 mm/dobę.

Badania nad występowaniem opadów o dużym natężeniu (IMGW-PIB 2012) wykazują, że w okresie 2001 – 2009 na obszarze Polski wystąpiło aż 311 przypadków z opadem

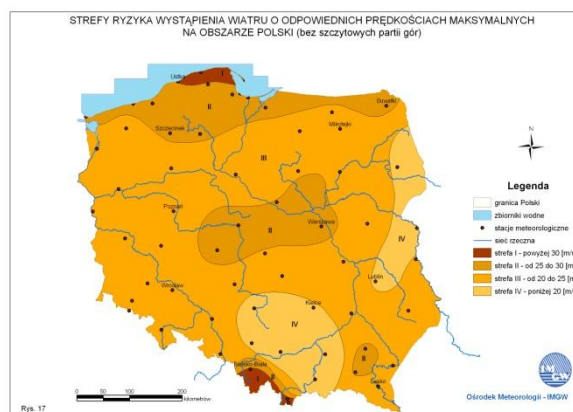
dobowym powyżej 50 mm, 135 przypadków z opadem powyżej 70 mm i 36 przypadków z opadem powyżej 100 mm.

Wiatr (silna wichura, huragan, trąba powietrzna, szkwał)

Do określenia maksymalnych prędkości wiatru niosących zagrożenie w warunkach klimatu Polski przyjęto wartość, po przekroczeniu której widoczne są skutki niszczycielskie wiatru zagrażające ludności i infrastrukturze terenu dotkniętego zasięgiem tego zjawiska lub zespołu zjawisk. Zniszczenia powodowane przez silny wiatr powodowane są przede wszystkim przez nagłe porywy wiatru. Za poryw wiatru przyjmuje się chwilowy przyrost prędkości wiatru przewyższający prędkość średnią 10-minutową co najmniej o 5 m/s. Progową wartością powodującą zniszczenia są porywy przekraczające 17 m/s. Zgodnie z przyjętą definicją określono następujące wartości maksymalnych prędkości wiatru w porywach:

- ≥ 11 m/s wynikające ze struktury wiatru i sygnalizujące wzmożoną turbulencję,
- ≥ 17 m/s powodujące pierwsze zagrożenia.

Najbardziej narażonymi na takie zjawiska jest środkowa i wschodnia część Pobrzeża Słowińskiego od Koszalina po Rozewie i Hel oraz szeroki, równoleżnikowy pas Polski północnej po Suwalszczyznę, rejon Beskidu Śląskiego, Beskidu Żywieckiego, Pogórza Śląskiego i Podhala oraz Pogórza Dynowskiego, centralna część Polski z Mazowszem i wschodnią częścią Wielkopolski (Rys. 9.2).



Rys. 9.2. Strefy ryzyka wystąpienia wiatru o maksymalnych prędkościach.

Źródło: IMGW-PIB

Od 2005 wystąpiło w Polsce 11 huraganów (przede wszystkim w latach 2009, 2011 i 2012), w których prędkości wiatru okresowo przekraczały 30-35 m/s na obszarze Polski. Najwyższą, zarejestrowaną prędkością wiatru (z wyjątkiem obszarów górskich) w Polsce w 35-leciu 1971-2005 była prędkość wiatru w porywie 48 m/s, 6 listopada 1985 r. w Bielsku-Białej.

W szczytowych partiach Tatr, prędkości wiatru halnego mogą osiągać prędkość nawet do 51 m/s co najmniej raz w roku, a prędkość 60-70 m/s – co 5 lat. Niszcząca siła wiatru halnego wynika z nałożenia się na jego powstałą dynamicznie prędkość, dodatkowych składowych oddziałujących na skutek silnie zróżnicowanego podłoża, dynamiki ogólnej cyrkulacji atmosfery, zejścia w warstwy troposfery południowej gałęzi prądu strumieniowego. Wiatr halny w Tatrach występuje kilkadziesiąt razy w roku, głównie w półroczu chłodnym.

Trąby powietrzne i szkwały należą do zjawisk najgroźniejszych pod względem siły działania i prędkości wiatru. Cechuje je, z uwagi na ograniczony zasięg i szybkość ich

tworzenia się, największy stopień trudności prognozowania, a także systematycznych obserwacji.

Wyniki prowadzonego monitoringu trąb powietrznych na obszarze Polski w okresie 1998-2010 wykazują, że najczęściej zjawiska te pojawiają się od czerwca do sierpnia w rejonie Opola i wędrują poprzez Wyżynę Małopolską, Pustynię Błędowską i Wyżynę Lubelską obejmując szerokim pasem o kierunku SW–NE, Wyżynę Kutnowską, Mazowsze, rejon Podlasia i Pojezierza Mazurskiego aż po Suwalszczyznę i osiągają w wirze prędkości wiatru od 30 do 120 m/s.

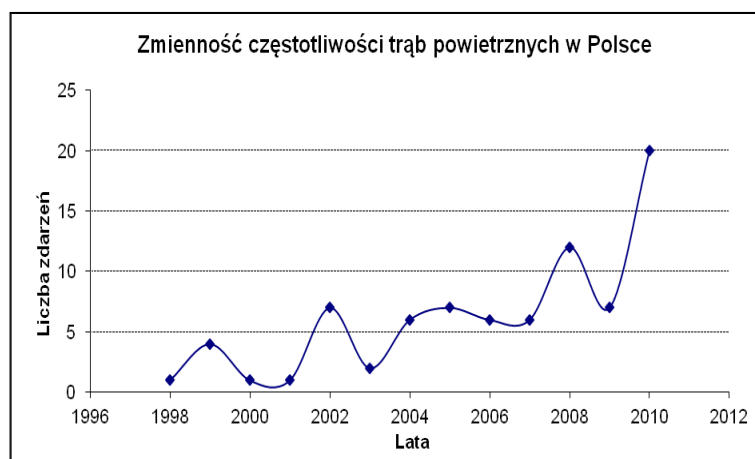
Ponadto istotną rolę w procesie formowania się trąb powietrznych w Polsce odgrywa obniżenie łańcuchów górskich w rejonie Bramy Morawskiej i Beskidu Niskiego, w których cieniu rozpoczyna się cyklogeneza przyszłych trąb powietrznych. Prawdliwość tą potwierdza mapa występowania trąb powietrznych na obszarze kraju (Rys. 9.3).



Rys. 9.3. Występowanie trąb powietrznych w Polsce w okresie 1998 – 2010.

Źródło: IMGW-PIB

W skali kraju obserwuje się systematyczny wzrost częstości występowania tego zjawiska (Rys. 9.4).



Rys. 9.4. Częstość występowania trąb powietrznych w Polsce.

Źródło: IMGW-PIB

W okresie chłodnej pory roku (październik-kwiecień) wyróżnia się wzmożony udział prędkości wiatru w porywach ≥ 17 m/s stanowiących znaczne zagrożenie, w okresie lata (kwiecień-lipiec) pojawiają się natomiast huraganowe prędkości wiatru. W strukturze czasu trwania prędkości maksymalnych obserwuje się coraz częstsze pojawianie się bardzo dużych prędkości wiatrów trwających wiele godzin lub nawet kilka dni (Tab. 9.7).

Tab. 9.7. Maksymalne prędkości wiatru w porywach o określonym prawdopodobieństwie występowania.

Stacja	Maksymalna prędkość wiatru v w porywie o prawdopodobieństwie:							
	0,1%	1%	5%	10%	25%	50%	90%	99,9%
	(T=1000)	(T=100)	(T=20)	(T=10)	(T=4)	(T=2)	(T=1,1)	(T=1)
Białystok	43,6	35,6	30,0	27,4	24,0	20,9	16,7	12,9
Bielsko - Biała	61,1	51,3	44,3	41,3	37,0	33,3	28,1	23,5
Chojnice	50,9	42,3	36,2	33,6	29,8	26,5	22,1	18,0
Elbląg	44,7	37,2	31,8	29,4	26,1	23,2	19,3	15,7
Gorzów Wlkp	52,1	43,1	36,8	34,0	30,1	26,7	22,0	17,7
Hel	57,1	46,7	39,4	36,1	31,6	27,6	22,2	17,3
Jelenia Góra	46,2	39,0	33,8	31,6	28,4	25,6	21,8	18,4
Kalisz	54,0	44,2	37,3	34,3	30,0	26,3	21,2	16,6
Kętrzyn	47,3	40,2	35,2	33,0	30,0	27,3	23,6	20,2
Kielce	47,7	39,4	33,5	30,9	27,3	24,1	19,7	15,8
Koło	54,0	44,0	36,8	33,7	29,3	25,5	20,3	15,5
Koszalin	47,6	40,4	35,4	33,1	30,0	27,3	23,5	20,1
Kozienice*	48,0	39,6	33,7	31,1	27,4	24,2	19,9	15,9
Kraków	44,9	37,1	31,7	29,3	25,9	23,0	19,0	15,3
Lesko	47,5	40,0	34,7	32,3	29,1	26,2	22,3	18,7
Leszno	47,8	39,9	34,4	31,9	28,5	25,5	21,4	17,7
Lublin	43,6	36,2	31,0	28,7	25,5	22,7	18,8	15,3
Łeba	58,1	48,4	41,6	38,6	34,4	30,7	25,6	21,0
Łódź	47,5	39,4	33,7	31,1	27,6	24,5	20,3	16,4
Mława	51,5	42,0	35,3	32,3	28,2	24,6	19,6	15,1
Nowy Sącz	45,9	38,0	32,3	29,8	26,4	23,3	19,2	15,4

Stacja	Maksymalna prędkość wiatru v w porywie o prawdopodobieństwie:							
	0,1%	1%	5%	10%	25%	50%	90%	99,9%
	(T=1000)	(T=100)	(T=20)	(T=10)	(T=4)	(T=2)	(T=1,1)	(T=1)
Olsztyn	49,7	40,5	34,0	31,1	27,1	23,6	18,9	14,5
Piła	50,3	41,4	35,2	32,4	28,6	25,2	20,6	16,4
Płock	48,8	40,3	34,3	31,6	27,9	24,6	20,2	16,1
Poznań	45,6	38,6	33,7	31,6	28,6	25,9	22,3	19,0
Racibórz	51,7	41,5	34,2	31,0	26,6	22,7	17,4	12,5
Rzeszów	50,3	41,6	35,5	32,8	29,0	25,7	21,2	17,1
Siedlce	51,2	42,1	35,7	32,9	29,0	25,5	20,8	16,5
Sulejów	50,0	41,1	34,8	32,0	28,1	24,7	20,1	15,9
Suwałki	49,9	42,1	36,6	34,1	30,7	27,8	23,7	20,0
Świnoujście	52,6	42,3	35,1	31,9	27,4	23,5	18,1	13,2
Toruń	45,5	37,5	31,9	29,4	25,9	22,9	18,7	14,9
Warszawa	49,0	41,1	35,6	33,1	29,7	26,7	22,6	18,9
Wieluń	46,5	38,3	32,5	29,9	26,3	23,2	18,9	15,0
Włodawa	48,0	39,6	33,6	30,9	27,3	24,0	19,6	15,6
Wrocław	49,6	41,4	35,7	33,1	29,6	26,5	22,2	18,3
Zakopane	63,0	51,0	42,5	38,8	33,6	29,0	22,8	17,1
Zamość**	40,9	34,6	30,1	28,2	25,4	23,0	19,7	16,7
Zielona Góra	43,5	36,8	32,1	30,0	27,1	24,5	21,1	17,9

* Obliczenia Na Podstawie Danych Z Lat 1976-2005

** Obliczenia Na Podstawie Danych Z Lat 1971-2000

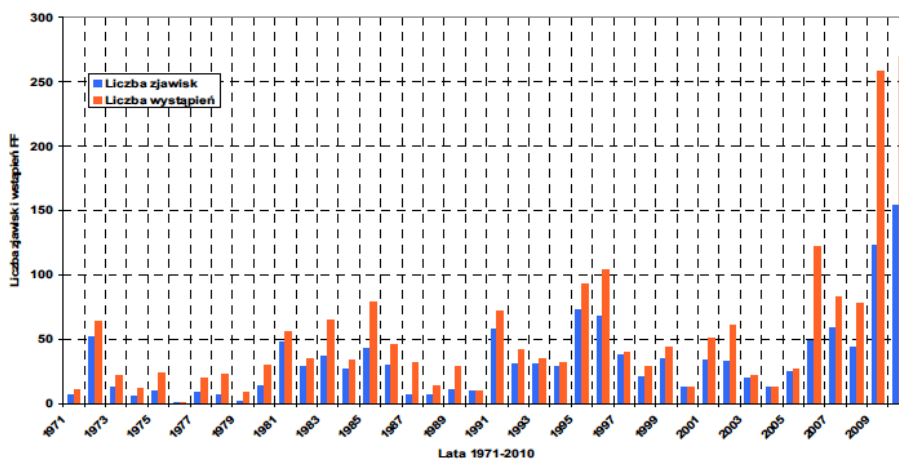
Źródło: IMGW-PIB

Powodzie

Powódź jest jednym z najczęściej występujących naturalnych zagrożeń (*Powódź...*2013). Według danych z Wojewódzkich Centrów Zarządzania Kryzysowego w kraju zagrożone są tereny i infrastruktura na obszarze 1039 gmin, w tym m.in. ponad 875 tys. ha użytków rolnych, 86,5 tys. budynków mieszkalnych, 2,6 tys. budynków użyteczności publicznej, ok. 2 tys. mostów i ponad 280 oczyszczalni ścieków.

Powodzie występujące na naszych rzekach ze względu na genezę ich powstania podzielono na 4 typy: powodzie opadowe, które są najczęściej występującym rodzajem powodzi, powodzie roztopowe, powodzie od strony morza oraz powodzie zimowe.

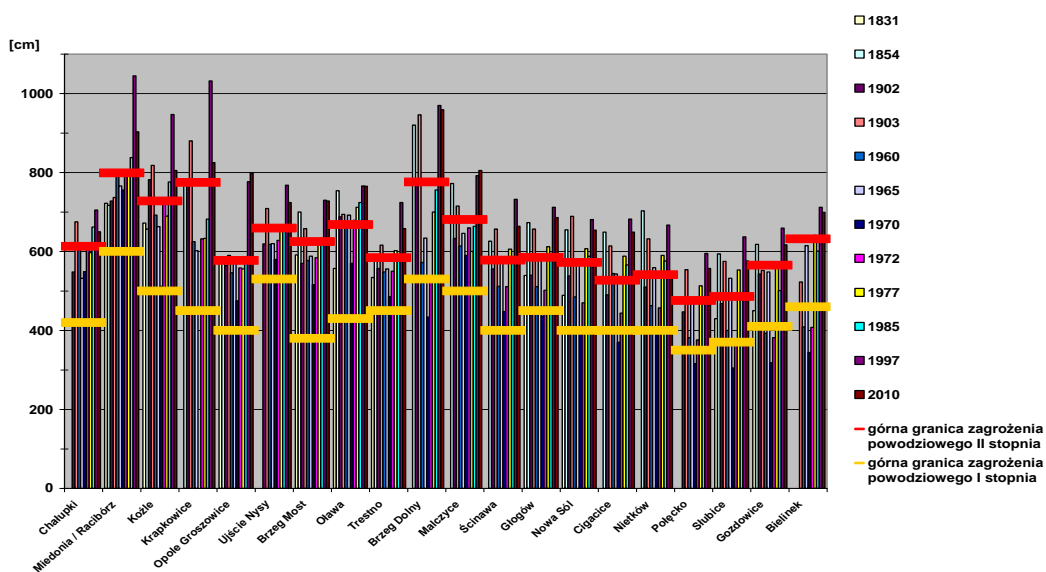
Powodzie opadowo-nawalne (powodzie nagłe) powodują znaczne szkody, lecz mają charakter lokalny. Są ściśle związane z intensywnością i zasięgiem opadów nawałnych. Wraz ze zmianami klimatu wrasta częstotliwość opadów nawałnych, a tym samym zwiększa się częstotliwość powodzi błyskawicznych (Rys. 9.5). Na terenach górskich i podgórskich prowadzą do znacznych zniszczeń poprzez erozje zboczy, niszczenie drzewostanów i powodowanie osuwisk, a na obszarach zurbanizowanych z dużymi nieprzepuszczalnymi powierzchniami powodują podtopienia i zalania.



Rys. 9.5. Liczba zjawisk powodzi błyskawicznych i ich wystąpień w latach 1971-2010

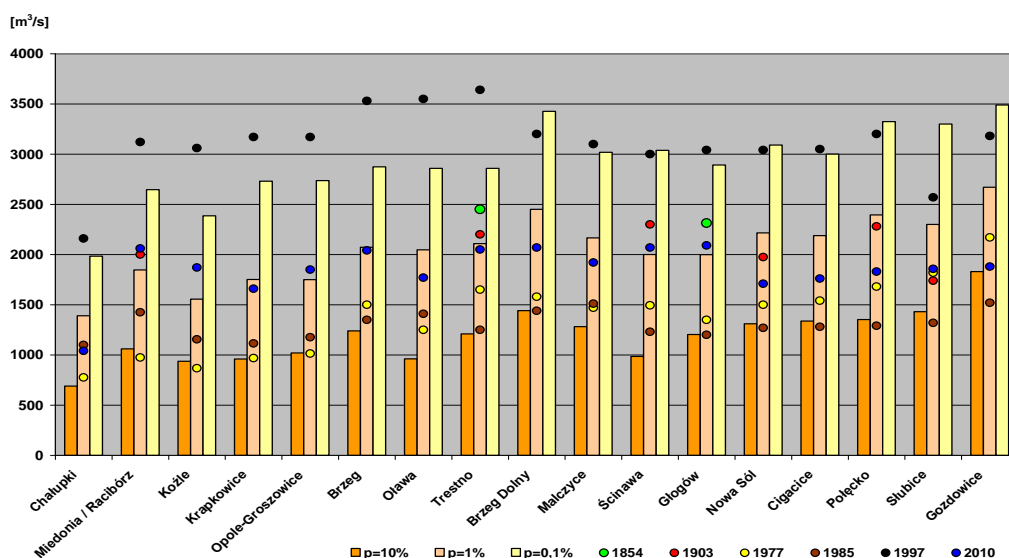
Źródło: Ostrowski i in., 2012

Powodzie opadowo-rozlewne spowodowane są wysokimi i intensywnymi opadami występującymi w strefie frontów atmosferycznych związanych z przemieszczającymi się układami niskiego ciśnienia. Są wynikiem opadów trwających kilka dni na dużych obszarach (rzędu tysięcy km²). Powodują rozległe i długotrwałe powodzie w dolinach rzecznych.



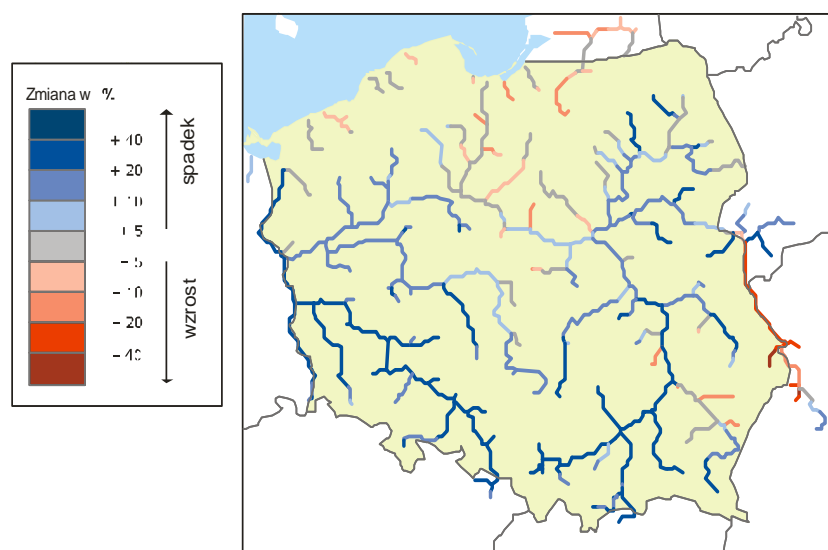
Rys. 9.6. Stany maksymalne katastrofalnych fal powodziowych na Odrze oraz strefy I i II stopnia zagrożenia powodziowego

Powodzie na Odrze, Wiśle oraz ich większych dopływach są następstwem wielu wzajemnie powiązanych ze sobą czynników i procesów naturalnych. Zasadniczym powodem są jednak opady deszczu, ich wysokość, przestrzenny rozkład i natężenie. Istotne znaczenie ma również retencja glebowa i retencja koryt rzecznych, układ sieci rzecznej, ukształtowanie morfologiczne i stan zalesienia oraz stan systemu ochrony przeciwpowodziowej. Z tych względów wszelkiego rodzaju zmiany przebiegu fali powodziowej nie mogą być przypisywane jedynie warunkom klimatycznym. Jak wynika z przeprowadzonych analiz dla Odry, w górnym jej odcinku wzrasta częstość występowania przepływów maksymalnych, aczkolwiek nie można określić wyraźnej tendencji zmian ani w przypadku zmian stanów wody w trakcie katastrofalnych powodzi (Rys. 9.6) ani w przypadku prawdopodobieństwa występowania maksymalnych przepływów (Rys. 9.7).



Rys. 9.7. Przepływy maksymalne katastrofalnych fal powodziowych Odry na tle $p_{\%}=10, 1$ i $0,1$.

Symulowane zmiany wysokości wody stuletniej są zróżnicowane regionalnie¹⁹. W części rzek (między innymi: Bug, Lubaczówka, Tanew, Skrwa, Drwęża, Łyna, Łeba i Parsęta) uzyskano wzrost, natomiast w zlewni Odry oraz Górnej Wisły wyniki symulacji wskazują na ponad 30% spadek wysokości wody stuletniej (Rys. 9.8).



Rys. 9.8. Zmiana wysokości wody stuletniej pomiędzy okresem 1961–1990 a okresem 2071–2100 [%]

Źródło: EEA 2010

Wzrost temperatury w górach ma przede wszystkim negatywny wpływ na stosunki wodne. Zwiększone parowanie przy niezmienionej sumie opadów będzie prowadzić do zmniejszenia zasobów wodnych zasilających dorzecza głównych rzek. Będzie to szczególnie niebezpieczne w przypadku wystąpienia okresów suszy.

Zmniejszenie przepływów rzek i potoków górskich będzie powodować niedobory wody w miejscowościach podgórskich i pogłębiać problemy gospodarcze. Podwyższona temperatura wody przyczyni się do eutrofizacji w jeziorach i zbiornikach przeciwpowodziowych.

¹⁹ <http://www.eea.europa.eu/>

W połączeniu ze zwiększoną częstością ulew wywołującą gwałtowne wezbrania i erozje zbroczy stanie się przyczyną zwiększonego transportu materiału wleczonego i unoszonego oraz zamulania znacznych odcinków rzek i zbiorników. Sprzyjać to będzie spłyceciu koryt rzecznych, a tym samym zwiększeniu ryzyka powodzi.

Przyczyną powodzi roztopowych jest gwałtowne topnienie śniegu wskutek intensywnego wzrostu temperatury powietrza. Zagrożenie powodziowe wzrasta, jeśli wzrostowi temperatury towarzyszą opady deszczu, które z jednej strony zwiększają zapas wody w śniegu, z drugiej zaś wprowadzają w głębsze warstwy śniegu dodatkowe ciepło. Zagrożenie powodziowe wzrasta również jeśli rzeki pokryte są lodem. Tworzą się wówczas zatory i zagrożenia lokalne.

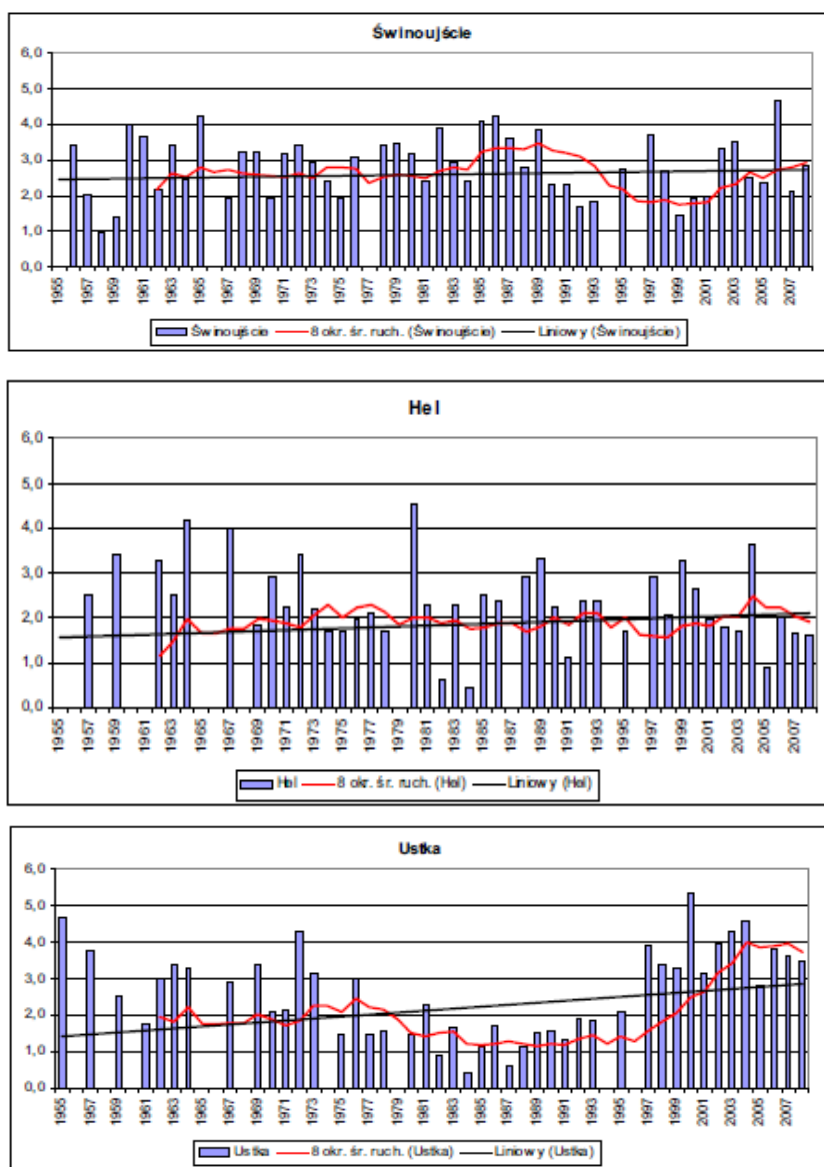
Powodzie zimowe to powodzie zatorowe i śryżowe. Powodzie śryżowe pojawiają się w przypadku gwałtownych spadków temperatury powietrza, do -10°C . Równoległe z tworzeniem się śryżu w określonych miejscach rzeki tworzy się lód denny, który zmniejsza powierzchnię przekroju przepływu dla przemieszczającego się śryżu. Powodzie zatorowe zdarzają się w czasie roztopów, kiedy pojawia się blokada spływu pokrywy lodowej.

Powodzie roztopowe i zimowe są zależne od warunków klimatycznych. Wraz ze wzrostem temperatury oraz zmniejszeniem grubości i trwałości pokrywy śnieżnej wykazują zmniejszającą się częstotliwość występowania.

Podnoszenie poziomu mórz oraz coraz większa niestabilność pogodowa może generować sytuacje wiatrowe prowadzące do podniesienia poziomu morza danej strefy przybrzeżnej. W polskiej nadbrzeżnej strefie Morza Bałtyckiego skutkować to będzie zwiększeniem zagrożenia powodziowego miast o bezpośrednim położeniu nadmorskim lub nad Zalewem Wiślanym, Zalewem Szczecińskim oraz w deltowych odcinkach rzek. Miastom o takim położeniu zagraża wówczas typ powodzi przybrzeżnej (nadmorskiej). Szczególnie groźna sytuacja występuje wówczas, kiedy rzeka o wysokich lub alarmowych stanach wód nie może odprowadzić wód do morza z powodu wzrostu jego poziomu. Na ten typ powodzi narażone są dwa obszary miejskie tj. rejon Szczecina i Gdańska. Zagrożenie dla części regionu gdańskiego i Żuław zwiększa dodatkowo położenie w depresji oraz w strefie deltowej Wisły.

Powodzie od strony morza występują w polskiej strefie brzegowej Bałtyku na skutek spiętrzenia wody wywołanej silnym wiatrem z kierunków NW, N, NE. Są szczególnie groźne jeśli silne oddziaływanie wiatru na stan morza zbiega się z wezbraniem, a zwłaszcza falą powodziową w ujściu Odry lub Wisły.

Analiza czasowej zmienności powodzi od strony morza wykazała, że na tym wybrzeżu w ostatnim 25-leciu XX wieku zaobserwowano wzrost częstości występowania bardzo wysokich wezbrań sztormowych (z maksimum powyżej 640 cm), przy jednoczesnym spadku wezbrań sztormowych o maksymalnych wartościach poziomu morza około 570 cm. W ciągu ostatnich 25 lat znacznie wzrosła częstość występowania wezbrań sztormowych na zachodnim wybrzeżu i nastąpiło przesunięcie największej intensywności występowania sztormów z listopada (w okresie 1950-1978) na styczeń (w okresie 1979-2007). Zagrożenie wezbraniem na południowym Bałtyku wzrosło pod koniec XX wieku prawie dwukrotnie w porównaniu do połowy XX wieku.

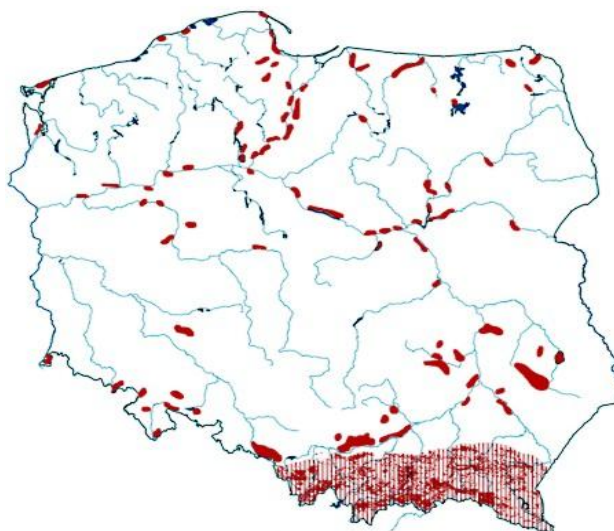


Rys. 9.9 Wieloletnie zmiany rocznego wskaźnika wezbraniowości w wybranych punktach wybrzeża w latach 1955-2008

Źródło: Sztobryn i in. 2012

Osuwiska

Szczególnie niebezpiecznym zjawiskiem są nasilające się przede wszystkim w obszarach górskich i podgórskich osuwiska (Rys. 9.10) będące wynikiem pełnego nasączenia powierzchniowej warstwy gleby lub skał w wyniku długotrwałych opadów ulewnych. Takie opady już obecnie powodują tego rodzaju zjawiska w skali dotąd niespotykanej i ta tendencja utrzyma się nadal. Obszarem szczególnie narażonym jest Polska południowa, stoki w Karpatach, w mniejszym stopniu strome skarpy rzek i obszary wyżynne.



Rys. 9.10 Mapa osuwisk w Polsce

Źródło: PIG-PIB

Susze i deficyty wody

Cechą charakterystyczną warunków klimatycznych ostatnich dziesięcioleci jest częstsze występowanie dłuższych okresów bezopadowych i wzmożonego parowania terenowego w wyniku wysokiej temperatury. Susza atmosferyczna jest efektem znacznego niedoboru opadów (poniżej 50% wartości średniej wieloletniej) oraz ok. 3 tygodni bez opadów (opad do 1 mm nie przerywa ciągu bezopadowego). W konsekwencji prowadzi to do suszy glebowej skutkującej stratami w rolnictwie (por. rozdz. 6.1.) oraz obniżeniem zwierciadła wód podziemnych, co z kolei powoduje powstanie suszy hydrologicznej objawiającej się spadkiem przepływów w rzekach i niedoborami wody.

Analiza długości okresów bezopadowych (liczba dni bez opadu lub z opadem poniżej 1 mm) wskazuje, że w okresie ostatnich 12 lat (1991-2002), w całej Polsce wschodniej (od Wisły na wschód), wydłuża się okres bezdeszczowy, nawet o 5 dni na dekadę. Jest to rejon kraju, który w latach 1991-2002 był najczęściej nawiedzany klęską suszy. W okresie 1982–2011 wystąpiło 18 lat posusznych. Od 1982 roku obserwowane są permanentne letnie susze i w tym czasie jedynie dwukrotnie w ciągu 4-5 lat susze nie wystąpiły na większym obszarze kraju.

Okresowe pojawianie się susz jest cechą charakterystyczną klimatu Polski. Jednak w ciągu ostatnich 60 lat obserwuje się rosnącą częstotliwość tego zjawiska i tak w latach 1951-1981 na terenie Polski susze wystąpiły 6 razy, a w latach 1982-2011 – 18 razy. W tym przedziale lat susze występują praktycznie biorąc nieprzerwanie w różnych regionach kraju. Od początku XXI wieku, tj. od roku 2001-2011 susze wystąpiły 9 razy w różnych okresach roku.

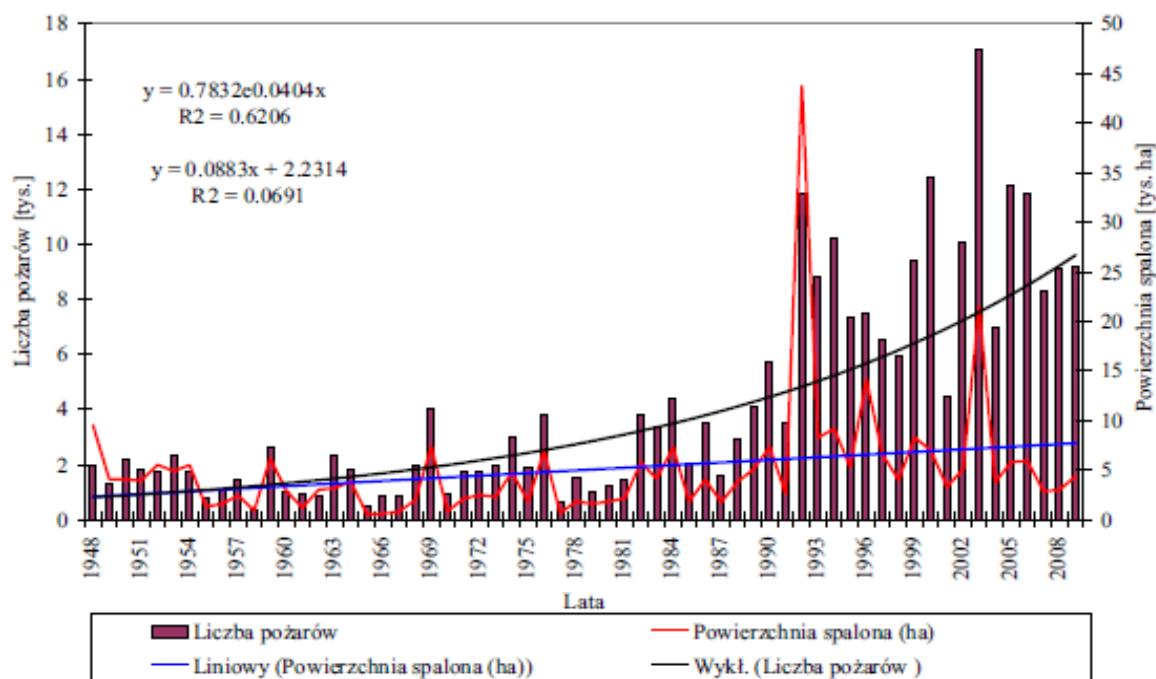
Przewidywane zmiany klimatyczne i związane z nimi wzrost częstotliwości i intensywności susz w rolnictwie spowodują najprawdopodobniej w naszej strefie klimatycznej wzrost zapotrzebowania na wodę przez rośliny, zwiększenie powierzchni nawadnianej i wzrost zapotrzebowania na wodę do nawodnień. W skali globalnej (całego świata) około 70% powierzchni obecnie nawadnianej będzie narażona na zwiększone zapotrzebowanie wody do nawodnień w wyniku zmian klimatu. W południowo-wschodniej Anglii zapotrzebowanie wody do nawodnień netto wzrośnie do 2020 roku o 70% w stosunku

do 1995 r., a w północnych Niemczech – o 40%. Podobnego wzrostu można spodziewać się również na obszarze Polski.

Obliczone prognostyczne wartości niedoborów wody w glebie świadczą o postępującym procesie przesuszania się gleby i zwiększania się zagrożenia suszą dla wybranych roślin.

Pożary

Z problemem susz i silnych wiatrów związane jest kolejne zagrożenie jakim są pożary. Stanowią jedną z najgroźniejszych klęsk, szczególnie niebezpieczną jeżeli dotknie obszar leśny. Większość pożarów spowodowana jest przez działalność człowieka. Od wielu lat obserwowany jest stały trend wzrostu liczby pożarów i wielkości powodowanych przez nie strat (Rys. 9.11). Najwięcej pożarów lasu (17 088) odnotowano w 2003 r. i kolejno w latach: 2000 (12 428), 2005 (12 169), 1992 (11 858), 2006 (11 828), 1994 (10 245) i 2002 (10 101), kiedy liczba pożarów wynosiła więcej niż 10 000. Natomiast największą powierzchnię objętą pożarami zanotowano w 1992 r. (43 755 ha), a w dalszej kolejności w latach: 2003 (21 500 ha), 1996 (14 120 ha), 1948 (9 505 ha), 1994 (9 171 ha). Średnio rocznie w latach 1948-2009 powstawało 4 195 pożarów na powierzchni 5 014 ha, a powierzchnia pojedynczego pożaru wyniosła 1,2 ha.



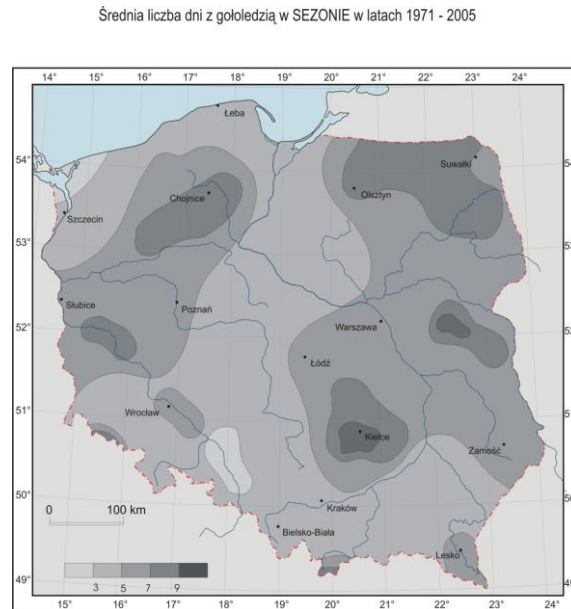
Rys. 9.11. Liczba pożarów lasów i powierzchnia spalona w Polsce

Źródło: Szczygiel R., 2012

W latach 1990-2009 zaobserwowano wyraźny wzrost zarówno liczby pożarów, jak i powierzchni spalonej, na co bez wątpienia wpłynęły zmiany klimatyczne. Pożary powstawały najczęściej w pasie ciągnącym się od Warszawy przez ziemię radomsko-kielecką w kierunku Katowic, w pasie zachodnim województwa lubuskiego i częściowo dolnośląskiego, wzdłuż linii Wisły na północny zachód od Warszawy, w rejonie Rzeszowa-Tarnobrzegu, Białegostoku, w rejonie trójmiejskim, w rejonie Szczecina i Poznania. Przeprowadzone badania dowodzą, że utrzymuje się stały trend wzrostu zagrożenia pożarowego. O ile jeszcze 20-30 lat temu za sezon zagrożenia pożarowego uznawano okres wiosny i lata, to teraz pożary powstają praktycznie przez cały rok, gdyż w przypadku bezśnieżnych zim notowane są one nawet w miesiącach zimowych. Zaobserwowano również wydłużanie się okresu palności lasów związanego ze zmianami klimatycznymi.

Gołoledź

Gołoledź jest rodzajem osadu atmosferycznego, który w Polsce występuje stosunkowo rzadko, ale jest zjawiskiem bardzo niebezpiecznym. Powoduje zniszczenia w lasach, sieci energetycznej i telekomunikacyjnej, a także utrudnia transport. Jest to osad lodu na ogół jednorodny i przezroczysty, powstały wskutek zamrożenia przechłodzonych kropelek mżawki lub deszczu na powierzchniach o temperaturze niższej albo nieco wyższej od 0°C. Rejony ze wzmożoną częstością występowania gołoledzi (≥ 7 dni w sezonie) ilustruje Rys. 9.12.



Rys. 9.12. Średnia liczba dni z gołoledzią w sezonie w okresie 1971 – 2005

Źródło: Lorenc, 2012

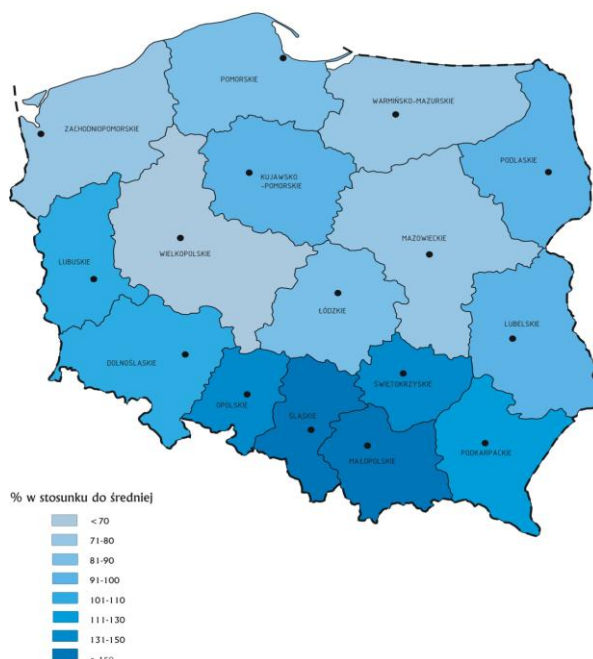
Wyróżniają się dwa rejony najbardziej zagrożone wystąpieniem gołoledzi: rejon wschodni, z centrum w rejonie Siedlec – powyżej 10 dni, Kielce – powyżej 9 dni, w rejonie Mikołajek i Olsztyna – powyżej 7 dni, w Białymstoku – 7 dni oraz rejon zachodni, z centrami w Zielonej Górze i Chojnicach – powyżej 8 dni.

W okresie 1971–2005 nastąpiło przesunięcie maksymalnych wartości liczby dni z gołoledzią ze stycznia na grudzień, a także wyraźnie wzrosła liczba dni z gołoledzią w okresie 1971–2005 w stosunku do okresu 1950–1970. Oznaczałoby to, że przejścia temperatury powietrza przez próg 0°C i gołoledź częściej pojawiają się w okresie nam współczesnym, niż w przeszłości – w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych. Związane jest to z procesem globalnego ocieplenia.

Grad

Grad występuje najczęściej w maju i czerwcu, powoduje znaczne szkody zwłaszcza w uprawach rolnych. W okresie 2000–2010 zauważyć można spadek liczby dni z gradem w porównaniu z okresem 1971–1980. Średnia roczna liczba dni z gradem na obszarze całej Polski (w okresie 1960–1978) wyniosła 0,14 na każde 100 km², co przyjęto jako 100. Powyżej tej średniej kształtuje się średnia przede wszystkim w województwach: Małopolskim – 196% średniej krajowej, Śląskim – 180%, Świętokrzyskim – 141%, Opolskim – 137% (Rys. 9.13). Występowanie gradu jest związane burzami i ulewami. Biorąc pod uwagę, że spodziewany jest wzrost częstotliwości i natężenia tych zjawisk trzeba się liczyć także ze wzrostem częstości występowania opadów gradu.

Stosunek częstości liczby dni z gradem
w poszczególnych województwach względem średniej
dla Polski w przeliczeniu na 100 km² (1960-1978)



Rys. 9.13 Strefy największego ryzyka wystąpienia gradu

Źródło: IMGW-PIB

Mgła

Mgła jest zawiesiną mikroskopijnych kropelek wody w powietrzu, zmniejszającą widzialność w kierunku poziomym poniżej jednego kilometra (Szczygieł R., 2012). Mgła stanowi zagrożenie głównie dla sektora transportu ponieważ powoduje obniżenie widoczności. Na podstawie analizy przestrzennej liczby dni z mgłą w okresie 1971-2005 wyróżniono rejony kraju o wzmożonej częstości występowania omawianego zjawiska i wybrano dla nich reprezentacyjne stacje.

Tab. 9.8 Średnia liczba dni z mgłą za okres 1971-2005 na wybranych stacjach spełniających kryterium liczby dni z mgłą powyżej 55 w skali roku.

Stacja	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Chojnice	12,0	8,6	7,7	4,9	3,7	3,3	3,9	4,7	7,1	10,7	12,7	13,4	91,5
Gorzów Wlk.	9,0	6,1	4,6	3,0	2,8	2,0	2,2	2,9	5,3	8,6	10,0	9,8	62,7
Jelenia Góra	4,2	4,1	3,9	4,6	7,3	6,5	6,6	11,2	12,5	10,2	7,0	5,0	81,5
Kielce	6,8	5,5	5,3	4,2	5,1	5,4	5,2	5,2	9,5	10,0	9,6	7,7	77,2
Kraków	7,9	5,8	4,8	3,8	3,4	3,6	2,7	4,5	8,3	10,0	9,0	9,4	70,9
Lesko	4,1	4,2	4,5	4,9	7,2	7,7	9,0	9,5	10,5	7,6	5,8	4,8	78,8
Lublin	6,2	7,1	5,7	3,3	3,1	3,6	3,6	3,1	5,6	7,8	8,2	7,9	60,6
Łódź	6,8	5,5	4,6	3,3	2,5	3,2	2,2	3,0	4,8	7,2	7,5	7,3	55,2
Opole	7,2	5,7	3,7	3,6	3,2	3,3	2,3	3,9	5,7	8,3	6,8	6,6	55,8
Siedlce	5,8	5,6	4,7	3,7	3,2	3,7	3,1	4,6	7,4	6,9	7,0	6,9	60,5
Suwałki	7,2	6,0	6,2	2,9	2,5	2,4	2,6	3,6	5,5	8,1	8,7	9,4	62,0
Zielona Góra	11,1	9,4	7,0	5,1	4,2	3,6	3,2	3,9	6,2	8,9	12,1	12,0	84,9

Źródło: IMGW-PIB

Częstość występowania mgły na analizowanych stacjach jest bardzo zróżnicowana. Obserwuje się duże spadki średniej liczby dni z mgłą od 1971 r. na stacjach w Opolu,

Krakowie i Zielonej Górze. Natomiast największy wzrost liczby dni z mgłą (ponad 7 dni) odnotowuje się w Kielcach (głównie ze względu na przeniesienie stacji meteorologicznej w pobliże zbiornika wodnego oraz rzeki). Największe sumy czasu trwania oraz liczbę przypadków notuje się w okresie jesienno-zimowym od października do marca – maksimum w listopadzie, najmniej mgielny jest okres letni z minimum w czerwcu. Największa liczba przypadków mgły, na badanych stacjach w latach 2001-2005 została zaobserwowana w Chojnicach (512 przypadków) oraz w Kielcach (550 przypadków), najmniejsza suma przypadków mgły zarejestrowana została na stacji w Opolu – jedynie 219 razy. Najdłużej trwająca bez przerwy mgła (55 godzin 50 min) zanotowana została w Suwałkach w dniach 14-17 listopada 2002 r.

10. Ocena zagrożeń i korzyści środowiskowych, społecznych i gospodarczych

Podstawowym problemem związanym z szacowaniem kosztów i korzyści adaptacji jest niepewność co do rozmiaru skutków zmian klimatycznych. Nie jest jednak możliwa właściwa ocena kosztów i korzyści wynikających z mitygacji i adaptacji, bowiem społeczeństwa i decydenci nie są zainteresowani konsekwencjami, które mogą się pojawić za dziesiątki lat. OK. Choć twierdzenie to w sugestywny sposób pokazuje problemy związane z opłacalnością działań adaptacyjnych, to bez wątpliwości brak możliwości precyzyjnego oszacowania wartości oczekiwanej przyszyłych strat znacząco utrudnia analizę.

Drugi problem wynika z faktu, że zarówno koszty, jak i korzyści wynikające z działań adaptacyjnych są rozłożone na stosunkowo długi okres, w którym mogą zachodzić znaczące zmiany technologiczne i ekonomiczne. Proponowane pakiety nie uwzględniają nowych technologii czy cen, które mogą pojawić się w odległej przyszłości, co może skutkować błędnymi oszacowaniami (prognozowane wartości nie uwzględniają bowiem tańszych metod adaptacji, które mogą zaistnieć w przyszłości). Z drugiej strony analizowanie skutków w krótkim okresie może przynieść zbyt wczesne i mylące wnioski. Okresowy monitoring procesu wdrażania i badanie jego skuteczności pozwolą na korygowanie błędów i dalszą ocenę oddziaływań i kosztów.

Trzecią trudnością jest niepewność dotycząca założeń makroekonomicznych wpływających na oszacowania strat spowodowanych przez ekstremalne zjawiska klimatyczne. Ze względu na mnogość czynników wpływających na gospodarkę, scenariusze próbujące przewidywać jej zachowanie się w przyszłości są obarczone bardzo dużym marginesem błędu, co bezpośrednio przekłada się na wariację oszacowań strat indukowanych przez ekstremalne zjawiska klimatyczne.

Czwartym źródłem potencjalnych błędów szacowania korzyści wynikających z adaptacji jest niepewność dotycząca jej skutków i pożytków. Prawdopodobieństwo wdrożenia w przyszłości nowych technologii sprawia trudność oszacowania oszczędności finansowych nawet ekspertom zawodowo zajmującym się tym problemem .

Problemem jest również niepewność dotycząca kosztów działań adaptacyjnych. Można bowiem założyć, że zmiany klimatyczne w najbliższych latach nie wpłyną znacząco na koszty budowy infrastruktury czy wycenę usług, na podstawie której określona jest wartość wdrożenia działań legislacyjnych. Czynnikiem, który w największym stopniu oddziałuje na koszty adaptacji, jest scenariusz makroekonomiczny, określający takie zmienne jak ceny materiałów budowlanych, płace w sektorze usług czy wartość technologii umożliwiających monitorowanie ekstremalnych zjawisk i urządzeń wchodzących w skład systemów wczesnego ostrzegania. Ceny te zależą z

kolei w dużej mierze od czynników zewnętrznych, niemożliwych do przewidzenia, takich jak postęp techniczny, otoczenie instytucjonalne gospodarki czy ogólny poziom koniunktury.

Kolejnym źródłem niepewności jest również sama metoda pozyskiwania danych o kosztach działań adaptacyjnych, którą była ankieta przeprowadzona wśród resortów. Uzupelnienie kwestionariusza poprzez oszacowanie kosztów działań stanowiło poważne wyzwanie. Część instytucji nie odpowiedziała na pytania, co powoduje, że oszacowane potrzeby finansowe mogą być niepełne, a opisana paleta instrumentów może pomijać pewne istotne zagadnienia.

Wspomniane problemy powodują, że tradycyjna analiza kosztów i korzyści często jest niemożliwa, bądź prowadzi do błędnych wniosków. Wobec takich trudności, instytucje międzynarodowe stosują inne metody, takie jak analiza kosztów-efektywności (ang. *Cost-Effectiveness Analysis*) czy analiza wielokryterialna.

Zagrożenia i korzyści mogą być rozumiane jako zbiór czynników wpływających na proces wdrożenia działań adaptacyjnych (jako ograniczające lub sprzyjające okoliczności, szanse) lub jako rezultaty wdrożenia działań (pozytywne lub negatywne efekty zewnętrzne).

Na poziom zagrożeń i korzyści wpływają czynniki zewnętrzne, nie związane z działaniami ani realizującymi działania, ale oddziałujące na ich realizację. Czynniki te mają wymiar polityczno- prawny, ekonomiczny (finansowy), społeczno- kulturowy a także międzynarodowy i technologiczny.

Zagrożenia polityczno-prawne obejmują wszelkie ograniczenia wynikające z reguł funkcjonowania w danym systemie społeczno-gospodarczym. Pomimo deklaracji o wadze zagadnień klimatycznych i przeciwdziałaniu zmianom klimatu, władze prowadzą stosunkowo bierną politykę klimatyczną. W znacznej mierze jest to wynikiem bagatelizowania problemu zmian klimatycznych przez środowisko polityczne i ekipy rządzące przekładające natychmiastowe korzyści nad długookresowymi.

Przy wszystkich ograniczeniach wynikających z trudności z oszacowaniem rzeczywistych kosztów działań adaptacyjnych już obecne wyliczenia przeprowadzone przez ekspertów oraz zainteresowane resorty wskazują, że potrzeby finansowe w latach 2014-2020 są wysokie (ok. 82 mld zł). W przypadku najważniejszych zagrożeń wielkoskalowych (powódź, susza) będą musiały być ponoszone przez budżet Państwa oraz przez firmy ubezpieczeniowe. Państwo jest bowiem jedynym inwestorem zdolnym sfinansować działania zabezpieczające przed takimi zagrożeniami w obliczu barier kapitałowych, przed którymi stoją lokalne społeczności. Może to skutkować trudnościami z uzyskaniem środków finansowych na realizację niektórych działań. Koronnym argumentem przemawiającym za niechęcią do wydawaniem środków z budżetu państwa jest spowolnienie gospodarcze. Wynika ona również z niepewnych korzyści jakie mogą przynieść działania, ponieważ może okazać się, że mimo ogromnych nakładów, ich skuteczność jest nie wystarczająca. Z tego powodu sektor bankowy również może niechętnie udzielać kredytów i pożyczek przeznaczonych na działania adaptacyjne.

Jednak do pewnego stopnia część kosztów powinna być ponoszona przez samorządy i społeczności bezpośrednio zainteresowane zabezpieczeniem przed skutkami zmian klimatu jak np. rolnicy, czy społeczności zamieszkujące obszary zagrożone powodzią. Działania adaptacyjne w rolnictwie przynoszą korzyści rolnikom, gdyż przyczyniają się do zwiększenia plonów – w tym przypadku uzasadnieniem dla interwencji państwa są bariery kapitałowe, a więc adaptacja tego typu powinna być finansowana poprzez pożyczki, a nie bezzwrotne dotacje. Wykorzystanie środków prywatnych jest uniemożliwione przez brak odpowiednich regulacji prawnych. Akty prawne regulujące i sankcjonujące poszczególne instrumenty polityki nie uwzględniają łączonego, publiczno-prywatnego finansowania działań adaptacyjnych – przykładowo: mieszkańcy terenów zalewowych zainteresowani budową wałów przeciwpowodziowych mogą sfinansować część ich kosztów, a nakłady na utworzenie akwenu

pełniącego jednocześnie funkcję retencyjną i energetyczną powinny być ponoszone wspólnie przez rząd i wytwórcę energii.

Zagrożeniem mogą być także bariery biurokratyczne i brak podstawowych dokumentów prawnych umożliwiających wdrażanie działań adaptacyjnych, a zwłaszcza uregulowania problemów gospodarki wodnej i planowania przestrzennego.

Poza zagrożeniami jakie niesie z sobą wymiar polityczno-prawny i ekonomiczny (finansowy) ważnym czynnikiem jest nastawienie i świadomość społeczeństwa oraz jego chęć uczestniczenia w procesie wdrażania działań adaptacyjnych (wymiar socjo-kulturowy). Wiele przedsięwzięć można wdrożyć dopiero po uwzględnieniu interesów społecznych, a ich powodzenie zależy również od lokalnych zwyczajów, nawyków i wartości. Postawa społeczna może przyspieszyć, jak również spowolnić lub zablokować realizację działań. Aspekt społeczny ma wymiar horyzontalny, ponieważ działania adaptacyjne włączające społeczeństwo mają znaczenie w przypadku większości sektorów (por. rozdz. 8.).

Adaptacja do zmian klimatu minimalizująca skutki tego zjawiska dla gospodarki i społeczeństwa, jak również poprawa systemowego zarządzania ryzykiem jest jednym z krajowych celów, których osiągnięcie będzie wspierane ze środków europejskich. Działania adaptacyjne powinny być podejmowane na wszystkich szczeblach zarządzania: krajowym, regionalnym i lokalnym z uwzględnieniem polityki adaptacyjnej Unii Europejskiej oraz postanowień Konwencji Klimatycznej. Poprzez wprowadzenie regulacji na poziomie międzynarodowym, Unia nie tylko zachęca do adaptacji, ale wymusza konieczność uwzględnienia działań adaptacyjnych w polskim systemie prawnym. UE stara się również rozbudowywać europejską bazę wiedzy (np. Climate-ADAPT) i dostarczać jak najwięcej informacji o adaptacji. Wymiana doświadczeń i dobrych praktyk pomiędzy krajami członkowskimi będzie sprzyjać rozwojowi planów adaptacyjnych w Polsce.

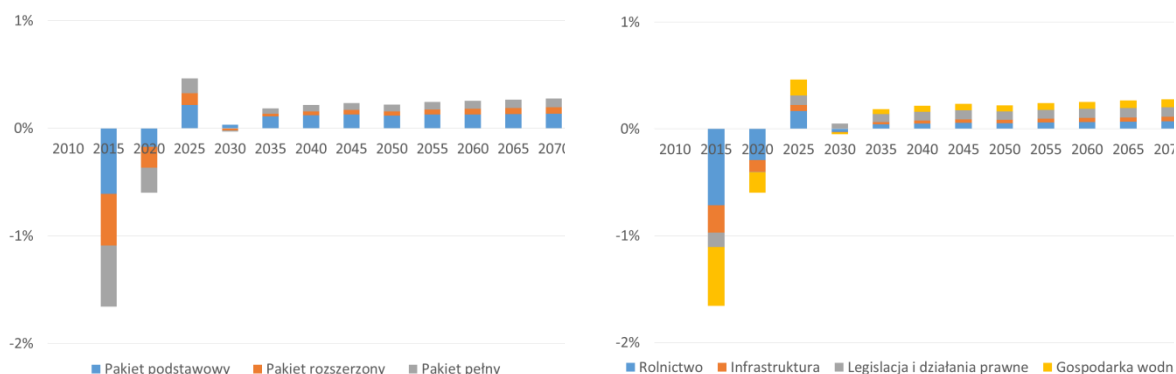
Działania adaptacyjne wspomagają również międzynarodowe instytucje finansowe (Europejski Bank Inwestycyjny czy Europejski Bank Odbudowy i Rozwoju). Wykorzystanie dodatkowych środków finansowych pozwoli nie tylko na zabezpieczenie przed niekorzystnym wpływem klimatu, ale również wpłynie pozytywnie na stan gospodarki i przyczyni się, poprzez nowe inwestycje, do poprawy dobrobytu Polaków.

Realizacja przedsięwzięć inwestycyjnych może przynieść najwięcej korzyści społeczno-gospodarczych, ale obciążona jest również największym ryzykiem wystąpienia czynników ograniczających. Zidentyfikowanie źródeł ryzyka (lokalizacja inwestycji, wybór zespołów realizujących czy wykonawców, koszty utrzymania inwestycji, nowe technologie) i sytuacji ryzykownych umożliwi sprawną implementację działań adaptacyjnych. Aspekty te należy jednak rozpatrywać indywidualnie, w zależności od podejmowanego przedsięwzięcia.

Wpływ działań adaptacyjnych na wskaźniki makroekonomiczne

Sposób, w jaki działania adaptacyjne wpływają na agregaty makroekonomiczne, wynika wprost z ich charakterystyki ekonomicznej – potrzebne są duże inwestycje już teraz, aby zmniejszyć straty i osiągnąć wymierne korzyści w przyszłości. Nie dziwi więc podobne oddziaływanie tego typu interwencji na agregaty ekonomiczne – inwestycje w adaptację, choć zmniejszają PKB czy zatrudnienie w pierwszym okresie, to pozwalają znacząco podnieść je w kolejnych. Spadek PKB w pierwszych latach wywołany jest koniecznością znaczących inwestycji, zwłaszcza w sektorze ochrony przeciwpowodziowej, które powodują, że wydatki rządowe na inne cele muszą być ograniczone. Może to przyczynić się do krótkookresowego spadku wartości dodanej generowanej przez inne sektory, ponieważ inwestycje w działania adaptacyjne wywołują przesunięcie kapitału z działalności produkcyjnej generującej wyższą wartość dodaną do sektora budownictwa i przemysłu. Z drugiej strony, w kolejnych dekadach, dzięki wybudowanej już teraz infrastrukturze, PKB jest wyższe ze względu na to, że kapitał

fizyczny wykorzystywany w bieżącej aktywności gospodarczej jest w dużo mniejszym stopniu niszczone przez ekstremalne zjawiska klimatyczne.

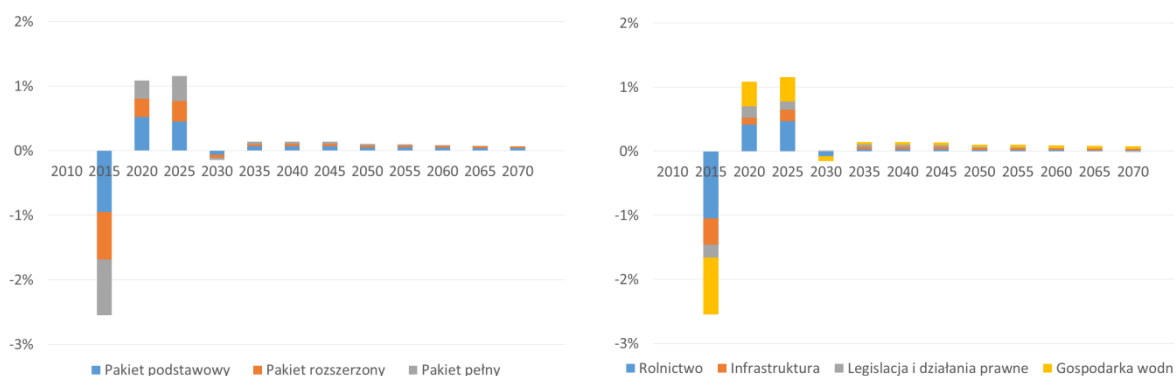


Rys. 10.1 Wpływ działań adaptacyjnych na PKB wg różnych pakietów instrumentów (wykres po lewej) i wg różnych obszarów tematycznych (wykres po prawej).

Źródło: Bukowski i in 2011

Taką strukturę oddziaływania wyraźnie widać na wykresach pokazujących oddziaływanie pakietów adaptacyjnych na produkt krajowy brutto. W pierwszej pięcioletce, kiedy podejmowana jest pierwsza faza adaptacji, utrata produktu spowodowana przeniesieniem części wydatków rządowych na te cele sięga ponad półtora procenta, przy czym każdy z trzech porównywanych pakietów przynosi podobne efekty i przyczynia się do zmniejszenia PKB o ok. pół procenta rocznie. W latach 2020-2025 zaczynają pojawiać się korzyści działań adaptacyjnych, lecz gospodarka w dalszym ciągu odczuwa negatywne skutki wysiłku inwestycyjnego poniesionego w poprzednim okresie, przez co wpływ netto działań adaptacyjnych na PKB jest ujemny. Korzyści z wdrożenia pierwszej fali adaptacji pojawiają się dopiero w latach 2025-2030 i sięgają pół procenta PKB w przypadku wdrożenia pakietu pełnego i jedną czwartą w razie implementacji wyłącznie podstawowej grupy działań. W 2030 roku, widoczny jest ponadto spadek znaczenia działań adaptacyjnych dla PKB spowodowany koniecznością poniesienia wydatków na utrzymanie infrastruktury, a także implementacją drugiej fali działań adaptacyjnych, wymagających poniesienia dalszych wydatków inwestycyjnych (mniejszych jednak niż te wydatkowane w pierwszej pięcioletce).

Warto zwrócić uwagę, że zyski wynikające z utworzenia infrastruktury adaptacyjnej będą rosły w czasie po 2030 roku. Jest to efekt tego, że infrastruktura adaptacyjna przyczynia się do ochrony określonej części zasobu kapitału fizycznego. Wraz z inkorporowanym w modelu MEMO rozwojem gospodarczym, poziom kapitału fizycznego w relacji do PKB rośnie, dzięki czemu większe są również ograniczone straty, a adaptacja do zmian klimatu w istotniejszym stopniu przyczynia się do podniesienia poziomu PKB (Bukowski i in. 2011).



Rys. 10.2 Wpływ działań adaptacyjnych na zatrudnienie wg różnych pakietów instrumentów (wykres po lewej) i wg różnych obszarów tematycznych (wykres po prawej).

Źródło: Bukowski, Gaska 2013

Oddziaływanie adaptacji do zmian klimatu na zatrudnienie jest znacząco silniejsze niż na PKB w pierwszych piętnastu latach wdrażania działań adaptacyjnych, później znacząco słabnie, a różnica pomiędzy scenariuszem „z adaptacją” i „bez adaptacji” sięga 0,1%. W pierwszym okresie, środki rządowe zamiast na finansowanie konsumpcji wymagającej dużej ilości pracy poświęcane są na sfinansowanie działań adaptacyjnych prowadzonych głównie w sektorze budownictwa. W latach 2020-2030 działania adaptacyjne przynoszą wzrost zatrudnienia sięgający 1%. Po roku 2030 oddziaływanie pakietów adaptacji na zatrudnienie jest pomijalne i nie przekracza 0,1% PKB. Wynika to z obserwacji, że po zainstalowaniu infrastruktury adaptacyjnej, pracownicy pracują tak samo jak bez niej, ale kapitał fizyczny (czyli w istocie ich narzędzia pracy) są nieco rzadziej niszczone przez skutki ekstremalnych zjawisk klimatycznych.

Istotnym zagadnieniem z punktu widzenia finansowania adaptacji jest jej wpływ na dochody budżetu państwa. Z tego źródła finansowane są bowiem nie tylko projekty inwestycyjne mające na celu dostosowanie się do zmian klimatycznych, lecz również, w obliczu spadającego PKB, maleją dochody rządu. W tym kontekście niezwykle ważnym zadaniem jest zaprojektowanie efektywnego i skutecznego systemu wdrażania działań adaptacyjnych przy maksymalnym wykorzystaniu środków zewnętrznych. Przedstawione wyżej wyniki analiz dotyczą sytuacji, gdy adaptacja do zmian klimatu finansowana jest spadkiem innych wydatków rządowych – np. budowany jest zbiornik retencyjny zamiast drogi. W konsekwencji, w przypadku implementacji instrumentów adaptacji do zmian klimatu równie istotne jak sam ich wybór, jest znalezienie odpowiednich źródeł finansowania. Bliżej to zagadnienie omówiono w 14 rozdziale (Wnioski).

Korzyści i zagrożenia gospodarcze

Wdrożenie działań adaptacyjnych przyczyni się do ograniczenia wpływu negatywnych konsekwencji zmian klimatu na działalność człowieka głównie poprzez zmniejszenie strat finansowych związanych z usuwaniem skutków wywołanych zmianami klimatu, a także konsekwencji społecznych.

Podstawowym założeniem wyboru działań adaptacyjnych było zapewnienie ich pozytywnego oddziaływania, które w krótszym lub dłuższym okresie przynosić będzie korzyści poprzez ograniczenie skutków zmian klimatu oraz pozytywne oddziaływanie na inną działalność (efekty zewnętrzne) np. ograniczenie ryzyka zachorowań związanych z chorobami klimatozależnymi sprzyja ograniczeniu wydatków na leczenie, a zapewnienie drożności przepustów ogranicza skutki strat w infrastrukturze drogowej i kolejowej. Przykładem inwestycji, które służą zapobieganiu stratom wywołanych przez zjawiska ekstremalne i wpływają pozytywnie na gospodarkę są również działania infrastrukturalne, które podnoszą produktywność kapitału fizycznego poprzez zmniejszenie oczekiwanej stopy deprecjacji. Realizacja działań w infrastrukturze (budownictwo, sieć transportowa, zabezpieczenie przeciwpowodziowe, energetyka) uwzględniających długą perspektywę czasu życia takich inwestycji pozwoli uniknąć negatywnych konsekwencji zmian, jakie oczekiwane są w drugiej połowie wieku. W efekcie zwiększy to jej żywotność i ograniczy przyszłe koszty utrzymania. W perspektywie krótkookresowej wdrożenie działań adaptacyjnych pozwoli na lepsze wykorzystanie istniejącej infrastruktury i zapewnienie jej bezawaryjności. Nowe standardy budowlane zmniejszą energochłonność obiektów, a co za tym idzie może dojść do wyhamowania stale rosnącego zapotrzebowania na energię. Działania inwestycyjne z obszaru energetyki, takie jak modernizacja sektora energetycznego z uwzględnieniem działań adaptacyjnych zwiększą wydolność i gwarancję dostaw energii. Minimalizacja awaryjności sieci przełoży się na mniejsze koszty jej utrzymania. W pozytywny sposób wpływają na gospodarkę działania adaptacyjne mające na celu wdrożenie systemu monitoringu i systemów wczesnego ostrzegania w obszarze infrastruktury, rolnictwa oraz bioróżnorodności. Systemy tego typu z ekonomicznego punktu widzenia działają podobnie do infrastruktury przeciwpowodziowej – a więc oddziałują na produktywność kapitału fizycznego poprzez redukcję wartości oczekiwanej ewentualnych strat spowodowanych przez

ekstremalne zjawiska klimatyczne – szybsze powiadomianie i ostrzeżenie pozwala przygotować się do kataklizmu i dzięki temu ograniczyć szkody. Poza tym koszt tego typu narzędzi jest niewspółmiernie mały w stosunku do osiągniętych korzyści.

Korzyścią z wdrożenia działań jest tworzenie dodatkowego dobra publicznego, z którego mogą korzystać wszyscy ludzie. Adaptacja do zmian klimatycznych spełnia wszystkie kryteria określające dobro publiczne – to znaczy z jednej strony nie jest możliwe wyłączenie nikogo z jej konsumpcji, a z drugiej – skorzystanie z tego typu infrastruktury przez jedną osobą nie wyklucza użycia jej przez kogoś innego. Zarówno infrastruktura przeciwpowodziowa, jak również systemy monitoringu i wczesnego ostrzeżenia są dobrem publicznym, wpływającym na produktywność kapitału fizycznego. Jednakże w konsekwencji brak możliwości naliczania opłat za skorzystanie z niej powoduje, że podmiotom prywatnym nie opłaca się w nią inwestować i jej podaż jest suboptymalna.

Wdrożenie aktów legislacyjnych, oprócz ochrony obywateli przed podejmowaniem nadmiernego ryzyka dzięki rozszerzonej wiedzy, pozwoli na wyeliminowanie niedoskonałości rynku związanych z asymetrią informacji. Koszt wdrożenia działań legislacyjnych jest niewielki w porównaniu do działań infrastrukturalnych.

Korzyścią gospodarczą są również pozytywne efekty zewnętrzne działań adaptacyjnych rozumiane jako *win-win adaptation*. Zmniejszenie wodochłonności gospodarki przyczyni się bowiem do uzyskania wymiernych oszczędności finansowych. Przykładowo, wzrost ceny uprawnień do emisji może częściowo przekładać się na zwiększenie dochodów budżetu, ale również intensyfikuje bodźce do stosowania bardziej energooszczędnych technologii. W efekcie, rosną zarówno dochody budżetu, jak i prywatne nakłady na adaptację. Dodatkowo, oddziaływanie to można wzmocnić wykorzystując efekt dźwigni finansowej wynikający z wykorzystania pożyczek udzielanych przez organizacje międzynarodowe.

Polska dzięki wdrożeniu działań adaptacyjnych wykorzysta dostępne środki zewnętrzne. Pozytywny stosunek Komisji Europejskiej do działań adaptacyjnych sprawia, że przychylnym okiem patrzy ona na uwzględnienie tego typu inicjatyw w programach operacyjnych. Z kolei wielkie projekty infrastrukturalne mogą być współfinansowane z kredytów przyznawanych przez organizacje międzynarodowe, takie jak Europejski Bank Odbudowy i Rozwoju czy Międzynarodowy Fundusz Walutowy.

Korzyści i zagrożenia środowiskowe i społeczne

Pogodzenie wzrostu gospodarczego z dbałością o środowisko przyrodnicze jest warunkiem zrównoważonego rozwoju, dlatego wpływ działań adaptacyjnych należy rozważać nie tylko w odniesieniu do gospodarki kraju, ale również środowiska i społeczeństwa. Realizacja pakietów działań nie skutkuje wyjątkowymi zagrożeniami przyrodniczymi i społecznymi, powoduje głównie pozytywny wpływ i korzystnie oddziałuje na otoczenie.

Pomimo to ze szczególną ostrożnością należy realizować wszelkie działania inwestycyjne, a szczególnie te związane ze znaczącą ingerencją w środowisko np. w sektorze energetyki. Większość działań o dużej skali w tym sektorze rodzi spory dotyczące ochrony środowiska lub zdrowia ludzi.

W sektorze budownictwa i transportu zagrożenia dla środowiska mogą pojawić się, jeżeli uwarunkowania wynikające ze zmienionych warunków klimatycznych będą miały wyższy priorytet niż inne elementy środowiska. Budowa infrastruktury wymaga również rozwiązania poważnych problemów związanych z ochroną przyrody, takich jak: zachowanie bioróżnorodności, ingerencja w krajobraz, ochrona zasobów wodnych. Należy spodziewać się konfliktów z obszarami cennymi przyrodniczo i brać pod uwagę możliwość zajmowania siedlisk pod budowę zbiorników wodnych lub ich zniszczenie w wyniku nieprawidłowej modernizacji obiektów przeciwpowodziowych. Pomimo pewnych zagrożeń wdrożenie działań nie przyniesie

znaczących negatywnych efektów wpływających stan środowiska. Aby dodatkowo ograniczyć niepożądane rezultaty potrzeba dokładnego zaplanowania działań przy uwzględnieniu procedur oddziaływania na środowisko. Realizacja wszystkich działań inwestycyjnych powinna uwzględniać aspekty krajobrazowe. Korzyścią wynikającą z realizacji działań adaptacyjnych oprócz ochrony przed skutkami zmian klimatycznych jest lepsze wykorzystanie przestrzeni i ochrona gleb, wód i powietrza.

Aprobata społeczeństwa i jego chęć uczestnictwa w procesie realizacji działań adaptacyjnych jest jednym z elementów umożliwiających skuteczną ochronę ludności przed skutkami niekorzystnych zjawisk klimatycznych, i tym samym gwarantuje powodzenie procesu adaptacji. Z drugiej strony niechęć do adaptacji i nieprzyjazne nastawienie do organów odpowiedzialnych za wdrożenie działań (władz lokalnych, rządu) może opóźnić bądź nawet wstrzymać wdrożenie poszczególnych działań. Wynika to z faktu, że społeczeństwo stanowi grupę interesariuszy we wdrażaniu większości z zaproponowanych działań. Znacząca liczba zainteresowanych podmiotów powoduje trudności związane z pogodzeniem interesów wszystkich osób i rodzi wiele konfliktów. Wdrożenie działań adaptacyjnych wpłynie w większości przypadków pozytywnie na zachowania społeczne.

Ważną rolę pełni odpowiednie kształtowanie postaw społecznych poprzez edukację, ponieważ przyczyni się do rozszerzenia wiedzy o przyczynach, skutkach i sposobach zapobiegania zmianom klimatu. Ludność inwestuje na terenach szczególnie narażonych na zniszczenia, ponieważ jak pokazują badania, ma tendencję do niedoszacowania prawdopodobieństwa, jeżeli jest ono bardzo małe. Ponadto zmiany klimatyczne są procesem na tyle powolnym, że często są niedostrzegane i błędnie interpretowane przez ogół społeczeństwa, niechętny rezygnacji z części bieżącej konsumpcji na rzecz długofalowych i niepewnych korzyści. Psychologowie wskazują ponadto, że bieżące zyski często przekładane są nad długookresowe korzyści. Z tego powodu odpowiednie regulacje prawne i działania legislacyjne wdrożone w pakiecie działań adaptacyjnych pozwolą na ochronę ludności przed utratą mienia, zdrowia lub życia w wyniku ekstremalnych zjawisk atmosferycznych. Plany zagospodarowania przestrzennego uniemożliwiają budowę na terenach zalewowych są praktycznie bezpłatnym (z punktu widzenia władz lokalnych) sposobem ograniczenia strat spowodowanych przez ekstremalne zjawiska klimatyczne. Z drugiej strony, ich koszt jest ponoszony przez społeczności lokalne, które muszą się dostosować do wprowadzanych regulacji, charakteryzujących się ponadto pośrednimi efektami makroekonomicznymi. Zmniejszenie ilości dysfunkcji występujących w gospodarce oraz redukcja wydatków budżetów, tak prywatnych jak i publicznych, korzystnie przełoży się na poprawę warunków i jakości życia. Realizacja działań może zatem dodatnio wpłynąć na warunki bytowe społeczeństw.

Dostosowanie procesów społeczno-gospodarczych do warunków klimatycznych pomoże zmniejszyć i korzystnie przełożyć się na jakość życia i poprawę warunków funkcjonowania ludności poprzez poprawę dostępu do niezbędnych zasobów i ich lepszą jakość. Lepszy przepływ informacji o występujących zagrożeniach zwiększy poczucie bezpieczeństwa obywateli, i być może wpłynie na zdrowie mieszkańców zagrożonych obszarów. Działania mające na celu stymulowanie innowacji może, poprzez popularyzację dobrych praktyk, wpływać na sferę ekonomiczną ludności. Wpływ działań edukacyjnych na ludzi jest pozytywny i zgodny z ideą zrównoważonego rozwoju promująca aktywizację społeczeństwa, wzrost świadomości oraz akceptację podejmowanych decyzji.

Korzyścią dla społeczeństw są pozytywne efekty zewnętrzne. Przykładem może być budowla hydrotechniczna. Zbiorniki wodne, których nadrzędnym celem jest ochrona przeciwpowodziowa czy produkcja energii, mogą być wykorzystane do celów rekreacji. Podnoszą one atrakcyjność turystyczną, przyczyniając się do poprawy dobrobytu całej społeczności. Z drugiej strony, adaptacja podejmowana przez podmioty prywatne może charakteryzować się negatywnymi

efektami zewnętrznymi. Budowa wałów przeciwpowodziowych, która, choć redukuje ryzyko zalania w jednym miejscu, podnosi je w innym.

Wyższy poziom wiedzy społeczeństw przyczyni się do zachowań mających pozytywny wpływ na środowisko.

Jednym z najpopularniejszych narzędzi oceny polityki które pozwala na bliższe przyjrzenie się sytuacji Polski w obliczu wyzwań adaptacyjnych najbliższych dekad jest analiza SWOT (Tab. 10.1). Silne strony i słabe strony działań adaptacyjnych, podobnie jak szanse i zagrożenia są zdefiniowane na poziomie makroekonomicznym i są w istocie wspólne dla wszystkich narzędzi polityki.

Tab. 10.1. Analiza SWOT działań adaptacyjnych.

Silne strony	Słabe strony
<p>Struktury instytucjonalne zajmujące się przeciwdziałaniem i likwidowaniem skutków klęsk żywiołowych i ekstremalnych zjawisk pogodowych;</p> <p>Istnienie organizacji pozarządowych i innych lokalnych inicjatyw wspierających działania adaptacyjne i podnoszących świadomość społeczną dotyczącą konieczności dostosowania się do zmian klimatycznych;</p> <p>Plany adaptacji w innych krajach europejskich stanowiące wzorzec dla rozwoju tego typu działań w Polsce;</p>	<p>Brak scentralizowanego systemu zbierania danych o szkodach spowodowanych przez ekstremalne zjawiska klimatyczne;</p> <p>Przestarzała i zdekapitalizowana infrastruktura przeciwdziałania klęskom żywiołowym, niewystarczająca nawet do zabezpieczenia przed ekstremalnymi zjawiskami w obecnym klimacie;</p> <p>Niewielkie środki publiczne przeznaczone na działania adaptacyjne;</p> <p>Brak kompleksowych badań i analiz dotyczących skutków klęsk żywiołowych;</p> <p>Brak instytucji zajmującej się adaptacją w skoordynowany sposób;</p> <p>Brak woli politycznej do wdrażania działań adaptacyjnych i poświęcania nań środków finansowych;</p> <p>Niska świadomość społeczna dotycząca zmian klimatycznych i konieczności adaptacji;</p> <p>Funkcjonujące z społeczeństwie mity dotyczące zmian klimatu;</p> <p>Brak woli inwestowania prywatnych środków w działania adaptacyjne;</p> <p>Niedostrzeganie zagrożeń wynikających ze zmian klimatycznych i zwiększonego ryzyka ekstremalnych zjawisk klimatycznych.</p>
Szanse	Zagrożenia
<p>Adaptacja do zmian klimatycznych odgrywa coraz większą rolę w agendzie politycznej Unii Europejskiej, co pozwala na wykorzystanie funduszy strukturalnych;</p> <p>Wzrost roli mediów w kształtowaniu świadomości społecznej dotyczącej zmian klimatu i demaskowania mitów ich dotyczących;</p> <p>Możliwość wykorzystania systemu edukacji do kształtowania właściwych postaw wobec zmian klimatu i adaptacji;</p> <p>Rozbudowa europejskiej bazy wiedzy dotyczącej działań adaptacyjnych i możliwość wykorzystania doświadczeń krajów wysoko rozwiniętych;</p> <p>Wzrost atrakcyjności turystycznej rejonów, które zaadaptowały się do zmian klimatu;</p> <p>Wprowadzenie regulacji proadaptacyjnych na poziomie międzynarodowym (w ramach Unii Europejskiej) indukujące konieczność uwzględniania działań adaptacyjnych w polskim systemie prawnym.</p>	<p>Biurokracja utrudniająca skuteczne wdrażanie instrumentów polityki;</p> <p>Krótkowzroczność i populizm rządzących przedkładających natychmiastowy zysk nad długookresowe korzyści;</p> <p>Ryzyko wdrożenia niewłaściwych i nieprzemysłanych form adaptacji i marnotrawienie środków;</p> <p>Kryzys finansowy utrudniający pozyskanie środków budżetowych na działania adaptacyjne;</p> <p>Niechęć społeczeństwa do działań adaptacyjnych spowodowana względami psychologicznymi i niedocenianiem niewielkiego ryzyka;</p> <p>Dalszy rozwój i propagacja mitów dotyczących zmian klimatu i indukujących sceptyczne podejście społeczeństwa do działań adaptacyjnych.</p>

11. Zgodność działań adaptacyjnych w Polsce z priorytetami adaptacji w UE

W kwietniu 2013 r. Komisja Europejska przedstawiła pakiet składający się z dwóch części: Strategii UE dotyczącej adaptacji do zmian klimatu COM(2013) 216 final oraz powiązanej z nią Zielonej Księgi w sprawie ubezpieczeń od klęsk żywiołowych i katastrof spowodowanych przez człowieka COM(2013) 213 final. Strategia UE została uzupełniona dokumentami roboczymi Komisji Europejskiej:

1. Streszczenie oceny skutków SWD²⁰ (2013) 131 final
2. Ocena skutków Część I i II SWD (2013) 132 final
3. Adaptacja do zmian klimatu w strefie przybrzeżnej i morskiej SWD(2013) 133 final
4. Wytyczne dotyczące opracowania strategii adaptacyjnych SWD(2013) 134 final
5. Techniczne wytyczne dotyczące integracji programów i inwestycji adaptacyjnych do zmian klimatu w Polityce Spójności SWD(2013) 135 final
6. Wpływ adaptacji do zmian klimatu na zdrowie ludzi, zwierząt i roślin SWD(2013) 136 final
7. Dostosowanie infrastruktury do zmian klimatu SWD(2013) 137 final
8. Zmiany klimatu, degradacja środowiska naturalnego i migracje SWD(2013) 138 final
9. Zasady i zalecenia włączenia adaptacji do zmian klimatu do programów rozwoju obszarów wiejskich w latach 2014-2020 SWD(2013) 139 final

W czerwcu 2013 r. przedstawiono Konkluzje Rady na temat Unijnej Strategii Adaptacji, a w lipcu 2013 r. Komisja Europejska przedstawiła Zasady i zalecenia włączenia adaptacji do zmian klimatu do Europejskiego Funduszu Morskiego i Rybackiego na lata 2014-2020.

Strategia UE adaptacji do zmian klimatu

W świetle zachodzących zmian klimatu i wzrostu częstotliwości i intensywności ekstremalnych zjawisk pogodowych głównym celem Strategii UE adaptacji do zmian klimatu²¹ jest realizacja działań, czyniących Europę bardziej odporną na zmiany klimatu.

Strategia jest dokumentem, który nakreśla ramy i ukierunkowuje Europę na skuteczniejsze reagowanie na skutki zmian klimatu na poziomie UE i krajów członkowskich, a ponadto ustala terminarz działań na poziomie UE i krajów członkowskich w zakresie adaptacji do zmian klimatu. Strategia powinna stanowić podstawę do dialogu i współpracy UE z krajami sąsiadującymi oraz krajami rozwijającymi się w zakresie zagadnień związanych z adaptacją oraz wspierając również wysiłki międzynarodowe na rzecz adaptacji.

Celem ogólnym Unijnej Strategii jest skuteczne zwiększenie odporności Europy na zmiany klimatu ze szczególnym zwróceniem uwagi na współpracę transgraniczną i międzysektorami zintegrowanymi na poziomie UE w ramach wspólnej polityki.

Cel ogólny, jakim jest skuteczne zwiększenie odporności Europy na zmiany klimatu zostanie osiągnięty dzięki realizacji trzech celów cząstkowych:

- podejmowanie bardziej świadomych decyzji poprzez przyczynienie się do lepszego zrozumienia adaptacji do zmian klimatu, poprawy i poszerzenia wiedzy oraz lepszego rozpowszechniania informacji, zakładając że do roku 2020 uzupełnione zostaną luki w wiedzy o znaczeniu priorytetowym zidentyfikowane w 2013 r., a do roku 2020 zapewnienie decydentom państw członkowskich, władzom lokalnym i przedsiębiorstwom, łatwiejszego dostępu do informacji dotyczących adaptacji do zmian klimatu;

²⁰ SWD – Staff Working Document

²¹ <http://eur-lex.europa.eu/pl>

- zwiększenie odporności terytorium UE poprzez promowanie działań adaptacyjnych w krajach członkowskich UE oraz wspieranie wymiany doświadczeń oraz koordynację działań. Strategia zakłada, że do roku 2017 wszystkie kraje UE przyjmują strategie adaptacyjne uzupełnione w odpowiednich przypadkach regionalnymi lub lokalnymi strategiami, a do roku 2020 miasta mające ponad 150 000 mieszkańców przyjmują strategie adaptacyjne²².
- zwiększenie odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu poprzez opracowanie inicjatyw dotyczących spójnego i kompleksowego uwzględnienia kwestii adaptacyjnych do zmian klimatu w sektorach ściśle zintegrowanych na poziomie UE w ramach wspólnej polityki w tym do roku 2020, a zwłaszcza uwzględnienie kwestie związanych z adaptacją do zmian klimatu w kluczowych obszarach polityki UE w spójny i kompleksowy sposób oraz zwiększenie odporności nowych dużych inwestycji infrastrukturalnych na zmiany klimatu.

Proponowane działania adaptacyjne powinny być korzystne zarówno dla gospodarki, jak i skutecznie zapobiegać wpływowi zmian klimatu oraz powinny być realizowane w kolejności ważności, skuteczności i kosztów. Działania muszą wspierać zrównoważony wzrost gospodarczy i zachęcać do tworzenia miejsc pracy, w szczególności w takich sektorach jak: budownictwo, gospodarka wodna, ubezpieczenia, technologie rolnicze oraz gospodarowanie ekosystemami. Strategia zachęca zakłady ubezpieczeniowe do usprawnienia zarządzania i uwolnienia pełnego potencjału wyceny ubezpieczeń i innych produktów finansowych.

W Strategii wskazano trzy kluczowe wytyczne stanowiące podstawę do jej wdrażania:

- 1) Wspieranie działań w tworzeniu kompleksowej strategii adaptacyjnej w krajach UE;
- 2) Intensyfikacja rozwijania bazy wiedzy;
- 3) Wspieranie adaptacji na szczeblu UE w kluczowych sektorach podatnych na zagrożenia.

W ramach pierwszej kluczowej wytycznej, UE wyznaczyła trzy działania, tj.:

- zachęcenie do przyjęcia kompleksowych strategii adaptacyjnych;
- zapewnienie finansowania w ramach LIFE, aby pomóc w budowaniu w krajach UE potencjału oraz przyspieszenia tempa działań adaptacyjnych w Europie (2013-2020);
- wsparcie działań adaptacyjnych w miastach na podstawie inicjatywy Porozumienie Burmistrzów (2013/2014).

Dруга wytyczna wyznacza dwa zadania

- wypełnienie luk nt. wiedzy w zakresie adaptacji do zmian klimatu, które powinny być stopniowo wypełniane, a które odnoszą się do kosztów i korzyści związanych z adaptacją, lokalnych i regionalnych analiz i ocen ryzyka, ram, modeli i narzędzi wspierających proces decyzyjny, monitorowania i oceny dotychczasowych działań adaptacyjnych
- dalszy rozwój platformy informacyjnej Climate-ADAPT;
- oraz definiuje podstawowe luki w wiedzy,

W ramach trzeciej kluczowej wytycznej UE wyznaczyła trzy działania:

- uwzględnienie kwestii adaptacji do zmian klimatu we wspólnej polityce rolnej (WPR), Polityce Spójności i wspólnej polityce rybołówstwa,
- zapewnienie bardziej odpornej infrastruktury,

²² Summary of the Impact Assessment SWD(2013) 131 final

- promowanie ubezpieczeń i innych produktów finansowych w celu zapewnienia inwestycji i decyzji handlowych odpornych na zmiany klimatu.

Zagadnienia adaptacji zostały już włączone do prawodawstwa i instrumentów polityki w dziedzinach:

- wody morskie (dyrektywa 2008/56 i rozporządzenie 1255/2011),
- leśnictwo (rozporządzenie 2152/2003),
- transport (decyzja 661/2010)
- wody śródlądowe COM (2012) 673,
- różnorodność biologiczna COM (2011) 244,
- migracja i mobilność ludności COM (2011) 743.

Ponadto Komisja przedstawiła wnioski legislacyjne w sprawie uwzględnienia kwestii adaptacji do zmian klimatu w dziedzinach rolnictwa i leśnictwa²³, planowania przestrzennego, obszarów morskich oraz zintegrowanego zarządzania strefą przybrzeżną, energetyki, zapobiegania klęskom żywiołowym i zarządzania ich ryzykiem, transportu, badań naukowych, zdrowia²⁴, środowiska. Komisja przewiduje uwzględnienie kwestii adaptacji do zmian klimatu w dziedzinach takich, jak: inwazyjne gatunki obce (2013 r.), zielona infrastruktura (2013 r.), nowa strategia leśna (2013 r.) oraz grunty jako zasoby (2014-2015).

Komisja zamierza ułatwiać koordynację polityki i dążyć do współpracy z krajami UE w ramach istniejącego Komitetu ds. Zmian klimatu oraz prowadzić konsultacje i współpracę z zainteresowanymi stronami w celu zapewnienia odpowiedniej i terminowej realizacji Strategii. Natomiast do zadań krajów członkowskich należy będzie m.in. wyznaczenie krajowych punktów kontaktowych do końca 2013 r. w celu koordynacji komunikacji między nimi i Komisją oraz prowadzenie działań informacyjnych i sprawozdawczych.

W Strategii podkreślono konieczność lepszego dostępu do finansowania w celu wsparcia krajów UE, regionów i miast w odniesieniu do inwestowania w programy i projekty adaptacyjne (przede wszystkim w ramach priorytetów inwestycyjnych dotyczących adaptacji w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (EFRR) i Funduszu Spójności (FS)).

Projekt wieloletnich ram finansowych (MFF) na lata 2014-2020²⁵ zawiera propozycję zwiększenia wydatków związanych z klimatem do przynajmniej 20% budżetu UE. Priorytetem będzie wspieranie przejścia na gospodarkę niskoemisyjną we wszystkich sektorach, promowanie adaptacji do zmian klimatu, ochrona środowiska naturalnego, a także promowanie zrównoważonego transportu i usuwanie niedoborów przepustowości w działaniu najważniejszych infrastruktur sieciowych. Ponadto Komisja uwzględniła adaptację do zmian klimatu w swoich wnioskach dotyczących wszystkich właściwych programów finansowania UE na lata 2014-2020 tj. europejskich funduszy strukturalnych i inwestycyjnych, Programu „Horyzont 2020” oraz Programu LIFE.

Ponadto Strategia wspierana²⁶ jest również przez:

- międzynarodowe instytucje finansowe, takie jak: Europejski Bank Inwestycyjny²⁷ i Europejski Bank Odbudowy i Rozwoju,

²³ http://ec.europa.eu/agriculture/cap-post-2013/legal-proposals/index_en.htm

²⁴ http://ec.europa.eu/governance/impact/planned_ia/docs/2013_sanco_002_eu_plant_health_law_en.pdf

²⁵ Multiannual Financial Framework for 2014-2020. Zmieniony wniosek Rozporządzenie Rady określające wieloletnie ramy finansowe na lata 2014–2020 COM(2012)388. Źródło: http://europa.eu/eu-law/legislation/index_pl.htm

²⁶ Platforma Climate-ADAPT udostępnia informacje na temat źródeł finansowania.

²⁷ Europejski Fundusz Inwestycyjny (EFI) ustanowiono w 1994 roku, by służył pomocą małym i średnim przedsiębiorstwom (MŚP). Jego większościowym udziałowcem jest Europejski Bank Inwestycyjny.

- fundusze specjalne (w tym krajowe) i publiczne instytucje finansowe wspierające działania adaptacyjne, np. w zakresie kontroli zagrożenia powodziowego i postępowania w przypadku suszy,
- europejski system handlu uprawnieniami do emisji EU ETS (kraje UE mogą korzystać z przychodów ze sprzedaży na aukcji jako źródła wsparcia finansowego na rzecz adaptacji).

Komisja opracuje wskaźniki, które będą mogły być pomocne przy ocenie działań adaptacyjnych, a w 2017 r. przedstawi sprawozdanie dla Parlamentu Europejskiego i Rady na temat stanu wdrożenia strategii i w razie potrzeby przedstawi wniosek dotyczący jej przeglądu. Sprawozdanie będzie opierać się na informacjach dostarczonych przez kraje UE oraz na rocznych sprawozdaniach z realizacji programów finansowanych w ramach europejskich funduszy strukturalnych i inwestycyjnych na lata 2014-2020 i na 5. raporcie IPCC.

Pozostałe dokumenty wspierające Strategię adaptacyjną UE

Zielona Księga w sprawie ubezpieczeń od klęsk żywiołowych i katastrof spowodowanych przez człowieka²⁸. Głównymi celami dokumentu są:

- wzmocnienie gotowości Europy na wypadek klęsk żywiołowych i katastrof spowodowanych przez człowieka;
- rozpropagowanie ubezpieczenia jako narzędzia zarządzania kryzysowego;
- ułatwienie wprowadzenia zmian służących stworzeniu ogólnej kultury zapobiegania klęskom żywiołowym i ograniczeniu ryzyka klęsk żywiołowych.

Adaptacja do zmian klimatu w strefie przybrzeżnej i morskiej²⁹. Celem dokumentu jest przegląd głównych skutków zmian klimatu w strefach przybrzeżnych i morskich nie tylko biorąc pod uwagę wpływ ich na środowisko, ale także na sektory gospodarki i sprawy społeczne. Dokument uwypukla działania UE w kierunku adaptacji do skutków zmian klimatu w strefach przybrzeżnych i rozwiązania morskich problemów, a także wskazuje potrzebę dalszych wysiłków, w szczególności dotyczących uzupełnienia wiedzy w zakresie adaptacji.

Wytyczne dotyczące opracowania strategii adaptacyjnych. Wytyczne zostały opracowane jako sześć etapów wsparcia procesu adaptacji do zmian klimatu na szczeblu krajowym:

- 1) Przygotowanie założeń do opracowania strategii adaptacji;
- 2) Ocena zagrożeń i wrażliwości na zmiany klimatu;
- 3) Określenie opcji adaptacyjnych;
- 4) Ocena opcji adaptacyjnych;
- 5) Wdrożenie;
- 6) Monitorowanie i ocena.

Etap pierwszy to wprowadzenie kluczowych elementów istotnych dla zbudowania podstaw udanego procesu adaptacji. Pozostałe pięć etapów należy uznać za ściśle powiązane ze sobą fazy. W wytycznych uwzględniono m.in. takie zagadnienia jak: problemy transgraniczne i potrzebę zapewnienia spójności z krajowymi planami zarządzania ryzykiem związanym z klęskami żywiołowymi. Strategia definiuje krótkie wskazówki dla każdego z tych etapów. SPA 2020 została przygotowana zgodnie z czterema pierwszymi etapami. Etap czwarty zakończy się w momencie przyjęcia strategii przez Rząd. Etap piąty jest częściowo wypełniony w zakresie powiązania SPA 2020 z krajowymi dokumentami strategicznymi.

²⁸ <http://eur-lex.europa.eu/pl>

²⁹ Nawiązuje do dokumentu Wpływ zmian klimatu na gospodarkę wodną, obszary przybrzeżne i morskie towarzyszącemu Białej Księdze (Climate Change and Water, Coasts and Marine Issues SEC/ 2009/ 0386) – patrz Wstęp.

Kolejnym zadaniem powinno być opracowanie planu wdrażania zidentyfikowanych działań. W ramach etapu szóstego określone zostały wskaźniki monitorowania i wskazane niezbędne działania legislacyjne.

Techniczne wytyczne dotyczące integracji programów i inwestycji adaptacyjnych do zmian klimatu w Polityce Spójności. Polityka Spójności w ramach tego dokumentu odnosi się do trzech funduszy: Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego (EFRR), EFS Europejski Fundusz Społeczny (EFS) i Funduszu Spójności (FS). Wytyczne dotyczą przede wszystkim okresu programowania na lata 2014-2020 Polityki Spójności dla realizacji projektów i programów finansowanych ze środków tej polityki. Zaproponowane rozporządzenia dotyczące europejskich funduszy strukturalnych i inwestycyjnych na lata 2014-2020 odzwierciedlają rosnące ryzyko związane ze zmianami klimatu i koniecznością adaptacji do tych zmian. Przepisy uwzględniają zmiany klimatu w ramach zasady zrównoważonego rozwoju, a 20% całego budżetu UE, będzie obejmować wydatki na adaptację.

Jeden z jedenastu celów tematycznych przeznaczenia środków Polityki Spójności dotyczy zmian klimatu. Celem wytycznych jest pomoc ekspertom ds. adaptacji, instytucjom zarządzającym i innym zainteresowanym stronom, tak aby programy i projekty Polityki Spójności uwzględniały wpływ zmian klimatu i działania ograniczające zagrożenia związane z klimatem.

Przedmiotowe wytyczne zostały pomyślane jako instrukcja, zawierająca porady, metody, wskazówki i przykłady, co robić na każdym etapie, aby wspierać adaptację i wykorzystać dostępne im narzędzia prawne i polityczne. Dostarczają informacji o możliwościach technicznych odnoszących się do różnych sektorów.

W załącznikach do wytycznych podano m.in. przykłady wskaźników zmian klimatu w programach operacyjnych 2007-2013 oraz przykłady projektów dotyczących zmian klimatu w ramach Polityki Spójności w latach 2007-2013.

Wpływ adaptacji do zmian klimatu na zdrowie ludzi, zwierząt i roślin. W dokumencie przedstawiono narzędzia do działania w kontekście wpływu zmian klimatu na zdrowie:

- ludzi poprzez wzmocnienie roli Komitetu Ochrony Zdrowia, wzmocnienie wczesnego ostrzegania i reagowania (EWRS), rozwiązywanie problemów związanych z poważnym transgranicznym zagrożeniem dla zdrowia³⁰;
- zwierząt odnoszące się do ratownictwa w sytuacji ognisk chorób zwierząt, nowego prawa UE dotyczącego zdrowia zwierząt, badania szczególnych warunków zdrowia zwierząt współfinansowane przez Komisję Europejską;
- roślin w zakresie nowego prawa UE dotyczącego zdrowia roślin (2013 rok) oraz materiału reprodukcyjnego roślin (2013 rok).

Dostosowanie infrastruktury do zmian klimatu. W dokumencie podkreślono wpływ zmian klimatu na infrastrukturę uwzględniając m.in. aspekty terytorialne miast i obszarów miejskich, obszarów przybrzeżnych, regionów górskich, regionów najbardziej oddalonych oraz na sektory: infrastruktury transportowej, infrastruktury energetycznej oraz budynków i konstrukcji budowlanych.

Zmiany klimatu, degradacja środowiska naturalnego i migracje. Dokument dokonuje przeglądu badań i danych dostępnych obecnie dot. wzajemnych powiązań między migracją, degradacją środowiska naturalnego i zmianami klimatu. Omawia wiele inicjatyw, mających istotne znaczenie dla tematu, które są już podejmowane przez UE w różnych dziedzinach polityki. Przedstawia szeroko migrację w kontekście zmian klimatu zwracając szczególną

³⁰ CEHAPIS – Climate, Environment and Health Action Plan Information System
http://ec.europa.eu/health/indicators/other_indicators/environment/index_en.htm

uwagę na: zmianę w środowisku jako czynnika migracji, wrażliwe obszary i potencjalne wyniki migracji czy też bazę wiedzy dot. tego zagadnienia. W rozdziale poświęconemu adaptacji jako sposobowi na zmniejszenie przemieszczenia zwrócono uwagę na zagadnienia zwiększania odporności na naturalne zagrożenia oraz zmiany klimatu i degradację środowiska naturalnego

Zasady i zalecenia włączenia adaptacji do zmian klimatu do programów rozwoju obszarów wiejskich w latach 2014-2020. W dokumencie omówiono m.in. zagadnienie włączenia adaptacji do zmian klimatu do reformy wspólnej polityki rolnej (WPR) przedstawiając propozycje reformy obecnej WPR - COM(2011)628/3³¹, COM(2012)93³² oraz zasady sterowania rozwojem i wdrażanie programów rozwoju wsi na lata 2014-2020 dla realizacji celów adaptacji.

We wniosku Komisji dotyczącym rozporządzenia (COM(2011)627) określającego wieloletnie ramy finansowe na lata 2014-2020 określono ramy budżetowe i główne kierunki wspólnej polityki rolnej (WPR), której główne cele to: 1) rentowna produkcja żywności; 2) zrównoważone gospodarowanie zasobami naturalnymi i działań na rzecz klimatu; oraz 3) zrównoważony rozwój terytorialny.

Identyfikacja zgodności proponowanych działań adaptacyjnych w Polsce z priorytetami UE

Analizę i ocenę zgodności proponowanych działań adaptacyjnych z priorytetami UE przedstawiono w postaci tabeli, która została zamieszczona na końcu dokumentu w załączniku 4. Analiza uwzględnia stan na 16 sierpnia 2013 r.

Z przeprowadzonych analiz wynika, że działania adaptacyjne zidentyfikowane jako niezbędne do wdrożenia w ramach Strategicznego Planu Adaptacji są zgodne z polityką i strategiami Unii Europejskiej.

12. Obserwacje i system ostrzegania

Obserwacje i pomiary

Obserwacje i pomiary stanowią podstawę do monitorowania zmian klimatu i ich skutków w systemie przyrodniczym. Istotą prawidłowych obserwacji i pomiarów jest prowadzenie ich jednolitą metodą, według międzynarodowych standardów, w wielu miejscach i w określonych przedziałach czasowych. Pozwala to na globalną wymianę danych, na podstawie których można opracować różnego rodzaju statystyki. Rozbudowa sieci pomiarowo-obserwacyjnej pozwala na zwiększenie ilości uzyskiwanych informacji i prowadzi do lepszego odwzorowania stanu aktualnego, stanowi punkt wyjścia do dalszych prognoz.

Obserwacje i pomiary, których wyniki są wykorzystywane do monitorowania zmian klimatu i wpływu tych zmian na sektory obejmują:

- pomiary i obserwacje meteorologiczne stanu atmosfery i klimatu;
- pomiary i obserwacje hydrologiczne ilości i jakości zasobów wodnych wód powierzchniowych i podziemnych oraz pokrywy śnieżnej;
- pomiary i obserwacje oceanograficzne;
- programy monitorowania zmian w powierzchni ziemi i biosfery;

³¹ COM(2011)628/3 Wniosek Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie finansowania wspólnej polityki rolnej, zarządzania nią i monitorowania jej.

³² COM(2012)93 Wniosek Decyzja Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie zasad rozliczania i planów działania dotyczących emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych w wyniku działalności związanej z użytkowaniem gruntów, zmiany użytkowania gruntów i leśnictwem.

- obserwacje i pomiary satelitarne prowadzone w ramach systemu Światowej Organizacji Meteorologicznej i programu Copernicus (Globalny monitoring środowiska i bezpieczeństwa) obejmujące wszystkie elementy systemu Ziemi.

Główną rolę w procesie monitoringu odgrywa Państwowa Służba Hydrologiczno Meteorologiczna (PSHM) w IMGW-PIB, która prowadzi pomiary, obserwacje i badania podstawowych elementów klimatycznych w zakresie atmosfery, wód i Morza Bałtyckiego. System obserwacyjno-pomiarowy IMGW-PIB pokrywa obszar całego kraju. Obserwacje wód podziemnych prowadzone są przez Państwową służbę hydrogeologiczną w Państwowym Instytucie Geologicznym-PIB (PIG-PIB).

Sieci pomiarowe obu służb są uzupełniane pomiarami prowadzonymi przez wiele uniwersytetów i instytutów badawczych, które koncentrują się albo na wąskich aspektach zmian klimatu (np. zmiany w lasach – Instytut Badawczy Leśnictwa) albo na zmianach regionalnych (Stacja w Puszczy Boreckiej – Instytut Ochrony Środowiska-PIB na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska).

W ramach międzynarodowych programów badawczych tj. IGBP (International Geosphere-Biosphere Programme), WCRP (World Climate Research Program) GCOS (Global Climate Observing System) i in. zbierane są informacje i dane o wszystkich podsystemach globalnego systemu środowiska. W programach tych uczestniczy wiele instytucji naukowych z całego kraju.

Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego

Odrębne źródło informacji o stanie i zmianach podstawowych elementów środowiska w tym także klimatu, stanowi Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego (ZMŚP), który jest realizowany na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska (PMS). ZMŚP ma na celu rejestrację i analizę krótko i długookresowych zmian zachodzących w systemach ekologicznych małych zlewni pod wpływem zmian klimatu, zanieczyszczeń i innych przejawów ingerencji człowieka.

Program jest realizowany przez sieć 9 Stacji Bazowych na podstawie uzgodnionego programu badań.

Meteorologiczne systemy obserwacyjne

W Polsce obserwacje i pomiary w ramach globalnego systemu sieci obserwacji meteorologicznych i klimatycznych wykonuje PSHM IMGW-PIB. Działania te są prowadzone na 1259 punktach pomiarowych na terenie całego kraju. Cała sieć realizuje program pomiarowo-obserwacyjny zgodny ze standardami World Meteorological Organization (WMO, Światowa Organizacja Meteorologiczna) i obejmuje stacje meteorologiczne i klimatologiczne, opadowe, pomiarów górnych warstw atmosfery, sieć radarową, wyładowań atmosferycznych i odbioru danych satelitarnych. Sieć obserwacyjna jest wzbogacona siecią aktynometryczną.

Oceaniczne systemy obserwacji

Badania środowiska morskiego polskiej strefy Morza Bałtyckiego są realizowane przez wiele instytucji IMGW-PIB, Morski Instytut Rybacki, Instytut Oceanologii PAN, Uniwersytet Gdański i Instytut Morski. IMGW-PIB w Gdyni, który prowadzi monitoring strefy głębokomorskiej na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska w ramach PMS. Badania środowiska morskiego polskiej strefy Morza Bałtyckiego i na morzu są realizowane wspólnie IMGW-PIB z Morskim Instytutem Rybackim wykorzystując morski statek badawczy r/v Baltica oraz specjalną jednostkę pływającą „Littorina”. Badania monitoringowe strefy przybrzeżnej, zatok i zalewów Morza Bałtyckiego są realizowane od

2007 r. przez Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska (WIOŚ). W ramach programu obok obserwacji meteorologicznych wykonuje się pomiary parametrów fizycznych (temperatura wody morskiej, zasolenie, prądy morskie), parametrów chemicznych (stężenie tlenu, zawartość biogenów, metali ciężkich, związków organicznych) oraz parametrów biologicznych i zawartości radionuklidów. Program badań dostosowywany jest do wymogów Ramowej Dyrektywy strategii Morskiej (MSFD).

Systemy obserwacji powierzchni Ziemi

System obserwacji Lądowych Istotnych Zmiennych Klimatycznych obejmuje następujące komponenty: hydrologię (GTN-H), przepływy (GTN-R), jeziora (GTN-L), lodowce (GTN-G), wieczną zmarzlinę (GTN-P). W ramach GTN-H IMGW-PIB prowadzi pomiary poziomu wody na 893 stanowiskach śródlądowych.

Podstawowy zakres pomiarowy obejmuje obserwację stanu wody, zjawisk lodowych i grubości pokrywy lodowej, zarastania koryta rzeki roślinnością oraz ewentualną rejestrację dobowego przebiegu stanu wody i pomiar temperatury wody (na ponad 210 stanowiskach). Gęstość sieci pomiarów hydrologicznych jest zależna od stopnia zagrożenia danego terenu powodzią. Z tego względu jest ona zdecydowanie większa na południu kraju. Grubość pokrywy śnieżnej jest wyznaczana na 1314 stanowiskach w Polsce. Na wielu stacjach poza codziennymi pomiarami grubości pokrywy śnieżnej wyznacza się gęstość pokrywy śnieżnej w formie wodnego ekwiwalentu ($\text{mm H}_2\text{O/cm}$ grubości pokrywy).

Sieć hydrologicznych pomiarów śródlądowych uzupełniają pomiary limnologiczne (GTN-L) prowadzone na 15 jeziorach rozmieszczonych w północnej i zachodniej części kraju. Pomiary te dotyczą bilansu wodnego monitorowanych jezior. Na wszystkich jeziorach włączonych do sieci limnologicznej prowadzone są pomiary dopływu i odpływu. Dodatkowo, na trzech z nich prowadzone są pomiary parowania z powierzchni jeziora. W przypadku niektórych jezior składowe bilansu wodnego są wyznaczane systematycznie od początku lat sześćdziesiątych XX w. Ponadto na niektórych jeziorach prowadzone są pomiary temperatury wody powierzchniowej lub w przekroju pionowym, oraz okresowo ustalana jest przezroczystość wody oraz jej jakość.

Satelitarne systemy obserwacji klimatu

Badania w zakresie wykorzystania produktów satelitarnych w meteorologii (obecnie operacyjnie na potrzeby prognoz hydrologicznych i meteorologicznych: Land-SAF) i pośrednio w klimatologii prowadzone są w Ośrodku Teledetekcji Satelitarnej IMGW-PIB w Krakowie. Ośrodek posiada stację odbioru i przetwarzania danych satelitarnych, która pozwala na korzystanie z kilkunastu satelitów systemów geostacjonarnych i okołobiegunowych. Archiwum obrazów satelitarnych w formie zdjęć fotograficznych z wcześniejszych fotorejestratorów (METEOSAT i NOAA) oraz surowe dane satelitarne są od 1987 r. gromadzone w postaci cyfrowej, co pozwala na przetwarzanie ich do finalnych produktów przy wykorzystaniu dowolnej metody. Badania satelitarne prowadzone są także w Centrum Badań Kosmicznych PAN.

System ostrzegania

System ostrzegania i powiadamiania o zagrożeniach związanych ze zjawiskami klimatycznymi jest elementem ogólnopolskiego systemu zarządzania kryzysowego i podlega takim samym zasadom jak pozostałe zagrożenia. Specyfika tego systemu polega na zbieraniu i przekazywaniu informacji i ostrzeżeń, co stanowi element początkowej fazy systemu zarządzania tzw. fazy zapobiegania. Faza ta polega na realizacji przedsięwzięć mających na celu zredukowanie prawdopodobieństwa lub całkowite wykluczenie możliwości wystąpienia sytuacji kryzysowych albo w znacznym stopniu ograniczających ich skutki. Do działań z zakresu tej fazy zaliczamy wykonywanie analiz zagrożeń i ocenę wrażliwości poszczególnych

elementów infrastruktury krytycznej, edukację społeczeństwa w zakresie przeciwdziałania zagrożeniom, a także przygotowanie odpowiednich osób i procedur dla sprawnej koordynacji działań w wypadku wystąpienia sytuacji kryzysowej. Ta faza jest jedną z najważniejszych w kontekście ograniczania wysokości strat finansowych generowanych przez zjawiska klimatyczne, niestety jest ona także jednym z najbardziej niedocenianych i zaniedbywanych elementów zarządzania kryzysowego.

Z punktu widzenia adaptacji do zmian klimatu system ostrzegania ogranicza się jedynie do fazy zapobiegania. Jednak pozostałe fazy zarządzania kryzysowego (przygotowanie, reagowanie, odbudowa) również określają działania w przypadku pojawienia się zagrożeń klimatycznych.

W tabeli poniżej (Tab. 12.1) zaprezentowano zestawienie zadań uczestników zarządzania kryzysowego dla fazy zapobiegania w formie siatki bezpieczeństwa. Organ wiodący koordynuje działania wszystkich organów systemu zarządzania kryzysowego tak, aby uzyskać maksymalny efekt skuteczności. Podmioty wspomagające odpowiadają za uruchomienie i skierowanie do działań na rzecz podmiotu wiodącego wszystkich dostępnych sił, środków i usług będących w dyspozycji organów i jednostek organizacyjnych podległych lub nadzorowanych.

Tab. 12.1. Zadania i obowiązki uczestników zarządzania kryzysowego w formie siatki bezpieczeństwa dla fazy zapobiegania.

Zdarzenie kryzysowe	MSW	MAC	MZ	MŚ	MTBIGM	MRIRW	MON	MPiPS	MG	MF	MSP	MIEN/ MNIŚW	MRR	MSZ	Rada Ministrów	Wojewoda
Powódź																s
Silne mrozy i opady śniegu																s
Huragany																
Wielkoobszarowe pożary lasów																stara
Osuwiska																stara/s
Susza/upały																s

Źródło: Krajowy Plan Zarządzania Kryzysowego..., 2013

Tab. 12.2. Objaśnienia do tabeli 12.1.

	Organ wiodący
	Organ wspomagający
s	Zadania realizowane przez samorząd terytorialny

Role organu wiodącego w przypadku trzech rodzajów zagrożenia – powodzi, pożarów i susz pełni resort środowiska, natomiast za zapobieganie powstawaniu osuwisk odpowiada Ministerstwo Administracji i Cyfryzacji. Ministerstwo Transportu Budownictwa i Gospodarki Morskiej przeciwdziała powstawaniu szkodom wywołanym przez huragany, a ochronę w przypadku silnych mrozów zapewnia samorząd terytorialny.

Ujęte w siatce bezpieczeństwa organy zarządzania kryzysowego mają możliwość zapobiegania powstawaniu szkód, jeżeli współdziałają z podległymi im instytucjami, które realizują funkcje monitorowania, ostrzegania lub alarmowania w zależności od rodzaju zagrożenia.

Tab. 12.3. Funkcje instytucji w przypadku wystąpienia zagrożenia nadzwyczajnym zjawiskiem związanym z warunkami klimatycznymi

Zagrożenie	Funkcje		
	Monitorowanie	Ostrzeganie	Alarmowanie
Hydrologiczno-Meteorologiczne	Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej-PIB Regionalne Zarządy Gospodarki Wodnej Wojewódzkie Zarządy Melioracji i Urzędzeń Wodnych - podmioty wspierające	Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej-PIB Regionalne Zarządy Gospodarki Wodnej Wojewódzkie Zarządy Melioracji i Urzędzeń Wodnych	Centra Zarządzania Kryzysowego
Osuwiska	Starosta Państwowy Instytut Geologiczny-PIB	Starosta Państwowy Instytut Geologiczny-PIB	Centra Zarządzania Kryzysowego
Požary	Państwowa Straż Pożarna PGL Lasy Państwowe Instytut Badawczy Leśnictwa	Państwowa Straż Pożarna	Centra Zarządzania Kryzysowego

Źródło: Krajowy Plan Zarządzania Kryzysowego..., 2013

Za funkcjonowanie oficjalnego polskiego systemu monitoringu i ostrzegania o zagrożeniach wynikających z przyczyn klimatycznych, w tym za przekazywanie ostrzeżeń z odpowiednim wyprzedzeniem odpowiada przede wszystkim IMGW-PIB. Służy temu System Monitoringu i Osłony Kraju (SMOK). Opiera się on na:

- systemie obserwacyjno-pomiarowym (w tym systemie radarów POLRAD oraz czujników PERUN);
- systemie teleinformatycznym;
- systemie Obsługi Klienta (SOK);
- systemie przetwarzania danych, prognozowania i ostrzegania.

Z punktu widzenia potrzeb adaptacji najbardziej istotny jest System Obsługi Klienta, który służy do dystrybucji danych i produktów IMGW-PIB poprzez Internet i media do masowego odbiorcy. Informacja przekazywana jest również odbiorcom specjalizowanych prognoz o znaczeniu gospodarczym (transport, rolnictwo itp.), a także społeczeństwu i organom odpowiedzialnym za bezpieczeństwo narodowe w przypadku zbliżających się groźnych zjawisk.

PSHM oraz Państwowa służba do spraw bezpieczeństwa budowli piętrzących dzięki systemowi pomiarowo-obszaryjnemu kontroluje sytuację hydrologiczno-meteorologiczną. Zebrane informacje przekazuje istniejącemu w IMGW-PIB Centrum Nadzoru Operacyjnego PSHM (składającemu się z Centralnego Biura Prognoz Meteorologicznych, Centralnego Biura Prognoz Lotniczych, Centralnego Biura Prognoz Hydrologicznych). Centrum w przypadku zagrożenia przygotowuje raporty dla Rządowego Centrum Bezpieczeństwa, komunikaty i ostrzeżenia udostępniane na serwisach internetowych, a także informacje o ostrzeżeniach, które wysyła poprzez SMS na zasadach komercyjnych. Centrum Nadzoru Operacyjnego odpowiada za ocenę sytuacji i poinformowanie Centrów Zarządzania Kryzysowego o zbliżającym się niebezpieczeństwie.

Centra Zarządzania Kryzysowego funkcjonują na każdym poziomie samorządowym tzn. gminnym, powiatowym i wojewódzkim. Na szczeblu krajowym, zarządzanie kryzysowe jest koordynowane przez Rządowe Centrum Bezpieczeństwa (RCB) oraz Rządowy Zespół Zarządzania Kryzysowego (RZZK). Wszystkie poziomy zarządzania mają przypisane odpowiednie zadania, poziom lokalny (gminny i powiatowy oraz częściowo wojewódzki) mają przede wszystkim zadania wykonawcze, natomiast poziomy wojewódzki a zwłaszcza

centralny spełniają rolę koordynującą. Do Rządowego Centrum Bezpieczeństwa spływają wszystkie raporty o nieprawidłowościach bądź awariach od każdego organu monitorującego na każdym szczeblu zarządzania kryzysowego. Zadania zarządzania kryzysowego na obszarze województwa koordynuje Wojewódzkie Centrum Zarządzania Kryzysowego, na terenie powiatu działa Powiatowe Centrum Zarządzania Kryzysowego. W celu operatywnego kierowania realizacją zadań z zakresu zarządzania kryzysowego wójt, burmistrz, prezydent miasta może powoływać nieetatowe Gminne (Miejskie) Centra Zarządzania Kryzysowego (GCZK) (*Krajowy Plan Zarządzania Kryzysowego...*, 2013)

W zależności od rangi lub skali zagrożenia, każdorazowo po otrzymaniu ostrzeżenia, alarmowanie realizowane jest na poszczególnych szczeblach wykonawczych. W wypadku wystąpienia sytuacji kryzysowej organ, który ją wykrył, musi powiadomić o tym niższy i wyższy szczebel zarządzania kryzysowego wraz z przedłożeniem raportu dotyczącego działań, które zostały przedsięwzięte, aby wyeliminować skutki zdarzenia.

Oprócz IMGW-PIB udział w monitorowaniu i ostrzeganiu przez zagrożeniami hydrologicznymi biorą Regionalne Zarządy Gospodarki Wodnej (RZGW), które zbierają informacje o zagrożeniach zbiorników wodnych przez nie administrowanych oraz o zjawiskach lodowych na rzekach (*Krajowy Plan Zarządzania Kryzysowego...*, 2013). RZGW w czasie zagrożenia prowadzi całodobowe dyżury i sporządza na bieżąco informacje dla właściwego Centrum Zarządzania Kryzysowego. Wojewódzkie Zarządy Gospodarki Wodnej (WZGW) odpowiadają za utrzymanie oraz monitoring stanu technicznego urządzeń melioracji wodnych i podstawowych i ostrzegają o zagrożeniu wynikającym ze złego stanu obwałowań. Podmiotami wspierającymi system monitoringu są Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy oraz Państwowy Instytut Geologiczny-PIB. Na podstawie danych i informacji ogłaszane są stany gotowości lub alarmu, planowanie i realizacja akcji ratunkowych oraz podejmowania decyzji o przemieszczaniu sił i środków na zagrożone tereny Polski.

Ustawa Prawo Ochrony Środowiska oraz Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie informacji dotyczących ruchów masowych ziemi nakłada na starostę obowiązek obserwacji terenów zagrożonych ruchami masowymi oraz prowadzenia rejestru zawierającego informacje o terenach zagrożonych ruchami masowymi i terenów, na których występują te ruchy. W przypadku wykrycia zagrożenia starosta przekazuje komunikat do Centrum Zarządzania Kryzysowego. Ponadto prace starostów wspomaga PIG-PIB, który prowadzi monitoring zagrożenia osuwiskowego w ramach koordynowanego przez Główny Instytut Górnictwa programu System Osłony Przeciwośuwiskowej (SOPO) PIG-PIB. Podstawowym celem systemu jest rozpoznanie, udokumentowanie i zaznaczenie na mapie 1:10 000 wszystkich osuwisk oraz terenów zagrożonych ruchami masowymi w Polsce oraz założenie systemu monitoringu wglębnego i powierzchniowego na 100 wybranych osuwiskach.³³ Cały Projekt ma za zadanie wspomaganie władz lokalnych w wypełnianiu obowiązków dotyczących problematyki ruchów masowych wynikających z odpowiednich ustaw i rozporządzeń. W ramach SOPO opracowano projekt bazy danych o zagrożeniach osuwiskowych, a następnie aplikację do obsługi tej bazy. Baza SOPO jest umieszczona w strukturze Centralnej Bazy Danych Geologicznych i dostępna dla użytkowników zewnętrznych. W bazie będą stopniowo gromadzone Karty Rejestracyjne Osuwisk i Terenów Zagrożonych, mapy w skali 1:10 000 z lokalizacją osuwisk i terenów zagrożonych oraz wyniki prowadzonych badań monitoringowych. Zakończenie prac nad SOPO przewiduje się w roku 2022 r.

³³ <http://geoportal.pgi.gov.pl/portal/page/portal/SOPO>

W przypadku zagrożenia pożarowego czynności kontrolno-rozpoznawcze w celu rozpoznawania zagrożenia i nadzór nad przestrzeganiem przepisów przeciwpożarowych prowadzi Państwowa Straż Pożarna. Monitoring zagrożenia pożarowego lasów w ramach narodowego programu ochrony przeciwpożarowej lasów państwowych prowadzi również PGL Lasy Państwowe oraz IBL. Za ostrzeżenie przed zagrożeniem odpowiada Państwowa Straż Pożarna oraz istniejący system powiadamiania ratunkowego do zadań którego należy m.in. inicjowanie procedur zarządzania kryzysowego. Alarmowanie, podobnie jak we wcześniejszych przypadkach, realizowane jest na poszczególnych szczeblach wykonawczych zarządzania kryzysowego.

Obecnie trwają prace nad usprawnieniem istniejącego Systemu Monitoringu i Osłony Kraju poprzez stworzenie Informatycznego Systemu Osłony Kraju (ISOK), wykorzystującego zintegrowaną bazę danych oraz nowoczesny moduł rozpowszechniania informacji do końcowych użytkowników, zapewniając dostęp zarówno dla administracji, jak i dla obywateli. System ma przyczynić się do zminimalizowania wielu problemów związanych z zagadnieniami zarządzania kryzysowego w Polsce, ze szczególnym uwzględnieniem zagrożeń powodziowych. Za jego pomocą zostaną udostępnione mapy zagrożenia powodziowego, mapy ryzyka powodziowego oraz zagrożeń meteorologicznych, mapa hydrograficzna Polski, dane o infrastrukturze związane z gospodarką wodną, czy prognozy i ostrzeżenia IMGW-PIB. Projekt kierowany jest do społeczeństwa. Każda osoba mająca dostęp do Internetu będzie mogła sprawdzić czy zamieszkuje obszar zagrożony powodzią i o jakim stopniu zagrożeni, o ile takie zagrożenie występuje. Odbiorcami będą instytucje odpowiedzialne za planowanie przestrzenne i ochronę przeciwpowodziową, instytucje odpowiedzialne za zapobieganie sytuacjom kryzysowym oraz reagowanie w przypadku ich wystąpienia. Dostęp do bazy będzie istotny przypadku przedsiębiorstw planujących realizację przedsięwzięć inwestycyjnych. System pozwoli także wywiązać się Polsce z obowiązków nałożonych na kraj Dyrektywą Powodziową.³⁴

Jednym z nielicznych operacyjnych systemów ostrzegawczych skierowanych bezpośrednio do społeczeństwa jest System Sygnalizacji Ostrzegawczej zlokalizowany na Mazurach. System zawiadamia żeglarzy o zbliżającym się zagrożeniu.³⁵ Składa się z 17 wysokich masztów umieszczonych wzdłuż Szlaku Wielkich Jezior Mazurskich. Na szczytach konstrukcji umieszczono lampy, które sygnałami świetlnymi ostrzegają żeglarzy. Pulsujące światło jest widoczne na odległość 8-9 km w każdych warunkach, w ciągu dnia przy pełnym nasłonecznieniu i w nocy, niemal z każdego punktu na Wielkich Jeziorach Mazurskich. Konstrukcja jest odporna na ekstremalne warunki atmosferyczne oraz zabezpieczona przed ewentualnym uszkodzeniem lub kradzieżą elementów modułu.

Rozwój systemu monitoringu i ostrzegania zapewniają również instytuty naukowo-badawcze, które prowadzą prace obserwacyjno-pomiarowe według właściwości.

IUNG-PIB w Puławach nadzoruje funkcjonowanie Systemu Monitoringu Suszy Rolniczej w Polsce (SMSR).³⁶ System ma za zadanie wskazać obszary, na których wystąpiły straty spowodowane suszą w uprawach. System zawiera aplikacje komputerowe integrujące dane meteorologiczne potrzebne do obliczenia klimatycznego bilansu wodnego oraz dane z cyfrowej mapy glebowo-rolniczej obrazującej przestrzenne zróżnicowanie retencji wodnej różnych kategorii agronomicznych gleb. Informacje dotyczące wystąpienia suszy - w postaci dekadowych raportów - są przekazywane Ministerstwu Rolnictwa i Rozwoju Wsi oraz publikowane w serwisie internetowym.

³⁴ <http://isok.imgw.pl/>

³⁵ <http://www.warszawa.rzgw.pl/>

³⁶ <http://www.susza.iung.pulawy.pl/>

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w ramach Programu monitoringu technicznego prowadzi prace zmierzające do ochrony przed powodzią poprzez kontrolę nad systemem pozwalającym na ustalenie stanu jakościowego urządzeń melioracji wodnych podstawowych i stanu utrzymania wód.³⁷ System składa się z komputerowych baz danych oraz corocznych raportów zawierających m.in. okresowe, syntetyczne (w skali kraju i województw) zestawienia dotyczące stanu ewidencyjnego wód, urządzeń melioracji wodnych, stanu i bezpieczeństwa technicznego wałów i urządzeń przeciwpowodziowych, stanu technicznego pozostałych urządzeń melioracji wodnych podstawowych oraz utrzymania wód istotnych dla regulacji stosunków wodnych na potrzeby rolnictwa.

W Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk działa Zespół Obserwacji Ziemi. Zespół specjalizuje się w teledetekcji i jego aktywność skupia się wokół monitoringu lądów oraz wód morskich na poziomie lokalnym i regionalnym oraz wokół klimatologii satelitarnej (monitoring pokrywy śnieżnej i zachmurzenia). Jednostka ocenia ryzyko wystąpienia katastrof naturalnych (powódzie, pożary) z wykorzystaniem technik satelitarnych (monitorowanie zjawisk w czasie) i analizuje obszary miejskie i wiejskie dla optymalnego wykorzystania przestrzeni oraz lokalizacji zasobów i inwestycji.³⁸

Nieformalny system monitorowania i ostrzegania tworzą organizacje których przedmiotem zainteresowania są zdarzenia ekstremalne np. stowarzyszenie Skywarn Polska-Polscy Łowcy Burz. Organizacja skupia obserwatorów burz oraz pasjonatów różnych zjawisk atmosferycznych. Głównym celem organizacji Skywarn są działania na rzecz poprawy systemu ostrzeżeń meteorologicznych poprzez stworzenie i ciągłe rozwijanie sieci zaufanych obserwatorów niebezpiecznych zjawisk pogodowych, współpracę z innymi organizacjami i z instytucjami państwowymi. Zadaniem Polskich Łowców Burz jest popularyzacja wiedzy o niebezpiecznych zjawiskach atmosferycznych poprzez stronę internetową z informacjami na temat zagrożeń pogodowych na terenie Polski jak również komunikację z organizacjami zajmującymi się tematyką groźnych zjawisk.³⁹

Do monitoringu zjawisk organizacja wykorzystuje dane pobierane z różnych serwisów oferujących obraz z sieci detektorów.⁴⁰ Urządzeniami wykorzystywanymi do monitoringu są również radary dopplerowskie IMGW-PIB w ramach portalu Pogodynka.pl. Oprócz produktów IMGW-PIB, osoby mieszkające w pobliżu granicy z państwami ościennymi mogą skorzystać z radarów udostępnianych przez zagraniczne służby meteorologiczne. Stowarzyszenie Polskich Łowców Burz umożliwia każdej zainteresowanej osobie uczestniczenie w systemie monitoringu ekstremalnych zjawisk. Każdy może przedstawić groźne zjawisko, które wystąpiło nad miejscem zamieszkania, bądź niedalekiej okolicy i przesłać taką informację ze zdjęciem lub filmem przedstawiającym owe zdarzenie. Może również uzupełnić meldunek dokumentujący zjawisko burzy.

Zapewnienie efektywnego systemu osłony kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami jest szczególnie istotne ze względu na coraz większą skalę skutków ekonomicznych i społecznych, które one powodują. Niestety nie zawsze udaje się ochronić społeczeństwo przed niekorzystnym wpływem nadzwyczajnych zagrożeń.

Pierwszą trudność stanowią niedoskonałości istniejącego systemu monitoringu i ostrzegania. Systemy wykorzystywane do osłony ludności i gospodarki, są rozproszone i niejednolite, oparte na różnych rozwiązaniach technicznych oraz posługujące się różnymi

³⁷ <http://www.itp.edu.pl/pw/>

³⁸ <http://zoz.cbk.waw.pl/>

³⁹ Prezentacja ogólna Stowarzyszenie Skywarn Polska 2012 <http://lowcyburz.pl/download/skywarnpl-zjawiska-2012.pdf>

⁴⁰ <http://lowcyburz.pl/>

danymi (bazami danych), co nie daje wystarczającej gwarancji skutecznego powiadamiania i ostrzegania ludności i instytucji o zagrożeniach. Brakuje rozwiązania systemowego, które jest niezbędne do zapewnienia sprawnego funkcjonowania zarządzania kryzysowego w Polsce.

Mankamentem oficjalnego systemu monitoringu i ostrzegania przed zjawiskami ekstremalnymi, za którego funkcjonowanie odpowiada IMGW-PIB są opóźnienia w przekazywaniu informacji o zagrożeniu. Osoby zagrożone nie mają w takiej sytuacji wystarczająco dużo czasu, aby zabezpieczyć się przed nadejściem zjawiska. Problemy te mogą wynikać z braku wystarczającej liczby radarów. Radary nie pokrywają obszaru Polski południowo-wschodniej. Zdarza się również, że IMGW-PIB ostrzega przed nadejściem zjawiska, jednak ostrzeżenia są nie trafione i wszczynają niepotrzebną panikę wśród społeczeństwa. Jak można się domyśleć, przeszkodą w usprawnieniu systemu poprzez rozbudowanie sieci o kolejne radary jest brak środków finansowych.

Pomimo że IMGW-PIB prowadzi monitoring i ostrzega o zagrożeniach spowodowanych przez nadzwyczajne zjawiska pogodowe i klimatyczne, dostęp do bazy danych instytutu jest ograniczony. IMGW-PIB, chociaż jest jednostką naukowo-badawczą dofinansowaną z budżetu Państwa, traktuje dane jako produkt handlowy, a nie dobro publiczne. Wzorem innych państw należy umożliwić każdej zainteresowanej osobie pełen dostęp do informacji uzyskiwanej m.in. z radaru IMGW-PIB.

Główną barierą w pozyskaniu informacji na temat szkodliwości niekorzystnych zjawisk pogodowych i klimatycznych jest brak systemu gwarantującego systematyczne zbieranie danych na temat strat oraz kosztów ich usuwania w skali całego kraju. Brak również instytucji, która nadzorowałaby proces wprowadzania danych i odpowiadała za funkcjonowanie całej bazy. Jednostki samorządowe, rządowe i przedsiębiorcy zbierają tego typu informacje „na własną rękę”, przy wykorzystaniu stworzonego przez siebie formularza, co w efekcie skutkuje ogromną niespójnością materiału. Dane nie są archiwizowane, co powoduje powstanie wielu braków informacyjnych. Ponadto materiały, które uda się im zgromadzić, o ile nie zajdzie taka potrzeba jak po powodzi w roku 2010, nie są agregowane ani poddawane analizie. Utrudnia to monitoring wpływu zmian klimatu na gospodarkę.

Z powodu braku takiego systemu świadomość społeczna dotycząca możliwych strat, jakie mogą wystąpić na pewnych obszarach jest bardzo niska. Ludność, mając tendencję do niedoszacowania ryzyka jeżeli jest ono małe (Bukowski, Gąska, 2013), nie bierze pod uwagę zagrożenia i często intensywnie zagospodarowuje tereny chronione zabezpieczeniami przed powodzią. Stworzenie ogólnodostępnego systemu, który zawierałby dane o stratach i kosztach spowodowanych przez wszystkie niekorzystne zjawiska atmosferyczne poprawiłoby świadomość społeczną w tym obszarze. Istniejące mapy ryzyka posługujące się terminem „zagrożenia powodzią” nie przemawiają do społeczeństwa tak silnie, jak informacja podana „w złotych”.

Problem niedostrzegania zagrożenia przez społeczeństwo być może wynika też z faktu częstego poruszania tego tematu w mediach. Pojęcia „kęska żywiłowa”, „katastrofa naturalna” są nadużywane przez dziennikarzy. W wyniku ciągłych komunikatów a także nietrafionych ostrzeżeń, ludność obojętnieje na doniesienia o możliwych zagrożeniach i nie zabezpiecza się w wystarczający sposób w sytuacjach, kiedy niebezpieczeństwo naprawdę się pojawia.

Środowisku dziennikarskiemu potrzeby jest umiar w posługiwaniu się pewnymi sformułowaniami, a także edukacja pozwalająca lepiej rozumieć prezentowane tematy. Szkolenia dla dziennikarzy podniosłyby ich świadomość np. dotycząca tego, jakiego rodzaju zjawisko o jakiej intensywności wystąpiło. Pozwoliłoby to na przygotowywanie informacji w sposób zgodny z terminologią, bez nadużywania pewnych wyrażen i wtedy kiedy potencjalnie

ekstremum pogodowe wyrządziło faktycznie szkody. Wzmocniłoby to funkcję istniejącego systemu ostrzegania i alarmowania.

Uwagi wymaga forma dostarczania komunikatów (Parapura i in. 2011). Informacje przekazywane w systemach ostrzegania i alarmowania ludności w sytuacji bezpośrednich zagrożeń oraz po wystąpieniu zdarzeń ekstremalnych powinny nie tylko być zrozumiałe dla odbiorców, do których są kierowana, ale również kompletna i wiarygodna. Należy ją dostarczyć w odpowiednim czasie, aby spowodowane nią skutki i zachowania ludzi były optymalne do zaistniałej lub przewidywanej sytuacji. Jednocześnie powinna zapobiegać powstaniu niekontrolowanych zachowań. Z tego powodu istnieje potrzeba stosowania zróżnicowanych kanałów przekazu informacji alarmowych.

Istotną kwestią obok rozprzestrzeniania informacji jest również jej wymiana pomiędzy organami odpowiedzialnymi za ostrzeganie i alarmowanie ludności. Obecny system ostrzegania oparty na zhierarchizowanym łańcuchu przekazywania ostrzeżeń jest nieefektywny. Zbyt wiele instytucji pośredniczy w wydawaniu komunikatów. Oparcie systemu informacji o zagrożeniach na Internecie lub komercyjnym systemie smsów nie jest efektywne, z uwagi na wciąż ograniczony w kraju dostęp do tych usług.

Istniejące systemy monitoringu i ostrzegania muszą podlegać ciągłemu doskonaleniu, aby dostosować się do zmieniających się warunków klimatycznych, a także, aby odpowiadać potrzebom ulegającego przekształceniom otoczenia społeczno-gospodarczego. Z tego powodu znaczącą rolę pełni też rozwój badań związanych z monitoringiem klimatu i systemem ostrzegania. Usprawnienie systemu kształcenia meteorologów np. poprzez włączenia kierunku geografia lub fizyka atmosfery do grupy kierunków zamawianych wypełniłoby lukę brakujących ekspertów w tej dziedzinie.

Ogromną szansą jest również nawiązywanie współpracy z krajami, które posiadają rozwiniętą sieć pomiarowo-obszerną. Wykorzystanie ich doświadczeń pozwoli na doskonalenie krajowych systemów ochrony.

13. Badania naukowe

Problem adaptacji do zmian klimatu jest stosunkowo nowy i w Polsce nie rozwinęły się jeszcze badania, które pozwoliłyby ograniczyć skalę niepewności i wypełnić luki w wiedzy na temat relacji pomiędzy klimatem a gospodarką i społeczeństwem.

Obecny poziom niewiedzy jest znaczny i dotyczy praktycznie biorąc wszystkich obszarów adaptacji. Dlatego badania naukowe powinny koncentrować się na dążeniu do zmniejszania poziomu niepewności oraz wypełnianiu luk w naszej wiedzy w obszarze oddziaływania zmian klimatu na społeczeństwo i gospodarkę, ich wrażliwości na zmieniające się warunki klimatyczne oraz opracować metody ograniczenia tego wpływu w sposób najbardziej optymalny.

Podstawą wszelkich badań jest wiarygodna informacja o aktualnym stanie i procesach. Jednym z priorytetowych obszarów badań jest zapewnienie stałego dostępu do aktualnych danych dotyczących systemu klimatycznego niezbędnych dla oceny skali problemu i szukania środków zaradczych. Biała księga EU dotycząca adaptacji do zmian klimatu zwróca uwagę na ten problem i zaleca krajom członkowskim rozwijanie metod, modeli zbiorów danych i narzędzi prognozowania, przeznaczając na ten cel fundusze z ramowych programów badawczych.

Obecnie dane i informacje o problemach związanych z adaptacją praktycznie biorąc nie są zbierane lub zbierane są jedynie fragmentarycznie i analizowane doraźnie dla bieżących potrzeb (np. w przypadku strat spowodowanych nadzwyczajnymi zjawiskami). Dotyczy to

zwłaszcza poziomu lokalnego. Zbierane dane i informacje powinny być powszechnie dostępne na portalu internetowym.

W konsekwencji Strategia adaptacji UE uznała badania w tym zakresie oraz rozpowszechnianie uzyskanych wyników za priorytet. Liczne projekty realizowane w ramach Siódmego Ramowego Programu Badań Unii Europejskiej (7 PR) stanowią realizację tych decyzji.

Siódmy Ramowy Program Badań Unii Europejskiej wyznaczył m.in. następujące problemy badawcze w zakresie zmian klimatu:

- przyszłe zmiany klimatu,
- wpływ zmian klimatu na środowisko przyrodnicze, społeczeństwo i gospodarkę,
- strategię mitygacji i adaptacji,
- nadzwyczajne zjawiska związane z klimatem jak powodzie, susze, burze i pożary lasów,
- wpływ zmian klimatu na zdrowie.

Badania obecnych i przyszłych zmian klimatu

Badania minionych i aktualnych warunków klimatycznych są najbardziej rozpowszechnionym typem badań nad klimatem. Prowadzone są na większości uczelni i instytutów mających w swoich zadaniach statutowych problemy klimatu. Literatura na ten temat jest znacząca, choć w większości dotyczy problemów bardzo specjalistycznych lub lokalnych. Omówienie jej przekracza ramy tego rozdziału. Wybrane pozycje są zamieszczone poniżej. Pomimo tego stan wiedzy o niektórych zjawiskach klimatycznych, ich zmienności czasowej i przestrzennej jest niewystarczający do weryfikacji symulacji modelowych i określenia aktualnych tendencji zmian. Dotyczy to zwłaszcza zjawisk rzadkich i ekstremalnych.

Znacznie mniej badań prowadzonych jest nad scenariuszami przyszłych zmian klimatu na poziomie krajowym i regionalnym. Praktycznie biorąc zajmują się tym dwa ośrodki tj. Interdyscyplinarne Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego Uniwersytetu Warszawskiego (ICM) oraz IMGW-PIB, a także w pewnym zakresie Uniwersytet Łódzki. Badania dotyczą opracowania scenariuszy krajowych w oparciu o scenariusze emisji IPCC oraz o globalne i regionalne modele klimatu. W najbliższym czasie zajdzie konieczność opracowania nowych scenariuszy ze względu na zmiany w scenariuszach emisji przygotowywanych przez IPCC.

Badania wpływu zmian klimatu i wrażliwości gospodarki i społeczeństwa

Badania wpływu zmian klimatu i wrażliwości gospodarki i społeczeństwa stanowią stosunkowo często przedmiot badań, które w większości dotyczą takich obszarów jak:

- 1) Zasoby i gospodarka wodna: Przedmiotem analiz były wybrane dorzecza zarówno pod kątem zaopatrzenia w wodę jak i jej jakości, a także zagrożeń powodziowych. Badania takie są prowadzone stosunkowo często w wielu ośrodkach naukowych w tym m.in. w Instytucie Geofizyki oraz Instytucie Środowiska Rolniczego i Leśnego (Poznań) PAN, IMGW-PIB, Politechnice Krakowskiej, Politechnice Warszawskiej oraz w Instytucie Techniczno-Przemysłowym.
- 2) Rolnictwo: Podstawowe badania związane z adaptacją rolnictwa prowadzone są w licznych ośrodkach naukowych zajmujących się naukami rolniczymi. Szczególny dorobek w zakresie zmianą plonów roślin uprawnych ma Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa-PIB, SGGW, IOŚ-PIB, Instytut Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN (Poznań). Badania specjalistyczne w zakresie adaptacji prowadzone są m.in. w Instytucie Ochrony Roślin w zakresie rozprzestrzeniania się szkodników i

chorób roślin, a w zakresie trwałych użytków zielonych w Instytucie Techniczno-Przyrodniczym i in.

- 3) Zdrowie: W tym sektorze badania prowadzone przez Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN koncentrują się na identyfikacji występowania chorób klimatozależnych i ich częstości występowania wraz z tendencją zmian w czasie, a także nad wpływem miejskiej wyspy ciepła na zdrowie i stresie termicznym.
- 4) Strefa brzegowa: Problemy zmian klimatu i związanych z tym zmian poziomu morza na strefę brzegową są przedmiotem analiz w IMGW-PIB Oddział w Gdyni, w Instytucie Budownictwa Wodnego PAN w Gdańsku, a także w Oddziale PIG-PIB w Gdyni.
- 5) Ekosystemy: Badania zachowań i migracji ptaków w związku ze zmianami klimatu prowadzone są w Instytucie Biologii Środowiska UAM i w Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu, w Muzeum Przyrodniczym Uniwersytetu Wrocławskiego, IBL, IOŚ-PIB oraz parkach narodowych: Białowieskim, Biebrzańskim i Ujścia Warty. Inne badania w zakresie zmian w ekosystemach, gatunkowych i inwazji obcych gatunków, a także ekosystemów terenów podmokłych i bagiennych prowadzone są w Instytucie Ochrony Przyrody PAN, w parkach narodowych, na większości uniwersytetów, w SGGW, w IOŚ-PIB, a w zakresie monitorowania zmian fenologicznych w IMGW-PIB.

Praktycznie biorąc brak jest tego rodzaju analiz w odniesieniu do innych działań gospodarczych, zwłaszcza infrastruktury i aspektów społecznych, a także analiz ekonomicznych. Wspólnym brakiem niemal wszystkich prowadzonych badań (z wyjątkiem ochrony strefy brzegowej) jest nieuwzględnianie w nich problemu kosztów strat spowodowanych zjawiskami związanymi ze zjawiskami klimatycznymi oraz oceny kosztów i korzyści proponowanych działań adaptacyjnych.

Nadzwyczajne zagrożenia: Badania prowadzą się do monitorowania takich zjawisk jak powódzie, susze, huragany i analizy wyników. Jest to zadanie statutowe Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej w IMGW-PIB. W zakresie suszy monitoring i badania prowadzi także IUNG-PIB. Badania nad występowaniem pożarów w lasach są prowadzone w Instytucie Leśnictwa. Monitoring jest także prowadzony przez inne służby w kraju np. urzędy morskie.

W dwóch obszarach: ochronie przeciwpowodziowej oraz ochronie wybrzeża badania wpływu weszły w fazę realizacji w formie przygotowania map ryzyka zagrożenia powodziowego i wdrażania programu ochrony brzegów morskich i Żuław.

Badania nad metodami adaptacji

Badania nad metodami ocen wpływu i wrażliwości w oparciu o analizy scenariuszowe, modelowanie ilościowe i symulacje komputerowych znajdują się w początkowej fazie rozwoju. W chwili obecnej badania takie prowadzone są przede wszystkim w sektorze rolnictwa. Nieliczne inne opracowania mają charakter ekspertyz wykonywanych na konkretne potrzeby, są elementem projektów UE, w których uczestniczą polscy naukowcy lub są wynikiem współpracy polskich naukowców, w projektach prowadzonych przez instytucje naukowe innych krajów Unii Europejskiej.

Badania naukowe i rozwojowe wspierające proces adaptacji powinny koncentrować się na następujących kierunkach:

- diagnoza warunków klimatycznych i wodnych,
- stworzenie zintegrowanego systemu gromadzenia informacji o zmianach klimatu i ich skutkach,

- opracowanie nowych scenariuszy klimatycznych,
- ocena aktualnych i przyszłych kosztów zmian klimatu oraz ocena kosztów i korzyści związanych z procesem adaptacji w pierwszej kolejności dla następujących sektorów: strefa wybrzeża, rolnictwo, ochrona przeciwpowodziowa, energetyka, ochrona zdrowia, gospodarka wodna, infrastruktura (transport i budownictwo), leśnictwo i bioróżnorodność,
- ocena ryzyka zagrożeń dla najbardziej wrażliwych sektorów i dziedzin życia,
- opracowanie narzędzi umożliwiających dokonywanie oceny adaptacji jako elementu podejmowania decyzji w celu ustalenia priorytetów działań adaptacyjnych,
- identyfikacja wpływu przyjętych działań adaptacyjnych na ograniczenie ryzyka i ich skuteczności,
- czynniki wspierające zwiększenie odporności i zdolności adaptacyjnych.

Wraz z postępowaniem prac i rozwojem badań kierunki te będą ulegać ewolucji, aby dostosować badania do aktualnych potrzeb. Szczegółowe badania zidentyfikowane przez ekspertów, które wymagają niezwłocznego uruchomienia podano poniżej.

Polityka naukowa

Problematyka adaptacji gospodarki i społeczeństwa do zmian klimatu, zgodnie z polityką naukową Unii Europejskiej (np. 7. PR priorytet środowisko oraz technologie informacyjne i komunikacyjne), powinna być bezpośrednio uwzględniona w priorytetach badawczych. Szczególnie, że jednym z kryteriów wyznaczania strategicznych kierunków badań są priorytetowe kierunki rozwoju badań naukowych zawarte w europejskich programach badawczych – w szczególności w 7. PR, programach Europejskiej Rady ds. Badań Naukowych oraz Euratomu.

Kolejnym obszarem rozszerzającym priorytety ustalone w 7. PR jest przyjęty w lipcu 2013 program ramowy w zakresie badań naukowych i innowacji na lata 2014-2020 – Horyzont 2020. Program „Horyzont 2020” zawiera, poza zadaniami realizowanymi dotychczas w ramach 7. PR, także priorytety Programu Ramowego na rzecz Konkurencyjności i Innowacji w części dotyczącej innowacyjności. Kluczowym elementem programu „Horyzont 2020” jest integracja badań naukowych i innowacji poprzez stworzenie jednolitego i spójnego systemu finansowania od etapu koncepcji do wprowadzenia na rynek. Trzeci filar programu – *Wyzwania społeczne* zawiera obszary w ramach których powinna być realizowana także tematyka adaptacyjna. Zwłaszcza w następujących obszarach:

- zdrowie, zmiany demograficzne, dobrostan,
- bezpieczeństwo żywności, zrównoważone rolnictwo i leśnictwo, gospodarka morską, wody śródlądowe i biogospodarka,
- bezpieczna, czysta i wydajna energia,
- inteligentny, zielony i zintegrowany transport,
- działania na rzecz klimatu, środowisko, efektywne wykorzystanie zasobów i surowców.

Biorąc pod uwagę interdyscyplinarny charakter takich badań i szeroki zasięg badania dotyczące adaptacji znajdują także swoje miejsce w Krajowym Programie Badań ustanowionym Uchwałą Rady Ministrów z dnia 16 sierpnia 2011 roku. Przyjęte strategiczne kierunki badań naukowych i prac rozwojowych stanowią dla Narodowego Centrum Badań i Rozwoju podstawę do sformułowania strategicznych programów badań naukowych i prac rozwojowych. Ramy czasowe strategicznych kierunków badań naukowych i prac rozwojowych oraz strategicznych programów badawczych są ustalone tak, aby zapewnić stabilność prowadzonych prac naukowych. Powinny one jednak podlegać modyfikacji

wynikającej ze zmieniających się uwarunkowań, zadań oraz potrzeb gospodarki i społeczeństwa. Strategiczne kierunki badań naukowych i prac rozwojowych należy realizować przez okres 10-15 lat, a strategiczne programy badawcze w okresie 3-7 lat, uwzględniając realne poziomy finansowania.

KPB obejmuje siedem strategicznych, interdyscyplinarnych kierunków badań naukowych i prac rozwojowych:

- nowe technologie w zakresie energetyki,
- choroby cywilizacyjne, nowe leki oraz medycyna regeneracyjna,
- zaawansowane technologie informacyjne, telekomunikacyjne i mechatroniczne,
- nowoczesne technologie materiałowe,
- środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo,
- społeczny i gospodarczy rozwój Polski w warunkach globalizujących się rynków,
- bezpieczeństwo i obronność państwa.

W każdym z wymienionych kierunków można realizować sektorowe badania związane z adaptacją. Jednak celowe byłoby utworzenie strategicznego programu badawczego o charakterze interdyscyplinarnym, obejmującego kompleksowo problematykę zmian klimatu w tym także zagadnienia adaptacji.

Projekty badawcze i publikacje

Obecnie w ramach Programów Ramowych, Programów Operacyjnych UE, Polsko-Norweskiej Współpracy Badawczej i innych międzynarodowych zostało zrealizowanych lub jest w trakcie realizacji około 20 ważniejszych projektów badawczych dotyczących przedmiotowej tematyki. Ponadto realizowane są badawcze programy krajowe. Wykaz projektów badawczych zamieszczono w końcowej części dokumentu w załączniku 5.

Aktualne ważniejsze publikacje w języku polskim to:

- 1) Kożuchowski K. 2011, *Klimat Polski. Nowe spojrzenie*. PWN
- 2) Kożuchowski K. Wibig J. Degirmendzić 2013, *Meteorologia i klimatologia*. PWN
- 3) Archer D 2010, *Globalne ocieplenie Zrozumieć prognozę*. (tłum.) PWN
- 4) IMGW-PIB 2012, *Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo* (4 t.)

Ponadto Instytut na rzecz Ekorozwoju publikuje broszury popularno-naukowe z zakresu ochrony klimatu dotyczące rolnictwa, transportu, gospodarowanie wodami, turystyki i in. Podobną działalność w zakresie rolnictwa prowadzi Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa (publikacja: *Zmiany klimatu, a rolnictwo i obszary wiejskie*).

Zidentyfikowane bieżące potrzeby badawcze

W ramach niniejszego projektu zostały zidentyfikowane przez zespoły eksperckie niżej wymienione problemy wymagające pilnego podjęcia badań dla potrzeb kolejnych aktualizacji strategii adaptacyjnej:

- monitoring aktualnego stanu i tendencji zmian klimatu w skali województw
- opracowanie scenariuszy zmian klimatu w Polsce z wykorzystaniem nowych globalnych scenariuszy emisji,
- opracowanie bilansów zasobów wód powierzchniowych i podziemnych (statyczne i dynamiczne) pozwalającego analizować sytuację w zakresie zasobów w zlewniach,
- opracowanie modeli do ilościowej oceny wpływu zmian klimatu na zasoby wodne w różnych skalach czasowych,

- opracowanie systemu wskaźników wrażliwości sektorów gospodarczych i społeczeństwa na zmiany klimatu oraz monitorowania zachodzących zmian i skuteczności stosowanych metod adaptacyjnych,
- rozwój metod oceny ryzyka zagrożeń dla obszarów powodziowych i podtapianych,
- aaktualizacja empirycznych formuł opadowych - modelowanie opadów do wymiarowania kanalizacji w Polsce oraz opracowanie zasad dostosowania systemów kanalizacyjnych do zmian klimatu,
- rozwój metod ochrony brzegów morskich,
- analiza naturalnej dynamiki ekosystemów górskich (w tym też fenologii cyklu rozwojowego) w odpowiedzi na zmiany czynników środowiskowych, ze szczególnym uwzględnieniem temperatury i ilości opadów,
- zmiany w żywotności i zdrowotności kluczowych gatunków drzew leśnych w wybranych lokalizacjach, z uwzględnieniem zmienności klimatycznej i regionalizacji przyrodniczo-leśnej polski,
- wsparcie prac badawczo-rozwojowych i hodowlanych uwzględniających aspekt ryzyka klimatycznego i monitoring wpływu zmiany klimatu na rolnictwo,
- prowadzenie badań epidemiologicznych, klinicznych i klimatyczno-fizjologicznych w aspekcie zachorowań na choroby klimatozależne warunków klimatycznych,
- opracowanie technologii wykorzystania drewna jako surowca budowlanego, którego produkcja nie obciąża środowiska naturalnego,
- opracowanie i wdrożenie nowych technologii produkcji wyrobów budowlanych odpornych na czynniki klimatyczne w tym na nadzwyczajne zjawiska klimatyczne,
- opracowanie metod ochrony budowli i elementów konstrukcyjnych w warunkach zmian klimatu w celu zwiększenia trwałości budowli,
- ocena wpływu oczekiwanych zmian klimatu na sektor transportu z uwzględnieniem czynników warunkujących prawidłowe funkcjonowanie sektora transportu oraz strategii rozwoju transportu,
- opracowanie metodyki systemu monitoringu podpór wybranych mostów i ich otoczenia,
- opracowanie metod wyceny strat wywołanych oddziaływaniem klimatu oraz kosztów działań adaptacyjnych,
- opracowanie metod szacowania wysokości strat wywoływanych przez zjawiska klimatyczne i klęski żywiołowe,
- opracowanie podstaw wyceny wartości środowiska z uwzględnieniem specyfiki krajowej i zmian klimatu.

14. Edukacja i informacja

Skuteczna adaptacja do zmian klimatu wymaga społecznego zrozumienia istoty związanych z tym zjawisk oraz konieczności działań dostosowawczych i zapobiegawczych zarówno na poziomie indywidualnym, jak i odpowiednich poczynań samorządów oraz państwa. Podnoszenie poziomu świadomości społecznej w tej dziedzinie to obszar wzmoczonych, powszechnych działań edukacyjnych i szkoleniowych z zastosowaniem całej gamy środków przekazu oraz finansowania, jak i zapewnienia dostępu do informacji.

Edukacja z samej swej istoty należy do działań horyzontalnych należnych bez wyjątku każdej grupie zagadnień, których dotyczą zmiany klimatu, a także każdej grupie zawodowej i

społecznej. Odgrywa więc w przygotowaniu społeczeństwa do właściwych dostosowań do zmian klimatu kluczową rolę.

Edukacji dotycząca adaptacji do zmian klimatu w świetle dokumentów strategicznych

W Polsce konieczność podnoszenia ekologicznej świadomości obywateli jest podkreślana we wszystkich dokumentach strategicznych dotyczących szeroko pojętej ochrony środowiska. Uwzględnia to *II Polityka ekologiczna, Polska 2025: Długookresowa strategia trwałego i zrównoważonego rozwoju* oraz *Polityka klimatyczna Polski*. Przyjęta przez Radę Ministrów w grudniu 2008 *Nowa Polityka Ekologiczna Państwa w latach 2009–2012 z perspektywą do roku 2016* duży nacisk kładzie na edukację konsumencką zalecając prowadzenie ogólnopolskiej kampanii społecznej kształtującej zrównoważone wzorce konsumpcji. W kierunkach działań *Nowa Polityka* zaleca rozwój edukacji szkolnej w zakresie ochrony środowiska, ułatwienie dostępu do informacji o środowisku oraz kształtowanie zachowań zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju. Zaleca też ściślejszą współpracę z dziennikarzami w zakresie edukacji wszystkich grup społecznych. W ustawie Prawo Ochrony Środowiska konieczności edukacji poświęcono Dział VIII Edukacja ekologiczna, badania z zakresu ochrony środowiska oraz reklama. Z kolei dostęp do informacji zapewnia obowiązująca od listopada 2008 roku Ustawa o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa oraz o ocenach oddziaływania na środowisko.

Dokumentem bezpośrednio poświęconym edukacji ekologicznej jest *Narodowa strategia edukacji ekologicznej – przez edukację do zrównoważonego rozwoju*. W myśl Strategii za edukację ekologiczną, a w tym edukację w dziedzinie ochrony klimatu, odpowiadają jako wiodące Ministerstwo Edukacji Narodowej i Ministerstwo Środowiska przy udziale wszystkich pozostałych resortów (zwłaszcza rolnictwa i obrony narodowej) w zakresie zgodnym z ich kompetencjami. Szczególna rola przypada tu również Ministerstwu Spraw Zagranicznych rozwijającemu dział zwany edukacją rozwojową traktującą sprawy klimatu w skali globalnej łącznie z odpowiedzialnością Polski za wspomaganie procesu podnoszenia umiejętności adaptacji do zmian klimatu w krajach rozwijających się. Strategia ostatnio znowelizowana w 2001 roku wymaga dopasowania do wielu powstałych w międzyczasie nowych potrzeb i podmiotów.

W 2005 roku w Wilnie na spotkaniu wysokiego szczebla ministerstw ds. edukacji oraz środowiska przyjęta została *Strategia Europejskiej Komisji Gospodarczej ONZ dotycząca Edukacji dla Zrównoważonego Rozwoju*. Strategia zaleca konieczność międzysektorowej, wielostronnej współpracy i partnerstwa, stymulując tym samym zaangażowanie zasobów ludzkich i rzeczowych w edukację dla zrównoważonego rozwoju. Strategia stwarza ogólne ramy dla międzysektorowej edukacji obejmującej cały obszar zrównoważonego rozwoju nie wyszczególniając jednak konkretnych zagadnień jak zmiany klimatu i adaptacja do nich.

Bezpośrednio do edukacji w dziedzinie klimatu odnosi się *Średniookresowa Strategia Rozwoju Kraju do roku 2020 w działaniu: Bezpieczeństwo energetyczne i środowiskowe* zalecając prowadzenie kampanii edukacyjnych na temat zmian klimatu i adaptacji do nich. Strategia *Innowacyjność i Efektywność Gospodarcza* w działaniu 3.1.2 zaleca *Podnoszenie świadomości społecznej na temat zrównoważonego rozwoju i zmian klimatu*. W ramach tego wyzwania mają być prowadzone działania edukacyjne zarówno w systemie edukacji formalnej, jak i nieformalnej. Podstawowym ich celem jest zwiększenie poziomu powszechnego zrozumienia jak procesy klimatyczne wpływają na życie społeczne oraz gospodarcze, co motywuje do podejmowania działań zapobiegawczych, a także rekonstrukcyjnych w przypadku wystąpienia szkód.

Strategia Sprawne Państwo 2011-2020 też odnosi się do edukacji w punkcie 2.53 *Wzmacnianie gotowości i zapobieganie zagrożeniom*, wskazując, że niezbędne jest

kształtowanie świadomości w zakresie odpowiedzialności za bezpieczeństwo własne i otoczenia oraz promowanie odpowiednich zachowań w sytuacji zagrożenia i większe zaangażowanie obywateli.

Pośrednio konieczność edukacji zaznaczona jest także w *Strategii Rozwoju Kapitału Społecznego* w części 3.4. *Wspomaganie budowy kapitału społecznego dla rozwoju regionalnego* w oparciu o sieci współpracy między różnymi aktorami polityki regionalnej. Zaproponowano w tym zapisie konieczność określenia, jakie mają być wskaźniki przydatne w monitoringu postępu działań podjętych na rzecz podnoszenia świadomości społecznej.

Wszystkie wymienione powyżej zapisy współgrają z *Unijną Strategią Adaptacyjną po roku 2013*, która zakłada zwiększenie społecznej wiedzy na temat zmian klimatu i działań adaptacyjnych.

Dokumenty bezpośrednio wyznaczające treści i cele edukacji to *Ustawa o systemie oświaty* znowelizowana w 2003 roku oraz rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z roku 2009: *Podstawa programowa wychowania przedszkolnego i kształcenia ogólnego w poszczególnych typach szkół*. W ustawie o systemie oświaty wprowadzono zapis mówiący „System oświaty zapewnia w szczególności (...) upowszechnianie wśród dzieci i młodzieży wiedzy o zasadach zrównoważonego rozwoju oraz kształtowanie postaw sprzyjających jego wdrażaniu w skali lokalnej, krajowej i globalnej”. Już sam ten zapis daje zielone światło edukacji związanej z klimatem.

Edukacja formalna

System edukacji formalnej w Polsce obejmuje wychowanie przedszkolne, szkoły podstawowe (I i II etap kształcenia) i ponadpodstawowe: gimnazja, szkoły ponadgimnazjalne: licea ogólnokształcące i licea profilowane, zasadnicze szkoły zawodowe, szkoły policealne oraz szkolnictwo wyższe. Głównym dokumentem określającym obowiązkowe treści kształcenia w placówkach oświatowych jest *Podstawa programowa wychowania przedszkolnego i kształcenia ogólnego w poszczególnych typach szkół*, będąca zasadniczym instrumentem wyznaczającym zakres wiedzy i umiejętności, jakie zdobywa uczeń poprzez realizowane w szkołach programy nauczania, zawartość podręczników, a także sposób oceniania wewnętrznego i zewnętrznego. Jest więc dokumentem, który bezpośrednio wpływa na treści edukacji i cele kształcenia w edukacji formalnej. W *Podstawie programowej* obowiązującej od 30 stycznia 2009 roku w wychowaniu przedszkolnym jednym z celów jest: *pomaganie dzieciom w rozumieniu zjawisk atmosferycznych i w unikaniu zagrożeń*. Jeśli chodzi o szkoły podstawowe, to zarówno na I etapie edukacyjnym (klasy I–III), jak i II etapie (klasy IV–VI), wymagane treści nauczania i zdobyte umiejętności ucznia obejmują wyjaśnienie wpływu codziennych zachowań na stan środowiska naturalnego oraz propozycje działań sprzyjających jakości środowiska.

Podstawa programowa kształcenia ogólnego dla gimnazjów i szkół ponadgimnazjalnych wskazuje jako ważny cel osiągnięcie efektywności kształcenia w zakresie nauk przyrodniczych i ścisłych, zgodnie z priorytetami Strategii Lizbońskiej. W dziale: lokalne i globalne problemy środowiska *Podstawa* zakłada, że: *uczeń omawia przyczyny i analizuje skutki globalnego ocieplenia klimatu*. Jako osiągnięcie edukacji uczeń proponuje m.in. działania ograniczające zużycie wody i energii elektrycznej w gospodarstwie domowym.

Kształcenie ogólne na III (gimnazja) i IV (szkoły ponadgimnazjalne) etapie edukacyjnym, choć realizowane w dwóch różnych szkołach tworzy programowo wspólną całość i stanowi fundament wykształcenia umożliwiający zdobycie zróżnicowanych kwalifikacji zawodowych. Uczniowie, którzy na etapie IV edukacyjnym nie wybrali zajęć w zakresie rozszerzonym z poszczególnych przedmiotów przyrodniczych mają jako jego substytut przedmiot *Przyroda* gdzie poruszane są zagadnienia problemowe. *Podstawa* proponuje jako przykład takiego

zagadnienia efekt cieplarniany od strony fizycznej – kontrowersje wokół wpływu człowieka na jego pogłębianie się. Ogólnie, treści kształcenia w ramach tego przedmiotu mają za zadanie wydobycie poszczególnych wątków wiedzy przyrodniczej odnoszących się do ważnych zagadnień naszej cywilizacji. Przedmiot

W *Podstawie programowej* dla zasadniczych szkół zawodowych również wiele miejsca poświęca się efektywności kształcenia w zakresie nauk przyrodniczych i ścisłych – zgodnie z priorytetami Strategii Lizbońskiej.

Według *Podstawy programowej* we wszystkich typach szkół do oczekiwanych osiągnięć uczniów należy: ocenianie zmian zachodzących w środowisku przyrodniczym w wyniku oddziaływania człowieka i ich wpływ na jakość życia oraz umiejętność odnajdywania środków zaradczych.

Przedstawione powyżej zapisy z *Podstawy programowej* stwarzają możliwości nauczania o środowisku, w tym także o działaniach adaptacyjnych do zmian klimatu. Jednak w aktualnej *Podstawie programowej* kształcenia ogólnego dla wszystkich typów szkół temat adaptacji nie jest wymieniony bezpośrednio. Dlatego też zdaniem nauczycieli sprawujących funkcje konsultantów do spraw edukacji ekologicznej i przyrodniczej, dla większości nauczycieli trudne jest uwzględnienie w programie niewymienionych, a mało znanych im zagadnień.

Ponieważ jednym z celów kształcenia w szkole podstawowej jest *kształtowanie wśród uczniów postaw warunkujących sprawne i odpowiedzialne funkcjonowanie we współczesnym świecie* to właśnie na ten zapis należy zwrócić szczególną uwagę. Daje możliwość wypełnienia odpowiednimi treściami dotyczącymi zasady przezorności, możliwości adaptacji i indywidualnych oraz systemowych sposobów zmniejszania szkód związanych z efektami zmian klimatu.

Z pośród przedmiotów szkolnych na III i IV etapie nauczania (gimnazja i szkoły ponadgimnazjalne zakres podstawowy), zdaniem nauczycieli konsultantów, szczególnie duże możliwości stwarza przedmiot: *Edukacja dla bezpieczeństwa*. W obecnych treściach nauczania uwzględniona została ochrona przed skutkami różnorodnych zagrożeń zdrowia i życia podczas powodzi, jako efekt kształcenia uczeń: omawia zasady ewakuacji ludzi i zwierząt z terenów zagrożonych. W odniesieniu do pierwszej pomocy uczeń: omawia skutki działania niskiej i wysokiej temperatury na organizm ludzki, udziela pierwszej pomocy osobie poszkodowanej przy oparzeniu termicznym.

W treściach i celach przedmiotu *Wychowanie fizyczne* w części poświęconej bezpiecznej aktywności fizycznej i higienie osobistej w obecnej *Podstawie programowej* wymagana jest znajomość przyczyn urazów i wypadków związanych z uprawianiem poszczególnych dyscyplin sportu i w czasie zajęć ruchowych. Także w ramach tego przedmiotu w części poświęconej edukacji zdrowotnej zarówno na III jak i na IV etapie nauczania przedstawione są zasady zdrowego stylu życia. Nigdzie jednak nie wymieniane są potencjalne zagrożenia zdrowia wynikające ze zmian klimatu. Pożądane jest więc wyszczególnienie i osobne podkreślenie takich zagrożeń, które mogą się nasilać, a więc przegrzanie, narażenie na zwiększone promieniowanie UV podczas uprawiania sportów na odkrytej przestrzeni, niebezpieczeństwo nieprzewidywanych zjawisk atmosferycznych, cieńsza pokrywa lodowa itp.

Także niewykorzystane są możliwości przedmiotu *Geografia i Biologia* gdzie jest naturalne miejsce na poruszanie zagadnień adaptacji do zmian klimatu w dziedzinie rolnictwa, leśnictwa, ochrony różnorodności biologicznej i kształtowania krajobrazu.

Ten krótki przegląd zawartości dokumentu programowego dla edukacji formalnej wskazuje na wiele niewykorzystanych możliwości przekazania wiedzy i kształtowania postaw dotyczących adaptacji do zmian klimatu. Wymaga to opracowania możliwych uzupełnień lub przygotowania odpowiednich interpretacji podstawy programowej. W ramach Ministerstwa

Środowiska sprawy edukacji leżą w kompetencji Departamentu Informacji o Środowisku, który rozpoczął prace nad przygotowaniem uzupełnień tematycznych podstawy programowej do negocjacji z resortem oświaty.

Wprawdzie aktualna *Podstawa programowa* roku przywraca naukom przyrodniczym właściwą im metodologię preferując metody doświadczalne, większość szkół nie ma jednak warunków by te możliwości wykorzystać. Dotyczy to także ograniczonych środków dydaktycznych służących edukacji promującej działania adaptacyjne. Na przykład, zdaniem nauczycieli-konsultantów przedmiotów przyrodniczych, w odniesieniu do spraw klimatu ważnym wyposażeniem każdej szkoły powinna być podstawowa stacja meteorologiczna. Posiada je niewielka liczba szkół mimo, że stosunkowo łatwo dostępne są przyrządy pomiarowe standardowych stacji meteo. Stale prowadzone obserwacje nie tylko budzą zainteresowanie różnymi elementami klimatu, ale pozwalają uczniom na bieżąco śledzić zmiany poszczególnych parametrów. Takie obserwacje ułatwiać mogą także w szkole szybką reakcję na nagłe zjawiska meteorologiczne. Wyniki regularnych pomiarów z dużej liczby stacji szkolnych na terenie całego kraju mogą mieć też pewne znaczenie w monitoringu zmian klimatu w ramach tzw. „citizen science”, gromadzenia danych z masowych obserwacji prowadzonych przez obywateli.

Jednym z priorytetów dotacyjnych WFOŚiGW powinno być dotowanie programów edukacyjnych poświęconych zmianom klimatu uwzględniających wyposażenie szkół (przynajmniej ponadgimnazjalnych) w odpowiednie urządzenia do obserwacji meteorologicznych.

Osobnym problemem jest dość powszechny brak przygotowania nauczycieli do wprowadzania, nawet w ramach sugerowanych przez obowiązującą podstawę programową, zagadnień dotyczących adaptacji do skutków zmian klimatu. Zdaniem nauczycieli-konsultantów wymaga to stworzenia warunków do uzupełniania wiedzy przez nauczycieli. Jedną z wynikających z tego konieczności jest zwiększanie liczby nauczycieli-konsultantów w regionalnych Centrach Doskonalenia Nauczycieli, a także umożliwienie im korzystania ze specjalistycznych szkoleń.

Podstawa programowa może być skutecznie wprowadzana w życie kiedy istnieją kompetentne podręczniki, atrakcyjne materiały pomocnicze i dobrze przygotowani nauczyciele. Tematyka dotycząca zmian klimatu i adaptacji do nich powinna znaleźć się także w e-podręcznikach. Przygotowanie i produkcję dobrych materiałów pomocniczych w procesie dydaktycznym wspierają dotacje z NFOŚiGW oraz z funduszy wojewódzkich. Jako dobry przykład takiego wzbogacenia edukacji klimatycznej można podać zalecaną przez ministra właściwego do spraw oświaty i wychowania i sfinansowaną przez NFOŚiGW serię filmów edukacyjnych oraz książek (np. „Pod kloszem czyli prognoza pogody” W. Lenarta) traktujących kompleksowo zagadnienia zmian klimatu łącznie z możliwościami adaptacji. Ogłoszenie naboru konkursowego na przygotowanie dalszych materiałów edukacyjnych i poradników dydaktycznych dla nauczycieli, odpowiednio do każdego poziomu nauczania, powinno stanowić jedną z kategorii priorytetowych przy naborze wniosków o dotacje NFOŚiGW.

Nie do przecenienia rolę w edukacji dotyczącej branżowych aspektów adaptacji do zmian klimatu odgrywają uczelnie wyższe przygotowujące profesjonalistów z różnych dziedzin oraz przyszłych decydentów. Uwzględnienie odpowiednich do dziedziny studiów zagadnień w minimach programowych jest szczególnie istotne na wydziałach architektury, budownictwa, transportu, na uczelniach rolniczych łącznie z wydziałami leśnymi oraz na wszystkich kierunkach ochrony środowiska i w Wyższej Szkole Pożarniczej. Odpowiednio zagadnienia te powinny być uwzględnione w wynikach kształcenia na wydziałach ekonomicznych w aspekcie analizy zysków i strat.

Edukacja nieformalna

Coraz znaczącą rolę w edukacji społeczeństwa pełnią liczne jej formy, realizowane przez różne podmioty, poza ramami systemu oświaty. Wiodącą rolę odgrywają tu różnorodne organizacje pozarządowe, ośrodki edukacyjne Lasów Państwowych, parków narodowych i krajobrazowych, regionalne ośrodki edukacji ekologicznej (często samorządowe). Duży potencjał merytoryczny ma edukacja taka prowadzona przez instytuty naukowe, a także uczelnie wyższe realizujące statutowy obowiązek propagowania wiedzy, także poza środowiskiem akademickim.

W Polsce działa kilkaset organizacji społecznych mających w swoim statucie prowadzenie edukacji ekologicznej. W zakresie zagadnień związanych z klimatem liczne organizacje stowarzyszyły się tworząc Koalicję Klimatyczną prowadzącą wspólny portal internetowy i razem występując w wielu sprawach min. związanych z przygotowywaniem kampanii edukacyjnych skierowanych do konkretnych grup zainteresowania. Jak do tej pory główny kierunek edukacji związany jest z uświadamianiem samego zjawiska zmiany klimatu i wszelkich działań zapobiegających emisji CO₂ natomiast proporcjonalnie niewiele uwagi skupia się na możliwościach adaptacji. Jako pewien wyjątek można podać publikacje i szkolenia organizowane przez Instytut na rzecz Ekorozwoju. Istnieje więc duża luka w wiedzy przekazywanej na temat klimatu, która powinna być wypełniona praktycznymi wskazaniem na temat różnych możliwości adaptacji odpowiednich zależnie od uwzględnianej grupy społecznej i zawodowej oraz regionu zamieszkania. Zagadnienia adaptacji mogą być przedmiotem organizowanych kampanii społecznych, warsztatów dla wolontariuszy chętnych do działań w czasie sytuacji kryzysowych, okolicznościowych happeningów i pikników oraz wystaw.

W edukacji dotyczącej działań adaptacyjnych i kształtowaniu świadomości duże znaczenie może mieć włączenie się instytucji kościelnych i organizacji religijno-ekologicznych (np. Ruch Św. Franciszka z Asyżu) będących autorytetem dla wielu środowisk.

Oprócz działań edukacyjnych skierowanych do ogółu społeczeństwa istotne są też konkretne aspekty wymagające specjalnego podejścia i skierowane do wyraźnej grupy adresatów. Do takich grup należą np. turyści i uprawiający sporty rekreacyjne w terenie. Zmiany klimatu, przejawiając się zwiększeniem częstotliwości i amplitudy zjawisk ekstremalnych, zwiększają zagrożenia podczas uprawiania turystyki zwłaszcza w terenach górskich oraz podczas uprawiania sportów na powietrzu. Wymaga to od sektora turystycznego działań skierowanych na dostarczanie lepszych informacji na temat zjawisk meteorologicznych i prowadzenie edukacji przeznaczonej dla osób uprawiających turystykę zwłaszcza turystykę kwalifikowaną. Edukacja dotyczyć powinna odpowiedniego przygotowania do uprawiania turystyki i sportów - od stroju i ekwipunku po zachowania pozwalające uniknąć zagrożenia np. wyładowaniami atmosferycznymi i w sytuacji stresu termicznego. Edukację taką powinny prowadzić magazyny telewizyjne i pisma specjalistyczne skierowane do turystów oraz sportowców, kluby sportowe, biura podróży i sklepy ze sprzętem turystycznym i sportowym. Schroniska i inne miejsca odpoczynku turystów indywidualnych powinny udostępniać komunikaty meteorologiczne wraz z wyraźnym systemem ostrzegania przed skutkami wychodzenia na szlak bez odpowiednich zabezpieczeń przed promieniowaniem UV i gwałtowną zmianą pogody. Przygotowaniem odpowiednich edukacyjnych materiałów wzorcowych powinno zająć się Ministerstwo Sportu oraz organizacje turystyczne np. PTTK, Duże wyzwania stoją też przed centrami edukacji ekologicznej oraz ośrodkami edukacji w parkach narodowych podczas zajęć terenowych dla odwiedzających oraz „zielonych szkół”.

Podobny zakres ma edukacja w zakresie adaptacji do zmian klimatu poprzez zapobieganie klimatozależnym zagrożeniom zdrowia. Zapobieganie zagrożeniom wymaga podnoszenia poziomu społecznej świadomości występowania ryzyka oraz sposobów jego zmniejszenia i działań adaptacyjnych. Osiągać to można dzięki różnorodnym działaniom edukacyjnym skierowanych do ogółu społeczeństwa ze szczególnym uwzględnieniem najbardziej narażonych grup społecznych i zawodowych. Zwiększone ryzyko zarażenia boreliozą i innymi chorobami przenoszonymi przez kleszcze wymaga szczególnej edukacji skierowanej do osób zawodowo narażonych jak pracownicy leśni, służby ochrony przyrody czy zbieracze runa leśnego. Edukacja taka powinna mieć miejsce podczas szkoleń BHP. Dla ogółu społeczeństwa rolę edukacji biernej mogą odgrywać plakaty informacyjne w placówkach służby zdrowia a także wszelkie formy magazynów poświęconych zdrowiu lub aktywnościom plenerowym w pismach i programach telewizji, zwłaszcza skierowanych do mieszkańców terenów wiejskich. Adaptacja do zmian klimatu poprzez umiejętność minimalizacji ryzyka chorób układu krążenia i oddechowego spowodowanych ekstremami termicznymi jest szczególnie ważne dla ludzi starszych. Do tej grupy osób skierowana edukacja dociera często poprzez Uniwersytety Trzeciego Wieku (UTW- obecnie ponad 800 w całym kraju), także poprzez informacje w placówkach zdrowia. Przygotowanie edukacyjnych materiałów wzorcowych w tym zakresie powinno zająć się Ministerstwo Zdrowia, uczelnie medyczne, organizacje zajmujące się promocją zdrowia oraz UTW.

Rola mediów w kształtowaniu społecznej świadomości

Istotną rolę w edukacji nieformalnej spełniają media zwłaszcza elektroniczne. Z prowadzonych na zlecenie Ministerstwa Środowiska badań stanu świadomości ekologicznej wynika, że dla prawie 80% Polaków telewizja jest głównym źródłem informacji o środowisku i jego zagrożeniach. Informacja, prezentacja przykładów dobrych praktyk w dziedzinie dostosowań do zmian klimatu oraz odpowiednie poradnictwo powinno mieć miejsce nie tylko jako osobne programy edukacyjne, ale i jako element różnych magazynów telewizyjnych. Dotyczyć to powinno np. bloków przeznaczonych dla wsi, magazynów turystycznych, ogrodniczych i poświęconych promocji zdrowia. Dobre doświadczenia wiążą się też z reklamą społeczną w mediach zwłaszcza z udziałem celebrytów. Przykładem może tu być, przygotowany na zlecenie Ministerstwa Środowiska, emitowany często w TV klip reklamowy poświęcony nawykom oszczędzania energii. Przygotowanie podobnej kampanii reklamowej poświęconej przykładom indywidualnych możliwości adaptacji do zmian klimatu, mimo wysokich kosztów, mogło by przynieść proporcjonalnie duży sukces w kształtowaniu społecznej świadomości.

Możliwości Internetu w edukacji dotyczącej adaptacji do zmian klimatu

Wyniki badań ankietowych na temat wybieranych źródeł informacji o środowisku świadczą, że ponad 30% Polaków czerpie informacje głównie z Internetu. Wartość ta jest jeszcze większa w młodszych pokoleniach, a znaczenie Internetu jako głównego źródła informacji systematycznie rośnie. Obecnie w Internecie działają fora internetowe poświęcone globalnemu ociepleni, a także liczne strony tematyczne. Jako szczególnie istotne z punktu widzenia edukacji należy zwłaszcza wymienić portal prowadzony przez Koalicję Klimatyczną, a także strony Instytutu na rzecz Ekorozwoju. Wszędzie przeważają jednak informacje dotyczące ograniczania emisji, odczuwa się brak osobnej strony internetowej poświęconej działaniom dostosowawczym do zmian klimatu. Strategia budowania społecznej świadomości w tej dziedzinie wymaga wykorzystania szans, jakie stwarza Internet. Internet powinien być wykorzystany do a organizowania szkoleń on-line, przeprowadzania konkursów, a także promocji tematycznych gier komputerowych. Powinna być wspierana produkcja promocyjnych i instruktażowych filmów umieszczanych na you-tube. Internet jest

też wskazanym miejscem na umieszczanie wszelkich informacji wynikających z realizacji prawa o dostępie do informacji.

Dostęp do informacji dotyczących zmian klimatu i możliwości adaptacyjnych

Bardzo ważnym czynnikiem umożliwiającym powszechny udział w działaniach mitygujących skutki zmian klimatu i ułatwiającym praktykę zachowań adaptacyjnych jest możliwość uzyskania odpowiednich informacji z tego zakresu. Z prawnego punktu widzenia dostęp do informacji zapewnia obywatelom obowiązująca od listopada 2008 roku *Ustawa o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa oraz o ocenach oddziaływania na środowisko*. Z dokumentów międzynarodowych gwarantuje to ratyfikowana przez Polskę w 2001 roku *Konwencja EKGONZ o dostępie do informacji, udziale społeczeństwa w podejmowaniu decyzji oraz dostępie do sprawiedliwości w sprawach dotyczących środowiska*. W myśl obu dokumentów, każdy obywatel bez konieczności podawania powodów ma prawo do informacji dotyczących stanu środowiska oraz wszelkich działań inwestycyjnych w środowisku a także tworzonych dokumentów jak plany i strategie. Regulowane są także obowiązki instytucji państwowych w zakresie udostępniania informacji. Założeniem tych aktów prawnych jest uznanie, że dostęp do informacji i udział społeczeństwa w podejmowaniu decyzji poprawia jakość i wykonanie decyzji. Przyczyniają się też do wzrostu społecznej świadomości zagadnień ochrony środowiska, dają społeczeństwu możliwość wyrażenia swoich poglądów, a władzy publicznej możliwość ich uwzględnienia. W odniesieniu do dziedziny adaptacji do zmian klimatu przestrzeganie zapisu tych dokumentów ułatwia obywatelom społeczny udział w decyzjach dotyczących sposobu postępowania mającego zmniejszać konkretne skutki zmian klimatu lub im zapobiegać, zwłaszcza lokalnie.

Udostępniane publicznie i poddawane społecznym konsultacją muszą być też odpowiednie strategie i plany dotyczące adaptacji powstające zarówno na szczeblu samorządowym, jak i państwowym.

Oprócz dostępu do informacji wymaganego prawem, niezbędny jest łatwy dostęp do wszelkich informacji naukowych i praktycznych dotyczących możliwości adaptacji do zmian klimatu i wczesnego reagowania w sytuacjach kryzysowych. Należy więc przyjąć, że ważnym celem adaptacyjnym jest stworzenie specjalnej platformy informacyjnej w zakresie zmian klimatu, ich skutków i możliwych metod dostosowania. Odpowiednie strony informacyjne udostępniające najnowsze wyniki badań naukowych w odniesieniu do wpływu zmian klimatu, ewentualne ostrzeżenia i sposoby adaptacji w reprezentowanym przez siebie sektorze powinny założyć resortowe instytuty badawcze PIB, inne placówki naukowe oraz uczelnie wyższe. Należy dążyć aby zakładki informacyjne dotycząca lokalnych problemów i działań adaptacyjnych powstawały na stronach urzędów gmin, zwłaszcza w rejonach najbardziej narażonych na skutki zmian klimatu. Finansowanie takich działań powinno znaleźć się na listach priorytetowych funduszy ochrony środowiska oraz funduszy społecznych np. FIO.

Szkolenia branżowe w dziedzinie adaptacji do zmian klimatu

Oprócz zadań edukacji formalnej oraz edukacji nieformalnej skierowanej do szerokich grup społeczeństwa, w celu kształtowania świadomości zmian klimatu i ich skutków, a także praktycznych umiejętności adaptacyjnych w poszczególnych branżach, niezbędne są specjalistyczne szkolenia zawodowe. Są to różnorodne formy doskonalenia, które pozwalają podnosić poziom wiedzy zawodowej w danej branży w aspektach adaptacji do zmian klimatu. Moduł obejmujący zagadnienia adaptacji powinny włączyć do programów firmy, które wdrażając normy jakości, np. ISO 140001, przeprowadzają powszechny trening pracowników. Odpowiednie aspekty adaptacji powinny być też zaznaczone w organizowanych szkoleniach nawet pozornie nie związanych sektorów, jak np. w programie *Odpowiedzialność i Troska*, w którym uczestniczy kilkaset firm z branży chemicznej. Wiele obejmujących poszczególne grupy

zawodowe szkoleń organizowanych przez różne instytucje jak np. szkolenia w dziedzinie zrównoważonego rozwoju prowadzone dla rzemieślników w ramach programu UE Grundtvig, też może zwrócić uwagę na zagadnienia adaptacji możliwe dla danej dziedziny. Ośrodki akademickie i organizacje pozarządowe, które prowadzą szkolenia w dziedzinie ocen oddziaływania na środowisko zarówno dla instytucji przeprowadzających oceny, jak i dla odbiorców ocen powinny zwracać uwagę na problem zmniejszania ryzyka związanego ze zmianami klimatu.

Oprócz wymienionych powyżej szkoleń, których tematyka powinna być rozszerzona o zagadnienia związane z możliwościami adaptacji do zmian klimatu, istnieje grupa zawodów, dla których zdobycie wiedzy i poszerzenie kompetencji o sprawy mitygacji i adaptacji jest szczególnie istotne. Wymagają one specjalnie zorganizowanych szkoleń, poświęconych głównie tym zagadnieniom.

Szkolenia kadry pedagogicznej. Z punktu widzenia podnoszenia poziomu edukacji formalnej kluczowe znaczenie mają szkolenia uzupełniające wiedzę w dziedzinie zapobiegania skutkom zmian klimatu i podnoszące kwalifikacje metodyczne nauczycieli. Dotyczy to także i edukatorów, czyli osób prowadzących edukację w placówkach pozaszkolnych. Odpowiednie tematy szkoleń uzupełniających powinny być włączone do programów doskonalenia zawodowego prowadzonych przez Centralny Ośrodek Doskonalenia Nauczycieli (CODN), Wojewódzkie Ośrodki Metodyczne, Regionalne Centra Edukacji Ekologicznej oraz uczelnie wyższe. Szkolenia powinny obejmować nie tylko nauczycieli przedmiotów przyrodniczych, ale także nauczycieli przedmiotów społecznych, edukacji prozdrowotnej oraz edukacji dla bezpieczeństwa. Dobrym przykładem takiego interdyscyplinarnego doskonalenia zawodowego może być cykl szkoleń dla nauczycieli zorganizowany w 2011 roku z inicjatywy Ministerstwa Środowiska „Jak uczyć o zrównoważonym rozwoju”. W szkoleniach, z samego założenia, brali udział zarówno nauczyciele przedmiotów przyrodniczych, jak i humanistycznych. Jako przykład dobrej praktyki w dziedzinie szkolenia edukatorów można podać warsztaty, które zorganizowało w 2013 r. dla swych członków Stowarzyszenie Edukatorów Leśnych na temat metodyki nauczania o znaczeniu lasów w adaptacji do zmian klimatu. W przypadku nauczycieli, wiele programów szkoleniowych zakłada ich kaskadowy charakter to znaczy osoby przeszkolone są zobowiązane do przekazania zdobytej wiedzy kolegom w swoich placówkach edukacyjnych. Taki model jest bardzo przydatny w szkoleniach dotyczących adaptacji do zmian klimatu.

Szkolenia leśników i pracowników leśnych oraz służb ochrony przyrody. To duża grupa adresatów, dla których szkolenia są bardzo ważne ze względu na konieczność podjęcia działań adaptacyjnych w lasach (zarówno produkcyjnych jak i objętych różnymi formami ochrony), na terenach chronionych oraz ze względu na profilaktykę zdrowotną. Szkolenia dotyczyć powinny kierunków podejścia do zarządzania lasu (np. przebudowa drzewostanów), w związku z potrzebami wymuszonymi przez zmiany klimatu a także uwzględniać wymagania poszczególnych gatunków drzew. Tematami szkoleń powinny być też działania odpowiadające na zwiększenie zagrożenia pożarowego a także wzrost narażenia na choroby klimatozależne np. przenoszone przez kleszcze. Organizatorem, zależnie od potrzeb, powinny być nadleśnictwa, Okręgowe Dyrekcje LP, Instytut Badawczy Leśnictwa lub wydziały leśne na uczelniach. Dodatkowo szkolenia powinny być wspierane materiałami szkoleniowymi zamawianymi u konkretnych specjalistów i umieszczanymi na stronach Centrum Informacji o Lasach (CILP).

Szkolenia dla samorządów i władz lokalnych. Ze względu na odpowiedzialność za bezpieczeństwo i rozwój swoich gmin, a także z powodu różnic regionalnych w nasileniu poszczególnych czynników charakteryzujących zmiany klimatu, odpowiednie szkolenia powinny być prowadzone na zamówienie przedstawicieli władz lokalnych i samorządów. W szkoleniach szczególnie powinna być podkreślona rola planowania przestrzennego jako narzędzia pozwalającego optymalnie wykorzystać przestrzeń na terenie gminy z punktu widzenia adaptacji do zmian klimatu oraz zapobiegając złej lokalizacji budownictwa i inwestycji komunalnych np. na

terenach zalewowych. Szkolenia powinny obejmować nie tylko praktyczne zagadnienia związane z adaptacją i zmniejszaniem zagrożeń wynikających ze zmian klimatu, ale i metody współpracy w tej dziedzinie ze społeczeństwem, zapewnianie w praktyce dostępu do informacji oraz rozwijania umiejętności komunikacji społecznej. Za szkolenia odpowiedzialne jest Ministerstwo Środowiska lub lokalnie Regionalne Dyrekcje Ochrony Środowiska, a także Ministerstwo Administracji i Cyfryzacji. Jako przykład dobrych już istniejących materiałów dla gmin może służyć przygotowany przez Instytut na rzecz Ekorozwoju poradnik „Społeczeństwo obywatelskie wobec konsekwencji zmian klimatu”.

Szkolenia dla rolników. Do rolników i mieszkańców terenów wiejskich powinny być skierowane szkolenia podnoszące wiedzę i budujące świadomość konsekwencji zmian klimatu dla upraw rolnych i hodowli zwierząt gospodarskich oraz przedstawienie możliwości adaptacji do zmian. W zakres szkoleń należy włączyć przykłady „dobrych praktyk” np. minimalizujących szkodliwy wpływ zmian klimatu na poszczególne gatunki roślin uprawnych, powinna być też uświadomiona perspektywa zmiany struktury upraw i ewentualność wprowadzania nowych odmian. Szczególny nacisk powinien też być położony na uświadomienie konsekwencji dla rolnictwa problemu deficytu wody wiążący się z nieregularnością opadów oraz występowanie suszy glebowej i podtopień. Wszystkie te wymienione i niewymienione problemy wymagają zaproponowania rolnikom możliwości i form działań dostosowawczych. Wiodącą rolę w organizacji i prowadzeniu szkoleń powinny mieć ośrodki doradztwa rolniczego, stacje doświadczalne i ośrodki uczelni rolniczych, a także regionalne centra edukacji ekologicznej.

Szkolenia dla przedstawicieli mediów. Ze względu na wielką odpowiedzialność, jaka spoczywa na mediach, które w opinii Polaków są głównym źródłem informacji o środowisku, dziennikarze szczególnie powinni podnosić swój poziom wiedzy dotyczący zagadnień zmian klimatu także w kontekście działań adaptacyjnych oraz minimalizacji potencjalnych szkód. Ze względu na dynamikę zmian niezbędne jest też stałe aktualizowanie tej wiedzy, zbieranie z terenu przykładów dobrych praktyk i dopasowywanie formy przekazu do grupy odbiorców. W tej działalności od strony merytorycznej dziennikarze powinni otrzymywać wsparcie ze strony instytucji naukowych oraz służb ochrony środowiska. Okresowe szkolenia na wybrane tematy z zakresu zmian klimatu i adaptacji skierowane do dziennikarzy mogą być organizowane przez stowarzyszenia dziennikarskie np. Klub Publicystów Środowiskowych EKOS a także Ministerstwo Środowiska, Generalną Dyrekcję Ochrony Środowiska, Dyrekcje Regionalne, instytuty naukowe i ośrodki akademickie. Ponadto wymienione powyżej instytucje powinny zamieszczać na swoich stronach internetowych gotowe, przygotowane na wysokim poziomie merytorycznym materiały prasowe poświęcone konkretnym tematom do wykorzystania (po nadaniu formy stosownej do odbiorcy) przez dziennikarzy z różnych mediów.

Szkolenia dla wojska. Zważywszy, że armia korzysta z dużych obszarów poligonów często o znacznej wartości przyrodniczej (łącznie z obszarami Natura 2000) istotne jest objęcie administratorów tych terenów szkoleniami dotyczącymi potrzeby działań adaptacyjnych. Wiąże się one głównie z zagrożeniami różnorodności biologicznej np. pojawieniem się inwazyjnych gatunków obcych. W Europie szkolenia takie prowadzone są np. w ramach działań edukacyjnych Bundeswehr dla administracji niemieckich poligonów. Drugim aspektem szkoleń dla administracji wojskowej powinno być zwrócenie uwagi na działania prowadzące do zmniejszania ryzyka zdrowotnego związanego ze zmianami klimatu min. większej, ze względu na wzrost temperatury groźby zatruc pokarmowych w wyniku rozwoju szkodliwych bakterii oraz groźby stresów termicznych i nowotworów skóry. Szkolenia oraz materiały szkoleniowe mogą w przypadku ochrony różnorodności biologicznej zostać przygotowane na zlecenie dowództwa wojskowego przez Regionalne Dyrekcje Ochrony Środowiska, a dotyczące zagadnień sanitarnych – np. przez PZH.

Szkolenia dla urbanistów i architektów. Efekty zmian klimatu odczuwane na terenach zurbanizowanych i w dużych aglomeracjach skupiających coraz więcej mieszkańców, wymagają uwzględnienia w pracach architektów i urbanistów. Rozwój świadomości skutków zjawisk klimatycznych i kompetencji zawodowych w dziedzinie ich niwelowania ułatwić powinny różne formy szkoleń, a także publikacje w pismach branżowych jak np. Przegląd Urbanistyczny. Szczególnie istotne jest przygotowanie do odpowiedniego wykorzystania narzędzia jakim jest planowanie przestrzenne w adaptacji do zjawisk towarzyszących zmianom klimatu. Odpowiednie szkolenia dotyczyć powinny też rodzajów materiałów budowlanych i konstrukcji budynków dostosowanych do zmieniających się warunków klimatycznych. Szkolenia powinny być prowadzone przez stowarzyszenia i organizacje branżowe jak TUP, SARP czy NOT i związki branżowe oraz instytuty naukowe jak Instytut Gospodarki Przestrzennej i Mieszkalnictwa (IGPiM). Dużą rolę do odegrania mają też wydziały architektury i budownictwa na uczelniach nie tylko uwzględniając temat działań adaptacyjnych w kształceniu studentów, ale też organizując szkolenia oraz studia podyplomowe. Oprócz szkoleń wielkie znaczenie dla wymiany nowych doświadczeń zawodowych mogą mieć seminaria i konferencje branżowe na temat adaptacji i zapobiegania skutkom zmian klimatu. Przykładem takiej wymiany doświadczeń jest planowana w roku 2014 wspólna konferencja UW, IGPiM i TUP pt „Miasto idealne- miasto zrównoważone” poruszająca także zagadnienia adaptacji do zmian klimatu przedstawiane w interdyscyplinarnym gronie specjalistów.

Szkolenia dla przedstawicieli branży transportowej. Sposoby dostosowań do efektów zmian klimatu muszą być brane pod uwagę także w szkoleniach przewidzianych dla przedstawicieli branży transportowej. Dotyczy to zwłaszcza dziedziny umiejętnego korzystania z metod planowania przestrzennego czy dostosowania materiałów budowlanych, rodzajów nawierzchni i metod konstrukcji do regionalnych różnic w nasileniu zjawisk klimatycznych. Organizatorami szkoleń powinny być odpowiednie wydziały uczelni technicznych oraz instytuty branżowe np. Instytut Transportu Samochodowego.

Szkolenia dla przedsiębiorców. Różne dziedziny działalności gospodarczej w nierównym stopniu narażone są na skutki zmian klimatu, tak więc szkolenia podnoszące wśród przedsiębiorców świadomość zjawiska i przygotowujące do działań adaptacyjnych powinny być „krojone na miarę” danej branży. Równocześnie konieczność coraz powszechniejszych działań związanych z niwelowaniem skutków zmian klimatu (np. osuszanie budynków, zabezpieczanie pokryć dachowych) otwiera nowe możliwości działalności gospodarczej i związaną z tym konieczność przygotowania specjalistów. Odpowiednie działania szkoleniowe powinny więc podjąć organizacje zrzeszające drobny i średni biznes jak Krajowa Izba Gospodarcza oraz organizacje pozarządowe jak np. Czysty Biznes. Ważną rolę w podnoszeniu świadomości przedsiębiorców mogą też pełnić seminaria szkoleniowe podczas różnych imprez handlowych i wystawowych jak np. podczas Targów Poleko.

Monitoring wdrażania: skala działań edukacyjnych, efekty edukacji oraz zmiany poziomu świadomości i zachowań społecznych

Stałej oceny wymaga stopień zaawansowania prowadzonego przez różne podmioty procesu mającego na celu zwiększenie poziomu społecznej świadomości dotyczącej skutków zmian klimatu oraz akceptacji działań adaptacyjnych. Wyniki i wnioski z prowadzonej okresowo oceny stanowić powinny podstawę do weryfikacji prowadzonych programów edukacyjnych lub korekty priorytetów finansowania.

Wskaźniki służące ocenie działań edukacyjnych mogą wyrażać się danymi dotyczącymi ich skali jak np. liczba prowadzonych kampanii, egzemplarzy materiałów edukacyjnych, częstotliwość szkoleń oraz liczba osób objętych tymi aktywnościami. Kolejnym ważnym wskaźnikiem jest dynamika poziomu finansowania działań edukacyjnych. Równocześnie, im bardziej zróżnicowane są źródła finansowania tym większa szansa, że skorzystają z nich nawet

niewielkie podmioty prowadzące edukację skierowaną do specyficznych adresatów. Określenie skali przeznaczonych na edukację środków to zadanie trudne. Jak do tej pory, oprócz sprawozdań funduszy ochrony środowiska: NFOŚiGW i funduszy wojewódzkich oraz Krajowego Centrum Koordynacji projektów środowiskowych, nie istnieje instytucja gromadząca sprawozdania z różnych form finansowania-dotacji, działalności korporacyjnej, wkładu finansowego jednostek samorządowych, uczelni wyższych lub wolontariatu.

Jednak wskaźnikiem najbardziej miarodajnym, bo określającym skuteczność edukacji, są bezpośrednie badania zmian stanu świadomości i zachowań prowadzone metodami socjologicznymi. Mogą mieć charakter ewaluacji dokonanej bezpośrednio po zakończeniu kampanii czy szkolenia. Taki rodzaj badań pozwala równocześnie na ocenę adekwatności zastosowanej formy edukacji i powinien być stosowany jak najpowszechniej. Najłatwiejszą dla takiej ewaluacji formą edukacyjną są konkursy wiedzy lub konkretnych dokonań w dziedzinie adaptacji.

Próbą całościowej oceny efektu pełnej gamy oddziaływań edukacji formalnej, pozaformalnej i mimowolnej są badania przekrojowe stanu świadomości prowadzone na statystycznie dobranej próbie Polaków. Taki rodzaj badań dotyczących różnych aspektów zachowań ekologicznych jest w Polsce prowadzony od 2011 r. jako element wieloletniego programu badawczego Ministerstwa Środowiska. Badania prowadzone w roku 2011, a następnie powtórzone w roku 2012 wykazały, że w obszarze zagrożeń środowiska sprawy klimatu zajmują wprawdzie czwartą pozycję (po zanieczyszczeniu wód i powietrza oraz katastrofach naturalnych), jednak większość Polaków uznaje je za ważny problem. Kolejne pytania kwestionariusza ankiety MŚ są jednak mylące. Bezpośrednio po pytaniu kto powinien podejmować działania na rzecz minimalizacji skutków zmian klimatu następuje pytanie, czy Polska powinna zredukować emisję gazów cieplarnianych. Takie następstwo pytań wielu ankietowanym może sugerować, że minimalizacja skutków zmian klimatu polega jedynie na redukcji emisji gazów cieplarnianych. Podobnie autorzy ankiety interpretują odpowiedzi respondentów traktując tych, którzy uważają, że działania minimalizujące skutki są niepotrzebne, jako grupę, która przyczyn zmian klimatu dopatruje się poza działaniami człowieka. Niewiara w możliwość wpływu na zmiany klimatu to jeszcze nie odrzucenie potrzeby adaptacji. Wynika z tego wnioski, że monitorowanie zmian poziomu świadomości w sferze adaptacji do zmian klimatu i minimalizacji skutków (a nie tylko redukcji gazów cieplarnianych) wymaga stworzenia precyzyjnego kwestionariusza badawczego. Konieczne jest też regularne prowadzenia badań panelowych tzn. z zastosowaniem powtarzalnych pytań. Badania takie są niezbędne by określić jak zmieniają się wskaźniki charakteryzujące nie tylko opinie na temat konieczności adaptacji, ale także poziom wiedzy i przełożenie na stosowne zachowania w tej dziedzinie.

Źródła finansowanie edukacji

Realizacja wszystkich wymienionych potrzeb edukacji, a także monitoring jej dokonań wymaga dużych nakładów finansowych. Oprócz wspierania edukacji ekologicznej ze środków samorządowych, co obejmuje zwłaszcza szkoły i lokalne organizacje społeczne, największe wsparcie edukacji ekologicznej pochodzi z NFOŚiGW. Łączna wielkość środków przeznaczonych na edukację z wymienionych źródeł osiągnęła w 2010 r. wartość ok. 50 mln zł rocznie i na tym mniej więcej poziomie utrzymuje się przez kolejne lata. Podobnego wsparcia finansowego dla projektów o zasięgu lokalnym udziela 16 Funduszy Wojewódzkich. W 2012 przyjęta została *Wspólna Strategia Działania Narodowego Funduszu i wojewódzkich funduszy ochrony środowiska i gospodarki wodnej na lata 2013-2016 z perspektywą do roku 2020*. Wspólna Strategia zakłada, że do roku 2020 priorytetem będzie cel horyzontalny: *promowanie zachowań ekologicznych, działań i przedsięwzięć służących zachowaniu różnorodności biologicznej oraz adaptacji do zmian klimatu*. Strategia zakłada też wzrost

wypłat środków na finansowanie o ok. 15% w perspektywie 2013-2016 w porównaniu do wypłat w latach 2009-2012.

Środki na edukację przeznaczane na edukację przez Lasy Państwowe powinny też wzrastać zarówno na kształcenie społeczne (ośrodki edukacji leśnej, zajęcia z młodzieżą) jak i na szkolenia leśników.

Znaczenia w finansowaniu edukacji ekologicznej powinny nabierać środki europejskie. Możliwości takie daje program LIFE+ (komponent III-Informacja i komunikacja), program Infrastruktura i Środowisko (środkami z tego programu zarządza Krajowe Centrum Koordynacji Projektów Środowiskowych). Projekty z dziedziny edukacji powinny też nadal uzyskiwać finansowanie z Mechanizmu Finansowego Europejskiego Obszaru Gospodarczego oraz Norweskiego Mechanizmu Finansowego. W sferze edukacji formalnej należy oczekiwać możliwości udziału w finansowanych europejskich programach edukacyjnych, jak Minerva czy Grundtvig. Ponadto, wiele projektów edukacji w dziedzinie ochrony klimatu powinno znajdować sponsorów w polskich i zagranicznych fundacjach oraz instytucjach biznesowych, gospodarczych i innych. Na projekty edukacyjne związane z ochroną klimatu ale przeznaczone dla specyficznych grup społecznych powinien też przeznaczać Fundusz Inicjatyw Społecznych.

Ze względu na znaczenie edukacji dotyczącej adaptacji do zmian klimatu projekty z tej dziedziny powinny być priorytetem w każdej instytucji sponsorującej, a fundusze na nie przeznaczone powinny wzrastać.

15. Wnioski dla rozwoju społeczno-gospodarczego Polski w kontekście zmian klimatu. Kierunki działań adaptacyjnych

15.1. Zadania dla Polski wynikające ze Strategii UE w zakresie przystosowania się do zmiany klimatu

Zadaniami wynikające dla Polski ze Strategii UE w zakresie przystosowania się do zmiany klimatu są:

- 1) Zapewnienie wspólnego podejścia i pełnej zgodności pomiędzy krajową strategią adaptacji i krajowym planem zarządzania zagrożeniami;
- 2) Tworzenie lokalnych i regionalnych planów zapobiegania zjawiskom ekstremalnym w ramach planów zarządzania kryzysowego;
- 3) Podjęcie działań adaptacyjnych na wszystkich poziomach – lokalnym, regionalnym i krajowym;
- 4) Opracowywanie do roku 2020 miejskich strategii adaptacyjnych przygotowywanych w koordynacji z innymi strategiami politycznymi na podstawie doświadczeń *Porozumienia Burmistrzów* dla miast powyżej 150 tys. mieszkańców⁴¹,
- 5) Współpraca transgraniczna z sąsiednimi krajami w celu wdrażania działań adaptacyjnych;
- 6) Udział Polski w transgranicznych, ponadnarodowych i międzyregionalnych programach dot. adaptacji do zmian klimatu;
- 7) Współpraca z krajami UE, Komisją Europejską i Międzyrządowym Zespołem ds. Zmian Klimatu (IPCC) w celu doprecyzowania luk w wiedzy w zakresie m.in. takich zagadnień, jak:

⁴¹ Strategiczny Plan Adaptacji do roku 2000 określa próg mieszkańców dla polskich miast na 100 tys.

- koszty i korzyści związane z adaptacją,
 - lokalne i regionalne analizy i oceny ryzyka,
 - ramy, modele i narzędzia (wspierające proces decyzyjny) - ocena skuteczności różnych działań adaptacyjnych,
 - monitorowanie i ocena dotychczasowych działań adaptacyjnych;
- 8) Współdziałanie Polskie w tworzeniu zapisów w procesie przygotowania nowych dokumentów UE w sprawie ubezpieczeń od klęsk żywiołowych i katastrof spowodowanych przez człowieka;
- 9) Powołanie Krajowego Punktu Kontaktowego ds. Adaptacji (KPKA) do końca 2013 r. z następującym zakresem zadań:
- koordynacja zagadnienia adaptacji do zmian klimatu w kraju,
 - opracowanie planu realizacji strategii i nadzór nad wdrażaniem,
 - współpraca z innymi resortami w kraju w procesie wdrażania,
 - prowadzenie działań informacyjnych i sprawozdawczych w zakresie adaptacji do zmian klimatu i współpraca z Komisją Europejską,
 - rozwijanie krajowego portalu informacyjnego w zakresie adaptacji do zmian klimatu i jego ciągła aktualizacja,
 - interakcja między unijną platformą informacyjną CLIMATE-ADAPT a portalem krajowym,
 - interakcja między krajowym portalem a innymi platformami informacyjnymi,
 - wymiana dobrych praktyk między Polską a innymi krajami UE, regionami, miastami i innymi zainteresowanymi stronami.
- 10) Powołanie Komitetu Monitorującego ds. Adaptacji (KMA) w celu:
- opracowania zasad monitorowania i oceny działań adaptacyjnych w oparciu o unijne wytyczne,
 - uruchomienia monitoringu wdrażania działań adaptacyjnych,
 - utworzenia systemu gromadzenia, weryfikacji i raportowania postępów w realizacji strategii;
- 11) Zapewnienie finansowania działań adaptacyjnych ujętych w SPA 2020 w ramach m.in.:
- europejskich funduszy strukturalnych i inwestycyjnych na lata 2014-2020,
 - programu „Horyzont 2020” i instrumentu finansowego LIFE,
 - projektów międzynarodowych instytucji finansowych takich jak: Europejski Bank Inwestycyjny i Europejski Bank Odbudowy i Rozwoju,
 - z przychodów ze sprzedaży uprawnień do emisji na aukcji w ramach EU ETS.

Zgodnie z Strategią UE warunkiem skutecznego wdrażania zidentyfikowanych kierunków działań adaptacyjnych jest włączenie ich do strategii, polityk i programów realizacyjnych sektorów. Takie podejście zostało zaproponowane i uwzględnione w SPA 2020 w stosunku do sektorowych strategii rozwoju kraju. Zapewnienie skutecznego wdrożenia wymaga uwzględnienia działań adaptacyjnych także na niższych poziomach planowania np. w planach inwestycyjnych. Pozwoli to zoptymalizować koszty wdrażania, a także będzie zwiększać odporność realizowanych inwestycji nie tylko na zmiany klimatu, lecz także na inne oddziaływania np. antropogeniczne. Oczywiście wymagać to będzie uszczegółowienia kierunków działań i przygotowania listy konkretnych działań, co będzie możliwe na poziomie przygotowywania planu realizacyjnego SPA 2020. W trakcie przygotowywania SPA 2020 zostało sprecyzowanych kilkaset działań bardziej szczegółowych, jednakże identyfikacja działań na takim poziomie szczegółowości nie była jej celem. Zarówno kierunki działań, jak i same działania będą ulegać modyfikacji w czasie realizacji przy pojawianiu się nowych potrzeb i możliwości. Z tego względu konieczne jest okresowe aktualizowanie SPA 2020 oraz

planów realizacyjnych. Biorąc pod uwagę wymagania Unii Europejskiej, aby kraje członkowskie przygotowały raport z wdrażania strategii adaptacyjnych do 2017 r., pierwszy przegląd postępów w realizacji Strategii powinien odbyć się w 2016 r.

15.2. Kierunki działań adaptacyjnych

Wyniki analizy scenariuszy klimatycznych wykazują, że temperatura wyraźnie wzrosła na obszarze całego kraju i taka tendencja utrzyma się do końca stulecia. Szczególnie wyraźny wzrost będzie widoczny w chłodnej połowie roku. Ze wzrostem temperatury wiąże się wzrost długości okresu wegetacyjnego, spadek liczby dni z temperaturą ujemną i wzrost wysokich temperatur w lecie. Natomiast opady nie wykazują żadnych wyraźnych tendencji zmian ilościowych, zmianom ulega natomiast struktura opadów w kierunku wzrostu długości okresów bezopadowych (z wysoką temperaturą w lecie) przerywanych intensywnymi ulewami, którym towarzyszyć będą burze i silne wiatry. W związku ze spadkiem liczby dni z temperaturą ujemną skróci się okres zalegania pokrywy śnieżnej.

Z powyższego podsumowania scenariuszy zmian klimatu można wnioskować, że takie zmiany nie będą obojętne dla większości sektorów gospodarczych i życia społecznego. Wielkość oddziaływania jest różna w czasie i nie wszystkie gałęzie gospodarki odczują je od razu. Z tego względu także działania adaptacyjne mogą być rozłożone w czasie. Dodatkowym argumentem za ustaleniem priorytetów wdrażania działań są koszty, które dla pełnego zakresu działań zidentyfikowanych przez ekspertów i resorty kształtują się na poziomie powyżej 80 mld złotych.

O ile obszarach, na które mają wpływ takie zmiany jak powodzie, susze czy wzrost poziomu morza wymagane jest podjęcie działań adaptacyjnych niezwłocznie, o tyle w przypadku sektorów, których wrażliwość na obecne zmiany jest jeszcze niewielka, ale będzie rosła, należy rozpocząć prace planistyczne i przygotowawcze. Trzeba brać pod uwagę czas życia obecnie przygotowywanych inwestycji, z których wiele będzie istnieć przez kolejne dziesiątki lat (m.in. infrastruktura, leśnictwo), i dla których wpływ zmian klimatycznych będzie istotny.

Zidentyfikowane działania adaptacyjne obejmują pięć kategorii: prawne i polityczne, techniczno-organizacyjne, edukacyjne, naukowo-badawcze oraz monitoring i informacja. Właściwie zaprojektowany koszyk polityk powinien obejmować działania pogrupowane według ich pilności z uwzględnieniem kosztów wdrożenia. Z tych względów zidentyfikowane działania zostały pogrupowane w trzech pakietach o charakterze progresywnym.

Pełny wykaz zadań w poszczególnych pakietach wraz z kosztami ich realizacji zamieszczono na końcu niniejszego dokumentu w załączniku 6.

W skład podstawowego pakietu adaptacji wchodzi działania, które powinny być wdrożone – niezależnie od wybranej ścieżki adaptacji, w pierwszej kolejności. Pakiet rozszerzony zawiera instrumenty polityki z pakietu podstawowego poszerzone o paletę przedsięwzięć, które mogą być podjęte w następnej kolejności, niemniej również są ważnym elementem przygotowania się i adaptacji do zmian klimatu. Pakiet pełny zawiera wszystkie instrumenty polityki, zaproponowane w toku prac nad SPA 2020. Progresywny charakter koszyków polityk oznacza więc, że pakiet podstawowy jest najtańszy w implementacji, koszt wdrożenia zestawu rozszerzonego to cena pakietu podstawowego powiększona o nakłady na polityki, które są zawarte w koszyku rozszerzonym, natomiast zastosowanie pakietu pełnego wiąże się z wydatkiem równym sumie wycen wszystkich analizowanych polityk.

Pakiet podstawowy. W pakiecie podstawowym w zasadzie jedyne działania infrastrukturalne dotyczą ochrony przeciwpowodziowej. Pozostałe instrumenty obejmują systemy monitoringu ekstremalnych zjawisk i zagrożeń wywołanych zmianami

klimatycznymi, a także narzędzia prawne służących do unikania zbędnego ryzyka i dostosowania się do zmian klimatycznych.

Działania infrastrukturalne w zakresie zabezpieczenia przeciwpowodziowego są przykładem inwestycji, które służą zapobieganiu strat wywołanych przez ekstremalne zjawiska i przyczyniają się do ograniczania ryzyka. Infrastruktura przeciwpowodziowa pozwala zmniejszyć wartość oczekiwaną strat spowodowanych przez ekstremalne zjawiska klimatyczne i jako taka ma podobne oddziaływanie na gospodarkę, jak inne rodzaje infrastruktury – poprzez zmniejszenie oczekiwanej stopy deprecjacji kapitału fizycznego, podnosi jego produktywność.

Drugą istotną grupą działań adaptacyjnych, które należy zrealizować w pierwszej kolejności, jest wdrożenie systemu monitoringu zagrożeń i systemów wczesnego ostrzegania w obszarze infrastruktury, rolnictwa czy bioróżnorodności. Tego typu systemy z ekonomicznego punktu widzenia działają podobnie do infrastruktury przeciwpowodziowej – a więc oddziałują na produktywność kapitału fizycznego poprzez redukcję wartości oczekiwanej ewentualnych strat spowodowanych przez ekstremalne zjawiska klimatyczne – szybsze powiadamianie i ostrzeganie pozwala przygotować się do kataklizmu i dzięki temu ograniczyć straty. Dodatkowo, koszt tego typu narzędzi jest niewspółmiernie mały w stosunku do osiągniętych korzyści. Zarówno infrastruktura przeciwpowodziowa, jak również systemy monitoringu i wczesnego ostrzegania są więc dobrem publicznym, wpływającym na produktywność kapitału fizycznego.

Z kolei akty legislacyjne, obejmujące planowanie przestrzenne przyczyniają się do wyeliminowania niedoskonałości rynku związanych z asymetrią informacji. Władze lokalne, dzięki wysiłkom na rzecz opracowania map ryzyka związanego ze zmianami klimatycznymi, posiadają większą informację niż obywatele, co pozwala chronić ich przed podejmowaniem nadmiernego ryzyka. Dzięki temu, zapobiega się zwiększaniu strat w przyszłości. Przy tym, koszt ich wdrożenia jest stosunkowo niewielki w porównaniu z innymi działaniami adaptacyjnymi. Z tego względu, takie instrumenty polityki powinny być wdrożone najszybciej jak to możliwe, a zatem znalazły się w podstawowym pakiecie działań.

Czwarta główna kategoria przedsięwzięć uwzględniona w podstawowym pakiecie narzędzi adaptacyjnych to tworzenie planów i strategii dostosowania się oraz adaptacji do zmian klimatu w ramach różnych obszarów tematycznych. Tworzenie tematycznych planów i strategii zostało wskazane w podstawowym pakiecie adaptacji ze względu na fakt, że dokumenty są warunkiem koniecznym efektywności dalszych działań, zmierzających do lepszego przystosowania się do zmian, choć same w sobie nie przynoszą skutków dla gospodarki.

Pakiet rozszerzony. W pakiecie rozszerzonym do działań podstawowych dochodzą działania bardziej zaawansowane, często inwestycyjne, pozwalające na adaptację budowli do zmian klimatycznych, czy aktywne działania na rzecz poprawy jakości lasów (zalesienia i zróżnicowanie drzewostanu). Sednem wartości dodanej tego pakietu jest więc interwencja w warstwie fizycznej, przyczyniająca się do ograniczenia negatywnego oddziaływania zmian klimatycznych na środowisko i budowle.

Mechanizm oddziaływania na gospodarkę tych działań jest co do zasady podobny jak w przypadku infrastruktury przeciwpowodziowej – chroni się szeroko rozumiane zasoby przed zniszczeniem przez zmiany klimatyczne. Choć w tym przypadku zasobem jest nie tylko infrastruktura fizyczna, lecz również bioróżnorodność czy cenne przyrodniczo obszary nadmorskie, to sens ekonomiczny jest ten sam – konsumpcja dziś jest ograniczana, dzięki czemu chroniony jest pewien zasób przyczyniając się do poprawy dobrobytu. Choć wycena znaczenia bioróżnorodności czy unikalnych zasobów nadmorskich dla społeczeństwa jest zadaniem stosunkowo trudnym i korzyści wynikające z adaptacji w tych obszarach są

niemierzalne, to z pewnością realizacja tego typu działań jest konieczna ze względu na fakt, że bioróżnorodność czy istnienie cennych przyrodniczo obszarów jest ważnym czynnikiem, oddziałującym na jakość życia.

Pakiet pełny. W pakiecie pełnym najważniejszym instrumentem jest wsparcie inwestycyjne gospodarstw rolnych (najdroższa zaproponowana interwencja), a także szereg zmian w energetyce, przyczyniających się do dywersyfikacji dostaw i rozwoju odnawialnych źródeł energii. Działania tego typu są potrzebne, lecz powinny się znaleźć poza *Strategicznym Planem Adaptacji*. W szczególności, choć wsparcie inwestycyjne gospodarstw przyczyniające się do rozwoju w Polsce nowoczesnego rolnictwa powinno uwzględniać jego dostosowanie do zmian klimatycznych, to naczelne cele jego są inne. Z kolei w przypadku, odnawialnych źródeł energii, podstawową motywacją do zwiększania ich udziału jest redukcja emisji dwutlenku węgla do atmosfery, a nie dostosowanie się do zmian klimatycznych *per se*.

W pakiecie pełnym wskazano także działania odnoszące się do planowania przestrzennego i budownictwa w miastach. Są to działania zmierzające do opracowania nowych standardów budownictwa miejskiego oraz zwiększenia powierzchni biologicznie czynnej w miastach.

Optymalnym z punktu widzenia państwa działaniem jest wdrożenie części najefektywniejszych instrumentów polityki zawartych w pakiecie podstawowym najszybciej jak to tylko możliwe, a następnie, w 2016 roku dokonanie ich pierwszego przeglądu, wzbogacenie analiz o najnowsze wyniki badań dotyczących zmian klimatu i ich skutków i ewentualne podjęcie dalszych kroków, zmierzających do ewentualnego wdrożenia działań zawartych w pakiecie rozszerzonym i pełnym.

Nie oznacza to, że implementacja instrumentów polityki wchodzących w skład pełnego pakietu działań adaptacyjnych jest niepożądana z punktu widzenia gospodarki. Podstawowe ich cele są nieco inne – w rolnictwie jest to modernizacja i unowocześnienie sposobów upraw, co przełoży się na wzrost produktywności pracy w tym sektorze i uwolnienie zasobów siły roboczej, które będą mogły być wykorzystane do budowy dobrobytu. Z kolei rozwój odnawialnych źródeł energii, szczególnie w obliczu taniejących technologii (por. Bukowski i in. 2011), może przyczynić się do redukcji emisji i poprawy jakości życia mieszkańców, ale nie stanowi adaptacji do zmian klimatycznych.

Szacunki strat wywołanych przez ekstremalne zjawiska klimatyczne obarczone są znaczącym ryzykiem niepewności. Na podstawie dostępnych danych nie jest możliwe określenie rozkładu strat spowodowanych przez ekstremalne zjawiska pogodowe w Polsce, a nawet precyzyjne estymowanie prawdopodobieństw ich wystąpienia. Niepewność dotyczy także kosztów działań adaptacyjnych. Czynnikiem, który w największym stopniu oddziałuje na koszty adaptacji, jest niemożliwy do przewidzenia scenariusz makroekonomiczny. Ponadto źródłem niepewności jest metoda pozyskiwania danych o kosztach działań adaptacyjnych, którą była ankieta przeprowadzona wśród odpowiednich resortów zajmujących się wdrażaniem danej tematyki. Trudność szacowania kosztów oraz brak odpowiedzi od niektórych instytucji powoduje, że określone nakłady mogą być niedoszacowane, a opisana paleta instrumentów może pomijać pewne istotne zagadnienia.

15.3. Wytyczne do przyszłych polityk sektorowych i regionalnych

Zgodnie z Strategią UE warunkiem skutecznego wdrażania zidentyfikowanych kierunków działań adaptacyjnych jest włączenie ich do strategii, polityk i programów realizacyjnych sektorów. Takie podejście zostało zaproponowane i uwzględnione w SPA 2020 w stosunku do sektorowych strategii rozwoju kraju. Zapewnienie skutecznego wdrożenia wymaga uwzględnienia działań adaptacyjnych także na niższych poziomach planowania np. w planach

inwestycyjnych. Także zidentyfikowane działania na poziomie strategii wojewódzkich muszą zostać przeanalizowane i uzupełnione przez samorządy lokalne i regionalne, które są najbardziej kompetentne do oceny tego rodzaju potrzeb na swoim terenie. Pozwoli to zoptymalizować koszty wdrażania, a także będzie zwiększać odporność realizowanych inwestycji nie tylko na zmiany klimatu, lecz także na inne oddziaływania np. antropogeniczne. Oczywiście wymagać to będzie uszczegółowienia kierunków działań i przygotowania listy konkretnych działań, co będzie możliwe na poziomie przygotowywania planu realizacyjnego SPA 2020. W trakcie przygotowywania SPA 2020 zostało sprecyzowanych kilkaset działań bardziej szczegółowych, jednakże identyfikacja działań na takim poziomie szczegółowości nie była jej celem. Zarówno kierunki działań, jak i same działania będą ulegać modyfikacji w czasie realizacji przy pojawianiu się nowych potrzeb i możliwości. Z tego względu konieczne jest okresowe aktualizowanie SPA 2020 oraz planów realizacyjnych. Wraz z przygotowaniem nowych strategii i polityk sektorowych i regionalnych konieczne będzie włączenie kierunkowi działań bądź to sformułowanych w niniejszym opracowaniu bądź nowych które wynikną w wyniku rozwoju społeczno gospodarczego kraju. Biorąc pod uwagę wymagania Unii Europejskiej, aby kraje członkowskie przygotowały raport z wdrażania strategii adaptacyjnych do 2017 r., pierwszy przegląd postępów w realizacji Strategii powinien odbyć się w 2016 r.

15.4. Zadania adaptacyjne administracji państwowej i samorządowej

Strategia adaptacyjna Unii Europejskiej akcentuje m.in. konieczność zwiększania wiedzy na temat zmian klimatu i możliwych działań adaptacyjnych oraz sposobów włączenia adaptacji do kluczowych dziedzin polityki. Wyzwania jakie stawiają przed gospodarką zmiany klimatyczne oraz adaptacja do nich są procesami długotrwałymi, a ich oddziaływanie ma charakter kompleksowy obciążony znacznymi niepewnościami, których wyjaśnienie jest zadaniem nauki. Z tego względu rozwijanie badań na temat związków gospodarki i społeczeństwa ze zmianami klimatu powinno być jednym z podstawowych zadań państwa realizowanych w ramach strategii.

Kolejnym ważnym priorytetem strategii adaptacyjnej jest stworzenie platformy informacyjnej zwiększającej świadomość społeczeństwa w zakresie zmian klimatu, ich skutków i metod dostosowania się. Tego rodzaju działalność może w znacznym stopniu stosunkowo niewielkim nakładem ograniczyć straty wynikające z nieświadomości i nieumiejętności zapobiegania zmianom klimatu, zwłaszcza w wypadku niebezpiecznych zdarzeń ekstremalnych. Jest to zadanie organów administracji państwowej i samorządowej oraz organizacji pozarządowych.

Warunkiem powodzenia realizacji strategii adaptacyjnej jest włączenie zidentyfikowanych kierunków działań adaptacyjnych do zmian klimatu do polityk i strategii rozwoju na poziomie krajowym, regionalnym i lokalnym przy zastosowaniu zasady integracji działań szczególnie w sektorze gospodarki, środowiska, zdrowia, czy rolnictwa. Wdrażania kierunków działań adaptacyjnych wymaga zaangażowania w ten proces zarówno administracji rządowej, jak i samorządowej, oraz innych instytucji centralnych, jednostek naukowych, a także społeczności lokalnych. Przygotowanie planów wdrożenia kierunków działań musi być przedmiotem odpowiedzialności osób kierujących resortami i instytucjami centralnymi, a na poziomie regionalnym przedstawiciele rządu (województw) i samorządów (marszałków). Ponadto w proces wdrażania muszą zostać włączone samorządy lokalne, a także przedsiębiorstwa i organizacje pozarządowe i społeczne. Pierwszym krokiem w celu włączenia szerokich kręgów decydenckich i opiniotwórczych są konsultacje społeczne SPA 2020.

Odpowiedzialność za realizację pakietów działań została zaproponowana na podstawie analizy Założeń Systemu Zarządzania Rozwojem Polski oraz stosownych regulacji prawnych określających zadania poszczególnych resortów i instytucji. Na podstawie głównych ustaw, jak też innych regulacji prawnych obowiązujących w Polsce działaniom adaptacyjnym przypisano główne instytucje odpowiedzialne za wprowadzenie przepisów i ich wdrożenie w obszarze aktywności określonej przez działania. Oprócz rozporządzeń Prezesa Rady Ministrów określających szczegółowe zakres działania ministrów, do podstawowych aktów prawnych, w ramach których można realizować działania adaptacyjne należą:

- Ustawa z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym (tekst jedn. Dz. U. 2013 nr 0 poz. 594)
- Ustawa z dnia 5 czerwca 1998 r. o samorządzie powiatowym (tekst jedn. Dz. U. 2013 poz. 595)
- Ustawa z dnia 5 czerwca 1998 r. o samorządzie województwa (tekst jedn. Dz. U. 2013 nr 0 poz. 596)
- Ustawa z dnia 4 września 1997 o działach administracji rządowej (tekst jedn. Dz. U. 2013 nr 0 poz. 743)
- Ustawa z dnia 23 stycznia 2009 r. o wojewodzie i administracji rządowej w województwie (Dz. U. 2009 nr 31 poz. 206 z późn. zm.)
- Ustawa z dnia 8 sierpnia 1996 r. o Radzie Ministrów (tekst jedn. Dz. U. 2012 nr 0 poz. 392)
- Ustawa z dnia 15 lipca 2011 r. o kontroli administracji rządowej (Dz. U. 2011 nr 185 poz. 1092)
- Ustawa z dnia 20 lipca 1991 r. o Inspekcji Ochrony Środowiska (tekst jedn. Dz. U. 2013 nr 0 poz. 686)
- Ustawa z dnia 18 kwietnia 2002 r. o stanie klęski żywiołowej (Dz. U. 2002 nr 62 poz. 558 z późn. zm.)
- Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym (Dz. U. 2007 nr 89, poz. 590 z późn. zm.)
- Ustawa z dnia 16 września 2011 r. o szczególnych rozwiązaniach związanych z usuwaniem skutków powodzi (Dz. U. 2011 nr 234 poz. 1385 z późn. zm.)
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (tekst jedn. Dz. U. 2008 nr 25 poz. 150 z późn. zm.)
- Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (tekst jedn. Dz. U. 2012 nr 0 poz. 145 z późn. zm.)
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 Prawo budowlane (tekst jedn. Dz. U. 2010 nr 243 poz. 1623 z późn. zm.)
- Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (tekst jedn. Dz. U. 2012 nr 0 poz. 647 z późn. zm.)
- Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (Dz. U. 2004 nr 121 poz. 1266 z późn. zm.).

Biorąc pod uwagę fakt, że podział odpowiedzialności jednostek samorządu terytorialnego za zarządzanie rozwojem na poziomie regionalnym i lokalnym nie jest jeszcze precyzyjnie określony niezbędne będzie doprecyzowanie odpowiedzialności na tym szczeblu po ostatecznych decyzjach rządowych w tej sprawie.

Proponowany zakres odpowiedzialności za realizację działań adaptacyjnych zamieszczono na końcu niniejszego dokumentu w załączniku 7.

15.5. Niezbędne regulacje prawne i mechanizmy finansowe

Niezbędne regulacje prawne zostały zdefiniowane w wykazie działań zamieszczonym w załączniku 6. Spośród nich do najpilniejszych należą:

- 1) zreformowanie struktur gospodarki wodnej z uwzględnieniem zmian klimatu;
- 2) wprowadzenie obowiązkowych planów zagospodarowania przestrzennego na poziomie regionalnym i lokalnym szczególnie dla obszarów powodziowych, zurbanizowanych, przyrodniczo cennych, rolniczych i leśnych wrażliwych na susze oraz strefy wybrzeża i wód przybrzeżnych;
- 3) wprowadzenie rozwiązań dotyczących pomocy Państwa udzielanej na pokrycie strat i rozwijanie systemu ubezpieczeń obejmujących ryzyko wynikające ze zmianami klimatu;
- 4) wprowadzenie do regulacji prawnych ocen oddziaływania na środowisko wymogu uwzględnienia wpływu oczekiwanych zmian klimatu

Regulacje prawne zdefiniowane powyżej muszą być uzupełnione o wymagania Unii Europejskiej określone w Strategii UE w zakresie przystosowania się do zmiany klimatu takie jak: prawne uregulowanie obowiązku przygotowywania strategii adaptacyjnych dla miast powyżej 150 tys. mieszkańców⁴² i tworzenie lokalnych planów zapobiegania zjawiskom ekstremalnym, czy Powołanie Komitetu Monitorującego ds. Adaptacji.

Adaptacja do zmian klimatu jest przedsięwzięciem niezwykle kosztownym, stąd źródła jej finansowania są też jednym z najważniejszych problemów poruszanych przez międzynarodowe raporty zajmujące się tą tematyką. Zgodnie z raportem ONZ (2010), paleta źródeł finansowania adaptacji w sektorze publicznym jest stosunkowo szeroka i obejmuje takie źródła, jak:

- 1) Źródła publiczne (budżet państwa): przychody z opodatkowania emisji w przemyśle, przychody z opodatkowania emisji w transporcie, przychody z opodatkowania transakcji finansowych, bezpośrednie płatności z budżetu;
- 2) Organizacje międzynarodowe: fundusze strukturalne UE zwłaszcza Polityka Spójności, granty i pożyczki Banku Światowego, Europejskiego Banku Odbudowy i Rozwoju, MFW;
- 3) Przychody ze sprzedaży uprawnień do emisji dwutlenku węgla;
- 4) Źródła prywatne i środki własne przedsiębiorstw

Źródła finansowania działań adaptacyjnych powinny być różnorodne oraz właściwie dopasowane do ich specyfiki. Niektóre przedsięwzięcia (szczególnie te z zakresu odnawialnych źródeł energii i niskoemisyjnej energetyki) mogą być finansowane przy pomocy preferencyjnych pożyczek dla interesariuszy, z kolei wydatki na wielkie działania infrastrukturalne, takie jak budowa tam czy wałów przeciwpowodziowych muszą być pokryte przez budżet centralny przy ewentualnej pomocy międzynarodowej, takiej jak fundusze strukturalne Unii Europejskiej czy kredyty Europejskiego Banku Odbudowy i Rozwoju.

W ramach Unii Europejskiej w *Projekcie wieloletnich ram finansowych (WRF) na lata 2014-2020 (MFF)*⁴³ oraz we wszystkich właściwych programach finansowania UE na lata 2014-2020 tj. europejskich funduszy strukturalnych i inwestycyjnych, Programu „Horyzont 2020” oraz Programu LIFE uwzględnia się adaptację do zmian klimatu.

⁴² Strategiczny Plan Adaptacji do roku 2000 określa próg mieszkańców dla polskich miast na 100 tys.

⁴³ Multiannual Financial Framework for 2014-2020. Zmieniony wniosek Rozporządzenie Rady określające wieloletnie ramy finansowe na lata 2014-2020 COM(2012)388
Źródło: http://europa.eu/eu-law/legislation/index_pl.htm

Ponadto, szczególną rolę może odgrywać w tym przypadku połączenie finansowania prywatnego i publicznego – z ekonomicznego punktu widzenia adaptacja do zmian klimatycznych podnosi również produktywność kapitału prywatnego, w związku z tym przedsiębiorcy powinni być skłonni do ponoszenia części kosztów tego typu przedsięwzięć.

Jednym z najważniejszych wyzwań stojących przed projektantami polityk adaptacji jest efektywne wykorzystanie środków prywatnych, które mogłyby być przeznaczone na ten cel. Ponadto, akty prawne regulujące i sankcjonujące poszczególne instrumenty polityki powinny uwzględniać możliwość łączonego, publiczno-prywatnego finansowania działań. Dobór szczegółowych instrumentów finansowych do poszczególnych przedsięwzięć adaptacyjnych powinien być prowadzony przez ustawodawcę na etapie ich wdrażania i powinien być poprzedzony szczegółową analizą.

Warto zaznaczyć, że pomiędzy poszczególnymi źródłami finansowania działań adaptacyjnych występuje efekt synergii. Jednocześnie korzystne oddziaływanie można wzmocnić wykorzystując efekt dźwigni finansowej wynikający z wykorzystania pożyczek udzielanych przez organizacje międzynarodowe. Na etapie wdrażania operacyjnego SPA 2020 należy dla każdego instrumentu przeprowadzić analizę finansowania pod kątem wykorzystania do tego celu zarówno źródeł publicznych, jak i prywatnych.

15.6. Monitoring wdrażania i wskaźniki realizacji działań adaptacyjnych

Warunkiem skutecznej realizacji działań adaptacyjnych jest przede wszystkim dysponowanie rzetelną informacją na temat wpływu zmian klimatu i wrażliwości dziedzin życia na te zmiany. Zadaniem monitoringu jest dostarczenie takiej informacji. Celem systemu monitorowania jest ocena zmian czterech podstawowych elementów: zmian klimatu, wpływu zmian klimatu na społeczeństwo i gospodarkę, wrażliwości gospodarki i społeczeństwa na zmiany oraz stopnia realizacji strategii. W obszarach, w których system monitorowania wpływu zmian klimatu i wrażliwości praktycznie nie istnieje (zdrowie, transport, bioróżnorodność, leśnictwo) konieczne jest jego utworzenie.

Monitoring zmian klimatu opiera się na wynikach pomiarów Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej i Hydrogeologicznej oraz na regionalnych modelach klimatycznych i dostarcza analizy o zmianach aktualnych i przyszłych elementów klimatycznych ważnych z punktu widzenia gospodarki i społeczeństwa, a także rozwija system ostrzeżeń o zjawiskach ekstremalnych.

Monitoring wpływu zmian i wrażliwości istnieje w ograniczonym zakresie w odniesieniu do najbardziej wrażliwych sektorów, takich jak rolnictwo, gospodarka wodna i ochrona wybrzeża, jednak nie tworzy spójnego systemu państwowego. Sporadyczne oceny prowadzone są także przez ośrodki naukowe i eksperckie, a bardziej kompleksowe dotyczą jedynie skutków finansowych i rzeczowych nadzwyczajnych zagrożeń, takich jak powódzie. Informacje w tym zakresie zbierane są doraźnie i przez różne instytucje, co sprawia, że trudno na ich podstawie dokonać rzetelnej analizy całościowej.

Przedmiotem monitoringu wpływu są lub powinny być:

- w rolnictwie: skutki zmian klimatycznych i zjawisk ekstremalnych dla produkcji roślinnej i zwierzęcej szczególnie w zaopatrzenie w wodę (susza), nadmierne nawodnienie, choroby i rozprzestrzenianie się szkodników;
- w ochronie zdrowia: zagrożenia zjawiskami klimatycznymi i pochodnymi groźnymi dla zdrowia w tym m.in.. liczebności owadów wektorowych, jakości wody i żywności w okresie fal upałów oraz zachorowaniami na choroby klimatozależne;

- w zakresie Infrastruktury miejskiej: wpływ zjawisk klimatycznych na infrastrukturę miejską zwłaszcza dużych miast (np.. kanalizacja i systemy odwadniania budowli podziemnych, zanieczyszczenia powietrza i wody, zmiany wyspy ciepła i in.);
- w transporcie: wrażliwe elementy infrastruktury transportowej jako wsparcie systemu ostrzeżeń dla służb technicznych;
- w budownictwie: zmiany w infrastrukturze pod wpływem warunków klimatycznych;
- w strefie brzegowej: stan brzegów morskich i strefy wód przybrzeżnych, sztormów i intruzji wód morskich;
- w zakresie bioróżnorodności: oceny zmian stanu siedlisk i gatunków najbardziej narażonych na zmiany klimatu;
- w leśnictwie: obserwacje fenologiczne, strefowe zmiany zasięgu gatunków, szczególnie w obszarach górskich;
- w zakresie kosztów: poniesione straty i koszty skutków zjawisk klimatycznych i ich usuwania oraz koszty działań zapobiegawczych.

Monitoring wpływu zmian i wrażliwości powinien być w gestii sektorów i samorządów, wyniki monitoringu powinny być przetwarzane i analizowane przez zespoły monitorujące w resortach i samorządach, a następnie przekazywane do krajowego, regionalnych i lokalnych centrów zarządzania kryzysowego.

Do monitorowania postępu we wdrażaniu działań adaptacyjnych powinna być wykorzystana istniejąca struktura zarządzania kryzysowego. Monitoring powinien być prowadzony w określonych interwałach czasowych (np. co 5 lat) przez gminne, powiatowe, wojewódzkie i resortowe centra zarządzania koordynowane przez Rządowe Centrum Bezpieczeństwa i powinien stanowić zintegrowany system kompleksowego monitoringu.

Przedmiotem monitorowania postępu w realizacji SPA 2020 jest wdrażanie przyjętych działań adaptacyjnych, które powinny być scharakteryzowane jednym lub kilkoma szczegółowymi cechami możliwymi do jakościowej lub ilościowej oceny ich zmian w czasie oraz ich skuteczności w ograniczaniu wpływu zmian klimatu.

Wskaźniki monitoringu na poziomie krajowym muszą się charakteryzować wyższym stopniem agregacji niż wskaźniki na poziomie regionalnym, lokalnym i branżowym. Wraz z uszczegóławianiem SPA 2020 i przygotowywaniem planów adaptacyjnych także wskaźniki będą wymagać uszczegółowienia tak, aby uwzględniały specyfikę branży i regionu.

W zależności od charakteru działania wskaźniki mogą mieć charakter ilościowy lub jakościowy. Obok wskaźników indywidualnych przypisanych danemu działaniu wskazane jest stosowanie wskaźników kompleksowych opisujących całość lub większy fragment procesu adaptacyjnego.

Do wskaźników kompleksowych należą m.in. wielkość strat spowodowanych przez zjawiska nadzwyczajne, koszty ponoszone przez Państwo na usuwanie strat i na działania zapobiegawcze. Ze względu na nierównomierne występowanie zjawisk nadzwyczajnych w czasie, zalecane jest przyjęcie jako wskaźnika bazowego danych z okresu np. 10-letniego. Do grupy takich wskaźników należą także wskaźnik wykorzystania wody (WEI) lub wskaźnik suszy (CDI). Działania indywidualne lepiej charakteryzują konkretne przedsięwzięcia, jednak w większości przypadków wymagają opracowania ilościowej informacji dla okresu bazowego (rok lub okres).

Wdrażane działania będące przedmiotem monitoringu odnoszą się do obszaru prawa i polityki, techniki i organizacji, zwiększania świadomości i edukacji oraz badań naukowych. W obszarze prawno-politycznym wskaźniki muszą ilustrować stan dostosowania prawa do

potrzeb strategii adaptacyjnej poprzez nowe regulacje, nowelizację istniejącego prawa, opracowanie regionalnych i lokalnych strategii, przegląd i uaktualnienie standardów technicznych itp. Wskaźnikiem wdrożenia jest fakt wydania stosownych regulacji lub jego brak. W obszarze działań technicznych wskaźniki muszą umożliwiać ocenę skuteczności wdrożonych konkretnych działań. W większości przypadków wskaźniki powinny mieć charakter ilościowy. W obszarze organizacyjnym wskaźnikami postępu będą wdrożone inicjatywy obejmujące działania restrukturyzacyjne i instytucjonalne, przygotowanie planów adaptacji, planów zagospodarowania przestrzennego i in. Wskaźnikami postępu w zakresie edukacji jest liczba przeszkolonych osób na różnych poziomach i różnych specjalnościach, liczba szkoleń, programów, zmian w programach edukacyjnych i in.

We wszystkich badanych sektorach istnieją duże obszary braku informacji i niewiedzy w zakresie skutków zmian klimatu, wrażliwości gospodarki i społeczeństwa. Usunięcie tych braków poprzez rozwijanie badań wpłynie w przyszłości na zwiększenie skuteczności podejmowanych działań prawnych i technicznych, a jednocześnie ograniczy wielkość strat i kosztów ich usuwania. Warunkiem postępu w tym zakresie jest włączenie tego zagadnienia do priorytetów Narodowego Centrum Badan Rozwojowych i przeznaczenie na to stosowych środków. W tym zakresie wskaźnikiem postępu będą nakłady na badania.

Organizacja i prowadzenie monitoringu w badanych sektorach pociąga za sobą koszty, które zostały określone przez zainteresowane resorty i zamieszczone w poniższej tabeli (Tab. 15.1).

Tab. 15.1. Koszty prowadzenia poszczególnych rodzajów monitoringu do r 2030

Sektor	Koszty(w mln zł)
Rolnictwo	68,3
Ochrona zdrowia	34
Infrastruktura miejska	45
Transport	27
Strefa brzegowa	323
Bioróżnorodność	11
Leśnictwo	11
Straty i koszty zjawisk ekstremalnych	6
System Informatyczny Gospodarki Wodnej i system wczesnego ostrzegania przed zagrożeniami powodziowymi	34
Łącznie	539,3

Lista wskaźników dla oceny wdrożenia poszczególnych zadań została zamieszczona na końcu niniejszego dokumentu w załączniku 7. Proponowana lista ma charakter wstępny i w trakcie realizacji będzie ulegać okresowym modyfikacjom.

Literatura

- Albert C. H., Thuiller W., Lavorel S., Davies I.D., Garbolino E. 2008. Land-use change and subalpine tree lecidias: colonization of *Larix lecidias* in French subalpine grasslands. – *Journal of Applied Ecology* 45: 659–669.
- Battisti A. 2008. Forests and climate change - lessons from insects. *iForest*, 1: 1–5.
- Beniston M. 2003. Climatic change in mountain regions: a review of possible impacts. – *Climatic Change* 59: 5–31.
- Beniston M. 2007. Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections, *Climatic Change* 81:71–95
- Bernadzki E., Bolibok L., Brzeziecki B., Zajączkowski J., Żybura H. 1998. Rozwój drzewostanów naturalnych Białowieskiego Parku Narodowego w okresie od 1936 do 1996 roku. Fundacja Rozwój SGGW, s. 272.
- Białecka K. 1982. Rośliny naczyniowe grupy Pilska w Beskidzie Żywieckim. – *Zesz. Nauk. Uniw. Jagiellońskiego. Pr. Bot.* 10: 1-149.
- Błażejczyk K. 1998. Promieniowanie słoneczne a gospodarka cieplna organizmu człowieka. *Zeszyty IGiPZ PAN*, 51.
- Błażejczyk K. 2009. Zmiany globalne klimatu i ich konsekwencje zdrowotne dla człowieka. [w:] M. Gutry-Korycka, T. Markowski (red.) *Zrównoważone warunki życia z zmieniającym się systemie klimatycznym Ziemi*, PAN, KPZK, *Studia*, 124, s. 107-136.
- Błażejczyk K., Błażejczyk A. 2012a. Środowiskowe i klimatyczne uwarunkowania zatruc pokarmowych – stan aktualny i prognoza do roku 2100, [w:] Kantowicz E., Roge-Wiśniewska M. (red.) *Cywilizacja a środowisko – wyzwania i dylematy*, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, s. 55–65.
- Błażejczyk K., Błażejczyk A. 2012b. Changes in UV radiation intensity and their possible impact on skin cancer in Poland. *Geographia Polonica*, 85, 2, s.57-64.
- Błażejczyk K., Kozłowska-Szczęśna T. 2008. Klimat a zdrowie. [w:] Kundzewicz Z.W., Starkel L (red.) *Globalne ocieplenie i jego skutki*, Kosmos, *Problemy Nauk Biologicznych*, t. 57, 3-4, s. 269-279.
- Błażejczyk K., McGregor G. 2007. Warunki biotermiczne a umieralność w wybranych aglomeracjach europejskich. *Przegląd Geograficzny*, 79, 3 i 4, s. 401-423.
- Borecki T., Piegrzalski E., Żelazo J., 2004. Woda jako czynnik strategiczny rozwoju obszarów nieurbanizowanych, *Gosp. Wodna*, 6, 221-227.
- Borecki T., Stępień E. 2012. Metodyczne przesłanki strategii rozwoju zasobów leśnych w Polsce. *Sylwan* 12, s. 914-922.
- Bukowski. A., Śniegocki. K., Wierus B. 2011. IBS-BAU 2070 Scenariusz odniesienia dla polskiej gospodarki, sektora energetycznego oraz emisji gazów cieplarnianych do 2070 roku, Instytut Badań Strukturalnych, Warszawa XI.
- Chytry M., Pyšek P, Wild J., Pino J., Maskell L.C., Vilà M. 2009. European map of alien plant invasions based on the quantitative assessment across habitats. *Diversity and Distribution*, 15, s. 98-107.
- Cieślak A. 2013. Zagrożenie powodzią i erozją morską w warunkach zmiany klimatu a podejmowanie decyzji w obszarze przybrzeżnym (prezentacja)

- Confalonieri U., Menne B., Akhtar R., Ebi K.L., Hauengue M., Kovats R.S., Revich B., A. Woodward, 2007. Human Health. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., van der Linden P.J., Hanson C.E. (red). Cambridge University Press, Cambridge, UK, s. 391-431.
- Conroy M. J., Runge M. C, Nichols J.D., Stodola K.W. Cooper R.J. 2011. Conservation in the face of climate change: The roles of alternative models, monitoring, and adaptation in confronting and reducing uncertainty. *Biological Conservation*. 144: 1204-1213.
- Dajdok Z. 2004. Występowanie pokrzywy zwyczajnej *Urtica dioica* L. w dolinach małych strumieni na obszarach rolniczych. [w:] Heese T., Puchalski W. (red.) *Bliskie naturze kształtowanie dolin rzecznych*; Wyd. Politechniki Koszalińskiej, Koszalin, s. 279-295.
- Dajdok Z., Wuczyński A. 2008. Alien plants in field margins and fields of southwestern Poland. *Biodiv. Res. Conserv.*, 9-10 s. 19-33.
- Dawidziuk J. 2012. Stan obecny oraz prognozy rozwoju i użytkowania zasobów leśnych. Zimowa Szkoła Leśna, Sesja I, Sękocin Stary, 17-19 marca 2009, Instytut Badawczy Leśnictwa.
- Delucchi, M. 2010. Impacts of biofuels on climate change, water use, and land use. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1195, 28–45. doi:10.1111/j.1749-6632.2010.05457.x
- Dessai S. 2002. Heat Stress and Mortality in Lisbon. Part I. Model Construction and Validation. *International Journal of Biometeorology*, 47, s. 6-12.
- Diaz J., Garcia-Herrera R., Trigo R.M., Linares C., Valente M.A., Miguel J.M., Hernández E. 2006. The impact of the summer 2003 heat wave in Iberia: how should we measure it? *Int J Biometeorol* 50, s. 159-166.
- Dirnböck T., Dullinger S, Grabherr G. 2003. A regional impact assessment of climate and land-use change on alpine vegetation. *Journal of Biogeography* *30* (3): 401-417. Döll 2002
- Dubiński J., Turek M. 2012. Szanse i zagrożenia rozwoju górnictwa węgla kamiennego w Polsce, *Wiadomości górnicze*, str. 626 – 633 11/2012, Katowice
- Dankers R., Feyen L. 2008. Climate change impact on flood hazard in Europe: An assessment based on high resolution climate simulations, *J. Geophys. Res.*, 113, D19105, doi:10.1029/2007JD009719.
- Ecoheatcool – The European Heat Market –Final Report, Euroheat &Power 1150, 2005-2006, Brussels Belgium
- EEA 2008. Impacts of Europe's changing climate - 2008 indicator-based assessment. EEA Report.
- EEA 2010. Climate change impacts on water quality and biodiversity Background Report for EEA European Environment State and Outlook Report 2010, EEA/ADS/06/001 – Water, ETC Water Technical Report 1/2010
- EEA 2012. Urban adaptation to climate change in Europe, Report. Final draft for EIONET consultation.
- Energy Visions 2050. 2009. VTT EDITA.

- Eurowinter Group 1997. Cold exposure and winter mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe. *Lancet*, 349, s. 1341-1346.
- Gawlik L., Eliaszyk-Bocheńczyk A., Majchrzak H., Mokrzycki E. 2010. Perspektywy węgla kamiennego i brunatnego w Polsce i Unii Europejskiej, 21. Światowego Kongresu Energetycznego w Montrealu, Kanada, Gevers J., Hoyer T.T., Topping C.J., Glemnitz M., Schroder B. 2011. Biodiversity and the mitigation of climate change through bioenergy: impacts of increased maize cultivation on farmland wildlife. *GCB Bioenergy* 3. 472–482.
- GIOŚ 2010. Raport o stanie środowiska w Polsce 2008, Biblioteka Monitoringu Środowiska Warszawa 2010, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska.
- Górski i in. 1997 Górski T., Demidowicz G., Deputat T., Górka K., Marcinkowska I., Spoz-Pań W., 1997. Empiryczny model plonowania pszenicy ozimej w funkcji czynników meteorologicznych. *Zesz. Nauk. AR Wrocław*, 313: 99-109.
- Górski T. 2005. Model średniej temperatury powietrza w Polsce. *Acta Agrophysica*, 125: 73-83.
- Green K. 2010. Alpine taxa exhibit differing responses to climate warming in the Snowy Mountains of Australia. – *Journal of Mountain Science*/7(2): 167-175.
- Gromadzińska-Graczyk H., Andrzejewski W., Mastyński J. 2003. Starorzeczka Środkowej Warty i ich znaczenie dla środowiska przyrodniczego. [w:] Banaszak J. (red) *Stepowienie Wielkopolski i pół wieku później*. Wyd. Akademii Bydgoskiej: 57-62
- Groom M.J., Gray E.M., Townsend P.A. 2008. Biofuels and Biodiversity: Principles for Creating Better Policies for Biofuel Production *Conservation Biology* 22: 602–609.
- Grosset R. 2012. Ocena zjawisk ekstremalnych w aspekcie kosztów i zagrożeń.
- GUS 2010, Turystyka i wypoczynek w gospodarstwach domowych w 2009, Warszawa.
- GUS 2012. Turystyka w 2011 r., Warszawa.
- Harmata W. 1993. Fenologia – nauka potrzebna, *Gazeta Obserwatora IMGW*, 42, 6, 3-4.
- Harrington R., Fleming R.A., Woitwod I.P. 2001. Climate change impacts on insect management and conservation in temperate regions: Can they be predicted? *Agricultural and Forest Entomology*. 3: 233–40.
- Heat-waves: risks and responses. 2004. *Health and Global Environmental Change Series*, No. 2, WHO Europe, Copenhagen
- Hennenberg, K. J. Dragisic, C., Haye S., Hewson J., Semroc B., Savy C., Weigmann K., Fehrenbach H., Fritsche U. R. 2010. The Power of Bioenergy-Related Standards to Protect Biodiversity. *Conservation Biology* 24. 412–423.
- IMGW-PIB 2012. KLIMAT. Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo (zmiany, skutki i sposoby ich ograniczenia, wnioski dla nauki praktyki inżynierskiej i planowania gospodarczego), Raport końcowy, Warszawa.
- Interpretation Manual Of European Union Habitats. 2007. European Commission, Dg Environment.
- IPCC. Zmiana klimatu 2007. Synteza.
- Jankowiak J. (red.). 1976. *Biometeorologia człowieka*, Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa.
- Jaroszewicz, B. 2007: Różnorodność biologiczna lasów polskich, *Wszechświat*, t. 108, nr 4-6/2007.

- Jelonek M. 2002. Znaczenie dla środowiska i gospodarki rybackiej starorzeczy oraz innych zbiorników wodnych w terenach zalewowych. *Supl. Acta Hydrobiol.* 3:29-35.
- Jędrychowski W. 1986. *Epidemiologia. Wprowadzenie i metody*, PZWL, Warszawa
- Jönsson A.M., Harding S., Barring L., Ravn H.P. 2007. Impact of climate change on the population dynamics of *Ips typographus* in southern Sweden. *Agricultural and forest meteorology*, 146: 70–81.
- Kaca E. 2008. Stan i techniczno-organizacyjne możliwości nawodnień w Polsce. *Wiad. Mel. i Łąk.* 1.
- Kasztelewicz Z., Kaczorowski Z., Mazurek S., Orlikowski D., Żuk S. 2009. Stan obecny i strategia rozwoju branży węgla brunatnego w I połowie XXI wieku w Polsce, VI Międzynarodowy Kongres Górnictwo Węgla Brunatnego, *Kwartalnik AGH Górnictwo i Geoinżynieria*, Rok 33, Zeszyt 2, Kraków.
- Kasztelewicz Z. 2010. Materiały na temat węgla brunatnego, Materiały niepublikowane, Kraków.
- Kazmerski L. 2010. National Renewable Energy Laboratory USA, World Renewable Energy Congress, Abu Dhabi, UAE (prezentacja).
- Kędziora A. 2010. Zmiany klimatyczne i ich wpływ na warunki wodne krajobrazu rolniczego. W: *Klimatyczne zagrożenia rolnictwa w Polsce*. Pr. zbior. Red. C. Koźmiński, B. Michalska, J. Leśny. Szczecin, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego s. 103-136.
- Kieć-Świerczyńska M., Kręcis B., 2008, *Fotoalergia*, [w:] Pałczyński C., Kieć-Świerczyńska M., Walusiak J. [red.] *Alergologia zawodowa*. Oficyna Wydawnicza Instytutu Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, Łódź, s. 151–161.
- Kiewra D., Dobracki W., Lonc E., Dobracka B., 2004. Ekspozycja na ukłucia przez kleszcze a występowanie rumienia wędrującego u pacjentów z boreliozą z Lyme na terenie Dolnego Śląska *Przegląd Epidemiologiczny*, 58, s. 281-288.
- Klonowicz S., Kozłowski S. 1970. *Człowiek a środowisko termiczne*, PZWL, Warszawa.
- Kondrusik M., Biedzińska T., Pancewicz S., Zajkowska J., Grygorczuk S., Świerczyńska R., Saniutycz-Kuroczycki S., Hermanowska-Szpakowicz T., 2004, *Zachorowania na kleszczowe zapalenie mózgu (KZM) w województwie białostockim/podlaskim w latach 1993-2002*. *Przegląd Epidemiologiczny*, 58, s. 273–80
- Kozłowska-Szczęśna T., Krawczyk B., Kuchcik M. 2004. *Wpływ środowiska atmosferycznego na zdrowie i samopoczucie człowieka*, Monografie, IGiPZ PAN, 4.
- Kozyra J., Nieróbca A, Mizak K., Pudełko R, Świtaj Ł. 2011. Ocena zagrożeń dla głównych upraw polowych w wyniku występowania zjawisk ekstremalnych (susza, nadmiar opadów, długotrwała pokrywa śnieżna, bezśnieżna zima, niska temperatura podczas okresu zimowego, niedostateczne zasoby ciepła podczas wegetacji) w obecnych warunkach klimatycznych kraju oraz przy uwzględnieniu scenariuszy klimatycznych. Raport z wykonania Zadania B.1 w ramach projektu pt. „Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo (zmiany, skutki i sposoby ich ograniczania, wnioski dla nauki, praktyki inżynierskiej i planowania gospodarczego)”, I oś priorytetowa Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, działanie 1.3.1, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego. ss.45.
- Kozyra J., Górski T. 2004. Wpływ zmian klimatu na uprawę roślin w Polsce. *Klimat – Środowisko-Człowiek*. Polski Klub Ekologiczny, Wrocław: 41-50

- Kuchcik M. 2000. Wpływ warunków aerosanitarnych i biometeorologicznych na zgony mieszkańców Warszawy, msc.
- Kuchcik M. 2006. Fale upałów w Polsce w latach 1993-2002, *Przegląd Geograficzny* 78, 3, s. 397-412.
- Kuchcik M. 2001. Mortality in Warsaw: is there any connection with weather and air pollution? Institute of Geography and Spatial Organization Polish Academy of Sciences, *Geographia Polonica* 74, 1, s. 29-45.
- Kuchcik M. 2003. The influence of aerosanitary and biometeorological conditions on the health and mortality of the inhabitants of Warsaw, [w:] M. Stopa-Boryczka (red.), *Studies on the climate of Warsaw*, Warsaw University, Faculty of Geography and Regional Studies, s. 155-166.
- Kuchcik M., Degórski M. 2009. Heat- and cold-related mortality in the north-east of Poland as an example of the socio-economic effects of extreme hydrometeorological events in the Polish Lowland, *Geographia Polonica*, 82, 1, s. 69-78.
- Kundzewicz Z., Matczak P. 2010. Zagrożenia naturalnymi zdarzeniami ekstremalnymi, *NAUKA* 4/2010, s. 77-86.
- Kundzewicz Z. 2012. *Changes In Flood Risk in Europe*, IAHS Special Publication, IAHS Press, Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford, Oxfordshire.
- Laiolo P. 2005. Spatial and Seasonal Patterns of Bird Communities in Italian Agroecosystems. *Conservation Biology* 19 1547–1556.
- Laschewski G., Jendritzky G. 2002 Effects of the Thermal Environment on Human Health: an Investigation of 30 Years of Daily Mortality Data from SW Germany. *Climate Research*, 21, s. 91-103.
- Lis G., Bręborowicz A., Cichoń-Jarosz E. i in. 2004. Częstość alergicznego nieżytu nosa i spojówek u dzieci szkolnych w Krakowie i w Poznaniu w Świecie badania ISAAC (International Study of Asthma and Allergies in Childhood), *Otolaryngologia Polska* 6, 1103-1109.
- Limanówka D. i in. 2011. Opracowanie autorskie na potrzeby raportu Ocena podstawowych charakterystyk oraz tendencji zmian wybranych elementów klimatu (...), IMGW.
- Lityńska Z., Łapeta B., Wolska H. 2001. Indeks UV a człowiek. Inspekcja Ochrony Środowiska, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.
- Lorenc H. 2011. Ocena podstawowych charakterystyk oraz tendencji zmian wybranych elementów klimatu w Polsce w latach 1971-2000. Analiza warunków klimatycznych Polski, w tym opis klimatu z uwzględnieniem zmian w XX wieku, IMGW.
- Lucas R., McMichael T., Smith W., Armstrong B. 2006. Solar Ultraviolet Radiation, Global burden of disease from solar ultraviolet radiation. *Environmental Burden of Disease Series*, No. 13, WHO, Public Health and the Environment, Geneva.
- Łabędzki L. 2006. Susze rolnicze - zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. Rozprawy Naukowe i Monografie*, 17, ss. 107.
- Łabędzki L. 2007. Irrigation in Poland – current status after reforms in agriculture and future development. *Journal Water Land Development*, 11, p. 3-16.
- Łabędzki L. 2009. Expected development of irrigation in Poland in the context of climate change. *Journal of Water and Land Development*, No. 13b, 17-29.
- Łączny M.J., Olszewski P., Kelm M. 2011. Analiza wrażliwości sektora górnictwa w Polsce w kontekście opracowania strategii adaptacji do zmian klimatu, *Główny Instytut Górnictwa, Kwartalnik nr 1*, Katowice.

- Łączny M.J., Sienkiewicz-Małyjurek K., Olszewski P. 2012. Ocena zagrożeń czynnikami klimatycznymi w gminach i zakładach górniczych. *Przegląd Górniczy* nr 1. Katowice.
- Matthews, S.; O'Connor, R. and Plantinga, A.J. 2002. Quantifying the impacts on biodiversity of policies for carbon sequestration in forests. *Ecological Economics*. 40: 71–87.
- Matzarakis A., Mayer H. 1991. The Extreme Heat Wave in Athens in July 1987 from the Point of View of Human Biometeorology. *Atmospheric Environment*, 25B, s. 203-211.
- Menne B., Apfel F., S Kovats S., Racioppi F. (red.) 2008. Protecting health in Europe from climate change. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark.
- Menzel, A., Sparks T.H., Estrella, N., Koch, E. 2006: European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Glob Change Biol* 12:1969–1976
- Ministerstwo Sportu i Turystyki 2013. Raport o stanie gospodarki turystycznej w latach 2007-2011, Warszawa
- Mioduszewski W. 2008. Retencja wodna w polityce ekologicznej państwa. W: Wybrane problemy retencji wodnej. Red.: Gliński J., Michalczyk Z. Wyd. UMCS Lublin :35-50.
- Mioduszewski W., Pierzgalski E. 2009. Zwiększanie możliwości retencyjnych oraz przeciwdziałanie powodzi i suszy w ekosystemach leśnych na terenach nizinnych. Projekt programu. Koordynacja CKPŚ Warszawa :65-73
- Monitoring siedlisk przyrodniczych. Przewodnik metodyczny. Część I. 2010 Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- Moraal L.G., Hilszczański J. 2000. The buprestid beetle, *Agrilus biguttatus* (F.) (Col., Buprestidae), a recent factor in oak decline in Europe. *Journal of Pest Science*, 5: 134–138.
- Moroń D., Lenda M., Skórka P., Szentgyörgyi H., Settele J., Woyciechowski M. 2009. Wild pollinator communities are negatively affected by invasion of alien goldenrods in grassland landscapes. *Biol. Conserv.*, 142: 1322-1332.
- Morzillo A.T. and Alig R.J. 2011. Climate Change Impacts on Wildlife and Wildlife Habitat in Alig R.J. (ed) *Effects of Climate Change on Natural Resources and Communities: A Compendium of Briefing Papers USDA General Technical Report PNW-GTR-837* March 2011. 1-37.
- Myszkowska D., Stępańska D., Obtulowicz K., Porębski G. 2002. The relationship between airborne pollen and fungal spore concentration and seasonal pollen allergy symptoms in Cracow in 1997-1999, *Aerobiologia*, 18, 153-161.
- Nakicenovic i Swart 2000, Emissions Scenarios, IPCC.
- Netherer S., Schopf A. 2010. Potential effects of climate change on insect herbivores in European forests – General aspects and the pine processionary moth as specific example. *Forest Ecology and Management*, 259: 831–838.
- Olesen J.E., Trnka M., Kersebaum K.C., Skjelvåg A.O., Seguin B., Peltonen-Sainio P., Rossi F., Kozyra J., Micale F., 2011. Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *Europ. J. Agronomy* 34, 96–112.
- Opracowanie założeń i kluczowych elementów „Programu Rozwoju w Polsce Kogeneracji”, Politechnika Warszawska, 2010
- Orzechowski M. 2013. Analiza różnicowania ryzyka wystąpienia uszkodzeń drzewostanów w Polsce w ujęciu regionalnym. *Maszynopis w ZUL SGGW*, ss. 29.

- Ostrowski i in. 2008. Atlas niedoborów wodnych roślin uprawnych i użytków zielonych w Polsce
- Ostrowski J. I in. 2012. Nagłe powodzie lokalne (flush flood) w Polsce i skala ich zagrożeń w: Projekt KLIMAT t.3 IMGW-PIB
- Pascal M., Laaidi K., Ledrans M., Baffert E., Cesario-Schönemann C., le Tetre A., Manach J., Medina S., Rudant J., Empereur-Bissonnet P. 2005. France's Heat Health Watch Warning System. *International Journal of Biometeorology*, 50, 3, s. 144-153.
- Penczak T., Galicka W., Głowacki Ł., Kruk A., Kostrzewa J., Marszał L., Koszaliński H., Zięba G. 2005. Znaczenie starorzeczy dla zachowania różnorodności i obfitości ichtiofauny w ekosystemie rzeczonym. W: *Starorzecza jako istotny element ekosystemu rzeczynego*. Red. M. Jezierska-Madziar. Wyd. AR Poznań: 95-128.
- Peternel R., Srnc L., Culig J., Zaninović K., Mitić B., Vukusić I., 2004, Atmospheric pollen season in Zagreb (Croatia) and its relationship with temperature and precipitation, *Int. J. Biometeorol.*, 48, 186-191.
- Pickering C., Hill W., Green K. 2008. Vascular plant diversity and climate change in the alpine zone of the Snowy Mountains, Australia – *Biodivers Conserv.* 17 (7): 1627-1644.
- Plantinga, A.J. and Wu, J. 2003. Co-benefits from carbon sequestration in forests: evaluating reductions in agricultural externalities from an afforestation policy in Wisconsin. *Land Economics.* 79: 74–85.
- Polityka energetyczna Polski do roku 2030, Ministerstwo Gospodarki, 2009.
- Powódź w obliczu zagrożenia, RCB, 2013.
- Program zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce w Polsce na lata 2011-2035, 2011. Dyrekcja Generalnej Lasów Państwowych.
- PSE 2011. Raport z pracy systemu elektroenergetycznego, 2011, Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A. www.pse-operator.pl/index.php?dzid=171&did=1054
- Ptak M. 2010. Zmiany powierzchni jezior na tle zmian lesistości w środkowym i dolnym dorzeczu Warty od końca XIX wieku W: *Woda w badaniach geograficznych*. red. Ciupa T., Suligowski R. UJK Kielce :151-158
- Raport Polska 2011. Gospodarka Społeczeństwo Regiony, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego 2011.
- Ronaldo A., Caprio E., Rinaldi E., Ellena I. 2007. The impact of high-altitude ski-runs on alpine grassland bird communities *Journal of Applied Ecology* 44. 210–219.
- Rosin Z.M., Takacs V., Báldi A., Banaszak-Cibicka W., Dajdok Z., Dolata P.T., Kwieciński Z., Łangowska A., Moroń D., Skórka P., Tobółka M., Tryjanowski P., Wuczyński A. 2011. Koncepcja świadczeń ekosystemowych i jej skuteczność w ochronie przyrody krajobrazu rolniczego. *Chrońmy Przyr. Ojcz.*, 67: 3-20.
- Roux-Fouillet P., Wipf S., Rixen C. 2011. Long-term impacts of ski piste management on alpine vegetation and soils *Journal of Applied Ecology* 48.906–915.
- Rymsza B., Zawieska J.:2012. Description and Assessment of Climate Change Impact on the Elements of Transport Infrastructure, *Proceedings of the 4th International Conference on Contemporary Problems in Architecture and Construction. Sustainable Building Industry of the Future*. September 24-27, Częstochowa, Poland, Vol. 1 pp. 214-219.
- Rymsza B. 2013a. The Polish method of assessing the sensitivity of transport to climate changes (Polska metoda oceny wrażliwości transportu na zmiany klimatu). *Climat Change Impacts and Adaptation for International Transport Networks*. Expert Group

- Report, Economic Commission for Europe, United Nations, New York and Geneva, s. 178-182.
- Rymsza B. 2013b. Ocena wrażliwości transportu drogowego na zmiany klimatu prognozowane do końca XXI wieku. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej Transport z. 97*, s. 443-454, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, ISSN 1230-926
- Rymsza B. 2013c. Wpływ zmian klimatu na bezpieczeństwo infrastruktury kolejowej. *Problemy Kolejnictwa*, z 158, s. 5-18.
- Rykowski K. 2008. Climate change, forest, forestry relationships. Warszawa, Centrum Informacyjne Lasów Państwowych.
- Ryszkowski L., Karg J., Kujawa K., Gołdyn H., Arczyńska-Chudy E. 2001. Influence of landscape mosaic structure on diversity of wild plant and animal communities in agricultural landscape of Poland. W: *Landscape ecology in agroecosystems management*; red.; Ryszkowski L. CRC Press, Boca Raton, New York, Washington D.C., ss. 185-217.
- Ryszkowski L., Kędziora A., Bałazy. 1995. Przewidywane zmiany globalne klimatu a lasy i zadrzewienia krajobrazu rolniczego. *Sylwan*, 139 (2): 19–32
- Sadowski i in. 2008 Sadowski M., Wyszyński Z., Górski T., Liszewska M., Olecka A., Łoboda T., Pietkiewicz S.: *Adaptacja produkcji rolnej w województwie podlaskim do oczekiwanych zmian klimatu*. IOŚ, Warszawa
- Samoliński B. 2008. *Epidemiologia Chorób Alergicznych w Polsce (ECAP)*, Raport z badań przeprowadzonych w latach 2006-2008, Warszawa.
- Samoliński B., Sybilski A.J., Raciborski F., Tomaszewska A., Samel-Kowlaik P., Walkiewicz A., Lusawa A., Borowicz J., Gutowska-Ślesik J., Trzpił L., Marszałkowska J., Jakubik N., Krzych E., Komorowski J., Lipiec A., Gotlib T., Samolińska-Zawisza U., Hałat Z. 2009. Prevalence of rhinitis in Polish population according to the ECAP (Epidemiology of Allergic Disorders in Poland) study, *Otolaryngol Pol.*, 63 (4), 324-330.
- Sanz-Elorza M., Dana E.D. , González A., Sobrino E. 2003. Changes in the high-mountain vegetation of the Central Iberian Peninsula as a probable sign of global warming. – *Annals of Botany* 92 (2): 273-280.
- Seńczuk W. 2002. *Toksykologia*. PZWL, Warszawa.
- Simon S., Sauphanor B., Lauri PE. 2007. Control of fruit tree pests through manipulation of tree architecture. *Pest Technol.* 1:33–37.
- Siuda K. 1993. *Kleszcze (Acari: Ixodida) Polski. Część II. Systematyka i rozmieszczenie*. Monografie Parazytologiczne, 12, PTP, Warszawa.
- Siwiec E. 2012. *Ocena sposobu zbierania informacji*.
- Skotak K., 2008, *Jakość wody do spożycia, [w:] Stan Sanitarny Kraju 2007*, GIS, Warszawa.
- Skórka P., Lenda M., Tryjanowski P., 2010. Invasive alien goldenrods negatively affect grassland bird communities. *Biol. Conserv.* 143: 856-861.
- Somorowska U. 2008. Dynamika glebowych zasobów wodnych w Polsce współcześnie i w przyszłości. *Przeg. Geofiz.*, nr 2: 155–165
- Sparks, T.H., Jaroszewicz, B., Krawczyk, M., Trojanowski, P. 2009. Advancing phenology in Europe's last lowland primeval forest: non-linear temperature response. *Climate Research*, vol. 39: 221-226.

- Spiecker, H., Mielikainen, K., Kohl, M., Skovsgaard, J.P. 1996. Growth trends in European forests. European Forest Institute, Research Report No. 5, Springer-Verlag, Heideberg, Germany.
- Starkel L., Kundzewicz Z. W. 2008. Konsekwencje zmian klimatu dla zagospodarowania przestrzennego kraju. – Nauka 1: 85-101 Stern 2006, Stern review: The Economics Of Climate Change
- Strzelec-Łobodzińska J. 2010. Wybrane aspekty funkcjonowania górnictwa w Polsce, Kwartalnik Pol.Śl, Górnictwo i geologia, Tom5, Zeszyt 3, Gliwice.
- Sykes, M. T., Prentice, I. C. 1996. Climate change, tree species distributions and forest dynamics: A case study in the mixed conifer/northern hardwoods zone of northern Europe. *Climatic Change*, 34(2), 161-177.
- Szeląg Z. 2000. Rośliny naczyniowe Masywu Śnieżnika i Gór Białskich – *Fragm. Flor. Geobot. Polonica. Suppl. 3: 3–255.*
- Sztobryn i in 2012. Wezbrania sztormowe – geneza, tendencje i skutki działania w strefie brzegowej Bałtyku Projekt KLIMAT t.3
- Świerkosz K. 2007. General characteristics of the vascular flora and geobotanical division of the Góry Stołowe Mts, Sudety Mts. (Poland). [in:] Hartel H., Čilek V., Hebrén T. A. Jackson & R. Williams (eds.) *Sandstone Landscapes*. Academia, Praha. 194-200.
- Śleszyński P., Solon J, 2010. *Prace planistyczne a konflikty przestrzenne w gminach*. Warszawa: KPZK PAN.
- Śleszyński P., Komornicki T., Solon J., Więckowski M. 2012 *Planowanie przestrzenne w gminach*. Warszawa: PAN IGiPZ.
- Tajduś A., Czaja P., Kasztelewicz Z. 2011. Rola węgla w energetyce i strategia polskiego górnictwa węgla brunatnego w I połowie XXI wieku, Kwartalnik AGH Górnictwo i Geoinżynieria, Rok 35, Zeszyt 3, Kraków.
- Tokarska-Guzik B. 2005. The establishment and spread of alien plant species (Kenophytes) in the flora of Poland. *Wyd. Uniwersytetu Śląskiego, Katowice.*
- Tokarska-Guzik B., Dajdok Z. 2004. Rośliny obcego pochodzenia – udział i rola w szacie roślinnej Opolszczyzny. *Ochrona szaty roślinnej Śląska Opolskiego*, 277-303. *Wyd. Uniwersytetu Opolskiego, Opole.*
- Trnka M., Olesen J.E., Kersebaum K.C., Skjelvåg A.O, Eitzinger J., Seguin B., Peltonen-Sainio P., Rotter R., Iglesias A., Orlandini S., Dubrowski M., Hlavinka P., Balek J., Eckersten H., Cloppet E., Gobin A., Vučetić V., Nejedlik P., Kumar S., Lalic B., Mestre A., Rossi F., Kozyra J., Alexandrov V., Semerádová D., Žalud Z. 2011. Agroclimatic conditions in Europe under climate change. *Global Change Biology*, 17: 2298-2318.
- Tubiello F.N., Soussana J.F., Howden S. M. 2007. Crop and pasture response to climate change. *PNAS*, 104, 19686-19690.
- UNWTO 2008. *Climate Change and Tourism. Responding to Global Challenges*
- Użytkowanie gruntów, powierzchnia zasiewów i pogłowie zwierząt gospodarskich w 2009 r. 2009. GUS Warszawa
- Vilà M., Basnou C., Pyšek P., Josefsson M., Genovesi P., Gollasch S., Nentwig W., Olenin S., Roques A., Roy D., Hulme P. & DAISIE partners, 2010. How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services? A pan-European cross-taxa assessment. *Front. Ecol. Environ.*, 8: 135-144.
- Wiśniewolski W. 2003. Możliwości przeciwdziałania skutkom przegradzania rzek i odtwarzania szlaków migracyjnych ryb. *Supl. Acta Hydrobiol.* 6:45-64.

Załączniki

Lista autorów ekspertyz wykonanych w ramach projektu KLIMADA

Zespół kierujący:

prof. dr hab. Maciej Sadowski
mgr Anna Romańczak
mgr inż. Ewelina Siwiec
mgr Magdalena Dynakowska
mgr Małgorzata Hajto

Autorzy ekspertyz:

Klimat współczesny

dr hab. Halina Lorenc

Scenariusze klimatyczne

dr Małgorzata Liszewska
dr inż. Bogumił Jakubiak
mgr inż. Krystyna Konca-Kędzierska,
mgr Eliza Śmiałocka

Strategia Unii Europejskiej

mgr Maria Kłokocka

Gospodarka wodna

dr inż. Marzena Osuch
prof. dr hab.inż. Janusz Kindler
prof. dr hab. Renata J. Romanowicz
dr hab. inż. Krzysztof Berbeka
mgr inż. Agnieszka Banrowska

Rolnictwo

dr inż. Jerzy Kozyra
prof. dr hab. Tadeusz Górski
prof. dr hab. inż. Leszek Łabędzki
prof. dr hab. inż. Edmund Kaca;
dr inż. Bogdan Bąk;
dr inż. Wojciech Krawczyk;
dr inż. Mariusz Matyka;
dr inż. Anna Nieróbca;
dr inż. Jacek Walczak;
dr inż. Rafał Wawer;
dr inż. Agata Szewczyk;
dr inż. Tomasz Szymczak

Leśnictwo

prof. dr hab. inż. Kazimierz Rykowski
prof. dr hab. Bogdan Brzeziecki
prof. dr hab. Tomasz Borecki
prof. dr hab. Edward Stępień
prof. dr hab. Jacek Hilszczański

Strefa wybrzeża

dr hab. inż. Grzegorz Różyński
prof. dr hab. inż. Zbigniew Pruszk
mgr Natalia Chrzęstowska

Bioróżnorodność

prof. dr hab. Piotr Tryjanowski
dr hab. Krzysztof Świerkosz
dr inż. Wojciech Andrzejewski
dr hab. Jan Mazurkiewicz
mgr Katarzyna Przybylska
dr Viktoria Takacs

Budownictwo

dr hab. inż. Barbara Rymsza
mgr inż. Łukasz Adamus,
inż. Małgorzata Głowacz,
dr inż. Sebastian Wall,
mgr inż. Jakub Zawieska

Transport

dr hab. inż. Barbara Rymsza
dr inż. Bolesław Kłosiński
dr inż. Marcin Skotnicki
dr inż. Bohdan Utrysko
mgr inż. Jakub Zawieska
Barbara Dreger

Energetyka

dr hab. inż. Dorota Chwieduk
prof. dr inż. Janusz Lewandowski

Górnictwo

dr inż. Paweł Olszewski
dr inż. Katarzyna Sienkiewicz-Małyjurek
mgr inż. Andrzej Bajerski
mgr inż. Krystyna Cizek

Gospodarka przestrzenna,

prof. dr hab. Marek Degórski
dr Bożena Degórska

Miasta

dr Bożena Degórska
prof. Dr hab. Marek Degórski
prof. Dr hab. Krzysztof Błażejczyk
mgr Anna Błażejczyk
dr Magdalena Kuchcik
dr hab. Artur Magnuszewski
mgr Paweł Milewski
dr inż. Karolina Skalska-Józefowicz
mgr Stanisław Wojciechowski

Zdrowie

prof. dr hab. Krzysztof Błażejczyk
mgr Krzysztof Skotak
mgr inż. Anna Błażejczyk
dr hab. Katarzyna Piotrowicz
dr Dorota Myszowska
mgr Jakub Szmyt

Edukacja i informacja

dr Anna Kalinowska

Ekspertyzy badawcze wykonane w ramach projektu KLIMADA

- Błażejczyk K., Błażejczyk A., Degórska B., Degórski M., Kuchcik M., Magnuszewski A., Milewski P., Skalska-Józefowicz K., Wojciechowski S., Więckowska J. KLIMADA 2012 Adaptacja Warszawy do zmian klimatu w świetle obecnych i perspektywicznych kierunków rozwoju miasta.
- Błażejczyk K., Skotak K., Błażejczyk A., Piotrowicz K., Myszkowska D., Szmyd J. KLIMADA 2012. Ocena skutków możliwych zmian klimatu dla zdrowia człowieka.
- Borecki T., Stępień E. 2013a: Charakterystyka stanu zasobów drzewnych w Polsce: lasy państwowe, lasy niepaństwowe. Opracowanie dla projektu KLIMADA (maszynopis)
- Borecki T., Stępień E., 2013b: Prognoza rozwoju zasobów drzewnych w PGL Lasy Państwowe oraz w lasach niepaństwowych do 2030 i kierunkowo do 2060 r. Opracowanie dla projektu KLIMADA (maszynopis)
- Borecki T., Stępień E., Brzeziecki B., Rykowski K. KLIMADA 2013. Ocena wpływu oczekiwanych zmian klimatycznych na sektor leśnictwa.
- Bukowski M., Gąska J. KLIMADA 2013. Końcowe określenie instrumentów polityki i strategicznych kierunków interwencji na rzecz adaptacji, IBS.
- Chwieduk D., Lewandowski J. KLIMADA 2013. Ocena wpływu zmian klimatycznych na sektor energetyki.
- Degórska B., Degórski M. KLIMADA 2012. Klimatyczne aspekty rozwoju miast i urbanizacji przestrzeni IGIPZ PAN.
- Dubicki A., Głowicki B. 2012 Powódzie na Odrze i jej dopływach Ekspertyza Projekt KLIMADA
- Głogowska M., Lebek M., Wrana K. KLIMADA 2012. Wpływ zmian klimatu na rozwój turystyki w Polsce.
- Głogowska M., Pawlak J., KLIMADA 2012. Adaptacja do zmian klimatu - działania na rzecz społeczności lokalnych.
- IBS Business-as-Usual scenario for Poland 2010 - 2100I, Instytut Badań Strukturalnych, Projekt KLIMADA Warszawa, 2012
- Kalinowska A. 2013 KLIMADA. Edukacja, szkolenia i świadomość społeczna.
- Kłokocka M. KLIMADA 2011. Cele i zadania Białej Księgi na tle europejskiej polityki w zakresie adaptacji do zmian klimat. IOŚ-PIB.
- Kłokocka M. KLIMADA 2013. Analiza strategii adaptacji do zmian klimatu innych krajów na świecie
- Kłokocka M. KLIMADA 2013. Identyfikacja zadań niezbędnych do realizacji przez administrację centralną i samorządową w zakresie działań adaptacyjnych
- Kłokocka M. KLIMADA 2013. Zgodność działań adaptacyjnych z priorytetami w Unii Europejskiej do 2030 r.
- Kozyra J., Górski T., Łabędzki L., Bąk B., Matyka M., Nieróbca A., Walczak J., Wawer R., Pudełko R., Szewczyk A., Krawczyk W. KLIMADA 2012. Opracowanie podstaw adaptacji polskiego rolnictwa wobec zmian klimatu.
- Liszewska M., Konca-Kędzińska K., Jakubiak B., Śmiałecka E. KLIMADA 2012. Opracowanie scenariuszy zmian klimatu dla Polski i wybranych regionów. Interdyscyplinarne Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego, Uniwersytet Warszawski.
- Lorenc H. KLIMADA 2012. Ocena podstawowych charakterystyk oraz tendencji zmian wybranych elementów klimatu w Polsce w latach 1971-2000. Analiza warunków klimatycznych Polski, w tym opis klimatu z uwzględnieniem zmian w XX wieku.
- Olszewski P., Bajerski A., Ciszek K., Sienkiewicz – Małjurek K. KLIMADA 2012. Ocena wpływu zmian klimatycznych na sektor górnictwa z uwzględnieniem wszystkich ważniejszych rodzajów górnictwa istotnie zagrożonych zmianami klimatu.
- Osuch M., Kindler J., Romanowicz R., Berbeka K., Banrowska A. KLIMADA 2012. Strategia adaptacji Polski do zmian klimatu w zakresie sektora „Zasoby i gospodarka wodna”.
- Romańczak A. KLIMADA 2012. Opracowanie elementów strategicznego planu adaptacyjnego do roku 2030
- Romańczak A., Sadowski M. KLIMADA 2011. Skutki zmian klimatu w skali globalnej i europejskiej.
- Różyński G., Pruszek Z., Chrzastowska N. KLIMADA 2012. Ocena wpływu obecnych i przyszłych zmian klimatu na funkcjonowanie polskich stref brzegowych oraz gospodarki morskiej. IBW PAN.
- Rymsza B. KLIMADA 2012. Opracowanie podstaw adaptacji sektora transportu do zmian klimatu. IBDiM
- Rymsza B., Adamus Ł., Głowacz M., Wall S., Zawieska J. KLIMADA 2012. Opracowanie podstaw adaptacji sektora budownictwo do zmian klimatu. ITB/IBDiM.
- Siwiec E. KLIMADA 2012. Analiza aktualnych szkód spowodowanych przez ekstremalne zjawiska pogodowe.
- Tryjanowski P., Świerkosz K., Andrzejewski W., Mazurkiewicz W., Przybylska K., Takacs V. KLIMADA 2012. Zmiany klimatyczne i bioróżnorodność U.Przyr Poznań, UW.

Załącznik 3

Wpływ działań adaptacyjnych na analizowane sektory.

Intensywność znaczenia zagrożeń i korzyści środowiskowych, społecznych i gospodarczych: X umiarkowane znaczenie dla sektora, XX bardzo istotne.

Działania	SEKTORY										
	Gospodarka wodna	Rolnictwo	Zdrowie	Gospodarka przestrzenna	Obszary miejskie	Budownictwo i transport	Energetyka	Strefa brzegowa	Ochrona zabytków	Różnorodność biologiczna	Leśnictwo
Prawne i polityczne											
Zreformowanie struktur gospodarki wodnej z uwzględnieniem zmian klimatu	XX	XX	X	XX	X	X	X	XX	X	XX	X
Wprowadzenie obowiązkowych planów zagospodarowania przestrzennego na poziomie regionalnym i lokalnym szczególnie dla obszarów powodziowych, zurbanizowanych, przyrodniczo cennych, rolniczych i leśnych wrażliwych na susze oraz strefy wybrzeża i wód przybrzeżnych	XX	XX		XX	XX	X	X	XX		XX	XX
Uwzględnienie w planach zagospodarowania w miastach konieczności zwiększenia obszarów zieleni i wodnych	X	X	X	XX	XX			X	X		
Przygotowanie strategii, planów ochrony i planów zadań ochrony przyrody z uwzględnieniem zmian warunków klimatycznych	X	X		X	X	X	X	X		XX	XX
Przygotowanie strategii zarządzania ryzykiem na szczeblu krajowym, regionalnym i lokalnym z uwzględnieniem działań adaptacyjnych	XX	XX	X	XX	XX	X	X	XX	X	X	X
Stworzenie podstaw prawnych do przesiedlania ludności z terenów trwale zagrożonych	X	XX	X	XX	XX			XX	X		X

Działania	SEKTORY										
	Gospodarka wodna	Rolnictwo	Zdrowie	Gospodarka przestrzenna	Obszary miejskie	Budownictwo i transport	Energetyka	Strefa brzegowa	Ochrona zabytkow	Różnorodność biologiczna	Leśnictwo
Opracowanie zasad zabudowy terenów zalewowych i chronionych, obszarów zieleni w miastach, niekontrolowanej zabudowy pasa nadbrzeża oraz budowy obiektów użyteczności publicznej	XX	X		XX	XX	XX	X	XX		XX	X
Prawne uregulowanie ekonomicznej rentowności użytkowania wody i stworzenie zachęt do zmniejszenia wodochłonności gospodarki	XX	XX		X	XX	XX	XX	XX		X	X
Wprowadzenie restrykcyjnych instrumentów ochrony przestrzeni rolniczej, leśnej i zasobów glebowych o dużej wartości produkcyjnej	XX	XX		XX			XX			XX	XX
Przygotowanie służby zdrowia do ograniczenia skutków stresu termicznego i nadzwyczajnych zdarzeń klimatycznych, stworzenie systemu profilaktyki zdrowotnej oraz ochrony wrażliwych grup ludności przed falami upałów		XX	XX		XX						
Wprowadzenie obowiązku wyceny kosztów zapobiegania, likwidacji szkód związanych ze zmianami klimatu oraz obowiązku ubezpieczeń majątkowych na obszarach zagrożonych	XX	XX		XX	XX					X	XX

Działania	SEKTORY										
	Gospodarka wodna	Rolnictwo	Zdrowie	Gospodarka przestrzenna	Obszary miejskie	Budownictwo i transport	Energetyka	Strefa brzegowa	Ochrona zabytkow	Różnorodność biologiczna	Leśnictwo
Dostosowanie aktów prawnych oraz przepisów technicznych dotyczących projektowania, budowy i dostosowania infrastruktury transportowej do zmian klimatu, zwłaszcza na terenach zalewowych	X			XX	X	XX	X	X			
Wprowadzenie ograniczeń w zakresie budownictwa powszechnego i dodatkowych wymagań w zakresie ochrony przed zalaniem budynków podpiwniczonych na obszarach zalewowych i w strefie nadmorskiej. Wprowadzenie zasad bezpiecznego inwestowania na klifach	XX	X		X	XX	XX		XX			X
Uwzględnianie aktualnego i potencjalnego wzrostu poziomu morza i zagrożenia powodziowego w planach inwestycyjnych w strefie nadmorskiej i wodach przybrzeżnych	X			XX	XX	XX	XX	XX		X	X
Opracowanie nowych standardów budownictwa miejskiego z uwzględnieniem technologii wodoszczędnych					XX	XX		XX			
Opracowanie planów gospodarki wodno-ściekowej w miastach w kontekście ryzyka opadowego i powodziowego oraz suszy w miastach	XX				XX	XX		XX			
Utworzenie sieci lasów reprezentatywnych dla				XX						X	XX

Działania	SEKTORY										
	Gospodarka wodna	Rolnictwo	Zdrowie	Gospodarka przestrzenna	Obszary miejskie	Budownictwo i transport	Energetyka	Strefa brzegowa	Ochrona zabytkow	Różnorodność biologiczna	Leśnictwo
określonych regionów (referencyjnych), z uwzględnieniem gradientu klimatycznego z jednolitym systemem monitorowania i raportowania zmian według jednolitej metodyki											
Nowelizacja Ustawy o lasach, Polityki Leśnej Państwa, Krajowego Programu Zwiększania Lesistości pod kątem uwzględnienia działań adaptacyjnych oraz opracowanie Narodowego Programu Leśnego				XX				X		XX	XX
Opracowanie programów adaptacji leśnictwa do zmian klimatycznych z uwzględnieniem uwarunkowań i potrzeb przemysłu, energetyki, rolnictwa, turystyki i rekreacji, rozwoju regionalnego, bioróżnorodności		XX				X	XX			XX	XX
Uwzględnienie działań adaptacyjnych w długoterminowych planach energetyki jako elementu strategii lokalnej, jak również strategii firm i przedsiębiorstw energetycznych		XX		X		X	XX	X			
Wprowadzanie nowych mechanizmów wspierających technologie OZE, w tym mikroinstalacje w rolnictwie i ograniczanie strat energii	X	XX				X	XX			X	XX

Działania	SEKTORY										
	Gospodarka wodna	Rolnictwo	Zdrowie	Gospodarka przestrzenna	Obszary miejskie	Budownictwo i transport	Energetyka	Strefa brzegowa	Ochrona zabytkow	Różnorodność biologiczna	Leśnictwo
Włączenie do Narodowego Programu Rozwoju Gospodarki Niskoemisyjnej szczegółowych działań adaptacyjnych na poziomie przedsiębiorstw i lokalnym				X			XX				
Wprowadzenie rozwiązań dotyczących pomocy Państwa udzielanej na pokrycie strat i rozwijanie systemu ubezpieczeń obejmujących ryzyko wynikające ze zmianami klimatu	XX	XX			XX	XX					XX
Włączenie lokalnych społeczności i administracji samorządowej do działań zapobiegających skutkom zmian klimatu	XX	XX	X	X	XX	X	XX	XX		X	XX
Wprowadzenie wymogu dostępu on-line do miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego i obowiązku doradztwa dla osób i firm pragnących inwestować w strefach zagrożonych oraz zapewnienie obligatoryjnego publicznego udostępniania on-line wyników wszystkich rodzajów monitoringu	X	XX	X	XX	XX	X	X	XX	X	X	X
Techniczne i organizacyjne											
Wdrażanie nowych technologii wodooszczędnych i zwiększenie efektywności wykorzystania wody w przemyśle, gospodarce komunalnej i rolnictwie	XX	XX			XX	XX	XX	X	X		XX
Wdrożenie działań zabezpieczających przed	XX	X		XX		XX	X	XX	X	X	X

Działania	SEKTORY										
	Gospodarka wodna	Rolnictwo	Zdrowie	Gospodarka przestrzenna	Obszary miejskie	Budownictwo i transport	Energetyka	Strefa brzegowa	Ochrona zabytkow	Różnorodność biologiczna	Leśnictwo
osuwiskami											
Budowa, rozbudowa i utrzymanie osłony przeciwpowodziowej (obwałowania, zbiorniki i in.), w tym także terenów nadmorskich i obiektów zabytkowych	XX	XX		XX	X	X		XX	XX	X	X
Doskonalenie systemu tworzenia i zarządzania rezerwami żywności, materiału siewnego i paszy na wypadek nieurodzaju		XX	XX								
Wsparcie inwestycyjne gospodarstw oraz doradztwo technologiczne uwzględniające aspekty dostosowania budownictwa wiejskiego i produkcji rolnej do zwiększonego ryzyka klimatycznego		XX		XX		XX		XX			XX
Intensyfikacja programu ochrony gleb przed erozją , kontynuowanie i rozszerzenie programu małej retencji i retencji glebowej zwłaszcza w lasach i użytkach zielonych	XX	XX		XX				X			XX
Uwzględnienie w procesie projektowania i budowy infrastruktury transportowej zmienionych warunków klimatycznych				X	X	XX	X	X			
Zapewnienie awaryjnych źródeł energii oraz przesyłu w przypadkach, w których zastosowanie podstawowych źródeł nie będzie możliwe		XX	XX		XX	XX	XX	XX			

Działania	SEKTORY										
	Gospodarka wodna	Rolnictwo	Zdrowie	Gospodarka przestrzenna	Obszary miejskie	Budownictwo i transport	Energetyka	Strefa brzegowa	Ochrona zabytków	Różnorodność biologiczna	Leśnictwo
Projektowanie sieci przesyłowych np. podziemnych, w tym również sieci przesyłowych naziemnych z uwzględnieniem ekstremalnych sytuacji pogodowych, w celu ograniczenia ryzyka m.in. zalegania na nich lodu i śniegu, podtopień oraz zniszczeń w przypadkach silnego wiatru		XX	X	X	X	X	XX	X			XX
Rozwijanie alternatywnych możliwości produkcji energii na poziomie lokalnym, szczególnie na potrzeby ogrzewania i klimatyzacji na terenach o mniejszej gęstości zaludnienia	X	XX				X	XX	XX		X	X
Ograniczanie budowy bloków energetycznych z otwartymi układami chłodzenia	XX						XX				
Działania stabilizacyjne linii brzegowej i zapobieganie erozji i zanikowi plaż oraz degradacji klifów				XX				XX		X	
Przenoszenie cennych budowli zabytkowych z terenów trwale zagrożonych przez ekstremalne zjawiska klimatyczne na obszary bezpieczniejsze		X			X			X	XX		
Utrzymanie i odtwarzanie naturalnych ekosystemów retencjonujących wodę, szczególnie w obszarach górskich	XX	X		X				X		XX	XX
Zróżnicowanie drzewostanu, zwłaszcza w trakcie przebudowy, pod względem: gęstości, kompozycji gatunków	X							X		XX	XX

Działania	SEKTORY										
	Gospodarka wodna	Rolnictwo	Zdrowie	Gospodarka przestrzenna	Obszary miejskie	Budownictwo i transport	Energetyka	Strefa brzegowa	Ochrona zabytkow	Różnorodność biologiczna	Leśnictwo
(zwiększenie gatunków liściastych), struktury wysokości, wieku, płatowości/mozaikowości											
Wzrost lesistości zarówno w wyniku sztucznych zalesień, jak i sukcesji naturalnej, oraz racjonalizacja użytkowania gruntów, zmniejszenie fragmentacji kompleksów leśnych	X	XX		XX				X		XX	XX
Wprowadzanie do gospodarki leśnej zasad leśnictwa ekosystemowego, ograniczenie sztucznej selekcji i jej ukierunkowanie na cechy przystosowawcze oraz dalsze ograniczanie zrębów zupełnych										XX	XX
Powstrzymanie wydłużania wieków rębności (skrócenie kolei rębu zwłaszcza świerka i sosny), najpierw w rejonach spodziewanych najsilniejszych zmian klimatycznych (rejony północno-wschodnie)										X	XX
Intensyfikacja produkcji drewna poza ekosystemami leśnymi (uprawy intensywne/energetyczne, plantacje, zadrzewienia)	x	x				X	Xx				XX
Powiązanie systemu dolin rzecznych (jako naturalnych korytarzy ekologicznych) z systemem obszarów chronionych	X	X		X				X		XX	X
Kontrola i przeciwdziałanie rozprzestrzenianiu się gatunków obcych, które zagrażają		X	X					X		XX	XX

Działania	SEKTORY										
	Gospodarka wodna	Rolnictwo	Zdrowie	Gospodarka przestrzenna	Obszary miejskie	Budownictwo i transport	Energetyka	Strefa brzegowa	Ochrona zabytkow	Różnorodność biologiczna	Leśnictwo
rodzimym gatunkom lub siedliskom przyrodniczym											
Budowa nowej i przebudowa istniejącej infrastruktury budowlanej z dostosowaniem do przewidywanej zmiany temperatury, intensywności opadów i wiatru		XX			XX	XX		XX			
Opracowanie harmonogramów kolejności utrzymania przejezdności tras komunikacyjnych lub zmiany tras i stosowania zastępczych środków transportowych		X		X	X	XX					
Przygotowanie systemu energetycznego do zmienionych warunków z uwzględnieniem szczytu zimowego i letniego zapotrzebowania na energię							XX				
Edukacja i zwiększanie świadomości											
Budowa świadomości dzieci nt. znaczenia wody i konieczności jej oszczędzania	XX	X	X		X		X	XX		X	X
Szkolenia dla mieszkańców gmin na terenach zagrożonych powodzią, osuwiskami i silnymi wiatrami w zakresie adaptacji i minimalizowania skutków zmian klimatu	XX	XX	X	X	X	X		XX		X	
Szkolenia dla rolników w zakresie zmian klimatu i ich skutków oraz metod zapobiegania i ograniczania		XX	X							X	X

Działania	SEKTORY										
	Gospodarka wodna	Rolnictwo	Zdrowie	Gospodarka przestrzenna	Obszary miejskie	Budownictwo i transport	Energetyka	Strefa brzegowa	Ochrona zabytkow	Różnorodność biologiczna	Leśnictwo
Wprowadzenia do programów dokształcania personelu medycznego problemów chorób klimatozależnych, tropikalnych i przenoszonych wektorowo		X	XX		XX			XX		X	X
Edukacja i zwiększanie świadomości nt. wpływu warunków klimatycznych na miasta	X		XX	XX	XX						
Wprowadzenie do programów kształcenia na poziomie gimnazjum, liceum i wybranych kierunków studiów problematyki zmian klimatu i metod adaptacji	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	XX
Badania naukowe											
Nowe metody oceny ryzyka zagrożeń dla obszarów powodziowych i podtapianych	XX	X	X	X	X			X			X
Wspieranie prac badawczo-rozwojowych w produkcji roślinnej i hodowli uwzględniających aspekt ryzyka zmienionych warunków klimatycznych		XX									
Prowadzenie badań epidemiologicznych, klinicznych i klimatyczno-fizjologicznych w aspekcie zachorowań na choroby klimatozależne			XX								
Utworzenie i realizacja interdyscyplinarnych programów badawczych dotyczących metod ochrony brzegów morskich	X			XX				XX			
Utworzenie programu i finansowanie badań nad							XX				

Działania	SEKTORY										
	Gospodarka wodna	Rolnictwo	Zdrowie	Gospodarka przestrzenna	Obszary miejskie	Budownictwo i transport	Energetyka	Strefa brzegowa	Ochrona zabytkow	Różnorodność biologiczna	Leśnictwo
technologiami magazynowania energii											
Opracowanie podstaw wyceny wartości środowiska z uwzględnieniem specyfiki krajowej i zmian klimatu	XX	XX	X	XX	XX	X	X	XX	X	XX	XX
Utworzenie programu badawczego zawierającego m.in. problematykę: ekologiczne modele wzrostu drzewostanów, hodowla genotypów gatunków drzew leśnych odpornych na zmiany klimatu, dostosowanie produkcji drewna do nowych warunków środowiskowych										XX	XX
Opracowanie bilansów zasobów wód powierzchniowych i podziemnych (statyczne i dynamiczne) pozwalającego analizować sytuację w zakresie zasobów w zlewniach	XX			XX							
Opracowanie metodyki systemu monitoringu podpór wybranych mostów i ich otoczenia	X					XX		X			
Monitoring i informacja											
Rozwój systemów monitoringu i wczesnego ostrzegania o możliwych skutkach zmian klimatycznych dla produkcji roślinnej i zwierzęcej szczególnie w zaopatrzenie w wodę (susza) i groźnych zjawisk	XX	XX	X	XX						X	
Utworzenie systemu monitoringu, ostrzeżeń przed zjawiskami klimatycznymi i pochodnymi			XX							X	X

Działania	SEKTORY										
	Gospodarka wodna	Rolnictwo	Zdrowie	Gospodarka przestrzenna	Obszary miejskie	Budownictwo i transport	Energetyka	Strefa brzegowa	Ochrona zabytkow	Różnorodność biologiczna	Leśnictwo
groźnymi dla zdrowia w tym liczebności owadów wektorowych, jakości wody i żywności w okresie fal upałów. Gromadzenie informacji o chorobach klimatozależnych											
Wprowadzenie systemu monitoringu i ostrzegania przed nadzwyczajnymi zjawiskami i klimatycznymi (np.. drożności kanalizacji oraz systemów odwadniania budowli, sytuacji sprzyjających zanieczyszczeniu powietrza i wody) w miastach	XX		XX	X	XX	X		X	X		
Utworzenie stałego monitoringu wrażliwych na zmiany klimatu dziedzin infrastruktury transportowej i systemu ostrzeżeń dla służb technicznych						XX					
Kontynuacja i rozwój stałego monitoringu stanu brzegów morskich i strefy wód przybrzeżnych	X							XX			
Monitoring i okresowa ocena przyrodniczych obszarów chronionych, utworzenie systemu gromadzenia i przetwarzania danych										XX	XX
Monitoring lasów pod kątem reakcji drzew na zmiany klimatyczne, m.in. obserwacje fenologiczne, strefowe zmiany zasięgu gatunków szczególne w obszarach górskich										XX	XX

Działania	SEKTORY										
	Gospodarka wodna	Rolnictwo	Zdrowie	Gospodarka przestrzenna	Obszary miejskie	Budownictwo i transport	Energetyka	Strefa brzegowa	Ochrona zabytkow	Różnorodność biologiczna	Leśnictwo
Utworzenie krajowego i wojewódzkich systemów monitoringu kosztów zapobiegania zmianom klimatu, strat poniesionych i kosztów odtworzenia	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Prowadzenie Systemu Informatycznego Gospodarki Wodnej i budowę informatycznych systemów wczesnego ostrzegania przed zagrożeniami powodziowymi	XX			XX							

Zgodność działań adaptacyjnych z priorytetami adaptacji w UE (stan na 16 sierpnia 2013 r.)

Działania	Identyfikacja z UE
Prawne i polityczne	
Zreformowanie struktur gospodarki wodnej z uwzględnieniem zmian klimatu	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet zwiększenia odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu) W ramach Dyrektywy 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej
Wprowadzenie obowiązkowych planów zagospodarowania przestrzennego na poziomie regionalnym i lokalnym szczególnie dla obszarów powodziowych, zurbanizowanych, przyrodniczo cennych, rolniczych i leśnych wrażliwych na susze oraz strefy wybrzeża i wód przybrzeżnych	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet zwiększenia odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu) W ramach Dyrektywy 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim Wytyczne w zakresie planowania zagospodarowania przestrzennego (2006) W ramach Wspólnej Polityki Rolnej do 2020 - COM (2010)672 Nowa Strategia Leśna UE ukaże się we wrześniu 2013 roku (komunikat Komisji Europejskiej) Zintegrowane zarządzanie strefą przybrzeżną COM(2013)133
Uwzględnienie w planach zagospodarowania w miastach konieczności zwiększenia obszarów zieleni i wodnych	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu W oparciu o projekt pilotażowy „Strategie adaptacyjne dla miast europejskich”
Przygotowanie strategii, planów ochrony i planów zadań ochrony przyrody z uwzględnieniem zmian warunków klimatycznych	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet zwiększenia odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu) Zgodnie z Unijną Strategią ochrony różnorodności biologicznej na okres do 2020 r. COM (2011)244
Przygotowanie strategii zarządzania ryzykiem na szczeblu krajowym, regionalnym i lokalnym z uwzględnieniem działań adaptacyjnych	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu
Stworzenie podstaw prawnych do przesiedlania ludności z terenów trwale zagrożonych	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu Promowanie i ułatwianie migracji jako realizacja strategii adaptacji COM(2011)743 i COM(2011)637
Opracowanie zasad zabudowy terenów zalewowych i chronionych, obszarów zieleni w miastach, niekontrolowanej zabudowy pasa nadbrzeża oraz budowy obiektów użyteczności publicznej	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu Wytyczne w zakresie planowania zagospodarowania przestrzennego (2006) Zintegrowane zarządzanie strefą przybrzeżną, COM(2013)133
Prawne uregulowanie ekonomicznej rentowności użytkowania wody i stworzenie zachęt do zmniejszenia wodochłonności gospodarki	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet zwiększenia odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu) W ramach Dyrektywy 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca

Działania	Identyfikacja z UE
	ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej Wytyczne na temat adaptacji do zmian klimatu w zarządzaniu gospodarką wodną (2009)
Wprowadzenie restrykcyjnych instrumentów ochrony przestrzeni rolniczej, leśnej i zasobów glebowych o dużej wartości produkcyjnej	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet zwiększenia odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu) Nowa Strategia Leśna UE ukaże się we wrześniu 2013 roku (komunikat Komisji Europejskiej) W ramach Wspólnej Polityki Rolnej do 2020 - COM (2010)672
Przygotowanie służby zdrowia do ograniczenia skutków stresu termicznego i nadzwyczajnych zdarzeń klimatycznych, stworzenie systemu profilaktyki zdrowotnej oraz ochrony wrażliwych grup ludności przed falami upałów	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet zwiększenia odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu) Europejski Plan Działań na rzecz środowiska i zdrowia na lata 2004-2010 Unijna Strategia Zdrowia 2008-2013 COM(2007)630 Unijny Program zdrowia Deyzja 1350/2007/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. ustanawiająca drugi wspólnotowy program działań w dziedzinie zdrowia na lata 2008–2013 (Dz.U. L 301 z 20.11.2007)
Dostosowanie aktów prawnych oraz przepisów technicznych dotyczących projektowania, budowy i dostosowania infrastruktury transportowej do zmian klimatu, zwłaszcza na terenach zalewowych	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet - zwiększenia odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu) Wytyczne dotyczące rozwoju transeuropejskiej sieci transportowej COM(2011)650 Wytyczne na temat adaptacji do zmian klimatu w zarządzaniu gospodarką wodną. (2009)
Wprowadzenie ograniczeń w zakresie budownictwa powszechnego i dodatkowych wymagań w zakresie ochrony przed zalaniem budynków podpiwniczonych na obszarach zalewowych i w strefie nadmorskiej. Wprowadzenie zasad bezpiecznego inwestowania na klifach	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet - zwiększenia odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu) W ramach Dyrektywy 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim Wytyczne w zakresie planowania zagospodarowania przestrzennego (2006) Zintegrowane zarządzanie strefą przybrzeżną, COM(2013)133
Uwzględnianie aktualnego i potencjalnego wzrostu poziomu morza i zagrożenia powodziowego w planach inwestycyjnych w strefie nadmorskiej i wodach przybrzeżnych	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu W ramach Dyrektywy 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim Zintegrowane zarządzanie strefą przybrzeżną, COM(2013)133
Opracowanie nowych standardów budownictwa miejskiego z uwzględnieniem technologii wodooszczędnych	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet zwiększenia odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu) W ramach Dyrektywy 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej Wytyczne na temat adaptacji do zmian klimatu w zarządzaniu gospodarką wodną. (2009)
Opracowanie planów gospodarki wodno-ściekowej w miastach w kontekście ryzyka opadowego i powodziowego oraz suszy w miastach	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu W ramach Dyrektywy 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim W ramach Dyrektywy 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca

Działania	Identyfikacja z UE
	ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej Wytyczne na temat adaptacji do zmian klimatu w zarządzaniu gospodarką wodną (2009) W oparciu o projekt pilotażowy „Strategie adaptacyjne dla miast europejskich”
Utworzenie sieci lasów reprezentatywnych dla określonych regionów (referencyjnych), z uwzględnieniem gradientu klimatycznego z jednolitym systemem monitorowania i raportowania zmian według jednolitej metodyki	Nowa Strategia Leśna UE ukaże się we wrześniu 2013 roku (komunikat Komisji Europejskiej)
Nowelizacja Ustawy o lasach, Polityki Leśnej Państwa, Krajowego Programu Zwiększania Lesistości pod kątem uwzględnienia działań adaptacyjnych oraz opracowanie Narodowego Programu Leśnego	
Opracowanie programów adaptacji leśnictwa do zmian klimatycznych z uwzględnieniem uwarunkowań i potrzeb przemysłu, energetyki, rolnictwa, turystyki i rekreacji, rozwoju regionalnego, bioróżnorodności	
Uwzględnienie działań adaptacyjnych w długoterminowych, planach energetyki jako elementu strategii lokalnej, jak również strategii firm i przedsiębiorstw energetycznych	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet zwiększenia odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu) Wytyczne dotyczące transeuropejskiej infrastruktury energetycznej COM(2011)658 Zrównoważona i konkurencyjna europejska sieć energetyczna COM(2008)782
Wprowadzanie nowych mechanizmów wspierających technologie OZE, w tym mikroinstalacje w rolnictwie i ograniczanie strat energii	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet - zwiększenia odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu) W ramach Wspólnej Polityki Rolnej do 2020 - COM (2010)672
Włączenie do Narodowego Programu Rozwoju Gospodarki Niskoemisyjnej szczegółowych działań adaptacyjnych na poziomie przedsiębiorstw i lokalnym	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet - zwiększenia odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu) Wytyczne dotyczące transeuropejskiej infrastruktury energetycznej COM(2011)658
Wprowadzenie rozwiązań dotyczących pomocy Państwa udzielanej na pokrycie strat, w tym wsparcie producentów rolnych i leśnych w przypadku wystąpienia klęsk żywiołowych, oraz rozwijanie systemu ubezpieczeń obejmujących ryzyko wynikające ze zmian klimatu	W ramach Wspólnej Polityki Rolnej do 2020 - COM (2010)672 Nowa Strategia Leśna UE ukaże się we wrześniu 2013 roku (komunikat Komisji Europejskiej)

Działania	Identyfikacja z UE
Włączenie lokalnych społeczności i administracji samorządowej do działań zapobiegających skutkom zmian klimatu	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu
Wprowadzenie wymogu dostępu on-line do miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego i obowiązku doradztwa dla osób i firm pragnących inwestować w strefach zagrożonych oraz zapewnienie obligatoryjnego publicznego udostępniania on-line wyników wszystkich rodzajów monitoringu	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu Wytyczne w zakresie planowania zagospodarowania przestrzennego (2006)
Wprowadzenie obowiązku wyceny kosztów zapobiegania i likwidacji szkód związanych z klimatem oraz obowiązku ubezpieczeń majątkowych na obszarach zagrożonych	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu Zielona Księga w sprawie ubezpieczeń od klęsk żywiołowych i katastrof spowodowanych przez człowieka
Techniczne i organizacyjne	
Wdrażanie nowych technologii wodooszczędnych i zwiększenie efektywności wykorzystania wody w przemyśle, gospodarce komunalnej i rolnictwie	Zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet zwiększenia odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu) W ramach Dyrektywy 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej Wytyczne na temat adaptacji do zmian klimatu w zarządzaniu gospodarką wodną (2009) W ramach Wspólnej Polityki Rolnej do 2020 - COM (2010)672
Wdrożenie działań zabezpieczających przed osuwiskami	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu W ramach Dyrektywy 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim
Budowa, rozbudowa i utrzymanie osłony przeciwpowodziowej (obwałowania, zbiorniki i in.), w tym także terenów nadmorskich i obiektów zabytkowych	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu W ramach Dyrektywy 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim
Doskonalenie systemu tworzenia i zarządzania rezerwami żywności, materiału siewnego i paszy na wypadek nieurodzaju	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet - zwiększenia odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu) W ramach Wspólnej Polityki Rolnej do 2020 - COM (2010)672
Wsparcie inwestycyjne gospodarstw oraz doradztwo technologiczne uwzględniające aspekty dostosowania budownictwa wiejskiego i produkcji rolnej do zwiększonego ryzyka klimatycznego	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet zwiększenia odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu) W ramach Wspólnej Polityki Rolnej do 2020 - COM (2010)672
Intensyfikacja programu ochrony gleb przed erozją	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet zwiększenia odporności

Działania	Identyfikacja z UE
i kontynuowanie i rozszerzenie programu małej retencji i retencji glebowej zwłaszcza w lasach i użytkach zielonych	kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu) W ramach Dyrektywy 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej Wytyczne na temat adaptacji do zmian klimatu w zarządzaniu gospodarką wodną (2009) W ramach Wspólnej Polityki Rolnej do 2020 - COM (2010)672
Uwzględnienie w procesie projektowania i budowy infrastruktury transportowej zmienionych warunków klimatycznych	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet zwiększenia odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu) Wytyczne dotyczące rozwoju transeuropejskiej sieci transportowej COM(2011)650
Zapewnienie awaryjnych źródeł energii oraz przesyłu w przypadkach, w których zastosowanie podstawowych źródeł nie będzie możliwe	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet zwiększenia odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu) Wytyczne dotyczące transeuropejskiej infrastruktury energetycznej COM(2011)658 Zrównoważona i konkurencyjna europejska sieć energetyczna COM(2008)782
Projektowanie sieci przesyłowych np. podziemnych, w tym również sieci przesyłowych naziemnych z uwzględnieniem ekstremalnych sytuacji pogodowych, w celu ograniczenia ryzyka m.in. zalegania na nich lodu i śniegu, podtopień oraz zniszczeń w przypadkach silnego wiatru	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet zwiększenia odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu) Wytyczne dotyczące transeuropejskiej infrastruktury energetycznej COM(2011)658 Zrównoważona i konkurencyjna europejska sieć energetyczna COM(2008)782
Rozwijanie alternatywnych możliwości produkcji energii na poziomie lokalnym, szczególnie na potrzeby ogrzewania i klimatyzacji na terenach o mniejszej gęstości zaludnienia	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet zwiększenia odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu) Wytyczne dotyczące transeuropejskiej infrastruktury energetycznej COM(2011)658 Zrównoważona i konkurencyjna europejska sieć energetyczna COM(2008)782
Ograniczanie budowy bloków energetycznych z otwartymi układami chłodzenia	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet zwiększenia odporności kluczowych narażonych na zmiany klimatu) Wytyczne dotyczące transeuropejskiej infrastruktury energetycznej COM(2011)658 Zrównoważona i konkurencyjna europejska sieć energetyczna COM(2008)782
Działania stabilizacyjne linii brzegowej i zapobieganie erozji i zanikowi plaż oraz degradacji klifów	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu Zintegrowane zarządzanie strefą przybrzeżną, COM(2013)133
Przenoszenie cennych budowli zabytkowych z terenów trwale zagrożonych przez ekstremalne zjawiska klimatyczne na obszary bezpieczniejsze	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu Zintegrowane zarządzanie strefą przybrzeżną, COM(2013)133
Utrzymanie i odtwarzanie naturalnych ekosystemów retencjonujących wodę, szczególnie w obszarach górskich	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet zwiększenia odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu) W ramach Dyrektywy 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej

Działania	Identyfikacja z UE
	Wytyczne na temat adaptacji do zmian klimatu w zarządzaniu gospodarką wodną (2009)
Zróżnicowanie drzewostanu, zwłaszcza w trakcie przebudowy, pod względem: gęstości, kompozycji gatunków (zwiększenie gatunków liściastych), struktury wysokości, wieku, płatowości/mozaikowości	Nowa Strategia Leśna UE ukaże się we wrześniu 2013 roku (komunikat Komisji Europejskiej)
Wzrost lesistości zarówno w wyniku sztucznych zalesień, jak i sukcesji naturalnej, oraz racjonalizacja użytkowania gruntów, zmniejszenie fragmentacji kompleksów leśnych	
Wprowadzanie do gospodarki leśnej zasad leśnictwa ekosystemowego, ograniczenie sztucznej selekcji i jej ukierunkowanie na cechy przystosowawcze oraz dalsze ograniczanie zrębów zupełnych	
Powstrzymanie wydłużania wieków rębności (skrócenie kolei rębu zwłaszcza świerka i sosny), najpierw w rejonach spodziewanych najsilniejszych zmian klimatycznych (rejon północno-wschodnie)	
Intensyfikacja produkcji drewna poza ekosystemami leśnymi (uprawy intensywne/energetyczne, plantacje, zadrzewienia)	
Powiązanie systemu dolin rzecznych (jako naturalnych korytarzy ekologicznych) z systemem obszarów chronionych	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu W ramach Dyrektywy 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej Wytyczne na temat adaptacji do zmian klimatu w zarządzaniu gospodarką wodną (2009)
Kontrola i przeciwdziałanie rozprzestrzenianiu się gatunków obcych, które zagrażają rodzimym gatunkom lub siedliskom przyrodniczym	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet - zwiększenia odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu) Dyrektywa Rady 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory
Budowa nowej i przebudowa istniejącej infrastruktury budowlanej z dostosowaniem do przewidywanej zmiany temperatury, intensywności opadów i wiatru	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet - zwiększenia odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu) Wytyczne dla menadżerów projektów
Opracowanie harmonogramów kolejności utrzymania przejezdności tras komunikacyjnych lub	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet - zwiększenia odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu)

Działania	Identyfikacja z UE
zmiany tras i stosowania zastępczych środków transportowych	Wytyczne dotyczące rozwoju transeuropejskiej sieci transportowej COM(2011)650
Przygotowanie systemu energetycznego do zmienionych warunków z uwzględnieniem szczytu zimowego i letniego zapotrzebowania na energię	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet - zwiększenia odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu) Wytyczne dotyczące transeuropejskiej infrastruktury energetycznej COM(2011)658 Zrównoważona i konkurencyjna europejska sieć energetyczna COM(2008)782
Edukacja i zwiększenie świadomości	
Budowa świadomości dzieci nt. znaczenia wody i konieczności jej oszczędzania	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet poprawy i poszerzenia wiedzy oraz większego rozpowszechniania informacji). W ramach Dyrektywy 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej
Szkolenia dla mieszkańców gmin na terenach zagrożonych powodzią, osuwiskami i silnymi wiatrami w zakresie adaptacji i minimalizowania skutków zmian klimatu	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet poprawy i poszerzenia wiedzy oraz większego rozpowszechniania informacji). W ramach Dyrektywy 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim
Szkolenia dla rolników w zakresie zmian klimatu i ich skutków oraz metod zapobiegania i ograniczania	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet poprawy i poszerzenia wiedzy oraz większego rozpowszechniania informacji) W ramach Wspólnej Polityki Rolnej do 2020 - COM (2010)672
Wprowadzenia do programów dokształcania personelu medycznego problemów chorób klimatozależnych, tropikalnych i przenoszonych wektorowo	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet poprawy i poszerzenia wiedzy oraz większego rozpowszechniania informacji). Europejski Plan Działań na rzecz środowiska i zdrowia na lata 2004-2010 Unijna Strategia Zdrowia 2008-2013 COM(2007)630 Unijny Program zdrowia Deyzja 1350/2007/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. ustanawiająca drugi wspólnotowy program działań w dziedzinie zdrowia na lata 2008–2013 (Dz.U. L 301 z 20.11.2007)
Edukacja i zwiększanie świadomości nt. wpływu warunków klimatycznych na miasta	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet poprawy i poszerzenia wiedzy oraz większego rozpowszechniania informacji). W oparciu o projekt pilotażowy „Strategie adaptacyjne dla miast europejskich”
Wprowadzenie do programów kształcenia na poziomie gimnazjum, liceum i wybranych kierunków studiów problematyki zmian klimatu i metod adaptacji	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet poprawy i poszerzenia wiedzy oraz większego rozpowszechniania informacji).
Badania naukowe	
Nowe metody oceny ryzyka zagrożeń dla obszarów powodziowych i podtapianych	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet poprawy i poszerzenia wiedzy) W ramach Dyrektywy 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny

Działania	Identyfikacja z UE
	ryzyka powodziowego i zarządzania nim Program ramowy w zakresie badań naukowych i innowacji (2014-2020) COM (2011)809
Wspieranie prac badawczo-rozwojowych w produkcji roślinnej i hodowli uwzględniających aspekt ryzyka zmienionych warunków klimatycznych	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet poprawy i poszerzenia wiedzy) W ramach Wspólnej Polityki Rolnej do 2020 - COM (2010)672 Program ramowy w zakresie badań naukowych i innowacji (2014-2020) - COM (2011)809
Prowadzenie badań epidemiologicznych, klinicznych i klimatyczno-fizjo-logicznych w aspekcie zachorowań na choroby klimatozależne	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet poprawy i poszerzenia wiedzy) Europejski Plan Działań na rzecz środowiska i zdrowia na lata 2004-2010 Unijna Strategia Zdrowia 2008-2013 COM(2007)630 Unijny Program zdrowia Deyzja 1350/2007/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. ustanawiająca drugi wspólnotowy program działań w dziedzinie zdrowia na lata 2008–2013 (Dz.U. L 301 z 20.11.2007) Program ramowy w zakresie badań naukowych i innowacji (2014-2020) - COM (2011)809
Utworzenie i realizacja interdyscyplinarnych programów badawczych dotyczących metod ochrony brzegów morskich	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet poprawy i poszerzenia wiedzy) Zintegrowane zarządzanie strefą przybrzeżną, COM(2013)133 Program ramowy w zakresie badań naukowych i innowacji (2014-2020) - COM (2011)809
Utworzenie programu i finansowanie badań nad technologiami magazynowania energii	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet poprawy i poszerzenia wiedzy) Europejski Program na rzecz przedsiębiorczości i innowacji Program ramowy w zakresie badań naukowych i innowacji (2014-2020) - COM (2011)809
Opracowanie podstaw wyceny wartości środowiska z uwzględnieniem specyfiki krajowej i zmian klimatu	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet poprawy i poszerzenia wiedzy) Program ramowy w zakresie badań naukowych i innowacji (2014-2020) - COM (2011)809
Utworzenie programu badawczego zawierającego m.in. problematykę: ekologiczne modele wzrostu drzewostanów, hodowla genotypów gatunków drzew leśnych odpornych na zmiany klimatu, dostosowanie produkcji drewna do nowych warunków środowiskowych	Program ramowy w zakresie badań naukowych i innowacji (2014-2020) - COM (2011)809 Nowa Strategia Leśna UE ukaże się we wrześniu 2013 roku (komunikat Komisji Europejskiej)
Opracowanie bilansów zasobów wód powierzchniowych i podziemnych (statyczne i dynamiczne) pozwalających analizować sytuację w zakresie zasobów w zlewniach	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet poprawy i poszerzenia wiedzy) W ramach Dyrektywy 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca rami wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej

Działania	Identyfikacja z UE
	Wytyczne na temat adaptacji do zmian klimatu w zarządzaniu gospodarką wodną (2009) Program ramowy w zakresie badań naukowych i innowacji (2014-2020) - COM (2011) 809
Opracowanie metodyki systemu monitoringu podpór wybranych mostów i ich otoczenia	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet poprawy i poszerzenia wiedzy) Wytyczne dla menadżerów projektów Program ramowy w zakresie badań naukowych i innowacji (2014-2020) - COM (2011) 809
Monitoring i informacja	
Rozwój systemów monitoringu wpływu warunków pogodowych na wyniki produkcji roślinnej i zwierzęcej oraz systemów wczesnego ostrzegania o możliwych skutkach zmian klimatycznych dla produkcji roślinnej i zwierzęcej szczególnie w zaopatrzenie w wodę (susza) i groźnych zjawisk	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet poprawy i poszerzenia wiedzy, monitoring i informacja). W ramach Wspólnej Polityki Rolnej do 2020 COM (2010)672
Utworzenie systemu monitoringu, ostrzeżeń przed zjawiskami klimatycznymi i pochodnymi groźnymi dla zdrowia (ludzi i zwierząt) w tym liczebności owadów wektorowych, jakości wody i żywności w okresie fal upałów. Gromadzenie informacji o chorobach klimatyzależnych	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet poprawy i poszerzenia wiedzy, monitoring i informacja). Europejski Plan Działań na rzecz środowiska i zdrowia na lata 2004-2010 Unijna Strategia Zdrowia 2008-2013 COM(2007)630 Unijny Program zdrowia Deyzja 1350/2007/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. ustanawiająca drugi wspólnotowy program działań w dziedzinie zdrowia na lata 2008–2013 (Dz.U. L 301 z 20.11.2007)
Wprowadzenie systemu monitoringu i ostrzegania przed nadzwyczajnymi zjawiskami i klimatycznymi (np.. drożności kanalizacji oraz systemów odwadniania budowli, sytuacji sprzyjających zanieczyszczeniu powietrza i wody) w miastach	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet poprawy i poszerzenia wiedzy, monitoring i informacja). W ramach Dyrektywy 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej Wytyczne na temat adaptacji do zmian klimatu w zarządzaniu gospodarką wodną (2009) W oparciu o projekt pilotażowy „Strategie adaptacyjne dla miast europejskich”
Utworzenie stałego monitoringu wrażliwych na zmiany klimatu dziedzin infrastruktury transportowej i systemu ostrzeżeń dla służb technicznych	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet poprawy i poszerzenia wiedzy, monitoring i informacja). Wytyczne dotyczące rozwoju transeuropejskiej sieci transportowej COM(2011)650
Kontynuacja i rozwój stałego monitoringu stanu brzegów morskich i strefy wód przybrzeżnych	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet poprawy i poszerzenia wiedzy, monitoring i informacja) Zintegrowane zarządzanie strefą przybrzeżną, COM(2013)133
Monitoring i okresowa ocena przyrodniczych obszarów chronionych, utworzenie systemu gromadzenia i przetwarzania danych	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet poprawy i poszerzenia wiedzy, monitoring i informacja) Zgodnie z Unijną Strategią ochrony różnorodności biologicznej na okres do 2020 r. COM (2011)244

Działania	Identyfikacja z UE
Monitoring lasów pod kątem reakcji drzew na zmiany klimatyczne, m.in. obserwacje fenologiczne, strefowe zmiany zasięgu gatunków szczególnie w obszarach górskich	Nowa Strategia Leśna UE ukaże się we wrześniu 2013 roku (komunikat Komisji Europejskiej)
Utworzenie krajowego i wojewódzkich systemów monitoringu kosztów zapobiegania zmianom klimatu, poniesionych strat i kosztów odtworzenia	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet poprawy i poszerzenia wiedzy, monitoring i informacja).
Prowadzenie Systemu Informatycznego Gospodarki Wodnej i budowa informatycznych systemów wczesnego ostrzegania przed zagrożeniami powodziowymi	Działanie zgodne ze Strategią UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatu (priorytet poprawy i poszerzenia wiedzy, monitoring i informacja). W ramach Dyrektywy 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim

Projekty badawcze dotyczące zmian klimatu i adaptacji do tych zmian i ich skutków

Projekty realizowane w ramach Programów Ramowych, Programów Operacyjnych UE, Polsko- Norweskiej Współpracy Badawczej i innych międzynarodowych:

Developing Policies & Adaptation Strategies to Climate Change in the Baltic Sea Region" (ASTRA) Państwowy Instytut Geologiczny Gdynia (2006-2007)

Global Climate Change Impact on Building Heritage and Cultural Landscapes (NOAH ARK) Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN (2004-2006)

Central and Eastern Europe Climate Change Impact and Vulnerability Assessment (CECILIA) Politechnika Warszawska (2006-2009)

Adaptation of Agriculture in European Regions at Environmental Risk under Climate Change (ADAGIO) Uniwersytet Przyrodniczy Poznań (2007-2009)

Projection of Economic impacts of climate change in Sectors of the European Union based on bottom-up Analysis (PESETA II). SGGW

Innovative technologies for safer European coasts in a changing climate (THESEUS) IMGW-PIB, IBW PAN (2009-2013)

Hydrological cycle in the CADSES area (HYDROCARE) IMGW-PIB (2006-2007)

Wpływ zmian klimatu na społeczeństwo, środowisko i gospodarkę (KLIMAT) IMGW-PIB (2009-2012)

Adaptive management of climate-induced changes of habitat diversity in protected areas (HABIT-CHANGE) IOŚ-PIB, SGGW, Biebrzański Park Narodowy (2010-2013)

ENvironmental Optimization of IRrigAtion Management with the Combined use and Integration of High Precision Satellite Data, Advanced Modeling, Process Control and Business Innovation (ENORASIS) IUNG-PIB (2012-2014)

Integrated water resources and coastal zone management in European lagoons in the context of climate change (LAGOONS). IBW PAN (2011-2013)

Development and application of mitigation and adaptation strategies and measures for counteracting the global Urban Heat Islands phenomenon (UHI) IGiPZ PAN (2011-2014)

Assessing the sensitivity of water resources to global change at the regional, national and global scale- Flood risk on the northern foothills of the Tatra Mountains (FLORIST) we współpracy z Potsdam Institute for Climatic Impact Research (PIK), Niemcy, Z.Kundzewicz. <http://www.isrl.poznan.pl/> 2011

Raport Climate change impacts and adaptation for international transport networks B. Rymsza IBDiM 2012 EKG ONZ (ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE)

Projekt Platforma wspomagania decyzji operacyjnych zależnych od stanu atmosfery (PROZA) ICM UW, IBL, Instytut Ogrodnictwa, Instytut Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego 2008-2013

Climate change impact on hydrological extremes" (CHINE). Instytut Geofizyki PAN, 2013 -2015

Towards an Integrated Framework for Climate Impact Assessments for International Market Systems with Long-Term Investments", ICM UW, (CLIMARK US-European project, NSF Award CNH 0909378).

Projekty krajowe:

Program Wieloletni IUNG-PIB, zadanie 1.1. System informacji o wpływie zmian klimatycznych na rolnictwo oraz metodach adaptacji.

System Monitoringu Suszy Rolniczej w Polsce (SMSR), realizowany na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi od 2007 roku przez IUNG-PIB

Adaptacja wrażliwych sektorów i obszarów Polski do zmian klimatu do roku 2070 (KLIMADA) realizowany na zlecenie Ministra Środowiska (2011-2013) przez IOŚ-PIB

Ocena wpływu zmian klimatu na stan zdrowia społeczeństwa w różnych regionach Polski oraz prognoza do roku 2100. OPUS Projekt NCN K. Błazejczyk IGiPZ PAN (2011-2014)

Wykaz działań adaptacyjnych w pakiecie podstawowym, rozszerzonym i pełnym

Pakiet podstawowy

Działanie		Koszty w mln zł
Rolnictwo		
1	Wspieranie w produkcji roślinnej i hodowli prac badawczo-rozwojowych uwzględniających aspekt ryzyka zmienionych warunków klimatycznych	4681.2
2	Intensyfikacja programu ochrony gleb przed erozją i kontynuowanie i rozszerzenie programu małej retencji i retencji glebowej zwłaszcza w lasach i użytkach zielonych	0.3
5	Rozwój systemów monitoringu wpływu warunków pogodowych na wyniki produkcji roślinnej i zwierzęcej oraz systemów wczesnego ostrzegania o możliwych skutkach zmian klimatycznych dla produkcji roślinnej i zwierzęcej szczególnie w zakresie zaopatrzenia w wodę (susza) i groźnych zjawisk	68.4
6	Szkolenia dla rolników w zakresie zmian klimatu i ich skutków oraz metod zapobiegania i ograniczania szkód	445.2
Gospodarka wodna		
1	Budowa świadomości dzieci nt. znaczenia wody i konieczności jej oszczędzania	7.6
2	Budowa, rozbudowa i utrzymanie osłony przeciwpowodziowej (obwałowania, zbiorniki i in.), w tym także terenów nadmorskich i obiektów zabytkowych	12393
3	Prowadzenie Systemu Informatycznego Gospodarki Wodnej i budowa informatycznych systemów wczesnego ostrzegania przed zagrożeniami powodziowymi	41.9
4	Utrzymanie i odtwarzanie naturalnych ekosystemów retencjonujących wodę, szczególnie w obszarach górskich	0.8
5	Wdrażanie nowych technologii wodoszczędnych i zwiększenie efektywności wykorzystania wody w przemyśle, gospodarce komunalnej i rolnictwie	3830.5
6	Szkolenia dla mieszkańców gmin na terenach zagrożonych powodzią, osuwiskami i silnymi wiatrami w zakresie adaptacji i minimalizowania skutków zmian klimatu	nieznany
8	Opracowanie planów gospodarki wodno-ściekowej w miastach w kontekście ryzyka opadowego i powodziowego oraz suszy w miastach	300
Infrastruktura i energetyka		
1	Projektowanie sieci przesyłowych np. podziemnych, w tym również sieci przesyłowych naziemnych z uwzględnieniem ekstremalnych sytuacji pogodowych, w celu ograniczenia ryzyka m.in. zalegania na nich lodu i śniegu, podtopień oraz zniszczeń w przypadkach silnego wiatru	1695
3	Utworzenie stałego monitoringu wrażliwych na zmiany klimatu dziedzin infrastruktury transportowej i systemu ostrzeżeń dla służb technicznych	27
4	Przygotowanie systemu energetycznego do zmienionych warunków z uwzględnieniem szczytu zimowego i letniego zapotrzebowania na energię	nieznany
6	Wprowadzenie systemu monitoringu i ostrzegania przed nadzwyczajnymi zjawiskami i klimatycznymi (np.. drożności kanalizacji oraz systemów odwadniania budowli, sytuacji sprzyjających zanieczyszczeniu powietrza i wody) w miastach	44.7
13	Opracowanie harmonogramów kolejności utrzymania przejezdności tras komunikacyjnych lub zmiany tras i stosowania zastępczych środków transportowych	0.3
Legislacja		
1	Przygotowanie strategii zarządzania ryzykiem na szczeblu krajowym, regionalnym i lokalnym z uwzględnieniem działań adaptacyjnych	1250
2	Wprowadzenie obowiązkowych planów zagospodarowania przestrzennego na poziomie regionalnym i lokalnym szczególnie dla obszarów powodziowych, zurbanizowanych, przyrodniczo cennych, rolniczych i leśnych wrażliwych na susze oraz strefy wybrzeża i wód przybrzeżnych	1180.4
6	Uwzględnianie aktualnego i potencjalnego wzrostu poziomu morza i zagrożenia powodziowego w planach inwestycyjnych w strefie nadmorskiej i wodach przybrzeżnych	885
7	Wprowadzenie obowiązku wyceny kosztów zapobiegania i likwidacji szkód związanych z klimatem oraz obowiązku ubezpieczeń majątkowych na obszarach	0.5

Działanie		Koszty w mln zł
	zagrożonych	
Leśnictwo i bioróżnorodność		
1	Opracowanie programów adaptacji leśnictwa do zmian klimatycznych z uwzględnieniem uwarunkowań i potrzeb przemysłu, energetyki, rolnictwa, turystyki i rekreacji, rozwoju regionalnego, bioróżnorodności	45.9
2	Przygotowanie strategii, planów ochrony i planów zadań ochrony przyrody z uwzględnieniem zmian warunków klimatycznych	0.1
6	Wprowadzanie do gospodarki leśnej zasad leśnictwa ekosystemowego, ograniczenie sztucznej selekcji i jej ukierunkowanie na cechy przystosowawcze oraz dalsze ograniczanie zrębów zupełnych	520
7	Monitoring i okresowa ocena przyrodniczych obszarów chronionych, utworzenie systemu gromadzenia i przetwarzania danych	11.1
Ochrona wybrzeża i zdrowia		
1	Opracowanie zasad zabudowy terenów zalewowych i chronionych, obszarów zieleni w miastach, niekontrolowanej zabudowy pasa nadbrzeża oraz budowy obiektów użyteczności publicznej	295
2	Wprowadzenie ograniczeń w zakresie budownictwa powszechnego i dodatkowych wymagań w zakresie ochrony przed zalaniem budynków podpiwniczonych na obszarach zalewowych i w strefie nadmorskiej. Wprowadzenie zasad bezpiecznego inwestowania na klifach	296.6
6	Edukacja i zwiększanie świadomości nt. wpływu warunków klimatycznych na miasta	12
7	Przygotowanie służby zdrowia do ograniczenia skutków stresu termicznego i nadzwyczajnych zdarzeń klimatycznych, stworzenie systemu profilaktyki zdrowotnej oraz ochrony wrażliwych grup ludności przed falami upałów	182.4
8	Wprowadzenie do programów dokształcania personelu medycznego problemów chorób klimatozależnych, tropikalnych i przenoszonych wektorowo	2.6
9	Utworzenie systemu monitoringu, ostrzeżeń przed zjawiskami klimatycznymi i pochodnymi groźnymi dla zdrowia (ludzi i zwierząt) w tym liczebności owadów wektorowych, jakości wody i żywności w okresie fal upałów. Gromadzenie informacji o chorobach klimatozależnych	13
10	Prowadzenie badań epidemiologicznych, klinicznych i klimatyczno fizjologicznych w aspekcie zachorowań na choroby klimatozależne	17
	Ogółem	17407

Pakiet rozszerzony- uzupełnienie

Działanie		Koszty w mln zł
Rolnictwo		
3	Wprowadzenie rozwiązań dotyczących pomocy państwa udzielanej na pokrycie strat, w tym wsparcie producentów rolnych i leśnych w przypadku wystąpienia klęsk żywiołowych, oraz rozwijanie systemu ubezpieczeń obejmujących ryzyko wynikające ze zmian klimatu	4500.7
4	Wprowadzenie restrykcyjnych instrumentów ochrony przestrzeni rolniczej, leśnej i zasobów glebowych o dużej wartości produkcyjnej	4033.3
8	Doskonalenie systemu tworzenia i zarządzania rezerwami żywności, materiału siewnego i paszy na wypadek nieurodzaju	137.9
Gospodarka wodna		
7	Zreformowanie struktur gospodarki wodnej z uwzględnieniem zmian klimatu	5806
10	Opracowanie bilansów zasobów wód powierzchniowych i podziemnych (statyczne i dynamiczne) pozwalających analizować sytuację w zakresie zasobów w zlewniach	0.5
13	Powiązanie systemu dolin rzecznych (jako naturalnych korytarzy ekologicznych) z systemem obszarów chronionych	454.1
14	Wdrożenie działań zabezpieczających przed osuwiskami	295
Infrastruktura i energetyka		
7	Uwzględnienie działań adaptacyjnych w długoterminowych planach energetyki jako	750

Działanie		Koszty w mln zł
	elementu strategii lokalnej, jak również strategii firm i przedsiębiorstw energetycznych	
9	Zapewnienie awaryjnych źródeł energii oraz przesyłu w przypadkach, w których zastosowanie podstawowych źródeł nie będzie możliwe	1238.5
10	Budowa nowej i przebudowa istniejącej infrastruktury budowlanej z dostosowaniem do przewidywanej zmiany temperatury, intensywności opadów i wiatru	nieznany
11	Ograniczanie budowy bloków energetycznych z otwartymi układami chłodzenia	nieznany
12	Uwzględnienie w procesie projektowania i budowy infrastruktury transportowej zmienionych warunków klimatycznych	4849.1
Legislacja		
3	Wprowadzenie do programów kształcenia na poziomie gimnazjum, liceum i wybranych kierunków studiów problematyki zmian klimatu i metod adaptacji	40
4	Utworzenie krajowego i wojewódzkich systemów monitoringu kosztów zapobiegania zmianom klimatu, poniesionych strat i kosztów odtworzenia	6.2
5	Dostosowanie aktów prawnych oraz przepisów technicznych dotyczących projektowania, budowy i dostosowania infrastruktury transportowej do zmian klimatu, zwłaszcza na terenach zalewowych	48.5
9	Włączenie lokalnych społeczności i administracji samorządowej do działań zapobiegających skutkom zmian klimatu	nieznany
Lesnictwo i bioróżnorodność		
3	Opracowanie podstaw wyceny wartości środowiska z uwzględnieniem specyfiki krajowej i zmian klimatu	0.2
5	Monitoring lasów pod kątem reakcji drzew na zmiany klimatyczne, m.in. obserwacje fenologiczne, strefowe zmiany zasięgu gatunków szczególnie w obszarach górskich	25.5
9	Zróżnicowanie drzewostanu, zwłaszcza w trakcie przebudowy, pod względem: gęstości, kompozycji gatunków (zwiększenie liczby gatunków liściastych), struktury wysokości, wieku, płatowości/mozaikowości	298.4
11	Wzrost lesistości zarówno w wyniku sztucznych zalesień, jak i sukcesji naturalnej, oraz racjonalizacja użytkowania gruntów, zmniejszenie fragmentacji kompleksów leśnych	2907
12	Powstrzymanie wydłużania wieków rębności (skrócenie kolei rębu zwłaszcza świerka i sosny), najpierw w rejonach spodziewanych najsilniejszych zmian klimatycznych (rejon północno-wschodnie)	nieznany
13	Kontrola i przeciwdziałanie rozprzestrzenianiu się gatunków obcych, które zagrażają rodzimym gatunkom lub siedliskom przyrodniczym	0.6
Ochrona zdrowia i wybrzeża		
3	Kontynuacja i rozwój stałego monitoringu stanu brzegów morskich i strefy wód przybrzeżnych	323
4	Utworzenie i realizacja interdyscyplinarnych programów badawczych dotyczących metod ochrony brzegów morskich	nieznany
5	Działania stabilizacyjne linii brzegowej i zapobieganie erozji i zanikowi plaż oraz degradacji klifów	1045
Ogółem		11166

Pakiet pełny- uzupełnienie

Działanie		Koszty w mln zł
Rolnictwo		
7	Wsparcie inwestycyjne gospodarstw oraz doradztwo technologiczne uwzględniające aspekty dostosowania budownictwa wiejskiego i produkcji rolnej do zwiększonego ryzyka klimatycznego	16427.9
Gospodarka wodna		
9	Nowe metody oceny ryzyka zagrożeń dla obszarów powodziowych i podtapianych	435.6
11	Prawne uregulowanie ekonomicznej rentowności użytkowania wody i stworzenie zachęt do zmniejszenia wodochłonności gospodarki	3.3
12	Opracowanie nowych standardów budownictwa miejskiego z uwzględnieniem technologii wodooszczędnych	1.1

Działanie		Koszty w mln zł
Infrastruktura i energetyka		
2	Rozwijanie alternatywnych możliwości produkcji energii na poziomie lokalnym, szczególnie na potrzeby ogrzewania i klimatyzacji na terenach o mniejszej gęstości zaludnienia	3665.7
5	Wprowadzanie nowych mechanizmów wspierających technologie OZE, w tym mikroinstalacji w rolnictwie i ograniczanie strat energii	2689.9
8	Utworzenie programu i finansowanie badań nad technologiami magazynowania energii	nieznany
14	Przenoszenie cennych budowli zabytkowych z terenów trwale zagrożonych przez ekstremalne zjawiska klimatyczne na obszary bezpieczniejsze	10
15	Opracowanie metodyki systemu monitoringu podpór wybranych mostów i ich otoczenia	nieznany
Legislacja		
8	Stworzenie podstaw prawnych do przesiedlania ludności z terenów trwale zagrożonych	302.9
10	Wprowadzenie wymogu dostępu on-line do miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego i obowiązku doradztwa dla osób i firm pragnących inwestować w strefach zagrożonych oraz zapewnienie obowiązkowego publicznego udostępniania on-line wyników wszystkich rodzajów monitoringu	nieznany
11	Włączenie do Narodowego Programu Rozwoju Gospodarki Niskoemisyjnej szczegółowych działań adaptacyjnych na poziomie przedsiębiorstw i lokalnym	1934.9
12	Uwzględnienie w planach zagospodarowania w miastach konieczności zwiększenia obszarów zieleni i wodnych	885
Leśnictwo i bioróżnorodność		
4	Nowelizacja Ustawy o lasach, Polityki Leśnej Państwa, Krajowego Programu Zwiększania Lesistości pod kątem uwzględnienia działań adaptacyjnych oraz opracowanie Narodowego Programu Leśnego	nieznany
8	Utworzenie programu badawczego zawierającego m.in. problematykę: ekologicznych modeli wzrostu drzewostanów, hodowli genotypów gatunków drzew leśnych odpornych na zmiany klimatu, dostosowania produkcji drewna do nowych warunków środowiskowych	nieznany
10	Intensyfikacja produkcji drewna poza ekosystemami leśnymi (uprawy intensywne/energetyczne, plantacje, zadrzewienia)	nieznany
14	Utworzenie sieci lasów reprezentatywnych dla określonych regionów (referencyjnych), z uwzględnieniem gradientu klimatycznego z jednolitym systemem monitorowania i raportowania zmian według jednolitej metodyki	nieznany
Ogółem		895

Proponowany zakres odpowiedzialności za realizację działań adaptacyjnych

Lp.	Kierunki działań adaptacyjnych	Główne odpowiedzialne instytucje	Wskaźniki monitorowania postępów wdrażania
1.	Zreformowanie struktur gospodarki wodnej z uwzględnieniem zmian klimatu	MŚ/KZGW/MAC	Tak/Nie
2.	Wprowadzenie obowiązkowych planów zagospodarowania przestrzennego na poziomie regionalnym i lokalnym szczególnie dla obszarów powodziowych, zurbanizowanych, przyrodniczo cennych, rolniczych i leśnych wrażliwych na susze oraz strefy wybrzeża i wód przybrzeżnych	MRR/MAC/Urzędy Morskie	Liczba planów zagospodarowania przestrzennego dla obszarów
3.	Uwzględnienie w planach zagospodarowania w miastach konieczności zwiększenia obszarów zieleni i wodnych	MRR/MAC/Samorządy gmin miejskich	Udział terenów zielonych i wodnych w powierzchni miast
4.	Przygotowanie strategii, planów ochrony i planów zadań ochrony przyrody z uwzględnieniem zmian warunków klimatycznych	MŚ/GDOŚ/MRiRW	Liczba planów ochrony i planów zadań ochronnych uwzględniających zmiany klimatu
5.	Przygotowanie strategii zarządzania ryzykiem na szczeblu krajowym, regionalnym i lokalnym z uwzględnieniem działań adaptacyjnych	MAC/Rządowe, wojewódzkie i gminne centra zarządzania kryzysowego//MŚ/KZGW/	Tak/Nie
6.	Stworzenie podstaw prawnych do przesiedlania ludności z terenów trwale zagrożonych	MAC/MRR/MRiRW	Tak/Nie
7.	Opracowanie zasad zabudowy terenów zalewowych i chronionych, obszarów zieleni w miastach, niekontrolowanej zabudowy pasa nadbrzeża oraz budowy obiektów użyteczności publicznej	MAC/RCB/MŚ/RZGW/MRR/Urzędy Morskie/Samorządy województw	Tak/Nie
8.	Prawne uregulowanie ekonomicznej rentowności użytkowania wody i stworzenie zachęt do zmniejszenia wodochłonności gospodarki	MŚ/KZGW/MTBiGM/MRiRW	Tak/Nie
9.	Wprowadzenie restrykcyjnych instrumentów ochrony przestrzeni rolniczej, leśnej i zasobów glebowych o dużej wartości produkcyjnej	MRiRW/MŚ MZ/PIS/MON	Powierzchnia użytków rolnych Powierzchnia lasów Grunty rolne klasy I-III wyłączone na cele nierolnicze
10.	Przygotowanie służby zdrowia do ograniczenia skutków stresu termicznego i nadzwyczajnych zdarzeń klimatycznych, stworzenie systemu profilaktyki zdrowotnej oraz ochrony wrażliwych grup ludności przed falami upałów	MŚ/KZGW/MAC MRR/MAC/Urzędy Morskie MRR/MAC/Samorządy gmin miejskich	Liczba placówek służby zdrowia wyposażonych w podstawowy sprzęt klimatyzacyjny Liczba badań profilaktycznych Liczba zakładów pracy wizytowanych przez lekarzy służby medycyny pracy
11.	Wprowadzenie obowiązku wyceny kosztów zapobiegania, likwidacji szkód związanych ze zmianami klimatu	MAC/Rządowe Centrum Zarządzania Kryzysowego	Tak/Nie

Lp.	Kierunki działań adaptacyjnych	Główne odpowiedzialne instytucje	Wskaźniki monitorowania postępów wdrażania
12.	Dostosowanie aktów prawnych oraz przepisów technicznych dotyczących projektowania, budowy i dostosowania infrastruktury transportowej do zmian klimatu, zwłaszcza na terenach zalewowych	MŚ/GDOŚ/MRiRW	Tak/Nie
13.	Wprowadzenie ograniczeń w zakresie budownictwa powszechnego i dodatkowych wymagań w zakresie ochrony przed zalaniem budynków podpiwniczonych na obszarach zalewowych i w strefie nadmorskiej. Wprowadzenie zasad bezpiecznego inwestowania na klifach	MTBiGM/Urzędy Morskie/ GDDKiA/ MAC	Tak/Nie
14.	Uwzględnianie aktualnego i potencjalnego wzrostu poziomu morza i zagrożenia powodziowego w planach inwestycyjnych w strefie nadmorskiej i wodach przybrzeżnych	MAC/Urzędy Morskie/ Samorządy terytorialne	Liczba planów inwestycyjnych uwzględniających potencjalny wzrost poziomu morza i zagrożenie powodziowe
15.	Opracowanie nowych standardów budownictwa miejskiego z uwzględnieniem technologii wodoszczędnych	MTBiGM/ITB	Tak/Nie
16.	Opracowanie planów gospodarki wodno-ściekowej w miastach w kontekście ryzyka opadowego i powodziowego oraz suszy w miastach	MAC /MŚ/samorządy	Tak/Nie
17.	Utworzenie sieci lasów reprezentatywnych dla określonych regionów (referencyjnych), z uwzględnieniem gradientu klimatycznego z jednolitym systemem monitorowania i raportowania zmian według jednolitej metodyki	MŚ/GDLP	Liczba i łączna Powierzchnia lasów reprezentatywnych/ referencyjnych
18.	Nowelizacja Ustawy o lasach, Polityki Leśnej Państwa, Krajowego Programu Zwiększania Lesistości pod kątem uwzględnienia działań adaptacyjnych oraz opracowanie Narodowego Programu Leśnego	MŚ/GDLP	Tak/Nie
19.	Opracowanie programów adaptacji leśnictwa do zmian klimatycznych z uwzględnieniem uwarunkowań i potrzeb przemysłu, energetyki, rolnictwa, turystyki i rekreacji, rozwoju regionalnego, bioróżnorodności	MŚ/GDLP/GDOŚ/ MTBiGM/GDDKiA/ Urzędy Morskie/MRiRW	Liczba regionalnych programów adaptacji leśnictwa do zmian klimatu
20.	Uwzględnienie działań adaptacyjnych w długoterminowych, planach energetyki jako elementu strategii lokalnej, jak również strategii firm i przedsiębiorstw energetycznych	MG/koncerny energetyczne	Liczba planów i strategii zawierających działania adaptacyjne
21.	Wprowadzanie nowych mechanizmów wspierających technologie OZE, w tym mikroinstalacje w rolnictwie i ograniczanie strat energii	MG/MRiRW/MŚ	Tak/Nie
22.	Włączenie do Narodowego Programu Rozwoju Gospodarki Niskoemisyjnej szczegółowych działań adaptacyjnych na poziomie przedsiębiorstw i lokalnym	MG/MRiRW	Tak/Nie
23.	Wprowadzenie rozwiązań dotyczących pomocy Państwa udzielanej na pokrycie strat, w tym wsparcie producentów rolnych i leśnych w przypadku wystąpienia klęsk żywiołowych, oraz rozwijanie systemu ubezpieczeń obejmujących ryzyko wynikające ze zmian klimatu	MAC/MF/MRiRW/ MŚ	Wielkość nakładów na pokrycie strat Udziału produkcji roślinnej i zwierzęcej objętej ubezpieczeniem od ryzyka wystąpienia klęsk

Lp.	Kierunki działań adaptacyjnych	Główne odpowiedzialne instytucje	Wskaźniki monitorowania postępów wdrażania
			żywiolowych w produkcji rolnej ogółem
24.	Włączenie lokalnych społeczności i administracji samorządowej do działań zapobiegających skutkom zmian klimatu	Samorządy terytorialne	Tak/Nie Zaangażowanie społeczności lokalnych w prace społeczną (Udział liczby osób zaangażowanych w prace społeczną na rzecz społeczności lokalnej, osób potrzebujących, organizacji obywatelskich w ogólnej reprezentatywnej próbie losowej dorosłych mieszkańców kraju)
25.	Wprowadzenie wymogu dostępu on-line do miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego i obowiązku doradztwa dla osób i firm pragnących inwestować w strefach zagrożonych oraz zapewnienie obowiązkowego publicznego udostępniania on-line wyników wszystkich rodzajów monitoringu	MRR	Tak/Nie Liczba udostępnionych on-line miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego Liczba placówek doradztwa inwestycyjnego w strefach zagrożonych Liczba i rodzaj publicznie udostępnionych on-line wyników monitoringu
26.	Wprowadzenie obowiązku wyceny kosztów zapobiegania i likwidacji szkód związanych z klimatem oraz obowiązku ubezpieczeń majątkowych na obszarach zagrożonych	MF/MAC	Tak/Nie Udział liczby gospodarstw domowych z wykupionym ubezpieczeniem majątkowym na obszarach zagrożonych
27.	Wdrażanie nowych technologii wodooszczędnych i zwiększenie efektywności wykorzystania wody w przemyśle, gospodarce komunalnej i rolnictwie	Przedsiębiorstwa/Samorządy terytorialne/MRiRW	Wodochłonność gospodarki - ilość wody zużytej na potrzeby przemysłu, rolnictwa i leśnictwa oraz eksploatacji sieci wodociągowej, przypadająca na jednostkę PKB Ilość wody zużywanej na potrzeby przemysłu Ilość wody zużywanej do celów eksploatacji sieci wodociągowej Ilość wody zużywanej na potrzeby nawadniania gruntów rolnych i leśnych oraz uzupełnienia stawów rybnych
28.	Wdrożenie działań zabezpieczających przed osuwiskami	MAC/Samorządy terytorialne	Powierzchnia zabezpieczonych osuwisk
29.	Budowa, rozbudowa i utrzymanie osłony przeciwpowodziowej (obwałowania, zbiorniki i in.), w tym także terenów nadmorskich i obiektów zabytkowych	MAC/MŚ/MTBiGM / MRiRW/KZGW/Urząd Morskie Samorządy województw	Długość linii obwałowań zbudowanych, rozbudowanych i konserwowanych Powierzchnia zbiorników retencyjnych
30.	Doskonalenie systemu tworzenia i zarządzania	MRiRW/ARR	Zmiany w przepisach

Lp.	Kierunki działań adaptacyjnych	Główne odpowiedzialne instytucje	Wskaźniki monitorowania postępów wdrażania
	rezerwami żywności, materiału siewnego i paszy na wypadek nieurodzaju		dotyczących rezerw materiału siewnego, żywności i pasz – Tak/Nie
31.	Wsparcie inwestycyjne gospodarstw oraz doradztwo technologiczne uwzględniające aspekty dostosowania budownictwa wiejskiego i produkcji rolnej do zwiększonego ryzyka klimatycznego	MRiRW	Wielkość przyznanych środków Liczba ośrodków doradztwa technologicznego w zakresie adaptacji budownictwa wiejskiego i produkcji rolnej do zmian klimatu
32.	Intensyfikacja programu ochrony gleb przed erozją i kontynuowanie i rozszerzenie programu małej retencji i retencji glebowej zwłaszcza w lasach i użytkach zielonych	MRiRW/MŚ/DGLP/Nadleśnictwa	Powierzchnia gruntów zdewastowanych i zdegradowanych Powierzchnia gruntów zrehabilitowanych Pojemność obiektów małej retencji wodnej (sztuczne zbiorniki wodne, piętrzenie jezior, stawy rybne, budowle piętrzące, Długość pasowych zadrzewień śródpolnych
33.	Uwzględnienie w procesie projektowania i budowy infrastruktury transportowej zmienionych warunków klimatycznych	MTBiGM/MF/GDD KiA/ PKP	Zmiany w normach projektowych – Tak/Nie
34.	Zapewnienie awaryjnych źródeł energii oraz przesyłu w przypadkach, w których zastosowanie podstawowych źródeł nie będzie możliwe	MG/MSW/PSE Operator S.A./Operatorzy Systemu Dystrybucyjnego/Sa morządy/Instytucje	Liczba awaryjnych źródeł energii (agregaty prądowórcze) w obiektach wrażliwych (szpitale, stacje pogotowia ratunkowego, obiekty wojskowe, zawodowa straż pożarna, obiekty łączności) Przepisy zobowiązujące Operatorów Systemu Dystrybucyjnego do awaryjnego zasilania odbiorców
35.	Projektowanie sieci przesyłowych np. podziemnych, w tym również sieci przesyłowych naziemnych z uwzględnieniem ekstremalnych sytuacji pogodowych, w celu ograniczenia ryzyka m.in. zalegania na nich lodu i śniegu, podtopień oraz zniszczeń w przypadkach silnego wiatru	MG/MAC/PSE Operator S.A.	Zmiany w normach projektowych – Tak/Nie
36.	Rozwijanie alternatywnych możliwości produkcji energii na poziomie lokalnym, szczególnie na potrzeby ogrzewania i klimatyzacji na terenach o mniejszej gęstości zaludnienia	MG/MAC/MRiRW/ Samorządy terytorialne	Liczba turbin wiatrowych Liczba paneli fotowoltanicznych Powierzchnia zainstalowana kolektorów słonecznych Wielkość produkcji energii elektrycznej z odnawialnych nośników energii: - woda - wiatr - biomasa, w tym drewno - biogaz

Lp.	Kierunki działań adaptacyjnych	Główne odpowiedzialne instytucje	Wskaźniki monitorowania postępów wdrażania
37.	Ograniczanie budowy bloków energetycznych z otwartymi układami chłodzenia	MG/Inwestorzy	Udział wody użytkowanej w otwartych układach chłodzenia w zasobach wodnych używanych przez energetykę
38.	Działania stabilizacyjne linii brzegowej i zapobieganie erozji i zanikowi plaż oraz degradacji klifów	MAC/MTBiGM/Urząd Morskie	Długość zagrożonej linii brzegowej Długość wałów ochronnych Długość opasek brzegowych Długość odcinków wybrzeża zabezpieczonych poprzez sztuczne zasilanie brzegu Powierzchnia polderów przeciwpowodziowych Modernizacja falochronów i nabrzeży
39.	Przenoszenie cennych budowli zabytkowych z terenów trwale zagrożonych przez ekstremalne zjawiska klimatyczne na obszary bezpieczniejsze	MAC/MKiDN/Samorząd terytorialny	Liczba zabezpieczonych obiektów zabytkowych
40.	Utrzymanie i odtwarzanie naturalnych ekosystemów retencjonujących wodę, szczególnie w obszarach górskich	MŚ/MRiRW/GDOŚ/RZGW/Samorządy terytorialne	Powierzchnia ekosystemów retencjonujących wodę
41.	Zróżnicowanie drzewostanu, zwłaszcza w trakcie przebudowy, pod względem: gęstości, kompozycji gatunków (zwiększenie gatunków liściastych), struktury wysokości, wieku, płatowości/mozaikowości	MŚ/GDOŚ/MAC/MRiRW/GDLP/Nadleśnictwa	Udział drzew liściastych Wprowadzanie II piętra w drzewostanach (pow. ha) Poprawki i uzupełnienia drzewostanów (pow. ha) Dolesienia luk i przerzedzeń (pow. ha) Wprowadzanie podszytu (pow. ha)
42.	Wzrost lesistości zarówno w wyniku sztucznych zalesień, jak i sukcesji naturalnej, oraz racjonalizacja użytkowania gruntów, zmniejszenie fragmentacji kompleksów leśnych	MŚ/MRiRW/DGLP/Nadleśnictwa	Poziom lesistości (udział pow. lasów w ogólnej pow. kraju) Powierzchnia zalesień (ha) w tym z sukcesji naturalnej)
43.	Wprowadzanie do gospodarki leśnej zasad leśnictwa ekosystemowego, ograniczenie sztucznej selekcji i jej ukierunkowanie na cechy przystosowawcze oraz dalsze ograniczanie zrębów zupełnych	MŚ/MRiRW/DGLP/Nadleśnictwa	Powierzchnia zrębów zupełnych (ha)
44.	Powstrzymanie wydłużania wieków rębności (skrócenie kolei rębu zwłaszcza świerka i sosny), najpierw w rejonach spodziewanych najsilniejszych zmian klimatycznych (rejon północno-wschodnie)	MŚ/DGLP/Nadleśnictwa	Stan uszkodzenia drzewostanów (udział drzew z defoliacją powyżej 25%) Struktura wiekowa drzewostanów
45.	Intensyfikacja produkcji drewna poza ekosystemami leśnymi (uprawy intensywne/energetyczne, plantacje, zadrzewienia)	MŚ/DGLP/Nadleśnictwa	Powierzchnia plantacji drzew szybko rosnących Powierzchnia zadrzewień, pow. plantacji i upraw energetycznych
46.	Powiązanie systemu dolin rzecznych (jako naturalnych korytarzy ekologicznych) z systemem obszarów chronionych	MŚ/GDOŚ/MAC/MRiRW/KZGW	Powierzchnia terenów dla ptaków wędrujących
47.	Kontrola i przeciwdziałanie rozprzestrzenianiu się	MŚ/GDOŚ	Populacja wybranych

Lp.	Kierunki działań adaptacyjnych	Główne odpowiedzialne instytucje	Wskaźniki monitorowania postępów wdrażania
	gatunków obcych, które zagrażają rodzimym gatunkom lub siedliskom przyrodniczym		gatunków inwazyjnych
48.	Budowa nowej i przebudowa istniejącej infrastruktury budowlanej z dostosowaniem do przewidywanej zmiany temperatury, intensywności opadów i wiatru	Samorządy terytorialne	Kubatura infrastruktury dostosowanej do zmian klimatu
49.	Opracowanie harmonogramów kolejności utrzymania przejezdności tras komunikacyjnych lub zmiany tras i stosowania zastępczych środków transportowych	MTBiGM /GDDKiA/PKP/ Samorządy terytorialne	Tak/Nie
50.	Przygotowanie systemu energetycznego do zmienionych warunków z uwzględnieniem szczytu zimowego i letniego zapotrzebowania na energię	MG/ PSE Operator S.A./Koncerny Energetyczne	Tak/Nie
51.	Budowa świadomości dzieci nt. znaczenia wody i konieczności jej oszczędzania	MEN/MŚ	Liczba programów edukacyjnych i szkoleń
52.	Szkolenia dla mieszkańców gmin na terenach zagrożonych powodzią, osuwiskami i silnymi wiatrami w zakresie adaptacji i minimalizowania skutków zmian klimatu	MAC/MŚ/Samorząd y gminne	Liczba szkoleń dla mieszkańców gmin zagrożonych katastrofami klimatycznymi
53.	Szkolenia dla rolników w zakresie zmian klimatu i ich skutków oraz metod zapobiegania i ograniczania	MRiRW/MŚ/ODR	Liczba przeszkolonych rolników
54.	Wprowadzenia do programów dokształcania personelu medycznego problemów chorób klimatozależnych, tropikalnych i przenoszonych wektorowo	MZ/MON	Liczba przeszkolonego personelu medycznego
55.	Edukacja i zwiększanie świadomości nt. wpływu warunków klimatycznych na miasta	MEN/Samorządy gmin miejskich	Liczba szkoleń dla administracji miejskiej
56.	Wprowadzenie do programów kształcenia na poziomie gimnazjum, liceum i wybranych kierunków studiów problematyki zmian klimatu i metod adaptacji	MEN/MNiSW/MŚ	Liczba programów edukacyjnych
57.	Nowe metody oceny ryzyka zagrożeń dla obszarów powodziowych i podtapianych	MAC/MRiRW/ NCBiR/NCN/KZG W	Wielkość nakładów na badania
58.	Wspieranie w produkcji roślinnej i hodowli prac badawczo-rozwojowych uwzględniających aspekt ryzyka zmienionych warunków klimatycznych	NCBiR/NCN	Wielkość nakładów na badania
59.	Prowadzenie badań epidemiologicznych, klinicznych i klimatozależnych w aspekcie zachorowań na choroby klimatozależne	NCBiR/NCN/MZ/M ON	Wielkość nakładów na badania
60.	Utworzenie i realizacja interdyscyplinarnych programów badawczych dotyczących metod ochrony brzegów morskich	NCBiR/NCN	Wielkość nakładów na badania
61.	Utworzenie programu i finansowanie badań nad technologiami magazynowania energii	NCBiR/NCN	Wielkość nakładów na badania
62.	Opracowanie podstaw wyceny wartości środowiska z uwzględnieniem specyfiki krajowej i zmian klimatu	NCBiR/NCN/MRiR W	Wielkość nakładów na badania
63.	Utworzenie programu badawczego dotyczącego m.in. problematyki: ekologiczne modele wzrostu drzewostanów, hodowla genotypów gatunków drzew leśnych odpornych na zmiany klimatu, dostosowanie produkcji drewna do nowych warunków środowiskowych	NCBiR/NCN	Wielkość nakładów na badania
64.	Opracowanie bilansów zasobów wód powierzchniowych i podziemnych (statyczne i dynamiczne) pozwalających analizować sytuację w	MŚ/ Państwowa Służba Hydrologiczno-Meteorologiczna	Wielkość nakładów na badania

Lp.	Kierunki działań adaptacyjnych	Główne odpowiedzialne instytucje	Wskaźniki monitorowania postępów wdrażania
	zakresie zasobów w zlewniach	(PSHM)/ Państwowa Służba Hydrogeologiczna (PSH)/MRiRW	
65.	Opracowanie metodyki systemu monitoringu podpór wybranych mostów i ich otoczenia	NCBiR/NCN/MTBiGM	Wielkość nakładów na badania
66.	Rozwój systemów monitoringu wpływu warunków pogodowych na wyniki produkcji roślinnej i zwierzęcej oraz systemów wczesnego ostrzegania o możliwych skutkach zmian klimatycznych dla produkcji roślinnej i zwierzęcej szczególnie w zaopatrzenie w wodę (susza) i groźnych zjawisk	MŚ/PSHM/MRiRW/MAC/MTBiGM/MSW/GDDKiA	
67.	Utworzenie systemu monitoringu, ostrzeżeń przed zjawiskami klimatycznymi i pochodnymi groźnymi dla zdrowia (ludzi i zwierząt) w tym liczebności owadów wektorowych, jakości wody i żywności w okresie fal upałów. Gromadzenie informacji o chorobach klimatozależnych	MZ/MON/PIS/MRiRW	Tak/Nie
68.	Wprowadzenie systemu monitoringu i ostrzegania przed nadzwyczajnymi zjawiskami i klimatycznymi (np.. drożności kanalizacji oraz systemów odwadniania budowli, sytuacji sprzyjających zanieczyszczeniu powietrza i wody) w miastach	MON/MTBiGM/Samorządy gmin miejskich	Tak/Nie
69.	Utworzenie stałego monitoringu wrażliwych na zmiany klimatu dziedzin infrastruktury transportowej i systemu ostrzeżeń dla służb technicznych	MTBiGM/GDDKiA	Tak/Nie
70.	Kontynuacja i rozwój stałego monitoringu stanu brzegów morskich i strefy wód przybrzeżnych	MAC/MTBiGM/Urząd Morski	Tak/Nie
71.	Monitoring i okresowa ocena przyrodniczych obszarów chronionych, utworzenie systemu gromadzenia i przetwarzania danych	MŚ/GDOŚ/MRiRW	Tak/Nie
72.	Monitoring lasów pod kątem reakcji drzew na zmiany klimatyczne, m.in. obserwacje fenologiczne, strefowe zmiany zasięgu gatunków szczególne w obszarach górskich	MŚ/DGLP/Nadleśnictwa	Tak/Nie
73.	Utworzenie krajowego i wojewódzkich systemów monitoringu kosztów zapobiegania zmianom klimatu, poniesionych strat i kosztów odtworzenia	MAC/MŚ/Rządowe, wojewódzkie i gminne centra zarządzania kryzysowego/MTBiGM/GDDKiA	Tak/Nie
74.	Prowadzenie Systemu Informatycznego Gospodarki Wodnej i budowa informatycznych systemów wczesnego ostrzegania przed zagrożeniami powodziowymi	MŚ/KZGW/Samorządy lokalne/Centra zarządzania kryzysowego	Tak/Nie

Wykaz skrotów

7 PR	Siódmy Ramowy Program Badań Unii Europejskiej
ARP	Agencja Rozwoju Przemysłu
ARR	Agencja Rynku Rolnego
DGLP	Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych
Dyrektywa Wodna	Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej
Dyrektywa Powodziowa	Dyrektywa 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim
Dyrektywa Siedliskowa	Dyrektywa Rady 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory
EEA	Europejska Agencja Środowiska <i>European Environmental Agency</i>
EFMR	Europejski Fundusz Morski i Rybacki
EFRR	Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego
EFRR	Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego
EFS	Europejski Fundusz Społeczny
ETS	Europejski System Handlu Emisjami CO ₂ <i>Emission Trading Scheme</i>
EWRS	system wczesnego ostrzegania <i>Early Warning and Response System</i>
FA	Fundusz Adaptacyjny <i>Adaptation Fund</i>
FS	Fundusz Spójności
GCZK	Gminne (Miejskie) Centra Zarządzania Kryzysowego
GDDKiA	Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad
GDOŚ	Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska
GIOŚ	Generalny Inspektor Ochrony Środowiska
GUS	Główny Urząd Statystyczny
GUS	Główny Urząd Statystyczny
IBL	Instytut Badawczy Leśnictwa
IBS	Instytut Badań Strukturalnych
ICM	Interdyscyplinarne Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego Uniwersytetu Warszawskiego
IGPiM	Instytut Gospodarki Przestrzennej i Mieszkalnictwa
IMGW-PIB	Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy
IOŚ-PIB	Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy
IPCC	Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
ISOK	Informatycznego Systemu Osłony Kraju
IUNG-PIB	Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
KIG	Krajowa Izba Gospodarcza
KLIMADA	projekt pn „Opracowanie i wdrożenie strategicznego planu adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu” realizowany ze środków NFOŚiGW w latach 2011-2013
KPB	Krajowy Program Badań
KSRR	Krajowa Strategia Rozwoju Regionalnego
MAC	Ministerstwo Administracji i Cyfryzacji
MEN	Ministerstwo Edukacji Narodowej
MF	Ministerstwo Finansów
MFF	Wieloletnie ramy finansowe 2014-2020 <i>Multiannual Financial Framework for 2014-2020</i>

MG	Ministerstwo Gospodarki
MNiSW	Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
MON	Ministerstwo Obrony Narodowej
MPiPS	Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej
MRiRW	Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi
MRR	Ministerstwo Rozwoju Regionalnego
MŚ	Ministerstwo Środowiska
MŚP	sektor małych i średnich przedsiębiorstw
MSW	Ministerstwo Spraw Wewnętrznych
MTBiGM	Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej
MWC	Miejska Wyspa Ciepła
MZ	Ministerstwo Zdrowia
NFOŚiGW	Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
NOT	Naczelna Organizacja Techniczna
NPL	Narodowy Program Leśny
OECD	Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju <i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>
ONZ	Organizacja Narodów Zjednoczonych
OZE	odnawialne źródła energii
PAN	Polska Akademia Nauk
PIG-PIB	Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
PIS	Państwowa Inspekcja Sanitarna
PKP	Polskie Koleje Państwowe
PMŚ	Państwowy Monitoring Środowiska
PSE Operator S.A.	Polskie Sieci Elektroenergetyczne Operator S.A
PSHM	Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej
PZH	Państwowy Zakład higieny
RCB	Rządowe Centrum Bezpieczeństwa
RDLP	Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych
RZGW	Regionalne Zarządy Gospodarki Wodnej
RZZK	Rządowy Zespół Zarządzania Kryzysowego
SARP	Stowarzyszenie Architektów Polskich
SGGW	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
SOPO	System Osłony Przeciwosuwiskowej
SPA 2020	Strategiczny Plan Adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 z perspektywą do roku 2030
TUP	Towarzystwo Urbanistów Polskich
UAM	Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu
UE	Unia Europejska
UNEP	Program Środowiska Narodów Zjednoczonych <i>United Nations Environment Programme</i>
UNFCCC	Ramowa Konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu <i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>
UNWTO	Światowa Organizacja Turystyki <i>World Tourism Organization</i>
UW	Uniwersytet Warszawski
WHO	Światowa Organizacja Zdrowia <i>World Health Organisation</i>
WIOŚ	Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska
WPR	Wspólna Polityka Rolna
WPR	Wspólna polityka rolna
ZMŚP	Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego