

Rischi e opportunità legati ai cambiamenti climatici

Sintesi nazionale



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Ufficio federale dell'ambiente UFAM

Rischi e opportunità legati ai cambiamenti climatici

Sintesi nazionale

Nota editoriale

Editore

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

L'UFAM è un ufficio del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

Autori

Pamela Köllner (UFAM, responsabile del progetto),
Carla Gross (UFAM), Juliette Lerch (UFAM), Markus Nauser
(dialog:umwelt GmbH)

Direzione del progetto

Christine Hofmann (UFAM), Andrea Burkhardt (UFAM), Josef
Eberli (UFAM), Stephan Müller (UFAM), Rolf Manser (UFAM),
Hans Romang (UFAM)

Indicazione bibliografica

Köllner P., Gross C., Lerch J., Nauser M. 2017: Rischi e
opportunità legati ai cambiamenti climatici. Sintesi nazionale.
Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Studi sull'ambiente n.
1706: 148 pagg.

Traduzione

Servizio linguistico italiano, UFAM

Impaginazione

Cavelti AG, medien. digital und gedruckt.

Veste grafica

Zoï Environment Network

Foto di copertina

Sfondo: www.123RF.com

Segnavia: C. Hurni

Fotomontaggio: M. Libert

Per ordinare la versione stampata e scaricare il PDF

UFCL, Vendita di pubblicazioni federali, CH-3003 Berna
www.pubblicazionifederali.admin.ch

N. art. 810.400.115i

www.bafu.admin.ch/uw-1706-i

Stampato su carta riciclata, a impatto zero sul clima e basse
emissioni di COV.

La presente pubblicazione è disponibile anche in tedesco e
francese.

© UFAM 2017

11.17 100 860412584

Indice

Abstracts	7		
Prefazione	9		
Riassunto	11		
1 Introduzione	17		
1.1 Contesto	17		
1.2 Struttura del rapporto e commento alle figure	18		
2 Identificazione dei rischi e delle opportunità	20		
3 Maggiore stress da caldo	23		
3.1 Aumento del pregiudizio alla salute umana	25		
3.2 Aumento delle perdite di resa sul lavoro	28		
3.3 Aumento del fabbisogno di energia per il raffreddamento	30		
4 Aumento della siccità	32		
4.1 Aumento delle perdite di raccolto agricolo	34		
4.2 Aumento del pericolo d'incendi boschivi	37		
4.3 Aumento della penuria di acqua	39		
4.4 Diminuzione della produzione idroelettrica estiva	42		
5 Innalzamento del limite delle nevicate	43		
5.1 Aumento delle perdite di ricavi nel turismo invernale	46		
5.2 Aumento della produzione energetica invernale	48		
5.3 Diminuzione dei danni materiali e dei costi di manutenzione causati dalla neve	49		
6 Rischio più elevato di piene	52		
6.1 Aumento dei danni alle persone	54		
6.2 Aumento dei danni materiali	56		
7 Minore stabilità dei pendii e movimenti di versante più frequenti	59		
7.1 Aumento dei danni alle persone	62		
7.2 Aumento dei danni materiali	62		
8 Modifica dell'attività delle tempeste e della grandine	65		
8.1 Aumento o diminuzione dei danni alle persone causati dalla modifica dell'attività delle tempeste	67		
8.2 Aumento o diminuzione dei danni materiali causati dalla modifica dell'attività delle tempeste	67		
8.3 Aumento o diminuzione dei danni da grandine	69		
9 Peggioramento della qualità di acqua, suolo e aria	72		
9.1 Peggioramento della qualità dell'acqua	74		
9.2 Peggioramento della qualità del suolo	75		
9.3 Peggioramento della qualità dell'aria	76		
10 Cambiamento negli habitat, nella composizione delle specie e nel paesaggio	77		
10.1 Cambiamenti in ecosistemi selezionati	79		
10.2 Cambiamenti che interessano tutti gli ecosistemi	82		
11 Diffusione di organismi nocivi, malattie e specie esotiche	85		
11.1 Aumento del pregiudizio alla salute umana	87		
11.2 Aumento del pregiudizio alla salute degli animali da reddito e da compagnia	90		
11.3 Aumento delle perdite di raccolto agricolo	91		
11.4 Aumento del deterioramento dei servizi ecosistemici del bosco	93		
12 Miglioramento delle condizioni locali	96		
12.1 Diminuzione del fabbisogno di energia per il riscaldamento	98		
12.2 Aumento dei ricavi del turismo estivo	99		
12.3 Aumento delle rese agricole	101		
13 Wild card	104		
14 Impatto dei cambiamenti climatici all'estero	106		
15 Gestione delle incertezze	109		
A Allegato	112		
A1 Elenco completo dei rischi e delle opportunità legati ai cambiamenti climatici	112		
A2 Metodologia	121		
A3 Indici	127		

Abstracts

The present report identifies and prioritises climate-related risks and opportunities for Switzerland until 2060. The results from eight regional case studies conducted with the participation of numerous experts from science, industry and administration have been merged into a Switzerland-wide synthesis and supplemented. On the one hand, they serve the review and further development of the Confederation's adaptation strategy. On the other hand, the cantons and regions can use the results, along with the methodology used, to develop their own strategy and adaptation planning.

Il presente rapporto identifica i rischi e le opportunità legati ai cambiamenti climatici per la Svizzera e fissa le priorità da qui al 2060. A tal fine sono stati riuniti in una sintesi nazionale e completati con la partecipazione di numerosi esperti del mondo scientifico, dell'economia e dell'amministrazione i risultati di otto casi di studio regionali. Da un lato tali risultati servono a verificare e sviluppare ulteriormente la strategia di adattamento della Confederazione e dall'altro i Cantoni e le regioni possono utilizzarli, unitamente alla metodologia adottata, per elaborare la loro strategia e pianificare il loro adattamento.

Der vorliegende Bericht identifiziert und priorisiert die klimabedingten Risiken und Chancen für die Schweiz bis 2060. Die Ergebnisse von acht regionalen Fallstudien wurden unter Mitwirkung zahlreicher Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung in einer schweizweiten Synthese zusammengeführt und ergänzt. Sie dienen einerseits der Überprüfung und Weiterentwicklung der Anpassungsstrategie des Bundes. Andererseits können sie, zusammen mit der verwendeten Methodik, von Kantonen und Regionen genutzt werden, um eine eigene Strategie und Anpassungsplanung zu entwickeln.

Le présent rapport répertorie et priorise les risques et opportunités liés au climat susceptibles de se présenter en Suisse d'ici 2060. Établi avec le concours de nombreux experts issus de l'administration ainsi que des milieux scientifiques et économiques, il regroupe et complète, dans une synthèse à l'échelle de la Suisse, les résultats de huit études de cas régionales. Il sert non seulement à vérifier et à poursuivre le développement de la stratégie d'adaptation de la Confédération, mais peut aussi être utilisé par les cantons et les régions pour élaborer leur propre stratégie et leur propre planification en matière d'adaptation.

Keywords:

Climate change, impacts, adaptation, risk analysis, risks, opportunities

Parole chiave:

cambiamenti climatici, impatto, adattamento, analisi dei rischi, rischi, opportunità

Stichwörter:

Klimawandel, Auswirkungen, Anpassung, Risikoanalyse, Risiken, Chancen

Mots-clés :

changements climatiques, impacts, adaptation, analyse des risques, risques, opportunités

Prefazione

La legge del 23 dicembre 2011 sul CO₂ assegna alla Confederazione il compito di coordinare i provvedimenti volti a prevenire i danni che possono risultare dall'aumento della concentrazione di gas serra nell'atmosfera e a farvi fronte. Al tempo stesso, la Confederazione deve provvedere a elaborare e ad acquisire i dati di base necessari a tal fine.

Il presente rapporto, che è il risultato di un'ampia analisi dei rischi, fornisce un prezioso contributo all'adempimento di questo compito. Si basa su otto casi di studio, che hanno analizzato le conseguenze prevedibili nel caso in cui l'aumento delle emissioni di gas serra su scala mondiale dovesse proseguire indisturbato nei prossimi decenni. Proiettati sull'intero territorio nazionale e utilizzati quale base per determinare i rischi e le opportunità legati ai cambiamenti climatici prioritari per la Svizzera, i risultati di questi casi di studio forniscono indicazioni per sviluppare ulteriormente la prima strategia di adattamento, adottata dal Consiglio federale nel 2012, e consentono di concentrare gli sforzi in modo ancora più mirato sui settori in cui è atteso il maggior beneficio. Mettendo a disposizione una metodologia e mostrando prime opzioni d'intervento, il rapporto consente inoltre ai Cantoni e alle regioni di elaborare la loro strategia e di pianificare il loro adattamento.

Il rapporto si basa sulle migliori conoscenze disponibili sull'impatto dei cambiamenti climatici in Svizzera. Riconosce che le nostre conoscenze sul clima del futuro e sul suo significato per la natura, la società e l'economia sono lacunose. Al tempo stesso sappiamo che la posta in gioco è alta: per la salute umana, per determinati settori, ma anche per gli habitat naturali e la diversità delle specie in Svizzera. In questa situazione, restare con le mani in mano sarebbe irresponsabile. Dobbiamo tener conto dei rischi attuali e futuri dei cambiamenti climatici, ma anche cogliere le opportunità che si aprono.

All'elaborazione della presente analisi dei rischi hanno partecipato circa 360 esperti del mondo scientifico, dell'economia e dell'amministrazione, che hanno contribuito apportando le loro conoscenze all'elaborazione della metodologia, partecipato a seminari, preso posizione sui progetti di rapporto o fornito informazioni su problematiche specifiche. Colgo l'occasione per ringraziarli. È proprio di questo spirito di apertura, di questa disponibilità a cooperare al di là dei confini settoriali e istituzionali che ha bisogno la Svizzera per affrontare le sfide legate ai cambiamenti climatici.

Marc Chardonnens, direttore
Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

Riassunto

Negli scorsi decenni, il clima in Svizzera è mutato. L'impatto sull'uomo e sull'ambiente è percettibile già oggi e con l'avanzare dei cambiamenti climatici aumenterà ulteriormente.

Per contribuire a limitare l'innalzamento globale della temperatura in modo da prevenire gli effetti più pericolosi dei cambiamenti climatici, la Svizzera persegue una politica attiva di riduzione delle emissioni di gas serra. A titolo complementare, il Consiglio federale ha adottato una strategia di adattamento ai cambiamenti climatici, composta da due parti (UFAM 2012b, UFAM 2014a), il cui obiettivo è di attenuare i rischi esistenti e ridurre al minimo i rischi futuri inevitabili. Inoltre deve consentire di sfruttare le opportunità dei cambiamenti climatici e di rafforzare la capacità di adattamento della Svizzera.

I cambiamenti climatici hanno molteplici effetti sulla natura, la società e l'economia. Per impiegare con efficienza ed efficacia le risorse limitate occorre fissare delle priorità, in modo da consentire alla Confederazione, ai Cantoni, ai Comuni e agli altri interessati di coordinare le misure di adattamento.

Quale base per l'adattamento ai cambiamenti climatici, l'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) ha analizzato i rischi e le opportunità legati ai cambiamenti climatici sull'intero territorio svizzero. Sono stati realizzati otto casi di studio nei Cantoni di Argovia, Basilea Città, Friburgo, Ginevra, Grigioni, Giura, Ticino e Uri, in rappresentanza delle sei grandi aree Giura, Altopiano, Prealpi, Alpi, Svizzera meridionale e grandi agglomerazioni. Nell'ambito di tali casi di studio, da un lato sono stati determinati i rischi e le opportunità nelle condizioni climatiche attuali e dall'altro è stata stimata la loro entità attorno al 2060 (periodo di riferimento 2045 – 2074) in base a uno scenario climatico che ipotizza forti cambiamenti climatici.

Per i casi di studio non sono stati elaborati nuovi modelli di calcolo o proiezioni climatiche. Le conclusioni tratte si basano sui risultati della ricerca e sulle pubblicazioni disponibili, che sono stati riuniti in un quadro interset-

toriale uniforme.¹ I casi di studio sono stati elaborati nell'ambito di un ampio processo, che ha coinvolto circa 360 specialisti di tutta la Svizzera.

La presente sintesi dei rischi e delle opportunità legati ai cambiamenti climatici si basa su tali casi di studio. A titolo complementare, per la sintesi si è tenuto conto di altre conclusioni estratte dalla letteratura scientifica e di conoscenze supplementari degli esperti. Il risultato consiste in un elenco completo di rischi e opportunità legati ai cambiamenti climatici (cfr. allegato A1) come pure nell'identificazione dei rischi e delle opportunità prioritari per la Svizzera.

La figura 1 mostra le 12 sfide² e i circa 30 rischi e opportunità prioritari, che costituiscono la «matrice dei rischi» a cui deve far fronte la Svizzera nell'ambito dell'adattamento ai cambiamenti climatici. A grandi linee, in base alla figura si possono trarre le seguenti conclusioni:

- i rischi prioritari (colonna di sinistra) sono nettamente più numerosi delle opportunità (colonna di destra);
- più sfide (in particolare i periodi di canicola, i pericoli naturali e le malattie) interessano la salute della popolazione svizzera;
- Per l'agricoltura, l'economia energetica e il turismo si prospettano rischi e opportunità. Occorre tener conto anche dell'impatto sull'economia e la società in Svizzera dei cambiamenti climatici che si verificano all'estero;
- Per la biodiversità si profilano rischi notevoli nonché alcune opportunità. Alcuni habitat e specie subiranno danni, mentre altri trarranno vantaggi dai cambiamenti climatici.

1 L'allegato A2 e il rapporto metodologico separato (Holthausen et al. 2013a) documentano in dettaglio come sono stati identificati e valutati i rischi e le opportunità legati ai cambiamenti climatici.

2 In merito al significato del termine «sfida» cfr. cap. 2 della strategia del Consiglio federale di adattamento ai cambiamenti climatici (UFAM 2012b).

Rischi

Maggiore stress da caldo

- Pregiudizio alla salute umana
- Perdite di resa sul lavoro
- Aumento del fabbisogno di energia per il raffreddamento



Aumento della siccità

- Perdite di raccolto agricolo
- Pericolo di incendi boschivi
- Penuria di acqua
- Diminuzione della produzione idroelettrica estiva



Innalzamento del limite delle nevicate

- Perdite di ricavi nel turismo invernale



Rischio più elevato di piene

- Danni alle persone
- Danni materiali



Minore stabilità dei pendii e movimenti di versante più frequenti

- Danni alle persone
- Danni materiali



Peggioramento della qualità di acqua, suolo e aria



Cambiamento negli habitat, nella composizione delle specie e nel paesaggio

- Deterioramento della biodiversità



Diffusione di organismi nocivi, malattie e specie esotiche

- Pregiudizio alla salute umana
- Pregiudizio alla salute degli animali da reddito e da compagnia
- Perdite di raccolto agricolo
- Deterioramento dei servizi ecosistemici del bosco



Wild card

- Rischi difficili da valutare



Impatto dei cambiamenti climatici all'estero

- Rischi indiretti



Rischi o opportunità

Effetti ambivalenti: potenziali effetti positivi o conseguenze negative



Modifica dell'attività delle tempeste e della grandine

- Danni alle persone
- Danni da tempesta
- Danni da grandine

Effetti positivi e conseguenze negative

Effetti positivi e conseguenze negative

Effetti positivi e conseguenze negative

Opportunità

tempeste



Miglioramento delle condizioni locali

- Diminuzione del fabbisogno di energia per il riscaldamento
- Ricavi del turismo estivo
- Rese agricole



- Aumento della produzione energetica invernale
- Danni materiali e costi di manutenzione causati dalla neve



- Cambiamento nella composizione delle specie e negli habitat



- Opportunità indirette

Figura 1

Rischi e opportunità legati ai cambiamenti climatici prioritari per la Svizzera

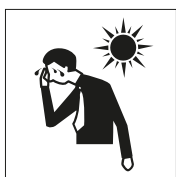
Le sfide dei cambiamenti climatici, suddivise in rischi (colonna rossa, a sinistra) e opportunità (colonna verde, a destra), sono simboleggiate da 12 pittogrammi. Per una delle sfide (attività delle tempeste e della grandine) non si sa ancora se prevalgono i rischi o le opportunità (colonna grigia, al centro).

Alle sfide sono associati i rischi prioritari (punti rossi), le opportunità prioritarie (punti verdi) nonché i casi non ancora accertati (punti grigi). Alcune sfide – l’innalzamento del limite delle nevicate, i cambiamenti negli habitat, nella composizione delle specie e nel paesaggio nonché l’impatto dei cambiamenti climatici all’estero – comportano rischi ma anche opportunità. Sono contraddistinti da una linea di collegamento tra la colonna a sinistra e quella a destra. La sfida «Miglioramento delle condizioni locali» raggruppa varie opportunità dei cambiamenti climatici.

Anche l’esempio dell’agricoltura mostra che l’impatto dei cambiamenti climatici comporta rischi ma anche opportunità: se l’aumento della siccità può provocare gravi perdite di raccolto (= rischio), l’innalzamento delle temperature medie dovrebbe invece avere effetti generalmente positivi sulle condizioni di crescita delle colture agricole (= opportunità).

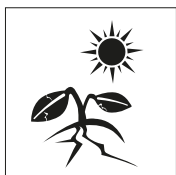
Qui di seguito, i rischi e le opportunità prioritari enumerati nella figura 1 sono precisati nel contesto delle relative sfide. La descrizione si riferisce all'impatto atteso attorno al 2060.

I modelli climatici consentono una stima affidabile dell'impatto dei cambiamenti climatici sull'andamento delle **temperature** e delle **precipitazioni** nonché sulla posizione del **limite delle nevicate**. In quest'ambito, le conoscenze scientifiche sull'evoluzione futura sono solide e l'impatto diretto per la società e l'economia è relativamente noto. Si possono pianificare misure di adattamento concrete e in parte lo si fa già. Benché prevalgano gli effetti negativi dei cambiamenti climatici, vi sono anche opportunità, in particolare per quanto riguarda l'impatto dell'innalzamento delle temperature medie sulle **condizioni locali**.



Il crescente stress da caldo può pregiudicare sensibilmente la salute di alcune fasce di popolazione. In estate, la popolazione soffrirà di periodi di canicola più frequenti e più intensi, in

particolare a bassa quota e nelle grandi agglomerazioni. Nel passato recente, le ondate di caldo hanno già provocato numerosi decessi. Non mancano le possibilità di adattarsi ai periodi di canicola. Per proteggere il clima occorre tuttavia evitare, nei limiti del possibile, le misure che implicano un fabbisogno supplementare di energia per il raffreddamento.



In futuro, la siccità più frequente potrà causare situazioni temporanee di penuria di acqua a livello locale e inasprire i conflitti per il suo utilizzo.

Potranno aumentare anche le perdite di raccolto agricolo e il rischio di incendi boschivi. La siccità accresce la concorrenza per accaparrarsi l'acqua potabile, l'acqua industriale per l'agricoltura, l'industria, la produzione energetica e la lotta contro gli incendi nonché l'acqua residua per preservare gli habitat acquatici. Per prevenire i conflitti per l'utilizzo dell'acqua è necessaria una gestione globale e lungimirante delle risorse idriche.



La diminuzione della neve minaccia la redditività delle stazioni di sport invernali a bassa quota e avvantaggia altri settori. L'innalzamento del limite delle nevicate riduce la sicurezza della neve e accorcia la stagione invernale. Già oggi

molte piste sono innevate artificialmente. La produzione di neve artificiale richiede molta energia e acqua, a costi elevati. Possono aprirsi opportunità per la produzione idroelettrica in inverno, grazie all'aumento delle precipitazioni sotto forma di pioggia. Le spese per il servizio invernale e la manutenzione delle strade tenderanno a diminuire.



L'innalzamento delle temperature offre opportunità in vari settori economici e sociali. Le temperature medie superiori favoriscono la crescita delle piante se abbinate a un'irrigazione

adeguata nell'agricoltura e nella silvicoltura, riducono il fabbisogno di energia per il riscaldamento e rendono le regioni di montagna più attrattive per il turismo estivo. È importante sensibilizzare gli attori interessati, affinché le nuove opportunità possano essere riconosciute precocemente e sfruttate consapevolmente.

La successione degli eventi legati ai **rischi di pericoli naturali** dipende dall'interazione tra numerosi fattori situazionali e la loro entità è influenzata sensibilmente dalla variazione dei valori minacciati. Le ipotesi sull'impatto dei cambiamenti climatici sono soggette a incertezze relativamente elevate. In Svizzera, i pericoli naturali sono affrontati mediante una gestione integrale dei rischi. I cambiamenti climatici possono spostare le ubicazioni/regioni e i tempi degli eventi calamitosi e modificare i processi. È pertanto importante effettuare una valutazione periodica dei rischi di pericoli naturali influenzati da parametri climatici.



Per quanto riguarda il rischio di piene è previsto un lieve incremento; il periodo in cui si verificano dovrebbe estendersi. Precipitazioni mutate e lo scioglimento anticipato della neve

spostano ed estendono la potenziale stagione delle piene dall'inizio dell'estate al semestre invernale. È anche pro-

babile che gli insediamenti cresceranno ulteriormente, esponendo al rischio di piene sempre più persone, beni materiali e infrastrutture. Occorre quindi prestare particolare attenzione affinché lo sviluppo degli insediamenti nelle regioni a rischio e la gestione delle stesse avvengano in maniera consapevole.



Il ritiro dei ghiacciai e lo scioglimento del permafrost possono aumentare la frequenza e/o l'entità dei movimenti di versante. I movimenti di versante come i crolli di roccia, la caduta di sassi e le grandi frane sono eventi che si verificano soprattutto lontano dalle regioni popolate. Possono avere gravi conseguenze a livello locale e spostarsi in regioni in precedenza non esposte a tali pericoli. Occorre monitorare e riconoscere precocemente le variazioni, ad esempio lungo le vie di comunicazione e nelle regioni turistiche di montagna.

Molti effetti dei cambiamenti climatici sugli **ecosistemi** non possono ancora essere valutati oggi. Le molteplici interazioni e interdipendenze tra le specie, i loro habitat e le condizioni quadro naturali, come la temperatura e l'umidità, sono troppo complesse. Malgrado l'assenza di certezza scientifica sull'impatto prevedibile si possono migliorare le condizioni in modo da consentire alle specie potenzialmente minacciate o agli habitat ecologicamente pregiati di adattarsi alle condizioni climatiche mutate.



I cambiamenti climatici hanno numerosi effetti, perlopiù negativi, sulla biodiversità. L'innalzamento della temperatura e l'aumento della siccità sono fattori di stress, che deteriorano lo stato di molti ecosistemi. A risentirne in modo particolare sono gli ecosistemi acquatici e alpini. Per singoli habitat e specie sono attesi anche effetti positivi o ambivalenti. Gli habitat intatti, sufficientemente grandi e connessi sono in grado di adattarsi meglio alle condizioni climatiche mutate. Ecco perché è molto importante proteggerli.

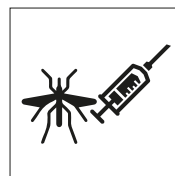
In merito alla modifica intervenuta nelle **attività delle tempeste e della grandine** non esistono proiezioni solide. Anche le previsioni sulla diffusione di **organismi nocivi, malattie e specie esotiche**, sulle cosiddette «wild card» nonché sull'influsso esercitato in Svizzera dall'**impatto dei cambiamenti climatici all'estero** sono soggette a grande incertezza. Si tratta di sfide contraddistinte da eventi casuali e complesse catene di causa-effetto, difficilmente modellizzabili. Oltre a continuare la ricerca occorre prepararsi al meglio alle evoluzioni impreviste.

Le tempeste possono provocare danni estesi – la grandine può tradursi in un forte deprezzamento a livello locale. Pur essendo relativamente rare, a seconda del loro andamento le forti tempeste e grandinate causano costi ingenti allo Stato e ai privati. L'aumento dell'attività delle tempeste e della grandine legato ai cambiamenti climatici può essere riconosciuto solo dopo aver già raggiunto un'entità notevole. Ecco perché occorrono misure precoci, volte a rendere l'economia e la società più resilienti nei confronti dei danni da tempesta e da grandine.



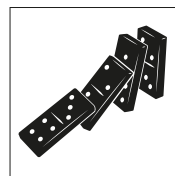
La diffusione di organismi nocivi, malattie e specie esotiche aumenta il rischio di malattie per l'uomo e gli animali. Gli organismi nocivi, le malattie e le specie esotiche possono ripercuotersi anche su agricoltura, selvicoltura e biodiversità. I cambiamenti climatici ne favoriscono la diffusione, ma svolgono un ruolo chiave i trasporti di merci e le abitudini di viaggio della popolazione. Per garantire il riconoscimento precoce urgono misure di monitoraggio.

Le «wild card» sono rischi di eventi imprevisti con un elevato potenziale di danno. Le wild card descrivono processi immaginabili, plausibili, di cui è quasi impossibile stimare la probabilità che si verifichino e l'impatto. Tra le wild card rientrano ad esempio i rischi dovuti a condizioni meteorologiche mai osservate prima in Svizzera o a concatenamenti critici di pericoli naturali. Un possibile strumento per prepararsi alle wild card sono le analisi di scenari.



Le «wild card» sono rischi di eventi imprevisti con un elevato potenziale di danno. Le wild card descrivono processi immaginabili, plausibili, di cui è quasi impossibile stimare la probabilità che si verifichino e l'impatto. Tra le wild card rientrano ad esempio i rischi dovuti a condizioni meteorologiche mai osservate prima in Svizzera o a concatenamenti critici di pericoli naturali. Un possibile strumento per prepararsi alle wild card sono le analisi di scenari.

Le «wild card» sono rischi di eventi imprevisti con un elevato potenziale di danno. Le wild card descrivono processi immaginabili, plausibili, di cui è quasi impossibile stimare la probabilità che si verifichino e l'impatto. Tra le wild card rientrano ad esempio i rischi dovuti a condizioni meteorologiche mai osservate prima in Svizzera o a concatenamenti critici di pericoli naturali. Un possibile strumento per prepararsi alle wild card sono le analisi di scenari.



Le «wild card» sono rischi di eventi imprevisti con un elevato potenziale di danno. Le wild card descrivono processi immaginabili, plausibili, di cui è quasi impossibile stimare la probabilità che si verifichino e l'impatto. Tra le wild card rientrano ad esempio i rischi dovuti a condizioni meteorologiche mai osservate prima in Svizzera o a concatenamenti critici di pericoli naturali. Un possibile strumento per prepararsi alle wild card sono le analisi di scenari.

Le «wild card» sono rischi di eventi imprevisti con un elevato potenziale di danno. Le wild card descrivono processi immaginabili, plausibili, di cui è quasi impossibile stimare la probabilità che si verifichino e l'impatto. Tra le wild card rientrano ad esempio i rischi dovuti a condizioni meteorologiche mai osservate prima in Svizzera o a concatenamenti critici di pericoli naturali. Un possibile strumento per prepararsi alle wild card sono le analisi di scenari.

In merito alla modifica intervenuta nelle **attività delle tempeste e della grandine** non esistono proiezioni solide. Anche le previsioni sulla diffusione di **organismi nocivi, malattie e specie esotiche**, sulle cosiddette «wild card» nonché sull'influsso esercitato in Svizzera dall'**impatto dei cambiamenti climatici all'estero** sono soggette a grande incertezza. Si tratta di sfide contraddistinte da eventi casuali e complesse catene di causa-effetto, difficilmente modellizzabili. Oltre a continuare la ricerca occorre prepararsi al meglio alle evoluzioni impreviste.



In un'economia globalizzata, l'impatto dei cambiamenti climatici all'estero genera per la Svizzera rischi e opportunità. Gli eventi estremi possono perturbare la produzione di beni

commerciali importanti, pregiudicare le importazioni e le esportazioni e provocare, in regioni particolarmente esposte, instabilità politica. Si delineano però anche opportunità: la Svizzera può fornire servizi in materia di adattamento ai cambiamenti climatici. Nei settori particolarmente sensibili ai cambiamenti climatici occorre tener conto anticipatamente dell'influsso delle perturbazioni del commercio mondiale sulla sicurezza dell'approvvigionamento.

Il presente rapporto di sintesi documenta i rischi e le opportunità che si profilano per la Svizzera in seguito ai cambiamenti climatici da qui al 2060 e li valuta nell'ottica odierna. La strategia di adattamento del Consiglio federale (UFAM 2012b) non risponde a tutti i rischi, opportunità e sfide. L'ulteriore sviluppo della strategia deve tener conto anche della modifica dell'attività delle tempeste e della grandine, del miglioramento delle condizioni locali nonché delle «wild card» e dell'impatto dei cambiamenti climatici all'estero. Due sfide vanno inoltre ridenominate: lo stress da caldo non si limita infatti solo alle agglomerazioni e alle città e la siccità non è un rischio esclusivamente estivo.

L'analisi globale dei rischi mette a disposizione numerose conclusioni nonché sussidi metodologici, che i Cantoni e le regioni possono utilizzare per elaborare proprie strategie di adattamento. La procedura adottata per gli otto casi di studio può essere applicata ad altri settori e i risultati dei casi di studio e della sintesi possono essere proiettati su unità territoriali paragonabili.

Le priorità relative ai rischi e alle opportunità legati ai cambiamenti climatici sono state fissate adottando un'ottica relativamente ampia (che abbraccia l'intero territorio nazionale). A livello locale e regionale possono prevalere altri fenomeni. Non appena emergeranno conoscenze nuove o più dettagliate o mutano importanti condizioni quadro, occorrerà rivedere i rischi e le opportunità identificati e, se del caso, adeguarli o completarli tenendo conto delle peculiarità locali.

Interazioni complesse interne a o tra sistemi naturali o socioeconomici, evoluzioni non lineari e valori limite sconosciuti («tipping point») possono ostacolare la valutazione di determinati effetti dei cambiamenti climatici. Nuovi scenari climatici, attività di ricerca nei vari settori d'impatto e il monitoraggio sistematico dei cambiamenti già percettibili permetteranno di ridurre ulteriormente l'incertezza e di valutare in modo più preciso il fabbisogno d'intervento. Sarebbe però irrealistico pensare di poter disporre in tempi brevi di una comprensione dettagliata dei processi, che consenta di adottare misure di adattamento su misura per tutti i settori interessati.

Malgrado l'incertezza che permane, la presente base permette di impostare con efficienza l'adattamento ai cambiamenti climatici e di impiegare le risorse in modo mirato. Il ventaglio delle opportunità e dei rischi identificati è molto ampio. Occorrerà quindi procedere a diversi livelli: dal miglioramento delle conoscenze dei processi all'elaborazione o all'attuazione di misure concrete, senza dimenticare il monitoraggio continuo dei rischi identificati. Oltre alla gestione proattiva delle opportunità e dei rischi identificati occorre prestare maggiore attenzione anche alla capacità di far fronte a sviluppi imprevisti e sorprendenti.

1 Introduzione

1.1 Contesto

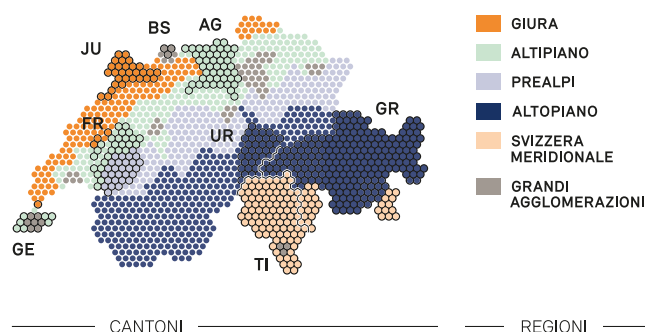
Nel 2009 il Consiglio federale ha affidato all'Amministrazione federale il mandato di analizzare i rischi e le opportunità legati ai cambiamenti climatici per la Svizzera come base per la strategia di adattamento ai cambiamenti climatici. Il mandato è stato adempiuto da un lato all'interno dell'Amministrazione federale, dall'altro attraverso un ampio progetto, al quale è dedicato il presente rapporto.

All'interno dell'Amministrazione federale nel periodo 2009–2011 sono stati definiti nove settori particolarmente colpiti dai cambiamenti climatici. La scelta si è concentrata sui settori in cui la Confederazione può intervenire nel contesto dell'adattamento ai cambiamenti climatici. L'impatto sui settori rilevanti per il clima è stato valutato qualitativamente, dal punto di vista dei servizi specializzati competenti e principalmente in base alle conoscenze degli esperti all'interno dell'Amministrazione federale. Il risultato di tale processo è la prima parte della strategia del Consiglio federale di adattamento ai cambiamenti climatici a livello federale (UFAM 2012b).

Parallelamente, con un approccio intersettoriale, integrale e basato su dati, sono stati analizzati i rischi e le opportunità legati ai cambiamenti climatici per la Svizzera. Tale progetto – chiamato qui di seguito analisi dei rischi – si rifà ai lavori svolti internamente dall'Amministrazione federale, pur poggiando su una metodologia sviluppata in modo specifico per questo scopo (Holthausen et al. 2013a). Quest'ultima è stata applicata a diverse regioni della Svizzera nell'ambito di otto casi di studio cantonali (CS1 – CS8, cfr. riquadro alla fine del capitolo). I risultati dei casi di studio sono stati proiettati su sei grandi aree, che abbracciano tutta la Svizzera (fig. 2). Su questa base si è riusciti a identificare, in una prospettiva nazionale, i rischi e le opportunità prioritari per l'adattamento ai cambiamenti climatici.

Figura 2

Regioni dei casi di studio e grandi aree per l'analisi dei rischi e delle opportunità legati ai cambiamenti climatici



Il presente rapporto di sintesi sull'analisi dei rischi è un'importante base per la verifica e l'ulteriore sviluppo della strategia di adattamento (UFAM 2012b) e del piano d'azione del Consiglio federale (UFAM 2014a). I risultati consentono di determinare le priorità per le attività di adattamento a livello federale e di impostare l'adattamento ai cambiamenti climatici in Svizzera in modo più mirato.

Nel contempo, l'analisi dei rischi mette a disposizione risultati e strumenti metodologici, che i Cantoni e le regioni possono impiegare nello sviluppo delle proprie strategie di adattamento. La procedura per l'elaborazione degli otto casi di studio può essere applicata ad altre regioni o adattata per un'analisi approfondita di aree di dimensioni minori. Laddove le condizioni quadro sono paragonabili, i risultati possono essere traslati su altre entità territoriali e utilizzati per concretizzare l'ulteriore procedura nell'adattamento ai cambiamenti climatici. Il rapporto metodologico separato per i casi di studio (Holthausen et al. 2013a) documenta in dettaglio come sono stati identificati e valutati con trasparenza i rischi e le opportunità legati al clima. Il rapporto di sintesi contiene un elenco esaustivo dei rischi e delle opportunità per la Svizzera, presenta in dettaglio i rischi e le opportunità prioritari e offre indicazioni su come fissare le priorità.

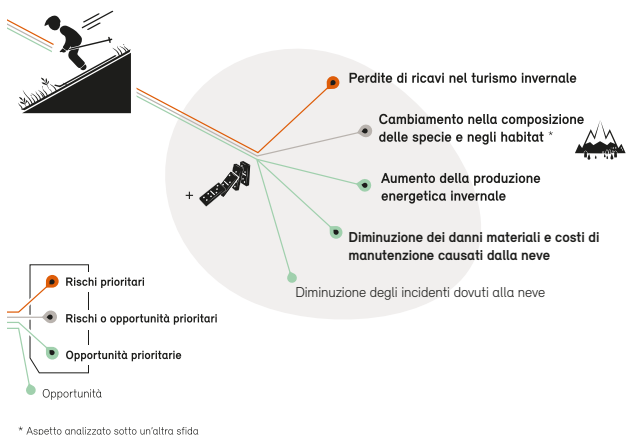
1.2 Struttura del rapporto e commento alle figure

Il presente rapporto comprende una sintesi dei risultati principali (**riassunto**) e 15 capitoli. Dopo l'introduzione (**cap. 1**), il **capitolo 2** presenta l'approccio basato sui rischi, che è alla base del progetto.

I **capitoli 3 – 14** costituiscono la parte centrale del rapporto e approfondiscono le singole sfide dell'adattamento ai cambiamenti climatici in Svizzera. Inoltre descrivono i rischi e le opportunità prioritari in modo dettagliato nel contesto di tali sfide.

I **capitoli 3 – 8, nonché 11 e 12** presentano una struttura uniforme. All'inizio di ogni capitolo viene descritta la sfida così come si presenta oggi e come potrebbe presentarsi a dipendenza dello scenario climatico. La seguente figura 3 mostra, tramite l'esempio della sfida «Innalzamento del limite delle nevicate», come vengono rappresentati graficamente i rischi (in rosso) e le opportunità (in verde) prioritari e non prioritari associati alla sfida. I rischi (e, laddove presenti, le opportunità) prioritari sono evidenziati con un punto grande. Per i rischi prioritari analizzati sotto un'altra sfida è indicato il pittogramma della rispettiva sfida.

Figura 3
Grafico riassuntivo che illustra i rischi e le opportunità per sfida



In seguito vengono descritti singolarmente, in capitoli separati, i rischi e le opportunità prioritari associati alla sfida.

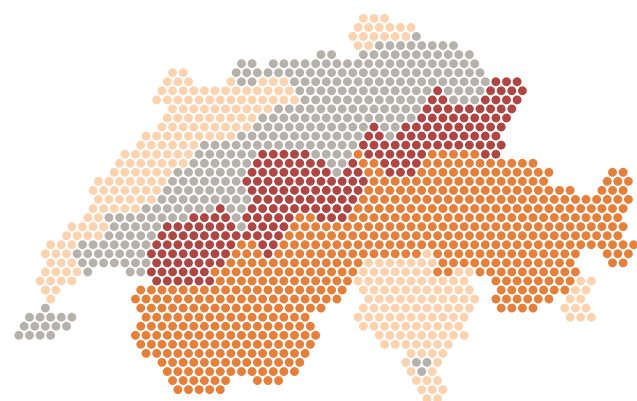
Per ogni rischio prioritario (o opportunità prioritaria³) sono descritti:

- la rilevanza del settore interessato dal rischio prioritario o dei possibili effetti;
- il processo che porta a tali effetti e l'entità degli effetti attuali (se del caso);
- l'ordine di grandezza della possibile variazione del rischio provocata dai cambiamenti climatici da qui al 2060 per grande area (cfr. fig. 4);
- gli ulteriori criteri che influenzano la valutazione in quanto rischio prioritario (irreversibilità, infrastrutture critiche, sviluppi socioeconomici, conflitti di interesse, capacità di adattamento; cfr. anche allegato A2.3) e le grandi aree per le quali il rischio è considerato prioritario (cfr. fig. 5);
- diverse indicazioni sulle misure di adattamento (a grandi linee; esempi di attività di adattamento concrete sono illustrate fra l'altro nel rapporto finale del programma pilota di adattamento ai cambiamenti climatici avviato dall'UFAM [UFAM 2017]).

Figura 4
Carta illustrativa della variazione dei rischi (o delle opportunità) per grande area

La carta mostra in modo riassuntivo e schematico l'entità della variazione legata ai cambiamenti climatici attesa da qui al 2060 in ognuna delle sei grandi aree. I rischi sono rappresentati in rosso, le opportunità in verde.

- Aumento del rischio:
- lieve
 - moderato
 - notevole
 - irrilevante



³ Le seguenti affermazioni valgono per analogia anche per le opportunità prioritari.

Figura 5

Pittogrammi che contrassegnano le grandi aree in cui un rischio (o un'opportunità) è prioritario

Nelle aree in cui il rischio (o l'opportunità) non è prioritario, il pittogramma è raffigurato in grigio.



I **capitoli 9 e 10, nonché 13 e 14** hanno una struttura che si scosta da quella descritta sopra. I rischi prioritari per la sfida «Peggioramento della qualità di acqua, suolo e aria» (cap. 9) sono rappresentati sotto le sfide per le quali rivestono il ruolo più importante. Il capitolo 10 relativo alla sfida «Cambiamento negli habitat, nella composizione delle specie e nel paesaggio» è suddiviso in diversi capitoli, che approfondiscono da un lato gli ecosistemi particolarmente sensibili al clima e dall'altro le sfide generali per tutti gli ecosistemi. I relativi rischi e opportunità prioritari sono trattati all'interno di questi capitoli.

I **capitoli 13 e 14** descrivono le wild card, nonché i rischi e le opportunità legati all'impatto dei cambiamenti climatici all'estero. Inoltre, approfondiscono le sfide che nascono dalla complessità dell'interazione di clima, spazio naturale, società ed economia a livello nazionale e internazionale. Il capitolo 13 tematizza i rischi in Svizzera, la cui probabilità di occorrenza è esigua o pressoché impossibile da stimare, ma che presentano un potenziale di danni considerevole. Il capitolo 14 tiene in considerazione il fatto che la Svizzera presenta forti relazioni economiche internazionali, che possono essere influenzate da eventi e sviluppi legati ai cambiamenti climatici.

Il **capitolo 15** approfondisce infine le incertezze correlate alla valutazione degli effetti dei cambiamenti climatici

sulla natura, sulla società e sull'economia, evidenzia le lacune conoscitive esistenti e offre indicazioni sulle opzioni di intervento in un contesto contraddistinto da incertezze.

Il rapporto termina con un **allegato**, che contiene l'elenco completo dei rischi e delle opportunità identificati, un capitolo con informazioni dettagliate di carattere metodologico, nonché un elenco di tutti gli esperti che hanno collaborato alla metodologia, ai casi di studio e alla sintesi.

Citazione dei casi di studio nel rapporto

Gli otto casi di studio cantonali sono una base importante per il presente rapporto e vengono citati frequentemente. Per migliorare la leggibilità del testo, sono designati con una sigla. Le indicazioni delle fonti complete figurano nella bibliografia.

- CS1 = caso di studio Argovia
- CS2 = caso di studio Basilea Città
- CS3 = caso di studio Friburgo
- CS4 = caso di studio Ginevra
- CS5 = caso di studio Grigioni
- CS6 = caso di studio Giura
- CS7 = caso di studio Ticino
- CS8 = caso di studio Uri

2 Identificazione dei rischi e delle opportunità

La presente sintesi documenta i rischi e le opportunità legati ai cambiamenti climatici e definisce le priorità per l'intero territorio svizzero. Si basa sulle informazioni elaborate nell'ambito degli otto casi di studio cantonali, nonché su un'ampia base di letteratura specializzata e conoscenze di esperti. L'approccio metodologico scelto è descritto in dettaglio nell'allegato A2. La procedura scelta si distingue per le seguenti caratteristiche:

- l'analisi si fonda su basi ben documentate e consolidate dal punto di vista scientifico (comprese le proiezioni climatiche disponibili più aggiornate) sull'evoluzione climatica globale, nazionale e regionale;
- nell'analisi sono confluite le conoscenze di circa 360 esperti nazionali, regionali e locali in occasione di workshop e attraverso pareri sui progetti di rapporto;
- per l'elaborazione dei casi di studio, nonché per la proiezione dei risultati sulle rispettive grandi aree della Svizzera ci si è avvalsi di una rigorosa metodologia intersettoriale.

Scenari climatici

Le osservazioni sui rischi e le opportunità formulate nel presente rapporto di sintesi si basano sullo scenario climatico «Forti cambiamenti climatici», che si evince dallo scenario di emissione A1B dell'IPCC. Lo scenario di emissione A1B presuppone, per i prossimi decenni, un aumento immutato delle emissioni mondiali di gas serra. Sulla base dello scenario di emissione è stato calcolato uno scenario climatico per la Svizzera (CH2011 2011). Quest'ultimo descrive l'evoluzione attesa della temperatura e delle precipitazioni per stagione fra la media del periodo 1980–2009 («oggi») e quella del periodo 2045–2060 («2060»). I valori più probabili della temperatura e delle precipitazioni nel 2060 sono indicati entro determinati intervalli.

Per lo scenario «Forti cambiamenti climatici» non è stato utilizzato il valore di stima medio, bensì i valori superiore e inferiore dell'intervallo indicato: per le proiezioni della temperatura sono stati scelti i valori superiori per tutte

le stagioni, per le proiezioni delle precipitazioni i valori superiori per l'inverno e la primavera e i valori inferiori per l'estate e l'autunno. Lo scenario climatico «Forti cambiamenti climatici» descrive pertanto un mutamento climatico un po' più intenso rispetto ai valori medi dello scenario di emissione A1B (valori più elevati per l'aumento della temperatura, le precipitazioni invernali e la siccità estiva).

Priorizzazione dei rischi e delle opportunità

In base agli otto casi di studio è stato stilato un elenco completo di rischi e opportunità. Per potere fissare delle priorità nella pianificazione delle misure di adattamento o nell'acquisizione di migliori basi di pianificazione, al termine dei casi di studio l'elenco è stato prioritizzato secondo criteri uniformi.

Una prima prioritizzazione è stata effettuata in base alla differenza tra il rischio attuale e quello intorno al 2060, nell'ipotesi che nel frattempo non vengano adottate misure di adattamento. Allo scopo di differenziare ulteriormente la valutazione dei rischi e delle opportunità, sono stati considerati altri criteri, come i cambiamenti socioeconomici, l'irreversibilità di un potenziale danno o la capacità di adattamento della regione considerata. Un elenco completo dei criteri impiegati nella prioritizzazione si trova nella descrizione della metodologia (allegato A2.3).

Tale procedura è stata seguita con i risultati delle regioni degli otto casi di studio e in una seconda fase è stata applicata anche ai risultati delle sei grandi aree. Ne sono risultati circa 30 rischi e opportunità prioritari, che è stato possibile associare alle principali sfide risultanti dall'adattamento ai cambiamenti climatici a livello federale (UFAM 2012b). Tali rischi e opportunità prioritari sono commentati in modo approfondito ai capitoli 3–14.

Precisazione delle sfide nell'adattamento ai cambiamenti climatici

Nell'adattamento ai cambiamenti climatici, la strategia di adattamento del Consiglio federale (UFAM 2012b) distingue dodici sfide. Otto riferiscono agli effetti concreti sul clima:

- il maggiore stress da caldo in agglomerazioni e città;
- l'aumento della siccità estiva;
- l'innalzamento del limite delle nevicate;
- il rischio più elevato di piene;
- la minore stabilità dei pendii e movimenti di masse più frequenti;
- il peggioramento della qualità di acqua, suolo e aria;
- il cambiamento negli habitat, nella composizione delle specie e nel paesaggio;
- la diffusione di organismi nocivi, malattie e specie esotiche.

Altre quattro sfide della strategia di adattamento interessano temi trasversali⁴ e non sono state oggetto della presente analisi dei rischi. I recenti risultati raccolti evidenziano tuttavia che l'elenco delle sfide dovrebbe essere completato con quattro temi supplementari:

- il miglioramento delle condizioni locali (termine collettivo per le opportunità dei cambiamenti climatici);
- le «wild card» (termine collettivo per i rischi la cui probabilità di occorrenza non è quantificabile, ma che potrebbero essere di ampia portata);
- l'impatto dei cambiamenti climatici all'estero;
- la modifica dell'attività delle tempeste e della grandine (attualmente non ancora valutabile in modo chiaro).

Le dodici sfide elencate sono enumerate e illustrate mediante pittogrammi al capitolo «Riassunto» (fig. 1). Rispetto alla strategia di adattamento, la designazione delle singole sfide ha dovuto essere adeguata leggermente in modo da abbracciare tutti i rischi e le opportunità. La prima sfida, per esempio, è etichettata più in generale «Maggiore stress da caldo» poiché le indagini hanno mostrato che la necessità di intervenire a causa del caldo non aumenta solamente nelle regioni densamente edifi-

Rischi e opportunità (definizione)

Il **rischio** è il prodotto tra la probabilità di occorrenza e l'entità dei danni di un evento, mentre l'**opportunità** è il prodotto tra la probabilità di occorrenza e i benefici di un evento. I rischi e le opportunità sono calcolati per lo stato attuale (attorno al 2010), nonché per il periodo attorno al 2060 (media del periodo 2045 – 2074).

L'analisi dei **pericoli naturali** come le tempeste o le piene si basa su **eventi centenari**. Nel caso di **cambiamenti lenti**, come la temperatura media o il limite delle nevicate, sono determinati i **valori annui attesi** dei rischi (o delle opportunità).

Nell'ambito della presente analisi dei rischi, i **rischi e le opportunità dei cambiamenti climatici (= rischi e opportunità legati ai cambiamenti climatici)** risultano dalla differenza fra la valutazione del rischio nel periodo attorno al 2060 e la valutazione alle condizioni climatiche attuali.

cate. Anche la sfida «Aumento della siccità» è formulata in modo più generico e non si limita più soltanto all'estate.

Significatività dei risultati

La presente analisi dei rischi non ha la pretesa di avere identificato tutti i rischi e le opportunità legati ai cambiamenti climatici che potrebbero interessare la Svizzera. Si concentra su una panoramica a livello di grandi aree, tenendo conto delle caratteristiche importanti dei diversi ambienti naturali della Svizzera. Per contro, non può considerare l'eterogeneità delle caratteristiche climatiche, geografiche e socioeconomiche nel contesto locale. Per formulare considerazioni su questo piano occorrono analisi mirate e approfondite, che possono basarsi sul rapporto di sintesi e sui singoli casi di studio.

Nell'interpretazione dei risultati bisogna considerare che le proiezioni climatiche e le valutazioni dei rischi sono contraddistinte da considerevoli incertezze (cfr. cap. 15). Offrono punti di riferimento sulle variazioni importanti di parametri influenzati dal clima, mostrando in tal modo le possibili conseguenze per la natura, la società e l'economia, e possono sostenere i potenziali portatori di inte-

⁴ «Monitoraggio e diagnosi precoce», «Incertezze e lacune conoscitive», «Sensibilizzazione, informazione e coordinamento» nonché «Fabbisogno di risorse e finanziamento»

resse in una pianificazione previsionale dell'adattamento. Tuttavia, con il progressivo aumento delle conoscenze sull'evoluzione del clima e i relativi effetti, ma anche sulla base delle condizioni quadro economiche e politiche in costante mutamento, i rischi e le opportunità identificati devono essere continuamente verificati e, se necessario, adattati e completati.

3 Maggiore stress da caldo



- Pregiudizio alla salute umana
- Perdite di resa sul lavoro
- Aumento del fabbisogno di energia per il raffreddamento



Acqua nebulizzata per il raffreddamento di una stalla per bovini nella regione di Basilea (2015)

Foto: Juri Junkov

Con i cambiamenti climatici, le temperature aumentano e non aumentano solo le temperature medie, bensì anche quelle estreme. Entro il 2060, a Basilea il termometro potrebbe raggiungere temperature come quelle attuali a Lugano. A Ginevra le temperature potrebbero essere analoghe a quelle registrate attualmente a Milano e a Lugano oppure a Firenze o Roma (MeteoSvizzera 2014a).

I periodi di canicola sono caratterizzati da un estremo stress da caldo. La percezione del calore si orienta alle temperature caratteristiche del luogo e per questo motivo a San Gallo il caldo non è definito come a Sion. Di norma, per la Svizzera si parla di canicola quando si susseguo-

no almeno sei giorni con temperature massime superiori ai 30–35 °C di giorno e temperature minime superiori ai 20–25 °C di notte (CS2 – CS4, CS8).

Il numero di giorni di canicola – secondo la definizione meteorologica (temperatura massima superiore o uguale a 30 °C) – e notti tropicali (temperatura minima superiore o uguale a 20 °C), nonché la loro durata si prestano bene in quanto indicatori dello stress da caldo. Importante è anche l'umidità dell'aria poiché in caso di un'elevata umidità relativa dell'aria è più difficile sopportare il caldo. Per questo motivo, quando il cosiddetto Heat Index, che si calcola in base alla temperatura e all'umidità relativa

dell'aria e che costituisce una misura della «temperatura percepita», supera per tre giorni consecutivi una soglia predefinita, MeteoSvizzera mette in guardia dalla canicola (MeteoSvizzera 2014b).

La canicola si manifesta soprattutto in estate a bassa quota, dove vive buona parte della popolazione svizzera. Anche nei Cantoni alpini, come i Grigioni e il Vallese, sono soprattutto le vallate alpine situate a bassa quota a essere popolate (CS5). Le grandi agglomerazioni e le città sono interessate in particolar modo dallo stress da caldo a causa dell'ulteriore effetto «isola di calore» (UFAM 2012b, AEA 2012b, Patz et al. 2005).

Il cosiddetto effetto «isola di calore» descrive il particolare microclima nelle città: maggior riscaldamento durante il giorno e raffreddamento ridotto durante la notte. Le cause sono una circolazione dell'aria limitata a causa della densità di costruzione, un maggior grado di assorbimento dell'irraggiamento solare a causa dell'elevata percentuale di superfici sigillate e dei materiali da costruzione impiegati, una maggior quantità di calore residuo del traffico, dell'industria e degli edifici, nonché la mancanza

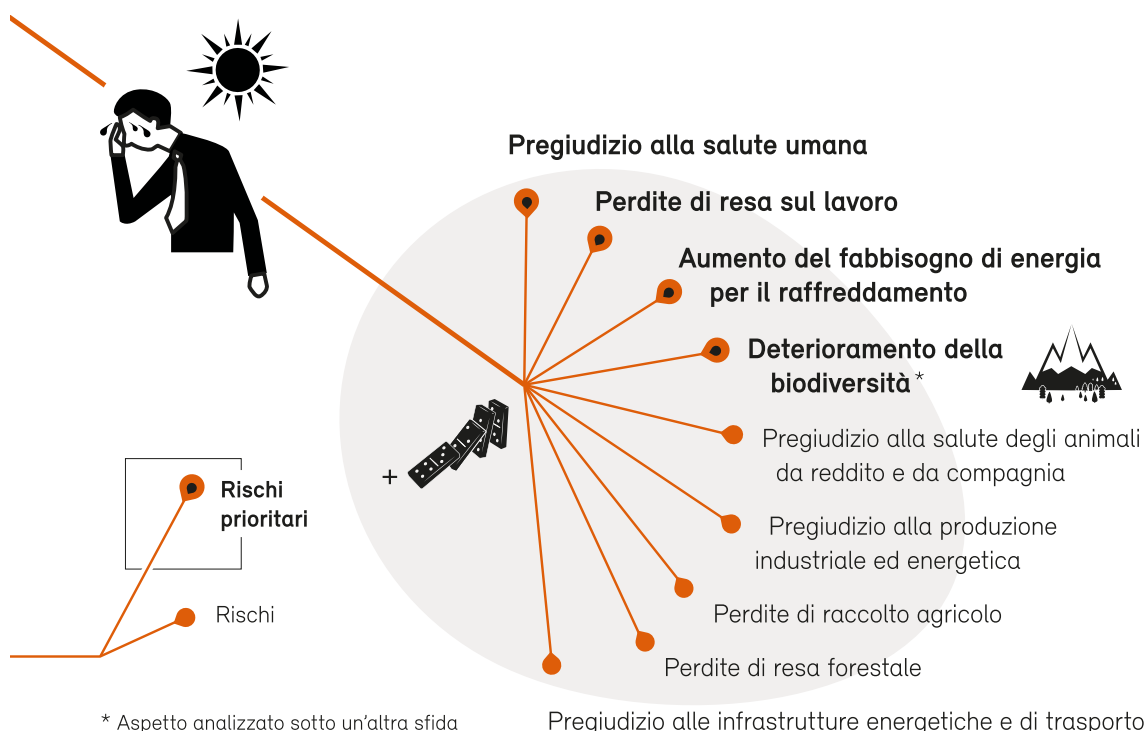
di aree verdi e di ombra. La differenza di temperatura tra le città e le regioni di campagna circostanti può raggiungere i 10 °C ed è particolarmente marcata di notte (UFAM 2012b, Accademie svizzere delle scienze 2016a, DEFRA 2012b).

Evoluzione osservata e attesa

In Svizzera, dal 1901 la temperatura dei giorni e delle settimane più caldi è aumentata di circa 2 °C e al contempo il numero di temperature estreme⁵ è più che triplicato (Scherrer et al. 2016). L'aumento della temperatura media e massima dell'aria in estate è una delle conclusioni più significative delle proiezioni climatiche (IPCC 2013). In Svizzera ci si attende un notevole aumento dell'intensità, della frequenza e della durata dei periodi di canicola (CH2011 2011). A livello paneuropeo sembra che l'estate del 2003 sia stata la più calda da almeno 500 anni (OcCC/SCNAT 2005). Per la metà, al più tardi per la fine del XXI secolo un'estate del genere potrebbe diventare la norma. Perlomeno un'estate su due potrebbe essere calda come quella del 2003 o più calda (Schär et al. 2004).

⁵ Numero di giorni in cui la temperatura giornaliera massima è superiore al 99% dei valori misurati.

Figura 6
Maggiore stress da caldo: panoramica dei rischi prioritari e non prioritari



Tavolo 1**Giorni di canicola e notti tropicali a Basilea e Ginevra**

	Giorni di canicola		Notti tropicali	
	oggi	2060	oggi	2060
Basilea (senza/con effetto «isola di calore»)	10/16	33/45	1/3	17/29
Ginevra (senza/con effetto «isola di calore»)	14/22	42/54	1/2	18/31

(Fonte: Füssler et al. 2015)

Tavolo 1 presenta il numero di giorni di canicola e notti tropicali a Basilea e a Ginevra. Mostra la situazione attuale (valore medio del periodo di riferimento 1981 – 2010) e le proiezioni per il 2060 (valore medio del periodo 2045 – 2074). I valori con l'effetto «isola di calore» evidenziano l'ulteriore stress da caldo nei nuclei delle città. Nella figura 6 sono raffigurati i rischi prioritari e non prioritari sulla base della sfida «Maggiore stress da caldo».

L'estate canicolare del 2015

Dopo il 2003, l'estate canicolare del 2015 è stata la seconda estate più calda in Svizzera dall'inizio delle misurazioni nel 1864. Il mese di luglio 2015 è stato contraddistinto da periodi di canicola prolungati ed è stato il luglio più caldo mai misurato. A Ginevra, con 39,7 °C è stata segnalata la temperatura più elevata sul versante nordalpino dall'inizio delle misurazioni. In quanto a numero di giorni di canicola, il 2015 si posiziona al secondo posto; solo nel 2003 ve ne sono stati di più. Il numero di notti tropicali ha raggiunto, proprio come nel 2003, il valore massimo registrato. Nel 2015, a Ginevra sono stati registrati 34 giorni di canicola e quattro notti tropicali (MeteoSvizzera 2016c).

Come nel 2003, l'estate del 2015 non è stata soltanto calda, bensì anche secca. La quantità di precipitazioni è stata notevolmente sotto la media. Straordinario per quanto concerne la siccità è stato pure il mese di luglio. Il calore e la siccità dell'estate del 2015 hanno avuto numerosi effetti su biodiversità, salute umana, gestione delle acque, agricoltura, economia forestale ed energia.

(Fonti: UFAM 2016b, MeteoSvizzera 2016a)

3.1 Aumento del pregiudizio alla salute umana

In Europa, la canicola è stata l'evento naturale più letale degli ultimi decenni (AEA 2017). Anche in Svizzera, gli esperti della salute sono unanimi riguardo alla considerevole importanza dell'aumento dello stress da caldo per la salute (Jörin et al. 2016).

L'organismo umano sano presenta infatti una temperatura corporea di circa 37 °C che controlla attraverso la sudorazione, l'efficienza cardiaca e l'irrorazione sanguigna della pelle (Millard 2016). Le temperature e l'umidità dell'aria elevate, una scarsa attività del vento e l'irraggiamento solare ostacolano la regolazione della temperatura corporea (CS1). Gli eventuali effetti delle temperature elevate sono: disidratazione, bocca secca, ipertermia (surriscaldamento), pulsazioni accelerate, debolezza, stanchezza, crampi muscolari, stato confusionale, capogiro, disturbi allo stato di coscienza, disturbi del sonno, mal di testa, nausea, vomito, diarrea, colpi di calore, problemi cardiovascolari fino a colpi di calore letali (Thommen & Braun-Fahrländer 2004, UFSP & UFAM 2016).

Gli studi (Grize et al. 2005, Dousset et al. 2011, UFAM 2016b) dimostrano che le elevate temperature notturne (notti tropicali) incidono in modo decisivo sulla salute e sui decessi dovuti a colpi di calore poiché impediscono alle persone di riprendersi dopo i giorni di canicola. Anche il momento della canicola è importante: i rischi per la salute, infatti, sono maggiori a inizio estate e nei primi giorni di canicola rispetto agli eventi successivi. I decessi dovuti ai colpi di calore si verificano in effetti perlopiù all'inizio di un'ondata di caldo. L'essere umano è in grado di adattarsi temporaneamente a temperature elevate insolite (PNUS 2016, Vicedo-Cabrera et al. 2016) e spesso le persone sensibili al caldo sopravvivono alla prima canicola so-

pravvivono anche alla canicola successiva (Thommen & Braun-Fahrländer 2004, Hajat et al. 2002).

Le persone anziane sono esposte in modo particolare ai rischi per la salute dovuti al caldo poiché dispongono di una regolazione termica meno buona e il loro stimolo della sete è meno pronunciato. Gli ulteriori gruppi a rischio sono i malati (cronici), i bambini piccoli, le donne incinte e le persone isolate socialmente (Kovats & Hajat 2008, Wilhelmi & Hayden 2010).

A causa della canicola, possono presentarsi anche concentrazioni elevate di ozono in prossimità del suolo. Se sono presenti i precursori (ossidi d'azoto e composti organici volatili) le temperature elevate e un forte irraggiamento solare possono provocare un'accresciuta formazione di ozono in prossimità del suolo (OcCC/ProClim 2007; cfr. cap. 9.3). Le condizioni anticicloniche prolungate aumentano ulteriormente la concentrazione di ozono (Lawrence et al. 2014, Confederazione Svizzera 2015). Attualmente in Europa, l'ozono è l'inquinante atmosferico che mette più a rischio la salute (Eis et al. 2010). Può infatti provocare bruciori agli occhi, tosse, asma, malattie polmonari, limitazioni delle funzioni polmonari e, nel caso di problemi preesistenti, la morte (Accademie svizzere delle scienze 2016a & 2016b).

Oltre alle conseguenze sulla salute, l'inquinamento da ozono e lo stress termico provocano costi supplementari nell'ambito della cura e dell'assistenza sanitaria. Durante i periodi di canicola aumenta infatti il numero di ricoveri urgenti (Michelozzi et al. 2009, Cerutti et al. 2004, CH2014-Impacts 2014).

Effetti constatati e previsti

L'estate canicolare del 2003 ha mostrato che le ondate di caldo possono avere conseguenze gravi e immediate. A livello svizzero, nel 2003 sono stati registrati circa 1000 decessi supplementari (Grize et al. 2005, Robine et al. 2007). La Commissione federale d'igiene dell'aria ha stimato che una quota tra il 13 e il 30 per cento dei decessi supplementari registrati nell'estate del 2003 era dovuto agli elevati valori di ozono (CFIAR 2004).

In futuro, a seguito dei cambiamenti climatici, i rischi per la salute a causa del caldo aumenteranno (IPCC 2014).

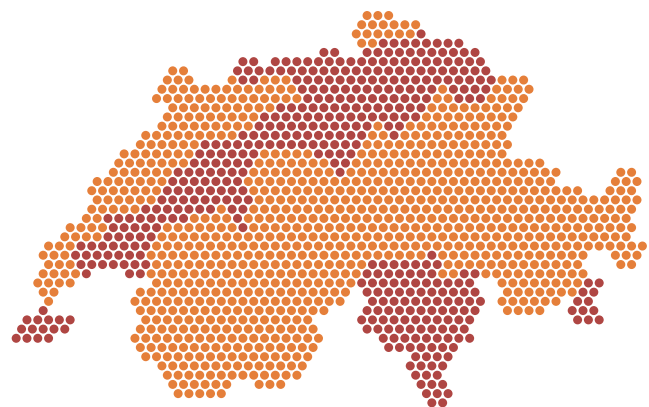
Da qui al 2060 si prevede un notevole aumento dei rischi nelle agglomerazioni, nella Svizzera meridionale e nell'Altopiano. Per le Prealpi, le Alpi e il Giura è previsto un aumento moderato (fig. 7).

Figura 7

Variazione del pregiudizio alla salute umana per grande area

Aumento del rischio:

- moderato
- notevole



Sebbene le temperature ad alta quota siano inferiori e nelle Prealpi e nelle Alpi si prevedano anche per il futuro solo pochi giorni di canicola e notti tropicali, anche in queste regioni è importante fare attenzione ai rischi per la salute dovuti al caldo. Non essendo abituata alla canicola, è molto probabile che la popolazione del luogo sia più vulnerabile di quella, per esempio, della Svizzera meridionale (Grize et al. 2005).

Dal punto di vista etico, si attribuisce una notevole importanza alla canicola poiché può avere conseguenze irreversibili (casi di decesso). L'adattabilità della Svizzera a questo rischio viene ridotta attraverso le strutture giuridiche: sono state adottate diverse leggi (tra l'altro la legge sul lavoro e la legge sull'assicurazione contro gli infortuni), ma nessuna legge quadro unitaria (Jörin et al. 2016). Il rischio viene influenzato non soltanto da fattori ambientali, bensì anche dagli sviluppi socioeconomici (CS2 – CS5, CS7, CS8). L'invecchiamento della popolazione e il numero crescente di persone bisognose di cure provocheranno un aumento sproporzionato della vulnerabilità nei confronti della canicola. Il rischio sarà inasprito

anche dal fatto che, molto probabilmente, la percentuale delle persone che vivono in regioni densamente popolate aumenterà. Per contro, da qui al 2060 la percentuale di edifici muniti di impianti di condizionamento dell'aria potrebbe aumentare. Ciò si trova tuttavia in conflitto con gli obiettivi della politica climatica ed energetica, che mira a una riduzione del consumo energetico (cfr. cap. 3.3).

Un adattamento fisiologico del corpo umano alle temperature superiori è possibile a breve come a lungo termine (ossia per le generazioni future). Tuttavia, l'adattamento a lungo termine avviene solo alle temperature medie superiori, ma non a quelle estreme (Accademie svizzere delle scienze 2016a, OcCC/ProClim 2007).

I cambiamenti del rischio dovuti al clima, il fatto che entrino in gioco vite umane, nonché l'influsso degli sviluppi socioeconomici fanno sì che questo rischio venga classificato come prioritario per tutta la Svizzera (fig. 8).

Figura 8

Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento del pregiudizio alla salute umana» è prioritario



Misure di adattamento

Diverse misure possono contribuire a ridurre il pregiudizio alla salute umana dovuto a un maggiore stress da caldo. Sensibilizzare la popolazione contribuisce all'adozione di un comportamento corretto (UFAM 2014a). Infatti, ogni singola persona può ridurre notevolmente il rischio, per esempio evitando sforzi fisici durante le ore più calde della giornata, cercando rinfresco ed evitando di esporsi al caldo eccessivo, nonché assumendo liquidi a sufficienza

e consumando pasti leggeri (UFSP & UFAM 2016). Inoltre, i sistemi di allerta canicola e i piani per far fronte alla canicola consentono una procedura coordinata rapida ed efficace. Nelle città, misure di pianificazione del territorio (corridoi di ventilazione, spazi liberi, più superfici verdi e riservate alle acque, aree ombreggiate), nonché misure di tipo edile (facciate e tetti verdi o chiari, impianti di condizionamento dell'aria) possono ridurre ulteriormente il rischio (DEFRA 2012c, OcCC/ProClim 2007).

Mortalità nell'estate 2015

In Svizzera, nei mesi di giugno, luglio e agosto del 2015 sono stati registrati circa 800 decessi in più rispetto a un'estate normale. Una tale cifra rappresenta un aumento del tasso di mortalità del 5,4 per cento (a titolo di confronto: nell'estate canicolare del 2003 il tasso di mortalità era aumentato del 6,9%). Tre quarti delle persone decedute avevano oltre 75 anni. Con un tasso di mortalità del 9 per cento e più, il Ticino, la Svizzera nordoccidentale e l'Altopiano sono state le regioni più colpite. Nella Svizzera orientale, la regione più fresca a livello svizzero, sono invece stati rilevati tassi di mortalità inferiori rispetto a un'estate normale.

Nella Svizzera occidentale, nonostante la canicola estrema il tasso di mortalità supplementare (5,2%) è risultato inferiore alla media nazionale. Ciò potrebbe dipendere dai piani di provvedimenti elaborati dai Cantoni della Svizzera occidentale dopo l'estate del 2003 e attuati anche nell'estate del 2015. Inoltre, è possibile che l'incidenza sul tasso di mortalità delle temperature notturne e quelle percepite sia stata maggiore rispetto alle temperature massime giornaliere. In Ticino queste ultime erano più elevate rispetto alla Svizzera occidentale, nonostante nelle regioni occidentali siano state misurate le massime temperature giornaliere.

(Fonte: UFAM 2016b, Vicedo-Cabrera et al. 2016).

Diminuzione dei casi di malattia e dei decessi dovuti al freddo⁶

In futuro la popolazione Svizzera dovrebbe soffrire meno di disturbi dovuti al freddo (ipertermia, disturbi cardiovascolari e delle vie respiratorie). A differenza della canicola, gli effetti del freddo sono costatati soprattutto ad alta quota e fino a tre-quattro settimane dopo un'ondata di freddo (Gasparrini et al. 2015). In Svizzera, in inverno il tasso di mortalità è maggiore rispetto all'estate. Ciò non dipende tanto dall'effetto delle basse temperature sulle persone, bensì piuttosto dal virus dell'influenza. Le basse temperature favoriscono la diffusione di questo virus (Ballester et al. 2016).

Con grande probabilità, in futuro le ondate di freddo diminuiranno di frequenza e durata. Ciò non significa tuttavia che non si verificheranno più ondate di freddo intenso (CH2011 2011). Le ondate di freddo rimarranno un rischio per la salute in particolare nel momento in cui la popolazione svizzera dovesse perdere la sua adattabilità alle temperature fredde (Ballester et al. 2016).

3.2 Aumento delle perdite di resa sul lavoro

La Svizzera pubblicizza i suoi prodotti e servizi mettendo in risalto valori come la qualità, la precisione, l'innovazione e l'affidabilità. Tali valori vengono influenzati fra l'altro dalle prestazioni della mano d'opera. Una diminuzione della resa a causa dello stress da caldo sul posto di lavoro si ripercuote anche sulla piazza produttiva svizzera.

Infatti, il caldo eccessivo sul posto di lavoro provoca una limitazione dello stato di salute, che può manifestarsi come senso di debolezza, stanchezza, problemi di concentrazione ecc. Pur consentendo di svolgere il proprio lavoro, tali sintomi riducono la resa (CS1).

Il rischio di aumento delle perdite di resa sul lavoro è strettamente legato al rischio del pregiudizio alla salu-

te umana (cfr. cap. 3.1). Le perdite di resa sul lavoro si manifestano anche durante i periodi di canicola e non dipendono solamente dal caldo diurno eccessivo, bensì anche dall'umidità dell'aria, dal vento e dall'irraggiamento solare (DEFRA 2012a).

Contrariamente al pregiudizio generale alla salute umana dovuto al caldo, le perdite di resa dovute al caldo eccessivo non interessano in primo luogo le persone anziane e più deboli, bensì tutti i lavoratori. Per quanto riguarda il pregiudizio alla resa sono rilevanti da un lato il luogo di lavoro e dall'altro il genere di lavoro. Il caldo estremo compromette la resa delle persone negli edifici sprovvisti di un sistema di isolamento termico o di un impianto di condizionamento dell'aria. L'attività fisica durante il periodo di canicola peggiora gli effetti sulla salute. Per questo motivo le persone particolarmente colpite sono quelle che svolgono un lavoro fisico all'aperto. Per loro il rischio di perdite di resa è maggiore (CS7, AEA 2017, PNUS 2016).

Effetti constatati e previsti

Per molte persone, la canicola provoca un grave pregiudizio al benessere e alla resa sul lavoro già oggi (CS1). La SECO (2007a, 2007b) stima che, in caso di lavori pesanti svolti all'aperto, la resa diminuisce già a partire da 23 °C, mentre il lavoro d'ufficio (da seduti) può essere eseguito in modo efficiente fino a una temperatura massima di 31 °C. Altre analisi ipotizzano che la resa diminuisca a partire da 26 °C e stimano perdite di produttività dal 3 al 12 per cento fra 26 e 36 °C (Bux 2006, OcCC/ProClim 2007).

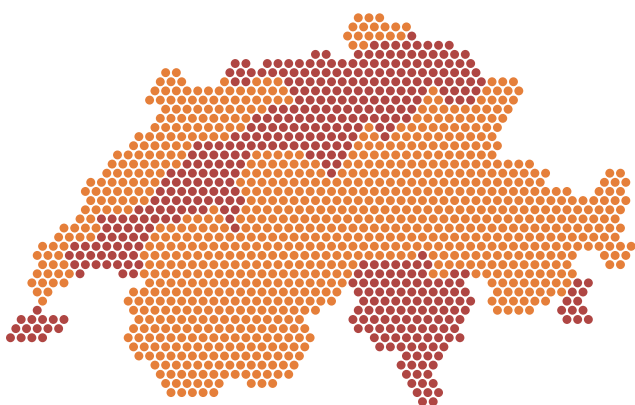
In futuro il rischio di perdite di resa durante i periodi di canicola aumenterà. Un aumento notevole del rischio è previsto nelle grandi agglomerazioni, nell'Altopiano e nella Svizzera meridionale. Per contro, nelle Prealpi, nelle Alpi e nel Giura si prevede un aumento moderato del rischio poiché in tali regioni l'aumento dello stress da caldo è meno pronunciato (fig. 9).

⁶ L'opportunità (non prioritaria) «Diminuzione dei casi di malattia e decesso dovuti al freddo» è stata attribuita alla sfida «Miglioramento delle condizioni locali» (cap. 12).

Figura 9
Variatione delle perdite di resa sul lavoro per grande area

Aumento del rischio:

- moderato
- notevole



Per stimare le perdite per l'economia nazionale a causa delle perdite di resa nel periodo attorno al 2060 non sono rilevanti soltanto i cambiamenti climatici, bensì anche gli sviluppi socioeconomici. Anche l'influsso di tali fattori non climatici è importante (CS2, CS4, CS7, CS8). Fra questi rientrano l'andamento del valore aggiunto lordo della Svizzera, nonché la sua ripartizione tra i settori economici. Le persone che lavorano nel settore terziario sono in genere meno colpite dalla canicola. Inoltre, occorre considerare anche la crescita demografica, la variazione della piramide dell'età e un possibile innalzamento dell'età di pensionamento.

Un ulteriore influsso lo hanno anche i cambiamenti futuri del comportamento dei lavoratori e delle condizioni di lavoro. Per i lavori all'aperto sono importanti in particolare le possibilità di spostare gli orari di lavoro alle ore del giorno più fresche, prevedere un numero sufficiente di pause e utilizzare le strutture in grado di proteggere dal sole.

Da qui al 2060, il benessere termico negli edifici potrebbe essere migliorato installando impianti di condizionamento dell'aria e ottimizzando l'involucro degli edifici in modo da tener conto del clima più caldo (CS7, Brunner et al. 2008). L'ulteriore di consumo energetico per il raffreddamento deve essere ridotto al minimo per evitare conflitti con la

politica energetica ed eventualmente ulteriori emissioni di gas serra dovuti alla produzione di energia elettrica (UFAM 2012b, UFAM 2014a).

Se, da un lato, alcuni di questi sviluppi potranno migliorare il benessere della mano d'opera, con una rispettiva riduzione della perdita di produttività, dall'altro genereranno spese supplementari per la climatizzazione oppure per salari più elevati a causa di orari di lavoro non convenzionali (CS7).

Nelle grandi agglomerazioni, nell'Altopiano e nella Svizzera meridionale il rischio è prioritario poiché, da un lato, in queste regioni sono previsti i cambiamenti climatici maggiori e, dall'altro, lo sviluppo socioeconomico e i possibili conflitti potrebbero acuire il rischio.

Figura 10
Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento delle perdite di resa sul lavoro» è prioritario



Misure di adattamento

Come menzionato al capitolo 3.1, a lungo termine l'essere umano può adattarsi a temperature superiori. Inoltre, esistono misure efficaci per ridurre le perdite di resa. La sensibilizzazione dei lavoratori sul comportamento da adottare e l'adattamento delle condizioni di lavoro (orari di lavoro, protezione dal sole, misure di tipo edile negli edifici) comportano una considerevole riduzione dei rischi (PNUS 2016).

Le perdite di resa in cifre – l'esempio del Ticino

Oggi il prodotto interno lordo (PIL) del Canton Ticino ammonta a circa 27 miliardi di franchi. Il caso di studio nel Canton Ticino stima attualmente i costi annui dovuti alla diminuzione della produttività lavorativa a causa della canicola a livello cantonale a 5 milioni di franchi. In caso di evento estremo, come nell'estate del 2003, le perdite di resa sono stimate a circa 30 milioni di franchi (circa 1 per mille del PIL). Per il 2060 le perdite annue medie potrebbero raggiungere 33 milioni di franchi.

(Fonte: CS7)

3.3 Aumento del fabbisogno di energia per il raffreddamento

Le temperature più elevate legate ai cambiamenti climatici potranno richiedere un maggiore fabbisogno di energia per il raffreddamento (IPCC 2014). Dal punto di vista della politica energetica e climatica è tuttavia uno sviluppo non auspicabile (UFAM 2014a). Soddisfare il fabbisogno supplementare con combustibili fossili significherebbe provocare ulteriori emissioni di CO₂ e intensificare i cambiamenti climatici. Se invece l'energia dovesse provenire da una produzione rinnovabile, si dovrebbe fare tutto il possibile per sfruttarla in modo parsimonioso.

Il fabbisogno di energia per il raffreddamento dipende soprattutto dalla temperatura e un po' meno dall'irraggiamento solare e dalla forza dei venti (Adelphi/PRC/EU-RAC 2015). Oltre al raffreddamento dei locali, interessa il raffreddamento di veicoli stradali e su rotaia, i prodotti deperibili, i processi industriali e le centrali termiche. Per quanto concerne gli edifici e i mezzi di trasporto, il fabbisogno di raffreddamento sussiste soprattutto nei mesi estivi, mentre per determinati settori il fabbisogno si estende sull'arco di tutto l'anno. Spesso questi settori utilizzano per il raffreddamento anche acqua di falda o l'acqua proveniente dai laghi e dai fiumi (CS2).

Effetti constatati e previsti

Nel 2011, per il raffreddamento di locali è stato utilizzato il 2,8 per cento del consumo energetico complessivo

della Svizzera (UFE 2015a). Oggi le superfici raffreddate negli edifici abitativi sono ancora trascurabili ($\leq 1\%$), tuttavia, negli edifici commerciali e in quelli industriali la loro percentuale ammonta al 20 per cento (CH2014-Impacts 2014, CS2, CS4). Per quanto concerne i veicoli motorizzati, in media per il raffreddamento viene utilizzato il 3,1 per cento del carburante (Holthausen et al. 2013b) e per i treni delle FFS la percentuale si aggira sul 6 per cento del consumo di energia (CS7).

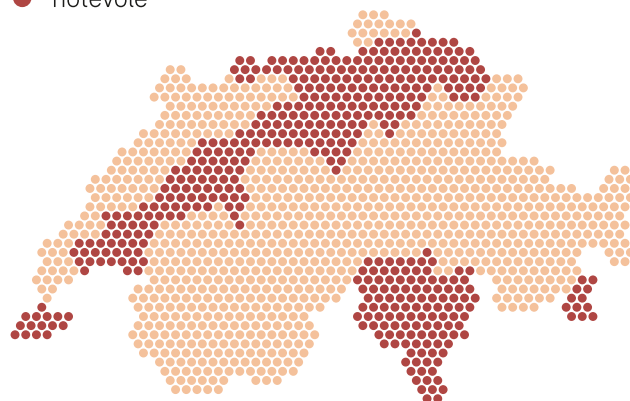
Il numero dei gradi giorno di raffreddamento⁷ è un buon indicatore della stima del fabbisogno di energia per il raffreddamento. Oggi, a bassa quota a nord delle Alpi tale numero è compreso tra 100 e 200, mentre nella Svizzera meridionale raggiunge 300 per anno. Attorno al 2060, a seconda della quota, si registrerà un aumento di un fattore da due a cinque, sebbene ad alta quota l'aumento relativo sarà maggiore e l'aumento assoluto minore (CS2 – CS5, CS7, CS8).

Un aumento notevole del fabbisogno di energia per il raffreddamento (+130% circa) è previsto nelle grandi agglomerazioni, nell'Altopiano e nella Svizzera meridionale. A bassa quota nelle Prealpi, nelle Alpi e nel Giura si prevede un aumento assoluto esiguo (fig. 11).

Figura 11
Variazione del fabbisogno di energia per il raffreddamento per grande area

Aumento del rischio:

- lieve
- notevole



⁷ Definizione: somma delle differenze tra la temperatura media giornaliera e la temperatura di riferimento 18,3 °C (65 °F) per i giorni in cui la temperatura media raggiunge almeno 18,3 °C.

Sull'evoluzione del fabbisogno di energia per il raffreddamento incidono anche fattori socioeconomici: la crescita demografica, un eventuale maggiore benessere e crescenti esigenze di comfort provocano un aumento del fabbisogno (CS1 – CS4, CS6 – CS8). In quest'ottica può darsi che da qui al 2060 circa la percentuale di superfici raffreddate negli edifici sarà raddoppiata, raggiungendo il 2 per cento della superficie abitativa complessiva. Anche la percentuale negli edifici del terziario potrebbe passare dal 20 al 30 per cento circa. Il fabbisogno di raffreddamento viene influenzato anche dall'isolamento termico degli edifici e dalla realizzazione delle facciate (Gonseth et al. 2017). Inoltre, si prevede che attorno al 2060 tutti i veicoli saranno raffreddati (CS3). Una maggiore efficienza energetica degli impianti di condizionamento dell'aria avrà tuttavia un effetto attenuante sul fabbisogno di energia per il raffreddamento. Un ulteriore fattore per l'evoluzione del consumo energetico sono i prezzi dell'energia (CS1 – CS4, CS6 – CS8, AEA 2017).

Gli esperti consultati nell'ambito del progetto di ricerca «Adattamento della Svizzera ai cambiamenti climatici» (Jörin et al. 2016) stimano che, in generale, l'adattamento nel settore dell'energia sarà piuttosto basso, a causa delle esperienze (ancora) esigue con la canicola.

Il maggiore fabbisogno energetico per il raffreddamento crea anche conflitti con gli obiettivi della politica energetica e climatica e potrebbe, nel peggiore dei casi, provocare una penuria di approvvigionamento (CS2). Per contro, l'elevato fabbisogno di energia per il raffreddamento coincide spesso con la massima produzione degli impianti fotovoltaici (CS7). L'utilizzazione di acqua per il raffreddamento può creare conflitti con la biodiversità.

In tutta la Svizzera il rischio viene classificato come prioritario poiché, oltre ai cambiamenti climatici, i conflitti con gli obiettivi della politica climatica ed energetica, nonché la scarsa capacità di adattamento sono rilevanti per l'intero Paese (fig. 12).

Figura 12

Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento del fabbisogno energetico per il raffreddamento» è prioritario



Misure di adattamento

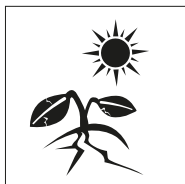
Esistono diverse opzioni di intervento per frenare l'aumento del fabbisogno di energia per il raffreddamento. Tale fabbisogno può essere ridotto adottando misure di tipo edile e di pianificazione del territorio (rinverdimento, aumento delle aree ombreggiate ecc.). Un contributo alla limitazione del fabbisogno energetico può essere dato anche da apparecchi e impianti più efficienti (che producono meno calore residuo) e dal comportamento della popolazione (arieggiamento ottimale) (CS7, CS8, OcCC/ProClim 2007).

Costi per il raffreddamento nei Cantoni di Ginevra e Basilea Città

Nei casi di studio di Basilea Città e Ginevra sono stati stimati i costi annui per il raffreddamento degli edifici sul territorio cantonale. Oggi, tali costi ammontano a circa 3 milioni di franchi per il Canton Basilea Città e a 36 milioni di franchi per il Canton Ginevra. Per il periodo attorno al 2060 si calcola che i costi aumenteranno fino a raggiungere circa 7 e 88 milioni di franchi rispettivamente. A prezzi dell'energia paragonabili, le cifre diverse fra Basilea e Ginevra (fattore 10) differirebbero soltanto di un fattore pari a 5. La differenza rimanente si spiega con il numero più elevato di abitanti e di centri di calcolo nel Canton Ginevra.

(Fonti: CS2, CS4)

4 Aumento della siccità



- Perdite di raccolto agricolo
- Pericolo di incendi boschivi
- Penuria di acqua
- Diminuzione della produzione idroelettrica estiva



Incendio boschivo vicino a Martigny (2012)

Foto: Maxime Schmid/Keystone

Dato che le Alpi dispongono di considerevoli riserve d'acqua e le sorgenti di numerosi grandi fiumi si trovano in territorio svizzero, la Svizzera viene considerata il «serbatoio d'acqua d'Europa». Ciononostante, anche in Svizzera si verificano periodi di siccità isolati con considerevoli effetti sull'ambiente e sul funzionamento dell'economia e della società.

Vi sono diversi tipi di siccità, che sono da ricondurre a processi diversi (Björnsen Gurung & Stähli 2014, Seneviratne 2012):

- la siccità meteorologica, causata da una carenza di precipitazioni;

- la siccità idrologica, dovuta a quantità esigue di deflusso o al basso livello della falda freatica;
- la siccità agricola, provocata dall'umidità insufficiente del suolo (in seguito a precipitazioni insufficienti a un'eccessiva evapotraspirazione).

Nonostante i periodi di siccità spesso coincidano con i periodi di canicola (CS7, UFPP 2015a) oppure con condizioni anticicloniche prolungate, tale correlazione non può essere generalizzata. I periodi di siccità possono manifestarsi nel corso di tutto l'anno e indipendentemente dalle temperature ambiente. Esempi sono le siccità da primato del dicembre 2015 sul versante sudalpino e del dicembre 2016 nell'Altopiano (MeteoSvizzera 2016b, MeteoSvizzera-

ra 2017). In caso di siccità estiva, si aggiunge una pronunciata evaporazione e le conseguenze possono essere inasprite dalla canicola.

In Svizzera la siccità si verifica soprattutto dopo periodi prolungati senza precipitazioni, in particolare quando un'estate calda è preceduta da un inverno e una primavera caratterizzati da scarse precipitazioni. In tali situazioni, l'alimentazione dei corsi d'acqua con l'acqua di disgelo del manto nevoso e l'acqua di falda è particolarmente esigua. In questi casi i periodi di siccità sono accompagnati da portate magre (Atlante idrologico della Svizzera 2015, PLANAT 2016a). Livelli d'acqua bassi vengono registrati frequentemente anche in autunno e in inverno, quando le precipitazioni cadono sotto forma di neve e pertanto non defluiscono direttamente attraverso le acque di superficie.

La siccità agricola è un fenomeno che in Svizzera si osserva di regola nei mesi estivi. Assieme alla siccità meteorologica ha un effetto sulle foreste. Lo sviluppo di un periodo di siccità idrologica e di un periodo di siccità

agricola si estende su un periodo di tempo relativamente lungo (da diverse settimane a diversi mesi) poiché le riserve di acqua di falda e l'umidità del suolo reagiscono lentamente alla mancanza di precipitazioni (Björnsen Gurung & Stähli 2014).

Evoluzione osservata e attesa

In Svizzera, dall'estate del 2003 si sono verificate più volte situazioni regionali e temporanee di penuria d'acqua (2006, 2011, 2015). Tutta la Svizzera può essere colpita da periodi di siccità e all'interno di una stessa regione sono rilevabili considerevoli differenze. Nel corso degli ultimi anni, le regioni più minacciate dalla siccità sono state le valli secche intralpine (Engadina, Vallese), il Giura, nonché determinate regioni dei Cantoni Friburgo, Vaud e Ticino (UFAM 2012d).

Siccità meteorologica: a causa dei cambiamenti climatici, in alcune parti della Svizzera le precipitazioni tendenzialmente aumenteranno nei mesi invernali e caleranno nei mesi estivi. A causa delle minori precipitazioni estive, in futuro le siccità meteorologiche dovrebbero diventare

Figura 13
Aumento della siccità: panoramica dei rischi prioritari e non prioritari



più frequenti e intense (Accademie svizzere delle scienze 2016a).

Siccità idrologica: i cambiamenti climatici non causano solamente una redistribuzione stagionale delle precipitazioni, bensì anche un passaggio da precipitazioni solide (neve) a precipitazioni liquide (pioggia). Inoltre, i cambiamenti climatici provocheranno lo scioglimento dei ghiacciai, la diminuzione delle quantità di acqua stoccate nel manto nevoso e un innalzamento del limite delle neviccate⁸ (Accademie svizzere delle scienze 2016a). Questi fattori provocheranno tendenzialmente uno spostamento dei deflussi dall'estate e dall'autunno all'inverno e alla primavera. In combinazione con poche precipitazioni in estate ci si deve pertanto attendere che a lungo termine, soprattutto nei mesi estivi e autunnali, le situazioni di magra si verificheranno più di frequente e in modo più pronunciato⁹. Particolarmente nell'Altopiano le portate di magra potranno essere più esigue e i periodi di magra potranno prolungarsi (UFAM 2012a).

Siccità agricola: l'aumento delle temperature provoca un tasso potenzialmente superiore di evaporazione per le piante. In questo modo aumenta il loro fabbisogno di acqua e, al contempo, viene favorito il prosciugamento del suolo. In combinazione con la diminuzione del contenuto idrico del suolo a causa delle scarse precipitazioni, tale fattore aumenterà la probabilità di siccità agricola (Accademie svizzere delle scienze 2016a).

La figura 13 illustra i rischi prioritari e non prioritari associati alla sfida «Aumento della siccità».

4.1 Aumento delle perdite di raccolto agricolo

L'agricoltura contribuisce con una percentuale modesta al prodotto interno lordo (PIL) della Svizzera. Per quanto concerne il numero di posti di lavoro, il settore rappresenta il 3 per cento circa del totale a livello svizzero (UST 2016). Assai più importante è il suo significato per l'approvvigionamento della popolazione con derrate alimen-

Siccità nell'estate 2015

Nell'estate 2015, al periodo di canicola accompagnato da scarse precipitazioni di luglio e agosto sono seguiti un autunno con precipitazioni straordinariamente scarse sul versante nordalpino e una fine dell'anno secca sul versante sudalpino (MeteoSvizzera 2016b). Le conseguenze di questi periodi di siccità sono state considerevoli. In agosto, a Widenbach (Canton Argovia) i livelli d'acqua ridotti e le elevate temperature hanno provocato una notevole moria di pesci (Aargauer Zeitung 2015) e in molti Cantoni è stato necessario limitare le captazioni dai corsi d'acqua (Tratschin et al. 2016). Inoltre, vi sono state molte perdite di raccolto per le colture di patate e di granoturco e la maggior parte dei Cantoni ha emanato, a partire da luglio, divieti di accendere fuochi nei boschi, nei pressi dei boschi o all'aperto. Nella Valle di Joux e nelle Prealpi friburghesi, la penuria d'acqua su alcuni alpeggi ha reso necessario l'intervento di elicotteri dell'esercito per assicurare l'abbeveraggio del bestiame.

(Fonte: UFAM 2016b)

tari. Infatti, circa il 60 per cento del consumo dei generi alimentari viene coperto con prodotti provenienti dalla Svizzera. Inoltre, l'agricoltura riveste un ruolo importante per la preservazione del patrimonio culturale, nonché per la protezione del paesaggio e dell'ambiente (Faust et al. 2011). L'agricoltura è rappresentata in modo particolarmente marcato nei Cantoni dell'Altopiano, dove produce una grande parte dei prodotti agricoli (UST 2006). Anche nella regione del Giura, la quota della superficie utilizzata per scopi agricoli è superiore alla media.

L'agricoltura è colpita principalmente dalla siccità agricola (cfr. introduzione al cap. 4). Nei periodi di siccità, nel suolo è presente meno acqua per le piante, fatto che compromette la loro crescita e riduce le rese agricole. Inoltre, le temperature elevate aumentano la traspirazione delle piante, aumentando così la penuria d'acqua (CS3). Oltre alla quantità, la penuria di acqua può anche compromettere la qualità del raccolto (dimensioni inferiori dei frutti, chicchi più piccoli, formazione precoce

⁸ Cfr. capitolo 5

⁹ I fiumi alimentati dai ghiacciai costituiscono un'eccezione. Qui, fino a metà secolo i deflussi estivi potrebbero dapprima aumentare per poi ridursi solamente verso la fine del secolo (UFAM 2012a).

dei semi per i cereali ecc.) (CS4, CS7). Infine, i periodi di siccità favoriscono la diffusione di determinate specie invasive e organismi nocivi (cfr. cap. 11.3).

A dipendenza del momento in cui cadono i periodi di siccità nel corso dell'anno, questi ultimi hanno conseguenze svariate sulle colture agricole. In autunno la siccità compromette principalmente lo spargimento delle sementi invernali e la lavorazione del suolo, mentre in inverno causa un stoccaggio ridotto delle riserve d'acqua nel suolo. In primavera vengono compromessi la semina delle colture di primavera, la lavorazione delle superfici dei terreni coltivati e l'assorbimento di azoto delle colture invernali e primaverili, mentre in estate la siccità compromette in particolare l'approvvigionamento idrico delle colture (Amigues et al. 2006).

La sensibilità nei confronti della siccità varia a seconda della coltura e dello stadio di sviluppo (CS1, CS5, CS7; cfr. anche il riquadro relativo all'influsso della siccità). Non tutte le colture subiscono l'impatto della siccità. Negli anni secchi, le colture resistenti alle siccità possono persino produrre rese maggiori.

I periodi di siccità minacciano anche la produzione di foraggi e di conseguenza la produzione di prodotti animali. Tali periodi possono rendere difficoltoso l'abbeveraggio degli animali da reddito e, nei casi estremi, può verificarsi una disidratazione e la morte degli animali (CS3, CS5, CS6). La coincidenza di un periodo di siccità con un periodo di canicola significa uno stress supplementare, che può portare, per esempio, a una minor produzione di latte per le vacche lattifere (Fuhrer & Calanca 2012).

Effetti constatati e previsti

Già oggi l'agricoltura è colpita da periodi di siccità e la siccità costituisce un rischio considerevole. Nel 2003 le rese agricole in Svizzera sono diminuite in media del 20 per cento, con una perdita economica complessiva di 500 milioni di franchi (Fuhrer & Jasper 2009). Numerose superfici agricole sono soggette regolarmente a una siccità elevata, per periodi che possono durare da alcune settimane a diversi mesi.

Si prevede che in futuro le estati calde e secche saranno sempre più frequenti (MeteoSvizzera 2014a) e provoche-

ranno un numero sempre maggiore di danni. Il possibile aumento di eventi estremi (siccità ma anche periodi di canicola, forti precipitazioni, inondazioni ecc.) potrà causare anche una riduzione della fertilità del suolo e un maggiore dilavamento o una maggiore erosione (UFAG 2011). Inoltre, è probabile che in seguito a una maggiore frequenza dei periodi di siccità aumenteranno anche le spese d'esercizio nell'agricoltura, tra l'altro poiché cresceranno i costi per l'irrigazione e la lotta contro i parassiti (CS7).¹⁰

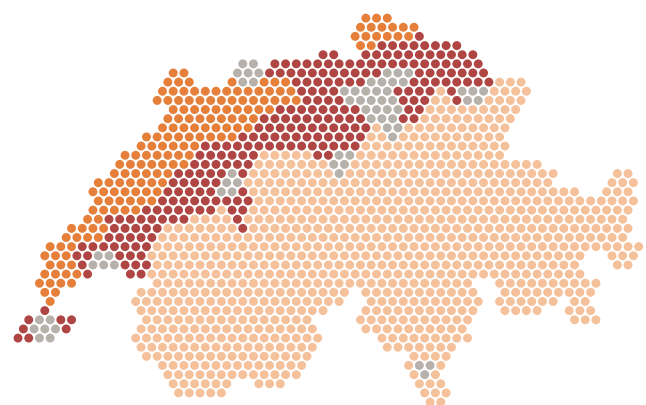
Gli effetti dei cambiamenti climatici provocano un aumento notevole del rischio nell'Altopiano. Nel Giura, dove il sottosuolo carsico presenta già oggi capacità di stoccaggio esigue, si prevede un aumento moderato del rischio. Ad alta quota (Prealpi, Alpi), dove le precipitazioni sono più intense, nonché nella Svizzera meridionale si prevede un aumento esiguo del rischio (fig. 14).

Figura 14

Variatione delle perdite di raccolto agricolo nell'agricoltura per grande area

Aumento del rischio:

- lieve
- moderato
- notevole
- irrilevante



¹⁰ Ulteriori cambiamenti legati al clima che concernono il settore agricolo sono descritti ai capitoli 11.2 e 12.3.

Il settore agricolo dipende molto dalle condizioni di mercato e da altri parametri socioeconomici. Le superfici agricole sono minacciate in misura sempre maggiore dall'attività edilizia (CS4, CS7, CS8). L'andamento dei prezzi dei generi alimentari è un ulteriore fattore importante per la produzione agricola. Gli accordi internazionali di libero scambio peggiorano la competitività dei generi alimentari prodotti in Svizzera (CS3, CS4, CS6, CS8, OcCC/ProClim 2007). Gli effetti combinati di questi sviluppi e gli effetti dei cambiamenti climatici intensificano la pressione già oggi esercitata sul settore agricolo (CS8). La gestione della politica agricola può contribuire ad attenuare gli effetti negativi dei cambiamenti climatici e a favorire l'adattamento del settore (CS3, CS6, CS8, Accademie svizzere delle scienze 2016a).

In base alle tendenze climatiche e socioeconomiche e al significato del settore agricolo, il rischio per l'Altopiano e per il Giura è stato classificato come prioritario (fig. 15).

Figura 15

Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento delle perdite di raccolto agricolo» è prioritario



Misure di adattamento

Per limitare le perdite di rese agricole sono possibili diverse misure. Quella più importante consiste nell'irrigazione delle colture (cfr. riguardo seguente). Inoltre, è possibile coltivare colture adeguate all'ubicazione (CS3). Nella produzione animale, una praticoltura ottimale consente di minimizzare le perdite (sfalcio al momento giusto dello sviluppo, gestione delle aree di pascolo tenendo conto della crescita dell'erba ecc.) (Mosimann 2016). Mi-

sure d'adattamento idonee sono garantire l'approvvigionamento idrico sulle alpi d'estivazione, costituire scorte di foraggio e far coincidere l'effettivo di bestiame con il foraggio disponibile. L'installazione di sistemi di monitoraggio e di preallarme, nonché la sensibilizzazione degli agricoltori sono ulteriori misure che consentono di contenere al minimo i rischi legati alla siccità nell'agricoltura (UFAM 2014a).

Fabbisogno irriguo nell'agricoltura

In base a un sondaggio effettuato nel 2006, in Svizzera 43 000 ha, ovvero meno del 5 per cento del totale delle superfici coltivate, vengono irrigate regolarmente, mentre negli anni di siccità l'irrigazione è estesa a ulteriori 12 000 ha. Per gli anni di siccità, nel 2006 il fabbisogno è stato stimato a 144 milioni di m³ (Weber & Schild 2007). Nell'Altopiano, nella Svizzera occidentale, nonché nelle valli secche intralpine il fabbisogno irriguo è particolarmente grande (Fuhrer 2010). Per l'irrigazione, l'agricoltura svizzera assorbe il 12 per cento del consumo complessivo di acqua del Paese.

Nel Canton Friburgo, nell'estate canicolare del 2003 il fabbisogno irriguo è quadruplicato, aumentando dai 10,4 milioni m³ degli anni normali a 40,6 milioni m³ (Fuhrer 2010).

A causa dei cambiamenti climatici si prevede un aumento del fabbisogno idrico per scopi di irrigazione, una tendenza che molto probabilmente avrà conseguenze economiche ed ecologiche negative e che, in determinati casi, potrà provocare, a livello locale, conflitti per l'utilizzo dell'acqua (Fuhrer 2010; cfr. cap. 4.3). In Svizzera, da qui al 2050 si prevede che il fabbisogno irriguo potrà aumentare, a dipendenza della regione, fino a raggiungere cinque volte il fabbisogno odierno (LID 2014).

Influsso della siccità sulle colture agricole

Nell'estate del 2015, contraddistinta sia da temperature elevate sia dalla penuria d'acqua, il settore agricolo ha sofferto molto. Dal punto di vista delle rese annuali di prati ed aree di pascolo, nelle parti occidentali del Paese sono state registrate perdite comprese tra il 15 e il 35 per cento. Anche le carote e il granoturco hanno subito le conseguenze delle condizioni climatiche: il raccolto è stato inferiore del 15 e del 18 per cento rispettivamente (paragonato alla media degli anni 2000 – 2014).

Altre colture, invece, in queste condizioni sono cresciute in modo superiore alla media. Infatti, per la colza e per l'orzo le rese sono state del 16 e dell'11 per cento rispettivamente superiori alla media degli anni 2000 – 2014. Le barbabietole da zucchero sono state un'eccezione: la quantità raccolta è stata del 12 per cento inferiore alla media pluriennale, sebbene il contenuto di zucchero delle barbabietole fosse straordinariamente elevato, cosicché, dopo la lavorazione, i ricavi di zucchero sono risultati molto alti.

(Fonti: Mosimann 2016, UFAM 2016b).

4.2 Aumento del pericolo d'incendi boschivi

Gli incendi boschivi possono avere conseguenze devastanti per gli ecosistemi forestali. Dato che il bosco offre importanti servizi ecosistemici, come la protezione contro i pericoli naturali, occorre limitare il rischio d'incendi boschivi e, una volta scoppiati, metterli rapidamente sotto controllo.

Gli incendi boschivi si verificano con maggiore frequenza nella Svizzera meridionale e nelle valli secche intralpine (Wastl et al. 2013). Le regioni colpite in particolare dagli incendi boschivi sono il Ticino, il Vallese, i Grigioni, nonché le regioni favoniche sul versante nordalpino. Nel corso degli ultimi 20 anni, il 95 per cento di tutti gli incendi boschivi registrati in Svizzera si è verificato nel Canton Ticino (CS7).

Le condizioni favorevoli allo scoppio di un incendio dipendono dalla disponibilità di materiale infiammabile e da parametri meteorologici come l'umidità, la temperatura,

le precipitazioni, la forza del vento, nonché la durata della copertura nevosa (Kaulfuss 2016). Gli incendi boschivi possono scoppiare tutto l'anno. In genere, il pericolo di incendi boschivi aumenta (nelle regioni senza neve) all'inizio dell'anno. Tra fine aprile e inizio maggio tale rischio raggiunge per la prima volta il suo apice poiché la fine dell'inverno e l'inizio della primavera sono i periodi più secchi dell'anno e il favonio fa seccare lo strame nei boschi (Pluess et al. 2016, Reinhard et al. 2005). Nei mesi estivi il pericolo aumenta nuovamente a dipendenza delle condizioni meteorologiche (Kaulfuss 2016).

Gli incendi boschivi possono svilupparsi in modo naturale in seguito a un fulmine, sebbene nella maggior parte dei casi siano di origine antropica (atti di negligenza o intenzionali) (Wastl et al. 2013). In entrambi i casi, lo sviluppo degli incendi è influenzato direttamente o indirettamente dalle condizioni climatiche e meteorologiche (tipo di vegetazione, grado di umidità ecc.) (Pluess et al. 2016). Tra il 1991 e il 2003, circa il 70 per cento degli incendi boschivi estivi e circa il 90 per cento di quelli invernali verificatisi in Ticino erano dovuti ad attività antropiche (Conedera & Pezzati 2005). Gli incendi causati da fulmini si sviluppano di regola nei boschi situati ad alta quota, mentre quelli che si verificano a bassa quota sono molto spesso dovuti ad attività antropiche (Conedera et al. 2006). Il culmine in primavera è contrassegnato perlopiù da incendi minori, provocati dall'uomo a quota inferiore, mentre in estate è caratterizzato da incendi di dimensioni maggiori dovuti ai fulmini (Valese et al. 2011).

Gli incendi boschivi causano perdite alle aziende e all'economia nazionale poiché provocano la distruzione di grandi quantità di legname e generano costi per le operazioni di spegnimento e di rimboschimento (CS1, CS3, CS4). Attraverso i cambiamenti degli stadi di sviluppo dei boschi – dovuti all'aumento della percentuale di bosco giovane – viene compromessa la funzione di protezione e quella ricreativa (CS3 – CS7). I boschi di protezione a uno stadio di sviluppo iniziale sono meno efficaci contro la caduta di massi e l'erosione. Sul suolo messo a nudo a causa degli incendi boschivi aumenta l'influsso dell'erosione (CS1, CS3 – CS6; cfr. cap. 9.2). Gli incendi boschivi liberano considerevoli quantità di CO₂ riducendo, a dipendenza della struttura d'età degli alberi, la capacità di stoccaggio di CO₂ (CS1, CS4, CS6). Inoltre, questi eventi

possono provocare anche danni a beni mobili, nonché a infrastrutture ed edifici.

Gli incendi boschivi possono avere effetti positivi sulla biodiversità (CS6) poiché, in seguito tali eventi, il numero di specie animali e vegetali aumenta. D'altro lato, in determinati casi, le condizioni successive a un incendio boschivo possono anche propiziare la diffusione di organismi nocivi (cfr. cap. 11.3), compromettendo ulteriormente le funzioni del bosco (CS7).

Effetti constatati e previsti

Nel corso degli ultimi 100 anni, nelle regioni alpine il numero di incendi boschivi di origine antropica è aumentato. Tuttavia, complessivamente, dagli anni Ottanta è stata rilevata una riduzione della frequenza di incendi boschivi come pure delle superfici distrutte; questo andamento è dovuto con forte probabilità alle misure di prevenzione e al miglioramento dei metodi di lotta contro gli incendi boschivi (Valese et al. 2011). Negli ultimi tempi gli incendi boschivi si verificano in prevalenza sul versante nordalpino. Dato che gli incendi in questa parte del Paese erano poco frequenti in passato, la consapevolezza del rischio è poco presente in queste regioni e si è accumulata una maggior quantità di legno morto (Pluess et al. 2016).

Dato che la siccità è un fattore che favorisce lo sviluppo di incendi boschivi, è possibile che, nel complesso, l'aumento della frequenza e dell'intensità dei periodi di siccità faccia aumentare la probabilità di occorrenza di incendi boschivi. Tuttavia tale aumento non sarà uguale in tutte le regioni. Nelle valli secche intralpine (come la Valle del Rodano o l'Engadina) la probabilità di sviluppo di incendi boschivi a seguito dell'aumento dei periodi di siccità estivi aumenterà moderatamente. Si ritiene che il rischio di incendi boschivi crescerà anche nelle regioni più a nord, tuttavia non nelle stesse proporzioni. L'incremento dei periodi di siccità farà salire la probabilità che gli incendi boschivi si sviluppino anche nelle regioni attualmente ancora più umide, con precipitazioni fino a 1100 mm all'anno, nel caso in cui le precipitazioni estive in queste regioni dovessero diminuire, come previsto dai modelli climatici (Wohlgemuth et al. 2010). In base ai modelli non si prevedono cambiamenti significativi per quanto concerne gli incendi boschivi invernali (Pluess et al. 2016).

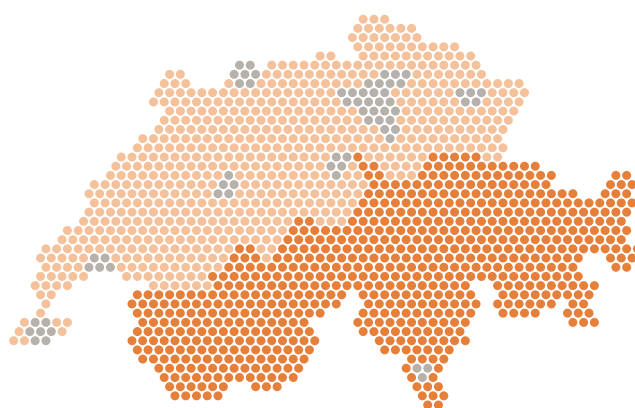
Nelle Alpi e nella Svizzera meridionale, ossia nelle regioni maggiormente colpite da questo tipo di eventi, l'aumento del pericolo di incendi boschivi è moderato. In Ticino è previsto un aumento del numero degli incendi boschivi del 25 per cento (CS7). Nel resto della Svizzera (ad eccezione delle agglomerazioni, in cui il rischio non è di rilievo), molto probabilmente l'aumento del rischio legato ai cambiamenti climatici sarà esiguo (fig. 16).

Figura 16

Variazione del pericolo di incendi boschivi per grande area

Aumento del rischio:

- lieve
- moderato
- irrilevante



Nel corso degli ultimi decenni, nelle montagne sia l'economia forestale sia l'agricoltura hanno subito dei cambiamenti. Oggi si lascia più legno morto nei boschi e le superfici sfruttate dall'agricoltura nelle regioni di montagna si riducono, con la conseguenza che il bosco si estende nei pascoli. Queste tendenze hanno portato a un aumento della biomassa infiammabile.

Inoltre, la crescita demografica e l'aumento delle temperature fanno sì che più persone passano tempo all'aperto, facendo così aumentare la probabilità di incendi boschivi di origine antropica (grigliate all'aperto, mozziconi di sigarette ecc.). Allerte più frequenti ed estese sugli incendi boschivi da parte della Confederazione e dei Cantoni dovrebbero tuttavia contribuire alla sensibilizzazione della popolazione su tali rischi e a un comportamento corresponsabile (CS8).

L'entità dei danni materiali provocati dagli incendi boschivi dipende dal valore dei beni in questione, il quale è, a sua volta, correlato allo sviluppo economico. Danni più gravi possono insorgere quando vengono colpite infrastrutture critiche (p.es. nel settore dell'approvvigionamento energetico).

In generale, l'adattamento ai cambiamenti climatici nel settore dell'economia forestale è giudicato piuttosto elevato (Jörin et al. 2016). Mezzi finanziari scarsi a causa dei prezzi bassi del legname costituiscono tuttavia un ostacolo rilevante.

Nelle Alpi, nella Svizzera meridionale e nel Giura, l'aumento del pericolo di incendi boschivi viene classificato come rischio prioritario. I motivi sono i cambiamenti climatici, lo sviluppo socioeconomico atteso, il possibile coinvolgimento di infrastrutture critiche e il suolo secco (carso) in ampie parti del Giura (fig. 17).

Figura 17

Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento del pericolo di incendi boschivi» è prioritario



Misure di adattamento

Misure come severi divieti di accendere fuochi all'aperto, l'installazione di bacini d'acqua di spegnimento e la costruzione di strade d'accesso contribuiscono a ridurre i rischi di sviluppo di un incendio e a facilitare la lotta contro gli incendi boschivi. Nelle regioni particolarmente colpite da incendi boschivi occorre una strategia globale di lotta contro gli incendi boschivi (Canton Vallese 2009; cfr. anche l'esempio 3 in: Nauser 2016). Le regioni che già in

passato sono state particolarmente colpite dispongono di regola di dispositivi adeguati. Una strategia deve comprendere misure preventive, misure di monitoraggio, misure organizzative per gli interventi dei pompieri, nonché misure per migliorare l'infrastruttura (p.es. accesso all'acqua di spegnimento) (Wohlgemuth et al. 2010).

I costi degli incendi boschivi

La siccità prolungata del 1997 ha provocato lo sviluppo di molti incendi boschivi in Ticino. Per il Canton Ticino i lavori di spegnimento sono costati 4,3 milioni di franchi e le misure selvicolturali 5,7 milioni di franchi. In un anno medio i costi ammontano a circa 1 milione di franchi sia per i lavori di spegnimento sia per le misure selvicolturali (CS7). Dopo l'incendio boschivo di Leuk (VS) nel 2003 sono state necessarie ampie misure di protezione contro i pericoli naturali e di cura del bosco giovane. I costi complessivi fino al 2007 hanno raggiunto circa 2,5 milioni di franchi (PLANAT 2017b).

4.3 Aumento della penuria di acqua

Le risorse idriche vengono utilizzate in modo variegato, fra l'altro per l'approvvigionamento di acqua potabile, per smaltire le acque di scarico, per raffreddare e riscaldare, per produrre energia idroelettrica, per irrigare, per la produzione industriale, l'estrazione di materie prime, la produzione di neve artificiale, il trasporto di merci e la lotta contro gli incendi. Gli organismi acquatici dipendono da un livello dell'acqua sufficientemente alto e da una buona qualità della stessa (UFAM 2012d).

Sebbene in Svizzera la risorsa acqua sia disponibile in eccesso, a livello locale si verificano sempre più di frequente situazioni temporanee di penuria di acqua. Fra le possibili conseguenze rientrano le limitazioni per determinati utilizzi dell'acqua e lo stress per gli ecosistemi acquatici.

La penuria di acqua è uno stato contrassegnato da un disequilibrio tra la disponibilità della risorsa e il fabbisogno dei diversi gruppi di utenti. Nei periodi di penuria, le risorse

se disponibili sono insufficienti per soddisfare la domanda per i diversi utilizzi dell'acqua e il fabbisogno dei diversi ecosistemi (UFAM 2012d). Tali situazioni si verificano in particolare durante i periodi di siccità (Dübendorfer et al. 2016). I conflitti per la protezione e l'utilizzo delle risorse idriche si manifestano soprattutto lungo i corsi d'acqua piccoli e medi, che costituiscono la maggior parte della rete dei corsi d'acqua.

I livelli di magra, le temperature elevate dell'acqua e una cattiva qualità dell'acqua causata da concentrazioni elevate di sostanze nocive possono avere conseguenze gravi per gli organismi acquatici (cfr. cap. 9.1 e 10.1.1). Per questo motivo, in caso di situazioni di penuria, per proteggere gli ecosistemi acquatici occorre limitare i diritti di utilizzo dell'acqua. Le situazioni di penuria si manifestano tipicamente come conflitti fra le esigenze di protezione ecologica delle acque e a quelle di utilizzazione dell'acqua (Björnsen Gurung & Stähli 2014). Quando, per esempio, durante i periodi con livelli di magra o temperature elevate dell'acqua,

- i prelievi per l'irrigazione agricola riducono il livello delle acque e aumentano le temperature (CS6);
- l'utilizzazione dell'acqua per il raffreddamento ne aumenta ulteriormente la temperatura già elevata (a causa dei bassi livelli e delle temperature elevate) (CS2);
- l'utilizzazione dell'acqua per la produzione di energia elettrica minaccia la garanzia di un deflusso residuale minimo nei corsi d'acqua (CS7);
- le acque di scarico vengono immesse in un corso d'acqua, compromettendo in tal modo la qualità dell'acqua (scarso grado di diluzione).

Effetti constatati e previsti

Come hanno mostrato gli eventi del 2003 e del 2015, in Svizzera le penurie di approvvigionamento di acqua potabile sono molto rare (UFAFP et al. 2004, Tratschin et al. 2016). Tuttavia, l'approvvigionamento di acqua potabile può trovarsi in concorrenza con l'irrigazione oppure con l'innevamento. Nel Canton Grigioni, per esempio, un terzo dell'acqua impiegata per l'irrigazione proviene dalla rete dell'acqua potabile (CS5) e nel Comune di Scuol la quantità di acqua utilizzata per la produzione di neve artificiale costituisce il 36,2 per cento del suo consumo complessivo di acqua potabile (Rixen et al. 2011).

Con l'avanzare dei cambiamenti climatici, molto probabilmente le situazioni di penuria di acqua si presenteranno con maggiore frequenza e in modo più marcato. In particolare in estate le diverse conseguenze dei cambiamenti climatici, ovvero l'aumento della siccità meteorologica e la minor disponibilità di acqua di scioglimento, potranno sovrapporsi (cfr. introduzione al cap. 4). Il fatto che in determinati settori il fabbisogno d'acqua aumenterà durante il periodo di siccità (p. es. per l'irrigazione) e che le temperature dell'acqua potranno raggiungere valori critici non farà che alimentare ulteriormente il potenziale di conflitto per l'utilizzazione dell'acqua.

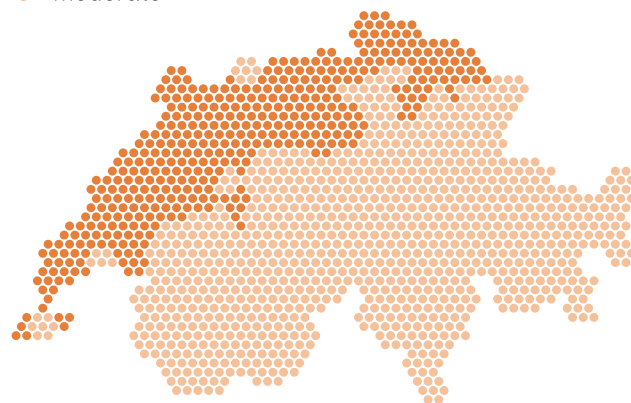
Nel Giura e nell'Altopiano, si prevede un aumento moderato del rischio a causa dei cambiamenti climatici. Il Giura dipende molto dalle precipitazioni poiché i terreni carsici riescono a malapena a trattenere l'acqua. Nell'Altopiano si dovrà tenere conto di una minor disponibilità di acqua di scioglimento del manto nevoso, di un aumento dell'evaporazione nei mesi estivi e, al contempo, di un'elevata pressione sull'utilizzo. Per contro, è probabile che, rispetto a oggi, nelle grandi agglomerazioni, nelle Prealpi, nelle Alpi e nella Svizzera meridionale il rischio di penuria di acqua aumenterà solo in misura esigua (fig. 18).

Figura 18

Variazione del pericolo della penuria d'acqua per grande area

Aumento del rischio:

- lieve
- moderato



Oltre che dai cambiamenti climatici, la disponibilità di acqua di qualità ineccepibile viene influenzata fortemente da fattori socioeconomici. Infatti, la crescita demografica, la pressione urbana, l'attività edile nelle regioni di protezione delle acque oppure il fabbisogno irriguo in aumento aumentano la pressione sulle risorse idriche (Björnsen Gurung & Stähli 2014).

Quando il livello dei corsi d'acqua o delle acque stagnanti si riduce in modo così drastico da minacciare la sopravvivenza delle specie, possono verificarsi conseguenze irreversibili per gli organismi acquatici.

Dato che può interessare anche infrastrutture critiche, la penuria di acqua può essere inasprita da fattori socioeconomici e, nella peggiore delle ipotesi, può causare danni irreparabili alla biodiversità, il rischio viene considerato prioritario in tutte le regioni della Svizzera (fig. 19).

Figura. 19

Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento della penuria d'acqua» è prioritario



Misure di adattamento

Il rischio di penuria di acqua e di conflitti per l'utilizzo dell'acqua può essere ridotto mediante una gestione regionale previdente delle risorse idriche (UFAM 2012d, Accademie svizzere delle scienze 2016a). Le regioni a rischio (Chaix et al. 2016) possono essere identificate e le risorse idriche possono essere gestite a lungo termine (Wehse et al. 2017). A dipendenza della problematica sono ipotizzabili diverse misure. Per l'approvvigionamento di acqua potabile è essenziale l'interconnessione dei

sistemi di approvvigionamento oppure l'accesso a sorgenti indipendenti (CS7, UFAM 2014d). Ulteriori possibilità vengono offerte, per esempio, dall'utilizzazione a cascata dei serbatoi esistenti oppure dalla costruzione di bacini di ritenzione (CS7, Accademie svizzere delle scienze 2016a, Wehse et al. 2017, Nauser 2016). Infine, per risolvere situazioni acute di penuria di acqua esiste un vasto spettro di misure comprovate nella prassi (Dübendorfer et al. 2016).

Le strutture spesso di piccole dimensioni in Svizzera e il numero considerevole di interessi in relazione alla risorsa acqua, richiedono una collaborazione intersettoriale, a livello regionale (Kwiatkowski & Höchli 2016); ciò rende più difficile l'applicazione di misure d'adattamento (Jörin et al. 2016). La Confederazione offre il suo sostegno mettendo a disposizione strumenti di supporto per la gestione regionale delle risorse idriche.¹¹

Penuria di acqua potabile nel Canton Giura e conflitti legati all'acqua nel Canton Turgovia

Nell'estate del 2003, nel Canton Giura è stato necessario stabilire collegamenti d'emergenza provvisori fra diverse reti di approvvigionamento di acqua potabile per garantire l'approvvigionamento in zone discoste. Inoltre, durante la stessa estate, come pure nell'estate e nell'autunno del 2015, alcune case di abitazione e aziende agricole hanno dovuto essere rifornite di acqua tramite camion cisterna (CS6). A causa di esperienze insoddisfacenti, il Canton Turgovia ha elaborato regole chiare per la gestione dell'acqua in caso di penuria. Oggi, quando si delinea una penuria di risorse idriche, trasmette immediatamente messaggi differenziati. Inoltre, sono stati stimati il fabbisogno idrico dell'agricoltura e la disponibilità di risorse idriche attorno al 2060 in caso di avanzati cambiamenti climatici. In tal modo il Cantone dispone di basi per pianificare a lungo termine (UFAM 2017c).

11 www.bafu.admin.ch/gestione-risorse-idriche

4.4 Diminuzione della produzione idroelettrica estiva

Le possibilità di aumentare la produzione idroelettrica invernale in determinate regioni (cfr. cap. 5.2) sono da relativizzare di fronte alla diminuzione della produzione nei periodi estivi di siccità. In questi periodi le quantità di deflusso in calo provocano, fra l'altro, una limitazione della produzione idroelettrica poiché occorre garantire anche il rispetto dei valori soglia ecologici (deflussi residui minimi) (CS7).

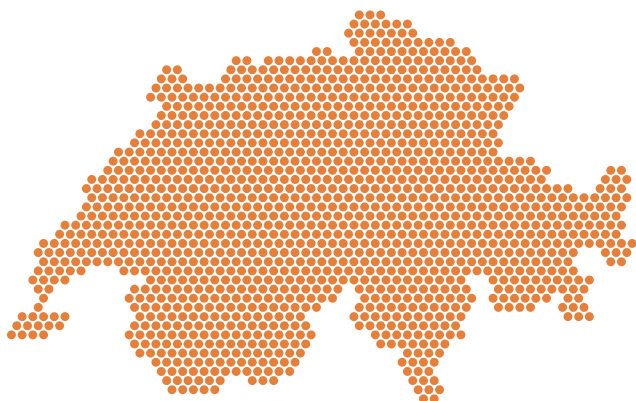
Inoltre, durante i mesi estivi determinati bacini imbriferi sono molto influenzati dallo scioglimento dei ghiacciai. Con il progressivo ritiro dei ghiacciai varia anche il regime di deflusso dei corsi d'acqua e, di conseguenza, la disponibilità di risorse idriche per la produzione di energia elettrica: se in una prima fase le quantità di deflusso aumentano a causa dello scioglimento del ghiaccio, successivamente, quando le masse dei ghiacciai si sono già fortemente ridotte, bisognerà fare i conti con una considerevole riduzione (CS8, Accademie svizzere delle scienze 2016a).

I cambiamenti climatici avranno pertanto conseguenze sulla produzione idroelettrica differenziate a livello temporale e locale. Tuttavia, in tutte le grandi aree sono previsti cambiamenti moderati (fig. 20).

Figura 20
Variazione della produzione idroelettrica estiva per grande area

Aumento del rischio:

- moderato



Tale limitazione della produzione idroelettrica durante i periodi di siccità rappresenta un rischio prioritario in tutta la Svizzera (fig. 21).

Figura 21
Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento della produzione idroelettrica estiva» è prioritario



5 Innalzamento del limite delle nevicate



- Perdite nel turismo invernale
- Aumento della produzione energetica invernale
- Materiali e costi di manutenzione causati dalla neve



Tempo caldo a Verbier in dicembre (2011)

Foto: Anja Niedringhaus/Keystone/AP Photo

La Svizzera è un Paese che si distingue per la sua eterogeneità topografica. La metà della superficie del territorio si situa a un'altitudine superiore a 1000 m e quasi un quarto a un'altitudine superiore a 2000 m. Di conseguenza, un terzo delle precipitazioni sul territorio nazionale avviene sotto forma di neve (Jonas 2012).

La neve è una risorsa importante per l'ambiente naturale (p. es. funzione di protezione per la vegetazione) come pure per la società e le sue attività economiche (p. es. turismo invernale, produzione idroelettrica, riserve di acqua potabile). Tuttavia, può anche costituire un considerevole pericolo quando provoca valanghe, incidenti della circolazione stradale oppure danni materiali agli edifici

(dovuti al carico della neve) (Klein et al. 2016, Scherrer & Appenzeller 2004).

Il limite delle nevicate influenza la distribuzione e la durata della copertura nevosa, che a loro volta influenzano in modo considerevole l'evoluzione dei ghiacciai e il distacco di valanghe. Il passaggio dalle precipitazioni sotto forma di neve a quelle sotto forma di pioggia e lo stato dei ghiacciai influenzano a loro volta il regime di deflusso dei corsi d'acqua che nascono nella regione alpina.

Estensione e altezza della neve: i cambiamenti climatici manifestano già oggi in modo considerevole i loro effetti, sia per quanto concerne la durata della copertura nevosa

sia per l'altezza massima della neve. Oggi, la stagione della neve (ossia la durata media della copertura nevosa) inizia in media 12 giorni più tardi e termina 26 giorni prima rispetto al 1970. Al contempo, l'altezza massima della neve è diminuita, a dipendenza delle regioni, tra il 4 e l'11 per cento (Klein et al. 2016). Queste tendenze sono da ricondurre all'aumento della temperatura, che riduce l'accumulo nevoso invernale (più pioggia al posto della neve) e accelera il processo di scioglimento delle nevi (Serquet et al. 2011, Scherrer & Appenzeller 2004, Marty 2008, Scherrer et al. 2013). Allo stesso tempo, la durata della copertura nevosa è soggetta a forti variazioni annuali, decadali e regionali (Beniston 2012, Scherrer et al. 2013). Durante gli anni 2013/2014 – 2015/2016 il versante meridionale della catena alpina principale ha subito tre inverni rigidi consecutivi.

Per la fine di questo secolo, i modelli climatici prevedono, rispetto ai valori attuali, da quattro a otto settimane di copertura nevosa in meno. Inoltre, si prospetta l'innalzamento del limite delle nevicate di 500 – 700 metri (Accademie svizzere delle scienze 2016a, Steger et al. 2013, Marty et al. 2017). Tuttavia, anche in futuro non sono da escludere inverni ricchi di neve e particolarmente freddi.

Ghiacciai: le nevicate e la loro distribuzione spaziale influenzano lo stato dei ghiacciai. Nella parte superiore di un ghiacciaio, dove la temperatura è inferiore a 0°C tutto l'anno, la neve caduta si accumula e si compatta sotto l'influsso del proprio peso fino a diventare ghiaccio. In questo modo la neve alimenta il ghiacciaio. Nella parte inferiore del ghiacciaio, dove le temperature sono talvolta superiori a 0°C, nel corso dell'estate il manto nevoso invernale si scioglie. Quando la quantità di neve accumulata è maggiore della quantità sciolta, il ghiacciaio si estende; nel caso contrario si ritira.

Nelle Alpi svizzere si contano quasi 2000 ghiacciai, che ricoprono una superficie di quasi 1000 km² (UFAM 2012a), ossia una percentuale del 2,5 per cento della superficie nazionale totale. Al termine della «piccola età glaciale», nel 1850, la loro superficie era ancora di 1800 km². Il ritiro dei ghiacciai verificatosi da allora corrisponde a una perdita di volume del 50 per cento circa (UFAM 2012a).

In Svizzera, lo scioglimento dei ghiacciai è una delle conseguenze più evidenti dei cambiamenti climatici. La riduzione delle nevicate e in particolare l'aumento delle temperature provocano il ritiro dei ghiacciai. Vi contribuiscono soprattutto le temperature elevate in primavera e in autunno poiché prolungano il periodo in cui viene a mancare un manto nevoso sui ghiacciai, cosicché il ghiaccio sulla superficie si scioglie per effetto dell'irraggiamento solare (Bauder et al. 2007, Lüthi et al. 2010). Entro il 2100 rimarrà solamente il 20 – 30 per cento del volume odierno dei ghiacciai (UFAM 2012a).

Valanghe: esistono diversi tipi di valanghe, che possono essere classificati in vari modi. Dal punto di vista dei cambiamenti climatici è particolarmente importante distinguere tra le valanghe di neve asciutta (neve polverosa) quelle di neve umida (neve pesante a causa del forte contenuto di acqua nel manto nevoso) (TECFA 2016, SLF 2016).

Se si considerano le valanghe occorse fino a oggi, non sono rilevabili tendenze significative. È probabile che in futuro la frequenza e la potenza delle valanghe evolveranno diversamente in base alla quota. Se aumenteranno le nevicate ad alta quota (aumento delle precipitazioni in inverno), in queste regioni aumenteranno anche le valanghe di neve asciutta, abbracciando aree più estese. Probabilmente aumenteranno considerevolmente anche la frequenza e la potenza delle valanghe di neve umida ad alta quota, le quali, secondo le previsioni, nelle Prealpi diventeranno sempre più rare e di dimensioni inferiori. (Geo7 2012). Sullo sviluppo delle cosiddette valanghe disastrose, molto grandi, che si staccano abitualmente all'altezza del limite superiore del bosco o al di sopra e si spingono fino a valle, non si possono ancora fare previsioni.

Regime di deflusso: nella maggior parte dei bacini imbriferi della Svizzera, il manto nevoso rappresenta un'importante componente che influenza il regime di deflusso (SGHL & CHy 2011). La quantità massima di deflusso dei corsi d'acqua alpini viene raggiunta con lo scioglimento delle nevi a primavera (per il regime nivale) e con lo scioglimento dei ghiacciai in estate (per il regime glaciale) (Blanc & Schädler 2013).

Le riserve idriche provenienti dallo scioglimento delle nevi sono responsabili, in Svizzera, di quasi il 40 per cento (media degli anni 1980 – 2009) delle quantità di deflusso (UFAM 2012a). Il due per cento della quantità di deflusso complessiva proviene dai ghiacciai in scioglimento (Blanc & Schädler 2013).

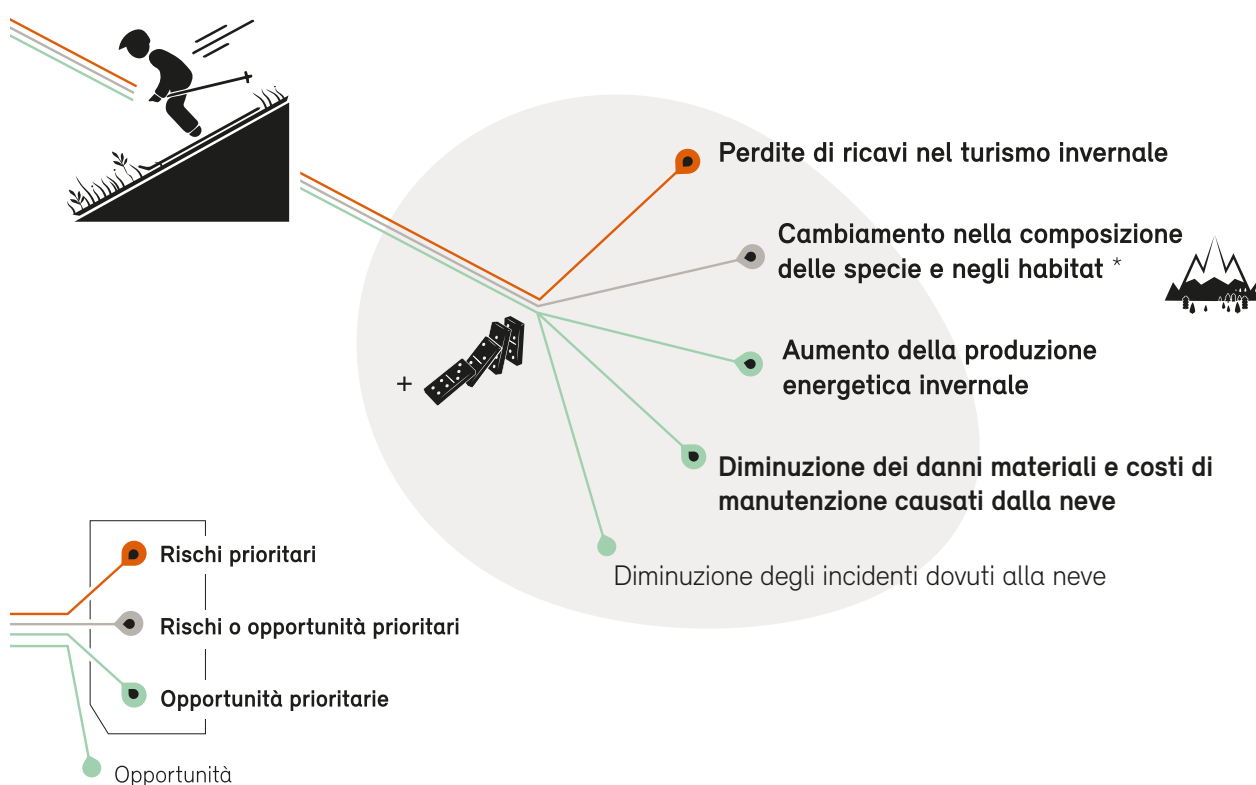
Per quanto concerne i deflussi, non è tanto la quantità di deflusso annuale a variare, quanto la sua distribuzione stagionale. Nella maggior parte delle regioni della Svizzera si prevede un incremento dei deflussi invernali, dovuto all'incremento delle precipitazioni e alla percentuale crescente di precipitazioni sotto forma di pioggia. In estate, invece, in molte regioni si prevede una riduzione dei deflussi sulla base della diminuzione delle precipitazioni, di una maggiore evaporazione e di uno scioglimento precoce delle nevi (Accademie svizzere delle scienze 2016a). Di conseguenza, nel 2085 l'acqua di scioglimento

potrebbe costituire soltanto il 25 per cento del volume di deflusso. Questo calo potrebbe comportare nell'Altopiano livelli inferiori in caso di magra e periodi di magra più lunghi. Nelle Alpi, nelle zone con grandi superfici ghiacciate, la perdita di volume dei ghiacciai può comportare un ulteriore aumento dei deflussi nella prima metà del secolo, seguito da una loro drastica riduzione nella seconda metà.

Complessivamente, in tutte le regioni della Svizzera la variabilità intrannuale e interannuale dei deflussi aumenta poiché l'effetto di attenuazione della neve in quanto riserva idrica diminuisce (Accademie svizzere delle scienze 2016a). Tuttavia, i cambiamenti futuri non dipendono soltanto dagli influssi climatici. Già oggi, a causa delle opere di sbarramento un regime di deflusso naturale non esiste più in molti bacini imbriferi. Le quantità di deflusso sono più che altro influenzate dai modelli di gestione delle centrali idroelettriche.

Figura 22

Innalzamento del limite delle nevicate: panoramica dei rischi e delle opportunità prioritari e non prioritari



* Aspetto analizzato sotto un'altra sfida

La figura 22 mostra i rischi e le opportunità prioritari e non prioritari associati alla sfida «Innalzamento del limite delle nevicate».

5.1 Aumento delle perdite di ricavi nel turismo invernale

Nella maggior parte dei Cantoni, nelle regioni alpine e prealpine il turismo invernale rappresenta un ramo importante dell'economia. In alcune regioni buona parte dei posti di lavoro e del valore aggiunto vi dipende infatti direttamente. Nel Canton Grigioni, per esempio, il turismo invernale rappresenta il 30 per cento dei posti di lavoro e del prodotto interno lordo e il 93 per cento dei ricavi annui nel settore turistico è generato durante la stagione invernale (CS5).

Il valore aggiunto del turismo invernale comprende sia le entrate dirette provenienti dall'esercizio degli impianti di trasporto a fune o dai pernottamenti alberghieri sia le entrate indirette legate ad altre attività del tempo libero o alla vendita di prodotti (articoli sportivi, generi alimentari ecc.) e servizi (altre attività del tempo libero, ristorazione ecc.).

Nelle stazioni di sport invernali a bassa quota già si osservano spesso periodi con carenza di neve (CS6, CS7). Nel corso dell'ultimo decennio, il numero di giornate sciistiche¹² è diminuito quasi del 20 per cento. Nello stesso periodo, circa una dozzina di comprensori sciistici ha dovuto chiudere i battenti a causa di difficoltà finanziarie o della carenza di neve (FS 2015b). Di anno in anno le nevicate sono soggette a forti oscillazioni. Di conseguenza, le entrate riconducibili al turismo variano da un inverno all'altro in funzione della presenza di molta o poca neve.

Le chiusure dei comprensori sciistici non sono riconducibili esclusivamente alla carenza di neve, bensì anche alla cattiva situazione economica di molte stazioni sciistiche svizzere. Infatti, dato che i clienti hanno aspettative sempre maggiori, le spese d'esercizio aumentano, tra l'altro per l'esercizio di impianti d'innnevamento. Numerosi

impianti di trasporto a fune dipendono dai contributi di sostegno dei Comuni o di donatori (Genier 2016).

Effetti constatati e previsti

L'innalzamento del limite delle nevicate e delle temperature medie provoca una riduzione della sicurezza della neve¹³ e un accorciamento della stagione invernale, con conseguenti perdite di ricavi (CS3, CS8). Soprattutto la carenza di neve durante i giorni festivi di fine anno (Natale/Capodanno) ha effetti considerevoli sui bilanci delle stazioni sciistiche poiché una parte significativa del fatturato è generata durante questo periodo (CS3, CS8, CH2014-Impacts 2014, Abegg 2012). La pratica degli sport sulla neve è minacciata soprattutto a bassa e media quota. Infatti, per questi luoghi non è soltanto la carenza della neve ma anche l'assenza di un'atmosfera invernale a rappresentare un inconveniente talmente incisivo da indurre i clienti a ripiegare su destinazioni ubicate ad alta quota (Gillioz 2016). Si aggiunge il fatto che, con la chiusura a bassa quota dei comprensori sciistici per le famiglie, una parte della popolazione non impara più a sciare. Pertanto vi è il rischio che, a medio termine, le nuove generazioni non praticheranno più gli sport sulla neve (CH2014-Impacts 2014). A livello internazionale, il ripiego dei clienti potrà avere effetti positivi per la Svizzera poiché, grazie alla sua quota elevata, offre maggiori possibilità di trovare la neve rispetto ai Paesi circostanti.

L'innnevamento sempre minore si ripercuote da un lato sui ricavi degli impianti di trasporto a fune e delle attività correlate (industria alberghiera, commercio al dettaglio ecc.), dall'altro provoca costi supplementari per le misure di adattamento, come l'innnevamento artificiale (CS8).

Nelle Prealpi, il rischio legato al clima è notevole, mentre nelle regioni alpine è moderato. Nell'arco alpino sono colpite in particolare le regioni a media e bassa quota. Nelle regioni del Giura e nella Svizzera meridionale il rischio di una (ulteriore) riduzione dei ricavi del turismo invernale è esiguo (fig. 23).

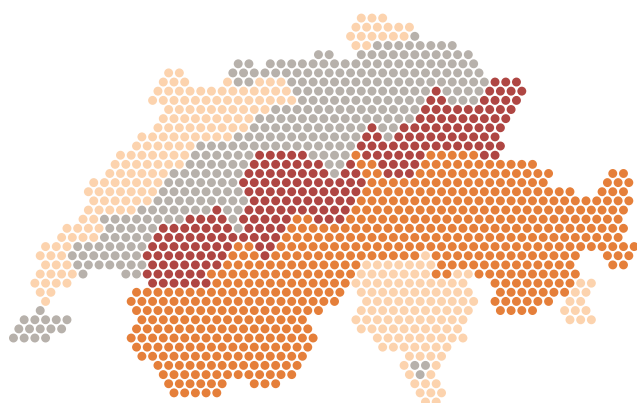
¹² Per giornata sciistica s'intende il titolo di accesso a un comprensorio sciistico acquistato da una persona per praticare lo sci o lo snowboard, indipendentemente dalla tariffa pagata (FS 2015b).

¹³ Un comprensorio sciistico è considerato a innnevamento sicuro quando per sette anni su 10 il manto nevoso raggiunge 30 cm per almeno 100 giorni all'anno (Accademie svizzere delle scienze 2016a).

Figura 23
Variatione delle perdite di ricavi nel turismo invernale per grande area

Aumento del rischio:

- lieve
- moderato
- notevole
- irrilevante



Il settore del turismo è influenzato fortemente da parametri socioeconomici (CS3, CS6, CS7). In particolare per gli ospiti provenienti dall'eurozona, i tassi di cambio rivestono un ruolo importante (Accademie svizzere delle scienze 2016a). In Svizzera i visitatori sono molto flessibili nella pianificazione dei viaggi e decidono in modo spontaneo se intraprendere un'altra attività, in base alle condizioni meteorologiche (CS3, CS6, CS7).

Inoltre, lo sviluppo delle attività turistiche (offerte di pernottamenti, infrastrutture di trasporto, impianti sportivi ecc.) può entrare in conflitto anche con la protezione della natura o con gli obiettivi di politica energetica (consumo di acqua e di energia per l'innnevamento artificiale).

A causa dei mutamenti dovuti al clima nonché degli ulteriori fattori d'influenza, nelle Prealpi e nelle Alpi l'aumento delle perdite di ricavi nel turismo invernale è classificato tra i rischi prioritari (fig. 24).

Figura 24
Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento delle perdite di ricavi nel turismo invernale» è prioritario



Misure di adattamento

Una misura di adattamento già oggi molto diffusa consiste nell'innnevamento artificiale delle piste. Attualmente, infatti, in Svizzera il 48 per cento delle piste preparate è innnevato artificialmente (FS 2015a). Oltre alla carenza di neve, uno dei motivi dell'innnevamento artificiale è la garanzia di condizioni ottimali sulle piste. Tuttavia, tale metodo è costoso e richiede grandi quantità di acqua e di energia (Accademie svizzere delle scienze 2016a); pertanto non si tratta di un metodo all'insegna della sostenibilità (CS3, CS5, CS6, CS8).

Ulteriori misure di adattamento consistono nella diversificazione dell'offerta turistica in inverno (promozione delle attività che non dipendono dalla presenza di neve), nonché nello sviluppo di offerte turistiche fruibili durante tutto l'arco dell'anno (cfr. cap. 12.2) (CS3, CS5, CS6).

Monte Tamaro – rinuncia al turismo invernale
 Nel 2003 il Monte Tamaro (TI), nota meta per escursioni, ha rinunciato, a causa dell'insufficiente innnevamento, al turismo invernale, puntando, a titolo sostitutivo, su offerte turistiche per l'estate, la primavera e l'autunno (parco avventura, slittovia, tirolese ecc.). I nuovi impianti possono essere utilizzati otto mesi all'anno.

5.2 Aumento della produzione energetica invernale

L'innalzamento del limite delle nevicate permette durante l'inverno di aumentare la produzione idroelettrica e – sebbene in minor misura – la produzione di energia solare. Tale aspetto non è tuttavia approfondito in questa sede poiché il potenziale per un incremento della produzione di energia solare a seguito della minor durata della presenza di neve sui collettori solari è scarso.

La produzione idroelettrica riveste un ruolo importante per l'approvvigionamento energetico della Svizzera. Infatti, il 56 per cento della produzione indigena di energia elettrica proviene da centrali idroelettriche. A livello locale, il significato economico delle centrali idroelettriche può essere molto importante. Nel Canton Grigioni, rappresentano l'11 per cento del valore aggiunto lordo cantonale (CS5).

Effetti constatati e previsti

A causa dei cambiamenti climatici, in futuro in inverno le precipitazioni aumenteranno e cadranno sempre più spesso sotto forma di pioggia anziché neve. In futuro, dunque, in inverno le quantità di deflusso saranno maggiori poiché la pioggia, a differenza della neve, defluisce direttamente attraverso i corsi d'acqua, cosicché la produzione idroelettrica invernale potrà essere aumentata (CS1 – CS3, CS5).

Tuttavia, le conseguenze delle mutate quantità di deflusso sulla produzione idroelettrica devono essere considerate in modo differenziato. Da un lato, il rapporto tra quantità di deflusso e produzione idroelettrica non è lineare e la capacità di produzione dipende in misura considerevole da ulteriori fattori come il dimensionamento e il genere di impianto. La variazione del regime di deflusso dei corsi d'acqua rappresenta un'opportunità in particolare per le centrali fluviali, mentre la produzione delle centrali ad accumulazione dipende piuttosto dall'invaso e pertanto dalla quantità annua di deflusso.

D'altro lato, la variabilità delle quantità di deflusso potrebbe aumentare sensibilmente (cfr. la parte introduttiva del capitolo). A Ginevra e a Basilea, quindi, le variazioni del potenziale dell'energia idroelettrica dovute ai cam-

biamenti climatici saranno, per esempio, inferiori rispetto alle fluttuazioni naturali delle quantità di deflusso del Rodano e del Reno (CS2, CS4). Inoltre, in determinate regioni caratterizzate dallo scioglimento del permafrost e/o dei ghiacciai, le variazioni del regime idrologico saranno accompagnate dalla mobilitazione di materiale sciolto, fattore che comporterà un aumento delle quantità di materiale solido di fondo e, di conseguenza, anche costi di manutenzione più elevati negli impianti di produzione idroelettrica e una capacità di stoccaggio inferiore dei bacini di accumulazione (cfr. cap. 7.2).

Complessivamente, tale opportunità legata ai cambiamenti climatici viene classificata come lieve per la Svizzera. Localmente, tuttavia, l'evoluzione del potenziale di produzione idroelettrica varia in modo considerevole poiché il regime di deflusso dei corsi d'acqua dipende dalle condizioni locali, come la topografia, ma anche dalle caratteristiche idrologiche del bacino imbrifero (fig. 25).

Figura 25

Variazione della produzione energetica invernale per grande area

Aumento dell'opportunità:

● lieve



Se oltre agli influssi legati ai cambiamenti climatici si considerano gli ulteriori fattori d'influenza, l'aumento della produzione energetica costituisce un duplice vantaggio. Da un lato, l'aumento avviene in inverno, un periodo dell'anno in cui i prezzi dell'energia elettrica sono elevati a causa della forte domanda (CS1, CS3). Dall'altro, l'aumento rappresenta un'opportunità per la sicurezza dell'approvvigionamento poiché è possibile aumentare la

produzione di energia elettrica nei mesi invernali e dunque in una stagione in cui complessivamente viene prodotta relativamente poca energia elettrica (Accademie svizzere delle scienze 2016a).

Tuttavia, la produzione idroelettrica è influenzata anche da altri parametri, per esempio dai prezzi dell'energia e dai canoni per i diritti d'acqua. Allo stesso modo, un sovvenzionamento maggiore delle nuove energie rinnovabili riduce la redditività della produzione idroelettrica (Filipini & Geissmann 2014).

Inoltre nel settore dell'energia la capacità di adattamento alle condizioni climatiche mutate è bassa, visti il difficile contesto economico del settore e la complessità delle strutture giuridiche (regolamentazioni cantonali diverse) (Jörin et al. 2016).

A causa delle variazioni legate ai cambiamenti climatici e degli ulteriori criteri, nelle Alpi l'aumento della produzione idroelettrica è stato classificato tra le opportunità prioritarie (fig. 26). Qui si può partire dal presupposto che le misure di adattamento per sfruttare tale opportunità verranno adottate dal settore autonomamente in base a riflessioni di carattere economico e a dipendenza delle condizioni quadro politiche.

Figura 26
Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento della produzione energetica invernale» è prioritario



Opportunità per la produzione idroelettrica nel Canton Grigioni

Nel Canton Grigioni, l'elaborazione di modelli climatici ha consentito di stimare l'evoluzione della produzione delle centrali idroelettriche per il periodo 2021 – 2050. Per le centrali situate in Prettigovia è risultato per esempio un aumento della produzione annua del 9,3 per cento circa. L'aumento previsto ammonta al 26 per cento in inverno e allo 0,4 per cento in estate (Hänggi 2011).

5.3 Diminuzione dei danni materiali e dei costi di manutenzione causati dalla neve

Ogni anno, in inverno, vengono spese ingenti somme per la manutenzione e la riparazione della rete stradale. Inoltre, la caduta di valanghe e il carico della neve durante i mesi invernali provocano danni alle infrastrutture e agli edifici. L'innalzamento del limite delle nevicate e della temperatura media rappresenta quindi un potenziale di risparmio in questo settore.

Un esempio di costi di manutenzione causati dalla neve è il consumo di sale stradale. Infatti, in media, i Comuni, i Cantoni e i dettaglianti, le imprese di costruzione, le imprese dei trasporti pubblici e altri acquirenti acquistano ogni anno circa 220 000 tonnellate di sale presso le saline. Durante gli inverni particolarmente nevosi vengono impiegate fino a 400 000 tonnellate di sale. Esiste una chiara correlazione fra le precipitazioni nevose e il consumo di sale (MeteoSvizzera 2015).

I danni materiali e i costi di manutenzione trattati nel presente capitolo possono essere considerati in modo differenziato dal punto di vista spaziale.

Ad alta e bassa quota si prevedono:

- costi per la manutenzione delle strade causati dalla neve (sgombero, spargimento di sale e ghiaia);
- danni alla pavimentazione stradale a causa del passaggio dal gelo al disgelo (CS1, CS6).

mentre ad alta quota soltanto si prevedono:

- danni a infrastrutture ed edifici dovuti al carico o alla pressione della neve, i quali dipendono in prima linea dal contenuto d'acqua della neve. Un metro cubo di neve bagnata pesa infatti quasi quattro volte quanto un metro cubo di neve polverosa (Allarme-Meteo 2016);
- danni a infrastrutture ed edifici causati da valanghe. Complessivamente, negli scorsi anni questi danni sono diminuiti, fra l'altro grazie alla considerazione più rigorosa del pericolo di valanghe nella pianificazione del territorio (CS5).¹⁴

Effetti constatati e previsti

Costi di manutenzione causati dalla neve: da qui al 2060 è prevista una riduzione del numero di giorni di neve fresca, in particolare a media e bassa quota. Ciò dovrebbe comportare una riduzione delle spese per lo sgombero della neve. L'impiego di sale potrebbe scendere dalle attuali 220 000 tonnellate a 120 000 tonnellate nel 2060. Tuttavia, non si esclude un possibile aumento a livello locale del consumo di sale nelle regioni ad alta quota (MeteoSvizzera 2015).

Danni dovuti al gelo: considerando che il numero di giorni di gelo diminuirà, in alcune regioni è possibile un calo dei danni dovuti al gelo (CS1, CS2, CS7). In altre regioni tali danni potrebbero invece aumentare, perché i periodi di gelo persistenti diventeranno più rari, mentre i periodi con un'alternanza di gelo e disgelo diventeranno più frequenti (CS6).

Danni dovuti al carico della neve: in linea di massima, con la riduzione delle precipitazioni nevose, i danni dovuti al carico della neve dovrebbero diminuire (CS6, CS7, CS8). Con temperature medie più elevate, un lieve incremento a breve termine e a livello locale dei danni di questo tipo è tuttavia possibile in presenza di un aumento delle precipitazioni di neve bagnata e del carico che comportano (CS5).

¹⁴ Le cosiddette valanghe disastrose provocate da neviccate estreme che si staccano all'altezza del limite superiore del bosco o al di sopra e si spingono fino a valle non vengono trattate in questa sede poiché le basi di conoscenze relative alle loro variazioni legate ai cambiamenti climatici sono insufficienti.

Danni dovuti alla caduta di valanghe: le basi di conoscenze sulle variazioni dell'attività delle valanghe sono ancora insufficiente per poter formulare considerazioni sull'evoluzione dei danni. Nonostante il riscaldamento climatico, la possibilità che vi siano inverni caratterizzati da molta neve rimarrà sostanzialmente invariata.

Le proporzioni di tali opportunità legate ai cambiamenti climatici variano da regione a regione. Nelle grandi agglomerazioni, sull'Altopiano e nella Svizzera meridionale, la diminuzione dei danni e dei costi di manutenzione causati dalla neve è moderata. Nelle Alpi e nelle Prealpi, nonché nel Giura i risparmi previsti sono esigui e concernono principalmente i fondivalle. Il potenziale di risparmio in seguito alla riduzione dei costi di sgombero della neve sono compresi, a seconda delle regioni, tra il 30 e il 77 per cento (Ginevra e Uri: 30 % ciascuno, Friburgo: 60 %, Argovia: 70 %, Ticino: 77 %) (fig. 27).

Figura 27

Variazione dei danni materiali e dei costi di manutenzione causati dalla neve per grande area

Aumento dell'opportunità:

- lieve
- moderato



Anche lo spargimento di sale rappresenta un carico inquinante (inquinamento della falda) e può provocare danni a flora e fauna locali. L'uso parsimonioso del sale contribuisce a ridurre i danni all'ambiente. Inoltre, dovrebbero diminuire anche i costi di scarico delle acque stradali, lo spurgo delle canalizzazioni e il trattamento delle acque negli impianti di depurazione. Anche i danni alle infra-

strutture (rivestimenti nonché costruzioni in calcestruzzo e in acciaio) e ai veicoli (corrosione) vengono meno se si utilizza il sale con parsimonia (Zuber 2015).

A causa delle variazioni legate ai cambiamenti climatici, nonché degli ulteriori fattori d'influenza, la diminuzione dei danni materiali e dei costi di manutenzione causati dalla neve è stata classificata in tutta la Svizzera tra le opportunità prioritarie (fig. 28). Non occorrono particolari misure di adattamento per sfruttare tale opportunità.

Figura 28

Grandi aree nelle quali l'opportunità «Diminuzione dei danni materiali e dei costi di manutenzione causati dalla neve» è prioritaria



Costi per il servizio invernale nelle Prealpi friburghesi

Nelle Prealpi friburghesi, i costi per i lavori di sgombero della neve sulle strade nazionali, cantonali e comunali ammontano a 7,4 milioni di franchi all'anno. Con l'innalzamento del limite delle nevicate, tali costi potrebbero ridursi in modo marcato. Nel 2060, potrebbero scendere a soli 3 milioni di franchi l'anno. I costi per i danni alle strade dovuti al gelo dovrebbero invece scendere dagli attuali 0,6 a 0,4 milioni di franchi all'anno nel 2060. Per il Cantone e i Comuni interessati, il potenziale di risparmio è pertanto considerevole (CS3).

6 Rischio più elevato di piene



- Danni alle persone
- Danni materiali



Piena in seguito a grave maltempo ad Altstätten nel Canton San Gallo (2014)

Foto: KEYSTONE_Ennio Leanza

In Svizzera, la protezione contro le piene ha per tradizione una priorità elevata e nel corso degli anni, a causa di eventi dannosi straordinari, ha avuto un notevole sviluppo. Infatti, la piena verificatasi nel 1987 è sfociata nell'attuale legge federale del 21 giugno 1991 sulla sistemazione dei corsi d'acqua (RS 721.100), che definisce, tra l'altro, i requisiti ecologici relativi alla protezione contro le piene. La piena occorsa nel 2005 ha mostrato in modo evidente che cosa accade in caso di sovraccarico. Tenendo conto, nella pianificazione di progetti di protezione contro le piene, del rischio di sovraccarico ci si può assicurare che le opere di protezione non cedano e non provochino danni sproporzionati (UFAM 2017a).

Ciononostante, a causa delle forze in gioco e delle superfici e dei beni potenzialmente in pericolo, il rischio di piene rimane notevole. Per proteggere le persone e i beni materiali considerevoli è quindi importante monitorare l'evoluzione di queste due componenti.

Piogge intense o di lunga durata e/o lo scioglimento delle nevi possono avere come conseguenza un livello elevato delle acque stagnanti oppure l'aumento del deflusso dei corsi d'acqua. Quando il livello dell'acqua raggiunge un livello nettamente superiore al valore medio pluriennale, si parla di piena. Si distinguono due tipi di inondazioni (PLANAT 2017a):

- nei torrenti e nei corsi d'acqua di montagna le forti correnti possono provocare straripamenti («inondazione dinamica»). In questi casi, l'acqua può erodere il letto del fiume sia lateralmente sia in profondità. Il materiale detritico e il pietrame vengono portati dalla corrente o depositati al di fuori dell'alveo;
- nei terreni piani, invece, il livello dell'acqua di un fiume o di un lago aumenta lentamente e l'acqua esce dagli argini («inondazione statica»). Anche in questo caso possono verificarsi erosioni di sponda o del letto con trasporto e deposito di materiali solidi.

Il presente capitolo tratta anche i fenomeni seguenti:

- le piene dovute allo svuotamento o a onde di piena dei laghi glaciali;
- le inondazioni provocate dal deflusso superficiale dovuto a forti precipitazioni;
- le colate detritiche, un miscuglio di acqua e materiali solidi che scorre a velocità variabile, che spesso si abbatte a più riprese (Loat & Meier 2003).

Evoluzione osservata e attesa

In passato sono sempre state registrate piene disastrose, per esempio quella del 1852, considerata una delle maggiori piene dell'Altopiano svizzero (Röthlisberger 1991, Wetter 2011). Dal punto di vista storico vi sono tuttavia stati anche periodi contrassegnati da un numero esiguo di eventi. Il periodo tra il 1880 e il 1970 viene infatti definito il «periodo esente da catastrofi» (Pfister 2009).

Dagli anni Settanta gli eventi alluvionali sono diventati più frequenti (Schmocker-Fackel & Naef 2010) con i gravi danni causati dal maltempo del 1977 nel Canton Uri (Röthlisberger 1991) e con le inondazioni estreme nella regione alpina nell'estate del 1987 (Pfister 2009). Inoltre, gli sviluppi socioeconomici, come l'espansione dello spazio urbano e una conseguente maggiore concentrazione di beni di valore, hanno comportato un marcato aumento del potenziale di danni (Pfister 2009).

Per valutare come potrebbero mutare le piene in un clima più caldo bisogna considerare i seguenti processi:

- una percentuale maggiore di precipitazioni invernali sotto forma di pioggia invece che di neve, che assie-

La piena del 21/22 agosto 2005

Durante l'evento del 21/22 agosto 2005 sono stati soprattutto i grandi fiumi e laghi a provocare inondazioni di lunga durata e su ampie superfici, sebbene perlopiù con pochi detriti. Con sei morti e danni complessivi per circa 3 miliardi di franchi tale evento ha superato, dal punto di vista dei morti e dei danni, tutti gli eventi naturali occorsi dal 1972, anno d'inizio della registrazione sistematica dei danni provocati dal maltempo. I Cantoni Berna, Lucerna, Uri, Obvaldo e Nidvaldo sono stati colpiti in modo particolarmente grave. Quasi un terzo di tutti i Comuni svizzeri ha registrato danni. Oltre ai danni a beni mobili e immobili privati sono stati registrati danni in molti altri settori. Infatti, sono stati danneggiati anche edifici pubblici, alberghi, imprese commerciali, infrastrutture di trasporto, opere di protezione contro le piene, impianti di approvvigionamento elettrico e idrico, costruzioni e colture agricole, nonché infrastrutture turistiche. È inoltre stato necessario evacuare oltre 3000 persone e sono stati registrati anche considerevoli costi indiretti come le perdite nell'ambito del turismo. Tali costi non sono tuttavia considerati fra i danni complessivi poiché non vi sono cifre in grado di suffragarli (UFAM & WSL 2007).

me all'aumento previsto della quantità di precipitazioni farà aumentare i deflussi in inverno;

- lo scioglimento precoce della neve con la crescente probabilità che coincida con precipitazioni invernali intense e deflussi invernali maggiori;
- la riduzione delle riserve nevose che si sciolgono soltanto in primavera e il conseguente calo della possibilità di piene primaverili;
- il calo dei deflussi in estate.

A causa di questi cambiamenti, nel complesso il pericolo di piene dovrebbe aumentare (Accademie svizzere delle scienze 2016a). Il periodo potenziale di piene potrebbe slittare dall'inizio dell'estate al semestre invernale e in parte anche prolungarsi. Attraverso il processo di scioglimento del permafrost e il ritiro dei ghiacciai dovrebbe inoltre aumentare la disponibilità di materiale

sciolto, fattore che, a dipendenza delle condizioni geologiche, potrebbe rafforzare il trasporto di materiale solido di fondo nei corsi d'acqua di montagna (UFAM 2012a, CH2014-Impacts 2014, Accademie svizzere delle scienze 2016a). A tale proposito occorre distinguere fra i diversi processi nei torrenti, nei corsi d'acqua di montagna e nel tratto a valle dei corsi d'acqua (Geo7 2012).

Se in futuro le piene saranno più frequenti a causa dell'improvviso svuotamento dei nuovi laghi creatisi nella zona antistante i ghiacciai dipende molto dalle caratteristiche locali. Una valutazione è possibile solamente nel singolo caso.

In un clima più caldo, le inondazioni dovute al deflusso superficiale e provocate da forti precipitazioni potrebbero aumentare, sia dal punto di vista dell'intensità che della

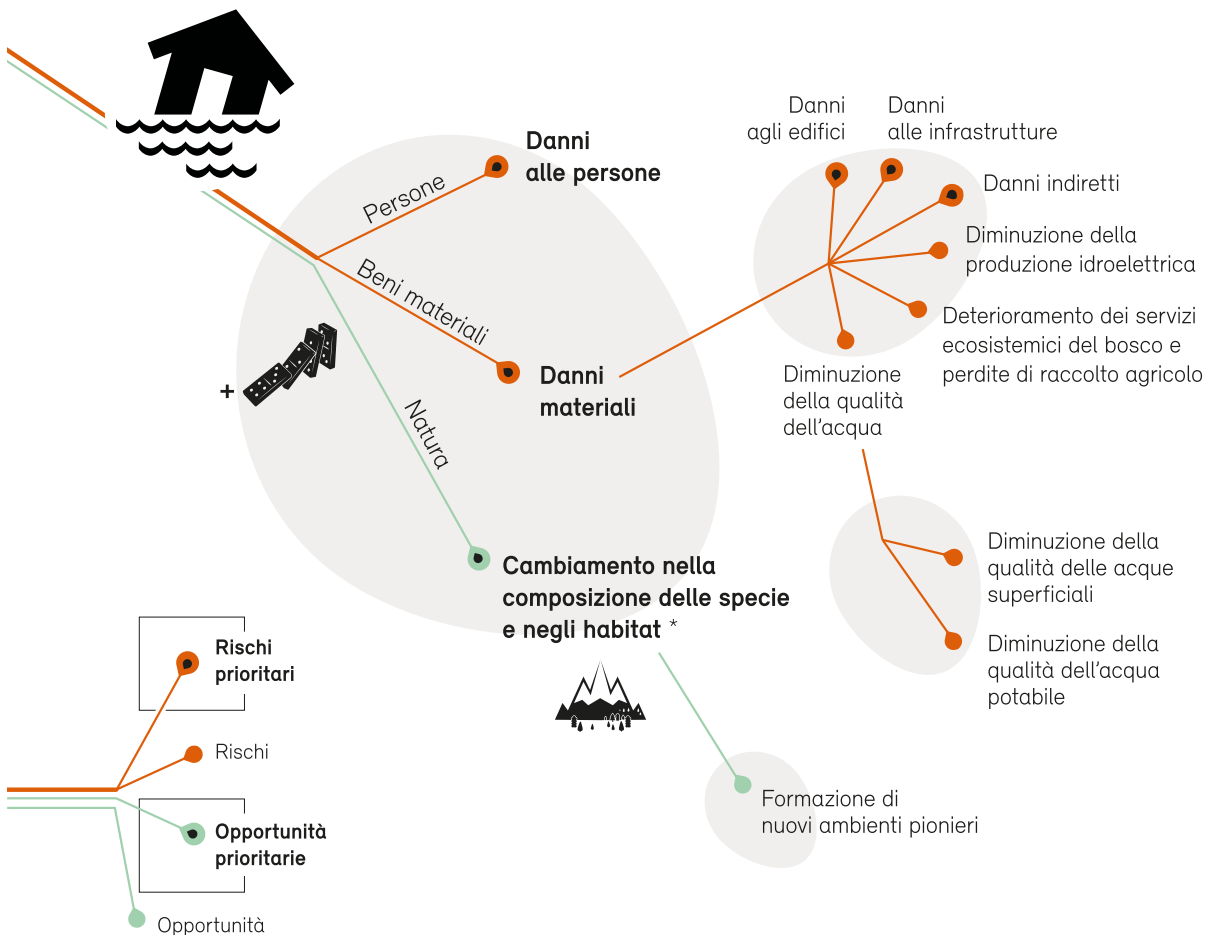
frequenza (Rajczak et al. 2013, Ban et al. 2015, Giorgi et al. 2016). Questa evoluzione ricalca i cambiamenti previsti per le forti precipitazioni, che in estate potrebbero aumentare d'intensità e frequenza nonostante la riduzione della loro quantità complessiva (Accademie svizzere delle scienze 2016a).

Le forti precipitazioni sono anche il fattore determinante che provoca le colate detritiche. Assieme al degrado del permafrost e dell'aumentata mobilitazione di materiale sciolto, in un clima più caldo rafforzano infatti l'attività delle colate detritiche.

La figura 29 mostra i rischi e le opportunità prioritari e non prioritari associati alla sfida «Rischio più elevato di piene».

Figura 29

Rischio più elevato di piene: panoramica dei rischi e delle opportunità prioritari e non prioritari



* Aspetto analizzato sotto un'altra sfida

6.1 Aumento dei danni alle persone

Il presente capitolo tratta esclusivamente i decessi (nessun altro danno alle persone) provocati da piene, movimenti di versante, tempeste e fulmini.

La protezione delle persone è un obiettivo prioritario, come stabiliscono l'articolo 1 della legge federale del 21 giugno 1991 sulla sistemazione dei corsi d'acqua (RS 721.100), che definisce lo scopo della legge, e la Strategia Pericoli Naturali Svizzera. Il livello di sicurezza perseguito a lungo termine consiste nel prevenire aumenti significativi della probabilità media di decesso a causa di pericoli naturali (PLANAT 2013). In particolare, tale probabilità dovrebbe essere notevolmente più bassa rispetto alla mortalità naturale nella fascia di età con il minor tasso di mortalità, ossia quella compresa fra i 10 e 14 anni. Gli specialisti sono pressoché unanimi nel sostenere che la soglia tra un rischio di decesso accettabile e uno inaccettabile si situi a 10^{-5} /anno (PLANAT 2015).

Come premessa a tutti gli sforzi di protezione occorre rilevare che non può esservi sicurezza assoluta contro i pericoli naturali. Danni e decessi non potranno essere del tutto evitati né oggi né in futuro. (Confederazione Svizzera 2016).

Si verificano decessi in particolare in caso di grandi eventi. E questi sono difficili da prevedere, considerando la loro rarità. L'entità dei danni alle persone dipende inoltre fortemente dalle misure di protezione contro i pericoli naturali adottate e dal comportamento individuale (UFAM 2017a).

Effetti constatati e previsti

Il numero di morti dipende – ancora di più rispetto ai danni materiali – dall'andamento di un evento e, di conseguenza, anche dal caso. Per riconoscere gli sviluppi è indispensabile un periodo di osservazione possibilmente lungo. Se si osserva il periodo dall'inizio del XIX secolo, il numero medio di morti è rimasto stabile. In rapporto al numero degli abitanti si è ridotto.

Secondo la statistica dei morti degli ultimi 70 anni, complessivamente 552 persone hanno perso la vita a causa di pericoli di piene (124), scivolamenti (74), caduta di sassi (85), fulmini (164) e tempeste (105) (Badoux et al. 2016). La media è di circa otto vittime all'anno. Tale valore non

comprende i decessi di persone che si sono espone volontariamente a un grave pericolo.

I casi di decesso si verificano perlopiù in relazione a eventi estremi, per i quali non esistono ancora previsioni attendibili in merito ai loro possibili cambiamenti. Per questo motivo i cambiamenti a livello di grande area non sono cartografati. L'aumento potenziale dei danni alle persone viene tuttavia classificato tra i rischi prioritari per tutta la Svizzera (fig. 30), poiché i decessi sono irreversibili e le esperienze precedenti con piene e tempeste indicano che non si può escludere un aumento della loro frequenza in seguito ai cambiamenti climatici.

Figura 30

Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento dei danni alle persone provocati da piene, movimenti di versante, tempeste e fulmini» è prioritario



Misure di adattamento

Occorre rilevare in modo particolare le misure di protezione nell'ambito della sistemazione dei corsi d'acqua e delle foreste, le misure organizzative migliorate e le possibilità disponibili oggi per allertare e porre in salvo le persone.

Nella gestione dei pericoli naturali occorre attribuire una notevole importanza alla responsabilità individuale. Questo principio è sancito anche nella Costituzione federale (art. 6). Ognuno ha il dovere di fornire il proprio contributo al raggiungimento della sicurezza perseguita – in particolare attraverso misure di protezione degli oggetti e un comportamento che tiene in debito conto i pericoli (Confederazione Svizzera 2016).

6.2 Aumento dei danni materiali

Oggi, a livello svizzero esiste un enorme potenziale di danni materiali provocati da piene. Da un lato possono essere interessate grandi superfici del Paese, dall'altro vi sono infrastrutture critiche in zone a rischio oppure possono sorgere considerevoli danni indiretti, per esempio perdite economiche a causa di interruzioni del traffico o dell'esercizio. Questi fattori contribuiscono alle proporzioni potenzialmente catastrofali degli eventi di piena.

L'insorgere di danni dipende molto dal processo coinvolto. Dato che le inondazioni statiche si manifestano spesso su superfici relativamente vaste, altezze d'inondazione esigue possono già provocare gravi danni materiali. Inoltre, in caso di intensità elevate, la pressione idrodinamica della piena può mettere a rischio la capacità portante degli edifici. Nel caso di inondazioni dinamiche, invece, sono le forti correnti a causare danni. Spesso si verifica un'erosione e si depositano detriti, che a livello locale hanno una notevole forza distruttiva (PLANAT 2016b, UFAM 2015a).

Ulteriori danni possono verificarsi a causa dell'ostruzione dell'alveo (intasamento di un tratto di un corso d'acqua dovuto al materiale alluvionale). In caso di cedimento repentino può esservi una pericolosa onda di piena (UFAM & WSL 2007). Lo stesso fenomeno può ripetersi in caso di svuotamento improvviso o di un'onda di piena di un lago glaciale (Canton Berna 2015).

Il deflusso superficiale in caso di forti precipitazioni è un'ulteriore causa di danni dovuti all'acqua, in particolare nelle zone d'insediamento. In tali luoghi l'acqua può superare la capacità dei sistemi di drenaggio. Di conseguenza vengono inondate le strade, le piazze e le parti inferiori degli edifici (CS2, Confederazione Svizzera 2016).

A causa dell'elevata densità del miscuglio di materiale solido e acqua, le colate detritiche possono provocare pressioni elevate e far crollare interi edifici (PLANAT 2015).

Effetti constatati e previsti

La società di riassicurazione Swiss Re stima il potenziale a livello svizzero dei danni materiali assicurati di un

evento centenario (compresa l'interruzione dell'esercizio ma senza i danni alle infrastrutture, che non sono assicurati) attorno ai 4 miliardi di franchi (Swiss Re 2012). Tale potenziale è quasi il doppio rispetto al potenziale dei danni di una tempesta centenario e il triplo rispetto al potenziale dei danni di una grandinata centenario. Vi sono ovviamente grandi differenze a livello locale. Nella Valle del Rodano, nel Reno alpino oppure nella Città di Zurigo, per esempio, il potenziale di danni è molto elevato.

I danni indiretti, come quelli che possono insorgere a causa di perturbazioni del traffico o dell'interruzione della produzione, sono difficili da valutare e quindi non sono compresi nelle stime del potenziale dei danni (ad eccezione dell'interruzione dell'esercizio assicurata menzionata sopra). Un disturbo che interessa per esempio assi di traffico importanti può avere considerevoli conseguenze per l'economia anche in regioni molto lontane dalla causa del disturbo (CS7).

I casi di studio di Basilea Città, Argovia e Ticino hanno calcolato i danni di eventi di piena centenario alle condizioni climatiche attuali. Sono stati considerati i danni agli edifici, ai beni mobili e all'infrastruttura di trasporto, nonché una stima approssimativa delle conseguenze indirette di questi danni. Nel Canton Basilea Città, sono stati stimati danni per un valore di circa 500 milioni di franchi (CS2). Nel Canton Argovia i danni previsti potrebbero ammontare attorno ai 650 milioni di franchi (CS1). In Ticino i danni diretti in corrispondenza dei grandi laghi sono stati stimati a circa 150 milioni di franchi, a cui potrebbero aggiungersi danni indiretti supplementari della stessa entità (CS7).

In base a quanto esposto nella parte introduttiva del capitolo 6, la stagione potenziale delle piene potrebbe in parte prolungarsi, facendo aumentare complessivamente il rischio di danni. Tuttavia, le previsioni relative all'evoluzione futura delle piene estreme sono ancora molto scarse. L'entità di una piena dipende da diversi fattori e non si può prevedere un aumento delle piene estreme o delle portate di picco basandosi solamente sull'intensificazione degli eventi di forti precipitazioni (Accademie svizzere delle scienze 2016a). Inoltre, mancano studi sui danni dovuti a piene estreme e sulla loro possibile variazione. Tali studi dovrebbero considerare le catene molto

complesse di causa-effetto, che portano dall'evento naturale al danno.

Per potere stimare in modo approssimativo gli effetti della maggior frequenza di piene, nei casi di studio sono state fatte ipotesi semplificative. Nel caso di studio condotto in Ticino si è ipotizzato che la frequenza delle (grandi) piene aumenterà del 40 per cento. Nel Canton Basilea Città è stato ipotizzato un aumento delle portate di picco del 20 per cento. In Argovia, per la stima della variazione dei rischi di piena ci si è basati su un aumento del 30 per cento della frequenza degli eventi di forti precipitazioni.

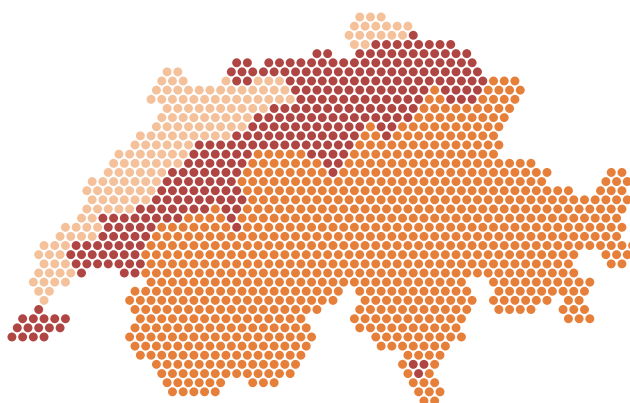
Le possibili variazioni legate ai cambiamenti climatici dei danni materiali degli eventi di piena centenari sono rappresentate nella figura 31. Secondo i risultati dei casi di studio e la loro proiezione su tutte le grandi aree, i cambiamenti potrebbero interessare in particolare l'Altopiano e le grandi agglomerazioni (variazione notevole). Nelle Alpi, nelle Prealpi e nella Svizzera meridionale sono previsti cambiamenti moderati e nel Giura, invece, solo lievi cambiamenti. Queste differenze regionali sono dovute da un lato alle variazioni legate ai cambiamenti climatici, che si distinguono tra le regioni di montagna, in particolare per i torrenti e i fiumi di montagna, e le regioni dell'Altopiano, in particolare per i grandi fiumi (Geo7 2012). D'altro lato, i potenziali di danno, in particolare nell'Altopiano e nelle grandi agglomerazioni, sono già oggi molto grandi e in aumento. Si tratta di fattori che comportano notevoli variazioni assolute.

Figura 31

Variazione dei danni materiali causati dalle piene per grande area

Aumento del rischio:

- lieve
- moderato
- notevole



Gli sviluppi socioeconomici sono il motore principale dei cambiamenti futuri in tutte le regioni della Svizzera. Negli scorsi decenni, la superficie edificata è notevolmente aumentata e continuerà a crescere anche in futuro. A causa della pressione esercitata dagli insediamenti è probabile che sempre più persone vivranno in zone a rischio. La crescente dipendenza da sistemi tecnici interconnessi comporterà un ulteriore aumento dei rischi per l'economia e la società. Inoltre, i grandi eventi di piena colpiscono spesso infrastrutture critiche e possono ripercuotersi notevolmente sull'entità dei danni.

Nel contempo sussistono determinati ostacoli all'adattamento. La percezione dei pericoli della natura dipende in modo marcato dalle esperienze concrete. L'assenza per un periodo prolungato di eventi significativi riduce la sensibilizzazione e fa aumentare le difficoltà a giustificare le risorse finanziarie e umane per la protezione contro gli eventi naturali (Jörin et al. 2016). In definitiva, l'attuazione della gestione integrale dei rischi solleva conflitti di interessi, in particolare per quanto concerne l'utilizzazione del territorio.

Tenendo conto dei fattori esposti sopra, in tutta la Svizzera l'aumento dei danni materiali viene classificato come un rischio prioritario (fig. 32).

Figura 32

Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento dei danni materiali causati dalle piene» è prioritario



Misure di adattamento

I rischi dovuti alle piene non sono nuovi. La loro gestione è parte della Strategia Pericoli Naturali Svizzera. Quest'ultima considera le incertezze esistenti, ma anche quelle future e tiene quindi implicitamente conto anche dei mutamenti legati ai cambiamenti climatici. In relazione ai cambiamenti climatici, occorre rilevare in modo particolare i seguenti assi d'intervento:

- la messa a disposizione e l'aggiornamento periodico di basi relative ai pericoli e ai rischi;
- il monitoraggio permanente dell'evoluzione dei pericoli e dei rischi;
- un'utilizzazione del territorio che tenga conto dei pericoli naturali e del clima, per esempio lasciando più spazio alle acque;
- la presa in considerazione del rischio di sovraccarico (misure di protezione concepite in modo solido, flessibile e resistente).

La Strategia Pericoli Naturali Svizzera dovrà continuare a essere attuata in modo rigoroso. Le attività esistenti dovranno continuare e, se del caso, essere intensificate puntualmente.

7 Minore stabilità dei pendii e movimenti di versante più frequenti



- Danni alle persone
- Danni materiali



Colate detritiche di versante sopra Sachseln sul Lago di Sarnen tra Totenbüel e Hinter-Büelen (2005)

Foto: Forze aeree svizzere

Le aree con movimenti di versante conosciuti occupano il 6–8 per cento della superficie della Svizzera e si trovano soprattutto nelle Alpi, nelle Prealpi e in alcune regioni del Giura. Nel 1997, l'importanza dei movimenti di versante ha indotto la Confederazione a formulare raccomandazioni affinché si tenga conto della loro pericolosità (UFPT et al. 1997, UFAM 2016a).

Fra i vari movimenti di versante si distinguono i processi di crollo, gli scivolamenti e i processi di scorrimento (UFAM 2016a). Questi possono manifestarsi in modo isolato ma anche in diverse combinazioni.

Processi di crollo: nei processi di crollo, il substrato roccioso e/o il materiale sciolto si stacca lungo un pendio e precipita. I processi di crollo vengono suddivisi in base al loro volume in grandi frane, crolli di roccia, cadute di massi e cadute di sassi. Il volume delle grandi frane può essere di diversi milioni di m³ di roccia, quello dei crolli di roccia ammonta a meno di 1 milione di m³, mentre le cadute di massi e sassi hanno un volume inferiore a 100 m³ (UFAM 2016a).

Scivolamenti: in caso di scivolamenti il substrato roccioso e/o il materiale sciolto scivolano verso valle lungo un

orizzonte di scorrimento. L'acqua nel sottosuolo riveste un ruolo importante. La velocità di scorrimento di uno scivolamento attivo può variare molto nel tempo. Se il movimento perdura per diversi anni si parla di scivolamento permanente. Se invece aumenta rapidamente può verificarsi un cambiamento di processo e lo scivolamento può trasformarsi in una colata detritica (UFAM 2016a).

Processi di scorrimento: nella categoria dei processi di scorrimento rientrano le colate detritiche e le colate detritiche di versante. Entrambi i processi trascinano un miscuglio di terra, sassi e acqua che scorre verso valle. Si parla di una colata detritica di versante quando questa avviene all'esterno di un alveo e di colata detritica quando avviene invece all'interno. Un ruolo importante alla base dei processi di scorrimento è svolto dalle forti precipitazioni e dagli afflussi d'acqua sotterranei. Le colate detritiche rientrano tuttavia fra i pericoli di piena (UFEA et al. 1997, UFAEG 2001) e sono quindi trattate al capitolo 6.

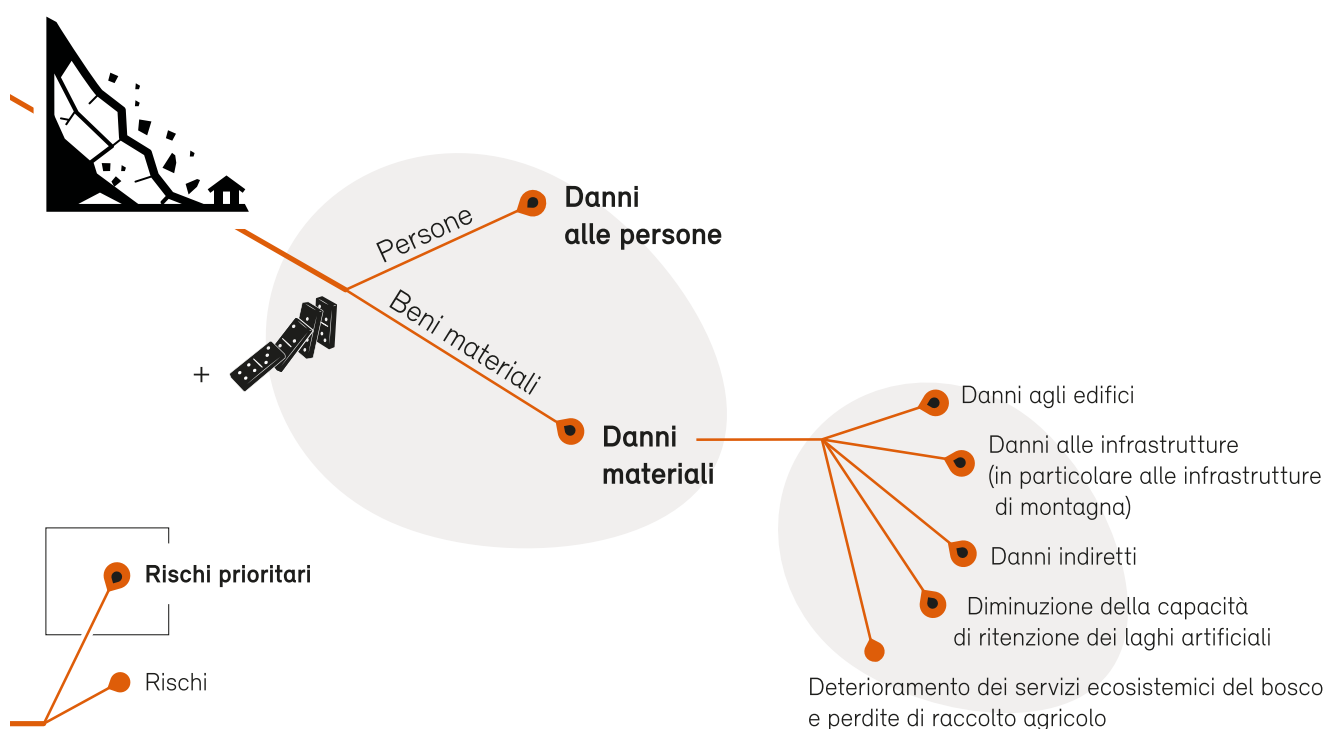
Evoluzione osservata e attesa

Per quanto concerne gli scivolamenti, dal 1972 a oggi non si registrano tendenze significative (Hilker et al. 2009), mentre le colate detritiche di versante hanno invece avuto una certa frequenza negli ultimi anni. Questo fenomeno può essere ricondotto in parte all'aumento osservato di eventi di forti precipitazioni (UFAEG 2004). Per provocare una colata detritica di versante, l'intensità delle precipitazioni deve superare un determinato valore soglia, il quale dipende dalle condizioni idrogeologiche e dalla saturazione idrica del suolo. Si tratta di forti precipitazioni di breve durata tipiche delle cellule temporalesche.

Per quanto concerne i crolli osservati non si rilevano tendenze significative correlate alla temperatura. Tuttavia, in primavera è rilevabile una maggiore frequenza di eventi da minore a media dimensione in concomitanza con il passaggio dal gelo al disgelo, lo scioglimento delle nevi e le prime piogge della stagione (Gruner 2008).

Figura 33

Minore stabilità dei pendii e movimenti di versante più frequenti: panoramica dei rischi prioritari e non prioritari.



Per valutare la possibile evoluzione in seguito a un clima più caldo dei processi di crollo, di scivolamento e di scorrimento occorre determinare come potrebbero mutare i principali fattori d'influenza, ossia il materiale sciolto e l'afflusso di acqua.

Un ruolo importante nei processi di crollo è svolto dal degrado del permafrost e dall'espansione termica. Infatti, a causa dei processi di scioglimento del permafrost possono crearsi nella roccia superfici di separazione, fratture di scarico e nuove vie di scorrimento; l'acqua può infiltrarsi provocando crolli. Il ritiro dei ghiacciai lascia scoperti e alleggerisce i versanti delle valli, creando nuove condizioni statiche che possono causare crolli (anche in combinazione con le precipitazioni) (Canton Berna 2015).

Per effetto dell'espansione termica le temperature più elevate provocano invece la chiusura di spaccature e fenditure in parti di roccia mobili oppure in rocce friabili (Gruner 2008). La riduzione del numero dei giorni di gelo rende la roccia più stabile e rallenta il processo di alterazione meteorica.

Per quanto riguarda gli scivolamenti e le colate detritiche di versante avvengono cambiamenti che sono simili ma non meno importanti. Con lo scioglimento del permafrost e il ritiro dei ghiacciai, la disponibilità di materiale sciolto può aumentare, mentre in seguito al minor numero dei giorni di gelo si riduce il quantitativo liberato.

Con una maggiore frequenza delle forti precipitazioni il trasporto di materiali solidi può aumentare, con conseguenze sulla disponibilità di materiale sciolto. Inoltre, forti precipitazioni, eventualmente in combinazione con lo scioglimento delle nevi, favoriscono i movimenti di versante. Eventi più frequenti e minori possono far sì che gli eventi maggiori diventino più rari a causa della minore disponibilità di materiale (Geo7 2012, ASEA 2007).

Considerando che nei processi di crollo, negli scivolamenti e nelle colate detritiche di versante i fattori concomitanti possono avere un impatto più o meno grande a dipendenza delle caratteristiche locali, i movimenti di versante potrebbero aumentare come diminuire. Nel quadro dell'analisi dei rischi sono stati ipotizzati i cambiamenti descritti qui di seguito.

Movimenti di versante nelle regioni alpine e prealpine

Nell'aprile e nel maggio 1991 si sono verificate due grandi frane nei pressi di Randa, in Vallese. Con un volume di oltre 30 milioni di m³ di detriti, le due frane hanno provocato l'interruzione della linea ferroviaria e del collegamento stradale con Zermatt.

Nell'agosto 1994 uno scivolamento ha distrutto oltre 30 case di vacanza a Falli-Höllli nel Canton Friburgo. Su una superficie di 2 km² sono stati mossi circa 40 milioni di m³ di terra. Il danno è stato di circa 20 milioni di franchi (PLANAT 2016c, Raetzo 1997).

Nell'ottobre 2000, a causa di piogge persistenti e intense, uno scivolamento ha provocato gravi danni al villaggio di Gondo, in Vallese, uccidendo 13 persone.

Nel luglio 2006 circa 500 000 m³ di rocce si sono staccati dall'Eiger sopra Grindelwald, precipitando sul ghiacciaio inferiore di Grindelwald. Il crollo è avvenuto in seguito a tensioni nel fianco della montagna provocate dal ritiro del ghiacciaio (PLANAT 2017a).

Nell'estate 2003 e nell'estate 2015 i processi di scioglimento del permafrost hanno provocato una serie di eventi di crollo. Durante l'estate canicolare del 2003 si è assistito, in particolare fra giugno e agosto, a un grande numero di crolli di roccia in tutta la regione alpina, soprattutto ad alta quota e nei pendii rivolti a nord. Una spiegazione plausibile è il degrado del permafrost a causa delle temperature elevate (OcCC/SCNAT 2005, PLANAT 2016g, CS8). In base a calcoli su modelli è possibile che nell'estate 2003 il permafrost si sia sciolto a una profondità superiore di 1,5 m rispetto alla media degli anni 1980 – 2000 (UFAMP et al. 2004). Nel 2015, in molte località le temperature nel permafrost hanno raggiunto nuovi valori massimi. Tuttavia, a differenza del 2003, l'estate 2015 è stata contrassegnata da un elevato numero di eventi di forti precipitazioni, in parte responsabili degli eventi di crollo (SLF 2017).

Per gli scivolamenti è previsto un aumento della frequenza degli eventi di grossa entità. La frequenza delle colate detritiche di versante potrebbe aumentare nelle Alpi (per le altre regioni, i risultati non sono univoci). In merito alla estensione è prevista una riduzione nelle regioni a bassa quota e un aumento nelle regioni alpine situate ad alta quota.

Per le cadute di sassi e i crolli di roccia è la quota ad avere un ruolo decisivo. La frequenza delle cadute di sassi potrebbe aumentare nelle Alpi e diminuire nelle Prealpi e nella Svizzera meridionale, mentre si prevede perlopiù una riduzione della loro dimensione. Inoltre è previsto l'aumento della frequenza e della dimensione dei crolli di roccia (CS7, Geo7 2012, PLANAT 2016d). Nell'interpretazione dei risultati occorre considerare che nelle Alpi vi sono regioni situate a bassa quota e nelle Prealpi regioni posizionate ad alta quota. I cambiamenti dipendono quindi dalle caratteristiche locali.

A seguito dello scioglimento del permafrost e del ritiro dei ghiacciai potranno verificarsi movimenti di versante anche in regioni finora non ancora interessate da tali fenomeni (Accademie svizzere delle scienze 2016a). Le regioni maggiormente colpite sono quelle situate a 2000 – 2200 m, dove il potenziale di danno è esiguo. Localmente, tali cambiamenti nelle regioni periglaciali, o non ghiacciate, potranno avere un impatto anche sulle regioni situate a quota inferiore, sebbene non a livello capillare e a dipendenza delle condizioni locali. Alcuni esempi sono la regione di Ritigraben (VS), il ghiacciaio inferiore di Grindelwald (BE), la Plaine Morte (VS/BE) e la Val Bondasca (GR).

La figura 33 mostra i rischi prioritari e non prioritari associati alla sfida «Riduzione della stabilità dei pendii e aumento dei movimenti di versante».

7.1 Aumento dei danni alle persone

I danni alle persone dovuti alla minore stabilità dei pendii e alla maggiore frequenza dei movimenti di versante sono trattati al capitolo 6.1, assieme ai danni alle persone causati da piene, tempeste e fulmini.

7.2 Aumento dei danni materiali

In Svizzera, i danni provocati dai movimenti di versante rappresentano solo poco più dell'1 per cento del totale dei danni agli edifici (Confederazione Svizzera 2016). Per i Cantoni delle Prealpi e delle Alpi, tale percentuale è tuttavia notevolmente più elevata e, come nel caso delle Prealpi friburghesi, può raggiungere il 25 per cento (CS3).

Oltre ai danni diretti agli edifici, alle vie di comunicazione, alle infrastrutture eccetera, bisogna tener conto anche dei danni indiretti. Fra questi rientrano le conseguenze del blocco degli assi di traffico o le perdite di ricavi nel turismo. In casi estremi, gli eventi di crollo possono infatti interrompere i collegamenti del traffico per diverse settimane o mesi, arrecando danni economici che vanno ben oltre il luogo in cui si è verificato l'evento (CS8). Il danneggiamento o la distruzione di boschi di protezione può provocare ingenti danni conseguenti agli insediamenti e alle infrastrutture e, a seconda dei casi, generare costi elevati per le misure tecniche di protezione (cfr. cap. 4.2). Potenzialmente a rischio sono in particolare le infrastrutture turistiche nelle regioni di montagna (CS3, CS7).

I principali fattori determinanti per l'entità dei danni sono la velocità, l'altezza di scorrimento e la quantità di materiale trasportato. Inoltre, nel caso degli scivolamenti anche i movimenti distinti delle singole zolle possono mettere a repentaglio la stabilità delle opere di costruzione (PLANAT 2016d).

Effetti constatati e previsti

Nei casi di studio di Friburgo, Ticino e Uri sono stati calcolati i danni degli attuali eventi di scivolamento di crollo centenari (CS3, CS7, CS8). Sono stati considerati i danni agli edifici, ai beni mobili e all'infrastruttura di trasporto, nonché una stima approssimativa delle conseguenze indirette di questi danni. Nel Canton Friburgo i danni sono stati stimati a circa 40 milioni di franchi, nel Canton Ticino a circa 30 milioni di franchi e nel Canton Uri a circa 20 milioni di franchi (la cifra non contempla i processi di crollo).

Nel caso di studio del Canton Uri (CS8), per esempio, in base ai cambiamenti relativi agli eventi di forti precipitazioni, al permafrost e ai ghiacciai, si ritiene che i danni

provocati da processi di scivolamento a bassa quota aumenteranno del 20 per cento, mentre i danni da processi di crollo diminuiranno del 10 per cento.

In Ticino il possibile andamento dei danni è stato determinato in base agli eventi storici occorsi nel periodo 2000–2014. A tale scopo è stata modellizzata la variazione legata ai cambiamenti climatici delle condizioni meteorologiche registrate durante questi eventi. Su tale base si è stimato che i danni di un evento di scivolamento centenario potrebbero aumentare del 50 per cento circa. La variazione dei danni causati dagli eventi di crollo è meno univoca. Infatti, può variare a seconda dell'entità dell'evento e della quota a cui avviene.

Oltre ai cambiamenti diretti potrebbero assumere un'importanza crescente gli effetti indiretti legati all'aumento del carico solido di fondo nelle acque. Infatti, tratti piani potrebbero riempirsi di detriti con maggiore frequenza e il lavoro di manutenzione dei corsi d'acqua potrebbe aumentare considerevolmente (Canton Berna 2015).

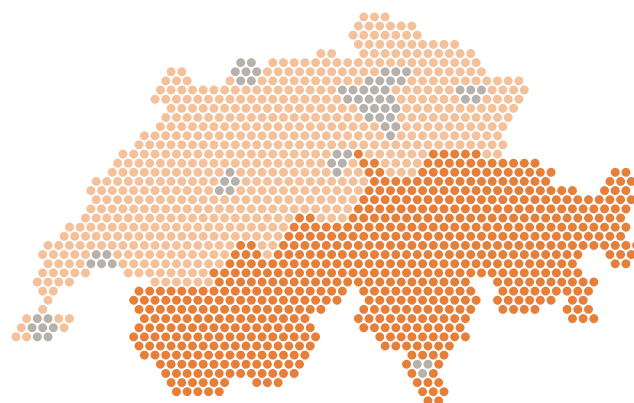
Le possibili variazioni legate ai cambiamenti climatici dei danni materiali causati da eventi centenari sono rappresentati nella figura 34. Variazioni significative sono attesi nella regione alpina e nella Svizzera meridionale. Nelle Alpi, le variazioni rivestono un ruolo importante sia in relazione ai processi di scivolamento sia in rapporto ai processi di crollo. Le variazioni delle quantità di precipitazioni, in particolari delle precipitazioni forti, avranno effetti considerevoli nella Svizzera meridionale.

Figura 34

Variazione dei danni materiali causati dalla minore stabilità dei pendii e dai movimenti di versante più frequenti per grande area

Aumento del rischio:

- lieve
- moderato
- irrilevante



Analogamente ai rischi di piena (cap. 6), anche in relazione ai movimenti di versante i cambiamenti socioeconomici rappresentano un fattore importante per quanto concerne l'evoluzione dei rischi. A essere determinanti per il potenziale di danno sono l'utilizzazione sempre più intensiva del territorio, l'aumento dei beni materiali e della vulnerabilità della società, nonché lo sviluppo nelle regioni di montagna (p. es. lo sviluppo delle infrastrutture turistiche, l'aumento della vulnerabilità delle infrastrutture di trasporto) (CS3, CS5, Confederazione Svizzera 2016). Esistono conflitti di interesse tra lo sviluppo dell'offerta turistica e degli insediamenti da un lato e la prevenzione dei danni materiali causati dai movimenti di versante dall'altro (Jörin et al. 2016).

In base alle variazioni legate ai cambiamenti climatici, nonché agli ulteriori criteri di valutazione, l'aumento dei danni materiali è classificato tra i rischi prioritari nelle Alpi, nelle Prealpi e nella Svizzera meridionale (fig. 35).

Figura 35

Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento dei danni materiali causati dalla minore stabilità dei pendii e dai movimenti di versante più frequenti» è prioritario.



Misure di adattamento

Anche per i movimenti di versante – come per le piene (cap. 6) – è essenziale attuare in modo rigoroso la Strategia Pericoli Naturali Svizzera. In particolare, dovranno essere sorvegliate le regioni potenzialmente interessate dal degrado del permafrost e dal ritiro dei ghiacciai, poiché in futuro la situazione di pericolo in queste zone potrebbe mutare in modo sostanziale. La metodologia per il riconoscimento dei nuovi processi dei pericoli naturali e dei mutamenti nelle zone di pericolo note, sulla scia dei cambiamenti climatici, deve essere sviluppata ulteriormente e migliorata (UFAM 2012b). Un'attenzione particolare deve essere rivolta alle situazioni in cui influssi esterni (per es. il perdurare di forti piogge o fasi di temperature superiori alla media) potrebbero destabilizzare grandi quantità di materiale. Tali situazioni devono essere riconosciute per tempo e monitorate. L'impatto dei movimenti di versante e delle loro variazioni legate ai cambiamenti climatici varia notevolmente da un luogo all'altro; per questo motivo, devono essere pianificate e attuate misure specifiche per ogni singolo caso.

8 Modifica dell'attività delle tempeste e della grandine



- Danni alle persone
- Danni da tempesta
- Danni da grandine



Danni provocati dalla depressione ciclonica «Andrea» nel distretto vallesano di Martigny (2012)

Foto: Laurent Gillieron/Keystone

In passato le tempeste e la grandine hanno provocato gravi danni. Tuttavia, non è chiaro come tali processi potranno mutare con i cambiamenti climatici. Dato che variazioni minime dei parametri meteorologici possono aumentare in modo drastico l'entità dei danni, è opportuno seguire con attenzione tali rischi e colmare al più presto le lacune esistenti sulla comprensione dei processi e la disponibilità di dati.

Quando la velocità dei venti supera 75 km/h si parla di tempesta, quando supera 118 km/h si parla invece di uragano. In molte regioni della Svizzera tali velocità dei

venti sono registrate soprattutto in autunno e in inverno. I venti di tempesta e di uragano si sviluppano quando un fronte freddo di una zona di bassa pressione situata a nord della Svizzera attraversa il territorio nazionale. Spesso tali venti interessano più Paesi. Nelle aree esposte, ad alta quota, nonché in determinate regioni periferiche delle Alpi (a dipendenza dell'orientamento dell'asse della valle) in generale la velocità dei venti è maggiore (WSL & UFAFP 2001, PLANAT 2016f, UFAM 2016e). Qui di seguito il termine di tempesta è impiegato per entrambi i fenomeni, senza distinzione alcuna tra tempesta e uragano.

Le tempeste possono essere raggruppate in cosiddette famiglie. A determinate condizioni meteorologiche macroterritoriali, più tempeste si concentrano sulla stessa regione durante un periodo relativamente breve e possono così provocare morti e danni socioeconomici considerevoli (Karremann et al. 2014).

La grandine si sviluppa in media durante un temporale su dieci. I cosiddetti temporali di calore si verificano soprattutto in estate. Le masse d'aria sulla superficie terrestre si riscaldano e, a causa dell'instabilità atmosferica e spesso anche favorite dalla topografia, si spostano verso l'alto. I chicchi di grandine possono avere un diametro di oltre 10 cm. A differenza delle tempeste, la grandine è un fenomeno circoscritto, che si verifica soprattutto nell'Altopiano, nel Giura, nelle Prealpi e nella Svizzera meridionale. Le Alpi ne sono meno colpite (Confederazione Svizzera 2016, Nisi et al. 2016).

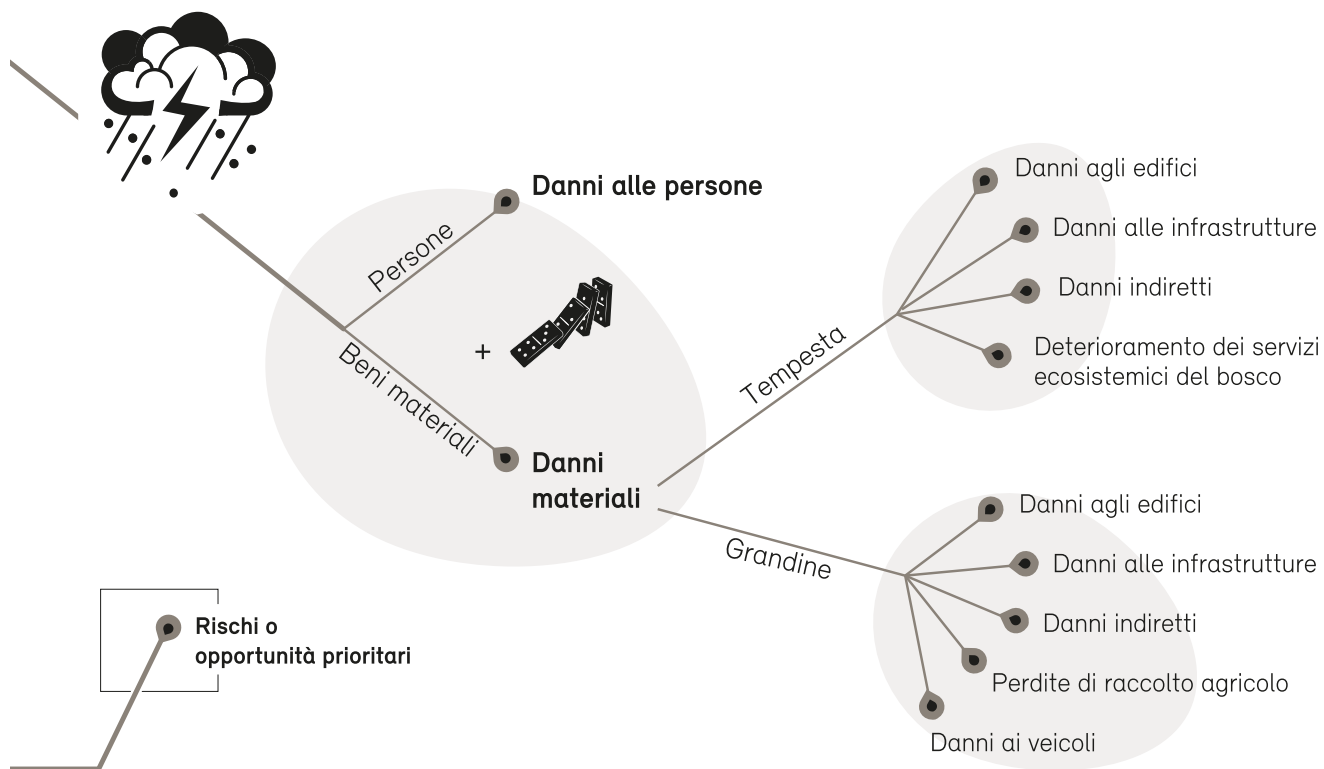
Evoluzione osservata e attesa

Tempesta: il XX secolo è stato contrassegnato da un periodo iniziale con numerose tempeste intense. Tale periodo si è protratto fino al 1920 circa. Nella fase successiva (1920 – 1970) l'attività delle tempeste è stata da debole a moderata. Dal 1970 in poi è stato registrato un aumento graduale dell'attività fino alle tempeste estreme degli anni Novanta. Da quel momento in poi il numero di tempeste è calato (Stucki et al. 2014).

I modelli climatici indicano per la Svizzera diverse tendenze in relazione allo sviluppo di tempeste in condizioni climatiche mutate. Dato che l'aria più calda è in grado di assorbire più vapore acqueo, nell'atmosfera è presente più energia latente. Per questo motivo in generale si deve partire dal presupposto che le tempeste potrebbero diventare più intense. Dato che l'Artide e i settori equatoriali si surriscaldano in modo diverso, il gradiente termico su vasta scala subirà delle variazioni, ripercuotendosi sulle rotte dei temporali (CH2011 2011). Un altro fattore rilevante è che la Svizzera si situa sul confine tra le re-

Figura 36

Modifica dell'attività delle tempeste e della grandine: panoramica dei rischi o delle opportunità prioritari



L'uragano Lothar, 26 dicembre 1999

In Svizzera, l'uragano Lothar ha provocato danni per quasi 1,8 miliardi di franchi; la maggiore parte dei danni riguardava superfici forestali ed edifici. Inoltre ha causato la morte di 14 persone, mentre almeno 15 sono decedute durante i successivi lavori di sgombero. Nelle foreste furono danneggiati circa 13 milioni di m³ di legname, pari al triplo della quantità raccolta annualmente e al 3 per cento circa della provvigione legnosa della Svizzera. L'ammontare dei danni alla foresta è stato stimato a oltre 750 milioni di franchi. Oltre ai danni alla foresta, l'uragano ha provocato danni agli edifici per un costo di circa 600 milioni di franchi e a beni mobili per circa 125 milioni di franchi. Numerose strade e linee ferroviarie sono rimaste bloccate dagli alberi caduti. Sono stati danneggiati anche battelli e impianti portuali, nonché aeroplani e infrastrutture aeroportuali. Le linee di telecomunicazioni e la rete elettrica sono state gravemente colpite. Le conseguenze indirette (p.es. le perdite economiche) sono state considerevoli, sebbene non possano essere quantificate (WSL & UFAFP 2001). I danni consecutivi subiti dalle foreste a opera di organismi nocivi sono trattati al capitolo 11.

gioni che presentano un aumento (Europa settentrionale) e una riduzione (Europa meridionale) dell'intensità delle zone di bassa pressione e dei relativi venti tempestosi. A causa di questi fattori concomitanti e della complessità dei processi in gioco, non si possono formulare previsioni affidabili sul mutamento delle tempeste in un clima più caldo in Svizzera. Nei casi di studio cantonali si è pertanto stimato, in base ad analisi di sensitività, in che misura un aumento o un calo dell'attività delle tempeste potrebbe modificare i rischi del 50 per cento.

Grandine: la risoluzione spaziale della maggior parte dei modelli climatici è troppo approssimativa per simulare temporali. Per questo motivo molti studi sull'evoluzione della grandine in un clima più caldo si basano sulla relazione tra le condizioni meteorologiche su vasta scala e gli eventi temporaleschi.

Nei temporali con grandine è difficile riconoscere una tendenza a lungo termine. Le oscillazioni che si verificano durante un anno e tra un anno e l'altro sono molto grandi (Nisi et al. 2016, Mohr et al. 2015, Kapsch et al. 2012). Come per le tempeste, nei casi di studio, i possibili mutamenti sono stati stimati approssimativamente attraverso analisi di sensitività.

La figura 36 mostra i rischi e le opportunità prioritari associati alla sfida «Modifica dell'attività delle tempeste e della grandine».

8.1 Aumento o diminuzione dei danni alle persone causati dalla modifica dell'attività delle tempeste

I danni alle persone legati alla modifica dell'attività delle tempeste sono trattati al capitolo 6.1, assieme ai danni alle persone dovuti ai pericoli di piene, movimenti di versante e fulmini.

8.2 Aumento o diminuzione dei danni materiali causati dalla modifica dell'attività delle tempeste

A causa delle grandi superfici interessate, i danni materiali causati dalle tempeste possono raggiungere proporzioni considerevoli. Il potenziale a livello svizzero dei danni materiali assicurati (comprese le interruzioni dell'esercizio ma senza i danni alle infrastrutture, che non sono assicurati) di un evento centenario viene stimato a circa 2 miliardi di franchi (Swiss Re 2012). Se a questi si aggiungono i danni in altri settori, nonché le ripercussioni indirette, il potenziale è ancora maggiore.

Danni da tempesta agli edifici si verificano a causa sia della forza d'impatto sia dell'azione di risucchio delle raffiche di vento. In generale, più è forte la velocità del vento, più crescono la forza d'impatto e l'azione di risucchio. Un raddoppio della velocità del vento moltiplica per quattro la forza esercitata sull'oggetto (Weidmann 2010).

Negli edifici sono spesso i tetti, le facciate e le tapparelle a essere danneggiati. Si verificano danni anche quando

oggetti mobili sono sollevati in aria o l'acqua penetra in edifici danneggiati. Fra i danni indiretti sono da annoverare le ripercussioni sulla produzione e sui servizi negli edifici dell'economia privata colpiti. Ingenti danni consecutivi possono verificarsi in caso d'interruzione di vie di comunicazione o danneggiamento di infrastrutture di comunicazione e approvvigionamento energetico.

Per quanto riguarda i danni alle foreste, sono soprattutto i fattori ambientali, le caratteristiche degli alberi e le condizioni di popolamento a determinare l'ammontare dei danni. La forza del vento e le caratteristiche locali (topografia, caratteristiche del suolo ecc.) sono determinanti per l'entità del danno. A dipendenza del sistema radicale, dell'altezza ecc., le specie arboree presentano una resistenza diversa nei confronti del vento. In caso di tempesta svolgono un ruolo importante anche l'età degli alberi, la mescolanza e la frequenza dei diradamenti.

Oltre al danneggiamento della produzione di legname, le tempeste possono anche compromettere parzialmente o totalmente la funzione protettiva delle foreste, con il rischio di elevati danni consecutivi agli insediamenti e alle infrastrutture ed eventuali costi elevati per misure tecniche di protezione (CS3, CS7).

Effetti constatati e previsti

Nel periodo compreso tra il 1950 e il 2010, in Svizzera i danni economici dovuti alle tempeste (compresi i danni alle foreste) sono aumentati. Tuttavia, le tendenze pluriennali sono influenzate in misura considerevole dai singoli eventi. In Svizzera, i danni delle tempeste Vivian (1990) e Lothar (1999) hanno segnato la statistica degli ultimi decenni (Stucki et al. 2014, Usbeck et al. 2010). Dal punto di vista odierno, i fattori socioeconomici rivestono un ruolo chiaramente dominante per lo sviluppo dei danni rispetto agli influssi legati ai cambiamenti climatici.

Secondo il caso di studio di Basilea Città, nel clima attuale i danni agli edifici di una tempesta centenaria ammontano a circa 60 milioni di franchi (CS2). Nei Cantoni in cui la superficie forestale è maggiore, a tale importo occorre aggiungere un importo pressoché identico per i danni alle foreste. Infatti, nel Canton Friburgo i danni da tempesta sono stimati a circa 150 milioni di franchi, di cui circa la metà è rappresentata da danni alle foreste (CS3).

Dato che i modelli climatici presentano diverse tendenze in relazione all'evoluzione delle tempeste in condizioni climatiche mutate, non si possono fare previsioni sulla possibile variazione dei danni materiali causati dalle tempeste da qui al 2060 (cfr. introduzione al cap. 8). Nonostante ciò, la variazione dei danni materiali dovuta alla modifica dell'attività delle tempeste è trattata prioritariamente per i seguenti motivi:

- il potenziale di danni da tempesta è notevole già alle condizioni climatiche attuali;
- l'elevata non linearità del sistema consente a piccole alterazioni climatiche di avere grandi ripercussioni sui danni da tempesta (e in particolare in caso di tempeste estreme);
- le analisi di sensitività nell'ambito dei casi di studio mostrano che le variazioni dei danni da tempesta influenzano in modo determinante tutti i danni dovuti ai pericoli naturali.

Dato che la variazione dei danni legata ai cambiamenti climatici non può essere prevista, qui di seguito è illustrata la situazione attuale. Come per gli altri pericoli naturali, quale parametro sono adottati gli eventi centenari.

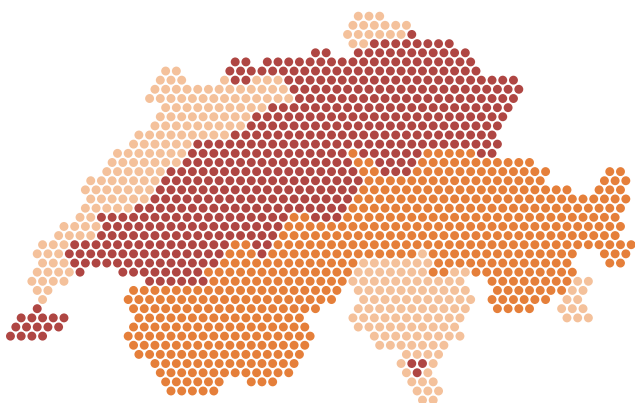
In base ai casi di studio, con il clima attuale sussistono notevoli potenziali di rischio nelle grandi agglomerazioni e nell'Altopiano (elevata concentrazione di beni), nonché nelle Prealpi (vaste superfici forestali). Le Alpi, la Svizzera meridionale e il Giura sono meno colpiti data l'esposizione di beni materiali considerevolmente inferiore (fig. 37).

Figura 37

Danni materiali potenziali causati da tempeste per grande area

Rischio attuale:

- lieve
- moderato
- notevole



La vulnerabilità dell'involucro degli edifici, in particolare dei tetti, delle facciate e delle tapparelle, può aggravare in modo considerevole i rischi di danni da tempesta (Weidmann 2010). Nel contempo, grandi eventi possono colpire, direttamente o indirettamente, infrastrutture critiche (p. es. in caso d'interruzione di importanti assi di traffico). A ciò si aggiunge il fatto che, dall'uragano Lothar (1999) in poi, la Svizzera non è più stata colpita da gravi tempeste. Questo potrebbe avere come conseguenza una riduzione della capacità della Svizzera di adattarsi alle tempeste (Jörin et al. 2016).

A causa degli elevati potenziali di danni esistenti, nonché in base agli altri criteri di valutazione, i danni materiali dovuti alla modifica dell'attività delle tempeste sono classificati tra i rischi o le opportunità prioritari in tutte le regioni (fig. 38).

Figura 38

Grandi aree nelle quali i danni materiali causati dalla modifica dell'attività delle tempeste hanno un'importanza prioritaria



Misure di adattamento

Misure importanti nell'ambito della prevenzione dei danni forestali sono la rinnovazione, la promozione di popolamenti forestali stabili, resistenti e in grado di adeguarsi, nonché la prevenzione della proliferazione degli organismi nocivi in boschi di protezione critica (UFAM 2012b). In particolare per i rischi la cui evoluzione futura è ancora incerta, le misure nell'ambito del monitoraggio e della ricerca sono di importanza prioritaria. La gestione forestale in relazione ai cambiamenti climatici è stata esaminata in modo approfondito nell'ambito del programma di ricerca Bosco e cambiamenti climatici, avviato dall'UFAM e dall'Istituto di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio (WSL) nel 2009 (Pluess et al. 2016). Su tale fondamento attualmente sono in fase di elaborazione e pubblicazione le basi per l'applicazione pratica dei risultati della ricerca nelle varie stazioni forestali della Svizzera.

8.3 Aumento o diminuzione dei danni da grandine

L'estensione dei temporali con grandine è considerevolmente inferiore rispetto a quella delle tempeste, sebbene avvengano a livello locale possono essere molto violenti e provocare ingenti danni. A essere colpiti sono principalmente gli edifici, le colture agricole o i veicoli (Nisi et al. 2016). Il potenziale a livello svizzero dei danni assicurato

(comprese le interruzioni dell'esercizio) di un evento centenario è stimato attorno a 1,3 miliardi di franchi (Swiss Re 2012).

La maggior parte dei danni da grandine agli edifici riguarda le tapparelle, i tetti, le pareti o le facciate (Imhof et al. 2015). I chicchi di grandine causano spesso buchi nei tetti, consentendo all'acqua di penetrare negli edifici e di provocare altri danni. Inoltre possono causare ingenti danni alle colture agricole all'aperto e alle serre. Infine provocano danni notevoli ai veicoli (CS1, CS7, PLANAT 2016e), danneggiandone la carrozzeria oppure, in caso di eventi particolarmente estesi, distruggendone i parabrezza, i fari o gli indicatori luminosi di direzione.

Dagli anni Novanta in poi i danni assicurati da grandine agli edifici sono aumentati in modo considerevole (Fondation de prévention des établissements cantonaux d'assurance 2007), a causa dell'esposizione crescente (più edifici costruiti in regioni colpite dalla grandine) e della maggiore vulnerabilità (utilizzo di materiali sensibili alla grandine), nonché di una possibile variazione del pericolo dovuta alle condizioni meteorologiche.

Danni da grandine nel Canton Argovia, luglio 2011

Nel luglio 2011, la Aargauische Gebäudeversicherung ha registrato danni da grandine per un ammontare di 145 milioni di franchi. Si tratta del maggior singolo evento di danni causati dagli elementi naturali nel Canton Argovia dall'introduzione di tale copertura nel 1941. A questo importo si aggiungono danni assicurati e non assicurati ai veicoli, dello stesso ordine di grandezza, nonché circa 10 milioni di franchi per danni assicurati e altrettanti per danni non assicurati alle colture agricole.

(Fonti: AGV 2011, CS1, Imhof et al. 2015).

Effetti constatati e previsti

Analisi indicano che negli scorsi decenni sono aumentate quattro diverse condizioni meteorologiche associate a temporali con grandine in grado di provocare danni. Rispetto al periodo 1971 – 2000, le proiezioni climatiche mostrano anche un lieve aumento dei giorni di grandine

(da +7 % a +15 %) per il periodo 2031 – 2045 (Kapsch et al. 2012).

Come per i danni da tempesta, anche per la variazione dei danni da grandine non può essere rilevata alcuna tendenza (cfr. introduzione al cap. 8). Per questo motivo, qui di seguito è illustrata la situazione attuale. Come per gli altri pericoli naturali, quale parametro sono adottati gli eventi centenari.

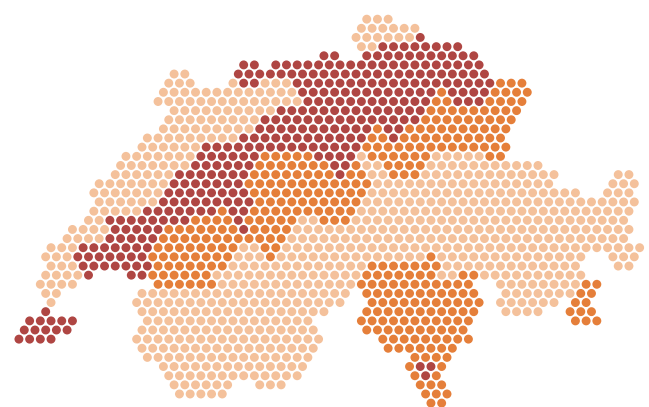
Con il clima attuale esistono considerevoli potenziali di danno nell'Altopiano (elevata concentrazione di beni e utilizzazione agricola intensiva) e nelle grandi agglomerazioni (elevata concentrazione di beni). Nelle Alpi e nel Giura il rischio attuale è lieve. Sebbene nelle Prealpi e nella Svizzera meridionale il pericolo sia relativamente elevato, in tali regioni l'esposizione è minore (fig. 39).

Figura 39

Potenziati danni materiali causati dalla grandine per grande area

Rischio attuale:

- lieve
- moderato
- notevole



Nell'ambito degli edifici, l'entità dei danni dipende molto dalla sensibilità dei materiali da costruzione e degli elementi impiegati. Negli ultimi decenni, il passaggio dall'utilizzo prevalente di pietra naturale, lamiera e tegole alle grandi facciate in vetro munite di dispositivi di protezione solare e l'impiego sempre più frequente di pannelli solari hanno aumentato considerevolmente il potenziale di danni. Inoltre, sono aumentate le pretese per quanto

concerne le prestazioni delle assicurazioni. Oggi vengono pertanto riparati anche danni minori ai veicoli, che non compromettono in alcun modo il loro funzionamento. La capacità di adattamento ai rischi da grandine è considerata relativamente scarsa, a causa della bassa percezione e ponderazione dei rischi, della mancanza di un mandato politico, nonché di un esiguo trasferimento di sapere fra gli attori (Jörin et al. 2016).

Tali fattori, nonché gli attuali potenziali elevati di danni e le grandi incertezze associate agli eventi estremi fanno sì che la modifica dell'attività della grandine sia classificata tra i rischi o le opportunità prioritari in tutte le regioni (fig. 40).

Figura 40

Grandi aree nelle quali i danni materiali causati dalla modifica dell'attività della grandine hanno un'importanza prioritaria

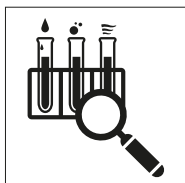


Misure di adattamento

Dato che la modifica dell'attività della grandine legata ai cambiamenti climatici non è nota con precisione, sono necessari ulteriori lavori di ricerca. Anche il miglioramento dei sistemi di sorveglianza e di allerta potrebbe contribuire alla riduzione dei danni, consentendo, per esempio, ai detentori di veicoli di mettere al sicuro i propri veicoli per tempo, oppure di proteggerli in modo adeguato.

Per prevenire i danni agli edifici causati alla grandine è necessario sviluppare materiali robusti e resistenti alla grandine e impiegarli sistematicamente nella costruzione di nuovi edifici. Nel settore agricolo, le cosiddette reti antigrandine offrono una buona protezione per le colture permanenti pregiate.

9 Peggioramento della qualità di acqua, suolo e aria



Cianobatteri sulla superficie dell'Etang de la Gruère (2013)

Foto: Centre Nature Les Cerlatez

I mutamenti delle caratteristiche del clima influenzano i diversi ambienti, ossia l'acqua, il suolo e l'aria. Un esempio sono i periodi di siccità, che si ripercuotono sulla qualità dell'acqua e del suolo, oppure i periodi di canicola, i quali pregiudicano la qualità dell'aria. Ne scaturiscono numerosi rischi per l'uomo e la natura.

I seguenti capitoli caratterizzano brevemente gli effetti dei cambiamenti climatici sulla qualità dell'acqua, del suolo e dell'aria e i rischi (prioritari e non prioritari) risultanti. I rischi prioritari associati al peggioramento della qualità

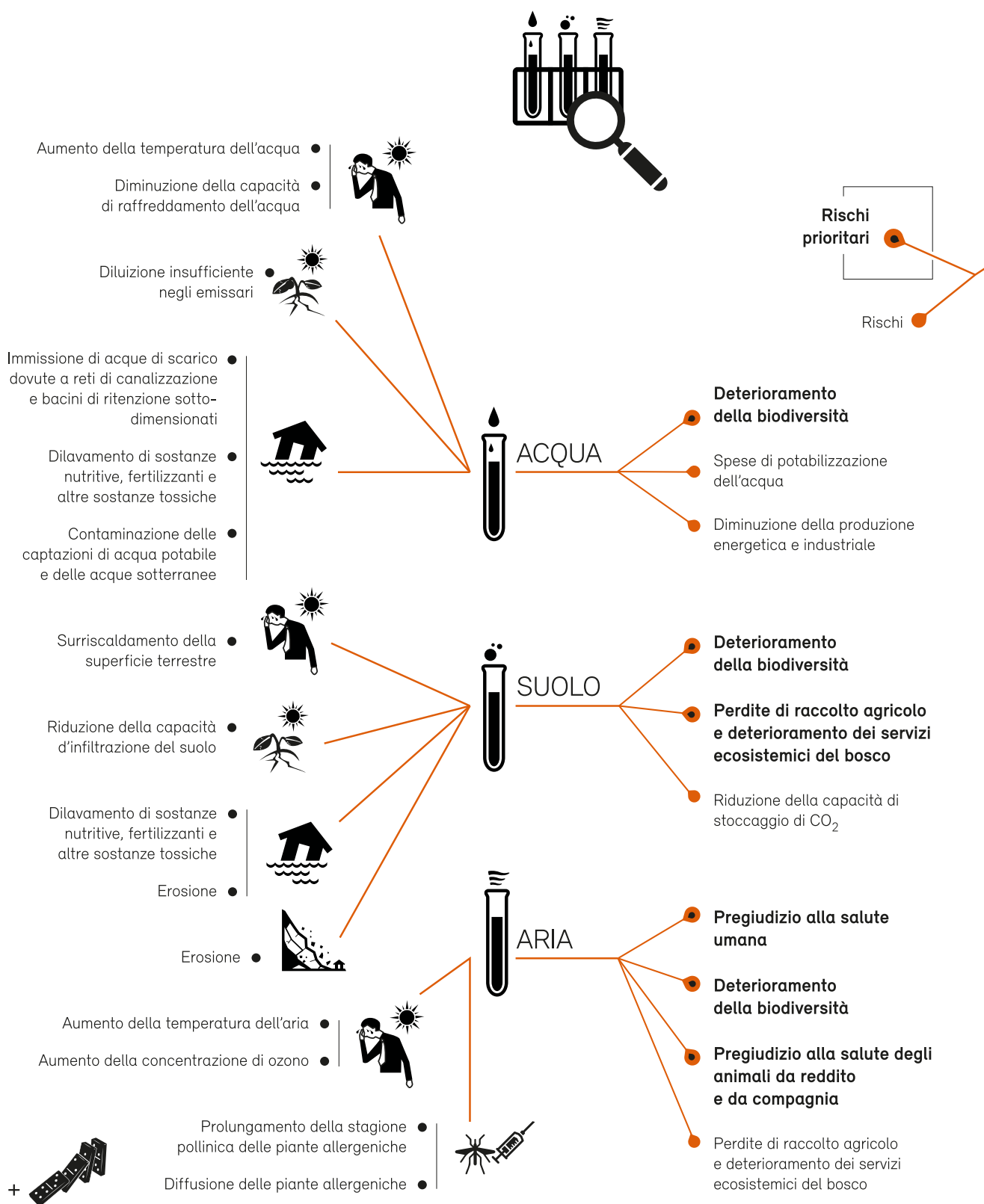
dell'acqua, del suolo e dell'aria sono trattati nell'ambito delle sfide stress da caldo, siccità, piene, movimenti di versante e organismi nocivi (cap. 3, 4, 6, 7 e 11). La figura 41 offre una panoramica dei rischi rilevanti.¹⁵

La quantità assoluta di sostanze nocive riversate negli ambienti acqua, suolo e aria è influenzata da attività antropiche, correlate principalmente con l'utilizzazione

¹⁵ Gli effetti dei cambiamenti climatici sono rappresentati in modo semplificato nella figura 41. L'aumento della temperatura dell'acqua, per esempio, rientra nella sfida «Maggiore stress da caldo», benché non sia causato solamente dal caldo, bensì da un aumento generale delle temperature medie.

Figura 41

Peggioramento della qualità di acqua, suolo e aria: panoramica dei rischi prioritari e non prioritari



del suolo, l'industria e i trasporti. I cambiamenti climatici influenzano indirettamente la qualità di questi ambienti, modificando la frequenza e l'intensità delle condizioni meteorologiche, degli stati atmosferici associati, nonché di diversi altri processi naturali (decomposizione dell'humus, scioglimento dell'ossigeno nell'acqua ecc.). Inoltre, i cambiamenti climatici influenzano anche la quantità relativa di sostanze nocive in un ambiente, per esempio nei fiumi durante i periodi di siccità: anche se le immissioni di sostanze nocive in un corso d'acqua restano costanti, le loro concentrazioni aumentano se la quantità di acqua diminuisce.

Gli ambienti acqua, suolo e aria si influenzano a vicenda e hanno, nel contempo, effetti su ulteriori componenti ambientali. Una cattiva qualità dell'acqua, del suolo o dell'aria può infatti compromettere lo stato degli habitat naturali e delle specie che vi vivono (Accademie svizzere delle scienze 2016a), mentre il deterioramento dei servizi ecosistemici consente ai cambiamenti della biodiversità di avere a loro volta un impatto sulla qualità dell'acqua, del suolo e dell'aria.

9.1 Peggioramento della qualità dell'acqua

L'acqua è la fonte di ogni forma di vita; riveste un ruolo centrale per la società e per la natura. Una qualità ineccepibile dell'acqua e un margine di fluttuazione naturale delle sue temperature sono, da un lato, una premessa affinché siano preservati o possano essere ripristinati gli habitat acquatici importanti per gli animali e le piante. Dall'altro, l'acqua pulita è indispensabile per numerose utilizzazioni da parte dell'uomo, come acqua potabile o risorsa per attività del tempo libero, per la produzione di derrate alimentari, per applicazioni mediche ecc. (Reynard 2008). Il peggioramento della qualità dell'acqua è pertanto associato a gravi rischi per l'uomo e la natura.

La temperatura dell'acqua nelle acque stagnanti e nei fiumi è influenzata innanzitutto dall'afflusso di acqua di scioglimento della neve e di acqua di falda, nonché dalla temperatura dell'aria. In Svizzera, nel corso degli ultimi decenni, le temperature dell'acqua sono aumentate considerevolmente (UFAM 2012a). Per gli organismi acquatici eterotermi, come i pesci o i piccoli organismi invertebrati, la temperatura delle acque è uno dei fattori ambientali più

importanti. Influenza, fra l'altro, il loro metabolismo, il loro sistema immunitario e i loro stadi di sviluppo (Düberndorfer et al. 2011). Per molti esseri viventi acquatici, le temperature dell'acqua elevate significano stress. A partire da determinate temperature, i pesci che amano il freddo limitano il loro comportamento alimentare e migratorio. Un ulteriore aumento delle temperature – per le trote e i temoli a partire da 25 °C – ne significa la morte (UFAMP et al. 2004).

L'aumento della temperatura dell'acqua provoca ulteriori mutamenti della qualità dell'acqua, che a loro volta si ripercuotono sugli organismi acquatici:

- la quantità di ossigeno solubile nell'acqua calda è inferiore rispetto a quella nell'acqua fredda (11 mg/l a una temperatura di 10 °C contro 8 mg/l a una temperatura di 25 °C). Tuttavia, alcuni organismi che vivono nell'acqua, per esempio la trota di ruscello, dipendono da una determinata quantità minima di ossigeno (Truites & Rivières 2016);
- le temperature elevate e un forte irraggiamento solare favoriscono l'aumento del tenore di nutrienti (eutrofizzazione) delle acque stagnanti e dei corsi d'acqua. Inoltre, riducono la circolazione verticale dell'acqua nei laghi, un processo che amplifica a sua volta quello di eutrofizzazione (CS7). L'eutrofizzazione favorisce la proliferazione di determinate specie a crescita rapida e spesso invasive, che prediligono un ambiente ricco di nutrienti, a spese di altre specie. Può inoltre provocare una carenza di ossigeno (anossia) negli habitat e avere conseguenze letali per numerose specie (CS7). Le condizioni eutrofiche e le temperature elevate dell'acqua favoriscono la fioritura delle alghe. Fra l'altro, possono svilupparsi i cianobatteri, in grado di rilasciare tossine nocive e talvolta pericolose (CS7);
- le temperature elevate dell'acqua favoriscono la proliferazione di agenti patogeni, come quelli che provocano la malattia renale proliferativa nei salmonidi (cfr. cap. 10.1.1).

Oltre agli effetti dovuti alle temperature, anche i periodi di siccità o gli eventi di piena possono pregiudicare la qualità dell'acqua:

- nei periodi di siccità, nelle acque stagnanti e nei corsi d'acqua le concentrazioni di sostanze nocive aumen-

tano poiché, in caso di quantità d'acqua scarse negli emissari, le acque immesse vengono diluite in misura minore (CS1, CS3). Ciò rappresenta un rischio soprattutto per i piccoli corsi d'acqua;

- in seguito a inondazioni o forti precipitazioni, il sovraccarico nelle reti delle canalizzazioni e nei bacini di ritenzione può far confluire grandi quantità di acque di scarico non depurate nelle acque e nelle zone umide limitrofe, inquinandole. È inoltre possibile che fertilizzanti e altro materiale organico siano dilavati dal suolo e si accumulino nelle acque (CS3, CS6, Hegg et al. 2004).

Il peggioramento della qualità dell'acqua legato ai cambiamenti climatici ha conseguenze anche per l'utilizzazione dell'acqua da parte dell'uomo. Da un lato, in caso di inferiore qualità dell'acqua, le spese di potabilizzazione sono più elevate. Dall'altro, le temperature elevate dell'acqua riducono l'idoneità dell'acqua per scopi di raffreddamento e possono pertanto limitare la produzione energetica e industriale (CS2). In caso di qualità dell'acqua insufficiente, subiscono restrizioni anche determinate attività del tempo libero, come la balneazione o la pesca (CS7).

Effetti constatati e previsti

I cambiamenti climatici sono una delle varie cause della diminuzione della qualità dell'acqua. A partire dall'industrializzazione, la qualità dell'acqua è influenzata principalmente dall'uomo (attraverso le acque di scarico prodotte dalle economie domestiche e dall'industria, nonché dalle immissioni di nutrienti). Oggi, gli sforzi della protezione delle acque consentono di tenere sostanzialmente sotto controllo il carico dovuto a tali fattori.

L'avanzamento dei cambiamenti climatici provocherà tuttavia un ulteriore innalzamento delle temperature dell'acqua (UFAM 2012a). Anche i periodi di siccità e gli eventi di piena potrebbero aumentare. A lungo termine, la qualità dell'acqua potrà quindi peggiorare e provocare danni e costi molto più elevati.

9.2 Peggioramento della qualità del suolo

Il suolo è la base della nostra esistenza. Fornisce oltre il 95 per cento delle nostre derrate alimentari e svolge

Morìa di temoli nel Reno nel 2003

Nell'anno canicolare del 2003 l'acqua del Reno nei pressi del Lago di Costanza ha raggiunto temperature estremamente elevate. Il 13 agosto, a metà del lago inferiore, è stata rilevata una temperatura superficiale di 26,4 °C. Tale forte riscaldamento dell'acqua ha avuto conseguenze catastrofiche per le anguille e i temoli. In base alle stime, nel tratto tra il lago inferiore e le cascate del Reno nel giro di pochi giorni sono morti circa 50 000 pesci.

(Fonte: UFAFP et al. 2004).

ulteriori funzioni ecologiche, regola per esempio il regime idrico oppure svolge funzioni di filtro, tampone e stoccaggio. La conservazione della sua qualità è fondamentale per preservare le diverse funzioni del suolo (portale del Governo svizzero 2016).

Determinati eventi meteorologici possono compromettere gravemente la qualità del suolo. A dipendenza delle caratteristiche locali, forti precipitazioni e piene possono provocare l'erosione del suolo, il dilavamento di nutrienti e, talvolta, la perdita dello strato superiore del suolo (CS3). Le tempeste, gli incendi boschivi e i periodi di siccità espongono i suoli all'erosione da parte dell'acqua e del vento (CS3, Commissione europea 2011). Inoltre, i periodi di siccità modificano la qualità del suolo, riducendone la permeabilità.

Il deterioramento della qualità del suolo, compresa la sua diversità biologica, può avere effetti negativi su diverse sue funzioni (Walter et al. 2015), per esempio su quella:

- produttiva (produzione di derrate alimentari, alimenti per animali e legname);
- di regolazione (regolazione del ciclo dell'acqua e dei cicli biogeochimici della materia, stoccaggio di CO₂, funzioni di filtro, tampone e stoccaggio, nonché formazione del suolo);
- di habitat (base vitale, conservazione della diversità biologica).

Effetti constatati e previsti

In seguito all'avanzamento dei cambiamenti climatici, la qualità del suolo potrebbe deteriorarsi. Per comprendere meglio gli effetti di tali cambiamenti sui suoli e sulle loro funzioni sono necessari ulteriori lavori di ricerca (UFAM 2014a).

9.3 Peggioramento della qualità dell'aria

La qualità dell'aria è di importanza prioritaria per la salute dell'uomo, della flora e della fauna. Sotto l'influsso di determinate condizioni meteorologiche, la qualità dell'aria può degradarsi sensibilmente.

La qualità dell'aria, che comprende sia la composizione chimica sia proprietà fisiche come la temperatura, è compromessa principalmente dalle polveri fini, dall'ozono e dai composti azotati nocivi. Tali sostanze nocive hanno perlopiù un'origine antropica: traffico motorizzato, combustione di legname, nonché attività agricole e industriali (UFAM 2015b).

Le seguenti condizioni climatiche e meteorologiche provocano un deterioramento della qualità dell'aria (Adelphi/PRC/EURAC 2015, UFAM 2016b, Centro Allergie Svizzera 2016, Accademie svizzere delle scienze 2016a):

- le condizioni anticicloniche stabili favoriscono in estate e in inverno concentrazioni elevate di sostanze nocive. In inverno, in particolare le condizioni persistenti di inversione in regioni con poco vento possono provocare un aumento della concentrazione di polveri fini a causa dei gas di scarico dei riscaldamenti e dei veicoli a motore;
- le condizioni anticicloniche stabili in combinazione con temperature elevate favoriscono la formazione dell'ozono. Quest'ultimo è una sostanza inquinante secondaria, prodotta negli strati troposferici da una reazione chimica tra ossidi di azoto (Nox) e composti organici volatili (COV), sotto l'influsso dell'irraggiamento solare;
- la canicola compromette la salute dell'uomo, della flora e della fauna (cfr. cap. 3.1);
- le temperature medie più elevate prolungano il periodo vegetativo. Il periodo durante il quale l'aria è contaminata da pollini allergenici potrebbe quindi risultare più lungo (cfr. cap. 11.1).

Il peggioramento della qualità dell'aria compromette la salute dell'uomo e degli animali. Un carico eccessivo di sostanze nocive nell'aria respirata può provocare infiammazioni delle vie respiratorie, disturbi respiratori e, in determinati casi, malattie cardiovascolari (UFAM 2014b; cfr. cap. 3.1). Le concentrazioni elevate di ozono hanno inoltre effetti negativi anche sulla crescita delle piante e possono provocare perdite di resa nell'agricoltura (UFAM 2016b, UFAM 2015c).

Effetti constatati e previsti

I cambiamenti climatici modificano determinati parametri, che si ripercuotono sulla qualità dell'aria. La concentrazione di ozono dipende da complesse interazioni fra le emissioni dei loro precursori (gli ossidi di azoto e i composti organici volatili), le condizioni meteorologiche e l'utilizzazione del suolo (DEFRA 2012). L'aumento delle temperature non provocherà soltanto un prolungamento dei periodi con un'elevata concentrazione di ozono, bensì anche un aumento della concentrazione massima di ozono (AEA 2013). Inoltre, in futuro, condizioni anticicloniche stabili, che favoriscono concentrazioni elevate di sostanze nocive, potrebbero manifestarsi con maggiore frequenza in Europa centrale (UFAM 2014a). Gli episodi invernali di forte inquinamento atmosferico potrebbero invece diventare più rari e presentarsi con un'intensità minore in seguito all'aumento della temperatura (Anderson et al. 2008).

Inquinamento da ozono da primato nell'estate del 2015 a Ginevra

Nel luglio 2015, a Ginevra, a causa di un forte irraggiamento solare e di temperature elevate le concentrazioni di ozono hanno registrato un'impennata. I valori di ozono hanno superato ripetutamente il valore soglia di $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Di conseguenza sono state adottate misure volte a ridurre le emissioni inquinanti responsabili della formazione dell'ozono. Inoltre, le tariffe dei trasporti pubblici sono state ridotte per incoraggiare la popolazione a rinunciare all'utilizzo di veicoli privati.

(Fonti: Cantone Ginevra 2016, Cantone Ginevra 2015)

10 Cambiamento negli habitat, nella composizione delle specie e nel paesaggio



- Deterioramento della biodiversità
- Cambiamento nella composizione delle specie e negli habitat



Pescatori e badatori salvano le trote dalla secca del fiume Töss nel Canton Zurigo (2011)

Foto: Heidy Dietiker

La biodiversità, o diversità biologica, comprende le variabilità degli ecosistemi, delle specie, dei geni e delle interazioni tra queste componenti e all'interno di ciascuna di esse (Confederazione Svizzera 2015).

A partire dal 1900, in particolare negli ultimi decenni, la biodiversità in Svizzera ha fortemente sofferto, subendo notevoli perdite. Una specie indigena su 40 si è già estin-

ta, mentre quasi un terzo delle specie vegetali e pressoché la metà di quelle animali sono classificate a rischio nella Lista Rossa (Accademie svizzere delle scienze 2016a). Numerosi habitat, come le zone golenali, le paludi, i prati e i pascoli secchi, sono diventati più rari, mentre quelli rimasti hanno comunque perso in termini di qualità ecologica (UFAM 2012c). In tempi recenti si è riusciti a rallentare il declino della diversità biologica, per esempio

con l’emanazione di leggi specifiche e l’allestimento di inventari federali (Confederazione Svizzera 2015).

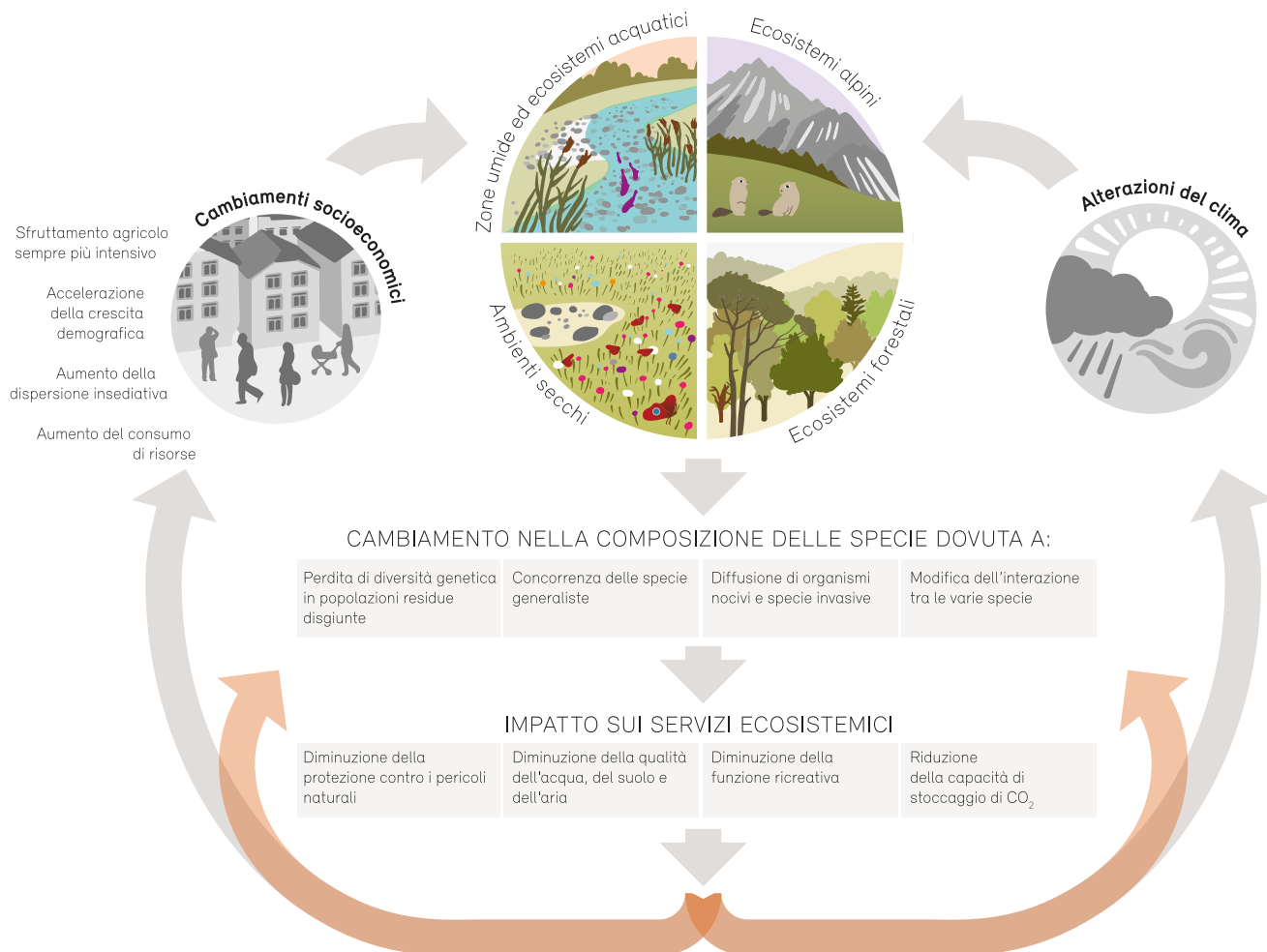
Grazie alla varietà della sua topografia, la Svizzera è ricca di numerosi piccoli habitat in grado di offrire diverse condizioni di vita. Ne deriva una ricca biodiversità, in particolare nei boschi e nelle regioni di montagna, nelle quali si trova la maggior parte delle paludi, delle zone golenali e dei prati e pascoli secchi d’importanza nazionale (CS5, Forum Biodiversità Svizzera 2013). La Svizzera ospita inoltre specie e habitat d’importanza internazionale: 43 habitat e 105 specie fanno parte della Rete Smeraldo, che comprende le specie e gli habitat rari e minacciati in Europa (UFAM 2015d).

Gli ecosistemi mettono a disposizione beni e servizi, senza i quali la vita umana sarebbe impensabile. Tali servizi ecosistemici sono molteplici ed eterogenei: l’offerta di alimenti, di materiali da costruzione (p. es. il legname), di principi attivi farmaceutici e di spazi ricreativi, l’impollinazione, la pulizia dell’aria e dell’acqua, la fertilità del suolo, la protezione contro pericoli naturali quali le piene, gli scivolamenti, le valanghe e la caduta di sassi nonché la mitigazione dei cambiamenti climatici attraverso la capacità di stoccaggio di CO₂ (Accademie svizzere delle scienze 2016a, UFAM 2011).

Questo capitolo pone l’accento sulle alterazioni degli habitat e delle loro specie causate dai cambiamenti climatici. Gli effetti dei cambiamenti climatici sui paesaggi, per

Figura 42

Influsso sugli ecosistemi ed effetti sulla composizione delle specie e sui servizi ecosistemici



esempio il ritiro dei ghiacciai e l'innalzamento del limite della vegetazione, sono trattati in altri capitoli.

Evoluzione osservata e attesa

I cambiamenti climatici influenzano la biodiversità in Svizzera in vari modi, a tutti i livelli della diversità (ecosistemi, specie, geni, interazioni fra le specie e al loro interno). Le temperature in aumento e il regime delle precipitazioni mutato, i periodi di canicola e di siccità, il pregiudizio alla qualità dell'acqua, dell'aria e del suolo, la diffusione di organismi nocivi, malattie e specie esotiche portano a un cambiamento negli habitat, nella composizione delle specie e nel paesaggio e, di conseguenza, a un cambiamento nella biodiversità. Poiché tali parametri agiscono insieme sulla biodiversità e i singoli effetti non possono essere osservati isolatamente, vengono trattati in questo capitolo globalmente. A seconda degli habitat, delle specie e dei valori a essi attribuiti, i cambiamenti climatici possono rappresentare un rischio ma anche un'opportunità per la biodiversità.

Di norma, gli effetti dei cambiamenti climatici sulla biodiversità si manifestano solo lentamente. Quando viene superata una determinata soglia di tolleranza, taluni cambiamenti possono tuttavia subire un'accelerazione (Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique 2014). In questo caso si parla anche di «punto di non ritorno» (tipping point) degli ecosistemi.

Diversi fattori socioeconomici, come i crescenti fenomeni di urbanizzazione e di dispersione insediativa, lo sfruttamento agricolo sempre più intensivo, il maggior consumo di risorse o la crescita demografica, mettono sotto forte pressione la biodiversità. Questi aspetti sono affrontati al capitolo 10.2.4.

La figura 42 illustra i principali processi che influiscono sui diversi ecosistemi e le conseguenze che ne derivano. Il grafico non tiene conto di tutti i fattori che agiscono sulla biodiversità in Svizzera, limitandosi piuttosto ad alcuni dei fattori più importanti.

10.1 Cambiamenti in ecosistemi selezionati

10.1.1 Zone umide ed ecosistemi acquatici

Le zone umide e gli ecosistemi acquatici comprendono i corsi d'acqua e le acque stagnanti, gli stagni artificiali e naturali, le torbiere alte e le paludi nonché le zone golenali. Forniscono importanti contributi ai servizi ecosistemici quali, per esempio, la protezione contro le piene, la ricostituzione delle riserve di acque sotterranee o la depurazione dell'acqua (Convenzione di Ramsar 2011).

Il numero di zone umide e di ecosistemi acquatici è in continua diminuzione: tra il 1900 e il 2010, la superficie delle zone golenali si è ridotta del 36 per cento, mentre quella delle paludi addirittura dell'82 per cento. Molti corsi d'acqua e acque stagnanti di piccole dimensioni sono completamente scomparsi a seguito di opere di canalizzazione o di bonifica di superfici destinate all'uso agricolo (Confederazione Svizzera 2015). Anche le zone umide e gli ecosistemi acquatici sono direttamente interessati dai cambiamenti climatici (cfr. cap. 9.1).

Temperatura e qualità dell'acqua: l'aumento delle temperature dell'aria produce un riscaldamento delle acque. L'abbassamento del livello delle acque stagnanti e dei corsi d'acqua durante i periodi di siccità può provocare perdite in termini di qualità e un ulteriore riscaldamento (CS1, CS3, CS5 – CS7). Elevate temperature dell'acqua generano uno stress da caldo nelle specie sensibili alle stesse, per esempio nei pesci. In queste condizioni si diffondono più velocemente anche malattie quali per esempio la malattia renale proliferativa, che colpisce i

Diffusione della malattia renale proliferativa

Gli agenti patogeni che trasmettono la malattia renale proliferativa ai salmonidi dipendono molto dalla temperatura dell'acqua (temperature superiori ai 15 °C per 2 – 3 settimane). La maggior frequenza di periodi caratterizzati da alte temperature prolungate rappresenta pertanto una minaccia per i pesci d'acqua dolce.

(Fonti: USAV 2016, Rubin et al. 2015)

salmonidi (cfr. riquadro «Diffusione della malattia renale proliferativa»).

La qualità dell'acqua viene compromessa anche dalla maggior frequenza di precipitazioni intense, piene e inondazioni, che provocano il dilavamento di pesticidi o nutrienti dal suolo e la contaminazione degli habitat interessati.

Eutrofizzazione: l'innalzamento delle temperature comporta una minore miscelazione delle acque nei laghi, un effetto che può favorire l'eutrofizzazione (CS7). Determinate specie di cianobatteri, tipiche degli habitat ricchi di nutrienti, possono liberare tossine nocive tanto per la fauna quanto per gli esseri umani (Eawag 2016). Per determinate specie di pesci possono risultare letali.

Inaridimento: le zone umide (torbiere alte, paludi e zone palustri) nonché le specie che le popolano possono subire un pregiudizio o scomparire del tutto in seguito a lunghi periodi di siccità (CS1, CS3, CS5 – CS7). Dal momento che i suoli organici di questi habitat immagazzinano CO₂, il loro inaridimento ne libera inoltre grandi quantità nell'atmosfera (CS8).

10.1.2 Ambienti xerofili e termofili

Come le zone umide, anche gli ambienti xerofili (amanti della siccità) e termofili (amanti del caldo) costituiscono habitat ricchi di specie. Comprendono prati e pascoli secchi nonché determinati habitat urbani (microhabitat in condizioni di siccità, quali aree ferroviarie, muri a secco, aree industriali dismesse ecc.) e sono popolati da specie particolarmente adattate alle condizioni di siccità, come per esempio le farfalle diurne.

A partire dall'inizio del secolo scorso, gli habitat secchi hanno subito forti perdite di superficie riconducibili a una pluralità di fattori, quali l'urbanizzazione, lo sfruttamento sempre più intensivo e l'abbandono dell'utilizzazione (Confederazione Svizzera 2015). Dal 1900 a oggi, in Svizzera si è assistito alla scomparsa del 95 per cento dei prati e dei pascoli secchi (UFAM 2015e).

Per questi habitat, i cambiamenti climatici costituiscono anche un'opportunità. Con l'aumento della frequenza dei periodi di siccità, la loro superficie potrebbe tornare a

crescere in tutte le regioni. Anche le specie amanti del caldo vengono favorite dalle mutate condizioni climatiche, dato che le loro possibilità di sopravvivenza aumentano con l'innalzamento delle temperature medie (CS1, CS3) e/o delle temperature invernali. Inoltre, le temperature più miti consentono a determinate specie di insetti di riprodursi con maggiore frequenza, uno scenario che può tradursi in un aumento del numero annuo di generazioni (CS1, CS3).

10.1.3 Habitat alpini

Le Alpi svolgono un ruolo importante per la conservazione della biodiversità in Svizzera, dal momento che ospitano numerosi habitat e specie specializzati. Poiché quasi due terzi della superficie nazionale appartengono all'arco alpino e un terzo è situato al di sopra del limite del bosco, la Svizzera ha una responsabilità particolare per la conservazione degli habitat e delle specie tipiche di quest'area geografica (Confederazione Svizzera 2015).

I cambiamenti nell'utilizzazione del suolo riguardano anche gli habitat alpini (p. es. il pascolo di ovini ad alta quota) e influenzano lo stato della biodiversità in queste regioni. Buona parte del suolo ad alta quota più accessibile viene ormai sfruttata in modo intensivo per scopi agricoli, mentre le superfici meno accessibili non vengono più utilizzate, lasciando spazio al bosco (Accademie svizzere delle scienze 2016a).

La minor durata di permanenza del manto nevoso e la riduzione del suo spessore possono causare conseguenze importanti per determinate specie (CS5). Il ruolo del manto nevoso può favorire alcune specie e svantaggiarne altre. Il manto nevoso offre per esempio protezione alla lepre bianca, che si mimetizza perfettamente nelle zone innevate, mentre costituisce un ostacolo per il cervo, che perde molta energia camminando nella neve. Mentre taluni alberi si spezzano sotto il peso della neve, altre piante beneficiano della protezione contro il freddo offerta dal manto nevoso (CS5).

Spostamento degli habitat esistenti e creazione di nuovi habitat

L'innalzamento delle temperature medie, il prolungamento del periodo vegetativo e la riduzione del numero di giornate di gelo comportano lo spostamento degli habitat

e delle specie verso regioni a maggiore altitudine. Questa evoluzione si verifica di pari passo con la riduzione della superficie degli habitat, la perdita di alcuni di essi (CS1, CS3, CS5, CS7) e il loro isolamento. L'assenza di interconnessione tra gli habitat isolati e il minor numero di individui presenti portano alla riduzione della diversità genetica. A ciò si aggiunge la comparsa ad alta quota di nuove specie, che si pongono in concorrenza con le specie, spesso molto specializzate, tipiche dell'arco alpino (CS5, CS8).

Anche gli habitat glaciali fanno parte della biodiversità alpina. Con lo scioglimento dei ghiacciai scompaiono determinate specie adattatesi a questi habitat, mentre sulle superfici strappate ai ghiacciai compaiono nuovi habitat. Questi habitat si popolano rapidamente di specie pioniere. Con la scomparsa degli habitat glaciali cambia pertanto la biodiversità, con connotazioni sia positive che negative – a seconda delle specie osservate (CS5).

Riduzione dell'areale di diffusione del gallo cedrone

Il gallo cedrone è un uccello tipicamente diffuso nei boschi caratterizzati da una rigogliosa vegetazione bassa e da numerosi piccoli arbusti ed è un uccello nidificante iscritto nella Lista Rossa come specie fortemente minacciata. Vive spontaneamente nel Giura, nelle Prealpi e nelle Alpi. A causa dei cambiamenti climatici, il suo areale di diffusione (in Svizzera e nella Foresta Nera) potrebbe ridursi del 41 per cento entro il 2050 (Pluess et al. 2016).

Già oggi, nel Giura il gallo cedrone vive esclusivamente nelle zone ad alta quota, che ne definiscono il limite superiore del suo areale di diffusione naturale; in questa regione, il pericolo di estinzione della specie dovuta alla perdita del suo habitat è reale (CS6).

10.1.4 Bosco

I boschi ricoprono quasi un terzo della superficie della Svizzera. Alcune superfici boschive vengono usate per la produzione di legname, mentre altre sono destinate alla protezione contro i pericoli naturali. I boschi svolgono inoltre un ruolo importante per la conservazione della

biodiversità in Svizzera, poiché costituiscono l'habitat di quasi la metà delle specie animali e vegetali presenti in Svizzera (UFAM 2015c).

La superficie boschiva della Svizzera – specialmente nelle Prealpi, nelle Alpi e a sud delle Alpi – è fortemente cresciuta negli ultimi decenni: +3,4 per cento tra il 1986 e il 1995, +4,6 per cento tra il 1996 e il 2006 e +2,3 per cento tra il 2007 e il 2013 (UFAM 2015f). L'abbandono dell'utilizzazione dei maggenghi e dei pascoli alpini svolge un ruolo importante per l'evoluzione della superficie forestale. Al tempo stesso, con l'innalzamento delle temperature medie il limite superiore del bosco si sposta verso l'alto (CS5, CS7, cfr. riquadro «Aumento del limite superiore del bosco»).

Il bosco offre numerosi servizi ecosistemici, che possono deteriorarsi a causa del cambiamento negli ecosistemi boschivi. Gli alberi soffrono già oggi per le conseguenze dei cambiamenti climatici: in Ticino i boschi situati a bassa quota (< 500 m) su versanti esposti a est o a ovest con suoli poco profondi risultano particolarmente sensibili ai periodi di siccità. Il castagno è una specie tipica di queste regioni, la quale ha particolarmente sofferto nel 2003 e nel 2015. Al contrario, alcune delle nuove specie resistenti alla siccità, quali l'ailanto e la robinia, hanno molto ben resistito a tali estati aride. La reiterazione dei periodi di siccità dovrebbe favorire lo sviluppo di queste specie, in particolare a livello collinare (CS7, Lévesque et al. 2015).

I cambiamenti nel potenziale di utilizzazione della materia prima legno, specialmente di quello di abete rosso, potrebbero generare riduzioni dei ricavi nel Giura e nell'Altopiano, mentre nelle regioni alpine a lungo termine è atteso un aumento dei ricavi (Bircher et al. 2015). Ad alta quota l'effetto protettivo della foresta viene rafforzato dall'innalzamento del limite superiore del bosco, mentre nelle aree boschive interessate da periodi di siccità viene deteriorato (Pluess et al. 2016). In determinate regioni la capacità di stoccaggio di CO₂, fortemente dipendente dalla provvigione legnosa e dall'incremento del legno, dovrebbe far registrare una lieve espansione legata al prolungamento del periodo vegetativo (CS4).

Adattamento ai cambiamenti climatici

La variazione delle temperature medie e del regime delle precipitazioni porterà a un graduale cambiamento nella composizione delle specie forestali, un processo più lento nelle zone forestali incolte ma più rapido nei boschi coltivati. La selvicoltura permette di favorire in modo mirato le specie dotate di una forte capacità di adattamento ai cambiamenti climatici (CS3, CS4, CS6).

La capacità dei boschi di adattarsi agli effetti dei cambiamenti climatici dipende anche dalla composizione delle specie arboree. Più è elevata la quota di abeti rossi, più il popolamento è in pericolo (Bircher et al. 2015). Le radici superficiali dell'abete rosso richiedono una quantità sufficiente di precipitazioni o un suolo dotato di una forte capacità di stoccaggio dell'acqua (UFAM 2014c). In generale, vi sarà una riduzione dell'areale di diffusione delle specie che oggi popolano le fasce montane e subalpine e si sono adattate a un clima fresco e umido, dovuta al fatto che la superficie disponibile a maggiori altitudini risulterà sempre più limitata. Al contrario, l'areale di diffusione delle specie tipiche della fascia collinare e submontana, che meglio tollerano condizioni di siccità, potrebbe in futuro espandersi (Pluess et al. 2016).

Innalzamento del limite superiore del bosco

A causa dei cambiamenti climatici il limite naturale del bosco continuerà a spostarsi verso l'alto. Nel Canton Grigioni si prevede che entro il 2060 raggiungerà l'altezza del Weissfluhjoch (2690 m). Oggi si trova a circa 1900 m (CS5).

10.2 Cambiamenti che interessano tutti gli ecosistemi

10.2.1 Specie esotiche invasive¹⁶

La diffusione di specie esotiche invasive rappresenta già oggi una minaccia per la biodiversità. Le specie esotiche invasive sono, a livello mondiale, la seconda causa più importante di perdita della biodiversità, dopo la scomparsa e il deterioramento degli habitat (Shine et al. 2009).

¹⁶ In merito agli organismi nocivi, alle malattie e alle specie esotiche cfr. anche cap. 11.

Le specie esotiche vengono generalmente introdotte attraverso i porti interni e marittimi, lungo le autostrade, le linee ferroviarie e negli aeroporti. I cambiamenti climatici non sono di per sé direttamente responsabili dell'arrivo in Svizzera di queste specie, ma creano tuttavia le condizioni favorevoli al loro attecchimento e alla loro diffusione. Talune specie introdotte si adattano alle condizioni climatiche locali meglio delle specie indigene (CS6, AEA 2017). Le mutevoli condizioni climatiche possono anche favorire la diffusione di organismi nocivi indigeni e mettere pertanto a repentaglio altre specie presenti nel medesimo habitat (cfr. cap. 11).

Al momento sono circa 800 le specie non indigene ospitate in Svizzera, di cui 107 sono classificate come invasive o potenzialmente pericolose. Si tratta di mammiferi, uccelli, un rettile, anfibi, pesci, molluschi, insetti, crostacei, ragni, vermi, funghi, un batterio e diverse piante (UFAM 2006).

Oltre il 40 per cento delle specie esotiche invasive, ormai stabilizzatesi, è costituito da specie che prosperano negli ambienti boschivi e umidi. Questi habitat sono dunque particolarmente minacciati dall'importazione di suddetti organismi. Diversamente, gli habitat delle zone montane e dei pascoli risultano finora coinvolti in modo minore, dal momento che sono poche le specie esotiche insediatesi (UFAM 2006).

La diffusione di specie esotiche invasive, presenti al momento soltanto puntualmente, è destinata ad aumentare in seguito ai cambiamenti climatici. È inoltre ipotizzabile che la biodiversità svizzera sia minacciata dall'importazione di nuove specie esotiche invasive. Gli effetti e i possibili danni causati da tali processi non sono quantificabili, ma potrebbero portare, in casi estremi, al collasso di interi ecosistemi (cfr. cap. 13).

10.2.2 Eventi estremi

Gli eventi naturali, specie se si verificano sotto forma di eventi estremi (p. es. tempeste o piene del secolo, incendi di grandi dimensioni), rappresentano spesso un'opportunità per la diversità biologica. È pur vero che provocano la scomparsa di determinate specie, legate all'esistenza di particolari condizioni. Contemporaneamente, però, a seguito di certi eventi, nascono nuovi habitat e zone pio-

niere (Vittoz et al. 2013). Le specie pioniere, che prediligono habitat luminosi, e quelle adattatesi alle perturbazioni ambientali colonizzano le relative zone, arricchendo in tal modo la biodiversità locale (CS5, CS8). Gli eventi naturali estremi contribuiscono inoltre al mantenimento della dinamica degli ecosistemi (CS8).

10.2.3 Interazioni tra le specie

Influenzando le singole specie, i cambiamenti climatici ne modificano anche i ruoli nella catena alimentare o in altre forme di interazione tra le specie (AEA 2012a, Accademie svizzere delle scienze 2016a). Ciò si verifica soprattutto nelle specie che vivono in un vicendevole rapporto di scambio, come quello fra preda e predatore, fiore e impollinatore, parassita e ospite oppure erbivoro e pianta. La modifica negli stadi di sviluppo può interrompere certe interazioni tra le specie, per esempio quando l'attività degli impollinatori non coincide più con il periodo della fioritura (Accademie svizzere delle scienze 2016a). I cambiamenti climatici possono però dar vita anche a nuove interazioni tra le specie (AEA 2012a).

È pertanto difficile prevedere con precisione quali specie sono minacciate e quali sono invece favorite dalle modifiche indotte dai cambiamenti climatici. Permane peraltro una forte incertezza sui dettagli della reazione ai cambiamenti climatici dei diversi habitat e delle diverse specie.

10.2.4 Valutazione riassuntiva

Come menzionato all'inizio di questo capitolo, la biodiversità in Svizzera subisce forti pressioni, a prescindere dai cambiamenti climatici, da parte di numerosi altri fattori di origine antropica. Fra questi fattori vanno annoverati l'espansione dello spazio urbano e delle infrastrutture di trasporto, l'agricoltura intensiva e la lotta antiparassitaria, l'incremento delle attività turistiche e del tempo libero, lo sfruttamento delle energie rinnovabili, l'introduzione di specie esotiche invasive e il generale pregiudizio arrecato alla qualità dell'acqua, del suolo e dell'aria (CS3, Confederazione Svizzera 2012).

Le perdite di biodiversità hanno spesso carattere irreversibile, aspetto che ne amplifica la portata (Confederazione Svizzera 2012). Il tasso di mortalità legato alle

attività antropiche supera da cento a mille volte il tasso di mortalità naturale (Bergamin 2011).

Ulteriori pressioni possono risultare quando, nell'applicazione di misure di mitigazione o di adattamento nell'ambito della politica climatica, non si tiene conto dei possibili effetti negativi sulla biodiversità. Questo pericolo sussiste, per esempio, nell'ambito della costruzione di opere di protezione contro le piene, dell'adeguamento dell'offerta turistica o della lotta contro gli organismi nocivi nell'agricoltura e nel bosco.

Gli effetti dei cambiamenti climatici sulla biodiversità e gli altri effetti legati alle attività antropiche fanno sì che il pregiudizio arrecato alla biodiversità, come anche i cambiamenti positivi nella composizione delle specie e negli habitat, assumano un'importanza prioritaria in tutta la Svizzera (fig. 43).

Figura 43

Grandi aree nelle quali il rischio «Pregiudizio alla biodiversità» e l'opportunità «Cambiamento nella composizione delle specie e negli habitat» sono prioritari



10.2.5 Adattamento e capacità di adattamento

La capacità di adattamento della biodiversità dipende dalle sue doti naturali di adattamento nonché dall'abilità dell'uomo di adottare misure in grado di concedere alla biodiversità il margine necessario per adattarsi. Tra queste ultime rientrano, per esempio, le misure a tutela degli ecosistemi.

Le specie possiedono una (limitata) capacità di far fronte ai cambiamenti circostanti. Si distinguono tre forme di adattamento. Quando una data specie non dispone di alcuna delle possibilità elencate, la sua sopravvivenza risulta minacciata (Horst et al. 2013).

1. **Adattamento del fenotipo:** per fenotipo si intende l'insieme delle caratteristiche osservabili di una specie quali, per esempio, l'aspetto esteriore oppure le reazioni fisiologiche all'interno di un organismo o tra organismi diversi. Una specie può adattarsi per esempio accelerando la sua crescita, con un conseguente anticipo della fioritura o della sciamatura di certi insetti, oppure aumentando la propria tolleranza al caldo (Fischer et al. 2010);
2. **Adattamento evolutivo (genetico):** le specie possono adattarsi geneticamente, da una generazione all'altra, al lento mutare delle condizioni circostanti. Quando la diversità genetica di una specie diminuisce, si riduce anche la sua capacità di adattamento, con conseguente aumento del rischio di estinzione (Pauli et al. 2001);
3. **Migrazione in nuovi territori (spostamento dell'areale):** le specie che riescono a spostarsi e hanno quindi la possibilità di cercarsi un nuovo habitat adeguato alle loro esigenze possono adattarsi a nuove condizioni più facilmente rispetto alle specie sedentarie, a meno che il loro habitat non scompaia completamente (CS1).

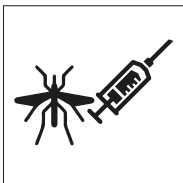
Le specie generaliste possiedono, di solito, maggiori capacità di adattamento (CS7). Al contrario, quelle specializzate, che prediligono particolari condizioni climatiche e possiedono una tolleranza relativamente bassa, non si adattano al mutamento delle condizioni climatiche o lo fanno solo con difficoltà. Vengono inoltre minacciate dalla diffusione delle specie generaliste.

Misure di adattamento

Possibili misure che favoriscono l'adattamento ai cambiamenti climatici sono la creazione di zone di protezione della biodiversità, l'interconnessione dei biotopi mediante corridoi biologici, misure di promozione della biodiversità (p. es. nel settore agricolo o presso privati) oppure misure di conservazione degli habitat delle specie minacciate.

La biodiversità possiede numerose interfacce con altri settori (Jörin et al. 2016). È dunque importante promuovere l'integrazione di obiettivi a lungo termine relativi alla biodiversità in altre strategie e leggi nonché garantire una collaborazione coerente e intersettoriale (Confederazione Svizzera 2012).

11 Diffusione di organismi nocivi, malattie e specie esotiche



- Pregiudizio alla salute umana
- Pregiudizio alla salute degli animali da reddito e da compagnia
- Perdite di raccolto agricolo
- Deterioramento dei servizi ecosistemici del bosco



Legno d'acero infestato dal tarlo asiatico del fusto

Foto: Reto Martin

Organismi nocivi, agenti patogeni e vettori di malattie possono avere un impatto negativo sulla salute umana e animale, le piante nonché gli ecosistemi e i loro servizi in generale (UFAM 2012b). Spesso si distingue tra specie indigene e specie esotiche.

Le specie esotiche sono quelle introdotte, consapevolmente o inavvertitamente, al di fuori del loro areale di diffusione naturale (UFAM 2006). La diffusione di spe-

cie esotiche può ampliare la diversità delle specie di un ecosistema e portare vantaggi anche per l'uomo (p.es. l'introduzione della patata dal Sud America). Le specie esotiche possono tuttavia sviluppare un comportamento invasivo, dal momento che il nuovo ambiente spesso è privo di nemici naturali e offre loro così un vantaggio competitivo. Questo contesto mette a repentaglio gli habitat, le specie, gli ecosistemi indigeni (cfr. cap. 10.2.1) e i loro servizi (UFAM 2006).

Per organismi nocivi s'intendono piante, animali e agenti patogeni (virus, batteri, funghi ecc.) che arrecano danni ad altre piante. Gli agenti patogeni sono organismi che possono causare malattie agli esseri umani, alla flora e alla fauna (CSFB 2013). I vettori di malattie non causano di per sé malattie, ma sono necessari a taluni agenti patogeni infettivi per poter colpire gli organismi.

La diffusione delle specie è influenzata da fattori climatici, quali la temperatura e l'umidità dell'aria e le quantità di precipitazioni. La temperatura corporea dei parassiti e dei vettori privi di una capacità di autoregolazione termica dipende dalla temperatura ambiente. Pertanto le condizioni climatiche hanno una forte influenza sulla riproduzione e la diffusione di tali cosiddetti organismi ectotermi.

La diffusione di organismi nocivi, vettori e specie esotiche non è un fenomeno recente. La loro importazione è iniziata, in parte, già secoli fa (CS5, CS7, cfr. tab. 2). Questa evoluzione è dovuta principalmente al commercio, alla progressiva globalizzazione e al mutamento delle abitudini di viaggio della popolazione. Finora i cambiamenti climatici non hanno praticamente inciso sulla loro

diffusione (CS4 – CS8, Accademie svizzere delle scienze 2016a).

Evoluzione osservata e attesa

Le temperature in aumento, gli inverni più miti, i periodi vegetativi prolungati e la maggiore siccità estiva causati dai cambiamenti climatici creano condizioni ambientali più favorevoli a molti organismi nocivi e vettori indigeni ed esotici (CS2 – CS6, Accademie svizzere delle scienze 2016a). In futuro si affermeranno e si diffonderanno anche organismi finora non in grado di sopravvivere in Svizzera (CS6, UFAM 2012b, AEA 2017). Poiché spesso si adattano meglio alle temperature elevate, dispongono di un vantaggio competitivo sulle specie indigene.

È difficile quantificare l'influenza dei cambiamenti climatici sulla diffusione delle specie esotiche, dal momento che quest'ultima viene fortemente influenzata anche da condizioni socioeconomiche, oltre che climatiche. Se la tendenza alla globalizzazione dovesse proseguire anche in futuro, le specie esotiche invasive continuerebbero a diffondersi dapprima lungo gli assi di trasporto e attraverso le grandi zone di carico e scarico merci (aeroporti, porto sul Reno ecc.). I casi di studio hanno confermato il

Tavolo 2

Specie esotiche invasive diffuse in Svizzera

Specie/organismo nocivo	Anno d'importazione in Svizzera	Principale settore interessato (oltre alla biodiversità)
Ailanto	1740 in Europa	Economia forestale
Poligono del Giappone	1823 in Europa	Infrastrutture di trasporto
Ambrosia con foglie di artemisia	1865	Salute
Panace di Mantegazzi	1884	Salute
Dorifora della patata	1937	Agricoltura
Acaro della varroa	1984	Agricoltura
Mosca della noce	1991	Agricoltura
Zanzara tigre	2003	Salute
Coccinella asiatica	2004	Agricoltura
Zanzara giapponese	2007	Salute
Piralide del bosso	2007	Economia forestale
Cinipide galligeno del castagno	2009	Economia forestale
Moscerino della frutta	2011	Agricoltura
Tarlo asiatico del fusto	2011	Economia forestale

(Fonti: Pro Natura 2013, UFAM 2006)

particolare coinvolgimento di città quali Basilea e Ginevra e del corridoio di trasporto sud-nord in Ticino (CS2, CS4, CS7).

L'introduzione di nuove specie e di malattie esotiche può assumere il carattere di una «wild card» (cfr. cap. 13). Risulta difficile valutare quali organismi si propagheranno in Svizzera in futuro e quali danni potranno arrecare. L'esperienza maturata finora con le specie invasive mostra che il potenziale di danno è notevole. La figura 44 evidenzia i rischi prioritari associati alla sfida «Diffusione di organismi nocivi, malattie e specie esotiche».

11.1 Aumento del pregiudizio alla salute umana

I cambiamenti climatici influiscono sulla diffusione dei vettori, degli agenti patogeni e delle piante allergeniche, con possibili ripercussioni sulla salute umana (Smith et al. 2014). Le malattie infettive, trasmesse attraverso gli alimenti, l'acqua e i vettori, potrebbero perciò diventare

più frequenti. I vettori principali delle malattie infettive in Svizzera sono le zanzare e le zecche (CS4, CS7).

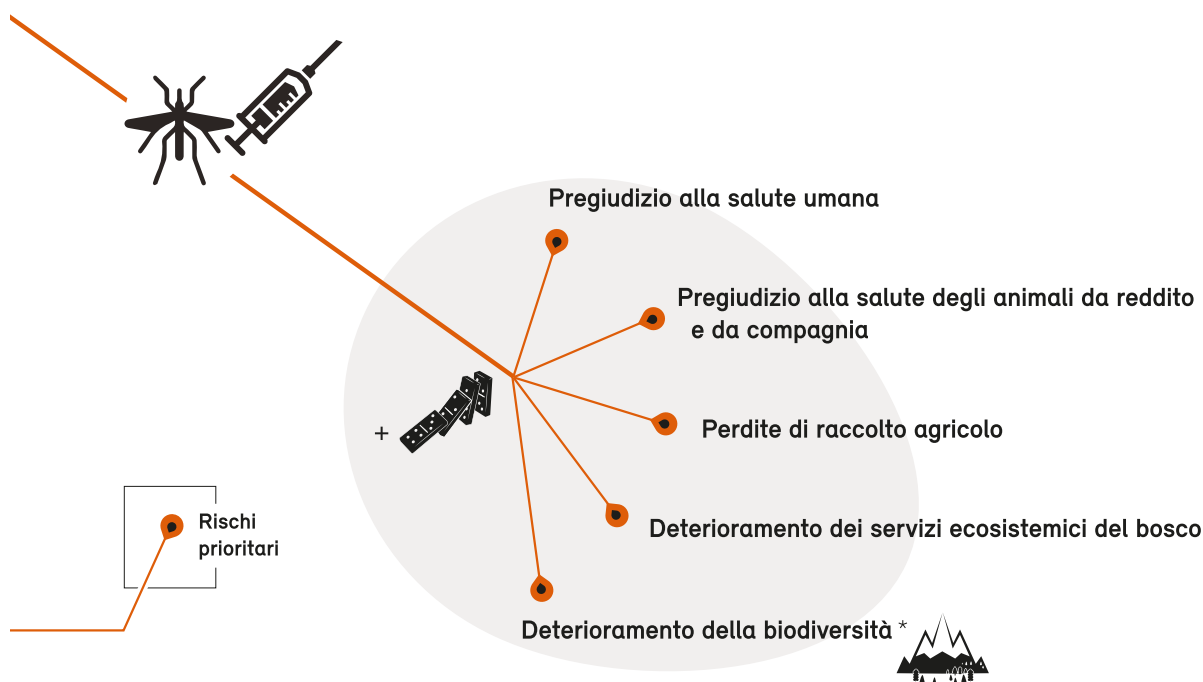
11.1.1 Malattie infettive e loro vettori

Zanzare: la zanzara tigre asiatica e la zanzara giapponese (entrambe appartenenti al genere *Aedes*) si sono stabilite in Svizzera negli anni 2000 (cfr. tabella 2). A differenza della zanzara giapponese, ampiamente diffusa al nord delle Alpi, la zanzara tigre asiatica si trova soprattutto nella Svizzera meridionale ed è portatrice dei virus dengue, chikungunya e zika (CS2 – CS7). Anche la zanzara giapponese potrebbe rivelarsi in grado di trasmettere questi agenti patogeni (UFAM 2012b). Finora una trasmissione in tal senso non è ancora stata documentata. Per il suo sviluppo, la zanzara tigre asiatica necessita di temperature invernali miti e di temperature medie annue al di sopra di una determinata soglia¹⁷. Inoltre ha bisogno di acque stagnanti di piccole dimensioni per deporre le uova.

¹⁷ Per la zanzara tigre asiatica la soglia è di circa 11 °C.

Figura 44

Diffusione di organismi nocivi, malattie e specie esotiche: panoramica dei rischi prioritari



Diverse tipologie di zanzare possono trasmettere la leishmaniosi, una malattia parassitaria. I vettori sono già presenti in Svizzera, ma non ancora gli agenti patogeni. Nel bacino del Mediterraneo sono invece entrambi ampiamente diffusi.

Zecche: la zecca dei boschi è un tipo di zecca che si trova comunemente in Svizzera (CS3) ed è portatrice della malattia di Lyme o borreliosi, di origine batterica e della meningoencefalite da zecche o primaverile-estiva (MEVE), di tipo virale (OcCC/ProClim 2007). Non tutte le zecche sono portatrici di un agente patogeno: una zecca su tre è infetta da agenti della borreliosi, mentre il virus della MEVE è 500 volte più raro (zecken.ch 2017). La diffusione delle zecche è influenzata dalle temperature. Esistono inoltre forti differenze regionali nella diffusione degli agenti patogeni.

Nonostante gli elevati livelli di igiene esistenti, anche in Svizzera si registrano malattie infettive trasmesse per via alimentare (OcCC/SCNAT 2005). Tuttavia, i casi di malattia causata da agenti patogeni di comprovata origine batterica nel periodo 1988 – 2011 sono fortemente diminuiti (UFSP 2012).

Effetti constatati e previsti

I cambiamenti climatici favoriscono le condizioni di sopravvivenza della zanzara tigre asiatica e, di conseguenza, la sua diffusione a nord delle Alpi (CS7, AEA 2017). Non è ancora chiaro se la zanzara tigre egiziana, principale portatrice dei virus dengue, chikungunya, zika e della febbre gialla, si stabilizzerà in futuro in Svizzera (ECDC 2012). Inoltre sarà anche possibile, specialmente nella Svizzera meridionale, una maggiore diffusione della mosca della sabbia, agente patogeno della leishmaniosi (UFSP & UFAM 2007). Anche le zanzare del genere *Anopheles*, portatrici della malaria, potrebbero beneficiare di un aumento delle temperature e attecchire sempre più facilmente in Svizzera (CS5).

Tuttavia, sono anche altri i fattori che svolgono un ruolo nell'affermazione di queste e di altre malattie trasmesse dai vettori. Il presupposto è non solo la presenza di un vettore, bensì anche la compresenza dell'agente patogeno e di un ospite nello stesso luogo e momento. Il vettore deve essere stato inoltre infettato dall'agente patogeno

(Adelphi/PRC/EURAC 2015). Fintanto che l'agente patogeno non compare in Svizzera, la diffusione delle zanzare non genera pericoli di infezione.

Fatta eccezione per la leishmaniosi, tutte le altre malattie summenzionate sono diffuse soltanto nei tropici e finora non si sono registrati contagi in Svizzera.¹⁸ Non si può tuttavia escludere il transito in Svizzera di persone contagiate all'estero. In presenza del vettore e di condizioni climatiche favorevoli, la diffusione della malattia sarebbe quindi possibile (CS7, cfr. riquadro sul chikungunya nell'Italia settentrionale).

I cambiamenti climatici prolungano la fase attiva delle zecche, che cominciano a diffondersi anche ad alta quota. A causa delle alte temperature a bassa quota, soprattutto nella Svizzera meridionale, potrebbe invece verificarsi il fenomeno contrario (CS2, CS4, CS7, CS8, AEA 2017). Essendo i virus della MEVE sensibili al caldo, ci si potrà aspettare, in futuro, una riduzione della loro presenza a bassa quota (OcCC/ProClim 2007). Potrebbero invece aumentare le regioni in cui vivono zecche infette da agenti della borreliosi (CS6).

Le condizioni climatiche future potrebbero favorire un aumento delle malattie infettive trasmesse attraverso gli alimenti. Gli agenti patogeni potrebbero deteriorare anche la qualità dell'acqua potabile. Tuttavia, i controlli di qualità periodici rendono improbabile l'aumento del numero dei casi di malattia (OcCC/ProClim 2007).

11.1.2 Allergie

La concentrazione dei pollini in Svizzera è cambiata negli ultimi decenni. Parallelamente, in Svizzera si sono diffuse piante esotiche allergeniche. Un esempio è costituito dall'ambrosia con foglie di artemisia (*ambrosia artemisiifolia*), pianta fortemente allergenica che provoca reazioni allergiche o asma al dieci per cento della popolazione svizzera (CS2, CS4, CS5, CS7). Oggi il 15 per cento della popolazione adulta ha reazioni allergiche ai pollini (CS1, CS3, CS6).

¹⁸ Fa eccezione la malaria degli aeroporti: nelle vicinanze degli aeroporti sono già state contagiate persone che, pur non avendo viaggiato in Paesi esotici, hanno contratto l'infezione a causa dell'importazione di zanzare portatrici del parassita.

Effetti constatati e previsti

I cambiamenti climatici porteranno a un prolungamento della stagione dei pollini (Accademie svizzere delle scienze 2016a), mentre per talune specie di piante, l'accelerazione delle fasi dello sviluppo evolutivo potrebbe però anche accorciarla. La causa all'origine dei cambiamenti climatici, la maggiore concentrazione di CO₂ nell'aria potrebbe indurre una superproduzione di pollini in alcune piante, come nell'ambrosia con foglie di artemisia (Hamaoui-Laguel et al. 2015).

Le maggiori temperature medie favoriscono inoltre una diffusione delle piante ad alta quota (CS5, CS7) e facilitano quindi la diffusione di nuove specie di piante allergeniche. La stagione dei pollini viene così prolungata (CS1, CS6). Piante particolarmente allergeniche presenti nel bacino del Mediterraneo, come per esempio i cipressi, la paretaria e l'ulivo, potrebbero in futuro attecchire sempre più facilmente in Svizzera (OcCC/ProClim 2007). Un eventuale aumento dei lunghi periodi di bel tempo estivo potrebbe ulteriormente aggravare la concentrazione dei pollini. Le possibili conseguenze sarebbero un peggioramento delle reazioni allergiche, un prolungamento del periodo dei disturbi e un aumento del numero dei soggetti allergici in tutta la Svizzera (CS1, CS3, CS6).

Non sono solo le piante allergeniche a danneggiare la salute. Il contatto con la panace di Mantegazzi provoca infatti, sotto l'azione della luce solare, infezioni cutanee di tipo ustionante (UFAM 2016d). La diffusione, consapevole o involontaria, di altre piante dalle proprietà nocive per la salute non potrà essere evitata in Svizzera nemmeno in futuro. Per effetto dei cambiamenti climatici, la sua diffusione potrebbe risultarne favorita.

11.1.3 Valutazione riassuntiva

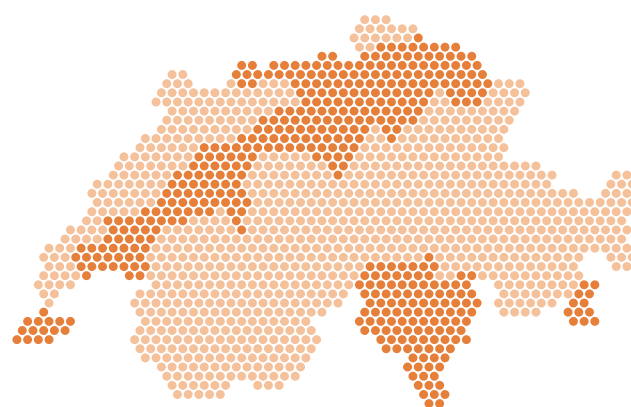
Per l'Altopiano, le grandi agglomerazioni e la Svizzera meridionale, da qui al 2060 è atteso un moderato aumento del rischio di pregiudizio alla salute umana indotto da malattie e specie esotiche sulla scia dei cambiamenti climatici. In queste regioni, il maggior effetto dovrebbe provenire dall'innalzamento delle temperature medie. Nel Giura, nelle Alpi e nelle Prealpi, da qui al 2060 è invece previsto solo un lieve aumento (fig. 45).

Figura 45

Variazione del pregiudizio alla salute umana per grande area

Aumento del rischio:

- lieve
- moderato



Dal momento che il pregiudizio alla salute umana, soprattutto se causato da certe malattie infettive, può avere gravi conseguenze, a questo rischio si attribuisce grande importanza anche sotto il profilo etico. A prescindere dagli strumenti esistenti in materia di monitoraggio, allerta precoce e lotta, gli esperti giudicano piuttosto bassa la capacità di adattamento della Svizzera (Jörin et al. 2016).

Il rischio viene influenzato anche da cambiamenti socio-economici. La progressiva globalizzazione dell'economia favorisce l'introduzione di agenti patogeni e vettori (Accademie svizzere delle scienze 2016a). I viaggi a lungo raggio, in particolare in Paesi che presentano rischi più alti per la salute, potrebbero continuare ad aumentare anche in futuro. Da un lato, a causa dei cambiamenti climatici, in molti posti aumenta il rischio di infezione, in particolare nei settori dell'acqua potabile e alimentare (DEFRA 2012c). Dall'altro, esiste il pericolo di un'introduzione di agenti patogeni in Svizzera (CS4). Il rischio di contatto con organismi nocivi per la salute aumenta infine anche in seguito alla crescita demografica (Adelphi/PRC/EURAC 2015).

A causa dell'evoluzione climatica e socioeconomica, il rischio di un crescente pregiudizio alla salute umana è considerato prioritario nell'Altopiano, nelle grandi agglomerazioni e nella Svizzera meridionale (fig. 46).

Figura 46

Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento del pregiudizio alla salute umana» è prioritario



Misure di adattamento

Esistono diverse possibilità d'intervento per ridurre i rischi per la salute: l'osservazione e il monitoraggio dei (nuovi) vettori e malattie infettive nell'essere umano e negli animali, i controlli di qualità dell'acqua potabile e degli alimenti, la lotta contro le (nuove) piante allergeniche e la sensibilizzazione della popolazione (consigli su come comportarsi). La diffusione di determinate malattie può inoltre essere arginata mediante programmi di vaccinazione e terapie adeguate possono alleviare le malattie e accorciarne il decorso. Molte misure, come il monitoraggio nazionale della zanzara tigre, sono già attuate con successo (CS2, CS6, CS7, Accademie svizzere delle scienze 2016a).

La chikungunya nell'Italia settentrionale

A Ravenna (in Italia settentrionale), nel 2007 è scoppiata un'epidemia di chikungunya. Il focolaio è stato causato dall'allora forte presenza della zanzara tigre e dall'entrata nel Paese di una persona malata proveniente dall'India. Sono stati registrati complessivamente oltre 200 casi di malattia, uno dei quali con esito letale. La diffusione della malattia è stata circoscritta grazie all'adozione di misure adeguate contro la zanzara tigre.

(Fonte: CS7)

11.2 Aumento del pregiudizio alla salute degli animali da reddito e da compagnia

Non solo gli esseri umani, ma anche gli animali da reddito e da compagnia possono essere affetti da malattie, la cui diffusione è influenzata dai cambiamenti climatici. La salute degli animali assume rilievo anche per gli esseri umani in caso di zoonosi¹⁹ (cfr. cap. 11.1). La salute degli esseri umani e quella degli animali non sono quindi correlate (CS2, OcCC/ProClim 2007). L'Ufficio federale della sanità pubblica (UFSP) ne tiene conto nell'ambito del cosiddetto approccio «One Health».

La diffusione della febbre catarrale in Europa è parzialmente imputabile ai cambiamenti climatici (CS4, CS6, Kovats et al. 2014). Viene trasmessa mediante moscerini del genere *Culicoides* e colpisce i ruminanti, soprattutto ovini e bovini. In Svizzera, il primo caso è stato individuato nel 2007 ma, grazie all'adozione di programmi vaccinali dal 2012 la febbre catarrale è stata debellata (USAV 2013).

La borreliosi viene trasmessa dalle zecche anche ai cani, per i quali la leishmaniosi può essere letale (CS7).

Anche le piante possono essere pericolose per gli animali da reddito. Il senecione sudafricano, una specie esotica invasiva, produce epatotossine, un problema che non dovrebbe essere sottovalutato, soprattutto in ambito agricolo (CS7).

Intorno al 2060 sono previsti un moderato aumento del pregiudizio alla salute degli animali nell'Altopiano e un lieve aumento nel resto della Svizzera. Nelle agglomerazioni, dove non sono presenti allevamenti di animali da reddito, vengono minacciati solo gli animali da compagnia e, nel caso delle zoonosi, anche gli esseri umani. Nell'Altopiano il rischio è classificato come prioritario (fig. 47).

¹⁹ Malattie che possono essere trasmesse tra esseri umani e altri animali vertebrati.

Figura 47
Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento del pregiudizio alla salute degli animali da reddito e da compagnia» è prioritario



11.3 Aumento delle perdite di raccolto agricolo

Gli organismi nocivi causano perdite di raccolto agricolo. Per ridurre le perdite di raccolto nella produzione di piante²⁰ in Svizzera si impiegano annualmente oltre 2000 tonnellate di prodotti fitosanitari (SCNAT 2016b).

I principali parassiti sono insetti, roditori, uccelli, lumache e acari. Anche le erbe infestanti causano danni, essendo in concorrenza con le piante utili. Le malattie delle piante sono causate soprattutto da funghi, virus e batteri (CS6, Unione svizzera dei contadini 2016). Il clima influenza sia gli organismi nocivi indigeni sia quelli esotici, ma la loro diffusione è indotta in primo luogo dall'uomo (cfr. introduzione al cap. 11).

Effetti constatati e previsti

Variazioni stagionali: gli inverni più miti favoriscono la sopravvivenza e la diffusione di diversi organismi nocivi. Ad approfittarne sono soprattutto insetti, roditori, erbe infestanti che germogliano in autunno (p. es. il caglio asprello, la coda di topo) e funghi nocivi come l'oidio (OcCC/ProClim 2007, Accademie svizzere delle scienze 2016a).

Le temperature primaverili più miti aumentano inoltre la probabilità che le piante vengano attaccate dai parassiti

nella fase iniziale del loro sviluppo. Ciò potrebbe verificarsi, per esempio, con i pidocchi delle piante qualora questi migrassero anticipatamente dai loro ripari invernali verso le piante coltivate (OcCC/ProClim 2007).

Innalzamento generale delle temperature: le temperature più elevate comportano un sviluppo più rapido e l'ulteriore diffusione di vari tipi di insetti. Ciò favorisce parassiti come la piralide del mais, la diabrotica del mais, la criocera del frumento, il pidocchio delle piante e la dorifora della patata. Parassiti con un periodo evolutivo pluriennale (p. es. le larve di maggiolino) potrebbero in futuro causare eventi dannosi a distanza ravvicinata (OcCC/ProClim 2007).

Le temperature superiori e un periodo di caldo prolungato permetteranno ad alcune specie di insetti di riprodursi più facilmente. La piralide del mais e la carpocapsa del melo hanno finora prodotto da una a due generazioni a stagione. In futuro saranno in grado di produrre da due a tre generazioni (CH2014-Impacts 2014, OcCC/ProClim 2007). Anche le erbe infestanti (p. es. il cardo campestre, il romice e la gramigna) potranno trarre vantaggio dalle temperature più elevate: grazie alla loro maggiore capacità di adattamento, dispongono infatti di un vantaggio competitivo rispetto alle piante coltivate. Una copertura del suolo ridotta a causa dei periodi di canicola o dell'erosione potrebbe favorire ulteriormente la crescita delle erbe infestanti (OcCC/ProClim 2007). In generale, l'arco alpino potrà essere superato più facilmente dalle specie invasive per effetto dello spostamento verso l'alto o della riduzione della zona fredda.

Effetti positivi: anche gli insetti utili potrebbero trarre vantaggio dai cambiamenti climatici e talune malattie delle piante diventare più rare. A titolo di esempio, le temperature superiori favoriscono la coccinella, che si nutre dei pidocchi delle piante (Freier & Triltsch 1996). Ci si dovrà inoltre aspettare una riduzione dell'infestazione da parte dei funghi nocivi amanti dell'umidità, quali per esempio la septoriosi del grano o la fusariosi della spiga (OcCC/ProClim 2007).

Nell'Altopiano è atteso un notevole aumento del rischio legato ai cambiamenti climatici. L'aumento dovrebbe invece essere moderato in Ticino e lieve nelle Prealpi, nelle

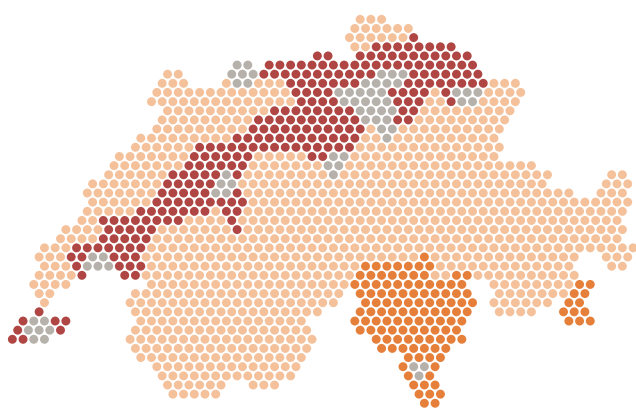
²⁰ La produzione di piante comprende la foraggicoltura, la campicoltura, l'orticoltura, la frutticoltura e la viticoltura.

Alpi e nel Giura. Nelle grandi agglomerazioni il rischio è invece irrilevante (fig. 48).

Figura 48
Variazione delle perdite di raccolto agricolo per grande area

Aumento del rischio:

- lieve
- moderato
- notevole
- irrilevante



Gli esperti giudicano relativamente alta la capacità di adattamento della Svizzera in relazione a questo rischio. Tale capacità è ostacolata dalla mancanza di tecnologie: esistono infatti poche alternative all'impiego talvolta controverso di prodotti fitosanitari (Jörin et al. 2016).

Perdite di raccolto agricolo causate dal moscerino della frutta (*Drosophila suzukii*)

A partire dal 2011, il moscerino della frutta si è diffuso in tutta la Svizzera. Colpisce la frutta a nocciolo, le bacche e l'uva. Gli inverni miti e le primavere calde ne fanno crescere gli effettivi. La riproduzione può rivelarsi esplosiva, dal momento che ogni femmina depone fino a 400 uova e lo sviluppo fino allo stadio adulto, in condizioni ottimali, dura appena due settimane (Kehrli et al. 2013). Dal 2011 si registrano danni alla coltivazione di bacche in Svizzera. Nel 2014, sono stati notificati per la prima volta danni ingenti a coltivazioni di frutta a nocciolo e uva.

(Fonti: CS5, Agroscope 2014)

Le rese agricole sono influenzate anche da cambiamenti socioeconomici (OcCC/ProClim 2007). Da un lato, l'introduzione di organismi nocivi esotici può essere influenzata solo parzialmente, essendo determinata soprattutto dal crescente traffico di merci e persone (cfr. introduzione al cap. 11). Dall'altro, l'agricoltura è sottoposta a una molteplicità di influssi economici e politici, che finisce per riflettersi sui suoi margini di manovra (cfr. cap. 4.1).

A causa delle variazioni climatiche e socioeconomiche e dell'importanza dell'agricoltura per la società, nell'Altopiano il rischio è prioritario (fig. 49).

Figura 49
Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento delle perdite di raccolto agricolo» è prioritario



Misure di adattamento

Le perdite di raccolto possono essere arginate con diversi mezzi. Uno di questi è la lotta contro gli organismi nocivi, la quale comporta tuttavia costi supplementari e può causare danni all'ambiente e agli ecosistemi (CS7). I sistemi di previsione e di monitoraggio servono al riconoscimento precoce delle nuove specie esotiche e consentono di elaborare strategie di lotta tempestive. È opportuno promuovere anche la selezione e l'impiego di varietà robuste (UFAM 2014a). Le colture, fatta eccezione per quelle perenni, possono inoltre essere sottoposte a rotazione annuale (CS4, OcCC/ProClim 2007). Infine, l'adattamento viene promosso anche attraverso un'opera di sensibilizzazione degli agricoltori e lo scambio di esperienze con i Paesi confinanti (UFAM 2014a).

11.4 Aumento del deterioramento dei servizi ecosistemici del bosco

Il bosco fornisce numerosi servizi, che comprendono la produzione di legname, la protezione contro i pericoli naturali e l'erosione, la conservazione della biodiversità, il filtraggio dell'acqua potabile e dell'aria nonché lo stoccaggio di acqua. Il bosco può inoltre fungere da serbatoio di carbonio, campo sportivo e spazio ricreativo (CS1, CS4, CS5).

I parassiti del bosco, le malattie delle piante e le specie esotiche invasive possono pregiudicare sensibilmente i servizi ecosistemici del bosco e amplificare gli effetti della siccità o delle tempeste (CS3, CS6, CS7). L'indebolimento e la morte degli alberi nonché la loro sostituzione da parte di specie invasive con diverse caratteristiche del legno possono intaccare la funzione protettiva del bosco (CS7). Il legno infestato da parassiti e l'incremento ridotto del legno diminuiscono la resa minore della produzione di legname (allegato CS1). Il prezzo del legname può inoltre crollare in seguito a un taglio forzato dovuto a epidemie o tempeste (CS3).

Parassiti del bosco: tra i principali parassiti del bosco indigeni figura il bostrico, una specie appartenente agli scolitidi, che colpisce l'abete rosso (Pluess et al. 2016). L'abete rosso è la specie arborea economicamente più importante in Svizzera. La sua infestazione può pertanto provocare danni ingenti (cfr. riquadro «Taglio forzato dell'abete rosso») (Accademie svizzere delle scienze 2016a). Altre specie che possono danneggiare i boschi di abeti rossi sono le tentredini *Pristiphora abietina* e *Pachynematus montanus*. Nei Paesi alpini, localmente anche in Svizzera, sono state osservate riproduzioni di massa di *Pachynematus montanus* riconducibili ai cambiamenti climatici (Schafellner & Schopf 2014, UFAM 2016b).

Specie esotiche invasive animali e vegetali: l'ailanto o il poligono giapponese sono specie vegetali esotiche invasive, la cui diffusione nei boschi di protezione può ridurre la funzione protettiva (CS7, AEA 2016). Ancora più critici per la funzione protettiva dei boschi sono tuttavia i parassiti esotici. Il cinipide galligeno del castagno, proveniente dalla Cina e classificato come organismo nocivo pericoloso, si è fortemente diffuso nella Svizzera

meridionale (Forster et al. 2009). Organismi nocivi particolarmente pericolosi e quindi soggetti all'obbligo di notifica e di lotta secondo l'ordinanza sulla protezione dei vegetali sono il nematode del pino e il tarlo asiatico del fusto (UFAM 2016c). Il tarlo asiatico del fusto provoca danni economici ed ecologici ingenti perché, a differenza di molti altri organismi nocivi, colpisce anche latifoglie sane, provocandone la morte (Wermelinger et al. 2015).

Malattie delle piante: il fuoco batterico è una malattia delle piante causata da batteri diffusi in tutta la Svizzera. Malattie fungine quali la moria degli olmi (grafiosi), il deperimento delle gemme di frassino (*chalara fraxinea*) e il cancro corticale del castagno cambiano la composizione dei boschi e ne pregiudicano le funzioni. Ne sono seriamente colpiti molte selve castanili ticinesi (Rigling et al. 2016, SFF, UFAG, UFAM et al. 2015).

Effetti constatati e previsti

Temperatura: le temperature medie superiori accelerano in genere lo sviluppo di insetti, batteri e virus (CS4). Combinate a periodi vegetativi anticipati e prolungati, consentono un'infestazione anticipata e un tasso di riproduzione degli insetti più elevato (CS1, CS3, CS6, CH2014-Impacts 2014). Si presume quindi che, entro il 2085, nell'Altopiano il bostrico arriverà a produrre tre generazioni all'anno invece delle due attuali (Pluess et al. 2016). In particolare a causa degli inverni più miti, in questa stagione la mortalità dei parassiti potrebbe diminuire, spingendoli a diffondersi ad alta quota (CS3, CS6, CS7, AEA 2016, Pluess et al. 2016). In generale, i cambiamenti climatici migliorano le condizioni di vita degli agenti patogeni sensibili al freddo (AEA 2016).

Siccità: alcuni organismi nocivi e agenti patogeni possono trarre profitto dalla crescente siccità, mentre per altri la diffusione è frenata (CS3, CS6). I parassiti vengono favoriti indirettamente dall'indebolimento degli alberi dovuto alla siccità (segnatamente l'abete rosso, quale albero ospite del bostrico), ma anche ai periodi di canicola, alle tempeste e agli incendi boschivi. Tali eventi, la cui frequenza potrebbe aumentare, rendono gli alberi più vulnerabili agli attacchi dei parassiti (Lévesque et al. 2015).

Come per l'agricoltura (cfr. cap. 11.2), anche nel bosco determinati parassiti non troveranno più condizioni di vita adeguate in seguito al mutamento delle condizioni climatiche, mentre alcuni insetti utili ne beneficeranno (OcCC/ProClim 2007).

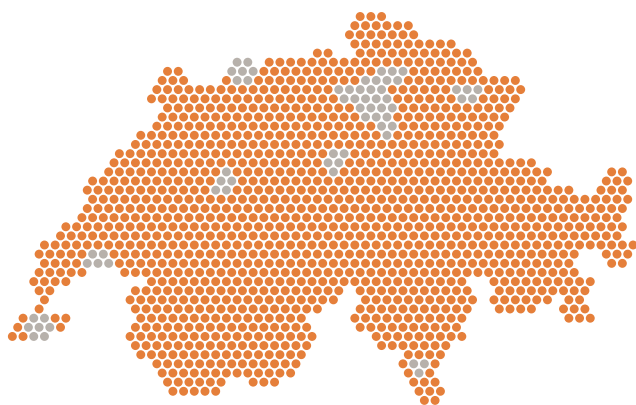
Nell'Altopiano è atteso un aumento moderato del rischio legato al deterioramento dei servizi ecosistemici del bosco imputabile a parassiti del bosco, malattie delle piante e specie esotiche invasive. Anche per il Giura, la Svizzera meridionale, le Alpi e le Prealpi si prevede un aumento moderato in seguito ai cambiamenti climatici. Nelle grandi agglomerazioni, invece, il rischio è irrilevante (fig. 50).

Figura 50

Variatione del deterioramento dei servizi ecosistemici del bosco per grande area

Aumento del rischio:

- moderato
- irrilevante



La legge forestale federale offre condizioni quadro favorevoli per controbilanciare gli effetti dei cambiamenti climatici (Jörin et al. 2016). La longevità degli alberi e il loro lento sviluppo rappresentano tuttavia una grande sfida. I popolamenti poco adatti alle condizioni climatiche future sono minacciati da potenziali danni irreversibili (CH2014-Impacts 2014, Accademie svizzere delle scienze 2016a).

Un fattore determinante è costituito anche dalla crescente globalizzazione del commercio (cfr. introduzione al cap. 11). Anche in futuro bisognerà quindi aspettarsi l'intro-

duzione in Svizzera di nuovi organismi nocivi (OcCC/ProClim 2007). Il margine di manovra dell'economia forestale è infine influenzato in misura determinante dal prezzo del legname. Siccome attualmente è molto basso, i ricavi coprono a malapena i costi della raccolta (CS1, CS3, CS4). L'eventuale aumento della domanda di legna da ardere potrebbe avere un effetto positivo sulle condizioni finanziarie quadro (CS8).

A causa dei cambiamenti climatici e socioeconomici attesi e dell'entità potenzialmente irreversibile di determinati danni, il rischio è considerato prioritario in tutta la Svizzera (ad eccezione delle grandi agglomerazioni) (fig. 51).

Figura 51

Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento del deterioramento dei servizi ecosistemici del bosco» è prioritario



Misure di adattamento

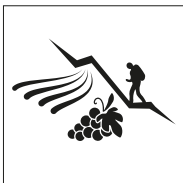
Vi sono diverse opzioni di intervento che devono essere pianificate a lungo termine visti la longevità degli alberi e il loro lento sviluppo. Da un lato è fondamentale promuovere le essenze forestali capaci di adattarsi e ripartire il rischio su un ampio ventaglio di specie arboree. Dall'altro, gli organismi nocivi possono essere tenuti sotto controllo, entro certi limiti, adottando misure di monitoraggio e di lotta. In caso di perdita della funzione protettiva di un bosco sono disponibili anche misure tecniche alternative, che tuttavia sono spesso associate a costi molto elevati (CS2, CS3, CS6, CS8, UFAM 2014a, OcCC/ProClim 2007).

Taglio forzato dell'abete rosso

L'uragano Lothar del 1999 nonché l'estate canicolare e in particolare la siccità del 2003 hanno provocato una proliferazione dell'*Ips typographus*. Da un lato, nel 2003 questa specie di coleottero è riuscita a produrre una generazione aggiuntiva, dall'altro gli abeti rossi si sono rivelati più vulnerabili poiché indeboliti da tempeste, siccità e canicola. Tra il 2000 e il 2008, l'infestazione da parassiti da sola ha reso necessario il taglio forzato di 8 milioni di m³ di legno di abete rosso (Pluess et al. 2016). Nel 2003 sono stati abbattuti circa 2 milioni di m³ di legno di abete rosso infestato (OcCC/SCNAT 2005).²¹

²¹ L'utilizzazione media annua di tutti i tipi di legname è di 5 milioni di m³ (OcCC/ProClim 2007). In merito ai danni arrecati al bosco dall'uragano Lothar cfr. anche il riquadro al cap. 8.

12 Miglioramento delle condizioni locali



- Diminuzione del fabbisogno di energia per il riscaldamento
- Ricavi del turismo estivo
- Rese agricole



Viticultura nel Lavaux

Foto: Karen Desjardin/Getty Images/Moment Open

Nonostante la netta prevalenza dei rischi, i cambiamenti climatici generano anche delle opportunità per la Svizzera. In questo capitolo vengono discusse esclusivamente le opportunità prioritarie. Ulteriori opportunità sono descritte ai capitoli 5.2 (Aumento della produzione energetica invernale), 5.3 (Diminuzione dei danni materiali e dei costi di manutenzione causati dalla neve), 10 (Cambiamento negli habitat, nella composizione delle specie e nel paesaggio) e 14 (Impatto dei cambiamenti climatici all'estero).

La variazione di alcuni parametri climatici può comportare rischi ma anche opportunità. Per esempio: il calo delle nevicate in inverno riduce i costi di manutenzione nel servizio stradale, ma al contempo provoca perdite di ricavi al turismo invernale. Anche all'interno di uno stesso settore si possono manifestare effetti contrastanti. L'agricoltura, per esempio, beneficia da un lato del prolungamento del periodo vegetativo, ma dall'altro subisce maggiori perdite di raccolto dovute alla siccità. La produzione idroelettrica registra tendenze opposte nel semestre invernale e in

quello estivo. Nessun settore presenta solo opportunità o solo rischi in seguito ai cambiamenti climatici.

Si possono distinguere due tipi di opportunità: quelle che si manifestano automaticamente (p.es. diminuzione dei costi di riscaldamento) e altre che richiedono un intervento attivo con misure mirate (p.es. ulteriori potenziali di ricavi per il turismo estivo nelle regioni montane).

Evoluzione osservata e attesa

Le opportunità create dai cambiamenti climatici sono riconducibili soprattutto all’innalzamento della temperatura media e ai suoi effetti. In Svizzera si prevede che intorno al 2060 la temperatura media annua sarà superiore rispetto al periodo 1980–2009 di un valore compreso tra 2,8°C e 3,7°C, a seconda dell’altitudine. Il maggiore incremento è atteso in estate, mentre dovrebbe essere meno pronunciato in primavera e in autunno (CH2011 2011). L’innalzamento delle temperature medie e il previsto calo delle precipitazioni in estate e in autunno potreb-

bero portare a una Svizzera lievemente «mediterranea» (CS3, CS6 – CS8).

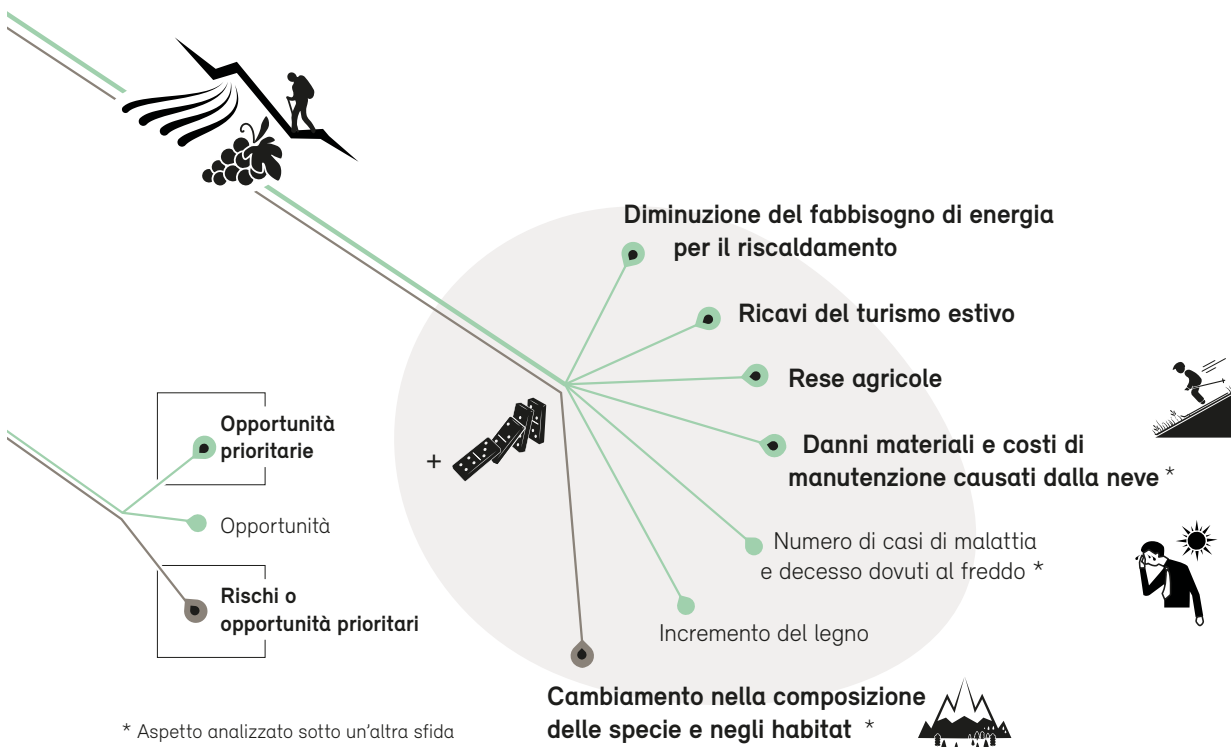
Prolungamento del periodo vegetativo²²: l’innalzamento delle temperature medie causerà un prolungamento e un inizio precoce del periodo vegetativo. Entro il 2060 la durata del periodo vegetativo potrebbe aumentare, a seconda dell’altitudine, di circa 50 giorni (MeteoSvizzera 2014a). Inoltre il limite della vegetazione potrebbe spostarsi ad alta quota (CS5, CS8).

Diminuzione dei giorni di gelo e del manto nevoso: il numero di giorni con temperature minime inferiori a 0°C, i cosiddetti giorni di gelo, dovrebbe segnare un netto calo. Intorno al 2060, ad alta quota si potrebbero registrare fino a 60 giorni di gelo in meno. A bassa quota la diminuzione in termini assoluti è meno accentuata, perché i

²² Per periodo vegetativo s’intende il numero di giorni per anno civile che intercorrono dal momento in cui la temperatura media supera 5°C per sei giorni consecutivi fino al momento – dopo il 1° luglio – in cui la temperatura media scende sotto i 5°C per sei giorni consecutivi.

Figura 52

Miglioramento delle condizioni locali: panoramica delle opportunità prioritarie e non prioritarie



giorni di gelo sono meno frequenti. Anche le ondate di freddo dovrebbero diminuire entro il 2060. Inoltre l'innalzamento delle temperature fa sì che in inverno le precipitazioni si manifestino sempre più sotto forma di pioggia e non di neve. Ciò provoca una flessione della durata e dello spessore del manto nevoso. A bassa quota i giorni di neve potrebbero scomparire del tutto (MeteoSvizzera 2014a).

Scioglimento dei ghiacciai: entro il 2060 sono attese profonde trasformazioni del paesaggio come conseguenza dello scioglimento dei ghiacciai. In questo periodo è prevista la scomparsa di circa il 40 per cento delle superfici coperte da ghiacciai in Svizzera (stato 1985). Sugli spazi un tempo coperti da ghiacciai potrebbero formarsi degli avvallamenti che daranno origine a nuovi laghi (UFAM 2012a).

La figura 52 illustra le opportunità prioritarie e non prioritarie²³ associate alla sfida «Miglioramento delle condizioni locali».

12.1 Diminuzione del fabbisogno di energia per il riscaldamento

Circa un quarto del consumo energetico complessivo della Svizzera è riconducibile al riscaldamento degli interni (UFE 2015b). L'energia di riscaldamento è utilizzata prevalentemente negli edifici residenziali, ma anche in stabili a uso industriale, artigianale e terziario. I veicoli alimentati con carburanti fossili vengono riscaldati con il calore residuo, mentre i veicoli ad alimentazione elettrica richiedono un apporto supplementare di energia per il riscaldamento (CS1, CS7). Il riscaldamento assorbe per esempio quasi l'11 per cento del consumo di energia necessario per il funzionamento delle Ferrovie Federali Svizzere (CS3, CS7).

Il fabbisogno di energia di riscaldamento dipende prevalentemente dalla temperatura esterna ma anche, seppure in misura minore, dall'irraggiamento solare e dal vento (Adelphi/PRC/EURAC 2015). Il numero dei gradi giorno

di riscaldamento²⁴ è un buon indicatore del fabbisogno di energia per il riscaldamento.

Effetti constatati e previsti

Il numero dei gradi giorno di riscaldamento è soggetto a notevoli fluttuazioni annue, ma in generale negli ultimi decenni ha evidenziato una tendenza al ribasso. Tra il periodo 1980–2009 e il periodo 2000–2015, la media svizzera annuale di gradi giorno di riscaldamento è scesa da 3428 a 2782 (UFE 2015a).

Entro il 2060 è prevista una riduzione del numero dei gradi giorno di riscaldamento pari a circa il 30 per cento rispetto al periodo 1980–2009. Si registrano tuttavia differenze regionali in funzione dall'altitudine (CS1, CS5, CS7, CS8, Füssler et al. 2015).

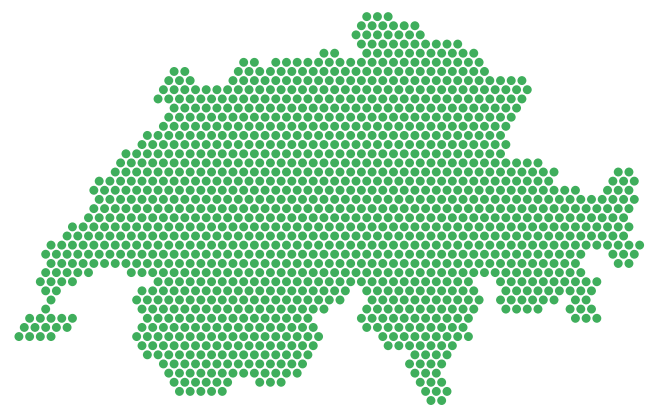
Per l'intera Svizzera è attesa una netta diminuzione del fabbisogno di energia di riscaldamento (fig. 53). I risparmi di energia e costi di riscaldamento in inverno supereranno probabilmente la maggiore spesa per il raffreddamento in estate (cfr. cap. 3.3) (CH2014-Impacts 2014).

Figura 53

Variazione del fabbisogno di energia di riscaldamento per grande area

Aumento dell'opportunità:

● notevole



²⁴ Per gradi giorno di riscaldamento s'intende la somma delle differenze giornaliere tra la temperatura media esterna e una temperatura interna di 20 °C, misurate nei giorni in cui la temperatura media esterna è uguale o inferiore a 12 °C (UFE 2015a).

²³ Sull'opportunità non prioritaria «Diminuzione dei casi di malattia e decesso dovuti al freddo» cfr. riquadro al capitolo 3.1.

Il consumo di energia di riscaldamento non dipende solo dalle condizioni climatiche, ma anche da molteplici fattori socioeconomici. I risparmi sui costi di riscaldamento sono influenzati in misura determinante dai prezzi dell'energia, che negli ultimi anni sono stati caratterizzati da forti fluttuazioni. La prevista crescita demografica e l'aumento della superficie media per abitante provocano tendenzialmente un incremento del fabbisogno energetico. Le abitudini della popolazione, le crescenti esigenze di comfort e gli effetti rimbalzo (p.es. aumento della temperatura di riscaldamento) potrebbero assorbire gran parte della riduzione del fabbisogno di energia di riscaldamento (Gonseth et al. 2017, AEA 2017). D'altro canto, il fabbisogno di energia di riscaldamento è in calo già oggi grazie al miglior isolamento degli edifici nuovi o risanati. Questi sviluppi dovrebbero proseguire anche in futuro. Le opportunità generate dal minor fabbisogno di energia di riscaldamento non consistono tuttavia solo nei minori costi di riscaldamento, ma anche nella riduzione delle emissioni di gas serra. In Svizzera circa il 25 per cento di tutte le emissioni di CO₂ deriva tuttora dal riscaldamento degli edifici (compresa la produzione di acqua calda) (UFAM 2017b).

Nonostante gli eventuali sviluppi socioeconomici contrastanti, l'opportunità generata dai cambiamenti climatici attesi è prioritaria per tutta la Svizzera (fig. 54).

Figura 54

Grandi aree nelle quali l'opportunità «Diminuzione del fabbisogno di energia per il riscaldamento» è prioritaria



Riduzione dei costi di riscaldamento

Nel Canton Grigioni, con il suo territorio prevalentemente montagnoso, più del 41 per cento della popolazione vive a un'altitudine di oltre 1000 metri. Nella media annuale i quasi 200 000 abitanti spendono 155 milioni di franchi per il riscaldamento. Entro il 2060, sulla scia dei cambiamenti climatici, questi costi potrebbero diminuire di circa 39 milioni di franchi²⁵.

(Fonte: CS5)

Misure di adattamento

I risanamenti energetici del parco edifici, i sistemi di riscaldamento più efficienti e le misure predisposte sul piano politico possono contribuire a un'ulteriore diminuzione del consumo energetico.

12.2 Aumento dei ricavi del turismo estivo

Il turismo dipende in grande misura dalle condizioni climatiche e meteorologiche. Molti turisti scelgono la destinazione dei loro viaggi o delle loro escursioni in base alle condizioni climatiche o alle previsioni del tempo per la relativa regione – soprattutto per soggiorni di breve durata nelle stagioni intermedie (primavera/autunno) (Serquet & Rebetez 2013).

Molte regioni svizzere registrano un maggiore afflusso di visitatori nei mesi estivi rispetto al resto dell'anno (CS3, CS6, CS7). Nonostante il ruolo dominante del turismo invernale nelle regioni di montagna, anche in queste ultime la stagione estiva assume un ruolo sempre più importante (FS 2012). Nella Svizzera centrale, per esempio, il 40 per cento dei ricavi delle funivie è già generato in estate (CS8).

Il concetto di ricavi del turismo estivo comprende sia le entrate dirette (pernottamenti in albergo, esercizio delle funivie) sia i ricavi indiretti legati ad altre attività ricreative o alla vendita di merci (p.es. articoli sportivi, generi

²⁵ Questa cifra non tiene conto di eventuali effetti socioeconomici.

alimentari) e servizi (p. es. offerte per il tempo libero, gastronomia).

Effetti constatati e previsti

Già oggi diversi turisti preferiscono trascorrere i periodi di canicola in montagna o sulle rive di laghi e fiumi. Quando le temperature sono calde ma non torride, i visitatori amano anche recarsi nelle città con atmosfera «mediterranea».

Negli ultimi anni il ghiacciaio del Trift, che ritirandosi ha dato vita a un nuovo lago, è diventato un'attrazione turistica – anche grazie all'affascinante accesso tramite un ponte sospeso.

L'innalzamento delle temperature medie e la maggiore frequenza dei periodi di canicola, il prolungamento della stagione estiva, la diminuzione delle precipitazioni in estate e la puntuale nascita di nuovi laghi dovuti allo scioglimento dei ghiacciai sono tutte trasformazioni che potrebbero creare condizioni favorevoli per incrementare i ricavi del turismo estivo.

Alla ricerca del fresco in montagna: poiché nei periodi caldi le temperature in pianura e nei grandi centri urbani possono raggiungere valori sempre più estremi, è probabile che i turisti si sentano attratti dal clima più fresco di montagna (CS1, CS5, CS7, CS8, SAB 2010). Le mutate abitudini dei vacanzieri e degli escursionisti favoriranno soprattutto le regioni montane vicine alle grandi agglomerazioni (CS3, CS6, CS8). La correlazione tra il numero di pernottamenti di turisti svizzeri nelle località montane e le elevate temperature a bassa quota è stata già dimostrata (Serquet & Rebetez 2011). L'aumento delle temperature è quindi anche un'opportunità per le regioni di montagna, che potranno attrarre nuovi visitatori offrendosi come alternativa a coloro che non sopportano il caldo delle regioni mediterranee (CS5).

Città più «mediterranee»: i centri urbani saranno particolarmente colpiti dai periodi di canicola. L'innalzamento delle temperature medie e il calo delle precipitazioni in estate e in autunno potrebbero rappresentare però anche un'opportunità per le città. Grazie al clima, che invita a trascorrere all'aperto le serate miti, le città dotate di spazi pubblici attraenti (rive di fiumi, parchi, stagni ecc.)

e le regioni lacustri potranno diventare mete privilegiate in futuro (CS1).

«Prolungamento» dell'estate: il prolungamento della stagione calda in primavera e in estate costituisce un'ulteriore opportunità per incrementare il numero di visitatori e di pernottamenti nonché per sfruttare più a lungo le attrazioni turistiche (CS3, CS6, CS7). La diminuzione delle precipitazioni in estate e in autunno dischiude inoltre nuove opportunità per lo sviluppo di offerte per il tempo libero all'aperto (SCNAT 2016a). Anche in Ticino, una regione che già oggi gode di un clima favorevole al turismo, questi sviluppi potrebbero avere effetti positivi, permettendo per esempio di prolungare la stagione balneare (CS7).

Mutamento del paesaggio: visto che i ghiacciai sono un'importante attrazione turistica (CS5), il loro scioglimento potrebbe avere effetti negativi sull'attrattiva di alcune destinazioni (CS5, CS7, SCNAT 2016a). In presenza di condizioni favorevoli, questi effetti possono essere però compensati dalla nascita di nuovi laghi (CS5, CS8, SCNAT 2016a). Le conseguenze del mutamento del paesaggio potrebbero risultare diverse da regione a regione e dipendere in larga misura dalle condizioni locali (NELAK 2013).

Le Alpi, le Prealpi e il Giura saranno le regioni più favorite dal mutato comportamento dei turisti dovuto all'innalzamento delle temperature. In queste tre aree è previsto un aumento moderato dei ricavi del turismo. Nella Svizzera meridionale, nelle grandi agglomerazioni e nell'Altopiano si attendono invece minori variazioni dei ricavi del turismo (fig. 55).

Figura 55

Variatione dei ricavi del turismo estivo per grande area

Aumento dell'opportunità:

- lieve
- moderato



Il turismo non è influenzato solo dai parametri climatici. Anche i fattori socioeconomici svolgono un ruolo importante. A titolo di esempio si possono citare le condizioni economiche vigenti in Svizzera e all'estero (soprattutto i tassi di cambio), l'evoluzione demografica (maggior numero di anziani), le tendenze nel settore del turismo o la qualità delle infrastrutture (CS6 – CS8).

L'opportunità di un aumento dei ricavi del turismo estivo è considerata prioritaria nelle Alpi, nelle Prealpi, nel Giura e nella Svizzera meridionale (fig. 56).

Figura 56

Grandi aree nelle quali l'opportunità «Aumento di ricavi del turismo estivo» è prioritaria



Evoluzione delle cifre dei visitatori nel Giura nell'estate 2015

Tra l'estate (particolarmente piovosa) del 2014 e quella (molto calda) del 2015 l'ente del turismo *Jura Tourisme* ha registrato un netto incremento del numero di visitatori. In luglio i pernottamenti sono saliti del 4,2 per cento negli alberghi e del 42,1 per cento nei campeggi. È aumentato anche il numero di visitatori che si sono rivolti ai centri di *Jura Tourisme* (+7% in luglio e agosto). Una meta escursionistica particolarmente popolare è stata l'*Étang de la Gruère* (+23% in luglio e agosto). Le *Franches-Montagnes* con il loro clima fresco sono state le più frequentate dell'estate 2015.

(Fonte: CS6)

Misure di adattamento

Viste le potenzialità dei cambiamenti climatici per il turismo estivo, le regioni interessate (soprattutto le regioni montane e lacustri) dovrebbero predisporre misure adeguate per sfruttare in modo ottimale queste opportunità, per esempio offrendo maggiori attività all'aperto (CS8). Le imprese di funivie si annoverano tra i potenziali beneficiari dell'evoluzione del turismo estivo nelle regioni montane. Alcune di queste imprese hanno già adottato provvedimenti per aumentare la quota della cifra d'affari annua generata dal turismo estivo (CS3).

Tuttavia, per le imprese di funivie le perdite nel turismo invernale (cfr. cap. 5.1) sono spesso maggiori, perché gran parte della cifra d'affari viene prodotta in inverno. Per poter mantenere il livello dei ricavi, il settore del turismo deve al contempo adattare l'offerta alle mutate condizioni socioeconomiche (nuovi gruppi target all'estero, più visitatori anziani ecc.).

12.3 Aumento delle rese agricole

L'agricoltura svizzera fornisce un importante contributo all'alimentazione della popolazione e alla conservazione di un paesaggio culturale secolare (CS5, UST 2016). Le condizioni climatiche possono influenzare in misu-

ra determinante la produzione e la resa dell'agricoltura (cfr. cap. 4.1) (Accademie svizzere delle scienze 2016a). Anche la maggiore concentrazione di CO₂ nell'atmosfera può influire sulla crescita delle piante (concimazione carbonica). Poiché altri fattori ambientali, come l'offerta di nutrienti e acqua, hanno di solito un impatto inibente, questo effetto risulta spesso trascurabile (Chmielewski 2007).

Effetti constatati e previsti

Innalzamento della temperatura media: a differenza della canicola, l'innalzamento della temperatura media può avere un influsso positivo sullo sviluppo delle colture agricole. Il tasso di fotosintesi delle piante dipende dalla disponibilità di luce, nutrienti e acqua, nonché dalla temperatura. Le temperature medie più elevate possono aumentare il tasso di fotosintesi delle piante il cui livello di temperatura ottimale non è ancora raggiunto e accelerare così la loro crescita (Chmielewski 2007). Nelle piante agricole utili ciò può portare a un aumento delle rese in termini di quantità e qualità (CS5, CS7). Nel 2015, per esempio, il tenore di zuccheri nelle barbabietole e nell'uva da vino è risultato nettamente superiore alla media pluriennale (UFAM 2016b).

Se l'aumento delle temperature medie è accompagnato da periodi più frequenti di bel tempo, ne derivano vantaggi non solo per le piante, ma anche per la gestione delle aziende agricole. Un maggior numero di giorni di lavoro sui campi facilita l'organizzazione del lavoro e permette un migliore sfruttamento delle macchine agricole (OcCC/ProClim 2007).

Prolungamento del periodo vegetativo: il prolungamento del periodo vegetativo può aumentare la produzione annuale (p. es. un taglio di fieno supplementare) (Accademie svizzere delle scienze 2016a). Soprattutto in primavera, l'inizio e la durata degli stadi di sviluppo delle piante potrebbero essere favoriti da lunghi periodi con temperature medie più alte (Chmielewski 2007).

Calo dei giorni di gelo: durante il periodo vegetativo il gelo può causare ingenti danni all'agricoltura. Gli alberi da frutto, le viti e le piante orticole reagiscono in modo particolarmente sensibile (CS4, CS5, CS8). La diminuzione dei giorni di gelo ha dunque un impatto positivo sul

raccolto. Un manto nevoso più sottile provoca lo spostamento del limite della vegetazione a quote più elevate (CS3, CS6). Nella campicoltura si prevede solo un lieve aumento delle rese, perché a queste altitudini una produzione redditizia è spesso più difficile.

I suddetti cambiamenti climatici non hanno solo effetti positivi. Sulle piante la cui temperatura ottimale per la fotosintesi è già superata, l'innalzamento della temperatura ha un impatto negativo (Chmielewski 2007). A causa dell'inizio precoce del periodo vegetativo continua a sussistere il rischio di gelate tardive (come nella primavera 2017) almeno a più alta quota (OcCC/ProClim 2007). Inoltre alcune specie, come per esempio il frumento invernale, la barbabietola da zucchero, il melo e l'albicocco, hanno bisogno di un periodo di freddo per avviare la germinazione (CS3, CS4, CS6).

In generale, l'innalzamento della temperatura media e le conseguenti trasformazioni possono avere un influsso positivo su molte piante (p. es. colza, soia, riso, uva da tavola). In futuro sarà invece più difficile coltivare avena e soprattutto frumento invernale nell'Altopiano (OcCC/ProClim 2007, Accademie svizzere delle scienze 2016a).

Le rese agricole potranno aumentare solo se non saranno inibite da altri fattori, come ad esempio la disponibilità di acqua e di nutrienti (CS1, CS3, CS7). Per questo motivo sono previste notevoli differenze locali nel grado di aumento della resa (UFAG 2011). A partire da un riscaldamento di oltre 2–3 °C, le perdite di resa dovute alla siccità e all'infestazione da parassiti potrebbero più che compensare l'aumento delle rese riconducibile all'innalzamento delle temperature medie (OcCC/ProClim 2007).

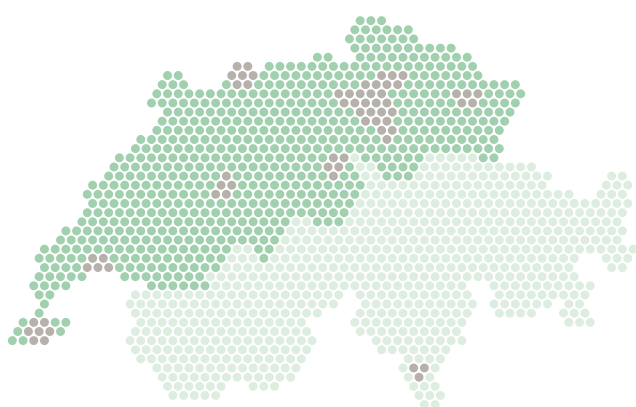
Nel complesso, l'innalzamento delle temperature medie e le sue conseguenze secondarie avranno un impatto positivo sull'agricoltura (CS1, CS3–CS8). Nell'Altopiano, nelle Prealpi e nel Giura è previsto un incremento moderato delle rese. Nelle Alpi e nella Svizzera meridionale il cambiamento sarà lieve. Nelle grandi agglomerazioni l'agricoltura è irrilevante (fig. 57).

Figura 57

Variatione delle rese agricole per grande area

Aumento dell'opportunità:

- lieve
- moderato
- irrilevante



Gli sviluppi socioeconomici esercitano un forte influsso sul settore agricolo (CS3 – CS8). I cambiamenti rilevanti sono descritti in dettaglio al capitolo 4.1. Sulla base delle principali trasformazioni legate ai cambiamenti climatici, l'opportunità di un aumento delle rese è considerata prioritaria nell'Altopiano, nelle Prealpi e nel Giura (fig. 58).

Figura 58

Grandi aree nelle quali l'opportunità «Aumento delle rese agricole» è prioritaria



Opportunità per la viticoltura

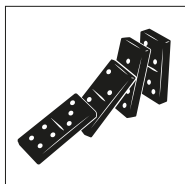
In futuro, l'innalzamento delle temperature medie consentirà di coltivare nuove varietà viticole in Svizzera (CH2014-Impacts 2014). A Ginevra sarà possibile piantare la varietà Aramon, in Ticino le varietà Syrah e Tempranillo (CS4, CS7).

Con l'aumentare della temperatura dovrebbe salire anche il tenore di zuccheri nel mosto, che a sua volta dovrebbe migliorare la qualità del vino (CS5, CS7). Le rese della viticoltura non dipendono però solo dalla temperatura. Anche l'infestazione di parassiti potrebbe essere influenzata dai cambiamenti climatici.

Misure di adattamento

Per poter sfruttare le opportunità derivanti dai cambiamenti climatici, le mutate condizioni locali dovranno confluire anche nella formazione e nella consulenza degli agricoltori. Sul piano della ricerca la priorità va alla verifica dell'idoneità ubicativa, allo sviluppo e alla coltivazione di varietà adattate e a una produzione consona alle condizioni locali (CS3, CS5 – CS7, Accademie svizzere delle scienze 2016a, UFAM 2014a). In Svizzera diventerà così possibile coltivare varietà di piante mediterranee sensibili al freddo, per esempio aglio, melanzane, peperoni, olive, pomodori, meloni e agrumi (CS4, OcCC/ProClim 2007). In queste colture bisognerà però tener conto del maggiore rischio di danni da gelo.

13 Wild card



- Rischi difficili da valutare



I sistemi complessi – come p. es. lo strato più basso dell’atmosfera terrestre – sono prevedibili solo in parte

Non tutti i rischi associati ai cambiamenti climatici possono essere quantificati e valutati con i metodi di analisi convenzionali. In questo contesto si parla delle cosiddette «wild card». L’espressione «wild card» evidenzia il carattere sorprendente (fortuito) di un evento con potenziali conseguenze di ampia portata. È utilizzato nella futurologia e nelle analisi degli scenari per avversità, shock o discontinuità inattesi (Steinmüller 2007). Gli elementi distintivi delle wild card sono:

- la bassa probabilità;
- l’impatto drammatico;
- l’effetto a sorpresa.

Le wild card sono strettamente legate alle catene di causa-effetto di altri processi, attività o eventi che interessano la natura, la società o l’economia. Per questo tipo di rischi è utilizzata anche l’espressione «rischi sistemici» (Nauser et al. 2015). La probabilità che si verifichi un rischio sistemico, ma anche la potenziale entità dei danni da esso causati, può essere stimata solo in modo molto approssimativo. La sua valutazione può essere ostacolata per esempio da un andamento non lineare degli eventi o da punti di non ritorno, che segnano un’improvvisa svolta nello stato di un sistema. Anche gli effetti a cascata sono una caratteristica tipica dei rischi sistemici: gli effetti primari si propagano al di là del sistema colpito e

provocano, eventualmente con ritardo o indirettamente, danni secondari o terziari in altri sistemi collegati.

Nel contesto dei cambiamenti climatici, un possibile evento wild card potrebbe essere uno spostamento nella circolazione delle correnti marine tra i Caraibi e l'Atlantico settentrionale («corrente del Golfo»), che potrebbe causare un netto raffreddamento in Europa. Un tale scenario è plausibile secondo la scienza dei sistemi, ma il momento della sua comparsa e il suo decorso non sono prevedibili in base allo stato attuale delle conoscenze; le conseguenze per l'Europa sarebbero di grande portata e supererebbero gli effetti meramente climatici.

Nell'ottica odierna, per la Svizzera sarebbe ipotizzabile il seguente scenario wild card: lo scioglimento del permafrost provoca un enorme crollo di roccia in un lago artificiale. L'onda distruttrice si riversa a valle e causa immensi danni materiali e immateriali. Tra gli abitanti delle regioni alpine teoricamente esposte allo stesso scenario si diffonde una grande incertezza, che innesca un vero e proprio esodo con il conseguente collasso dell'attività e dello sviluppo economico delle regioni colpite (Buser 2007).

Questo esempio dimostra che una wild card si riallaccia a uno sviluppo noto, in questo caso l'impatto dei cambiamenti climatici sulla stabilità delle parti rocciose delle montagne. La sua portata dipende tuttavia da una concatenazione temporale e spaziale di eventi conseguenti, che investono la natura, la società e l'economia.

L'esauriente elenco dei rischi e delle opportunità riportato nell'allegato A1 comprende diverse wild card, che nell'ambito della presente analisi dei rischi sono state identificate come rilevanti per la Svizzera. Queste wild card possono essere raggruppate in tre grandi categorie:

1. **i cambiamenti della circolazione atmosferica ovvero della frequenza e durata (persistenza) delle condizioni meteorologiche:** la persistenza di determinate condizioni meteorologiche può provocare precipitazioni forti e prolungate, lunghi periodi di siccità od ondate di caldo estremo. Può ostacolare o interrompere il funzionamento di infrastrutture critiche, come opere di protezione, centrali elettriche e impianti di depura-

zione, oppure causare una penuria d'acqua dovuta al continuo e netto abbassamento del livello delle acque sotterranee;

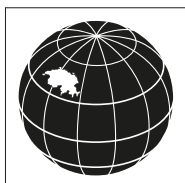
2. **la concomitanza di fattori che provocano un andamento imprevedibile di pericoli naturali di per sé noti:** tra questi rientrano eventi in località che finora non erano considerate a rischio o un inatteso danno a infrastrutture ad alta fruizione pubblica, per esempio importanti stazioni ferroviarie o assi di traffico solitamente non colpiti;

3. **le situazioni per le quali non esistono precedenti o possibilità di prevenzione:** tali casi possono verificarsi per esempio quando le temperature nelle acque naturali raggiungono livelli senza precedenti, critici per la flora e la fauna, quando negli ecosistemi appaiono nuove specie invasive o quando la salute dell'essere umano, delle colture agricole o dei boschi (di protezione) è pregiudicata inaspettatamente da nuovi parassiti o malattie.

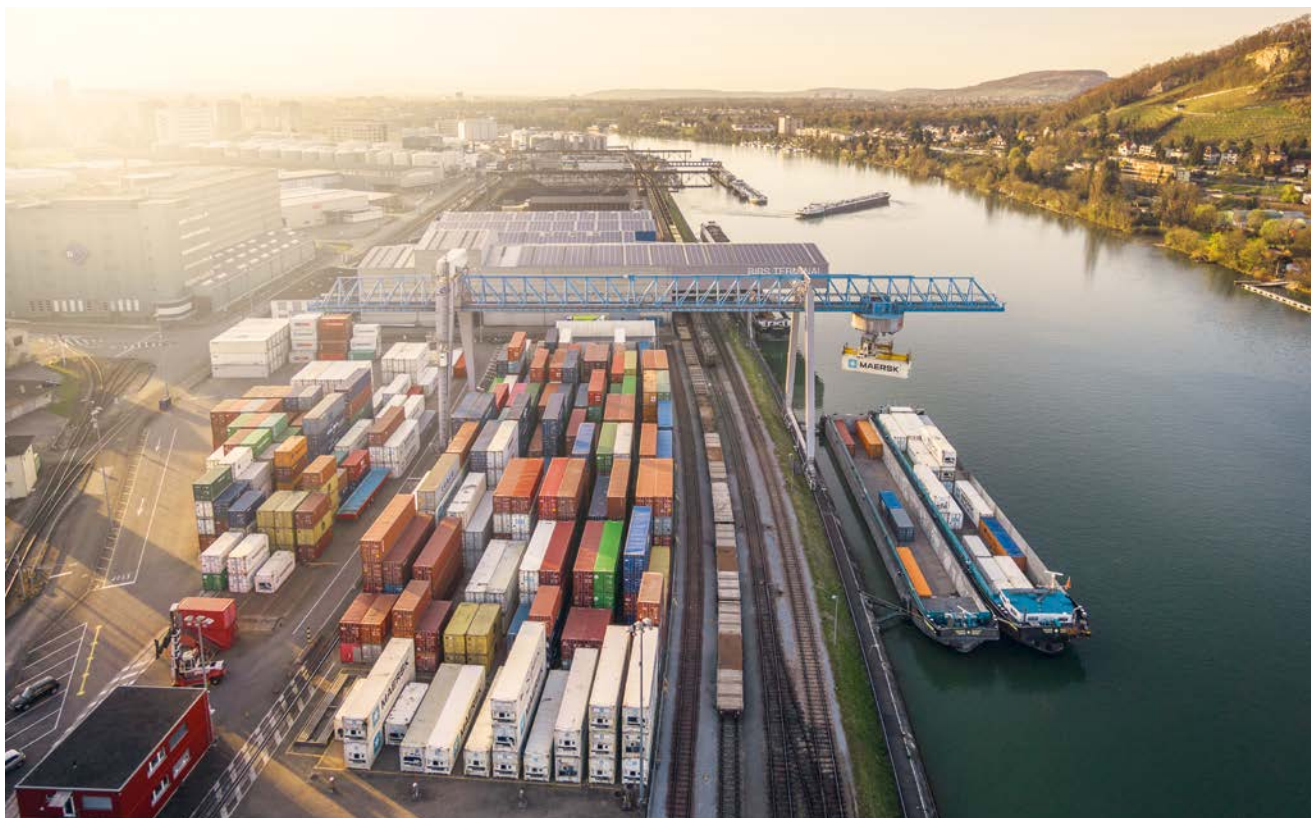
Più il clima si allontana dalle fasce di oscillazione storicamente note, più grande è la probabilità che si manifestino situazioni con il carattere di wild card. In caso di cambiamenti climatici avanzati, sull'intero territorio svizzero potrebbero affacciarsi nuovi rischi od opportunità, oggi non prevedibili o stimabili.

Nel processo di adattamento non è né opportuno né possibile prepararsi a ogni eventualità. Ciononostante lo studio delle wild card è utile soprattutto perché allarga l'orizzonte e permette di analizzare sviluppi, negativi ma anche positivi, che oltrepassano l'ambito delle conoscenze empiriche. Chi riesce a immaginare eventi poco probabili o non intuitivi saprà apportare anche elementi sorprendenti e integrare soluzioni innovative, più solide o più flessibili nel processo di elaborazione dei piani d'intervento (Steinmüller & Steinmüller 2004).

14 Impatto dei cambiamenti climatici all'estero



- Rischi indiretti
- Opportunità indirette



Porto renano di Birsfelden

Foto: Patrick Walde

Molti effetti dei cambiamenti climatici all'estero rientrano, nell'ottica svizzera, tra i rischi sistemici. Le conseguenze degli eventi climatici all'estero possono propagarsi attraverso lunghe catene di processi (danni secondari e terziari) in modo tale che il nesso tra causa (all'estero) ed effetto (in Svizzera) non è più direttamente individuabile.

Con le sue importazioni ed esportazioni di beni e servizi, la Svizzera è strettamente integrata nella realtà economica internazionale. Soprattutto in settori quali

l'approvvigionamento energetico ed alimentare, ma anche nel campo delle materie prime per la produzione industriale, dipende in ampia misura dall'importazione di beni critici (UFAE 2016). Anche nel terziario, dal comparto finanziario e assicurativo all'attività di consulenza e al turismo, lo scambio con l'estero svolge un ruolo fondamentale.

La forte dipendenza dall'estero può essere illustrata sull'esempio della percentuale di superficie occupata dalla Svizzera all'estero: le stime basate su analisi stati-

stiche del commercio mondiale (Yu et al. 2013) indicano che l'84 per cento delle superfici necessarie per produrre i beni consumati in Svizzera si trova all'estero. Se i cambiamenti climatici pregiudica tali superfici o i sistemi di approvvigionamento, produzione e distribuzione a esse connessi, ne risultano potenziali conseguenze di vasta portata per l'economia e la società in Svizzera.

Già le prime stime (Schwank et al. 2007), svolte in base a colloqui con esperti, erano giunte alla conclusione che l'impatto economico all'estero era probabilmente superiore a quello in Svizzera. Questo dato coincide con un'indagine paragonabile condotta in Gran Bretagna (PwC 2013). Uno studio recente (Rüttinger & Pohl 2016) individua quattro rischi di fragilità climatica dal punto di vista della politica estera e di sicurezza – conflitti locali per le risorse, basi vitali minacciate e migrazione, eventi meteorologici estremi e catastrofi nonché oscillazioni dei prezzi alimentari – «che sono riscontrabili già oggi, ma che molto probabilmente conosceranno un netto aggravamento in futuro». Almeno nei settori particolarmente esposti, l'impatto dei cambiamenti climatici all'estero dovrà essere considerato nell'adattamento in Svizzera. Un approccio lungimirante in questo campo rappresenta anche un vantaggio competitivo su scala internazionale (Bresch 2016).

L'impatto all'estero potrebbe avere per la Svizzera una portata paragonabile o addirittura superiore a quella dei rischi e delle opportunità prioritarie all'interno del Paese. D'altro canto i cambiamenti climatici sono solo uno dei molteplici fattori che influenzano le prospettive di sviluppo della Svizzera. Le tendenze in atto in Svizzera e all'estero sul piano economico, politico, tecnico e demografico si intrecciano, ostacolando una stima isolata degli effetti dei cambiamenti climatici.

I rischi (–) e le opportunità (+) che dovrebbero assumere maggiore importanza in Svizzera sotto l'influsso dei cambiamenti climatici su scala internazionale sono i seguenti:

- la diminuzione della sicurezza dell'approvvigionamento dovuta ai pregiudizi arrecati dai cambiamenti climatici alla produzione e al trasporto di importanti beni d'importazione;

Vulnerabilità dei flussi commerciali internazionali

Il fatto che l'economia globalizzata sia sempre più vulnerabile può essere illustrato in base a eventi catastrofici dovuti ai cambiamenti climatici e ad altri motivi. L'OCSE (2014) ha documentato diversi casi che evidenziano le criticità nelle catene mondiali di approvvigionamento. Nel 2011 le inondazioni nell'area di Bangkok provocarono un calo di circa il 30 per cento nell'offerta mondiale di dischi rigidi per computer. Lo tsunami che lo stesso anno si abbatté sulla costa orientale del Giappone colpì l'industria automobilistica ed elettronica mondiale perché interruppe per molto tempo la produzione di lacche per veicoli e di microchip.

In Svizzera, la torrida estate del 2003 è ricordata per la mancanza di precipitazioni, che ostacolò fortemente la navigazione sul Reno: non solo fu pregiudicato il traffico delle navi da carico, ma fu messa a dura prova anche la rete ferroviaria lungo il Reno, le cui capacità non si dimostrarono sufficienti ad assicurare il trasporto degli oli minerali, dei container e dei metalli destinati ai porti del Mare del Nord. Grandi quantità di cereali dovettero essere immagazzinate provvisoriamente finché la situazione sul Reno non si normalizzò (UFAFP et al. 2004).

- l'alterazione della produttività dei sistemi agricoli e forestali esteri con un impatto in particolare sull'industria alimentare, tessile, del legno e della carta;
- l'aumento della volatilità dei prezzi dei prodotti agricoli;
- le perdite di ricavi per l'economia esportatrice a causa del minore potere di acquisto dei Paesi esposti ai cambiamenti climatici;
- l'aumento dei rischi degli investimenti esposti ai cambiamenti climatici;
- la diminuzione della stabilità politica e della sicurezza a livello internazionale a fronte del contemporaneo aumento dei flussi migratori mondiali indotti dai cambiamenti climatici;
- + l'aumento della domanda internazionale di consulenza e di servizi di progettazione e tecnica ingegneristica per l'adattamento ai cambiamenti climatici;

-
- + l'aumento della domanda di prestazioni di (ri)assicurazione;
 - + la maggiore competitività della Svizzera nel turismo (frescura estiva, innevamento relativamente sicuro).

L'elenco completo dei rischi e delle opportunità individuati nella letteratura è riportato nell'allegato A1.

15 Gestione delle incertezze

Ogni previsione sull'evoluzione futura del sistema climatico, ma anche della natura, della società e dell'economia, è costellata di incertezze. Per stimare l'impatto dei cambiamenti climatici entro il 2060 nonché valutare e prioritizzare i rischi e le opportunità che ne derivano per la Svizzera, è necessario formulare numerose ipotesi. Queste ultime spaziano dall'evoluzione stimata delle emissioni di gas serra al loro impatto sul clima mondiale e locale, dalle loro conseguenze per la natura, la società e l'economia al mutamento della resistenza (resilienza) della società e dell'economia alle disfunzioni causate da fattori climatici (sviluppi politici, tendenze sociali ed economiche, innovazioni tecnologiche ecc.).

Le cause dell'incertezza

Lo scenario di emissione su cui si basa l'analisi dei rischi parte volutamente dall'ipotesi di forti cambiamenti climatici (cfr. allegato A2). È uno scenario plausibile, ma corrisponde solo a una delle numerose forme che possono assumere i cambiamenti climatici. Se a livello internazionale saranno raggiunti gli ambiziosi obiettivi di riduzione, è ipotizzabile che entro il 2060 le emissioni diminuiranno e che l'impatto sarà meno pronunciato del previsto. Lo scenario scelto è giustificato dal fatto che la Svizzera deve prepararsi anche a uno sviluppo meno ottimistico.

Gli scenari di emissione possono essere tradotti in modelli climatici, che illustrano la possibile evoluzione di singoli parametri climatici. Per alcuni parametri (soprattutto la temperatura, le precipitazioni e il limite delle nevicate) i modelli già forniscono informazioni relativamente attendibili. Sono invece più incerte le indicazioni sull'andamento di eventi rari, come le precipitazioni estreme o le tempeste. D'altro canto le precipitazioni estreme, accanto ad altri fattori, possono contribuire a scatenare eventi disastrosi come piene, colate detritiche o frane.

Per quanto riguarda l'impatto dei cambiamenti climatici sulla natura, le incertezze dei modelli climatici si sommano alle conoscenze lacunose sulla sensibilità di singole specie o di interi ecosistemi alle variazioni del regime climatico. Ciò rende ancora più difficile stimare l'influsso dei cambiamenti climatici per esempio sulla diffusione di

agenti patogeni, parassiti o specie invasive e quindi sulla salute umana, l'agricoltura e l'economia forestale.

I futuri effetti sull'economia e sulla società dipendono a loro volta dalle ipotesi sull'evoluzione demografica, l'urbanizzazione, l'attività economica ecc. Queste ipotesi influiscono notevolmente sull'entità dei possibili danni futuri e possono provocare una sopravvalutazione o una sottovalutazione dei rischi e delle opportunità.

Come indicato ai capitoli 13 e 14, con l'avanzare dei cambiamenti climatici bisogna aspettarsi anche effetti impossibili da valutare con i metodi convenzionali dell'analisi dei rischi. Le wild card e l'impatto dei cambiamenti climatici all'estero rappresentano ulteriori incognite, che possono essere ridotte solo in misura molto limitata.

Colmare le lacune conoscitive

Grazie a lavori di ricerca intensi sull'arco di diversi anni si è riusciti a ridurre notevolmente le incertezze che contraddistinguono molte asserzioni sui cambiamenti climatici. Sono però indispensabili analisi supplementari per fare in modo che i modelli climatici rispecchino in modo più realistico e dettagliato l'evoluzione futura, per individuare più precocemente i rischi, capire meglio il possibile decorso degli eventi e le opzioni di intervento e applicare infine contromisure mirate.

Un ambito in cui occorrono maggiori ricerche è l'impatto dei cambiamenti climatici sui sistemi naturali e socio-economici. Sebbene in Svizzera siano stati già condotti numerosi studi sugli effetti dei cambiamenti climatici (p. es. Pluess et al. 2016, CH2014-Impacts 2014, UFAM 2012a, SECO 2011), rimangono diversi interrogativi, per esempio riguardo agli ecosistemi naturali e ai rischi per la salute umana e animale, che richiedono ulteriori analisi per poter valutare in modo più ampio e circostanziato il fabbisogno e/o le necessità d'intervento. Anche nel controllo e nell'individuazione precoce dei rischi sussistono ancora numerose lacune, che dovranno essere colmate per riconoscere per tempo le trasformazioni incombenti e stimare correttamente le loro possibili conseguenze (ProClim 2015).

Anche l'evoluzione della società e dell'economia e, di conseguenza, il grado di esposizione dei valori materiali e immateriali ai cambiamenti climatici sono tematiche alle quali è stata dedicata finora poca attenzione. Attualmente non esistono analisi di ampio raggio che consentano di valutare la vulnerabilità della società e dell'economia di fronte alle disfunzioni dovute ai cambiamenti climatici, nonché la capacità di adattamento a eventi di crisi.

Quando si tratta di studiare trasformazioni a lungo termine in sistemi complessi, la ricerca si scontra con i propri limiti. Là dove le incertezze non possono essere eliminate con analisi approfondite, una via di uscita può consistere nelle tecniche degli scenari, che consentono di descrivere percorsi di sviluppo plausibili per individuare i rischi connessi e valutare le opzioni di adattamento (IRGC 2013, IRGC 2015).

Adeguatezza delle misure

L'obiettivo della strategia di adattamento del Consiglio federale (UFAM 2012b, UFAM 2014a) è di preparare nel miglior modo possibile la Svizzera alle conseguenze già oggi prevedibili dei cambiamenti climatici, ma anche a quelle meno probabili. A questo scopo occorre predisporre delle misure, se già possibili e opportune, per garantire che i rischi causati dai cambiamenti climatici a medio e breve termine rimangano tollerabili.

Una sfida fondamentale consiste nel determinare, nonostante le incertezze esistenti, quali provvedimenti sono adeguati ai rischi individuati. Se si tratta di prevenire possibili danni potenzialmente irreversibili in futuro, la mancanza di conoscenze sulla probabilità di comparsa o sull'entità del danno non deve indurre a non agire o ad attendere. Al contrario: in base alle migliori conoscenze disponibili occorre tracciare sviluppi plausibili, desumere delle opzioni d'intervento e motivare le relative misure. Efficacia, efficienza, equità e resilienza sono criteri che possono aiutare a trovare soluzioni adeguate (Renn 2014, Renn 2015).

Spesso le misure possono riallacciarsi a strategie e dispositivi già in atto nella gestione dei rischi convenzionali (protezione contro i pericoli naturali, gestione della siccità, lotta contro gli organismi nocivi ecc.). L'essenziale è

tener conto con lungimiranza del carattere dinamico dei cambiamenti climatici.

Opzioni d'intervento

La scelta di strategie e misure di adattamento adeguate e opportune deve basarsi sulla consapevolezza che le conoscenze sull'impatto dei cambiamenti climatici o sul mix ottimale di misure sono spesso limitate, ma che l'applicazione delle misure non può attendere che vi sia certezza assoluta. Sotto queste premesse sono ipotizzabili i seguenti tipi di misure o i seguenti principi per la loro messa a punto (UKCIP 2007, Martin 2012).

Misure win-win: queste misure promuovono l'adattamento ai cambiamenti climatici anche se sono state adottate principalmente per altri motivi. Si sfruttano le occasioni per conseguire benefici supplementari nell'ambito dell'adattamento, senza dover intraprendere maggiori sforzi. Esempi:

- la progettazione degli ambienti esterni negli insediamenti deve avvenire in modo tale da aumentare la qualità di vita e del tempo libero e al contempo fornire un contributo efficace allo smaltimento delle acque in caso di precipitazioni intense, favorire la circolazione del vento e offrire spazi ricreativi ombreggiati (Ville de Sion 2017);
- la strategia di sviluppo regionale deve tenere conto dei rischi e delle opportunità generati dai cambiamenti climatici e sfruttarli per il (ri)posizionamento della regione (Regionalkonferenz Oberland-Ost 2016);
- i patrimoni arborei vengono rinnovati per conservarne la funzione protettiva. Con l'impiego di varietà resistenti alla siccità viene aumentata anche la capacità di adattamento;
- le condizioni per l'attribuzione di nuove concessioni alle centrali idroelettriche contemplano, oltre alla produzione di energia, anche la protezione contro le piene, la sicurezza dell'approvvigionamento e la disponibilità di acqua per spegnere gli incendi.

Misure «no-regret/low-regret»: qui l'accento viene messo su misure che possono essere realizzate a breve termine e generano un beneficio (secondario) positivo anche alle attuali condizioni climatiche. Vengono evitati i conflitti con altri obiettivi e l'effetto a lungo termine

sull'adattamento ai cambiamenti climatici è di secondaria importanza. Le misure *low-regret* si distinguono da quelle *no-regret* per il fatto che pongono maggiori esigenze in termini di benefici per l'adattamento, ma in compenso generano costi supplementari (moderati). Esempi:

- la coltivazione di specie robuste, meno sensibili alle intemperie nell'agricoltura;
- le misure di protezione contro i pericoli naturali funzionanti anche in caso di sovraccarico;
- la progettazione e la costruzione di edifici che garantiscano un clima piacevole all'interno anche a temperature esterne elevate;
- la creazione di sistemi di monitoraggio e di allerta, che controllino i focolai di pericolo, noti o potenziali, derivanti dai movimenti di versante o la comparsa di organismi nocivi.

Flessibilità e resilienza: la flessibilità mette l'accento su procedure iterative nell'adattamento ai cambiamenti climatici. Le misure vengono predisposte in modo tale da adempiere il loro scopo alle condizioni odierne (p. es. garantire il livello di sicurezza necessario), ma da poter essere adeguate con un onere ragionevole quando le condizioni quadro cambiano. Vengono lasciati dei margini di manovra e le misure possono essere precisate quando emergono nuove conoscenze.

La flessibilità è anche uno dei principi basilari delle strategie che mirano a rafforzare la resilienza della natura, della società e dell'economia alle disfunzioni dovute ai cambiamenti climatici. I sistemi resilienti dispongono tipicamente di diverse reti di sicurezza, che li rendono più resistenti a interruzioni temporanee di singoli sistemi parziali o funzioni (Nauser et al. 2015).

I sistemi resilienti presentano caratteri distintivi quali la ridondanza, il decentramento, la diversità, la tolleranza agli errori, la solidità e il capitale sociale (come risorsa per affrontare le crisi). Queste caratteristiche si esprimono per esempio sotto forma di:

- habitat naturali interconnessi;
- colture agricole diversificate e adeguate alle condizioni locali;

- fonti decentrate collegabili tra di loro per l'approvvigionamento idrico ed elettrico;
- diversi sistemi autonomi di trasporto e comunicazione;
- piani di emergenza per la gestione di situazioni di crisi e di nuovi rischi per la salute;
- promozione della consapevolezza dei rischi e della sensibilizzazione alla prevenzione.

Soprattutto di fronte a wild card o a rischi sistemici transnazionali non si può sempre ricorrere ai metodi convenzionali di gestione del rischio. In questi casi occorrono strategie alternative, focalizzate sulla capacità di reagire in modo flessibile a situazioni straordinarie e di superare le fasi di interruzione dei sistemi critici.

Infine bisogna ricordare che – soprattutto a causa delle notevoli incertezze associate ai cambiamenti climatici antropogenici – il principio generale, oltre all'adattamento, è di evitare le emissioni di gas serra. La correlazione tra le emissioni di gas serra e i cambiamenti climatici è sufficientemente documentata. La riduzione delle emissioni rimane quindi la principale strategia per prevenire o mitigare possibili conseguenze incontrollabili.

A Allegato

A1 Elenco completo dei rischi e delle opportunità legati ai cambiamenti climatici

Qui di seguito sono elencati tutti i rischi prioritari (in grassetto) e non prioritari identificati nell'analisi dei rischi. Tutti i rischi e le opportunità legati ai cambiamenti climatici sono attribuiti a una sfida e riportati per sfida nell'elenco.

L'elenco dei rischi e delle opportunità riguardanti la biodiversità contiene ridondanze. Tutti questi rischi e opportunità sono riportati sotto la sfida «Cambiamento negli habitat, nella composizione delle specie e nel paesaggio» (analogamente alla struttura del rapporto). D'altro canto, per motivi di completezza, alcuni rischi e opportunità sono citati anche sotto altre sfide, se queste ultime incidono sulla biodiversità.

- Legenda
- Rischio
 - Opportunità
 - Rischio e Opportunità

Sfida

Rischio/opportunità

Maggiore stress da caldo



● **Aumento del pregiudizio alla salute umana**

- Aumento della mortalità dovuta alla canicola
- Aumento della morbidità dovuta alla canicola (stress da caldo)
- Aumento dell'impatto dell'ozono in seguito alla maggior frequenza dello smog estivo
- Aumento del rischio di cancro alla pelle
- Peggioramento dello stato di salute e/o diminuzione del benessere

● **Aumento delle perdite di resa sul lavoro**

- Aumento delle perdite di resa sul lavoro

● **Aumento del fabbisogno di energia per il raffreddamento**

- Aumento del fabbisogno di raffreddamento degli edifici
- Aumento del fabbisogno di raffreddamento degli impianti industriali
- Aumento del fabbisogno di raffreddamento nel traffico individuale
- Aumento del fabbisogno di raffreddamento nei trasporti pubblici

● **Aumento del deterioramento della biodiversità**

- Aumento del deterioramento degli animali e delle piante in seguito al maggiore stress da caldo

Aumento del pregiudizio alla salute degli animali da reddito e da compagnia

- Aumento della mortalità degli animali da reddito
- Diminuzione della fertilità del bestiame da latte
- Aumento delle perdite di resa nella produzione animale
- Aumento della mortalità dei pesci

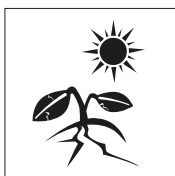
Legenda	Rischio
	Opportunità
	Rischio e Opportunità

Sfida

Rischio/opportunità

- Aumento della comparsa di zoonosi
- Aumento dei costi della fornitura di acqua potabile
- Diminuzione della produzione energetica e industriale**
- Limitazione dell'utilizzo delle centrali termiche (comprese le centrali nucleari)
- Diminuzione della capacità dei corsi d'acqua di raffreddare i processi industriali
- Diminuzione della produzione energetica in seguito a un minor rendimento
- Aumento delle perdite di raccolto agricolo**
- Aumento del tasso di moria delle piante giovani in seguito al surriscaldamento della superficie terrestre
- Aumento dello stress fitotossico in seguito alle elevate concentrazioni di ozono nell'aria
- Aumento delle bruciature alle piante dovute all'irrigazione
- Aumento delle perdite di resa forestale**
- Aumento del tasso di moria delle piante giovani in seguito al surriscaldamento della superficie terrestre
- Aumento dello stress fitotossico in seguito alle elevate concentrazioni di ozono nell'aria
- Aumento del deterioramento delle infrastrutture energetiche e di trasporto**
- Aumento del deterioramento delle infrastrutture di trasporto
- Aumento del deterioramento della sicurezza della rete elettrica

Aumento della siccità



- Aumento delle perdite di raccolto agricolo**
- Aumento delle perdite di raccolto, cambiamento dell'idoneità ubicativa
- Diminuzione della capacità d'infiltrazione del suolo
- Aumento del pericolo d'incendi boschivi**
- Diminuzione dell'azione protettiva del bosco
- Diminuzione dei ricavi dalla vendita del legname
- Diminuzione della capacità del bosco di stoccare CO₂
- Diminuzione della funzione ricreativa del bosco
- Aumento dei danni agli edifici e alle infrastrutture
- Aumento della penuria di acqua**
- Aumento dei conflitti per l'utilizzo dell'acqua
- Aumento della penuria di acqua industriale
- Aumento della penuria di acqua potabile
- Diminuzione della produzione idroelettrica estiva**
- Diminuzione della produzione idroelettrica estiva
- Aumento del deterioramento della biodiversità**
- Aumento delle perdite di habitat che dipendono da un apporto idrico sufficiente
- Aumento delle perdite di specie che prediligono le zone umide
- Aumento del deterioramento dei servizi ecosistemici del bosco**

Legenda	Rischio
	Opportunità
	Rischio e Opportunità

Sfida

Rischio/opportunità

- Diminuzione del potenziale di utilizzo del legname
- Diminuzione dell'azione protettiva del bosco
- Diminuzione della capacità di trasporto in caso di limitazione della navigazione
- Diminuzione della capacità di trasporto in caso di limitazione della navigazione in seguito all'abbassamento del livello dell'acqua (Reno)
- Aumento del deterioramento delle infrastrutture di approdo in seguito all'abbassamento del livello dell'acqua
- Aumento delle spese per la potabilizzazione dell'acqua
- Aumento delle spese di potabilizzazione dell'acqua in seguito al deterioramento della qualità dell'acqua

Innalzamento del limite delle nevicate



- **Aumento delle perdite di ricavi nel turismo invernale**
 - Aumento dei costi per l'innevamento delle piste
 - Diminuzione della durata della stagione sciistica
 - Chiusura delle stazioni sciistiche a bassa quota
 - Diminuzione dei pernottamenti in seguito a condizioni d'innevamento incerte
 - Diminuzione dei clienti delle imprese di trasporto a fune
 - Diminuzione della voglia di sport invernali in seguito alla scomparsa nell'Altopiano di un paesaggio invernale
- **Aumento della produzione energetica invernale**
 - Aumento della produzione idroelettrica
 - Aumento della produzione di calore da parte degli impianti a energia solare
 - Aumento della produzione di energia solare in seguito alla minor durata dell'innevamento
- **Diminuzione dei danni materiali e dei costi di manutenzione causati dalla neve**
 - Diminuzione dei costi del servizio invernale
 - Diminuzione dei costi di manutenzione delle strade
 - Diminuzione dei danni da valanghe agli impianti infrastrutturali (comprese le perdite economiche)
 - Diminuzione dei danni da valanghe agli edifici (comprese le perdite economiche)
 - Diminuzione dei danni agli edifici e alle infrastrutture causati dalla pressione della neve
 - Diminuzione dei danni da gelo all'infrastruttura ferroviaria, alle condotte dell'acqua e alle infrastrutture degli edifici
 - Diminuzione dei danni da gelo alle strade
 - Diminuzione dei danni da gelo ai veicoli
- **Cambiamento nella composizione delle specie e degli habitat**
 - Spostamento a nord e in alto degli areali di diffusione (formazione di popolazioni relitto)
 - Trasformazione del paesaggio (manto nevoso, ghiacciai, limite del bosco)
 - Formazione di nuovi habitat nella zona antistante i ghiacciai che si ritirano
- Diminuzione degli incidenti dovuti alla neve

Legenda	Rischio
	Opportunità
	Rischio e Opportunità

Sfida

Rischio/opportunità

- Diminuzione degli incidenti su carreggiate coperte di neve
- Diminuzione degli infortuni durante le attività sportive sulla neve

Rischio più elevato di piene



● Aumento dei danni alle persone

- Aumento dei morti, dei feriti e delle persone bisognose di sostegno
- Aumento del pregiudizio alla salute mentale

● Aumento dei danni materiali

- Aumento dei danni agli edifici (comprese le perdite economiche)
- Aumento dei danni alle infrastrutture di comunicazione (comprese le perdite economiche)
- Aumento dei danni alle infrastrutture di trasporto (comprese le perdite economiche)
- Aumento dei danni alle infrastrutture di approvvigionamento energetico (comprese le perdite economiche)
- Aumento dei danni alle infrastrutture di approvvigionamento e smaltimento delle acque (comprese le perdite economiche)
- Aumento dei danni alle infrastrutture restanti (comprese le opere di protezione contro le piene)
- Aumento dei danni agli edifici e alle infrastrutture causati dalle acque superficiali (comprese le perdite economiche)
- Aumento dei danni ai beni culturali
- Aumento dei danni agli spazi ricreativi
- Aumento dei danni ai veicoli
- Aumento dei danni agli edifici e alle infrastrutture causati da rotture di sacche di acqua e distacchi nei ghiacciai (comprese le perdite economiche)

● Cambiamento nella composizione delle specie e degli habitat

- Aumento della formazione di nuovi ambienti pionieri

Aumento del deterioramento dei servizi ecosistemici del bosco e delle perdite di raccolto agricolo

- Diminuzione dell'azione protettiva del bosco
- Aumento delle perdite di raccolto agricolo
- Diminuzione della produzione di legname
- Diminuzione della fertilità del suolo in seguito al dilavamento di sostanze nutritive
- Contaminazione del suolo in seguito al dilavamento di prodotti fitosanitari e altre sostanze tossiche
- Diminuzione del potenziale agricolo dovuto all'erosione
- Diminuzione della funzione ricreativa delle superfici forestali e delle aree verdi

Diminuzione della produzione idroelettrica

- Limitazioni dello sfruttamento idroelettrico
- Diminuzione della produzione energetica
- Aumento dei danni agli impianti idroelettrici dovuto al maggior potenziale di trasporto solido di fondo e in sospensione

Legenda	Rischio
	Opportunità
	Rischio e Opportunità

Sfida

Rischio/opportunità

- Diminuzione della capacità di ritenzione dei laghi artificiali a causa dei crescenti depositi di materiale detritico e sedimenti

Diminuzione della qualità dell'acqua

- Diminuzione della qualità dell'acqua in seguito all'immissione di acque di scarico in reti di condotte e bacini di ritenzione sottodimensionati
- Contaminazione in seguito al dilavamento di prodotti fitosanitari e di altre sostanze tossiche
- Contaminazione dell'acqua potabile e delle acque sotterranee in seguito al dilavamento di materiale organico decomposto
- Contaminazione delle captazioni di acqua potabile
- Aumento della contaminazione delle acque sotterranee
- Diminuzione del ravvenamento naturale delle acque sotterranee in seguito alle perdite per deflusso

Minore stabilità dei pendii e movimenti di versante più frequenti



● Aumento dei danni alle persone

- Aumento dei morti, dei feriti e delle persone bisognose di sostegno
- Aumento del pregiudizio alla salute mentale

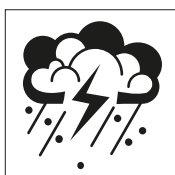
● Aumento dei danni materiali

- Aumento dei danni agli edifici (comprese le perdite economiche)
- Aumento dei danni alle infrastrutture di comunicazione (comprese le perdite economiche)
- Aumento dei danni alle infrastrutture di trasporto (comprese le perdite economiche)
- Aumento dei danni alle infrastrutture di approvvigionamento energetico (comprese le perdite economiche)
- Aumento dei danni alle infrastrutture di approvvigionamento e smaltimento delle acque (comprese le perdite economiche)
- Aumento dei danni ai veicoli
- Aumento dei danni alle infrastrutture e agli edifici turistici (compresi i danni indiretti)
- Aumento dei danni agli spazi ricreativi
- Aumento dei danni alle infrastrutture idroelettriche
- Diminuzione della capacità di ritenzione dei laghi artificiali a causa dei crescenti depositi di materiale detritico e sedimenti

Aumento del deterioramento dei servizi ecosistemici del bosco e delle perdite di raccolto agricolo

- Diminuzione dell'azione protettiva del bosco
- Aumento delle perdite di raccolto agricolo
- Diminuzione della produzione di legname
- Diminuzione della fertilità del suolo
- Diminuzione della funzione ricreativa delle superfici forestali e delle aree verdi

Modifica dell'attività delle tempeste e della grandine



● Aumento o diminuzione dei danni alle persone

- Aumento o diminuzione dei morti, dei feriti e delle persone bisognose di sostegno

● Aumento o diminuzione dei danni da tempesta

Legenda	Rischio
	Opportunità
	Rischio e Opportunità

Sfida	Rischio/opportunità
	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento o diminuzione dei danni agli edifici (comprese le perdite economiche) • Aumento o diminuzione dei danni alle infrastrutture di comunicazione (comprese le perdite economiche) • Aumento o diminuzione dei danni alle infrastrutture di trasporto (comprese le perdite economiche) • Aumento o diminuzione dei danni alle infrastrutture di approvvigionamento energetico (comprese le perdite economiche) • Aumento o diminuzione dell'azione protettiva del bosco e dei relativi danni indiretti • Aumento o diminuzione del potenziale di utilizzo del legname con un impatto indiretto sui prezzi del legno • Aumento o diminuzione dei costi dei lavori di sgombero nel bosco, della lotta antiparassitaria e della rinnovazione del bosco • Aumento o diminuzione della capacità delle superfici forestali di catturare e stoccare CO₂ • Aumento o diminuzione della funzione di filtro del suolo forestale con un impatto sull'approvvigionamento di acqua potabile • Aumento o diminuzione della protezione contro l'erosione sulle superfici forestali • Aumento o diminuzione dei danni alle colture agricole e alle serre • Aumento o diminuzione dell'efficienza degli impianti eolici • Aumento o diminuzione dei danni ai veicoli • Aumento o diminuzione dei danni agli spazi ricreativi (in particolare alle foreste) ● Aumento o diminuzione dei danni da grandine • Aumento o diminuzione dei danni agli edifici (comprese le perdite economiche) • Aumento o diminuzione dei danni ai veicoli • Aumento o diminuzione dei danni alle colture agricole e alle serre • Aumento o diminuzione dei danni alle infrastrutture (comprese le perdite economiche)

Cambiamento negli habitat, nella composizione delle specie e nel paesaggio



- **Cambiamento in negativo nella composizione delle specie e degli habitat**
- Separazione temporale o spaziale di specie interdipendenti
- Spostamento verso nord e verso l'alto degli areali di diffusione (formazione di popolazioni relitto)
- Aumento del deterioramento dei processi evolutivi in seguito all'impoverimento genetico dovuto all'isolamento e alla contrazione degli habitat
- Aumento del deterioramento della biodiversità in seguito al rallentamento della circolazione nei laghi dovuto all'innalzamento delle temperature medie
- Aumento del deterioramento dell'impollinazione
- Aumento delle perdite di specie che superano la concorrenza grazie alla loro resistenza al gelo
- Aumento del deterioramento delle specie che in inverno vanno in letargo
- Aumento delle perdite di habitat che dipendono da un apporto idrico sufficiente
- Aumento delle perdite di specie che prediligono le zone umide
- Aumento della scomparsa di specie indigene in seguito alla comparsa e/o della diffusione di specie esotiche invasive
- Aumento del deterioramento della biodiversità in seguito alla diffusione di organismi nocivi
- Aumento del deterioramento della biodiversità in seguito alla minor qualità dell'acqua
- Aumento del deterioramento della biodiversità in seguito alla minor qualità del suolo

Legenda	Rischio
	Opportunità
	Rischio e Opportunità

Sfida

Rischio/opportunità

- Aumento del deterioramento della biodiversità in seguito alla minor qualità dell'aria
- Aumento del deterioramento della flora e della fauna in seguito al maggiore stress da caldo

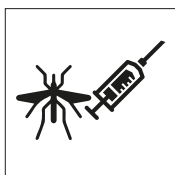
● Cambiamento in positivo nella composizione delle specie e degli habitat

- Diffusione delle specie generaliste e in grado di adattarsi
- Aumento della formazione di nuovi ambienti pionieri dopo le piene
- Diffusione delle specie che dipendono da ambienti secchi
- Aumento della diversità delle specie per la maggior frequenza di incendi boschivi
- Formazione di nuovi habitat nella zona antistante i ghiacciai che si ritirano
- Aumento del numero di generazioni all'anno per il prolungamento del periodo vegetativo

Mutamento dell'attrattiva del paesaggio

- Trasformazione del paesaggio (manto nevoso, ghiacciai, limite del bosco)
- Aumento della perdita di attrattiva delle attività in montagna in seguito alla maggior frequenza dei pericoli naturali

Diffusione di organismi nocivi, malattie e specie esotiche



● Aumento del pregiudizio alla salute umana

- Prolungamento della stagione pollinica delle piante allergeniche
- Aumento della diffusione di zecche ad alta quota
- Aumento della comparsa di malattie vettoriali e di malattie trasmesse dall'acqua e dagli alimenti
- Aumento della diffusione di piante allergeniche
- Aumento della comparsa di malattie provenienti da zone umide

● Aumento del pregiudizio alla salute degli animali da reddito e da compagnia

- Aumento del pregiudizio alla salute degli animali da reddito e da compagnia

● Aumento delle perdite di raccolto agricolo

- Aumento delle perdite di raccolto agricolo

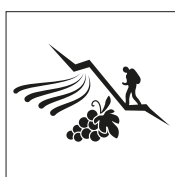
● Aumento del deterioramento dei servizi ecosistemici del bosco

- Diminuzione dell'azione protettiva del bosco
- Diminuzione del potenziale di utilizzo del legname

● Aumento del deterioramento della biodiversità

- Aumento della scomparsa di specie indigene in seguito alla comparsa e/o della diffusione di specie esotiche invasive
- Aumento del deterioramento della biodiversità in seguito alla diffusione di organismi nocivi

Miglioramento delle condizioni locali



● Diminuzione del fabbisogno di energia per il riscaldamento

- Diminuzione del fabbisogno di energia per il riscaldamento in seguito all'innalzamento delle temperature medie

● Aumento dei ricavi del turismo estivo

- Aumento del turismo estivo in seguito al calo dei giorni di pioggia, dell'innalzamento delle temperature e del prolungamento della stagione
- Aumento dell'attrattiva delle regioni di montagna in seguito alle temperature più fresche
- Clima più «mediterraneo»

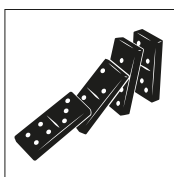
Legenda	Rischio
	Opportunità
	Rischio e Opportunità

Sfida

Rischio/opportunità

- Aumento dell'attrattiva delle regioni lacustri durante i periodi di canicola
- Mutamento (positivo o negativo) dell'attrattiva del paesaggio
- **Aumento delle rese agricole**
- Cambiamento positivo dell'idoneità ubicativa, possibilità di coltivare nuove varietà (p. es. nella viticoltura)
- Aumento delle rese agricole in seguito all'innalzamento della temperatura media
- Aumento della disponibilità di biomassa (energia)
- **Cambiamento nella composizione delle specie e degli habitat**
- Trasformazione del paesaggio (manto nevoso, ghiacciai, limite del bosco)
- Formazione di nuovi habitat nella zona antistante i ghiacciai che si ritirano
- Diffusione delle specie generaliste e in grado di adattarsi
- Aumento della formazione di nuovi ambienti pionieri dopo le piene
- Diffusione delle specie che dipendono da ambienti secchi
- Aumento della diversità delle specie per la maggior frequenza di incendi boschivi
- Diminuzione dei casi di malattia e decesso dovuti al freddo
- Diminuzione della mortalità dovuta al freddo a causa di malattie più frequenti in inverno
- Diminuzione della morbilità dovuta al freddo a causa di malattie più frequenti in inverno
- Diminuzione/aumento della meningoencefalite primaverile-estiva (a seconda della regione)
- Accelerazione dell'incremento del legno
- Aumento del potenziale di utilizzo del legname per l'innalzamento della temperatura media (prolungamento del periodo vegetativo)
- Diminuzione dei danni forestali causati dalla pressione della neve

Wild card



- **Rischi difficili da valutare**
- Impatto rilevante sulla biodiversità e/o i servizi ecosistemici in seguito al superamento del punto di non ritorno degli ecosistemi
- Pregiudizio rilevante alla salute umana per la comparsa di nuove malattie finora sconosciute e di nuove piante allergeniche
- Deterioramento rilevante delle colture indigene e della produzione animale per la comparsa di nuovi organismi nocivi e la diffusione di nuove malattie
- Deterioramento rilevante della biodiversità per la comparsa di nuove specie invasive
- Danni forestali rilevanti in seguito alla diffusione di nuovi organismi nocivi e malattie
- Deterioramento rilevante delle basi vitali in seguito all'imprevisto collasso simultaneo di più infrastrutture critiche
- Danni rilevanti in seguito al susseguirsi critico di vari pericoli o dalla concentrazione straordinaria di uno stesso pericolo
- Danni rilevanti in seguito ai cambiamenti della circolazione e degli schemi meteorologici (p. es. persistenza)
- Danni rilevanti causati da effetti non ancora valutati delle catene di causa-effetto cambiamenti climatici-pericoli naturali (compresi nuovi schemi di processo)
- Danni rilevanti in seguito ai cambiamenti del potenziale di rigenerazione delle regioni interessate da pericoli naturali

Legenda	Rischio
	Opportunità
	Rischio e Opportunità

Sfida**Rischio/opportunità****Impatto dei cambiamenti climatici all'estero****● Rischi indiretti**

- Aumento delle perdite di ricavi dovuto alle esportazioni a rischio in Paesi esposti ai cambiamenti climatici con una crescita economica indebolita
- Diminuzione della sicurezza dell'approvvigionamento dovuta alle importazioni a rischio da Paesi esposti ai cambiamenti climatici (p. es. alimenti, foraggi, energia, materiali di base)
- Aumento dei costi di trasporto in seguito alla distruzione di infrastrutture dovuta al clima
- Diminuzione della produttività dei sistemi agricoli e forestali esteri con un impatto in particolare sull'industria alimentare, tessile, del legno e della carta
- Aumento della domanda di capitale in seguito alle misure di adattamento e di mitigazione
- Diminuzione della stabilità politica e della sicurezza a livello internazionale
- Aumento degli effetti positivi o delle conseguenze negative dei flussi migratori globali indotti dal clima
- Aumento della domanda di aiuto in caso di catastrofe (in seguito a eventi estremi) e cooperazione allo sviluppo
- Aumento della volatilità dei prezzi dei prodotti agricoli
- Aumento dei rischi degli investimenti esposti ai cambiamenti climatici

● Opportunità indirette

- Aumento dei ricavi del turismo (frescura estiva, innevamento relativamente sicuro)
- Aumento della domanda di prestazioni di riassicurazione
- Aumento dei ricavi da misure tecniche e di pianificazione esportate relative alla protezione del clima e all'adattamento ai cambiamenti climatici
- Aumento dei ricavi delle centrali idroelettriche di pompaggio svizzere dovuto alla compensazione delle fluttuazioni della produzione elettrica eolica e solare all'estero

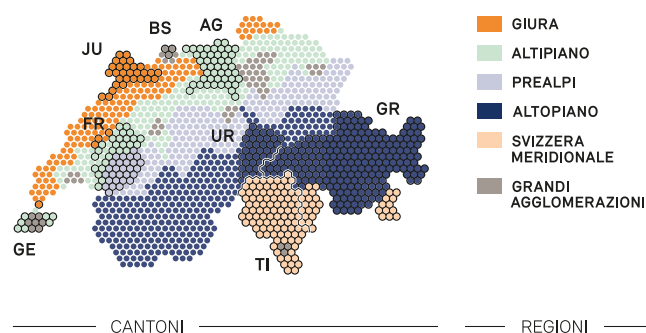
A2 Metodologia

Nel 2010, contemporaneamente all'elaborazione della strategia di adattamento del Consiglio federale, l'UFAM ha commissionato lo sviluppo di una metodologia finalizzata a identificare, valutare in modo uniforme e paragonare a livello intersettoriale i rischi e le opportunità legati ai cambiamenti climatici in Svizzera. A causa della svariata topografia e delle caratteristiche dei territori densamente popolati sono state definite sei grandi aree per l'analisi dei rischi e, per ogni grande area, sono stati svolti da uno a due studi di caso con questa metodologia (fig. 59).

Figura 59

Grandi aree della Svizzera e casi di studio

Giura (CS6), Altopiano (CS1+CS3), Prealpi (CS3), Alpi (CS5 + CS8), Svizzera meridionale (CS7) e grandi agglomerazioni (CS2 + CS4)



La base della presente sintesi è rappresentata da otto casi di studio (CS1 – CS8)²⁶. In una prima fase, i loro risultati sono stati applicati alle grandi aree. In una seconda fase i rischi e le opportunità individuati sono stati prioritizzati tenendo conto di ulteriori criteri. I casi di studio e la sintesi che ne deriva si basano così su un approccio metodologico uniforme e coerente.

La metodologia sviluppata negli anni 2010 – 2013 per l'elaborazione dei casi di studio (comprese importanti ipotesi, condizioni quadro e fasi di lavoro) è documentata in modo dettagliato (Holthausen et al. 2013a). Nel corso dello svolgimento degli otto casi di studio la versione iniziale è stata sottoposta ad adeguamenti puntuali. Per la presente sintesi sono state apportate ulteriori modifi-

26 Le abbreviazioni degli otto casi di studio sono spiegate alla fine del capitolo 1.

che ed è stata applicata una procedura di prioritizzazione adeguata. Il presente capitolo illustra i principali aspetti della metodologia originaria rilevanti anche per la sintesi, nonché i nuovi approcci metodologici.

A2.1 Impiego di scenari climatici

Per descrivere la possibile gamma degli effetti prodotti dai cambiamenti climatici, tutti i casi di studio si sono basati su due scenari climatici, analogamente alla strategia di adattamento ai cambiamenti climatici²⁷. Lo scenario «Deboli cambiamenti climatici» corrisponde allo scenario di emissione RCP3PD, lo scenario «Forti cambiamenti climatici» si fonda sullo scenario di emissione A1B dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). La presente sintesi tiene conto unicamente dello scenario «Forti cambiamenti climatici» e dei rischi e delle opportunità emersi nei casi di studio.

Lo scenario di emissione A1B parte dall'ipotesi che le emissioni mondiali salgano ininterrottamente fino al 2050 (*business-as-usual*) e diminuiscano solo nella seconda metà del secolo. Alla luce dei recenti sviluppi della politica internazionale sul clima e delle emissioni mondiali di gas serra, questo scenario può essere considerato da realistico a pessimistico. Sotto la direzione di MeteoSvizzera e del Politecnico di Zurigo, a partire da questo scenario di emissione è stato calcolato uno scenario climatico per la Svizzera (CH2011 2011). Quest'ultimo descrive l'evoluzione attesa della temperatura e delle precipitazioni in ogni stagione tra la media del periodo 1980 – 2009 («oggi») e quella del periodo 2045 – 2074 («2060») all'interno di fasce di oscillazione che rispecchiano le incertezze dei modelli climatici utilizzati.

Lo scenario «Forti cambiamenti climatici» non si basa sui valori medi di queste fasce di oscillazione. Per le proiezioni sulla temperatura sono stati presi i valori superiori di ogni stagione, per quelle sulle precipitazioni sono stati utilizzati i valori superiori per l'inverno e la primavera e quelli inferiori per l'estate e l'autunno. Lo scenario «Forti cambiamenti climatici» impiegato nell'analisi dei rischi descrive pertanto una variazione del clima più accentuata (maggiore innalzamento della temperatura, più precipitazioni invernali e maggiore siccità estiva) di quella

27 I due scenari sono descritti al capitolo 2 del Piano d'azione del Consiglio federale (UFAM 2014a).

ni. Inoltre sono stati individuati nove settori, i cosiddetti «settori d'impatto», che potrebbero essere influenzati dai pericoli e dagli effetti. Nell'interesse di un'analisi sistematica ed esauriente dei rischi e delle opportunità legati ai cambiamenti climatici è stata elaborata una matrice di rilevanza per ogni settore esaminato nei casi di studio (fig. 60).

La matrice di rilevanza permette di individuare le combinazioni rilevanti, dalle quali risultano rischi e opportunità, e di analizzarle in modo approfondito nell'ambito dei casi di studio (nella fig. 60 evidenziati per esempio in grigio). Il termine «rischio» descrive il prodotto della probabilità di comparsa e dell'entità del danno, mentre «opportunità» è il prodotto della probabilità di comparsa e dei benefici.

I casi di studio hanno determinato il rischio o l'opportunità attuale (dati climatici 1980 – 2009, dati socioeconomici intorno al 2010) nonché il rischio o l'opportunità per l'orizzonte 2060 (dati climatici 2045 – 2074, dati socioeconomici intorno al 2010²⁸). I rischi e le opportunità legati ai cambiamenti climatici risultano dalla differenza tra il rischio o l'opportunità intorno al 2060 e oggi. Il presente rapporto di sintesi valuta sempre i rischi e le opportuni-

tà in base a questa differenza. Fanno eccezione i rischi derivanti dai pericoli di tempesta e grandine. In caso di mancanza di proiezioni climatiche per questi due pericoli viene indicato il rischio attuale.

A differenza dei casi di studio, dove i rischi e le opportunità sono indicati per settore d'impatto, la presente sintesi ricalca piuttosto la struttura della strategia del Consiglio federale, suddividendo i rischi e le opportunità in base alle sfide. Le sfide intersettoriali dei cambiamenti climatici sono descritte nella prima parte della strategia (UFAM 2012b; cfr. cap. 2). Sei sfide dei cambiamenti climatici sono state adattate o ridefinite ai fini della presente sintesi, in modo da attribuire ogni rischio od opportunità individuata a una sfida (cfr. cap. 2)

²⁸ Per maggiori informazioni sugli sviluppi socioeconomici presi in considerazione fino al 2060 cfr. allegato A2.3.

Tavolo 3

Le sfide dei cambiamenti climatici

Presente sintesi	Strategia di adattamento della Confederazione (UFAM 2012b)
Maggiore stress da caldo (cap. 3)	Maggiore stress da caldo in agglomerazioni e città
Aumento della siccità (cap. 4)	Aumento della siccità estiva
Innalzamento del limite delle nevicate (cap. 5)	Innalzamento del limite delle nevicate
Rischio più elevato di piene (cap. 6)	Rischio più elevato di piene
Minore stabilità dei pendii e movimenti di versante più frequenti (cap. 7)	Minore stabilità dei pendii e movimenti di masse più frequenti
Modifica dell'attività delle tempeste e della grandine (cap. 8)	[Non trattata]
Peggioramento della qualità di acqua, suolo e aria (i rischi prioritari sono riportati sotto le altre sfide) (cap. 9)	Peggioramento della qualità di acqua, suolo e aria
Cambiamento negli habitat, nella composizione delle specie e nel paesaggio (vengono discussi tutti gli impatti sulla biodiversità, compresi quelli di altre sfide) (cap. 10)	Cambiamento negli habitat, nella composizione delle specie e nel paesaggio
Diffusione di organismi nocivi, malattie e specie esotiche (cap. 11)	Diffusione di organismi nocivi, malattie e specie esotiche
Miglioramento delle condizioni locali (solo opportunità) (cap. 12)	[Non trattata]
Wild card (cap. 13)	[Non trattata]
Impatto dei cambiamenti climatici all'estero (cap. 14)	[Non trattata]

A2.3 Valutazione e prioritizzazione dei rischi e delle opportunità

Nei casi di studio è stata svolta una stima qualitativa e, se possibile, quantitativa (monetizzata) dei rischi e delle opportunità. In ogni caso di studio le stime sono state sottoposte a una verifica di plausibilità durante un workshop con esperti e sono state poi controllate nella perizia sul rapporto finale. Nella fase successiva, i risultati regionali emersi dai casi di studio sono stati applicati all'intera area corrispondente. Questa operazione è descritta nel rapporto sulla metodologia (Holthausen et al. 2013a).

Per la sintesi sono stati raccolti i risultati a livello di grandi aree e delle regioni oggetto dei casi di studio. Per alcuni pericoli naturali, come le piene e i movimenti di versante, si è considerato un evento centenario, mentre per sviluppi lenti come le variazioni della temperatura media e del ciclo idrologico si è preso il valore medio atteso. Inoltre sono state condotte ricerche bibliografiche e inchieste tra gli esperti per completare l'elenco dei rischi e delle opportunità emersi dai casi di studio e individuare così possibilmente tutti i rischi e le opportunità rilevanti per la Svizzera. Ne è risultato l'elenco esauriente dei rischi e delle opportunità legati ai cambiamenti climatici riportato nell'allegato A1.

Per paragonare i risultati al di là dei vari settori e delle grandi aree è stata impiegata una scala qualitativa a tre livelli: aumento lieve/moderato/notevole del rischio o dell'opportunità. Per proiettare sulle grandi aree le valutazioni quantitative dei rischi e delle opportunità derivanti dai casi di studio, la scala è stata adeguata al rispettivo territorio. Per esempio, nelle grandi agglomerazioni vi è una concentrazione molto maggiore di persone e valori rispetto alle Prealpi. Se nelle Prealpi un rischio con un valore annuo atteso di oltre 15 milioni di franchi è classificato come notevole sulla scala a tre livelli, nelle grandi agglomerazioni lo stesso rischio deve raggiungere un valore annuo atteso di almeno 100 milioni di franchi per ottenere la stessa classificazione. Se il rischio riguarda un evento centenario, i valori soglia salgono di un fattore 5.

Nonostante la metodologia uniforme usata negli otto casi di studio, la valutazione dei singoli rischi e opportunità non può essere ripresa e paragonata a priori. Innanzitutto alcuni aspetti del metodo sono stati modificati tra

lo svolgimento del primo e dell'ultimo caso di studio. In secondo luogo, all'analisi hanno partecipato varie persone, che impiegavano basi di dati in parte diverse e si fondavano su stime di esperti differenti. Per questo motivo, la scala a tre livelli e la valutazione dei singoli rischi e opportunità legati ai cambiamenti climatici su questa scala sono state sottoposte a una verifica di plausibilità da parte degli autori dei casi di studio e di altri esponenti del mondo scientifico e dell'amministrazione e se necessario adeguate (cfr. allegato A2.4).

Nella fase successiva, i rischi e le opportunità sono stati prioritizzati. A questo scopo la valutazione qualitativa del rischio o dell'opportunità derivante dai cambiamenti climatici è stata completata con cinque criteri supplementari, ai quali è stata assegnata una ponderazione inferiore a quella delle variazioni causate dai cambiamenti climatici (fattore di ponderazione superiore al 40 per cento).

La necessità di considerare ulteriori criteri ai fini della prioritizzazione scaturisce dal fatto che la percezione sociale di un rischio può variare e che altri fattori possono esacerbare o mitigare i rischi e le opportunità legati ai cambiamenti climatici nonché influenzare l'applicazione delle relative misure di adattamento. Nella valutazione sono confluiti i seguenti criteri supplementari (ponderazione arrotondata tra parentesi):

- l'irreversibilità di un potenziale danno (20 %);
- il possibile pregiudizio a infrastrutture critiche (10 %);
- l'influsso di trasformazioni socioeconomiche (10 %);
- i potenziali conflitti d'interesse o sinergie (10 %);
- la capacità di adattamento del sistema interessato (10 %).

Irreversibilità di un potenziale danno: il criterio dell'irreversibilità di un potenziale danno è rilevante solo per i rischi. Sono state definite tre possibilità: in caso di evento, il danno può essere interamente eliminato (reversibile) / parzialmente eliminato / non eliminato (irreversibile).

Possibile pregiudizio a infrastrutture critiche: anche questo criterio ha senso solo per i rischi. Si è operata una distinzione tra nessun danno / danni isolati / danni gravi attesi per le infrastrutture critiche in caso di

evento. La valutazione del rischio in base a questi primi due criteri è stata svolta dagli autori dei casi di studio e dall'UFAM.

Influsso di trasformazioni socioeconomiche: questo criterio, che è rilevante per tutti i rischi e tutte le opportunità, è stato suddiviso in cinque livelli. Gli sviluppi socioeconomici possono aumentare o ridurre un rischio o un'opportunità di oltre un ordine di grandezza / meno di un ordine di grandezza oppure non lo influenzano. Questa stima si è basata sui risultati dei casi di studio, perché le loro analisi hanno tenuto conto separatamente degli sviluppi socioeconomici, per esempio attraverso gli scenari demografici.

Potenziati conflitti d'interesse o sinergie: anche questo criterio è rilevante per i rischi come per le opportunità ed è articolato su cinque livelli. Tenendo conto dei rischi e delle opportunità nonché di eventuali misure di adattamento, gli autori dei casi di studio e l'UFAM hanno suddiviso la valutazione dei conflitti d'interesse e delle sinergie nelle seguenti categorie:

- nuovi conflitti d'interesse e inasprimento dei conflitti esistenti;
- inasprimento dei conflitti d'interesse esistenti, ma nessun nuovo conflitto d'interesse;
- nessun inasprimento di rilievo dei conflitti d'interesse esistenti;
- attenuazione dei conflitti d'interesse esistenti o nuove sinergie;
- netta attenuazione dei conflitti d'interesse esistenti o nuove sinergie sostanziali.

Capacità di adattamento del sistema interessato: la capacità di adattamento è stata valutata in base a sei fattori. La base per questa stima è rappresentata da un lavoro di ricerca indipendente condotto su mandato dell'UFAM (Jörin et al. 2016). Lo studio ha esaminato se esistono eventuali ostacoli all'adattamento ai cambiamenti climatici sui seguenti piani: conoscenze, motivazione, struttura giuridica, tecnologia, finanze e struttura istituzionale. Gli esperti hanno valutato i fattori su una scala a cinque livelli. Per la valutazione dei rischi nell'ambito della sintesi i livelli sono stati raggruppati in modo da ottenere una scala a tre livelli (basso / medio / alto).

La valutazione di ogni rischio e opportunità in base a questi criteri supplementari è stata effettuata in modo uniforme per tutta la Svizzera e quindi anche per ogni grande area. Le valutazioni dei rischi e delle opportunità derivanti dai cambiamenti e dagli altri criteri sono state aggregate. La conseguente classificazione in rischi e opportunità prioritari o non prioritari è avvenuta secondo un valore soglia predefinito. Il risultato, l'elenco dei rischi prioritari, è stato plausibilizzato e controllato da esponenti del mondo scientifico e dell'amministrazione. Questo esame ha condotto ad alcune modifiche puntuali nella prioritizzazione (indipendentemente dal fatto che il risultato fosse superiore o inferiore al valore soglia). Su un elenco esauriente di circa 50 rischi e opportunità legati ai cambiamenti climatici sono stati così individuati 29 rischi e opportunità prioritari per la Svizzera.

Per la valutazione e la prioritizzazione dei rischi e delle opportunità derivanti dai cambiamenti climatici e dagli altri criteri è stata scelta una procedura uniforme, sistematica e schematica. Le valutazioni e le prioritizzazioni sono state verificate e analizzate da numerosi esperti e ne sono scaturiti ulteriori adeguamenti. Di conseguenza il risultato non coincide più in tutti i punti con la suddetta procedura uniforme, ma fornisce un quadro coerente e consolidato della matrice dei rischi della Svizzera.

A2.4 Coinvolgimento di esperti

Come indicato ai capitoli precedenti, le diverse fasi del processo di preparazione, analisi e sintesi hanno visto un ampio coinvolgimento di esperti. Questo è uno dei punti forti dell'analisi dei rischi.

All'elaborazione dei casi di studio (compreso il processo di estrapolazione dei risultati per le grandi aree) hanno contribuito esperti delle amministrazioni cantonali, ma anche degli ambienti scientifici e di uffici privati, che hanno partecipato a workshop e sono stati consultati su questioni tecniche specifiche. Nella verifica dei rapporti finali sono stati coinvolti specialisti dei Cantoni e della Confederazione nonché alcuni esponenti del mondo scientifico.

Anche alla sintesi hanno partecipato numerosi esperti:

- in un workshop con gli autori dei casi di studio è stata verificata la plausibilità della valutazione dei rischi e

delle opportunità a livello di grandi aree per consentire un paragone tra queste ultime;

- attraverso interviste telefoniche con esperti della Confederazione, dei Cantoni e delle assicurazioni è stata verificata da un lato la completezza dell'elenco dei rischi e delle opportunità e dall'altro la loro valutazione (soprattutto dopo le modifiche apportate durante il workshop);
- diversi esponenti del mondo scientifico hanno dato un riscontro scritto sulla completezza dell'elenco dei rischi e delle opportunità, la loro valutazione e la prioritizzazione;
- esperti della Confederazione e due uffici privati hanno preso posizione sul presente rapporto;
- durante l'elaborazione della sintesi sono stati consultati diversi esperti della Confederazione, di ProClim e di ambienti scientifici su questioni specifiche, nonché su singole valutazioni e prioritizzazioni di rischi e opportunità.

Nello sviluppo della metodologia, nei casi di studio e nella sintesi sono confluite le conoscenze di circa 360 esperti, mentre 75 persone hanno contribuito alla stesura del presente rapporto. Quasi 290 altri specialisti sono stati coinvolti nell'elaborazione degli otto casi di studio e della metodologia. Dei 360 esperti, circa 200 provenivano dagli enti pubblici (Confederazione, Cantoni e Comuni), circa 50 dal mondo scientifico e circa 110 da associazioni, imprese e uffici di consulenza e di ingegneria. Tutti gli esperti coinvolti sono elencati nell'allegato A.3.

A2.5 Limiti della metodologia utilizzata e significatività dei risultati

Le previsioni sull'evoluzione di sistemi complessi su un lungo arco di tempo sono inevitabilmente accompagnate da incertezze (cfr. cap. 15).

A causa della parziale mancanza di basi di dati o di insufficienti conoscenze dei processi, i casi di studio hanno dovuto affidarsi a ipotesi semplificative, avvalorate da esperti. Anche le notevoli differenze, in termini di dimensioni e omogeneità, tra le regioni oggetto dei casi di studio possono influenzare la solidità dei risultati. Più piccolo era il territorio di un caso di studio, più elevata era la probabilità che la valutazione fosse influenzata da stime e dati specifici locali. Le ipotesi, imprecisioni, in-

certezze e stime sono evidenziate in modo trasparente nei rapporti sui casi di studio, in modo da essere prese in considerazione nell'interpretazione dei risultati (anche per la sintesi) ed eventualmente adeguate all'emergere di nuove conoscenze.

L'obiettivo dell'analisi dei rischi è di determinare i rischi e le opportunità legati ai cambiamenti climatici. Per questo motivo le condizioni odierne sono state paragonate a quelle intorno al 2060 in uno scenario di «Forti cambiamenti climatici» a parità di condizioni socioeconomiche e senza misure di adattamento. L'evoluzione socioeconomica (uno dei criteri supplementari, cfr. allegato A2.3) è stata presa in considerazione separatamente. Poiché può esacerbare o mitigare notevolmente un rischio o un'opportunità, questo elemento deve essere incluso nella pianificazione delle misure di adattamento.

L'analisi dei rischi non mirava a paragonare l'influsso delle trasformazioni socioeconomiche e quello dei cambiamenti climatici. Per poter giudicare l'attuale fabbisogno di adattamento, sono state tralasciate le misure di adattamento, anche quelle di facile attuazione. Sono stati considerati solo alcuni adattamenti «autonomi», per esempio una maggiore irrigazione con gli impianti esistenti.

Per l'analisi dei rischi non sono state svolte nuove proiezioni, simulazioni speciali o studi d'impatto. I casi di studio e la sintesi forniscono risultati desunti dalle conoscenze attuali della letteratura scientifica, dai dati disponibili e dalle stime degli esperti.

Il principale risultato dell'analisi dei rischi consiste nell'individuazione dei rischi e delle opportunità legati ai cambiamenti climatici intorno al 2060. L'impatto dei cambiamenti climatici può raggiungere però dimensioni tali da richiedere un intervento in periodi di tempo molto diversi. La distribuzione dei rischi e delle opportunità dipende pertanto fortemente dal periodo analizzato, un elemento che deve essere preso in considerazione nell'interpretazione dei risultati.

I casi di studio e la sintesi consentono di paragonare i rischi e le opportunità per definire le priorità di adattamento. A questo scopo è sufficiente un'osservazione relativamente approssimativa dei rischi e delle opportunità.

Il presente rapporto si concentra sulla valutazione e sulla prioritizzazione dei rischi e delle opportunità, facendo slittare in secondo piano il fabbisogno di intervento ed eventuali misure. Per la valutazione o la pianificazione delle misure (p. es. nel contesto della gestione di una situazione concreta di pericolo naturale) occorrono chiarimenti più dettagliati, che tengano conto delle condizioni locali.

A3 Indici

A3.1 Esperti

I seguenti esperti hanno contribuito all'analisi dei rischi con le loro conoscenze e valutazioni. Gli autori li ringraziano sentitamente del loro impegno.

Esperti che hanno contribuito alla presente sintesi (e in parte ai casi di studio):

Aschwanden Hugo (UFAM), Bachmann Andreas (UFAM), Bernasconi Angelo (IFEC ingegneria SA), Bezzola Gian Reto (UFAM), Billeter Regula (ZHAW), Binz Andreas (Canton Friburgo), Brang Peter (WSL), Bresch David (SwissRe), Bugmann Harald (WSL), Burkhardt Andrea (UFAM), Butterling Melanie (ARE), Croci-Maspoli Mischa (MeteoSvizzera), Eberli Josef (UFAM), Eichenberger Nicolas (Canton Giura), Felder Daniel (UFAG), Filliger Paul (UFAM), Fischer Andreas (MeteoSvizzera), Füssler Jürg (INFRAS), Gehrig Regula (MeteoSvizzera), Girard Céline (CSD), Gutzwiller Lukas (UFE), Haeberli Wilfried (Università Zürich), Hama Michiko (MeteoSvizzera), Hauser Ruth (UFV), Hofmann Christine (UFAM), Hohmann Roland (UFAM), Holtausen Niels (EBP), Huggel Christian (Università Zürich), Kläy Matthias (UFAM), Kleppek Sabine (UFAM), Kotlarski Sven (MeteoSvizzera), Küchler Meinrad (WSL), Küchli Christian (UFAM), Kull Christoph (OcCC), Lattion Mireille (SECO), Lehmann Therese (Università Bern), Locher Peter (EBP), Losey Stéphane (UFAM), Mani Peter (Geo7), Manser Rolf (UFAM), Martin David (SOFIES), Mini Luca (Egli Engineering AG), Müller Lea (SwissRe), Müller Stephan (UFAM), Neu Urs (ProClim), Nötzli Jeannette (SLF), Piguet Etienne (Université de Neuchâtel), Plüss Therese (UFAM), Probst Thomas (UFAM), Reinhard Michael (UFAM), Rössli Martin (Swiss TPH), Rössler Ole (Università Bern), Romang Hans (UFAM), Salzmann Nadine (Université de Fribourg), Sandri Arthur (UFAM), Scapozza Carlo (UFAM), Schäppi Bettina (INFRAS),

Schärpf Carolin (UFAM), Scherrer Simon (MeteoSvizzera), Schlumpf Christoph (SECO), Schmocker-Fackel Petra (UFAM), Schwierz Cornelia (MeteoSvizzera), Stähli Ruedi (UFAM), Stöckli Reto (MeteoSvizzera), Stöckli Sibylle (IRAB), Stöckli Veronica (Bergwelten 21 AG), Stockmann Reto (Assicurazione fabbricati dei Grigioni), Tschanz Karl (Canton Zurigo), Urbinello Damiano (USFP), Voehringer Frank (EPFL), Walther Gian-Reto (UFAM), Werner Christoph (UFPP), Zahner Samuel (UFAM), Zoller Martina (UFAM), Zubler Elias (MeteoSvizzera).

Esperti che hanno contribuito ai casi di studio e/o allo sviluppo della metodologia:

Abbet Pascal (Services industriels de Genève), Abderhalden Michele (Canton Ticino), Abt Marianne (SECO), Aemissegger Silvan (Canton Basilea Città), Aeschlimann David (Canton Friburgo), Ambrosi Christian (SUPSI), Ammann Walter (GRF Davos), Ammann Markus (UFT), Amrein Dominik (Canton Basilea Città), Andres Norina (WSL), Annen Beat (Canton Uri), Antonucci Alessandro (SUPSI), Arnold Adi (ARE), Aubert Marie-Sophie (Canton Ginevra), Aubron Daniel (Inddigo), Azzimonti Laura (SUPSI), Bader Stefan (MeteoSvizzera), Bader Simone (UFPP), Baggi Stefano (IFEC ingegneria SA), Bal Bernard (Asters, Conservatoire d'espaces naturels de Haute-Savoie), Baltzer Philippe (Canton Argovia), Barben Martin (UFAM), Barelli Ean (FFS), Barras Charles (Ticino Turismo), Barudoni Nicola (Ticino Sentieri), Bassi Giorgio (Canton Ticino), Baumer Andrea (Ofima), Beck Rémy (Canton Ginevra), Berlocher Florentin (Canton Ginevra), Bernasconi Matteo (Canton Ticino), Besomio Lorenzo (Canton Ticino), Betschart Mario (INFRAS), Beuret Bernard (Fondation Rurale Interjurassienne), Beurret Bruno (Canton Ginevra), Bigatto Marco (AIL), Blaser Lilian (EBP), Blumer Peter (Assicurazione fabbricati del Canton Basilea Città), Bondolfi Anahide (SOFIES), Bonetti Pius (Andermatt), Bongard Nicolas (Canton Ginevra), Boschung Serge (Canton Friburgo), Bouvier Léo (Canton Ginevra), Bouvier-Gallacchi Martine (Canton Ticino), Bozzolo Dario (IFEC ingegneria SA), Braun-Fahrländer Charlotte (Swiss TPH / Università Basel), Brelot Elodie (Groupe Rhône-Alpes sur les infrastructures de l'eau), Broggin Michele (AIL), Brulfert Guillaume (Air Rhône-Alpes), Brühlhart Pierre (Cantone del Giura), Bründl Michael (SLF), Brunner Peter (ASA), Brunot Gilles (Météo France), Bühler Ueli (Canton Grigioni), Cadlolo Timo (Ticino Turismo), Caflisch Michael (Canton

Grigioni), Calonder Beat (Canton Grigioni), Carattini Ivano (Canton Ticino), Carrière Florent (Hélianthe), Carvajal Maria Inés (Canton Argovia), Cattaneo Carlo (AIL), Caviezze Mevina (FFS), Ceschi Pier Angelo (SES), Chaix Christophe (Mission Développement Prospective), Chanel Michel (Syndicat Intercommunal d'énergie et de e-communication de l'Ain), Charpié-Pruvost Marion (Association Régionale de Coopération du Genevois), Charvet Elodie (Communauté de Communes du Genevois), Cheda Francesca (Canton Friburgo), Christin Hubert (Haute-Savoie), Christinet Nadia (Canton Vaud), Ciani Andrea (IFEC ingegneria SA), Combe Guillaume (Conseil général de la Haute-Savoie), Conedera Marco (WSL), Cornaglia Laurent (Maneco), Crinari Christian (Canton Ticino), Daniel Erdin (Unione svizzera dei contadini), Darazs Olga (CSD), David Roland (Canton Ticino), de Haan van der Weg Peter (EBP), De Siebenthal Yves (Services industriels de Genève), Degiorgi Paolo (UFAG), Delabays Nicolas (Canton Ginevra), Dematte Simona (Polizia cantonale BS), Deneuille Antoine (Haute-Savoie), Destinobles Réginald (Canton Ginevra), Diallo Thierno (Université de Genève), Dietrich Eric (la Mobiliare), Domeniconi Raffaele (SSIGA/VSA), Duplan Sylvie (Syndicat mixte d'aménagement de l'Arve et de ses abords), Egli Thomas (Egli Engineering AG), Egloff Urs (Canton Argovia), Eichenberger Nicolas (Cantone del Giura), Ernst Philipp (Canton Uri), Eschmann Patrice (Cantone del Giura), Eyer Willy (Canton Friburgo), Faessler Jérôme (Université de Genève), Fähndrich David (EDJ), Fauvain Hervé (Canton Ginevra), Fauvin Hervé (ARC Syndicat mixte), Fehr Remo (Canton Grigioni), Feitknecht Adriano (Masseria Ramello), Feitknecht Ulrico (Federazione ticinese produttori di latte), Feltscher Markus (Fondazione di previdenza degli istituti cantonali di assicurazione immobiliare), Fernex Jeanne (CSD), Fernex Jean (Cantone del Giura), Ferrari Loris (Canton Ticino), Ferreti Sylvain (Canton Ginevra), Fischli Michael (IFEC ingegneria SA), Flück Andreas (Canton Basilea Città), Flury Stefan (Canton Uri), Forni Diego (Canton Ticino), Fournier Rémi (Office national des forêts France), Fouvry Patrick (Canton Ginevra), Frei Christoph (MeteoSvizzera), Freiburghaus Matthias (SSIGA), Fuhrer Jürg (Agroscope), Furger Beat (Canton Uri), Gaia Marco (MeteoSvizzera), Gambin Nolvann (Cantone del Giura), Gasser Hans (Canton Grigioni), Gattoni Milko (ESI), Genini Sem (Unione Contadina ticinese), Gerber Jacques (Cantone del Giura), Gerber Basil (UFAM), Gerber-Schori Yolande (Canton Fri-

burgo), Gertsch Eva (UFAM), Ghidossi Patrizio (Ufficio coordinamento CMSC Ticino), Giochen Bearth (Canton Grigioni), Girandier Bruno (Communauté de Communes du Pays de Gex), Giulliani Silvano (Unione svizzera dei contadini), Goldstein Beat (UFE), Graf Andrea (SUPSI), Greminger Peter (UFAM), Grossniklaus Simon (Canton Argovia), Grütter Marco (Fondo svizzero per danni causati dalla natura), Guidi Valeria (LMA, SUPSI), Hannes Jenny (Canton Grigioni), Hofmann Martin (Canton Basilea Città), Hofstetter Marold (Ofima), Hohl Markus (UFPP), Hussenot Vincent (Prioriterre Haute-Savoie), Infanger Remo (CKW), Jäger Sascha (Kraftwerk Birsfelden), Jann Marcel (Canton Uri), Jermini Mauro (Agroscope), Joerin Christophe (Canton Friburgo), Kern Theo (Aargauischer Waldwirtschaftsverband), Knechtle Philippe (Canton Friburgo), Kohli Dominique (UFAG), Kolb Daniel (Canton Argovia), Kräuchi Norbert (Canton Argovia), Kunz Pierre (Canton Ginevra), Kuszli Charles-Antoine (Université de Genève), Lachat Jean-Paul (Cantone del Giura), Lanfranchi Marco (Canton Grigioni), Lavallez Catherine (Université de Lausanne), Lehmann David (CSD), Leuthard Werner (Canton Argovia), Leuthold Rudolf (Canton Grigioni), Lienert Christophe (Canton Argovia), Linder Basso Daniela (Canton Ticino), Liniger Mark (MeteoSvizzera), Linsbauer Andreas (GIUZ), Lötscher Hanspeter (Canton Grigioni), Lötscher Andrea (Canton Grigioni), Luminet Anne (Rhônaplénergie-Environnement), Lusti Hausrueli (Assicurazione grandine), Luzi Valentin (Canton Grigioni), Marniello Giampaolo (AIL), Margreth Stefan (SLF), Mariéthoz Tristan (Canton Vaud), Mariniello Mario (Cantone del Giura), Martignoni Agnese (IFEC ingegneria SA), Mathys Christian (Canton Basilea Città), Meier Rolf (Canton Argovia), Meier Thomas (Hardwasser AG), Mollier Sandra (Canton Ginevra), Monico Cristina (Azienda Moncuccetto), Monin Grégoire (CSD), Monn Guido (Matterhorn Gottihad Bahn), Moradpour Eloise (CSD), Morier Alain (Canton Argovia), Moser Mirco (Canton Ticino), Moser Hans-Ruedi (Canton Basilea Città e Basilea Campagna), Müller René (Canton Argovia), Müller Matthias (Canton Argovia), Murbach Franz (UST), Murri Marcel (Canton Argovia), Neher Robert (Canton Basilea Città), Niffeler Urs (Gesundheitsversorgung AG), Notari Nicola (IFEC ingegneria SA), Overney Olivier (UFAM), Parlow Eberhard (Universität Basel), Pasquini François (Canton Ginevra), Passardi Michele (Consavis SA), Patocchi Nicola (Fondazione Bolle di Magadino), Paupe Monique (ECA Jura), Pe-

drazzini Roberto (FFS), Perch-Nielsen Sabine (EBP), Peyer Marco (Canton Argovia), Pfändler Sascha (IWB), Pitozzi Sandro (Canton Ticino), Pourraz Cécile (Syndicat des énergies et de l'aménagement numérique de Haute-Savoie), Pozzoni Maurizio (SUPSI), Prina Alexandre (Canton Ginevra), Pronini Roberto (AET), Püntener Richard (Canton Uri), Pütz Marco (WSL), Quartenghi Stefano (CDV), Rampazzi Filippo (Museo cantonale di storia naturale), Randlett Marie-Eve (CSD), Re Lorenza (Canton Ticino), Realini Giovanni (FFS), Reisner Yvonne (Canton Basilea Città), Renaud Ewa (HEPIA), Rezzonico Francesco (Canton Ticino), Riesen Fabian (AFF), Rivola Christian (RIBO architecture), Rivollet Marion (Syndicat mixte d'aménagement de l'Arve et de ses abords), Rochefort Sophie (HEPIA), Rossini Corrado (AET), Rötheli Patrick (Canton Argovia), Rummer Erik (IWB), Ruprecht-Martignoli Silvia (UFAM), Saha Dieter (Porti Renani Svizzeri), Salvetti Andrea (Canton Ticino), Samson Eléonore (Conseil général de l'Ain), Scapozza Cristian (SUPSI), Scarselli Miriva (Canton Basilea Città), Scerpella Fiorenzo (AET), Schädler Bruno (Universität Bern), Schaeffer Mireille (Centre Régional de la Propriété Forestière de Rhône-Alpes), Schaltegger Ernst (InnovaBridge Foundation), Schär Christoph (ETHZ), Schaub Daniel (Canton Argovia), Schaub Yvonne (GIUZ), Schmid David (Canton Grigioni), Schönenberger Nicola (InnovaBridge Foundation), Schreiber Guido (Canton Uri), Schwager Franziska (Canton Basilea Città), Soldini Camilla (Canton Ticino), Sommer Markus (Canton Basilea Città), Spycher Boris (Canton Grigioni), Stadler Andrea (Canton Grigioni), Stal Marc (GRF Davos), Stefanoto Sabine (Canton Ginevra), Steiner Thomas (Union fribourgeoise du tourisme), Studer Stéphane (CSD), Sturzenegger Daniel (Egli Engineering AG), Svoboda Paul (Canton Basilea Città), Szerb Peter (Rhônaplénnergie-Environnement), Tallon Léa (CSD), Tarelli Marco (Comune di Altdorf), Thadikkaran-Salomon Lynne (Canton Ginevra), Thali Urs (Ingenieurbüro Göschenen), Thomann Georg (Canton Grigioni), Togni Mauro (Canton Ticino), Tonolla Mauro (Laboratorio di microbiologia applicata), Tufan Ural (Gesundheitsdienst BS), Ulrich Alois (Canton Uri), Valsangiacomo Claudio (SUPSI), Vanomsen Pierre (Egli Engineering AG), Vares Sylvie (Association Régionale de Coopération du Genevois), Veronesi Mauro (Canton Ticino), Villard Hervé (Canton Ginevra), von Greyerz Salomé (USFP), Walker Alexander (Canton Uri), Walker Raimund (Canton Uri), Wehrli André

(DSC), Weibel Martin (Alpiq), Weingardt Frank (AGV), Weirich Nicolas (Chambre d'agriculture de Haute-Savoie), Wider Jérôme (UFAM), Wilhelm Christian (Canton Grigioni), Willi Christina (EBP), Wokaun Alexander (Paul-Scherrer-Institut), Wüthrich Christian (Canton Uri), Wüthrich Martin (ASA), Zaffalon Marco (SUPSI), Zappa Massimiliano (WSL), Zraggen Sonja (Canton Uri), Zimmermann Niklaus (WSL), Zinder Rémy (Canton Ginevra), Zufferey Vivian (Agroscope), Zwissig Josef (Comune di Seelisberg).

A3.2 Bibliografia

Casi di studio

CS1 (Caso di studio 1)

Holthausen N., Locher P., Blaser L., Pütz M., Bründl M. 2013: Risiken und Chancen des Klimawandels im Kanton Aargau. Ergebnisbericht. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Zollikon: 67 p.

CS2 (Caso di studio 2)

Füssler J., Betschart M., Schächli B., Egli T., Mini L. 2015: Analyse klimabedingter Risiken und Chancen in der Schweiz: Regionale Fallstudie Kanton Basel-Stadt. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Zurigo: 167 p.

CS3 (Caso di studio 3)

Locher P., Holthausen N., Wili C., Girard C., Tallon L., Darazs O., Lerch J. 2015: Risiken und Chancen des Klimawandels im Kanton Freiburg. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Zollikon: 193 p.

CS4 (Caso di studio 4)

Füssler J., Schächli B., Betschart M., Martin D., Bondolfi A., Aubron D., Mini L., Egli T. 2015: Analyse des risques et opportunités liés aux changements climatiques en Suisse. Etude de cas Canton Genève et Grand-Genève. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Ginevra: 225 p.

CS5 (Caso di studio 5)

Stöckli V., Ammann W. 2015: Klimawandel Graubünden. Analyse der Risiken und Chancen. Arbeitspapier 3 einer kantonalen Klimastrategie. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Coira: 142 p.

CS6 (Caso di studio 6)

Girard C., Monin G., Lehmann D., Moradpour É., Fernex J., Randlett M.-È., Studer S. 2016: Analyse des risques et opportunités liés aux changements climatiques en Suisse. Étude de cas du canton du Jura. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Porrentruy: 167 p.

CS7 (Caso di studio 7)

Bernasconi A., Bozzolo D., Baggi S., Ciani A., Martignoni A., Notari N., Fischli M., Stöckli V., Schönenberger N., Schaltegger E., Passardi M., Rivola C. 2016: Analisi dei rischi e delle opportunità legati ai cambiamenti climatici in Svizzera. Caso di studio del Canton Ticino. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Rivera 410 p.

CS8 (Caso di studio 8)

Füssler J., Betschart M., Schäppi B., Egli T., Vanomsen P., Sturzenegger D., Mini L. 2015: Klimabedingte Risiken und Chancen 2060. Regionale Fallstudie Kanton Uri. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Zürigo: 311 p.

Bibliografia complementare

Aargauer Zeitung 2015: Die Lage bleibt trotz Regen kritisch. Fischsterben wegen Trockenheit.

Internet: www.aargauerzeitung.ch/aargau/freiamt/fischsterben-wegen-trockenheit-die-lage-bleibt-kritisch-129455240. Consultato il 01.07.2016.

Abegg B. 2012: Natürliche und technische Schneesicherheit in einer wärmeren Zukunft. In: Forum für Wissen 2012 (Ed. WSL): p. 29 – 35.

Accademie svizzere delle scienze 2016^o: Coup de projecteur sur le climat suisse. Etat des lieux et perspectives. Swiss Academies Reports 11(5), Berna: 218 p.

Accademie svizzere delle scienze 2016b: Ozon und Sommersmog. Klimawandel gefährdet heutige Erfolge. Swiss Academies Factsheet 11 (5): 6 p.

Adelphi, PRC, EURAC 2015: Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Ed. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau: 688 p.

AEA (Agenzia europea dell'ambiente) 2017: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report, Copenhagen: 419 p.

AEA (Agenzia europea dell'ambiente) 2016: European forest ecosystems. State and trends, Copenhagen: 123 p.

AEA (Agenzia europea dell'ambiente) 2013: Aria e cambiamenti climatici. Il nostro clima sta cambiando, Copenhagen: 11 p.

AEA (Agenzia europea dell'ambiente) 2012a: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. An indicator-based report, Copenhagen: 300 p.

AEA (Agenzia europea dell'ambiente) 2012b: Urban adaptation to climate change in Europe. Challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies, Copenhagen: 143 p.

Agroscope 2014: Die Kirschessigfliege im Beeren-, Obst- und Weinbau. Faktenblatt: 2 p.

AGV (Aargauische Gebäudeversicherung) 2011: Geschäftsbericht. Aarau: 91 p.

Allarme-Meteo 2016: Neve. Internet: <https://allarmemeteo.ch/allarme-consigli/neve/>. Consultato il 15.06.2017.

Amigues J.P., Debaeke P., Itier B., Lemaire G., Seguin B., Tardieu F., Thomas A. 2006: Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport INRA, Francia: 72 p.

Anderson H.R., Derwent D., Stedman J., Hayman G. 2008: The Health Impact of Climate Change due to Changes in Air Pollution. In: Health Effects of Climate Change in the UK. An Update of the Department of Health Report 2001/2002. Department of Health / Health Protection Agency, London: p. 91 – 105.

ASEA (Associazione svizzera di economia delle acque) 2007: Auswirkungen der Klimaänderung auf den Hochwasserschutz in der Schweiz. In: Acqua energia aria, 99. Jahrgang 2007, Baden: p. 55 – 60.

- Atlante idrologico della Svizzera 2015: Internet: hydrologischeratlas.ch/it. Consultato il 31.10.2016.
- Badoux A., Andres N., Techel F., Hegg C. 2016: Natural hazard fatalities in Switzerland from 1946 to 2015. In: *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 16: p. 2747 – 2768.
- Ballester J., Rodó X., Robine J.-M., Richard Herrmann F. 2016: European seasonal mortality and influenza incidence due to winter temperature variability. In: *Nature Climate Change*, Volume 6: p. 927 – 930.
- Ban N., Schmidli J., Schär C. 2015: Heavy precipitation in a changing climate: does short-term summer precipitation increase faster? In: *Geophysical Research Letters* 42: p. 1 – 8.
- Bauder A., Funk M., Huss M. 2007: Ice-volume changes of selected glaciers in the Swiss Alps since the end of the 19th century. In: *Ann. Glaciol.* 46: p. 145 – 149.
- Beniston M. 2012: Impacts of climatic change on water and associated economic activities in the Swiss Alps. In: *Journal of Hydrology* 412/413: p. 291 – 296.
- Bergamin F. 2011: Kontroverse um das Artensterben. Wissenschaftler bezeichnen Voraussagen von Aussterberatern als zu hoch. In: *NZZ Online*.
Internet: www.nzz.ch/kontroverse_um_das_artensterben-1.10693163. Consultato il 14.06.2017.
- Bircher N., Cailleret M., Huber M., Bugmann H. 2015: Empfindlichkeit typischer Schweizer Waldbestände auf den Klimawandel. In: *Rivista forestale svizzera* 6 / 2015, Zurigo: p. 408 – 419.
- Björnsen Gurung A., Stähli M. 2014: Ressources en eau de la Suisse . Ressources disponibles et utilisation – aujourd'hui et demain. Synthèse thématique 1 dans le cadre du Programme national de recherche PNR 61 «Gestion durable de l'eau», Berna: 69 p.
- Blanc P., Schädler B. 2013: L'acqua in Svizzera – una panoramica. Commissione svizzera d'idrologia, Berna: 28 p.
- Bresch D. 2016: Wie uns der Klimawandel (in)direkt betrifft. *Zukunftsblog ETH Zürich*. Pubblicato il 28.10.2016.
Internet: www.ethz.ch/content/main/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2016/10/wie-uns-der-klimawandel-indirekt-betrifft.html. Consultato il 26.05.2017.
- Brunner C.U., Steinemann U., Nipkow J. 2008: Costruire in vista del surriscaldamento climatico. Raccomandazioni per costruire in modo sostenibile 2008/2. Ed. Conferenza di coordinamento degli organi della costruzione e degli immobili dei committenti pubblici (KBOB), Amt für Wasser, Abfall, Energie und Luft (AWEL) Kanton Zürich, Umwelt und Gesundheitsschutz (UGZ) Stadt Zürich: 8 p.
- Buser C. 2007: Wild Cards und Raumplanung. *swissfuture Schweizerische Vereinigung für Zukunftsforschung*, 02/07: p. 20 – 23.
- Bux K. 2006: Klima am Arbeitsplatz – Stand arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse. Bedarfsanalyse für weitere Forschungen. Ed. Bundesamt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Dortmund/Berlino/Dresda: 33 p.
- Canton du Valais 2009: Concept cantonal contre les incendies de forêts, Sion: 45 p.
- Canton Berna 2015: Klimawandel und Naturgefahren. Veränderungen im Hochgebirge des Berner Oberlandes und ihre Folgen. Ed. Groupe de travail Dangers naturels du canton de Berne, Interlaken: 35 p.
- Canton Ginevra 2016: Bilan de la qualité de l'eau de l'année 2015: un optimisme mesuré.
Internet: <http://ge.ch/air/actualites/bilan-de-la-qualite-de-lair-de-lannee-2015-un-optimisme-mesure>. Consultato il 13.12.2016.
- Canton Ginevra 2015: Pic d'ozone en Suisse romande: demain, et pour la première fois, les transports publics de la région genevoise à tarif réduit.
Internet: <http://ge.ch/air/actualites/pic-dozone-en-suisse-romande-demain-et-pour-la-premiere-fois-les-transports-publics-de-la-region>. Consultato il 13.12.2016.

- Centro Allergie Svizzera 2016: Previsione dei pollini. Internet: www.pollenundallergie.ch/info-sui-pollini-e-allergie/informazione-sui-pollini/previsione-dei-pollini/?oid=1828&lang=it. Consultato il 21.11.2016.
- Cerutti B., Tereanu C., Domenighetti G., Gaia M., Bolgiani I., Lazzaro M., Cassis I. 2004: Canicola, mortalità e interventi di pronto soccorso durante l'estate 2003 in Ticino. In: Tribuna medica ticinese, Mezzovico: p. 363 – 367.
- CFIAR (Commissione federale d'igiene dell'aria) 2004: Sommersmog, Berna: 24 p.
- CH2011 2011: Swiss Climate Change Scenarios CH2011. Pubblicato da C2SM, MeteoSvizzera, ETH Zurigo, NCCR Climate & OcCC, Zurigo: 88 p.
- CH2014-Impacts 2014: Toward Quantitative Scenarios of Climate Change Impacts in Switzerland, pubblicato dalle OCCR, UFAM, MeteoSvizzera, C2SM, Agroscope & ProClim, Berna: 136 p.
- Chaix O., Whese H., Gander Y., Zahner S. 2016: Identifier les régions où des actions s'imposent en cas de sécheresse. Gérer les pénuries locales d'eau en Suisse. Rapport d'experts. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Berna: 165 p.
- Chmielewski F.-M. 2007: Folgen des Klimawandels für Land- und Forstwirtschaft. In: Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke und Ausblicke, Berlino: p. 75 – 85.
- Commissione europea 2011: Les sols, la face cachée du cycle climatique, Lussemburgo: 20 p.
- Conedera M., Cesti G., Pezzatti G.B., Zumbrunnen T., Spinetti F. 2006: Lightning-induced fire in the Alpine region. An increasing problem. Ed. Viegas, D.X., V International Conference on Forest Fire Research, Figueira da Foz, Portugal: 9 p.
- Conedera M., Pezzatti G.B. 2005: Gli incendi di bosco. Cosa ci dice la statistica. In: Dati statistiche e società 1-2005, Lugano: p. 6 – 13.
- Confederazione Svizzera 2016: Gestion des dangers naturels en Suisse. Rapporto del Consiglio federale in adempimento del postulato 12.4271 Darbellay del 14.12.2012, Berna: 125 p.
- Confederazione Svizzera 2015: Ambiente Svizzera 2015. Rapporto del Consiglio federale. Ed. Consiglio federale svizzero, Berna: 140 p.
- Confederazione Svizzera 2012: Strategia Biodiversità Svizzera. In esecuzione del provvedimento (sez. 5, art. 14, obiettivo 13) del programma di legislatura 2007 – 2011. Elaborazione di una strategia per salvaguardare e promuovere la biodiversità, Berna: 88 p.
- CS1 – CS8 (Caso di studio 1 – Caso di studio 8): cfr. elenco completo delle fonti all'inizio della bibliografia
- CSFB (Commissione federale per la sicurezza biologica) 2013: Umgang mit Schadorganismen von Pflanzen in geschlossenen Systemen – Ein internationaler Vergleich, Berna: 78 p.
- DEFRA 2012a: Climate Change Risk Assessment for the Business, Industry and Services Sector: 182 p. Internet: <http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=CCRAfortheBusiness,IndustryandServicesSector.pdf>. Consultato il 30.05.2017.
- DEFRA 2012b: Climate Change Risk Assessment. Built Environment. Summary Report: 4 p. Internet: <http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=CCRASummaryBuiltEnvironment.pdf>. Consultato il 30.05.2017.
- DEFRA 2012c: Climate Change Risk Assessment for the Health Sector: 240 p. Internet: <http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=CCRAfortheHealthSector.pdf>. Consultato il 30.05.2017.
- Dousset B., Gourmelon F., Laaidi K., Zeghnoun A., Giraudet E., Bretin P., Mauri E., Vandentorren S. 2011: Satellite monitoring of summer heat waves in the Paris metropolitan area. In: International Journal of Climatology, 31(2): p. 313 – 323.

- Dübendorfer C., Tratschin R., Urfer D., Zahner S., Zysset A. 2016: Gestion des ressources en eau dans les situations exceptionnelles. Gérer les pénuries locales d'eau en Suisse. Rapport d'experts du 7 décembre 2015. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Zollikon/ Porrentruy: 106 p.
- Dübendorfer C., Moser D., Kempter T., Egloff L., Müller V., Wanner P., Kirchhofer A., Baumann P. 2011: Rapport d'experts en vue d'un module Température pour le système modulaire gradué. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Zollikon: 83 p.
- Eawag 2016: L'histoire des blooms cyanobactériens retracée sur 200 ans.
Internet: www.eawag.ch/fr/news-agenda/actualites/detail/news/blauualgenblueten-der-vergangenen-200-jahre-rekonstruiert/?tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=db4568bfceec5b54546279a6a749cd67. Consultato il 26.06.2017.
- ECDC (European Centre for Disease Prevention and Control) 2012: The climatic suitability for dengue transmission in continental Europe. Technical report, Stoccolma: 22 p.
- Eis D., Helm D., Laußmann D., Stark K. 2010: Klimawandel und Gesundheit. Ein Sachstandsbericht. Ed. Robert Koch Institut, Berlino: 246 p.
- Faust A.-K., Gonseth C., Vielle M. 2011: Modélisation de l'adaptation aux changements climatiques dans un modèle économique intégré. Rapport final. Groupe de Recherche en Economie et Management de l'Environnement. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente, Lausanne: 158 p.
- Filippini M., Geissmann T. 2014: Kostenstruktur und Kosteneffizienz der Schweizer Wasserkraft. Su mandato dell'Ufficio federale dell'energia (UFE), Zurigo: 84 p.
- Fischer K., Dierks A., Franke K., Geister T.L., Liszka M., Winter S., Pflicke C. 2010: Environmental Effects on Temperature Stress Resistance in the Tropical Butterfly *Bicyclus Anynana*. In: PLoS ONE, Volume 5, Issue 12: e15284.
- Fondation de prévention des établissements cantonaux d'assurance 2007: Elementarschutzregister Hagel. Untersuchungen zur Hagelgefahr und zum Widerstand der Gebäudehülle. Synthesebericht, Berna: 35 p.
- Forster B., Castellazzi T., Colombi L., Fürst E., Marazzi C., Meier F., Tettamanti G., Moretti G. 2009: Die Edelkastaniengallwespe *Dryocosmus kuriphilus* (Yasumatsu) (Hymenoptera, Cynipidae) tritt erstmals in der Südschweiz auf. In: Bollettino della società entomologica svizzera, Volume 82: p. 271 – 279.
- Forum Biodiversità Svizzera 2013: Biodiversité alpine. In: Hotspot. Dialogue entre recherche et pratique. Informations du Forum Biodiversité Suisse 27, Berna: 28 p.
- Freier B., Triltsch H. 1996: Climate chamber experiments and computer simulations on the influence of increasing temperature on wheat-aphid-predator interactions. In: Aspects Appl Biol 45: p. 293 – 298.
- FS (Funivie Svizzere) 2015a: Faits & chiffres de la branche des remontées mécaniques suisses. Edition 2015, Berna: 34 p.
- FS (Funivie Svizzere) 2015b: Bilan de la saison 2014/15. Développements, conclusions et prévisions, Berna: 31 p.
- FS (Funivie Svizzere) 2012: Faits & chiffres de la branche des remontées mécaniques suisses. Edition 2012, Berna: 36 p.
- Fuhrer J., Calanca P. 2012: Il cambiamento climatico incide sul benessere delle vacche da latte. In: Agrarforschung Schweiz 3(3), Zurigo: p. 132 – 139.
- Fuhrer J. 2010: Estimation des besoins en irrigation pour l'agriculture suisse. Rapport final, 8 mars 2010. Su mandato dell'Ufficio federale dell'agricoltura (UFAG) e dei Cantoni di BE, LU, FR, AG, VD, VS, GE e ZH, Reckenholz-Tänikon: 26 p.
- Fuhrer J., Jasper K. 2009: Besoins en irrigation en Suisse. Rapport finale. Su mandato dell'Ufficio federale dell'agricoltura (UFAG) e dei Cantoni di BE, LU, FR, AG, VD, VS, GE e ZH, Reckenholz-Tänikon: 75 p.

- Füssler J., Betschart M., Egli T., Mini L. 2015: Klima, Gefahren und Effekte. Herleitungen für die Agglomeration-sfallstudien. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Zurigo: 76 p.
- Gasparrini A., Guo Y., Hashizume M., Lavigne E., Zanobetti A., Schwartz J., Tobias A., Tong S., Rocklöv J., Forsberg B., Leone M., De Sario M., Bell M.L., Leon Guo Y.-L., Wu C.-f., Kan H., Yi S.-M., de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho M., Hilario Nascimento Saldiva P., Honda Y., Kim H., Armstrong B. 2015: Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. In: *The Lancet*, Volume 386, No. 9991: p. 369 – 375.
- Genier Y. 2016: Stations de ski: celles qui s'en sortent, celles qui plongent. L'Hebdo dell'18.02.2016. Internet: www.hebdo.ch/hebdo/cadrages/detail/stations-de-ski-celles-qui-s%E2%80%99en-sortent-celles-qui-plongent. Consultato il 01.06.2016.
- Geo7 2012: Klimasensitivität Naturgefahren. Teil 2: Resultate. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Berna: 85 p.
- GIEC 2014: Changements climatiques 2014. Incidences, adaptation et vulnérabilité. Résumé à l'intention des décideurs. Contribution du Groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation du GIEC. Ed. C.B. Field et al. Organisation météorologique mondiale, Ginevra: 34 p.
- GIEC 2013: Changements climatiques 2013. Les éléments scientifiques. Résumé à l'intention des décideurs. Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du GIEC. Ed. T.F. Stocker et al. Cambridge University Press, Cambridge / New York: 29 p.
- Gillioz V. 2016: Tourisme de montagne. Des pistes pour s'adapter au changement climatique. In: *Montagna* 3/2016: p. 8 – 9.
- Giorgi F., Torma C., Coppola E., Ban N., Schär C., Somot S. 2016: Enhanced summer convective rainfall at Alpine high elevations in response to climate warming. In: *Nature Geoscience*, Vol. 9(8): p. 584 – 589.
- Gonseth C., Thalmann P., Vielle M. 2017: Impacts of global warming for energy use for heating and cooling with full rebound effects in Switzerland. In: *Swiss Journal of Economics and Statistics*. Elsevier 2017: 27 p.
- Grize L., Huss A., Thommen O., Schindler C., Braun-Fahrlander C. 2005: Heat wave 2003 and mortality in Switzerland. In: *Swiss Medical Weekly* 135(13 – 14): p. 200 – 205.
- Gruner U. 2008: Klimatische und meteorologische Einflüsse auf Sturzprozesse. In: *Proceed. Conf. Interprävent 2008*, 2: p. 147 – 158.
- Hajat S., Kovats R.S., Atkinson R.W., Haines A. 2002: Impact of hot temperatures on death in London. A time series approach. In: *Journal of Epidemiology and Community Health*, Vol. 56: p. 367 – 372.
- Hamaoui-Laguel L., Vautard R., Liu L., Solmon F., Viovy N., Khvorostyanov D., Essl F., Chuine I., Colette A., Semenov M.A., Schaffhauser A., Storkey J., Thibaudon M., Epstein M.M. 2015: Effects of climate change and seed dispersal on airborne ragweed pollen loads in Europe. In: *Nature Climate Change*, Vol. 5: p. 766 – 771.
- Hänggi P. 2011: Auswirkungen der hydroklimatischen Variabilität auf die Wasserkraftnutzung in der Schweiz. Inauguraldissertation der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern. Geographisches Institut der Universität Bern: 231 p.
- Hegg C., Jeisy M., Waldner P. 2004: Wald und Trinkwasser. Eine Literaturstudie. Ed. Istituto federale di ricerca WSL, Birmensdorf: 60 p.
- Hilker N., Badoux A., Hegg C. 2009: The Swiss flood and landslide damage database 1972 – 2007. In: *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9: p. 913 – 925.
- Holthausen N., Locher P., Blaser L., Perch-Nielsen S., de Haan van der Weg P., Pütz M., Bründl M. 2013a: Risiken und Chancen des Klimawandels in der Schweiz. Methodenbericht. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente, Berna: 42 p.

- Holthausen N., Locher P., Blaser L., Pütz M., Bründl M. 2013b: Risiken und Chancen des Klimawandels in der Schweiz. Nicht-öffentliche Arbeitsdokumentation. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente, Berna: 43 p.
- Horst K., Bockmühl K., Schliep R. 2013: Biodiversität und Klima – Vernetzung der Akteure in Deutschland IX. Ergebnisse und Dokumentation des 9. Workshops. Bundesamt für Naturschutz, Bonn: 75 p.
- Imhof M., Nicolet P., Voumard J., Jaboyedoff M. 2015: Grêle 2011. Étude de l'orage de grêle des 12 et 13 juillet 2011 dans le canton d'Argovie. Ed. Union intercantonale de réassurance, Berna: 62 p.
- IRGC (International Risk Governance Council) 2015: Guidelines for Emerging Risk Governance, Lausanne: 59 p.
- IRGC (International Risk Governance Council) 2013: Public Sector Governance of Emerging Risks. How can central governments improve their anticipation of and early response to emerging risks? A concept note to accompany IRGC's workshop report on hallmarks and drivers of public sector governance of emerging risks, Lausanne: 20 p.
- Jonas T. 2012: Monitoring von Schneewasserressourcen in der Schweiz. In: Forum für Wissen 2012 (Ed. WSL): p. 7 – 12.
- Jörin J., Patt A., Maestri C., Knüsel B. 2016: Schlussbericht des Forschungsprojekts «Anpassungsfähigkeit der Schweiz an den Klimawandel». Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Zurigo: 150 p.
- Kapsch M.-L., Kunz M., Vitolo R., Economou T. 2012: Long-term trends of hail-related weather types in an ensemble of regional climate models using a Bayesian approach. In: Journal of Geophysical Research. Volume 117, D15107.
- Karremann M.K., Pinto J.G., von Bomhard P.J., Klawa M. 2014: On the clustering of winter storm loss events over Germany. In: Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 14: p. 2041 – 2052.
- Kaulfuss S. 2016: Wie Waldbrände entstehen. Internet: www.waldwissen.net > Waldwirtschaft > Schadensmanagement > Waldbrand > Wie Waldbrände entstehen Consultato il 19.10.2016.
- Kehrli P., Kuske S., Baroffio C., Fischer S., Linder C., Richochoz P., Samietz J. 2013: La Drosophile du cerisier, nouvelle en Suisse. In: Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau 4/13: p. 8 – 12.
- Klein G., Vitasse Y., Rixen C., Marty C., Rebetez M. 2016: Shorter snow cover duration since 1970 in the Swiss Alps due to earlier snowmelt more than to later snow onset. In: Climatic Change 139: p. 637 – 649.
- Kovats R.S., Valentini R., Bouwer L.M., Georgopoulou E., Jacob D., Martin E., Rounsevell M., Soussana J.-F. 2014: Europe. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the IPCC. Ed. V.R. Barros et al. Cambridge University Press, Cambridge / New York: p. 1267 – 1326.
- Kovats R. S., Hajat S. 2008: Heat stress and public health. A critical review. In: Annual Review of Public Health 29(1): p. 41 – 55.
- Kwiatkowski M., Höchli B. 2016: Quand l'eau devient le pétrole de demain. Comment la Suisse maîtrise les conflits de l'avenir. Gottlieb Duttweiler Institut (GDI). Su mandato dell'associazione svizzera dei professionisti della protezione delle acque, Rüslikon: 52 p.
- Lawrence M.G., Schmale J., von Schneidemesser E. 2014: Zwei Seiten einer Medaille. Klimawandel und Luftverschmutzung. In: Senckenberg – Natur – Forschung – Museum 144(1/2), Senckenberg: p. 18 – 25.
- Lévesque M., Rigling A., Brang P. 2015: Réponse à la sécheresse de conifères indigènes et exotiques: une étude dendroécologique. In: Rivista forestale svizzera, Vol. 166: p. 372 – 379.
- LID (Landwirtschaftlicher Informationsdienst) 2014: Landwirtschaft im Klimawandel – Erkenntnisse und Stra-

- tegien zum Umgang mit Wasser. LID Dossier n. 467 vom 22. Oktober 2014, Berna: 13 p.
- Loat R., Meier E. 2003: Dizionario della protezione contro le piene. Ed. Ufficio federale delle acque e della geologia (UFAEG), Berna: 424 p.
- Lüthi M.P., Bauder A., Funk, M. 2010: Volume change reconstruction of Swiss glaciers from length change data. In: *J. Geophys. Res.*, 115: F04022.
- Martin S. 2012: Examples of 'no-regret', 'low -regret' and 'win-win' adaptation actions. RBGE on behalf of ClimateXChange, Edinburgh: 11 p.
- Marty C., Schögl S., Bavay M., Lehning M. 2017: How much can we save? Impact of different emission scenarios on future snow cover in the Alps. In: *The Cryosphere*, 11: p. 517 – 529.
- Marty C. 2008: Regime shift of snow days in Switzerland. In: *Geophysical Research Letters* 35: L12501.
- MeteoSvizzera (Ufficio federale di meteorologia e climatologia) 2017: Klimareport 2016, Zurigo: 80 p.
- MeteoSvizzera (Ufficio federale di meteorologia e climatologia) 2016a: Der Hitzesommer 2015 in der Schweiz. Rapporto tecnico n. 260, Zurigo: 68 p.
- MeteoSvizzera (Ufficio federale di meteorologia e climatologia) 2016b: Rapporto sul clima 2015, Zurigo: 84 p.
- MeteoSvizzera (Ufficio federale di meteorologia e climatologia) 2016c: Indicatori climatici. Caldo – Notti tropicali Internet: www.meteosvizzera.admin.ch/home/clima/presente/indicatori-climatici.html?filters=TN_1961-to-day_YEAR®ion=Tabella. Consultato il 08.08.2016.
- MeteoSvizzera (Ufficio federale di meteorologia e climatologia) 2015: Auftausalzverbrauch im Klimawandel. Rapporto tecnico n. 253, Zurigo: 36 p.
- MeteoSvizzera (Ufficio federale di meteorologia e climatologia) 2014a: Scénarios climatiques Suisse. Un aperçu régional. Rapporto tecnico n. 243. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM): 36 p.
- MeteoSvizzera (Ufficio federale di meteorologia e climatologia) 2014b: Canicola. Internet: www.meteosvizzera.admin.ch/home/tempo/pericoli/spiegazioni-dei-livelli-di-pericolo/canicola.html. Consultato il 27.04.2017.
- Michelozzi P., Accetta G., De Sario M., D'Ippoliti D., Marino C., Baccini M., Biggeri A., Ross Anderson H., Katsouyanni K., Ballester F., Bisanti L., Cadum E., Forsberg., Forastiere F., Goodman P. G., Hojs A., Kirchmayer U., Medina S., Paldy A., Schindler C., Sunyer J., Perucci C.A. 2009: High temperature and hospitalizations for cardiovascular and respiratory causes in 12 European cities. In: *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, volume 179: p. 383 – 389.
- Millard B. 2016: Extreme Heat. Hot Cities Adapting to a Hotter World. Symposium Summary Report, New York: 24 p.
- Mohr S., Kunz M., Geyer B. 2015: Hail potential in Europe based on a regional climate model hindcast. In: *Geophysical Research Letters*. Vol. 42: p. 10904 – 10912.
- Mosimann E. 2016: Conséquences du changement climatique pour la production fourragère. In: *Montagna* 3/2016: p. 12 – 13.
- Nausier M. 2016: Le Valais face aux changements climatiques. Effets et options d'adaptation dans les domaines de la gestion des eaux et des dangers naturels. Ed. Etat du Valais, Sion: 19 p.
- Nausier M., Graf O., Wälty A. 2015: Systemische Risiken und Umweltgouvernanz. Schlussbericht. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Berna: 63 p.
- NELAK 2013: Formation des nouveaux lacs suite au recul des glaciers en haute montagne – chances et risques. Forschungsbericht NFP 61. Ed. Haerberli W., Bütler M., Huggel C., Müller H., Schleiss A., Zurigo: 300 p.

- Nisi L., Martius O., Hering A., Kunz M., Germann U. 2016: Spatial and temporal distribution of hailstorms in the Alpine region: a long-term, high resolution, radar-based analysis. In: Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. Vol. 142: p. 1590 – 1604.
- OcCC/ProClim 2007: Les changements climatiques et la Suisse en 2050. Conséquences pour l'environnement, la société et l'économie, Berna: 167 p.
- OcCC/SCNAT 2005: Canicule de l'été 2003. Rapport de synthèse. Ed. ProClim, Berna: 31 p.
- OECD 2014: Boosting Resilience through Innovative Risk Governance, OECD Publishing: 144 p.
- OFEA, UFPT, UFAFP (Ufficio federale dell'economia delle acque, Ufficio federale della pianificazione del territorio, Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio) 1997: Prise en compte des dangers dus aux crues dans le cadre des activités de l'aménagement du territoire. Série Dangers naturels, Berna: 32 p.
- Patz J.A., Campbell-Lendrum D., Holloway T., Foley, J.A. 2005: Impact of regional climate change on human health. In: Nature Reviews, Vol. 438/17: p. 310 – 317.
- Pauli H., Gottfried M., Grabherr G. 2001: High summits of the Alps in a changing climate. In: «Fingerprints» of Climate Change. Edited by Walther et al. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York: p.139 – 149.
- Pfister C. 2009: Die «Katastrophenlücke» des 20. Jahrhunderts und der Verlust traditionellen Risikobewusstseins. In: Gaia 18(3): p. 239 – 246.
- PLANAT (Piattaforma nazionale «Pericoli naturali») 2017a:
Internet: www.planat.ch/it/informazioni-general/piena/. Consultato il 08.06.2017.
- PLANAT (Piattaforma nazionale «Pericoli naturali») 2017b: Incendio boschivo di Leuk (2003).
Internet: www.planat.ch/it/immagini-dettagli/datum/2011/01/14/waldbrand-leuk-2003/. Consultato il 08.06.2017.
- PLANAT (Piattaforma nazionale «Pericoli naturali») 2016a: Siccità.
Internet: www.planat.ch/it/informazioni-general/siccita/. Consultato il 31.10.2016.
- PLANAT (Piattaforma nazionale «Pericoli naturali») 2016b: Inondazione.
Internet: www.planat.ch/it/informazioni-general/piena/inondazione/. Consultato il 19.10.2016.
- PLANAT (Piattaforma nazionale «Pericoli naturali») 2016c: Cronaca 1900 – 1999.
Internet: www.planat.ch/it/informazioni-general/cronaca/1900-1999/. Consultato il 19.10.2016.
- PLANAT (Piattaforma nazionale «Pericoli naturali») 2016d: Scivolamenti.
Internet: www.planat.ch/it/informazioni-general/scivolamento-e-crollo-di-roccia/scivolamento/. Consultato il 19.10.2016.
- PLANAT (Piattaforma nazionale «Pericoli naturali») 2016e: Hagelschäden.
Internet: www.planat.ch/de/bilder-detailansicht/datum/2011/07/18/hagelschaeden/. Consultato il 19.10.2016.
- PLANAT (Piattaforma nazionale «Pericoli naturali») 2016f: Tempesta.
Internet: www.planat.ch/it/informazioni-general/tempesta/. Consultato il 30.05.2017.
- PLANAT (Piattaforma nazionale «Pericoli naturali») 2016g: Caduta sassi o crolli di roccia.
Internet: www.planat.ch/it/informazioni-general/scivolamento-e-crollo-di-roccia/caduta-sassicrollo-di-roccia/. Consultato il 19.10.2016.
- PLANAT (Piattaforma nazionale «Pericoli naturali») 2015: Niveau de sécurité face aux dangers naturels – Documentation, Berna. 68 p.
- PLANAT (Piattaforma nazionale «Pericoli naturali») 2013: Niveau de sécurité face aux dangers naturels, Berna. 15 p.

- Pluess A., Augustin S., Brang P. 2016: Forêts et changements climatiques. Éléments pour des stratégies d'adaptation. Ed. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) & Istituto federale di ricerca WSL. Haupt Verlag: 455 p.
- PNUS (Programma delle Nazioni Unite per lo sviluppo) 2016: Climate Change and Labour. Impacts of Heat in the Workplace. 33 p.
- Portale del Governo svizzero 2016: Le NABO, trois décennies d'observation nationale des sols. La qualité en point de mire.
Internet: www.admin.ch/gov/fr/accueil/documentation/communiques.msg-id-64573.html. Consultato il 21.11.2016.
- Pro Natura 2013: Néobiotes. Les espèces envahissantes menacent la biodiversité. In: Pro Natura Magazine 02 2013: 13 p.
- ProClim 2015: Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Screening der Forschungs- und Umsetzungsaktivitäten sowie bestehender Monitoringsysteme. Schlussbericht. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Berna: 93 p.
- PwC (PricewaterhouseCoopers) 2013: International threats and opportunities of climate change for the UK. Final report: 149 p.
- Raetzo H. 1997: Massenbewegungen im Gurnigelflysch und Einfluss der Klimaänderung. Vdf-Verlag ETHZ: 256 p.
- Rajczak J., Pall P., Schär C. 2013: Projections of extreme precipitation events in regional climate simulations for Europe and the alpine region. In: Journal of Geophysical Research – Atmospheres 118 (9): p. 3610 – 3626.
- Convenzione di Ramsar 2011: Services écosystémiques des zones humides – introduction.
Internet: www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/services_00_f.pdf. Consultato il 17.11.2016.
- Regionalkonferenz Oberland-Ost 2016: Klimaadaptionsstrategie Grimselgebiet. Strategie zur Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels im Grimselgebiet. Oberingenieurkreis I und Regionalkonferenz Oberland-Ost, Interlaken: 50 p.
- Reinhard M., Rebetez M., Schlaepfer R. 2005: Recent climate change. Rethinking drought in the context of Forest Fire Research in Ticino, South of Switzerland. In: Theoretical and Applied Climatology. Vol. 82: p. 17 – 25.
- Renn O. 2015: Interview vom 04.08.2015. In: Nauser M., Graf O., Wälty A. 2015: Systemische Risiken und Umweltgouvernanz. Schlussbericht. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Berna: 63 p.
- Renn O. 2014: Das Risikoparadox. Warum wir uns vor dem Falschen fürchten, Francoforte sul Meno: 608 p.
- Reynard E. 2008: Transporter l'eau. Regards croisés sur les réseaux urbains et ruraux de l'eau en Suisse. In: Flux n. 72 / 73: p. 27 – 38.
- Rigling D., Hilfiker S., Schöbel C., Meier F., Engesser R., Schiedegger C., Stofer S., Senn-Irlet B., Queloz V. 2016: Le dépérissement des pousses du frêne. Biologie, symptômes et recommandations pour la gestion. Notizie per la pratica n. 57: 8 p.
- Rixen C., Teich M., Lardelli C., Gallati D., Pohl M., Pütz M., Bebi P. 2011: Winter tourism and climate change in the Alps. An assessment of resource consumption, snow reliability, and future snowmaking potential. In Mountain Research and Development 31 (3): p. 229 – 236.
- Robine J.M., Cheung S.L., Le Roy S., van Oyen H., Herrmann F.R. 2007: Report on excess mortality in Europe during summer 2003. EU Community Action Programme for Public Health, Grant Agreement 2005114: 15 p.
- Röthlisberger G. 1991: Chronik der Unwetterschäden in der Schweiz. Rapporti del Istituto federale di ricerca WSL, Birmensdorf: 122 p.
- Rubin A., Rubin J.-F., Wahli T. 2015: Suivi des piscicultures productrices de truites. Projet MRP – Vaud 2013. Ed. Fondation de la Maison de la Rivière, Tolochenaz: 56 p.

- Rüttinger L., Pohl B. 2016: Klimawandel und Sicherheit in der Schweizer Aussen- und Sicherheitspolitik. Grundlagenstudie. Su mandato del Dipartimento federale degli affari esteri (DFAE), Berlino: 35 p.
- SAB (Gruppo svizzero per le regioni di montagna) 2010: Tourismus im Klimawandel. Strategien zur Saisonverlängerung. Rapporto dal SAB realizzato per la Conferenza dei presidenti dei Comuni di montagna turistica. 11.10.2010, Berna: 31 p.
- Schafellner C., Schopf A. 2014: Massenaufreten der Fichtengebirgsblattwespe in Tieflagen als Folge des Klimawandels? In: Forstschutz Aktuell 60/61: p. 12 – 19.
- Schär C., Vidale P.L., Lüthi D., Frei C., Häberli C., Liniger M.A., Appenzeller C. 2004: The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. In: Nature 427: p. 332 – 336.
- Scherrer S.C., Fischer E.M., Posselt R., Liniger M.A., Croci-Maspoli M., Knutti R. 2016: Emerging trends in heavy precipitation and hot temperature extremes in Switzerland. In: Journal of Geophysical Research – Atmosphere: 12 p.
- Scherrer S.C., Wüthrich C., Croci-Maspoli M., Weingartner R., Appenzeller C. 2013: Snow variability in the Swiss Alps 1864 – 2009. In: International Journal of Climatology. Volume 33. Issue 15: p. 3162 – 3173.
- Scherrer S.C., Appenzeller C. 2004: Trends in Swiss Alpine snow days. The role of local- and large-scale climate variability. In: Geophysical research letters 31: 4 p.
- Schmocker-Fackel P., Naef F. 2010: Changes in flood frequencies in Switzerland since 1500. In: Hydrol. Earth Syst. Sci. 14: p. 1581 – 1594.
- Schwank O., Peter M., North N., Lückge H., Kraemer R.A., Görlach B., Lange S., Nathani C. 2007: Auswirkungen der Klimaänderung auf die Schweizer Volkswirtschaft (Internationale Einflüsse). Schlussbericht. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Zurigo/Berlino/Rüschlikon: 167 p.
- SCNAT (Accademia svizzera di scienze naturali) 2016a: Les Alpes. Internet: https://scienzenaturali.ch/topics/biodiversity/about_biodiversity/zustand_und_entwicklung/gebirge. Consultato il 12.07.2016.
- SCNAT (Accademia svizzera di scienze naturali) 2016b: Agricoltura. Internet: https://scienzenaturali.ch/topics/green_genetic_engineering/agriculture. Consultato il 24.08.2016.
- SECO (Segreteria di Stato dell'economia) 2011: Der Schweizer Tourismus im Klimawandel. Auswirkungen und Anpassungsoptionen, Berna: 64 S.
- SECO (Segreteria di Stato dell'economia) 2007a: Lavorare all'aperto quando fa molto caldo ... attenzione! Informazioni per datori di lavoro e lavoratori: 2 p.
- SECO (Segreteria di Stato dell'economia) 2007b: Lavorare negli uffici in periodi di caldo ... attenzione! Informazioni per datori di lavoro e lavoratori: 2 p.
- Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique 2014: 4ème édition des Perspectives mondiales de la diversité biologique, Montréal: 155 p.
- Seneviratne S. 2012: Climate science. Historical drought trends revisited. In: Nature 491: p. 338 – 339.
- Serquet G., Rebetez M. 2013: Changements climatiques. Quel avenir pour les destinations touristiques des Alpes et du Jura vaudois? 135 p.
- Serquet G., Rebetez M. 2011: Relationship between tourism demand in the Swiss Alps and hot summer air temperatures associated with climate change. In: Climatic Change 108: p. 291 – 300.
- Serquet G., Marty C., Dulex J.-P., Rebetez M. 2011: Seasonal trends and temperature dependence of the snowfall/precipitation-day ratio in Switzerland. In: Geophys Res Lett 38(7): L07703. 5 p.
- SFF, UFAG, UFAM (Servizio fitosanitario federale, Ufficio federale dell'agricoltura, Ufficio federale dell'ambiente) 2015: Scheda sul Cancro corticale del castagno: 2 p.

Shine C., Kettunen M., ten Brink P., Genovesi P., Gollasch S. 2009. Technical support to EU strategy on invasive species (IAS). Recommendations on policy options to control the negative impacts of IAS on biodiversity in Europe and the EU. Final report for the European Commission. Ed. Institute for European Environmental Policy (IEEP), Bruxelles: 35 p.

SLF (Istituto per lo studio della neve e delle valanghe) 2017: Effetti della torrida estate 2015 sui crolli di roccia. Internet: <https://www.slf.ch/it/progetti/felsstuerze-2015.html>. Consultato il 30.05.2017.

SLF (Istituto per lo studio della neve e delle valanghe) 2016: Avalanche de neige mouillée. Internet: <https://www.slf.ch/de/lawinen/lawinenkunde-und-praevention/lawinenarten.html>. Consultato il 02.10.2016.

Smith K.R., Woodward A., Campbell-Lendrum D., Chadee D.D., Honda Y., Liu Q., Olwoch J.M., Revich B., Sauerborn R. 2014: Human health – Impacts, adaptation, and co-benefits. In: Climate Change 2014 – Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the IPCC. Ed. C.B. Field et al. Cambridge University Press, Cambridge / New York: p. 709 – 754.

SSHL, CHy (Société suisse d'hydrologie et de limnologie, Commission suisse d'hydrologie) 2011: Les effets du changement climatique sur l'utilisation de la force hydraulique. Rapport de synthèse. In: Matériaux pour l'Hydrologie de la Suisse n. 38, Berna: 28 p.

Steger C., Kotlarski S., Jonas T., Schär C. 2013: Alpine Snow Cover in a Changing Climate. A Regional Climate Model Perspective. In: Climate Dynamics 41(3 – 4): p. 735 – 754.

Steinmüller K. 2007: Wilde Zukünfte. In: Swissfuture – das Magazin für Zukunftsmonitoring, 02/07: p. 4 – 10. Internet: www.swissfuture.ch/de/wp-content/uploads/sites/2/2013/08/02_07_Wildcards.pdf. Consultato il 30.05.2017.

Steinmüller A., Steinmüller K. 2004: Wild Cards. Wenn das Unwahrscheinliche eintritt. Murmann Verlag GmbH, Amburgo: 200 p.

Stucki P., Brönnimann S., Martius O., Philipp N. 2014: A catalog of high-impact windstorms in Switzerland since 1859. In: Natural Hazards and Earth System Sciences 14(11): p. 2867 – 2882.

Swiss Re 2012: Les inondations en Suisse – un risque sous-estimé: 12 p.

TECFA (Università di Ginevra) 2016: Tableau de classification des avalanches.

Internet: <http://tecfa.unige.ch/tecfa/teaching/UVLibre/9899/jeu09/schema.htm>. Consultato il 02.10.2016.

Thommen O., Braun-Fahrländer C. 2004: Gesundheitliche Auswirkungen der Klimaänderung mit Relevanz für die Schweiz. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio (UFAFP) e dell'Ufficio federale della sanità pubblica (UFSP), Basilea: 85 p.

Tratschin R., Dübendorfer C., Fu R. 2016: Hitze und Trockenheit im Sommer und Herbst 2015. Auswirkungen und deren Bewältigung in der Schweizer Wasserwirtschaft. Bericht vom 28. September 2016. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Zollikon: 33 p.

Truites & Rivières 2016: Comment agit la température de l'eau sur le milieu.

Internet: www.truitesetriveres.com/action-de-la-temperature-sur-leau.html. Consultato il 21.11.2016.

UFAE (Ufficio federale per l'approvvigionamento economico del Paese) 2016: Rapport sur l'approvisionnement économique du pays de 2013 à 2016, Berna: 44 p.

UFAEG (Ufficio federale delle acque e della geologia) 2004: Gefahreinstufung Rutschungen i. w. S. Permanente Rutschungen, spontane Rutschungen und Hangmuren. Entwurf, Zollikofen: 17/44 p.

UFAEG (Ufficio federale delle acque e della geologia) 2001: Protection contre les crues des cours d'eau. Directive dell'UFAEG, Bienne: 72 p.

UFAPP, UFAEG, MeteoSvizzera (Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio, Ufficio federale delle acque e della geologia, Ufficio federale di meteorologia e climatologia) 2004: Auswirkungen des Hitzesommers 2003 auf die Gewässer. Schriftenreihe Umwelt n. 369, Berna: 174 p.

UFAG (Ufficio federale dell'agricoltura) 2011: Strategia sul clima per l'agricoltura. Protezione del clima e adattamento ai cambiamenti climatici per una filiera agroalimentare svizzera sostenibile, Berna: 46 p.

UFAM (Ufficio federale dell'ambiente) 2017a: Pericoli naturali. Misure tecniche. Internet: www.bafu.admin.ch/misure-tecniche. Consultato il 30.05.2017.

UFAM (Ufficio federale dell'ambiente) 2017b: Émissions de gaz à effet de serre visées par la loi sur le CO2 révisée et par le Protocole de Kyoto, 2e période d'engagement (2013 – 2020). Berna: 21 p.

UFAM (Ufficio federale dell'ambiente) 2017c: Impulsi per una Svizzera adattata al clima. I risultati di 31 progetti pilota di adattamento ai cambiamenti climatici. Informazione ambientale n. 1703, Berna: 96 pagg.

UFAM (Ufficio federale dell'ambiente) 2016a: Protezione contro i pericoli dovuti ai movimenti di versante. Aiuto all'esecuzione per la gestione dei pericoli legati a scivolamenti, caduta di sassi e colate detritiche di versante. Pratica ambientale n. 1608: 98 p.

UFAM (Ufficio federale dell'ambiente) 2016b: La canicule et la sécheresse de l'été 2015. Impacts sur l'homme et l'environnement. Studi sull'ambiente n. 1629, Berna: 118 p.

UFAM (Ufficio federale dell'ambiente) 2016c: Organismi nocivi pericolosi per il bosco. Internet: www.bafu.admin.ch/organismi-nocivi-bosco. Consultato il 29.08.2016.

UFAM (Ufficio federale dell'ambiente) 2016d: Espèces exotiques envahissantes. Éviter les mauvaises surprises. Internet: www.bafu.admin.ch/magazine2016-4-08. Consultato il 26.06.2017.

UFAM (Ufficio federale dell'ambiente) 2016e. Carte del pericolo di tempeste.

Internet: www.bafu.admin.ch/carte-del-pericolo-di-tempeste. Consultato il 19.10.2016.

UFAM (Ufficio federale dell'ambiente) 2015a: Piene e colate detritiche. Schede sui processi pericolosi: 2 p.

UFAM (Ufficio federale dell'ambiente) 2015b: Fonti di inquinanti atmosferici.

Internet: www.bafu.admin.ch/fonti-di-inquinanti-atmosferici. Consultato il 19.10.2016.

UFAM (Ufficio federale dell'ambiente) 2015c: Foreste e legno. In breve.

Internet: www.bafu.admin.ch/foreste-inbreve. Consultato il 16.11.2016.

UFAM (Ufficio federale dell'ambiente) 2015d: Rete Smeraldo.

Internet: www.bafu.admin.ch/smeraldo. Consultato il 12.07.2016.

UFAM (Ufficio federale dell'ambiente) 2015e: Stato degli habitat in Svizzera.

Internet: www.bafu.admin.ch/ambienti. Consultato il 12.07.2016.

UFAM (Ufficio federale dell'ambiente) 2015f: Indicatore. Superficie boschiva.

Internet: www.bafu.admin.ch/indicatori-foreste. Consultato il 16.11.2016.

UFAM (Ufficio federale dell'ambiente) 2014a: Adattamento ai cambiamenti climatici in Svizzera. Piano d'azione 2014 – 2019. Seconda parte della strategia del Consiglio federale del 9 aprile 2014, Berna: 100 p.

UFAM (Ufficio federale dell'ambiente) 2014b: Inquinamento atmosferico e salute. Panoramica degli effetti. Studi sull'ambiente n. 1425, Berna: 15 p.

UFAM (Ufficio federale dell'ambiente) 2014c: Foresta e cambiamenti climatici. Diversificare. La polizza d'assicurazione migliore.

Internet: www.bafu.admin.ch/bosco-diversificare. Consultato il 16.11.2016.

UFAM (Ufficio federale dell'ambiente) 2014d: Grundlagen für die Wasserversorgung 2025. Risiken, Herausforderungen und Empfehlungen. Studi sull'ambiente n. 1404, Berna: 110 p.

UFAM (Ufficio federale dell'ambiente) 2012a: Impacts des changements climatiques sur les eaux et les ressources en eau. Rapport de synthèse du projet «Changement climatique et hydrologie en Suisse» (CCHydro). Studi sull'ambiente n. 1217: 76 p.

UFAM (Ufficio federale dell'ambiente) 2012b: Adattamento ai cambiamenti climatici in Svizzera. Obiettivi, sfide e campi d'azione. Prima parte della strategia del Consiglio federale del 2 marzo 2012, Berna: 64 p.

UFAM (Ufficio federale dell'ambiente) 2012c: Breve trattato della Strategia Biodiversità Svizzera. Insieme per la salvaguardia e l'utilizzo sostenibile della diversità della vita, Berna: 2 p.

UFAM (Ufficio federale dell'ambiente) 2012d: Gestione della penuria di acqua a livello locale in Svizzera. Rapporto del Consiglio federale in adempimento del postulato «Acque e agricoltura. Le sfide del futuro», Berna: 87 p.

UFAM (Ufficio federale dell'ambiente) 2011: Indikatoren für Ökosystemleistungen. Systematik, Methodik und Umsetzungsempfehlungen für eine wohlfahrtsbezogene Umweltberichterstattung, Berna: 108 p.

UFAM (Ufficio federale dell'ambiente) 2006: Espèces exotiques en Suisse. Inventaire des espèces exotiques et des menaces qu'elles représentent pour la diversité biologique et l'économie en Suisse, Berna: 156 p.

UFAM, WSL (Ufficio federale dell'ambiente, Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio) 2007: Ereignisanalyse Hochwasser 2005. Teil 1 – Prozesse, Schäden und erste Einordnung, Berna/Birmensdorf. Studi sull'ambiente n. 0707: 215 p.

UFE (Ufficio federale dell'energia) 2015a: Statistique globale suisse de l'énergie 2015, Berna: 62 p.

UFE (Ufficio federale dell'energia) 2015b: Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000–2014 nach Verwendungszwecken, Berna: 73 p.

UFPP (Ufficio federale della protezione della popolazione) 2015a: Analyse nationale des dangers – Dossiers des mises en danger. Sécheresse: 12 p

UFPT, OFEA, UFAFP (Ufficio federale della pianificazione del territorio, Ufficio federale dell'economia delle acque, Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio): Prise en compte des dangers dus aux mouvements de terrain dans le cadre des activités de l'aménagement du territoire. Série Dangers naturels, Berna: 42 p.

UFSP (Ufficio federale della sanità pubblica) 2012: Focolai di malattie determinati dalle derrate alimentari in Svizzera. Statistiche attuali, sviluppi futuri, istruzioni pratiche per le indagini su focolai e retrospettiva storica: Berna, 83 p.

UFSP, UFAM (Ufficio federale della sanità pubblica, Ufficio federale dell'ambiente) 2016: Come proteggersi dalla canicola. Raccomandazioni e informazioni per personale specializzato: 2 p.

UFSP, UFAM (Ufficio federale della sanità pubblica, Ufficio federale dell'ambiente) 2007: Come proteggersi dalle ondate di caldo. Cambiamento climatico: conseguenze per la salute: 2 p.

Internet: www.bag.admin.ch/dam/bag/it/dokumente/nat-gesundheitspolitik/klimawandel/hitzewelle/hintergrundinfos/info-klimaaenderung/klimawandel-auswirkungen-gesundheit.pdf.download.pdf/cambiamento-climatico-conseguenze-per-salute.pdf. Consultato il 30.05.2017.

UKCIP (UK Climate Impacts Programme) 2007: Identifying adaptation options, Oxford: 34 p.

Unione svizzera dei contadini 2016: Schädlinge.

- Internet: www.landwirtschaft.ch/wissen/pflanzen/allgemeines/pflanzenschutz/schaedlinge/. Consultato il 24.08.2016.
- USAV (Ufficio federale della sicurezza alimentare e di veterinaria) 2016: Malattia renale proliferativa dei pesci. Internet: www.blv.admin.ch/blv/it/home/tiere/tierseuchen/uebersicht-seuchen/alle-tierseuchen/proliferativen-krankheit-der-fische.html. Consultato il 12.07.2016.
- USAV (Ufficio federale della sicurezza alimentare e di veterinaria) 2013: Febbre catarrale ovina (Blue tongue, BT): 3 p.
- Usbeck T., Wohlgemuth T., Pfister C., Volz R., Beniston M., Dobbertin M. 2010: Wind speed measurements and forest damage in Canton Zurich (Central Europe) from 1891 to winter 2007. In: *Int. J. Climatol.* 30: p. 347 – 358.
- UST (Ufficio federale di statistica) 2016: Agricoltura e alimentazione. Statistica tascabile 2016. Statistica della Svizzera – 07 Agricoltura e selvicoltura, Neuchâtel: 35 p.
- UST (Ufficio federale di statistica) 2006: L'agriculture dans les cantons. Résultats des comptes régionaux 2005, Neuchâtel: 40 p.
- Valese E., Conedera M., Vacik H., Japelj A., Beck A., Cocca G., Cvenkel H., Di Narda N., Ghiringhelli A., Lernessi A., Mangiavillano A., Pelfini F., Pelosini R., Ryser D., Wastl C. 2011: Wildfires in the Alpine region. First results from the ALP FFIRS project. 5th International Wildland Fire Conference: 15 p.
- Vicedo-Cabrera A.M., Ragetti M.S., Schindler C., Rösli M. 2016: Excess mortality during the warm summer 2015 in Switzerland. In *Swiss Medical Weekly*. 146: 12 p.
- Ville de Sion 2017: Aménagement des villes et adaptation au changement climatique. Sélection d'expériences et de bonnes pratiques de la Ville de Sion, Sion: 68 p.
- Vittoz P., Cherix D., Gonseth Y., Lubini V., Maggini R., Zbinden N., Zumbach S. 2013: Climate change impacts on biodiversity in Switzerland. A review. In: *Journal for Nature Conservation*. Volume 21. Issue 3: p. 154 – 162.
- Walter C., Bispo A., Chenu C., Langlais-Hesse A., Schwartz C. 2015: Les services écosystémiques des sols – du concept à sa valorisation. In: *Cahier Demeter*: p. 73 – 90.
- Wastl C., Schunk C., Lüpke M., Cocca G., Conedera M., Valese E., Menzel A. 2013: Large-scale weather types, forest fire danger, and wildlife occurrence in the Alps. In: *Agricultural and Forest Meteorology* 168: p. 15 – 25.
- Weber M., Schild A. 2007: Stand der Bewässerung in der Schweiz. Bericht zur Umfrage 2006. Ed. Ufficio federale dell'agricoltura (UFAG), Berna: 17 p.
- Wehse H., Chaix O., Gander Y., Birrer A., Fritsch M., Meylan B., Zahner S. 2017: Élaboration de mesures visant à garantir les ressources en eau sur le long terme. Une démarche basée sur les outils de planification existants. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Berna: 88 p.
- Weidmann M. 2010: Sicherheit von Dächern und Fassaden bezüglich schadenverursachendem Wind. Synthesericht für Architekten, Bauherren und Gebäudeeigentümer. Ed. Fondation de prévention des établissements cantonaux d'assurance, Berna: 68 p.
- Wermelinger B., Forster B., Hölling D., Plüss T., Raemy O., Kay A. 2015: Espèces invasives de capricornes provenant d'Asie. Ecologie et gestion. 2ème édition révisée. *Notizie per la pratica* n. 50: 16 p.
- Wetter O., Pfister C., Weingartner R., Trösch J. 2011: The largest floods in the High Rhine basin since 1268 assessed from documentary and instrumental evidence. In: *Hydrological Sciences Journal* 56(5): p. 733 – 758.
- Wilhelmi O.V., Hayden M.H. 2010: Connecting people and place. A new framework for reducing urban vulnerability to extreme heat. In: *Environmental Research Letters* 5(1), Boulder: 7 p.
- Wohlgemuth T., Brigger A., Gerold P., Laranjeiro L., Moretti M., Moser B., Rebetez M., Schmatz D., Schneiter G., Sciacca S., Sierro A., Weibel P., Zumbach S., Conedera M. 2010: Vivre avec les incendies de forêt. *Notizie per la pratica* n. 46: 16 p.

WSL, UFARP (Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio, Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio) 2001: Lothar. Der Orkan 1999. Ereignisanalyse, Birmensdorf/Berna: 376 p.		Fig. 9 Variazione delle perdite di resa sul lavoro per grande area	31
		Fig. 10 Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento delle perdite di resa sul lavoro» è prioritario	31
Yu Y., Feng K., Hubacek K. 2013: Tele-connecting local consumption to global land use. In: Global Environmental Change 23 (2013): p. 1178 – 1186.		Fig. 11 Variazione del fabbisogno di energia per il raffreddamento per grande area	32
Zecken.ch 2017: Krankheiten. Internet: www.zecken.ch/Krankheiten/krankheiten.html . Consultato il 27.02.2017.		Fig. 12 Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento del fabbisogno energetico per il raffreddamento» è prioritario	33
Zuber R. 2015: Gli effetti del sale anti-ghiaccio sugli alberi e i possibili rimedi. Internet: www.waldwissen.net/wissen/wsl_streusalz/index_IT . Consultato il 21.07.2016		Fig. 13 Aumento della siccità: panoramica dei rischi prioritari e non prioritari	35
		Fig. 14 Variazione delle perdite di raccolto agricolo nell'agricoltura per grande area	37
A3.3 Figure			
Fig. 1 Rischi e opportunità legati ai cambiamenti climatici prioritari per la Svizzera	15	Fig. 15 Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento delle perdite di raccolto agricolo» è prioritario	38
Fig. 2 Regioni dei casi di studio e grandi aree per l'analisi dei rischi e delle opportunità legati ai cambiamenti climatici	19	Fig. 16 Variazione del pericolo di incendi boschivi per grande area	40
Fig. 3 Grafico riassuntivo che illustra i rischi e le opportunità per sfida	20	Fig. 17 Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento del pericolo di incendi boschivi» è prioritario	41
Fig. 4 Carta illustrativa della variazione dei rischi (o delle opportunità) per grande area	20	Fig. 18 Variazione del pericolo della penuria d'acqua per grande area	42
Fig. 5 Pittogrammi che contrassegnano le grandi aree in cui un rischio (o un'opportunità) è prioritario. Nelle aree in cui il rischio (o l'opportunità) non è prioritario, il pittogramma è raffigurato in grigio.	21	Fig. 19 Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento della penuria d'acqua» è prioritario	43
Fig. 6 Maggiore stress da caldo: panoramica dei rischi prioritari e non prioritari	26	Fig. 20 Variazione della produzione idroelettrica estiva per grande area	44
Fig. 7 Variazione del pregiudizio alla salute umana per grande area	28	Fig. 21 Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento della produzione idroelettrica estiva» è prioritario	44
Fig. 8 Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento del pregiudizio alla salute umana» è prioritario	29	Fig. 22 Innalzamento del limite delle nevicate: panoramica dei rischi e delle opportunità prioritari e non prioritari	47

Fig. 23 Variazione delle perdite di ricavi nel turismo invernale per grande area	49	Fig. 36 Modifica dell'attività delle tempeste e della grandine: panoramica dei rischi o delle opportunità prioritari e non prioritari	68
Fig. 24 Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento delle perdite di ricavi nel turismo invernale» è prioritario	49	Fig. 37 Danni materiali potenziali causati da tempeste per grande area	71
Fig. 25 Variazione della produzione energetica invernale per grande area	50	Fig. 38 Grandi aree nelle quali i danni materiali causati della modifica dell'attività delle tempeste hanno un'importanza prioritaria	71
Fig. 26 Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento della produzione energetica invernale» è prioritario	51	Fig. 39 Potenziali danni materiali causati dalla grandine per grande area	72
Fig. 27 Variazione dei danni materiali e dei costi di manutenzione causati dalla neve per grande area	52	Fig. 40 Grandi aree nelle quali i danni materiali causati dalla modifica dell'attività della grandine hanno un'importanza prioritaria	73
Fig. 28 Grandi aree nelle quali l'opportunità «Diminuzione dei danni materiali e dei costi di manutenzione causati dalla neve» è prioritaria	53	Fig. 41 Peggioramento della qualità di acqua, suolo e aria: panoramica dei rischi prioritari e non prioritari	75
Fig. 29 Rischio più elevato di piene: panoramica dei rischi e delle opportunità prioritari e non prioritari	56	Fig. 42 Influsso sugli ecosistemi ed effetti sulla composizione delle specie e sui servizi ecosistemici	80
Fig. 30 Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento dei danni alle persone provocati da piene, movimenti di versante, tempeste e fulmini» è prioritario	57	Fig. 43 Grandi aree nelle quali il rischio «Pregiudizio alla biodiversità» e l'opportunità «Cambiamento nella composizione delle specie e negli habitat» sono prioritari	85
Fig. 31 Variazione dei danni materiali causati dalle piene per grande area	59	Fig. 44 Diffusione di organismi nocivi, malattie e specie esotiche: panoramica dei rischi prioritari	89
Fig. 32 Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento dei danni materiali causati dalle piene» è prioritario	60	Fig. 45 Variazione del pregiudizio alla salute umana per grande area	91
Fig. 33 Minore stabilità dei pendii e movimenti di versante più frequenti: panoramica dei rischi prioritari e non prioritari	62	Fig. 46 Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento del pregiudizio alla salute umana» è prioritario	92
Fig. 34 Variazione dei danni materiali causati dalla minore stabilità dei pendii e dai movimenti di versante più frequenti per grande area	65	Fig. 47 Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento del pregiudizio alla salute degli animali da reddito e da compagnia» è prioritario	93
Fig. 35 Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento dei danni materiali causati dalla minore stabilità dei pendii e dai movimenti di versante più frequenti» è prioritario	66	Fig. 48 Variazione delle perdite di raccolto agricolo per grande area	94

Fig. 49 Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento delle perdite di raccolto agricolo» è prioritario	94
Fig. 50 Variazione del deterioramento dei servizi ecosistemici del bosco per grande area	96
Fig. 51 Grandi aree nelle quali il rischio «Aumento del deterioramento dei servizi ecosistemici del bosco» è prioritario	96
Fig. 52 Miglioramento delle condizioni locali: panoramica delle opportunità prioritarie e non prioritarie	99
Fig. 53 Variazione del fabbisogno di energia di riscaldamento per grande area	100
Fig. 54 Grandi aree nelle quali l'opportunità «Diminuzione del fabbisogno di energia per il riscaldamento» è prioritaria	101
Fig. 55 Variazione dei ricavi del turismo estivo per grande area	103
Fig. 56 Grandi aree nelle quali l'opportunità «Aumento di ricavi del turismo estivo» è prioritaria	103
Fig. 57 Variazione delle rese agricole per grande area	101
Fig. 58 Grandi aree nelle quali l'opportunità «Aumento delle rese agricole» è prioritaria	105
Fig. 59 Grandi aree della Svizzera e casi di studio	123
Fig. 60 Matrice di rilevanza: pericoli ed effetti per settore d'impatto	124