



Rischi climatici **e adattamento**

Verso un Alto Adige resiliente al clima

Zebisch, M.; Pedoth, L.; Pörnbacher, M.; Renner, K.; Fritsch, U.; Alberton, M.; Bertoldi, G.; Bisignano, J.; Corradini, P.; Crespi, A.; Crippa, C.; Ducati, V.; Eisendle, F.; Hilpold, A.; Hoffmann, C.; Horvath, C.; Kircher, V.; Lun, G.; Maino, F.; Misconel, S.; Obojes, N.; Omizzolo, A.; Pellegrini, C.; Perkmann, U.; Prina, M.G.; Roveri, G.; Sparber, W.; Strapazzon, G.; Thaler, F.

Eurac Research
Center for Climate Change and Transformation

Drususallee 1
39100 Bozen, Italien
+39 0471 055 700
climate.change@eurac.edu
www.eurac.edu

DOI: <https://doi.org/10.57749/q8y8-tv70>

Autrici/Autori: Marc Zebisch, Lydia Pedoth, Michael Pörnbacher, Kathrin Renner, Uta Fritsch, Mariachiara Alberton, Giacomo Bertoldi, Jakob Bisignano (IRE), Philipp Corradini, Alice Crespi, Chiara Crippa, Viola Ducati, Frederik Eisendle, Andreas Hilpold, Christian Hoffmann, Clara Horvath, Verena Kircher, Georg Lun (IRE), Federica Maino, Steffi Misconel, Nikolaus Obojes, Andrea Omizzolo, Chiara Pellegrini, Urban Perkmann (IRE), Matteo Giacomo Prina, Giulia Roveri, Wolfram Sparber, Giacomo Strapazzon, Felix Thaler

Coordinamento scientifico: Marc Zebisch

Project Management: Lydia Pedoth

Cabina di regia della Provincia autonoma di Bolzano – Alto Adige: Willigis Gallmetzer, Alice Labadini, Barbara Raffl, Francesca Schir, Walter Polla, Christian Walcher, Michela Morandini, Fabrizio Oliver, Umberto Simone, Flavio Ruffini, Giulia Morosetti, Klaus Egger, Anna Toggenburg, Anna Tezzele

Redazione: Valentina Bergonzi, Laura Defranceschi

Traduzioni: Dal tedesco: Studio Traduc, Bolzano – Cristina Prono

Grafica: Alessandra Stefanut

Illustrazioni: Silke de Vivo

Redazione immagini: Annelie Bortolotti

Foto di copertina: Agenzia per la Protezione civile - Provincia autonoma di Bolzano

© Eurac Research, 2025



Questa pubblicazione è distribuita con licenza Creative Commons Attribuzione 4.0 Internazionale (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), che permette il riutilizzo, la condivisione, la modifica, la distribuzione e la riproduzione con qualsiasi mezzo o formato, purché sia data adeguata menzione di paternità, si fornisca un link alla licenza Creative Commons e si indichi se sono state effettuate modifiche. Questa pubblicazione Open Access potrebbe contenere alcune opere coperte da diritto d'autore. In tal caso, si tratta di opere protette ai sensi della normativa sul Diritto d'Autore e la loro inclusione nella presente pubblicazione è stata autorizzata dai rispettivi autori/titolari dei diritti. Le opere coperte da diritto d'autore non possono essere - a titolo esemplificativo e non esaustivo - copiate, modificate, riutilizzate e/o ridistribuite da terzi con nessun mezzo né utilizzate in qualsiasi altro modo senza l'autorizzazione dei rispettivi autori/titolari dei diritti.

1	Introduzione.....	6
1.1	<i>Ambito e finalità.....</i>	6
1.2	<i>Quadro metodologico e flusso di lavoro.....</i>	9
2	Visione futura 2040	11
3	Cambiamenti climatici, idrologia e pericoli naturali	15
3.1	<i>Cosa sappiamo dal Rapporto sul clima Alto Adige 2018.....</i>	15
3.2	<i>Aggiornamenti: dati e metodi.....</i>	16
3.3	<i>Aggiornamenti: risultati.....</i>	18
3.4	<i>Processi idrologici</i>	23
3.5	<i>Movimenti di massa.....</i>	30
4	Analisi dei rischi climatici e necessità di adattamento	35
4.1	<i>Gestione delle acque.....</i>	38
4.1.1	<i>Ambiente ed ecosistemi</i>	39
4.1.2	<i>Uso civile e domestico</i>	39
4.1.3	<i>Uso agricolo</i>	40
4.1.4	<i>Uso energetico.....</i>	40
4.1.5	<i>Uso industriale e turistico.....</i>	41
4.2	<i>Biodiversità</i>	44
4.2.1	<i>Foresta.....</i>	44
4.2.2	<i>Habitat alpini</i>	46
4.2.3	<i>Agroecosistemi</i>	46
4.2.4	<i>Paludi e laghi.....</i>	48
4.2.5	<i>Fiumi</i>	48
4.3	<i>Agricoltura</i>	52
4.3.1	<i>Foraggicoltura e allevamenti</i>	53
4.3.2	<i>Colture permanenti: frutticoltura e viticoltura.....</i>	55
4.3.3	<i>Seminativi (comprese le colture di ortaggi ed erbe, di drupacee/bacche e le colture speciali).....</i>	57
4.4	<i>Gestione forestale.....</i>	61
4.4.1	<i>Danni abiotici.....</i>	62
4.4.2	<i>Biodiversità e tipi di foreste in movimento</i>	63
4.4.3	<i>Fattori di influenza biotica/infestazione da parassiti.....</i>	64
4.4.4	<i>Il ciclo del carbonio nella foresta</i>	65
4.4.5	<i>Funzione di stoccaggio dell'acqua</i>	66
4.4.6	<i>Funzione di localizzazione e protezione della proprietà.....</i>	67
4.5	<i>Salute</i>	71
4.5.1	<i>Stress termico da calore e da freddo e inquinamento atmosferico</i>	72
4.5.2	<i>Malattie infettive correlate con il clima.....</i>	73
4.5.3	<i>Rischi naturali e attività ricreative</i>	74
4.5.4	<i>Acqua e malattie alimentari</i>	75
4.6	<i>Turismo</i>	78
4.6.1	<i>Turismo invernale</i>	79
4.6.2	<i>Turismo estivo</i>	80
4.6.3	<i>Infrastrutture di supporto e turistiche e ricettività</i>	80
4.7	<i>Insedamenti, infrastrutture, patrimonio culturale.....</i>	83
4.7.1	<i>Insedamenti umani</i>	84
4.7.2	<i>Infrastrutture e servizi essenziali per la comunità.....</i>	85
4.7.3	<i>Patrimonio culturale</i>	86

4.8	<i>Energia</i>	89
4.8.1	Domanda energetica	90
4.8.2	Trasporto e stoccaggio di energia.....	91
4.8.3	Generazione e conversione di energia	92
4.9	<i>Economia</i>	99
4.9.1	Rendimento ridotto a causa del caldo intenso.....	100
4.9.2	Effetti di eventi meteorologici estremi come tempeste, precipitazioni intense e periodi di siccità	101
4.9.3	Difficoltà di approvvigionamento	102
4.9.4	Rischio transitorio.....	103
4.10	<i>Temi intersettoriali</i>	105
4.10.1	Disadattamento	105
4.10.2	Aspetti sociali.....	105
4.10.3	Istruzione	106
4.10.4	Partecipazione	106
5	Governance	108
5.1	<i>L'adattamento ai cambiamenti climatici nel quadro della governance multilivello</i>	109
5.2	<i>Il quadro provinciale: poteri legislativi e amministrativi della Provincia autonoma di Bolzano</i> ...	111
5.3	<i>Analisi delle politiche della Provincia autonoma di Bolzano rilevanti per l'adattamento</i>	112
5.4	<i>Strategie e legislazione settoriali rilevanti per l'adattamento – analisi settoriale</i>	113
5.4.1	Gestione delle acque	113
5.4.2	Biodiversità	115
5.4.3	Agricoltura	117
5.4.4	Gestione forestale	118
5.4.5	Salute	119
5.4.6	Turismo.....	120
5.4.7	Insedimento, infrastrutture e patrimonio culturale	121
5.4.8	Energia.....	123
5.4.9	Economia	124
5.5	<i>Mappatura degli stakeholder</i>	126
6	Valutazione del rischio e sintesi	130
6.1	<i>Valutazione del rischio</i>	130
6.1.1	Valutazione dell'adeguatezza degli strumenti politici esistenti.....	131
6.1.2	Valutazione dell'urgenza della necessità di intervento	131
6.2	<i>Risultati dell'urgenza della necessità di intervento per campo d'azione</i>	133
6.2.1	Gestione delle acque	133
6.2.2	Biodiversità.....	134
6.2.3	Agricoltura	136
6.2.4	Gestione forestale	137
6.2.5	Salute	138
6.2.6	Turismo.....	138
6.2.7	Insedimenti, infrastrutture e patrimonio culturale	139
6.2.8	Energia.....	140
6.2.9	Economia	140
6.3	<i>Sintesi</i>	142
7	Raccomandazioni	145

7.1	<i>Strategie di adattamento prioritarie e campi d'azione.....</i>	146
7.2	<i>Principi intersettoriali per una strategia di adattamento</i>	149
7.3	<i>Raccomandazione per lo sviluppo di piani di adattamento dettagliati</i>	153
7.4	<i>Raccomandazioni specifiche per ogni settore.....</i>	157
7.4.1	Gestione delle acque	157
7.4.2	Biodiversità	159
7.4.3	Agricoltura	163
7.4.4	Gestione forestale	165
7.4.5	Salute	167
7.4.6	Turismo	170
7.4.7	Insedimenti, infrastrutture e beni culturali	172
7.4.8	Energia	175
7.4.9	Economia	178
7.4.10	Gestione del rischio	179
8	Autrici e autori del presente rapporto	183
9	Ringraziamenti	188

1 Introduzione

Autore: Marc Zebisch

1.1 Ambito e finalità

I cambiamenti climatici colpiscono quasi tutti i sistemi naturali e umani, influenzando profondamente i settori sociali ed economici attraverso una serie di effetti interconnessi, come sottolineato nel recente rapporto sul rischio climatico dell'Agenzia Europea dell'Ambiente (European Environment Agency, 2024). Figura 1 illustra in modo schematico la complessità delle interazioni tra fattori di rischio climatici e non climatici e i conseguenti rischi ed impatti climatici a cascata su vari sistemi naturali e umani dell'Alto Adige. Questo rapporto si basa su questa metodologia.

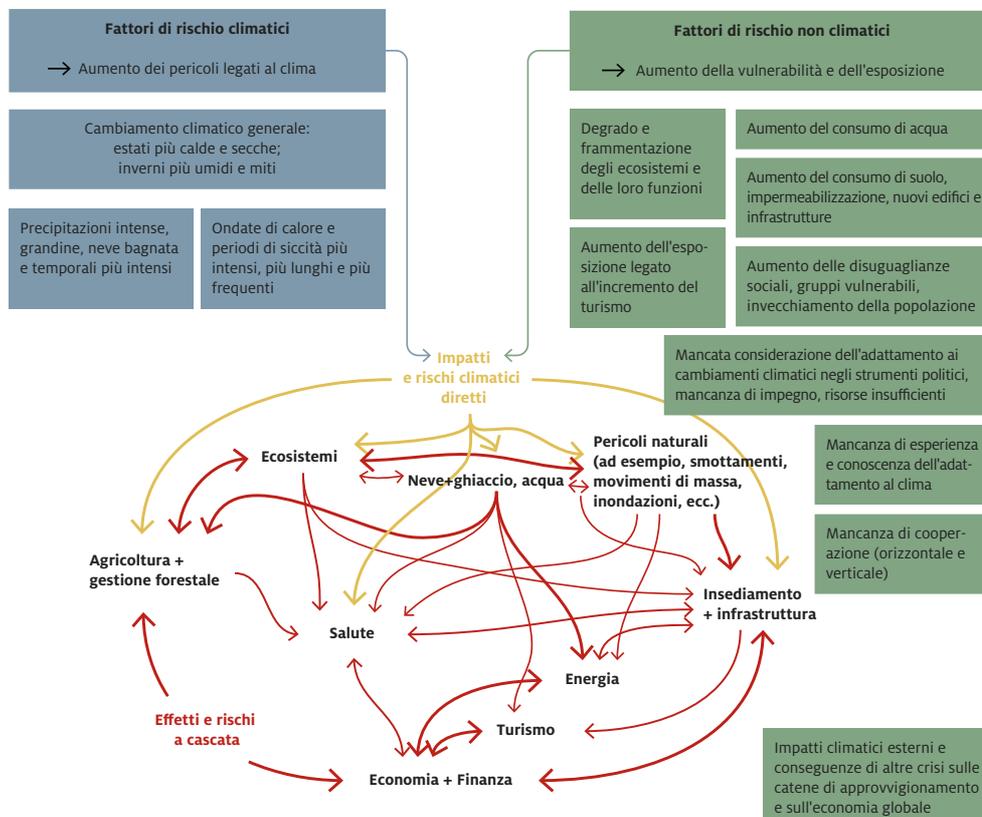


Figura 1: Impatto e rischio a cascata dai sistemi naturali a quelli fisici e sociali sull'esempio dell'Alto Adige. Lo spessore delle frecce rappresenta schematicamente l'importanza dell'interazione

Anche l'Alto Adige è pienamente interessato dai cambiamenti climatici. Negli ultimi 40 anni è stato registrato un innalzamento delle temperature di oltre 2°C. È stato dimostrato l'incremento di eventi climatici estremi, come le notti tropicali o le intense precipitazioni (→ cfr. capitolo 3). Fenomeni eccezionali come la tempesta Vaia, che ha accumulato acqua ed energia in un Mediterraneo più caldo della media, e le conseguenze a cascata di nevicate, surriscaldamento e siccità hanno portato a un'epidemia di bostrico che non solo danneggia le foreste, ma ne compromette anche la funzione di protezione, aumentando il rischio di caduta massi, valanghe e colate di fango a livello locale, con conseguenti perdite economiche per i proprietari dei boschi. Negli ultimi anni, forti precipitazioni dai livelli record e dalle conseguenze catastrofiche, che hanno causato vittime, ingenti danni materiali per diversi miliardi di euro e la distruzione di infrastrutture critiche (strade, ferrovie, rete elettrica) hanno già colpito alcune

regioni limitrofe (Slovenia agosto 2023, Baviera, Svizzera, Austria e Italia settentrionale, fra giugno e luglio del 2024).

Per ridurre al minimo gli ulteriori effetti negativi, a volte inevitabili, sull'ambiente, sull'uomo e sulla società ed escluderne le catastrofiche conseguenze, occorre mettere in atto due strategie concatenate:

- **Mitigazione del cambiamento climatico:** l'obiettivo è limitare l'incremento della temperatura a meno di 2°C, preferibilmente 1,5°C, rispetto ai livelli preindustriali. Per raggiungere questo obiettivo, le emissioni di gas serra devono essere ridotte a zero entro i prossimi due decenni. Secondo la legge europea sul clima, l'Europa dovrà raggiungere questo obiettivo entro il 2050. L'Alto Adige, con il suo Piano Clima, si è posto l'obiettivo del raggiungimento della neutralità climatica entro il 2040. La mitigazione del cambiamento climatico è il metodo più efficace per rendere minimi i rischi climatici, poiché solo così facendo si potranno contenere i pericoli legati al clima e quindi le cause dei rischi climatici.
- **Adattamento al cambiamento climatico:** significa ridurre la vulnerabilità dei sistemi naturali e sociali agli impatti negativi del clima ovvero aumentarne la resilienza e sfruttare le potenziali opportunità derivanti dal cambiamento delle condizioni climatiche. L'adattamento al cambiamento climatico richiede il riconoscimento dei rischi climatici e la revisione sistematica delle attività e delle modalità precedentemente impiegate per affrontare i rischi climatici, adattandole con flessibilità alle condizioni in fase di cambiamento, introducendo nuove strategie e misure di gestione del rischio e, se necessario, abbandonando pratiche non più funzionali. Poiché l'adattamento agisce principalmente **riducendo i fattori di rischio non climatici** (vulnerabilità, esposizione, altri fattori e processi non climatici), il presente rapporto non si limita ad analizzare i possibili pericoli legati al clima e le loro conseguenze, ma descrive anche i fattori di rischio non climatici e le possibilità di ridurli al minimo (si veda Figura 1).

Entrambe le strategie sono definite nell'**Accordo di Parigi sul clima** e considerate come equivalenti nella legge europea sul clima (articolo 2 e articolo 4), con effetti corrispondenti sulla loro integrazione orizzontale in vari ambiti politici, nonché sul loro ancoraggio verticale nei livelli politici a valle.

La Strategia di adattamento dell'UE del 2021 sottolinea la necessità di velocizzare in modo sistematico l'adeguamento ai cambiamenti climatici a tutti i livelli (UE, nazionale, regionale, locale) e in tutti i settori della società, con l'intento di creare a lungo termine una società resiliente al clima.

In linea con la prima strategia dell'UE del 2013, il Ministero **Italiano** dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (ex Ministero per la Transizione Ecologica) ha prima adottato la "Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici" e ha poi sviluppato il "**PNACC - Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici**" (MASE, 2023).

Anche altri Paesi hanno sviluppato strategie e piani di adattamento, alcuni dei quali sono già alla seconda edizione. Particolarmente significativo per il presente rapporto è il nuovo **Piano di adattamento austriaco** (Balas et al., 2024), le cui analisi e raccomandazioni sono rilevanti anche per l'Alto Adige per la similarità dei rischi climatici delle regioni alpine e sono state prese in considerazione di conseguenza nel presente rapporto.

La Provincia Autonoma di Bolzano non dispone ancora di una strategia o di un piano di adattamento ma, grazie al suo status di autonomia, vanta una serie di competenze in settori rilevanti per l'adattamento e dispone quindi un margine di manovra legale per attuare misure volte a ridurre l'esposizione e la vulnerabilità ai rischi climatici. Il **Piano Clima Alto Adige 2040** prevede come **misura** la creazione di una strategia di adattamento (misura fondamentale del campo d'azione 5.14 - Resilienza e adattamento).

Il presente **rapporto scientifico** ha lo scopo di concentrandosi pertanto sui **rischi climatici** che interessano ampie zone dell'Alto Adige o che colpiscono simultaneamente diversi sistemi, settori o campi d'azione e si diffondono a cascata. Questo studio è inoltre focalizzato sulle misure e sulle **strategie e di adattamento** (come gli strumenti politici) **che dovrebbero essere introdotte e implementate a livello provinciale**, piuttosto che sulle misure concrete (tecniche) per i singoli campi d'azione, che verranno sviluppate successivamente in **piani di adattamento dettagliati** per i singoli campi d'azione o in un **piano di adattamento integrato**, con indicazioni in merito a responsabilità, budget e tempistiche, nonché a un sistema di monitoraggio.

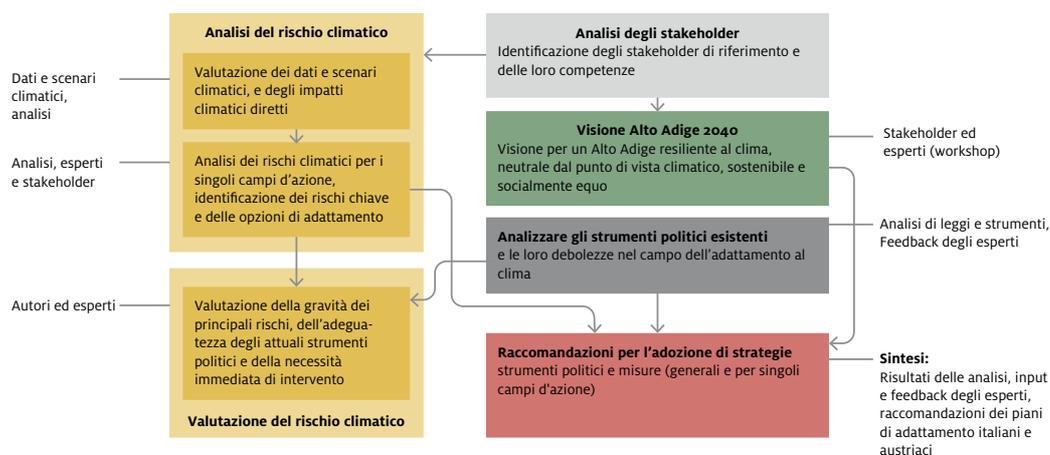
Il presente rapporto può e deve anche facilitare la pianificazione dell'adattamento a livello settoriale e comunale, laddove il quadro metodologico, i risultati dell'analisi dei rischi e le raccomandazioni rimangono pertinenti e applicabili. Tutti i dati climatici su cui si basa il presente rapporto sono inoltre disponibili anche a livello comunale sul sito <https://comuni.eurac.edu/adaptation> e possono essere utilizzati per i piani di adattamento comunali.

Il presente rapporto integra e amplia il **Rapporto sul clima in Alto Adige 2018** di Eurac Research (Zebisch et al., 2018), che descrive e analizza dettagliatamente i cambiamenti climatici e le loro conseguenze per l'Alto Adige. Gli indicatori utilizzati per questo rapporto sono gli stessi del portale *Climate-change monitoring* di Eurac Research, che ogni anno forniscono informazioni aggiornate sui cambiamenti climatici e sulle sue conseguenze in Alto Adige (cfr. <https://www.eurac.edu/it/data-in-action/monitoraggio-del-piano-clima-alto-adige>).

Il rapporto è il risultato di un progetto di ricerca di 1,5 anni finanziato dal programma di ricerca della Provincia di Bolzano con la partecipazione di 29 ricercatori e ricercatrici di Eurac Research provenienti da sette istituti e Centri centri. È stato coordinato dal Center for Climate Change and Transformation.

1.2 Quadro metodologico e flusso di lavoro

Il presente studio si basa su un quadro di riferimento per l'**analisi e la valutazione dei rischi climatici** sviluppato da Eurac Research e incorporato negli standard ISO pertinenti (ad es. ISO 14091) e in svariate linee guida come le note tecniche di orientamento UNDRR (UNDRR, 2022) o il GIZ Climate Risk Sourcebook (Zebisch et al., 2023). Il metodo sviluppato da Eurac Research è anche alla base dell'attuale studio sui rischi climatici dell'Agenzia europea dell'ambiente (European Environment Agency, 2024). Questo quadro metodologico è stato ulteriormente sviluppato per il presente studio e adattato al contesto altoatesino (si veda Figura 2).



L'**analisi dei rischi climatici** è fondata su un'analisi dei **pericoli legati al clima** e degli impatti climatici diretti, sulla base di una valutazione dei dati e degli scenari climatici (→ si veda capitolo 3). In una seconda fase, vengono analizzati i **rischi climatici** per i vari campi d'azione che ne derivano, ma che risultano anche da **fattori di rischio non climatici** (vulnerabilità, esposizione). Vengono inoltre identificati i rischi chiave (→ si veda capitolo 4).

Poiché il presente studio è incentrato sulla necessità di adottare strategie e strumenti generali, all'analisi dei rischi climatici è stata affiancata un'**analisi degli strumenti politici esistenti** (→ si veda capitolo 5). L'attenzione si è concentrata sull'identificazione dei punti deboli e delle lacune in materia di mitigazione dei rischi climatici nelle leggi, norme e nei regolamenti esistenti.

Basandosi sull'analisi dei rischi climatici e degli strumenti politici esistenti, gli esperti hanno **valutato la gravità dei rischi chiave**, l'adeguatezza degli attuali strumenti politici e l'**urgenza degli interventi** nell'ambito dello studio (→ si veda capitolo 6).

Oltre alle analisi effettuate, il progetto prevedeva un processo partecipativo per presentare e discutere i risultati preliminari, al fine di raccogliere e integrare ulteriori conoscenze ed esperienze pratiche, tenendone conto nei risultati. Nell'ambito di questo processo, sono stati organizzati tre workshop presso il Centro di Ricerca Eurac: un primo specialistico tenuto da esperti per discutere i risultati preliminari dell'analisi dei rischi climatici; un workshop sul futuro con associazioni, rappresentanti della società civile e stakeholder per sviluppare una strategia futura per un Alto Adige resiliente al clima; e un terzo workshop conclusivo con rappresentanti dell'amministrazione provinciale, per elaborare misure di adattamento per l'Alto Adige. La **visione positiva per un Alto Adige resiliente al clima, neutrale dal punto di vista climatico, sostenibile e socialmente giusto**, sviluppata nell'ambito del workshop sul futuro, funge da linea guida per lo studio e da cambio di prospettiva per distogliere l'attenzione dalla mera protezione dello status quo e dalle misure necessarie per raggiungerlo e indirizzarla verso ciò che è auspicabile in termini di trasformazione sociale ed ecologica.

Concludendo, le analisi e i risultati individuali dei tre workshop sono stati utilizzati per ricavare **proposte d'intervento** per strategie e misure a livello generale e per singoli campi d'azione (→ si veda capitolo 7). Ispirate alla letteratura scientifica e ai piani di adattamento nazionali (Italia, Austria), le proposte sono state avanzate dal team di ricerca dello studio e ulteriormente sviluppate in tre workshop con esperti provinciali e stakeholder. I risultati di questo processo sono stati infine riassunti e strutturati nello studio.

Bibliografia

- Balas, M., Lexer, W., Neumann, H., Offenzeller J.M., Völler, S., Vollgruber, D., 2024. Die Österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Wien, Österreich.
- European Environment Agency, 2024. European climate risk assessment: executive summary. Publications Office, LU.
- MASE, 2023. PNACC. Ministro dell'ambiente e della sicurezza energetica.
- UNDRR, 2022. Technical Guidance on Comprehensive Risk Assessment and Planning in the Context of Climate Change. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.
- Zebisch, M., Terzi, S., Pittore, M., Renner, K., Schneiderbauer, S., 2022. Climate Impact Chains—A Conceptual Modelling Approach for Climate Risk Assessment in the Context of Adaptation Planning, in: *Climate Adaptation Modelling*, Springer Climate. Springer International Publishing, Cham, pp. 217–224. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86211-4_25
- Zebisch, M., Vaccaro, R., Niedrist, G., Schneiderbauer, S., Streifeneder, T., Weiß, M.L., Troi, A., Renner, K., Pedoth, L., Baumgartner, B., Bergonzi, V., 2018. Rapporto sul clima 2018. Bolzano: Eurac Research.
- Zebisch, M., Renner, K., Pittore, M., Fritsch, U., Fruchter S.R., Kienberger, S., Schinko, T., Sparkes, E., Hagenlocher, M., Schneiderbauer, S. and Delves, J.L. (2023). *Climate Risk Sourcebook*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Bonn.

2 Visione futura 2040

Autrici e autore: Federica Maino, Lydia Pedoth, Michael Pörnbacher

Un ingrediente necessario per portare un cambiamento positivo in una specifica direzione è avere una visione futura chiara e condivisa. Una visione condivisa può cambiare il mondo.

Costanza & Kubiszewski, 2014

Le attitudini contemporanee più diffuse nel guardare al futuro sono principalmente due (Poli, 2017): da una parte quella di vedere il futuro come una diretta continuazione del presente, secondo la quale le sfide che si presenteranno saranno affrontate e risolte da scienza e tecnologia, da impegno e organizzazione; dall'altra l'attitudine che guarda al futuro dal punto di vista dei problemi attuali e li vede come ineluttabilmente destinati ad aggravarsi.

Affrontare esplicitamente e con appropriati strumenti metodologici il futuro consente di *'lavorare'* attivamente con esso, in modo critico e creativo. Il "backcasting", termine coniato da John B. Robinson (1982), è uno degli strumenti metodologici più noti negli studi di futuro. È uno strumento che permette di collegare un futuro desiderabile di lungo periodo al presente, identificando all'indietro le "condizioni abilitanti" che lo rendono possibile.

Un totale di 31 persone in rappresentanza delle diverse organizzazioni operanti in Alto Adige ha partecipato al workshop "Laboratorio di futuro" tenutosi il 7 marzo 2024 presso Eurac Research. L'obiettivo del workshop era creare un momento di riflessione collettiva per identificare una visione futura a lungo termine che potesse indirizzare il cambiamento verso una direzione desiderabile, con e nonostante il cambiamento climatico. Inoltre, il workshop mirava a dare un contributo alla definizione della strategia di adattamento della Provincia autonoma di Bolzano tenendo conto di un vasto ventaglio di punti di vista.

Guidato da un team di ricercatrici e ricercatori, il gruppo è stato invitato a immaginare dei futuri possibili in relazione a sei principali attività svolte quotidianamente da ogni persona che vive in Alto Adige:

- lavorare e produrre
- abitare
- muoversi
- alimentarsi e mantenersi in salute
- trascorrere il tempo libero, godere del paesaggio e valorizzarlo
- istruirsi, creare cultura e fruirne, comunicare

Nella prima parte del workshop, i partecipanti e le partecipanti, suddivisi in gruppi tematici, sono stati accompagnati a riflettere sui principali rischi climatici che possono avere un impatto sul tema prescelto, e a seguire sono stati invitati a definire una visione di futuro desiderabile al 2040, di cui si riporta una sintesi di seguito. Nella seconda parte del workshop, sono state definite concretamente le condizioni intermedie, al 2026 e al 2030, necessarie per rendere possibili tali visioni.

"Corre l'anno 2040 ...

.. le città e i paesi dell'Alto Adige si distinguono per il verde che si estende a perdita d'occhio, grazie alla riduzione delle superfici impermeabili, alla **rinaturalizzazione** e all'**inverdimento dei tetti**. Il concetto di "**città spugna**", capace di assorbire, trattenere e filtrare le acque, non è più una visione futura, ma una

realtà. Gli alloggi sono accessibili a chiunque, grazie anche all'abitare multigenerazionale. Lo **spazio abitativo condiviso** porta a un utilizzo più efficiente degli edifici, e favorisce l'interazione sociale. L'economia è resiliente, minimizzando i rischi climatici. Si distingue per la **diversificazione**, la **circolarità**, l'orientamento regionale, l'autosufficienza, l'uso equo delle risorse, e l'**inclusione sociale**. La sostenibilità è integrata nella produzione e fornitura di prodotti e servizi, regolata da una legge sulla sostenibilità delle catene di approvvigionamento. Le "monocolture economiche", la pianificazione settoriale e la dipendenza dall'idroelettrico sono state superate. Si favorisce l'uso del **fotovoltaico** e i **bacini idrici** sono **multiuso** per mitigare i conflitti legati alla scarsità d'acqua. Sono in vigore limiti di espansione basati su un'equa ripartizione delle risorse idriche. Per esempio, il numero di posti letto nel settore turistico è regolamentato. Grazie a una **pianificazione integrata ed efficiente delle zone di pericolo**, i **rischi per gli insediamenti** e le **infrastrutture** sono **ridotti al minimo**. La politica di finanziamento prevede una valutazione climatica necessaria per ogni tipo di investimento.

La qualità della vita è migliorata, riflettendosi sulla salute generale della popolazione. **Orari di lavoro flessibili** e ridotti favoriscono l'equilibrio tra vita professionale e personale, e **misure contro il caldo** e la siccità aumentano la sicurezza sul lavoro. Un reddito di base completa queste misure.

Negli spostamenti quotidiani, camminare è la normalità. Il 50 % di auto in meno, e la **riduzione degli spostamenti**, sono la naturale conseguenza dell'applicazione del lavoro flessibile, di nuovi modelli di mobilità e della **digitalizzazione dei servizi**. Il **trasporto pubblico**, le auto a guida autonoma e forme di **mobilità condivisa** - come il car pooling o il car sharing - sono diffuse anche nelle aree rurali. Le famiglie investono in servizi condivisi piuttosto che in auto private, riducendo i costi associati. Le infrastrutture sono adattate al clima, per esempio **le piste ciclabili** sono **ombreggiate** in modo tale da poterle percorrere anche in estate. I **servizi** provinciali **decentrati** riducono la necessità di spostarsi fino ai principali centri urbani, e lo stesso vale per altri servizi come uffici postali e negozi. Tutto ciò consente alle persone di percorrere distanze più brevi per le necessità quotidiane, evitare spostamenti inutili, e avere più tempo per svolgere altre attività.

Alimentazione, consumo e salute sono sinergici, basati su tecnologie che migliorano la resilienza agli effetti dei cambiamenti climatici. **Nuovi stili alimentari** includono un incremento dell'alimentazione vegetariana e l'uso di fonti proteiche alternative, oltre a modalità che richiamano la tradizione locale, utilizzando integralmente tutti gli ingredienti, ed evitando la produzione di scarti. Alimenti di importazione estera ad alto impatto ambientale sono meno disponibili. La produzione agricola locale si concentra su **culture resistenti agli estremi climatici**, con meleti e vigneti supportati da **tecnologie di monitoraggio** per il controllo delle malattie delle piante e la **gestione intelligente dell'acqua**. Il design delle colture è ripensato evitando le monocolture e integrando soluzioni ispirate alla natura che contribuiscono alla biodiversità, come l'inserimento di **corridoi verdi** tra i campi e sistemi di agrivoltaico per la produzione di energia rinnovabile. Il sistema sanitario è integrato con il settore ambientale, grazie a una rete per la sorveglianza e il monitoraggio di salute e ambiente, che intercetta rapidamente nuovi patogeni, parassiti e virus.

Il turismo e le attività ricreative promuovono una cultura di preparazione e resilienza agli eventi climatici estremi attraverso l'**informazione** e la **sensibilizzazione** della popolazione locale e degli ospiti. Il monitoraggio in tempo reale consente una gestione efficiente dei flussi di informazione e dei **sistemi di allerta**, garantendo una migliore prontezza di risposta.

Il turismo invernale si basa su flessibilità e sostenibilità, adattando l'offerta turistica alle condizioni climatiche e riducendo l'impatto ambientale. Per esempio, l'**apertura delle stazioni sciistiche** si basa sulle **effettive condizioni di innevamento**, e non è più consentita la costruzione di impianti di risalita al di sotto di determinate altitudini, o sotto determinate soglie di bilanci nevosi. L'uso del suolo per le strutture ricreative è ridotto, con **bacini di ritenzione** costruiti anche su terreni privati che permettono di accumulare **acqua piovana**, di mitigare i rischi di alluvioni, di fungere da habitat per la fauna e la flora locale e, ove possibile, di offrire anche opportunità ricreative per la comunità locale.

La **democrazia partecipativa** e la corresponsabilità sono valori centrali, con trasparenza nella comunicazione grazie a un **uso intelligente dello smartphone** che consente di avere accesso istantaneo a una vasta gamma di dati e notizie. La comunicazione non è polarizzata, evitando così la divisione e la creazione di fazioni contrapposte. Ogni individuo si sente coinvolto e responsabile di ciò che accade nel proprio territorio. La cultura assume un ruolo fondamentale come motore di cambiamento sociale, stimolando il dibattito e promuovendo un'evoluzione positiva della comunità. Si è consapevoli di essere parte di una società migratoria, generata dai cambiamenti climatici che spingono le persone a spostarsi dal sud al nord. La psicologia del clima si occupa dell'impatto emotivo e psicologico del clima sulle persone.

Nel 2040, la qualità della vita in Alto Adige è significativamente migliorata grazie a un rinnovato rapporto tra essere umano e natura, una diversità e varietà di paesaggi che si integrano armoniosamente, e una società più informata, partecipe, consapevole e organizzata per affrontare i rischi climatici.”

Bibliografia

- Poli, R., 2017: STRATEGIE DI FUTURO IN CLASSE Esperienze, metodi, esercizi. IPRASE - Istituto Provinciale per la Ricerca e la Sperimentazione Educativa.
- Robinson, J.B., 1982: Energy backcasting A proposed method of policy analysis - Energy Policy, Vol. 10, Issue 4, P. 337-344

Corre l'anno 2040...



*L'Alto Adige
ha messo in
campo soluzioni e
processi capaci di
affrontare i rischi climatici
e la qualità di vita è
significativamente migliorata!*

3 Cambiamenti climatici, idrologia e pericoli naturali

Autrici e autore: Alice Crespi, Giacomo Bertoldi, Viola Ducati, Chiara Crippa

3.1 Cosa sappiamo dal Rapporto sul clima Alto Adige 2018

Dal 1966 al 2015, l'Alto Adige ha registrato un aumento di temperatura media di circa + 2,2 °C in estate e + 0,8 °C in inverno sulla base delle osservazioni di sei stazioni meteorologiche fornite Ufficio meteorologia e prevenzione valanghe della Provincia autonoma di Bolzano. Gli incrementi più rilevanti si sono registrati a Bolzano e Bressanone dove la temperatura media estiva è aumentata di circa 3 °C e si sono avute temperature record nel 2003 e nel 2015. Le variazioni di temperatura sono in linea con il quadro globale: a fronte di un aumento di circa 1 °C della temperatura media globale dal periodo preindustriale, il riscaldamento è stato maggiore per il continente europeo e in particolare per le Alpi, con un tasso di riscaldamento circa doppio rispetto a quello globale. Gli scenari climatici futuri, calibrati mediante una procedura di *bias correction*, sulle sei stazioni meteorologiche considerate mostrano un ulteriore riscaldamento al 2100, più accentuato per lo scenario di emissione RCP 8.5 che non prevede misure di mitigazione. Dal 2011 al 2050, si stima un aumento tra +1,4 °C e +1,6 °C per le temperature estive e tra +1,1 °C e +1,3 °C per quelle invernali. Entro il 2100 lo scenario RCP 8.5 riporta +5,4 °C in estate e +4,7 °C in inverno. Gli episodi di temperatura estremamente elevata diventano più frequenti. Ovunque in Alto Adige si assiste anche a un innalzamento delle temperature estreme come mostrato per esempio dall'aumento dei "giorni estivi" e delle "notti tropicali" e dalla riduzione dei "giorni di gelo" in cui le temperature scendono sotto 0 °C. Questo segnale è riportato per tutte e sei le località analizzate, anche per quelle montane come Sesto.

La variabilità interannuale delle precipitazioni è più elevata e i totali annuali e stagionali osservati negli ultimi decenni non mostrano trend. Le proiezioni al 2100 riportano per le stazioni considerate una debole tendenza all'aumento delle precipitazioni invernali. Secondo gli esperti, le esperte e le analisi condotte sui dati disponibili è anche possibile un aumento dell'intensità e della frequenza delle piogge estreme, tuttavia ulteriori analisi sono necessarie per verificare tale tendenza. Condizioni di siccità in Alto Adige possono diventare più frequenti in futuro, in particolare nei mesi estivi. Temperature più elevate comportano infatti un maggiore perdita d'acqua per evaporazione dal terreno e traspirazione della vegetazione (evapotraspirazione).

3.2 Aggiornamenti: dati e metodi

Analisi aggiornate sono state condotte usando le osservazioni meteorologiche giornaliere di temperatura e precipitazione di oltre 80 siti di misura in Alto Adige fornite dall'Ufficio di meteorologia e prevenzione valanghe della Provincia autonoma di Bolzano e integrate con i dati di vicini siti in Trentino, Svizzera e Austria. I dati dal 1980 a oggi sono stati interpolati su tutto l'Alto Adige mediante una procedura geostatistica su una griglia di 1 km di risoluzione (Crespi et al., 2021). Prima dell'interpolazione, tutte le serie osservative sono state controllate per rimuovere eventuali errori di misura e per verificare l'omogeneità temporale. I dati interpolati forniscono informazioni per ogni punto del territorio e permettono di estrarre un valore medio regionale più rappresentativo e robusto rispetto a quello basato su singole stazioni di misura.

Analogamente al Rapporto del 2018, le proiezioni climatiche di temperatura e precipitazione giornaliere sono state estratte dall'archivio EURO-CORDEX (Jacob et al., 2014) per gli stessi scenari, RCP 4.5 e RCP 8.5, dal 1971 al 2100. In questo caso, le proiezioni sono state elaborate per aumentare la risoluzione spaziale da circa 12 km a 1 km ed è stato applicato il metodo del "Quantile Delta Mapping" (QDM) per correggere i valori dei modelli sulla base delle osservazioni grigliate ma preservandone il trend sul lungo periodo (Cannon et al., 2015). Questo passaggio permette di ridurre gli errori sistematici presenti nelle simulazioni modellistiche e in larga misura dovuti alla limitata risoluzione spaziale dei modelli, che non fornisce un'adeguata rappresentazione delle caratteristiche climatiche locali, soprattutto in aree montane dall'orografia complessa.

L'insieme dei modelli (*ensemble*) include 15 diversi modelli per la temperatura e 11 diversi modelli per la precipitazione, per entrambi gli scenari.

Le osservazioni e le proiezioni a 1 km sono state usate per calcolare e analizzare diversi indicatori climatici, alcuni già considerati nel Rapporto del 2018. Uno dei vantaggi offerti dai dati spazializzati è la possibilità di elaborare mappe e di differenziare i risultati, per esempio per aree comunali o fasce di quota. La lista degli indicatori considerati è riportata in Tabella 1. Le elaborazioni per alcuni indicatori sono disponibili sulla piattaforma di Eurac Research per il Monitoraggio dei cambiamenti climatici in Alto Adige (<https://www.eurac.edu/it/data-in-action/monitoraggio-dei-cambiamenti-climatici>).

Tabella 1: lista degli indicatori climatici considerati e loro descrizione

Indicatore	Descrizione
Temperatura media annuale	Media annuale della temperatura media giornaliera
Temperatura media stagionale	Media della temperatura giornaliera in estate (da giugno ad agosto) e inverno (da dicembre a febbraio)
Precipitazione totale annuale	Cumulata annuale della precipitazione giornaliera
Precipitazione totale stagionale	Cumulata della precipitazione giornaliera su sei mesi <i>estivi</i> (da aprile a settembre) e su sei mesi <i>invernali</i> (da ottobre a marzo)
Notti tropicali	Totale dei giorni in un anno con temperatura minima ≥ 20 °C
Ondate di calore	Numero di giorni in un anno in periodi di almeno sei giorni consecutivi in cui la temperatura massima rimane superiore al 90° percentile calcolato su una finestra di cinque giorni centrata sul giorno in esame e sul periodo di riferimento
Giorni di gelo	Totale dei giorni in un anno in cui la temperatura minima < 0 °C
Gradi giorno di raffrescamento	Somma dello scarto giornaliero tra le temperature e una temperatura di soglia (22 °C) da aprile a settembre
Massimo annuale delle precipitazioni giornaliere	Valore massimo delle precipitazioni giornaliere registrate in un anno
Totale annuale delle precipitazioni intense	Somma annuale delle precipitazioni giornaliere che superano il 95° percentile calcolato sul periodo di riferimento e sui soli giorni piovosi (> 1 mm)

Frequenza annuale delle precipitazioni intense	Numero dei giorni in un anno in cui la precipitazione è superiore al 95° percentile calcolato sul periodo di riferimento e sui giorni piovosi (> 1 mm)
Intensità media della precipitazione giornaliera	Media della precipitazione giornaliera per i soli giorni piovosi (> 1 mm)
Durata dei periodi secchi	Durata massima annuale dei periodi consecutivi senza pioggia
SPI	Scarti normalizzati delle precipitazioni cumulate su un certo periodo (per esempio 12 mesi) rispetto ai valori medi di riferimento
SPEI	Scarti normalizzati del bilancio tra precipitazione ed evapotraspirazione potenziale cumulato su un certo periodo (per esempio 12 mesi) rispetto ai valori medi di riferimento

Nel seguito le variazioni future sono state calcolate per il breve termine (2021 – 2040) e medio termine (2041 – 2060) rispetto al periodo di riferimento 1981 – 2010. I valori riportati si riferiscono alla mediana dell'insieme delle simulazioni. Gli scenari RCP 4.5 e RCP 8.5 sono confrontabili nel breve termine e mostrano differenze modeste solo nel medio termine. Per i risultati relativi al 2021 – 2040 non viene distinto lo scenario, mentre RCP 8.5 può essere considerato un limite massimo per le proiezioni al 2060. Quando non diversamente specificato, i valori riportati rappresentano la media spaziale su tutto l'Alto Adige.

3.3 Aggiornamenti: risultati

Temperatura media

Dal 1980 al 2022, l'Alto Adige ha registrato un aumento significativo della **temperatura media annuale** di circa 2 °C, con un trend di circa +0,5 °C al decennio. Il 2022 è stato l'anno più caldo dal 1980, con un'anomalia di circa +1,9 °C rispetto alla media trentennale 1981-2010. Inoltre, le **temperature medie estive e invernali** hanno subito un significativo aumento, con +0,6 °C e +0,3 °C al decennio, rispettivamente.

Per il futuro a breve termine (2021-2040), si prevede un ulteriore aumento della temperatura media annuale di circa 1 °C in entrambi gli scenari, mentre, per il futuro a medio termine (2041-2060), la previsione varia tra +1,5 °C (RCP 4.5) e +2 °C (RCP 8.5) rispetto al 1981-2010 (Figura 3). L'insieme dei modelli riporta incrementi medi confrontabili per le temperature medie in estate e inverno.

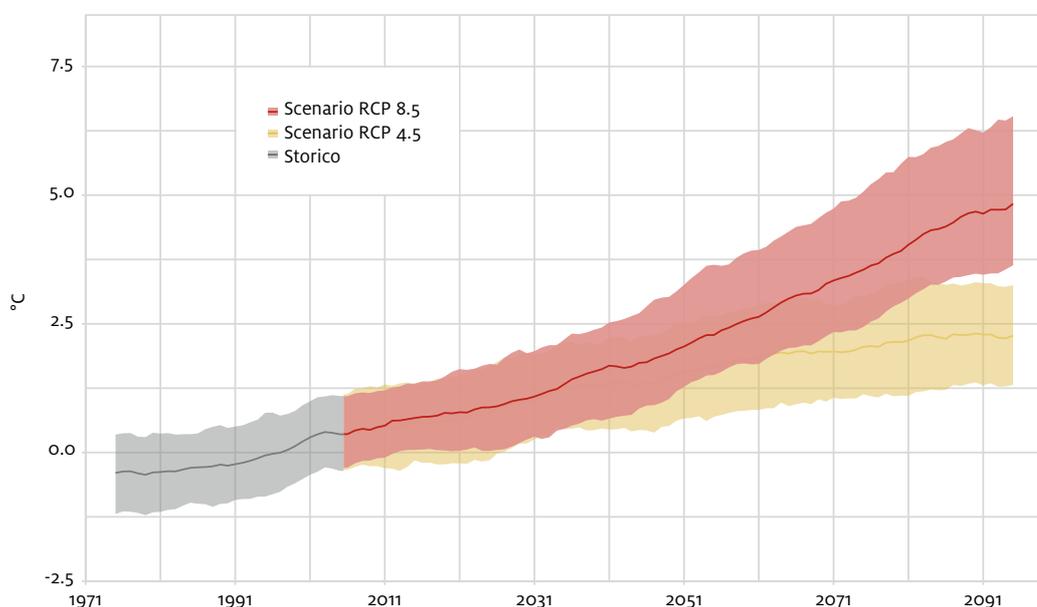


Figura 3: Proiezioni climatiche delle anomalie di temperatura media annuale in Alto Adige rispetto alla media del trentennio 1981 – 2010 (i valori annuali sono filtrati mediante una media mobile su dieci anni). La linea centrale rappresenta la mediana dei modelli, mentre le aree colorate si estendono dal 5 al 95 percentile delle proiezioni

Estremi di temperatura

Il numero di giorni caratterizzati da **ondate di calore** è più che raddoppiato dal 1980 a oggi. Fino a oggi, il 2015 è stato l'anno con il maggior numero di giorni interessati da ondate di calore, seguito dal 2003. Nel futuro a breve termine (2021 – 2040), potrebbero verificarsi 15 giorni in più di ondate di calore rispetto al 1981-2010, e, per il futuro a medio termine (2041 – 2060), si prevedono mediamente circa 30 (RCP 4.5) e 40 (RCP 8.5) giorni di ondate di calore all'anno.

Dal 1980 al 2022, si è registrato un aumento di circa cinque **notti tropicali** in un anno nelle aree a quote inferiori a 500 m. L'anno 2015 ha registrato il maggior numero di notti tropicali dal 1980, seguito dal 2003 e dal 2019. A Bolzano, nel 2015, si sono registrate 25 notti tropicali e l'aumento dal 1980 al 2022 è stato di circa dieci notti in un anno. Per il futuro a breve termine (2021 – 2040), per le aree a quote inferiori a 500 m si prevede un aumento medio di circa sei notti tropicali all'anno e tra 12 e 14 notti, in base allo scenario, per il futuro a medio termine (2041 – 2060).

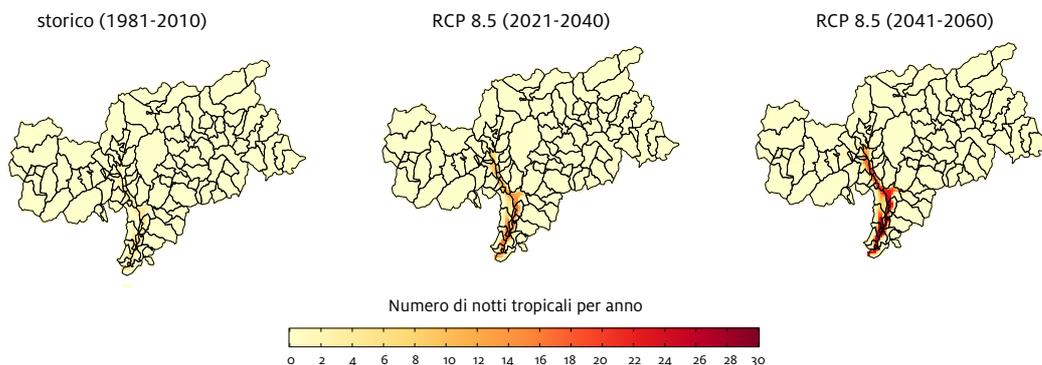


Figura 4: Numero medio delle notti tropicali in un anno in Alto Adige nel periodo storico 1981-2010 e nel 2021 – 2040 e 2041 – 2060 secondo lo scenario RCP 8.5

Anche i **giorni di gelo** stanno diminuendo costantemente a tutte le fasce di quota. Dal 1980, la riduzione dei giorni di gelo in un anno è stata di circa 30 per le aree a quote inferiori a 500 m e circa 40 per le aree oltre 1000 m. L'anno con il minor numero di giorni di gelo è stato il 2014. Entro il 2060, si prevede una riduzione sostanziale dei giorni di gelo, con una persistenza solo alle quote superiori a 3000 m (RCP 8.5). I **gradi giorno di raffrescamento** sono generalmente usati per stimare il consumo energetico per il raffreddamento degli edifici. L'indicatore è aumentato del 30 % dal 1980 a oggi per la stazione di Bolzano, con il valore record nel 2022, seguito dal 2003. Per il futuro a breve termine (2021-2040), si prevede un ulteriore aumento del 30 % e, per il futuro a medio termine (2041-2060), tra il 48 % (RCP 4.5) al 56 % (RCP 8.5) rispetto al periodo di riferimento 1981 – 2010.

Precipitazione

Le osservazioni per la **precipitazione annuale e stagionale** non mostrano variazioni significative negli ultimi decenni, se non una debole tendenza all'aumento delle precipitazioni da ottobre a marzo, e con una notevole variabilità interannuale. Le previsioni future indicano un debole aumento delle precipitazioni annuali a scala regionale, con una variazione di circa +2 % e +5 % nel breve e medio termine secondo lo scenario RCP 4.5. Non si prevedono variazioni significative per le precipitazioni estive (da aprile a ottobre), seppur con una lieve riduzione nel medio termine, soprattutto nello scenario RCP 8.5. È interessante notare che, sebbene la mediana delle variazioni estive sia di pochi punti percentuali, il range dei modelli nel medio termine riporta anche riduzioni di oltre il 10 %, in particolare nello scenario RCP 8.5 (Figura 5). In inverno le variazioni sono più marcate e tutti i modelli riportano aumenti nel breve e medio termine (+4 % e +10 % per entrambi gli scenari).

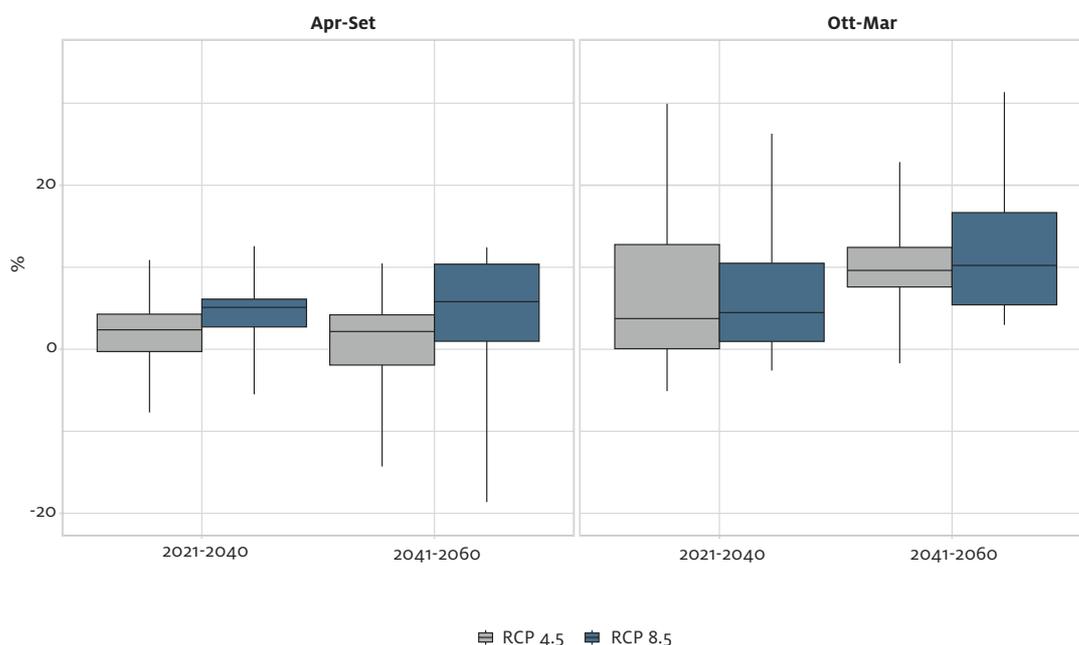


Figura 5: Boxplot delle variazioni relative nel breve e medio termine delle precipitazioni stagionali in Alto Adige, rispetto al 1981 – 2010 e secondo i due scenari. La linea orizzontale rappresenta la mediana delle simulazioni, i box si estendono sull'intervallo interquartile, mentre le linee verticali dal minimo al massimo valore

Siccità

I **periodi asciutti**, in termini di durata, non riportano variazioni significative sia nelle osservazioni che nelle proiezioni. Tuttavia, come conseguenza dell'effetto dell'innalzamento delle temperature sull'evapotraspirazione, si prevede un aumento delle condizioni di deficit nel bilancio idrico nei prossimi decenni. Secondo l'indicatore **SPEI a 12 mesi**, i mesi caratterizzati da severe condizioni di siccità sono previsti aumentare in entrambi gli scenari. Nel 2041-2060 potrebbero essere più di 15 i mesi caratterizzati da deficit severo (SPEI < -2) nello scenario peggiore e oltre dieci secondo lo scenario RCP 4.5. Al contrario, secondo l'indicatore **SPI a 12 mesi**, basato solo sulle precipitazioni cumulate, le proiezioni indicano un aumento dei mesi caratterizzati da surplus di precipitazioni. Il confronto tra i due indicatori suggerisce come l'aumento delle temperature svolga un ruolo predominante nel determinare le condizioni di siccità, anche a fronte di una modesta flessione delle piogge annuali. È importante sottolineare che il calcolo di SPEI presuppone una disponibilità illimitata di umidità per l'evapotraspirazione, con una possibile amplificazione della severità delle condizioni siccitose stimate. Le proiezioni future devono pertanto essere interpretate come un tetto massimo alla variazione attesa degli eventi di siccità nella regione. Le stesse conclusioni sono valide anche per SPI e SPEI calcolati per periodi più brevi (per esempio tre mesi).

Precipitazione intensa

Le precipitazioni intense mostrano variazioni annuali contenute dal 1980 a oggi. I **massimi annuali della precipitazione giornaliera** riportano cambiamenti inferiori al 10 % per decennio con segnali di aumento prevalentemente nella parte centrale e orientale del territorio e riduzioni in quella occidentale, ma senza significatività statistica. Analizzando le variazioni sulle serie di 32 stazioni osservative in Alto Adige a partire dal 1956, i trend dei massimi annuali sono prevalentemente positivi e significativi in dieci stazioni (Figura 6). Le proiezioni riportano un aumento a scala regionale sia nel breve che medio termine (+7 % per RCP 4.5 e +11 % per RCP 8.5 entro il 2060). Analoghe variazioni sono previste per i **totali annuali delle precipitazioni più intense** (+19 % e +24 % entro il 2060 a seconda dello scenario) e un debole aumento nella loro **frequenza**.

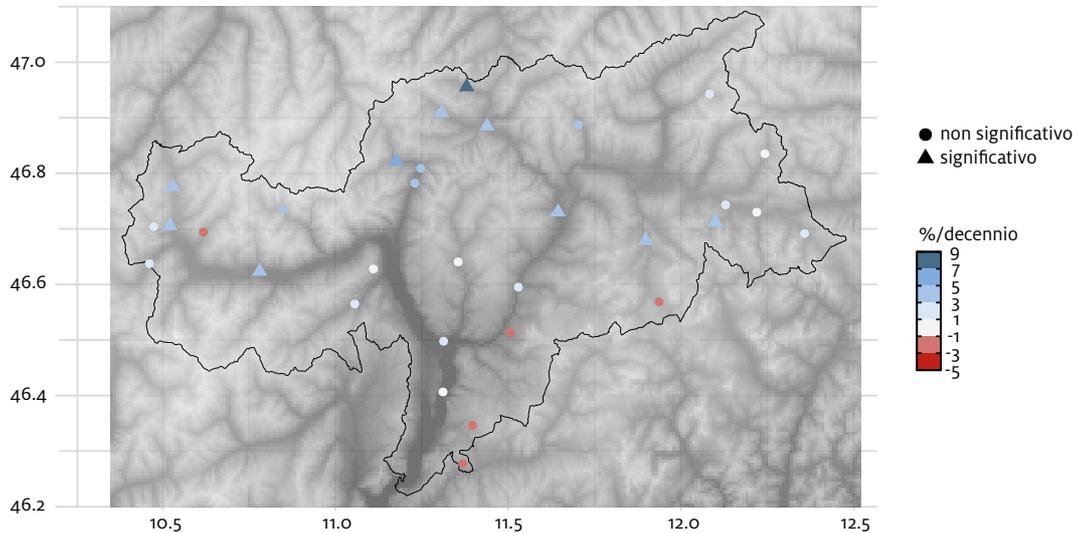


Figura 6: Trend dei massimi annuali di precipitazione giornaliera dal 1956 al 2020 per 32 stazioni di misura in Alto Adige. I triangoli rappresentano i siti in cui il trend è statisticamente significativo (p -value < 0.05). I trend sono espressi in variazioni percentuali per decennio rispetto al valore medio su tutto il periodo

I cambiamenti delle precipitazioni potrebbero anche riguardare la loro **distribuzione stagionale**. Suddividendo i dati osservativi spazializzati in due ventenni successivi (1980 – 2000 e 2001 – 2022), si nota un aumento nei mesi autunnali e invernali non solo della precipitazione totale mensile ma anche dell'**intensità media giornaliera delle piogge** (Figura 7a). Tale segnale è anche confermato dai valori del 99° percentile delle precipitazioni calcolati per ogni giorno dell'anno nei due periodi che risultano superiori nel ventennio più recente nei mesi tardo autunnali e invernali. Queste variazioni possono avere importanti implicazioni anche sulla distribuzione annuale dei pericoli naturali connessi alle piogge intense (Figura 7b). Nelle proiezioni per il futuro a breve (2021-2040) e medio (2041-2060) termine per entrambi gli scenari le precipitazioni totali mensili e l'intensità media giornaliera potrebbero aumentare in particolare tra il tardo autunno e l'inizio della primavera e rimanere invariate o subire una debole riduzione nella tarda primavera ed estate.

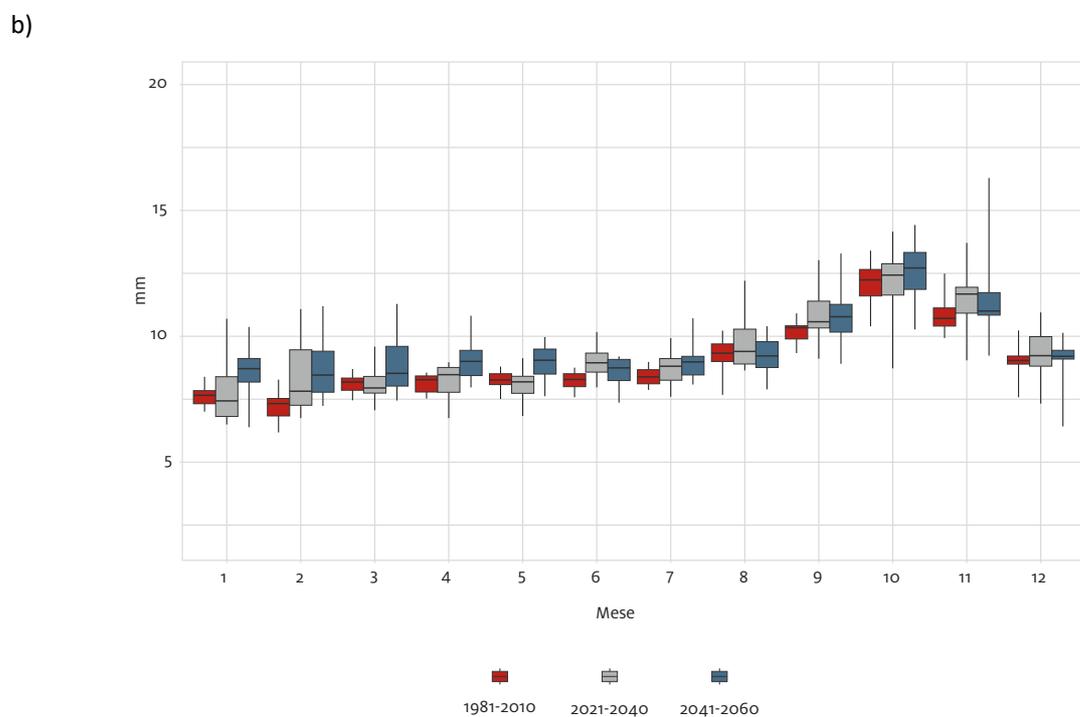
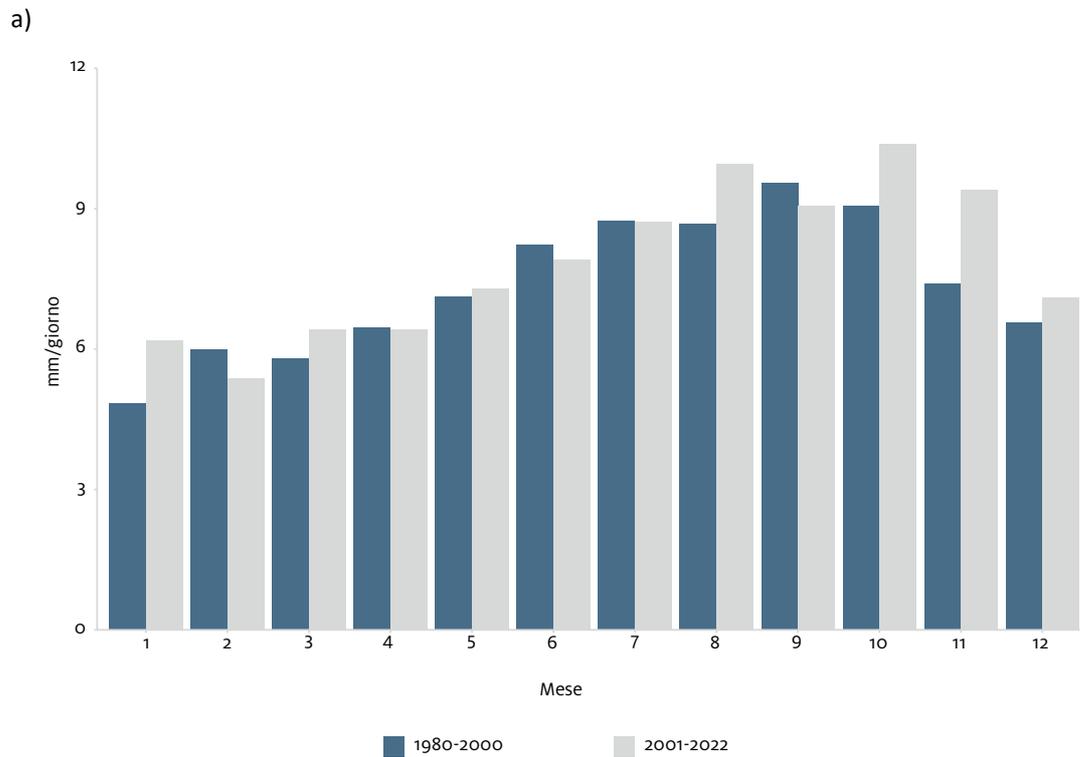


Figura 7: In a) Intensità media mensile della precipitazione giornaliera nel 1980-2000 e 2001 – 2022 a confronto; in b) boxplot delle proiezioni per l'intensità media mensile secondo lo scenario RCP 8.5. Nel boxplot, la linea orizzontale riporta la mediana dei modelli, i box si estendono sull'intervallo interquartile, le barre verticali dal minimo al massimo valore

3.4 Processi idrologici

L'Alto Adige gode di un importante patrimonio idrico, composto da diverse componenti chiave:

Neve

Per l'Alto Adige la neve è di straordinaria importanza, innanzitutto per la sua funzione di serbatoio naturale: la neve immagazzina l'acqua delle precipitazioni invernali e la libera nuovamente con il disgelo, all'inizio del periodo vegetativo. La componente nivale è fondamentale per la maggior parte dei torrenti in provincia e ne determina il regime. Il contributo della fusione nivale è importante anche per il bilancio idrico del suolo, per la vegetazione e, di conseguenza, per le attività agricole. La quantità d'acqua che viene accumulata sotto forma di neve supera di gran lunga il volume idrico di tutti gli invasi artificiali dell'Alto Adige.

Negli ultimi 40 anni, l'altezza della neve è diminuita nella maggior parte delle stazioni di misurazione, ma con differenze a seconda del mese, dell'altitudine e della posizione. Nei 28 siti che forniscono serie temporali più o meno complete dal 1981 al 2020, la neve è diminuita in inverno (da dicembre a marzo), specialmente sotto i 1500 m. Tra i 1500 e i 2000 m invece diminuzioni e aumenti si bilanciano. Inoltre, dalle osservazioni si possono ipotizzare alcune tendenze geografiche: la neve è diminuita a nord e a est, mentre a sud e ovest è aumentata. Per esempio, a Slingia, a ovest della provincia (1690 m), l'altezza media della neve in febbraio è aumentata da 48 a 63 cm, mentre al lago di Neves nel nord-est (1860 m) è diminuita da 86 a 66 cm. Nessun aumento è stato osservato alla fine della stagione, che corrisponde al mese di aprile o maggio a seconda della quota. La neve è in media del tutto scomparsa nell'ultimo mese della stagione. Per esempio, a Sesto o a Pennes, dove quarant'anni fa erano normali da 7 a 24 cm di neve in aprile, oggi in aprile non c'è più neve e lo stesso succede mediamente nelle altre località sotto i 1500 m. Il limite principale di queste osservazioni è che si basano esclusivamente su misurazioni al di sotto dei 2000 m, data la mancanza in Alto Adige di lunghe serie osservative al di sopra di questa quota. Informazioni sulla copertura nevosa anche alle quote più elevate possono essere integrate dalle osservazioni satellitari ma solo per gli ultimi vent'anni. La copertura nevosa invernale in Alto Adige sopra i 2000 m è quasi stabile dal 2003 a oggi, mentre una debole riduzione emerge per le quote inferiori, in linea con le tendenze misurate dalle osservazioni al suolo (<https://www.eurac.edu/it/data-in-action/monitoraggio-dei-cambiamenti-climatici/copertura-nevosa-e-sue-variazioni>).

Per quanto riguarda le nevicate, la neve fresca accumulata per stagione è diminuita del 75 % nella città di Bolzano e del 46 % a Trento tra il 1980 e il 2020, rappresentando una tendenza significativa nel periodo considerato. Questa diminuzione è osservabile anche in altre località come San Candido, Andalo e Rabbi, con riduzioni rispettivamente del 26 %, 21 % e 29 % nelle nevicate (Figura 8).

Questi dati sono attribuiti all'aumento generale delle temperature, causato dal cambiamento climatico. L'aumento medio della temperatura nelle 18 stazioni monitorate è stato di 1,54 °C, risultando in un cambiamento nella forma delle precipitazioni, che tendono a essere più liquide soprattutto alle quote più basse. Nonostante un aumento complessivo delle precipitazioni stagionali, queste si manifestano principalmente sotto forma di pioggia anziché neve.

Tuttavia, sono stati registrati alcuni casi di aumento delle nevicate a quote elevate, intorno o sopra i 2000 m, ma solo nei mesi centrali dell'inverno, dovuti al mantenimento di temperature sufficientemente fredde per consentire la caduta di neve anziché pioggia (Bertoldi et al., 2023).

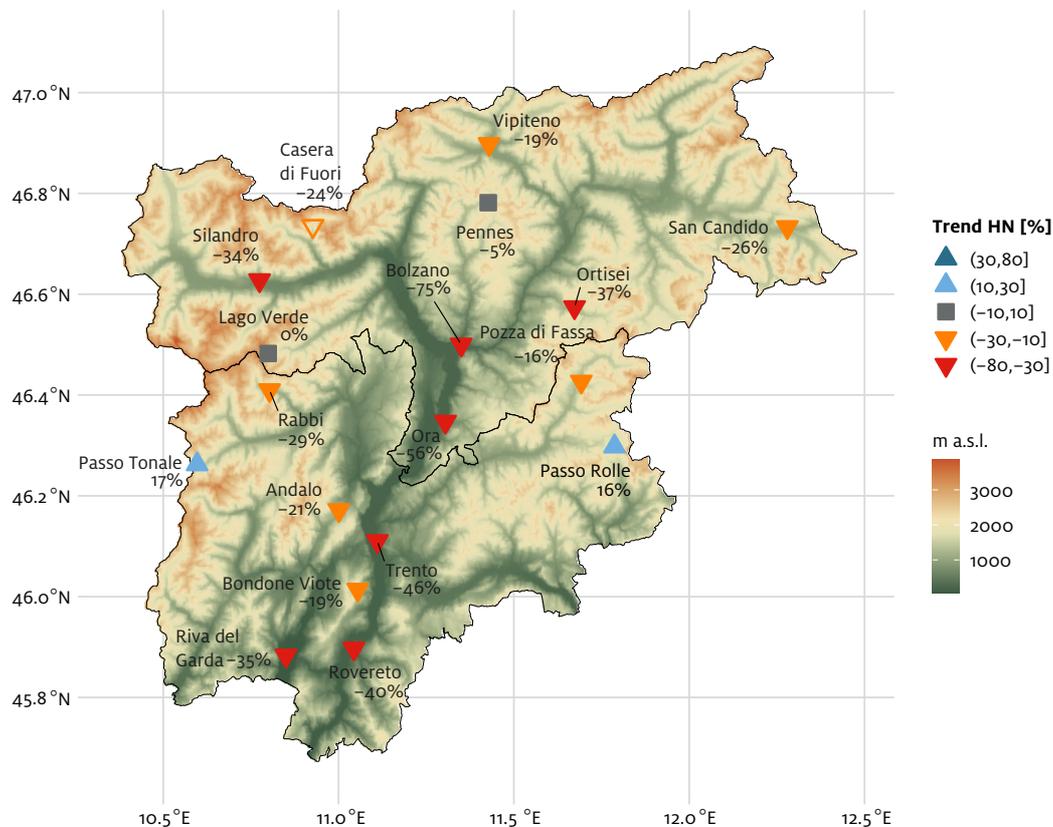


Figura 8: Trend delle nevicate (HN) in Trentino-Alto Adige dal 1980 al 2020

Nel futuro a causa delle temperature più alte ci sarà meno neve in autunno e in primavera. Sarà così anche in inverno alle quote più basse dove, per effetto del riscaldamento, poverà invece di nevicare. Alle quote più alte, il possibile aumento delle precipitazioni potrebbe comportare più neve in pieno inverno, ma la stagione sarà comunque più breve: con temperature più alte è probabile che nevichi più tardi in autunno e la copertura nevosa si riduca prima e più velocemente in primavera. Complessivamente, nella regione alpina la quantità totale di neve diminuirà significativamente in tutti i periodi dell'anno e in particolare in primavera. Entro la fine del secolo, nello scenario peggiore, le condizioni attuali di copertura nevosa potrebbero spostarsi più in alto di 500 – 1000 m, cioè nel 2100 le condizioni della neve a 2000 m corrisponderanno a quelle che si trovano oggi a 1000 – 1500 m.

Ghiacciai

La superficie glaciale si sta rapidamente riducendo: dal 1997 al 2017 è diminuita da 121,9 km² a 84 km², pari all'1,1 % della superficie provinciale (Galos et al., 2023). A livello locale, soprattutto nei territori secchi della val Venosta, i ghiacciai costituiscono un importante serbatoio d'acqua, soprattutto durante le ondate calde estive. Il contributo complessivo della fusione dei ghiacciai al deflusso del fiume Adige è modesto (circa 3 % all'anno a Bronzolo, ma 7 % in luglio), ma può diventare significativo in estate e nei bacini dei corsi d'acqua più in quota (8 % per l'Aurino, oltre il 20 % in luglio). Durante le ondate di calore il contributo glaciale può diventare determinante per compensarne gli effetti, come avvenuto nelle estati siccitose del 2003 (fino al 22 % per l'Adige e il 45 per l'Aurino) e recentemente nel 2022 (Shrestha et al., in preparazione).

Laghi

Nella "Carta delle acque" dell'Alto Adige sono stati identificati 436 laghi. Di questi, 231 presentano una superficie molto ridotta, inferiore cioè a 1 ha. Vi è un solo lago naturale, il lago di Caldaro, con un'estensione superiore ai 50 ha. La maggior parte dei laghi si trova nella fascia di alta quota, al di sopra dei 2000 m. I nove laghi (cinque laghi naturali e quattro invasi artificiali) sottoposti a tipizzazione sono stati

identificati come “non a rischio” per quanto riguarda il raggiungimento dell’obiettivo di qualità. Per il lago di Anterselva, di Braies e di Carezza, che già presentano uno stato di qualità elevato, l’obiettivo è invece il mantenimento dello stato di qualità ambientale “elevato”. Il principale impatto del cambiamento climatico è legato a una riduzione degli afflussi estivi per una maggiore evaporazione e all’aumento della temperatura che può ridurre il periodo di tempo in cui il lago è coperto di ghiaccio, alterarne la circolazione interna e l’ecosistema con conseguenze sulla qualità delle acque. Per esempio, durante alcune recenti ondate di calore, come nel 2022, il lago di Caldaro ha raggiunto in superficie temperature superiori ai 27 °C, che possono essere critiche per l’ecosistema. Gli impatti dell’aumento della temperatura delle acque sugli ecosistemi potrebbero essere ancora più gravi di quelli legati all’aumento della temperatura dell’aria e andrebbero dunque approfonditi e documentati con maggiore attenzione.

Acque sotterranee

Il cambiamento in atto del ciclo idrologico rischia di impattare negativamente le acque sotterranee, sia in termini di quantità che di qualità. In particolare, diversi fattori possono contribuire a una minore ricarica delle falde: la maggiore evapotraspirazione, il minore contributo nivale e precipitazioni più intense che possono indurre un maggiore ruscellamento. Ai fattori naturali si sovrappongono i contributi antropici in termini di prelievi per l’approvvigionamento agricolo e industriale.

In Alto Adige l’utilizzo di acque di falda per l’approvvigionamento idropotabile è al momento limitato. Tuttavia, in futuro, le acque sotterranee potrebbero essere una risorsa sempre più importante per via della loro minore vulnerabilità a eventi siccitosi.

Non esiste attualmente uno studio sistematico in Alto Adige sui trend attuali in termini di livello di falda. Sono disponibili alcuni studi commissionati dalla Provincia anzitutto per la città di Bolzano sia in relazione alla potenziale vulnerabilità della falda (Rauter, 1999) sia finalizzati alla simulazione dei regimi di falda nella conca della città capoluogo. Quest’ultimo evidenzia un debole trend decrescente nel periodo 1991-2019. Nel loro complesso, dagli studi disponibili si evince una evidente ciclicità pluriennale dei livelli di falda in Alto Adige. Studi condotti in aree alpine limitrofe a livello regionale mostrano invece una generale tendenza all’aumento delle acque di falda negli ultimi anni (Avanzi et al., 2024)

Deflussi superficiali

L’Alto Adige comprende gran parte del bacino del fiume Adige, il secondo per lunghezza in Italia. I dati dell’Agenzia per la protezione civile della Provincia autonoma di Bolzano mostrano che il 43 % dell’acqua che alimenta l’Adige (afflussi) proviene dalla fusione di neve e ghiaccio. Questo dato sale fino al 56 % per bacini di alta quota come il torrente Aurino. I massimi deflussi avvengono in estate, in giugno, ma picchi di portata significativi sono possibili anche in autunno. Il crinale principale delle Alpi rappresenta un’importante divisione climatica. A nord, sono aumentati i deflussi nel semestre invernale perché, a causa delle temperature più alte, piove di più, nevica meno e solo a quote più alte. A sud, sono diminuiti i contributi ai deflussi estivi perché le temperature sono più alte, piove meno e l’evapotraspirazione provoca maggiori perdite (Beniston et al., 2018).

Le osservazioni relative all’Alto Adige confermano questa tendenza generale, pur con differenze legate ai singoli bacini. I bacini posti a quote più elevate con forte apporto nivoglaciale mostrano per esempio aumenti delle portate sia in estate che in inverno, a causa delle piogge che sostituiscono sempre più spesso le nevicate e/o come conseguenza del ritiro dei ghiacciai (Penna et al., 2014). Recenti situazioni siccitose compensate nei deflussi dai ghiacciai in ritiro si sono verificate nelle estati del 2017 e 2023. Come verificato da uno studio svolto in val di Mazia, il ruolo regolatore dei ghiacciai, che forniscono maggiore acqua durante i picchi di caldo proprio quando a valle se ne ha più bisogno, sarà notevolmente ridotto dai cambiamenti climatici (Engel et al., 2016).

I bacini posti a quote più basse o più ampi registrano invece riduzioni nelle portate, specialmente in estate. Considerando la portata del fiume Adige a Bronzolo, nel periodo autunnale e invernale i valori registrati sono aumentati del 24 % dal 1957 a oggi, mentre la portata estiva è diminuita del 12 % (Figura 9). Scendendo verso la foce, il trend negativo del fiume Adige in estate si amplifica ulteriormente. L’effetto dei cambiamenti climatici si unisce ai contributi antropici con prelievi sempre più intensi di acqua per vari usi, soprattutto agricolo, via via che si scende in pianura (Mallucci et al., 2017).

Portata Adige a Bronzolo

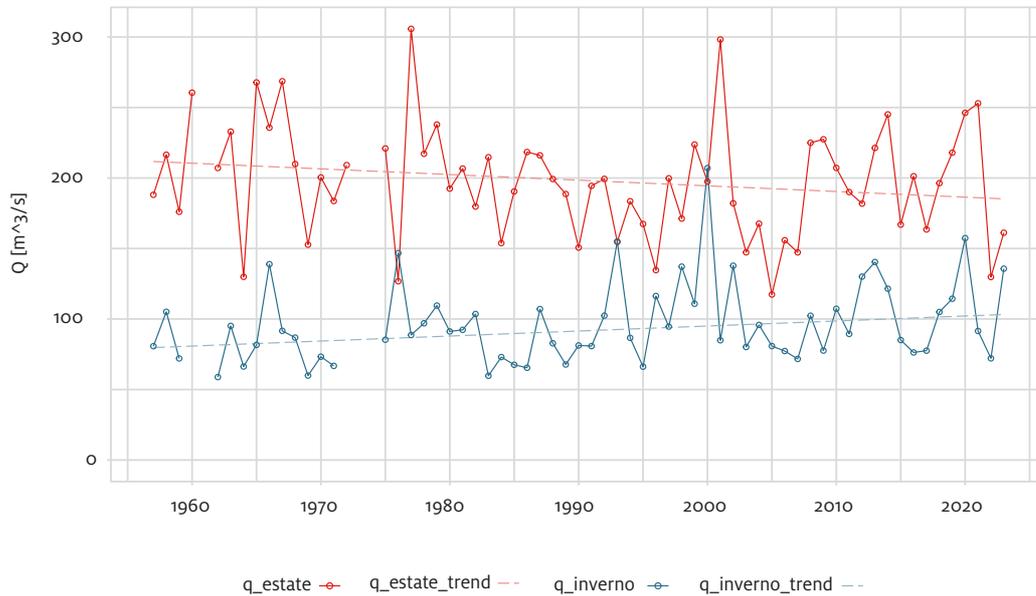


Figura 9: Serie delle portate (Q) del fiume Adige a Bronzolo tra il 1957 e il 2022

Si sta dunque modificando il regime stagionale dei deflussi. Come illustrato in Figura 9, si evidenziano alcune tendenze di lungo periodo nel pattern attuale di portata: aumentano le portate invernali, aumenta ed è anticipato il picco di portata estivo, mentre è ritardato il picco di portata autunnale.

Queste tendenze sono previste continuare nei prossimi decenni. In generale, i deflussi invernali aumenteranno ancora, quelli estivi diminuiranno. Il picco di fusione della neve verrà anticipato. Studi specifici sugli affluenti del bacino dell'Adige (Chiogna et al., 2015) mostrano cambiamenti moderati per il periodo 2020 - 2050 ma molto marcati per il periodo 2050 - 2070, specialmente per lo scenario climatico RCP 8.5, che prevede una riduzione drastica dell'innevamento sulle Alpi. In media, in Alto Adige il picco di fusione potrebbe essere anticipato di un mese.

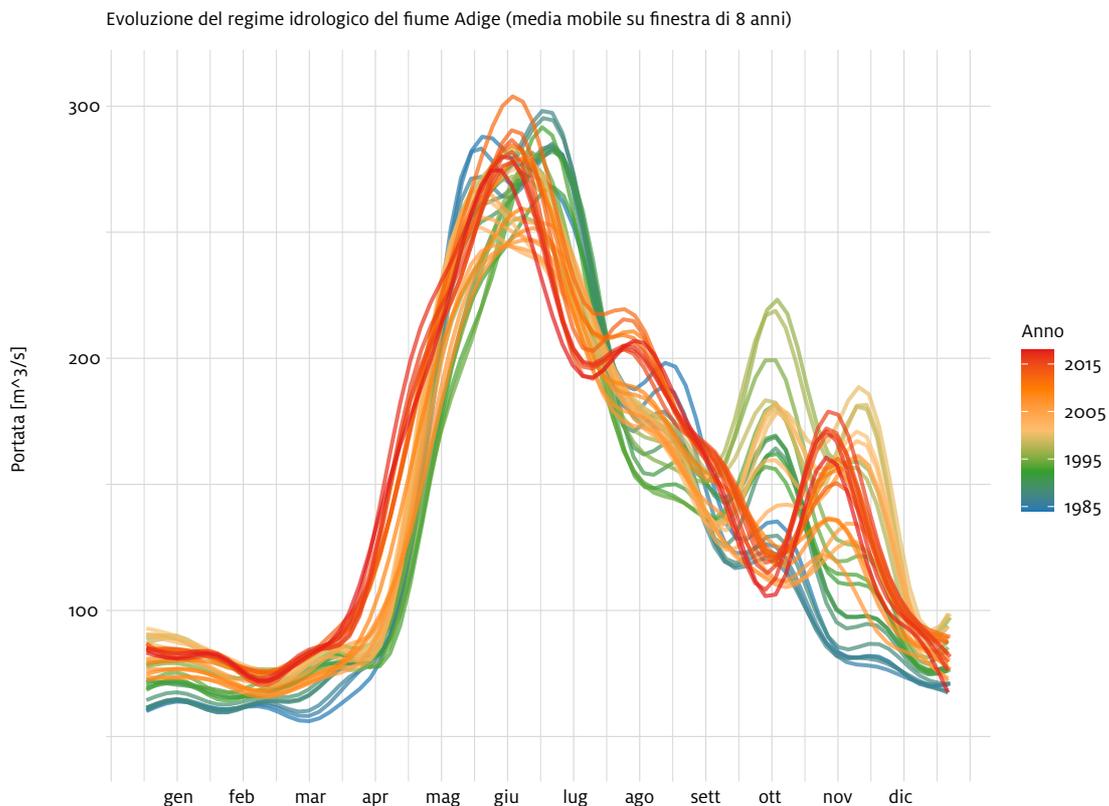


Figura 10: Serie delle portate medie giornaliere (flow) del fiume Adige a Bronzolo tra il 1985 e il 2015, calcolate su una finestra mobile di otto anni. Si evidenziano alcune tendenze di lungo periodo nel pattern attuale di portata: aumentano le portate invernali, aumenta ed è anticipato il picco di portata estivo, mentre è ritardato il picco di portata autunnale

Mentre è evidente che i regimi stagionali cambieranno sempre più, il fatto che i deflussi diminuiranno su scala annuale non è confermato da tutte le proiezioni. Infatti, per alcuni modelli l'aumento dell'evapotraspirazione dovuta alle temperature elevate sarà compensato parzialmente dall'aumento delle precipitazioni medie annuali. Questo vale in particolare per i bacini di alta quota. Uno studio su alcuni fiumi che nascono nel gruppo dell'Ortles-Cevedale mostra per il periodo 2040 – 2070 un incremento dei deflussi medi del 5 – 14 %, con un incremento in inverno del 30 – 81 % e un decremento in estate del 11 – 21 % (Majone et al., 2016). In ogni caso, verso la fine del secolo i deflussi di origine glaciale saranno molto modesti anche nei bacini più elevati.

Il cambiamento del regime dei deflussi comporta anche un cambiamento nel regime di trasporto dei detriti solidi. Nei siti con elevata disponibilità di sedimento, infatti, gli afflussi provenienti dai ghiacciai in ritiro portano con sé sempre più sedimenti morenici prima coperti dal ghiaccio. In alcuni bacini altoatesini gran parte dei sedimenti risultano già dilavati con aumento delle frazioni di bacino con bedrock affiorante, come nel caso della valle di Selva dei Molini. Su queste tematiche sono attive delle ricerche in Alto Adige nell'ambito di progetti internazionali, per esempio lo studio SEDALP (<http://www.sedalp.eu>). Il cambiamento climatico sta dunque già trasformando i sistemi idrici in Alto Adige, riguardanti sia le acque superficiali che quelle sotterranee, con conseguenze per il rischio di eventi di piena, siccità e inquinamento delle acque.

Eventi di piena

A oggi, i dati che abbiamo a disposizione non mostrano un cambiamento nella frequenza degli eventi di piena estremi. Questo è dovuto anche al fatto che piene estreme con tempi di ritorno pari a 100 anni e più sono eventi rari per definizione ed è difficile determinarne un trend temporale.

Per quanto riguarda il fiume Adige, le maggiori piene sono avvenute nel 1960, 1965, 1966 con l'alluvione di Trento, 1981 con l'alluvione di Salorno, 1987, 1997, 2020, 2021. Un recente evento significativo che ha portato pesanti conseguenze sul territorio, soprattutto nella parte meridionale e orientale della provincia, è stata la tempesta "Vaia" a fine ottobre 2018. Tuttavia, in questo caso, più che le conseguenze di tipo idrologico, sono stati i danni ingenti da vento alle zone forestate, che però hanno poi innescato una serie di dissesti diffusi.

La cronaca tuttavia riporta sempre più spesso di piene improvvise di torrenti secondari e nei bacini imbriferi. Per esempio, nel 2012 a Vizze, nel 2017 a Braies, nel 2021 a Fleres e nel 2023 a Valdaora piene legate a precipitazioni intense e localizzate hanno causato gravi problemi alle infrastrutture e in alcuni casi anche vittime.

Considerando invece i possibili scenari futuri, nonostante il trend generale verso estati più secche, nelle Alpi le piene saranno probabilmente più frequenti. Questo è dovuto al fatto che le piogge saranno più intense anche ad alta quota, dove finora si registravano quasi solo precipitazioni nevose (Allamano et al., 2009). Repentine ondate di caldo potranno anche far sì che nel tardo autunno torni a piovere dove già è caduta la neve aumentando la probabilità di deflussi di piena. Lo scioglimento del permafrost in quota potrà inoltre rendere particolarmente pericolose le piene improvvise, in quanto potranno innescare fenomeni di colate detritiche per via del maggiore sedimento disponibile. Alcuni fenomeni di questo tipo sono successi recentemente nelle Dolomiti, per esempio nel 2016 sul monte Antelao vicino a Cortina di Ampezzo o nel 2017 a Braies.

Anche nei bacini imbriferi minori si osservano sempre più spesso piene improvvise che fino a circa 20 - 30 anni fa non si erano manifestate. Tuttavia, i maggiori impatti di questi eventi dipendono anche dal maggior grado di urbanizzazione, con più infrastrutture esposte rispetto agli anni precedenti.

Altri pericoli

Infine, bisogna anche considerare i rischi associati a inondazioni o crolli dovuti a laghi o acqua di fusione glaciali. Questi eventi possono avere conseguenze devastanti per le comunità situate a valle dei ghiacciai. Quando il volume dei ghiacciai diminuisce a causa del riscaldamento globale, l'acqua di fusione può accumularsi in laghi glaciali o indebolire il ghiacciaio stesso. Il ghiacciaio può diventare instabile a causa della pressione dell'acqua e delle fratture nel ghiaccio, aumentando così il rischio di cedimento del margine del lago o di una frattura nel ghiaccio, conrilascio improvviso e massiccio di acqua o con un crollo, come accaduto in Marmolada nell'estate del 2022. Oltre al caso della Marmolada, altri eventi minori occorsi in Alto Adige mostrano che l'ambiente glaciale e periglaciale sta vivendo un periodo di forte dinamismo, che si manifesta anche sul piano delle circolazioni d'acqua e dei laghi intra-, supra- e periglaciali in continua mutazione. Altre dinamiche foriere di pericoli sono i crolli di seracchi, documentati anche in Alto Adige soprattutto sulla Vedretta Alta dell'Ortles, e la fusione del permafrost, che favorisce a sua volta crolli di roccia, come quelli già verificatisi nelle Dolomiti.

Siccità

Nelle regioni alpine, nonostante la mancanza di chiari trend di diminuzione della precipitazione, si prevede un aumento del rischio di siccità (Haslinger et al., 2023). Questo è dovuto alla combinazione di: minori deflussi estivi dovuti a meno neve e scomparsa dei ghiacciai, una tendenza ad avere precipitazioni più intense ma meno regolari, un incremento dell'evaporazione dovuto a temperature più alte e della traspirazione dovuta a stagioni vegetative più lunghe e ondate di calore che aumentano la domanda idrica. Questo fa sì che le situazioni critiche legate a usi conflittuali dell'acqua diventino più frequenti.

L'Alto Adige è già esposto a eventi di siccità. Il caldo persistente dell'estate 2003 ha mostrato la vulnerabilità delle Alpi: il ritiro dei ghiacciai e la riduzione del permafrost ha causato frane, l'agricoltura ha subito importanti perdite malgrado irrigazioni molto più intense e i livelli di falda si sono abbassati.

Anche nelle siccitose primavere del 2007 e del 2017, seguite a un inverno poco nevoso, ci sono state situazioni critiche. Simili situazioni si sono riscontrate anche più recentemente tra l'inverno 2022 e l'estate 2023. La riduzione delle nevicate che si è registrata negli ultimi 40 anni soprattutto al di sotto dei 2000 m di quota può avere importanti conseguenze sulla disponibilità idrica, non solo in Alto Adige, ed esacerbare situazioni di siccità.

In Alto Adige, le zone più vulnerabili per le ridotte precipitazioni sono la val Venosta e alcune parti della media valle Isarco. Alcune località sul Renon, sul Monzoccolo e sull'altipiano del monte Regolo sono invece più vulnerabili per le ridotte riserve idriche.

In generale le proiezioni climatiche mostrano un aumento del rischio di siccità idrologica nella regione alpina, specialmente per il versante meridionale, seppur con un certo grado di incertezza. Il progetto HydroAlp (<https://www.hydroalp.com/en/>) ha studiato il bilancio della val Venosta mostrando come la minore permanenza della neve al suolo faccia incrementare fino a +25 % l'evapotraspirazione. Questo implica a sua volta una riduzione dei deflussi e della ricarica delle falde in regione. Alcuni scenari prevedono una significativa riduzione dell'umidità del terreno durante il periodo vegetativo. I pendii esposti a sud-est sotto quota 1500 m, dove già ora l'agricoltura dipende fortemente dall'irrigazione, soffriranno più giorni siccitosi.

Qualità delle acque

Ci sono varie problematiche legate alla qualità delle acque che si potrebbero aggravare per effetto dei cambiamenti climatici. Le principali sono quattro. Il permafrost è estremamente sensibile ai cambiamenti climatici. Con l'aumento delle temperature il permafrost si riduce, causando l'instabilità del terreno e generando un elevato rischio di contaminazione dell'acqua per via del rilascio di metalli pesanti e altre sostanze accumulate negli anni all'interno del permafrost. A mano a mano che i ghiacciai si ritirano è possibile un apporto di sedimenti nei torrenti di origine glaciale, con problematiche per l'utilizzo di queste acque per scopi irrigui e per la produzione idroelettrica. Nei periodi in cui le portate dei torrenti sono basse la qualità delle acque potrebbe aggravarsi, con conseguente rischio di inquinamento e rilasci da scarichi non depurati che vengono meno diluiti. L'aumento di temperatura dei corpi idrici può comportare problematiche per l'ecosistema e danni alla flora e alla fauna.

3.5 Movimenti di massa

La stabilità di un versante è il prodotto dell'interazione di fattori dinamici e statici che controllano lo sviluppo o meno di fenomeni di instabilità. Questi fattori sono comunemente di tre tipi: fattori **predisponenti**, **preparatori** e **scatenanti**. I fattori predisponenti, di natura statica, comprendono le condizioni naturali in cui si trova il versante, per esempio la sua litologia, la topologia, le condizioni climatiche medie e il reticolo idrografico. I fattori preparatori e scatenanti sono invece di natura dinamica, ma mentre i primi coinvolgono cambiamenti gradualmente, come il ritiro dei ghiacciai e le variazioni nella copertura nevosa, che contribuiscono a variazioni nella dinamica climatica regionale, i fattori scatenanti, o trigger, corrispondono a eventi di breve durata che innescano il meccanismo di instabilità, per esempio eventi come precipitazioni brevi e intense.

Il superamento del limite di stabilità di un certo versante è quindi legato alla compartecipazione di questi tre fattori, la cui influenza non è omogenea in ogni luogo (Figura 11). A parità di fattori predisponenti, un certo fattore scatenante, per esempio un evento meteorologico estremo, possono causare il raggiungimento e/o il superamento del limite di stabilità innescando un movimento di massa.

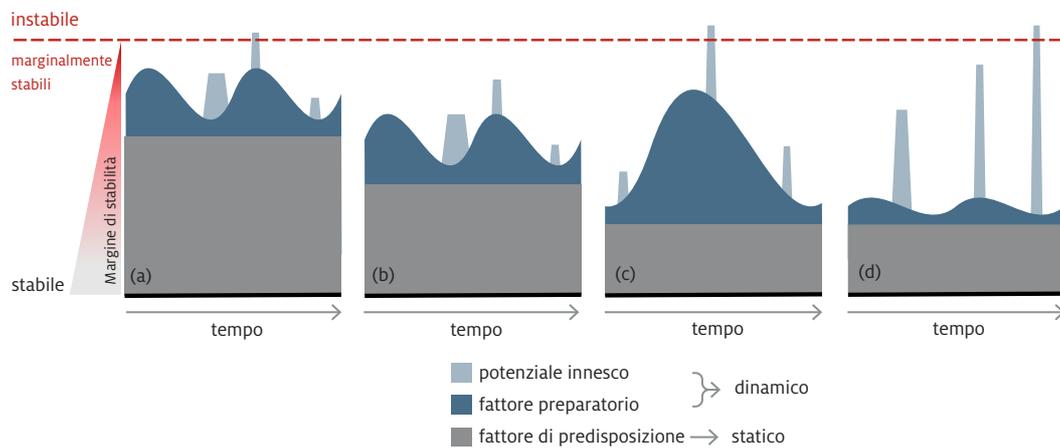


Figura 11: Schema esplicativo dei possibili fattori che condizionano il raggiungimento del limite di stabilità di un versante. Il superamento della linea tratteggiata rossa (limite di stabilità) è legato alla somma di fattori statici (fattori predisponenti) e dinamici (fattori preparatori, trigger potenziali). A parità di uno di questi tre fattori, la diversa intensità con cui si verificano gli altri condiziona l'instaurarsi di fenomeni di instabilità (Steger et al., 2024)

Con il termine "movimenti di massa" si indicano quei fenomeni che riguardano il movimento di materiale sulla superficie terrestre e che avvengono prevalentemente in seguito all'azione della forza di gravità e come conseguenza di eventi atmosferici improvvisi e intensi oppure prolungati e costanti. Il riscaldamento globale e le modifiche al regime delle precipitazioni con conseguente modificazione dell'estensione della criosfera contribuiscono a regolare la frequenza e la magnitudo dei movimenti di massa predisponendo o innescando sui versanti deformazioni progressive e lente dell'ammasso roccioso, così come fenomeni più rapidi e catastrofici quali *rock avalanches* (valanghe di roccia) o crolli. Lo sviluppo di questi eventi è in larga parte modulato dalle dinamiche stagionali e dagli eventi estremi che, a causa del cambiamento climatico, stanno cominciando a verificarsi con frequenza sempre maggiore. Allo stesso modo anche le modifiche antropiche nell'uso del suolo hanno un ruolo dominante nell'innescare di frane superficiali e scivolamenti e aumentano il rischio connesso all'impatto potenziale con le infrastrutture.

In base al tipo di movimento che controlla il materiale si possono distinguere tre macro-tipologie di movimenti di massa: **flusso** (o colamento), **crollo** e **scivolamento** (o scorrimento) (Hung et al., 2014). Tali processi coinvolgono materiali diversi in base all'ambiente e alle caratteristiche geologiche e geomorfologiche in cui si sviluppano. Le tre tipologie di movimento vengono discusse in dettaglio nel seguito.

Flusso o colamento

Un flusso o colamento è un movimento spazialmente continuo in cui le superfici di taglio sono di breve durata, strettamente distanziate e di solito non si conservano dopo l'evento.

L'irregolarità degli eventi meteorologici intensi e il conseguente apporto di importanti quantità di acqua sono tra i principali fattori predisponenti e innescanti dei meccanismi di flusso: il materiale, roccia, detrito o neve, è mobilizzato per apporto di notevoli quantità di acqua e ha caratteri paragonabili a quelli di un flusso viscoso. Le colate si incanalano negli impluvi e corsi d'acqua ingrossandoli e trasportando con sé anche tronchi e massi di dimensioni considerevoli. Quando la pendenza del terreno diminuisce, il flusso rallenta e deposita il materiale. Eventi di questo tipo sono quelli del luglio 2023 in cui il torrente Furcia ha distrutto diversi ponti nel comune di Valdaora, coprendo le strade e gli edifici di fango, e il parcheggio di Pisciadù, sotto al passo Gardena, è stato invaso dal materiale detritico e fangoso trasportato da una serie di colate.

Tra i fenomeni di flusso si annoverano anche alcuni tipi di valanghe. Le variazioni climatiche, in modo principale le variazioni di temperatura e l'innalzamento dello zero termico anche nella stagione invernale, così come i mutamenti nei regimi di precipitazione, incluse precipitazioni liquide sulla neve, possono portare a modifiche del manto nevoso che provocano l'innescamento della valanga.

Le dirette conseguenze di questi fenomeni sono l'interruzione di sentieri e strade, l'ostruzione di corsi d'acqua in cui si incanalano il materiale e il danneggiamento di infrastrutture anche molto distanti dalla zona di innescamento.

Crolli

Il termine crollo si riferisce a una massa di una qualsiasi dimensione e materiale (per esempio roccia, ghiaccio) che si stacca da un versante subverticale lungo una superficie su cui non avviene nessuno spostamento di taglio e che successivamente si muove per caduta libera, rotolamento e rimbalzo. Il movimento è estremamente rapido e la zona di alimentazione è caratterizzata da una superficie controllata da giunti e fratture. Condizioni predisponenti sono la litologia, lo stato di danneggiamento dell'ammasso roccioso e la possibile presenza di permafrost in zone di alta quota. Fattori scatenanti sono i fenomeni meteorologici prolungati e/o intensi che causano infiltrazione d'acqua nelle fratture, cicli gelo-disgelo, l'escursione termica e una sottoescazione del versante per erosione naturale o cause antropiche. La movimentazione di ingenti volumi rocciosi può in alcuni casi evolvere in *rock avalanche* che coinvolgono ampi settori di versanti e si sviluppano nel fondovalle spesso su grandi distanze.

In ambiente di alta quota si possono verificare anche crolli in ghiaccio legati sia all'innalzamento delle temperature sia all'aumento di precipitazioni liquide che inducono infiltrazioni d'acqua attraverso le crepe del ghiaccio, creando pressioni idrostatiche elevate. Se questa pressione aumenta significativamente può verificarsi il distacco di grandi blocchi di ghiaccio.

A causa delle caratteristiche geomorfologiche dell'Alto Adige, la maggior parte degli eventi che si verificano sono collegati ai crolli. A causa della loro abbondanza, della mancanza quasi totale di segnali precursori e della rapidità con cui si verificano, questi eventi possono comportare conseguenze talvolta molto gravi: i maggiori danni si hanno sulle infrastrutture lineari (per esempio interruzione di strade), ma possono anche riguardare sentieri escursionistici, devianti o interrotti, ed edifici.

Gli eventi di caduta di massi non risultano modulati da una stagionalità evidente, ma si verificano in maniera relativamente uniforme nell'arco dell'anno. La Figura 12 mostra, tuttavia, come nell'ultimo decennio rispetto al decennio precedente si sia registrato un aumento degli eventi di crollo in autunno rispetto alla stagione primaverile, probabilmente influenzato da una simile variazione nel regime delle precipitazioni.

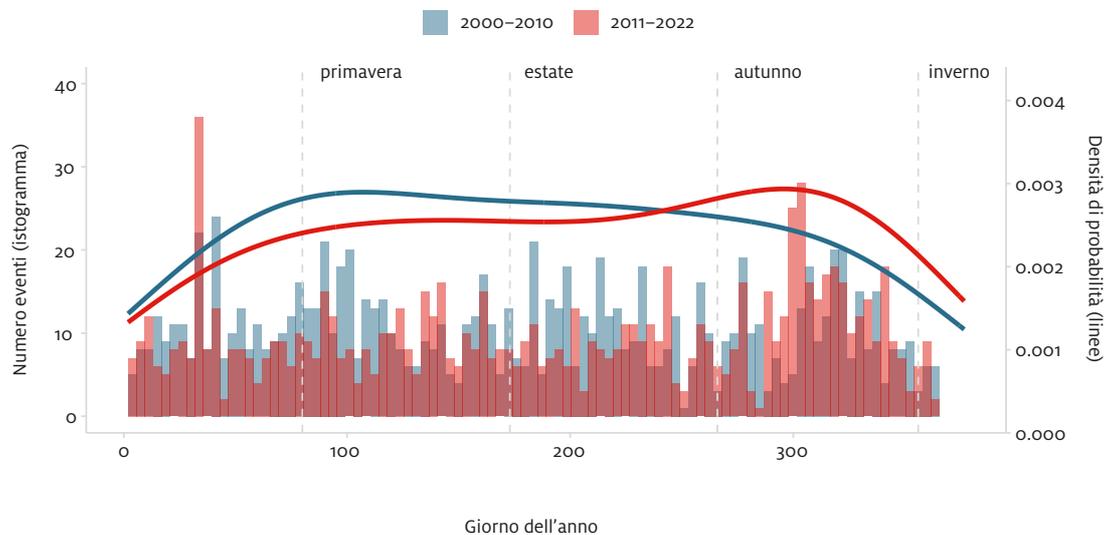


Figura 12: Iistogramma relativo al numero di crolli registrati per ogni giorno dell'anno nei decenni 2000-2010 (azzurro) e 2011-2022 (rosso) (fonte dati: catalogo IFFI). Le curve di densità di probabilità, sovrapposte all'istogramma, approssimano l'andamento delle barre, fornendo una visualizzazione più immediata della distribuzione dei fenomeni. Tale distribuzione evidenzia come ci sia un aumento dei fenomeni di crollo in autunno nel decennio più recente

Scivolamento o scorrimento

Negli scivolamenti si ha deformazione di taglio e di spostamento lungo una o più superfici, o entro uno spessore limitato del materiale condizionato dalla variazione delle proprietà geotecniche (per esempio diverso grado di alterazione e contrasto di permeabilità). Questi movimenti possono coinvolgere spessori più o meno importanti di suolo, detrito o roccia a seconda che vengano movimentati depositi quaternari (glaciali/fluvioglaciali) o strati rocciosi. Analogamente ai fenomeni di caduta massi, nell'ultimo decennio in Alto Adige si è assistito a uno spostamento del picco dei fenomeni di scivolamento/scorrimento verso l'autunno (si veda Figura 13), in parte influenzato da simili variazioni nel regime delle precipitazioni.

La vegetazione, assorbendo acqua dal suolo attraverso le radici e restituendola all'atmosfera tramite l'evapotraspirazione, svolge un importante ruolo di stabilizzazione del terreno. Tuttavia, in autunno, quando le precipitazioni sono più elevate, la vegetazione non è più in grado di svolgere questi processi, causando sovrassaturazione del terreno, riduzione della coesione del suolo e, di conseguenza, un aumento della suscettibilità a fenomeni di instabilità come frane superficiali o smottamenti.

Le cause scatenanti sono quindi da ritrovarsi nelle precipitazioni intense e sono strettamente legate all'uso antropico del suolo. Va infatti evidenziato come molti eventi, anche se di dimensioni ridotte, sono spesso legati a un sistema di drenaggio inadeguato o mancante, che favorisce l'accumulo di acqua nel terreno e l'insorgenza di spinte idrostatiche all'interno dello stesso.

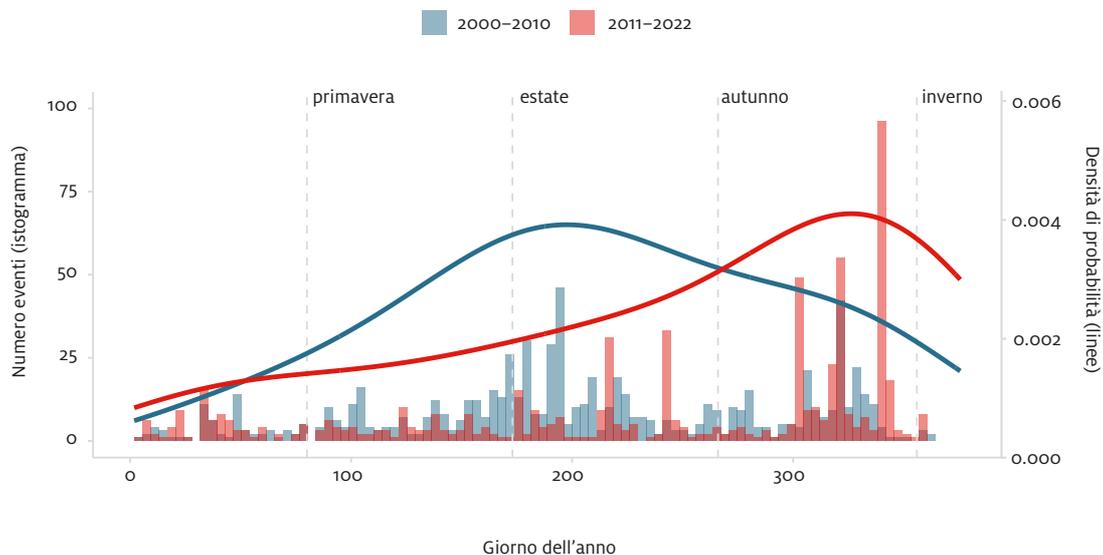


Figura 13: Istogramma relativo al numero di scivolamenti e colamenti per ogni giorno dell'anno nei decenni 2000-2010 (azzurro) e 2011-2022 (rosso). La curva di densità di probabilità, sovrapposta all'istogramma a barre, mostra un netto aumento nel decennio più recente del numero di fenomeni nel tardo autunno/inizio inverno rispetto alla stagione tardo primaverile-estiva

Bibliografia

- Allamano, P., Claps, P., Laio, F., 2009. Global warming increases flood risk in mountainous areas. *Geophys. Res. Lett.* 36, L24404. <https://doi.org/10.1029/2009GL041395>
- Avanzi, F., Munerol, F., Milelli, M., Gabellani, S., Massari, C., Giroto, M., Cremonese, E., Galvagno, M., Bruno, G., Morra Di Cella, U., Rossi, L., Altamura, M., Ferraris, L., 2024. Winter snow deficit was a harbinger of summer 2022 socio-hydrologic drought in the Po Basin, Italy. *Commun. Earth Environ.* 5, 64. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01222-z>
- Beniston, M., Farinotti, D., Stoffel, M., Andreassen, L.M., Coppola, E., Eckert, N., Fantini, A., Giacona, F., Hauck, C., Huss, M., Huwald, H., Lehning, M., López-Moreno, J.-I., Magnusson, J., Marty, C., Morán-Tejeda, E., Morin, S., Naaim, M., Provenzale, A., Rabatel, A., Six, D., Stötter, J., Strasser, U., Terzago, S., Vincent, C., 2018. The European mountain cryosphere: a review of its current state, trends, and future challenges. *The Cryosphere* 12, 759–794. <https://doi.org/10.5194/tc-12-759-2018>
- Bertoldi, G., Bozzoli, M., Crespi, A., Matiu, M., Giovannini, L., Zardi, D., Majone, B., 2023. Diverging snowfall trends across months and elevation in the northeastern Italian Alps. *Int. J. Climatol.* 43, 2794–2819. <https://doi.org/10.1002/joc.8002>
- Cannon, A.J., Sobie, S.R., Murdock, T.Q., 2015. Bias Correction of GCM Precipitation by Quantile Mapping: How Well Do Methods Preserve Changes in Quantiles and Extremes? *J. Clim.* 28, 6938–6959. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00754.1>
- Chiogna, G., Majone, B., Cano Paoli, K., Diamantini, E., Stella, E., Mallucci, S., Lencioni, V., Zandonai, F., Bellin, A., 2015. A review of hydrological and chemical stressors in the Adige catchment and its ecological status. *Sci. Total Environ.* <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.149>
- Crespi, A., Matiu, M., Bertoldi, G., Petitta, M., Zebisch, M., 2021. A high-resolution gridded dataset of daily temperature and precipitation records (1980–2018) for Trentino-South Tyrol (north-eastern Italian Alps). *Earth Syst. Sci. Data* 13, 2801–2818. <https://doi.org/10.5194/essd-13-2801-2021>
- Engel, M., Penna, D., Bertoldi, G., Dell'Agnese, A., Soulsby, C., Comiti, F., 2016. Identifying runoff contributions during melt-induced runoff events in a glacierized Alpine catchment. *Hydrological Processes* 343–364.
- Galos, S., Klug, C., Dinale, R., 2023. 20 YEARS OF GLACIER CHANGE: THE HOMOGENIZED GLACIER INVENTORIES FOR SOUTH TYROL 1997-2005-2017 45, 71–83. <https://doi.org/10.4461/GFDQ.2022.45.6>
- Haslinger, K., Schöner, W., Abermann, J., Laaha, G., Andre, K., Olefs, M., Koch, R., 2023. Apparent contradiction in the projected climatic water balance for Austria: wetter conditions on average versus higher probability of meteorological droughts. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 23, 2749–2768. <https://doi.org/10.5194/nhess-23-2749-2023>
- Hungr, O., Leroueil, S., Picarelli, L., 2014. The Varnes classification of landslide types, an update. *Landslides* 11, 167–194. <https://doi.org/10.1007/s10346-013-0436-y>

- Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, O.B., Bouwer, L.M., Braun, A., Colette, A., Déqué, M., Georgievski, G., Georgopoulou, E., Gobiet, A., Menut, L., Nikulin, G., Haensler, A., Hempelmann, N., Jones, C., Keuler, K., Kovats, S., Kröner, N., Kotlarski, S., Kriegsmann, A., Martin, E., van Meijgaard, E., Moseley, C., Pfeifer, S., Preuschmann, S., Radermacher, C., Radtke, K., Rechid, D., Rounsevell, M., Samuelsson, P., Somot, S., Soussana, J.-F., Teichmann, C., Valentini, R., Vautard, R., Weber, B., Yiou, P., 2014. EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Reg. Environ. Change* 14, 563–578. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0499-2>
- Majone, B., Villa, F., Deidda, R., Bellin, A., 2016. Impact of climate change and water use policies on hydropower potential in the south-eastern Alpine region. *Sci. Total Environ.* 543, 965–980. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.009>
- Mallucci, S., Majone, B., Bellin, A., 2017. Driver detection of water availability changes in a large Alpine river basin. *Geophysical Research Abstracts*.
- Penna, D., Engel, M., Mao, L., Dell’Agnese, A., Bertoldi, G., Comiti, F., 2014. Tracer-based analysis of spatial and temporal variations of water sources in a glacierized catchment. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 18, 5271–5288. <https://doi.org/10.5194/hess-18-5271-2014>
- Rauter, W., 1999. *Relazione sullo stato della falda freatica nella conca di Bolzano*. Bolzano
- Shrestha, S., Terzi, S., Zocatelli, D., Zaramella, M., Borga, M., Callegari, M., Galletti, A., Dinale, R., Pittore, M., and Bertoldi, G. (2024, in preparation). *Glacier Contributions to Hydrological Droughts in Mountainous Regions: insights from the Adige River Basin*. *NHESS Journal*
- Steger, S., Moreno, M., Crespi, A., Gariano, S.L., Brunetti, M. T., Melillo, M., Peruaccacci S., Marra, F., de Vugt, L., Zieher, T., Rutzinger, M., Mair, C., Pittore, M., 2024: Adopting the margin of stability for space–time landslide prediction – A data-driven approach for generating spatial dynamic thresholds. *Geoscience Frontiers*, Vol. 15, Issue 5. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2024.101822>

4 Analisi dei rischi climatici e necessità di adattamento

Autore: Marc Zebisch

In questo capitolo vengono analizzati i principali rischi e identificate le possibilità di adattamento per nove **campi d'azione**, a loro volta suddivisi in **sottosistemi** (ad es. per l'agricoltura: pascoli e allevamento, frutticoltura e viticoltura, coltivazioni agricole). Ognuno di questi campi reagisce in modo diverso al cambiamento climatico e presenta rischi e fattori di rischio specifici.

Per l'analisi dei rischi dei singoli sottosistemi abbiamo utilizzato le seguenti **domande chiave**:

- Quali fattori di rischio (climatici e non) determinano i rischi climatici?
- Qual è la situazione attuale? Quali impatti climatici sono già rilevanti? Quali altre tendenze hanno un ruolo nell'influenzare la vulnerabilità e l'esposizione dei sottosistemi?
- Cosa sappiamo del futuro sviluppo dei rischi climatici? Quali ulteriori rischi potrebbero manifestarsi?
- Quali strategie di adattamento sono rilevanti? Quali sono i limiti e i confini dell'adattamento?

Sulla base di questa analisi dei rischi, sono stati identificati i rischi chiave per ogni campo d'azione.

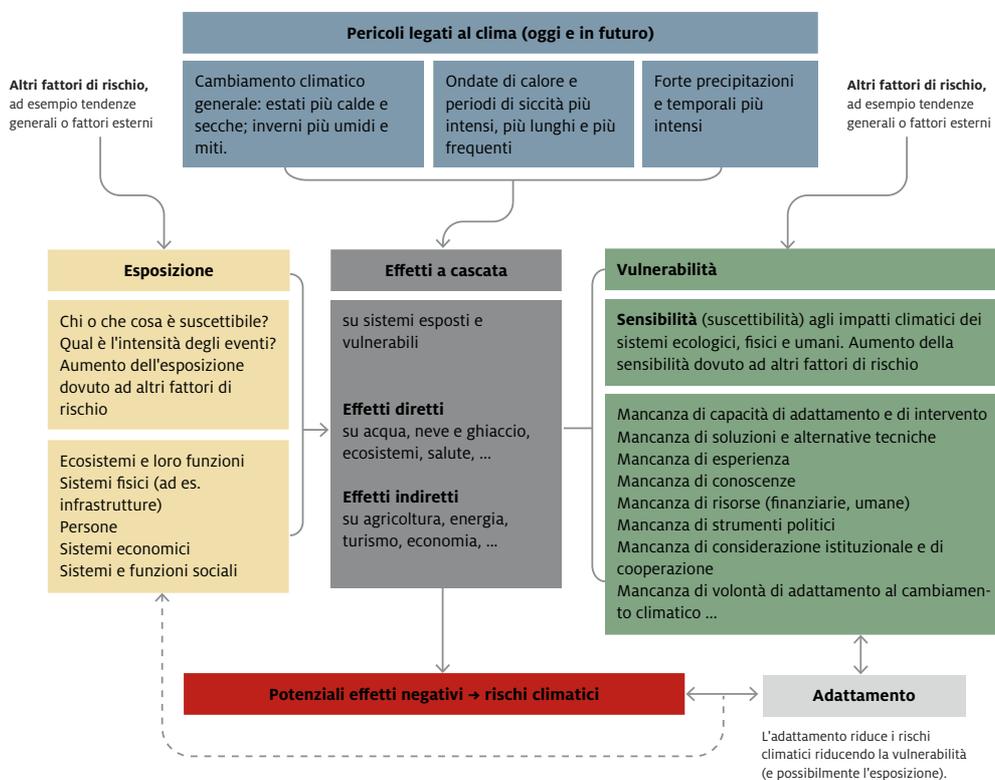


Figura 14: Concetto di rischio climatico e fattori di rischio e ruolo dell'adattamento

Alla base di questo quadro metodologico c'è il concetto di rischio climatico introdotto dall'IPCC nel 2015.

I rischi climatici descrivono i potenziali impatti negativi sui sistemi naturali e umani. I rischi climatici non sono soltanto opera dei cambiamenti climatici o delle condizioni climatiche estreme climatici (si veda **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.4**), ma anche dell'interazione di:

- **pericolosità** attuale o potenziale legata al clima, che può includere sia eventi estremi (ad es. forti precipitazioni, siccità, tempeste), sia tendenze a lungo termine (ad es. estati più calde e secche, inverni più caldi e umidi).
- L'**esposizione** dei sistemi naturali e umani. Con "esposizione" ci si riferisce innanzitutto a chi o cosa è esposto al cambiamento climatico ("sistemi esposti") come, ad esempio, foreste o corpi idrici, sistemi fisici come insediamenti o infrastrutture critiche, l'essere umano e la sua salute, ma anche sistemi sociali come il turismo o l'economia finanziaria. Il grado di esposizione descrive, tra l'altro, se gli elementi esposti sono pochi o tanti. Per fare un esempio, un'area urbana densamente popolata è esposta a un livello elevato di stress termico, mentre un'area rurale scarsamente popolata è meno esposta allo stesso livello di stress termico.
- La **vulnerabilità** (attaccabilità) dei sistemi esposti. La vulnerabilità include aspetti come la sensibilità (gli abeti rossi sono più sensibili alla siccità rispetto alle querce, le persone anziane o malate sono più sensibili alle ondate di calore rispetto alle persone giovani e sane), ma anche l'incapacità di adattarsi o rispondere agli impatti climatici. La vulnerabilità può derivare tanto da aspetti fisici (si veda sopra) che da aspetti sociali (ad es. maggiore vulnerabilità delle fasce sociali più povere o emarginate), istituzionali (ad es. mancanza di coordinamento tra i dipartimenti, responsabilità poco chiare), relativi alle risorse (ad es. mancanza di budget e di personale per la pianificazione e l'attuazione delle misure di adattamento) o politici (ad es. mancanza o inadeguatezza degli strumenti politici per la pianificazione e l'attuazione delle misure di adattamento).
- Altri sviluppi non riconducibili al cambiamento climatico ("**underlying risk-drivers**"), ma che accrescono la vulnerabilità e/o l'esposizione, includono, ad esempio, il degrado e la frammentazione degli ecosistemi, l'espansione delle aree residenziali e commerciali, l'aumento dell'impermeabilizzazione del suolo, la mancanza di manutenzione delle infrastrutture critiche, l'invecchiamento della popolazione o gli shock esterni come la crisi dovuta al coronavirus o la guerra in Ucraina.

L'adattamento al cambiamento climatico non può ridurre i pericoli legati al clima, può farlo solo la mitigazione del cambiamento climatico. L'adattamento può però attenuare i rischi climatici riducendo la vulnerabilità e/o l'esposizione dei sistemi naturali o umani a tali rischi. Altri fattori di rischio non climatici possono essere influenzati, ad esempio, da misure politiche. Solo gestendo i rischi con lungimiranza e attuando una politica che riconosca le sinergie sistemiche e riduca i fattori di rischio non climatici è possibile rendere resilienti al clima i sistemi climatici e l'Alto Adige. Saper analizzare e comprendere tutti i fattori di rischio non climatici diventa quindi di fondamentale importanza.

Nel presente rapporto vengono illustrate, con l'ausilio delle cosiddette "**catene di impatto**" così come riprodotte nell'immagine qui sopra, le interazioni tra tutti i fattori di rischio e le conseguenze che ne derivano a cascata.

Questo strumento metodologico è stato sviluppato da Eurac Research e si è affermato a livello internazionale come elemento integrante dell'analisi dei rischi climatici. Le catene di impatto rappresentano graficamente le relazioni tra pericolosità, esposizione e vulnerabilità e fungono da "architettura" dell'analisi e della valutazione dei rischi.

Un altro concetto importante introdotto dall'IPCC è quello dei "rischi-chiave", ovvero dei rischi climatici che possono compromettere seriamente uno o più sistemi.

I rischi-chiave sono caratterizzati, tra l'altro, da

- danni gravi
- danni frequenti
- danni irreversibili
 - perdita di funzionalità del sistema
 - effetti a cascata che vanno oltre i confini del sistema.

Il concetto di rischi chiave è stato perseguito in modo coerente in questo rapporto; i rischi-chiave sono stati identificati, analizzati e valutati per tutti i campi d'azione. Le catene di impatto riprodotte nelle pagine seguenti forniscono un elenco di tutti i rischi-chiave per i rispettivi campi d'azione e anticipano graficamente (attraverso l'intensità del colore delle caselle) la valutazione della necessità dell'intervento (cfr. capitolo 6).

4.1 Gestione delle acque

Autore e Autrice: Giacomo Bertoldi, Viola Ducati

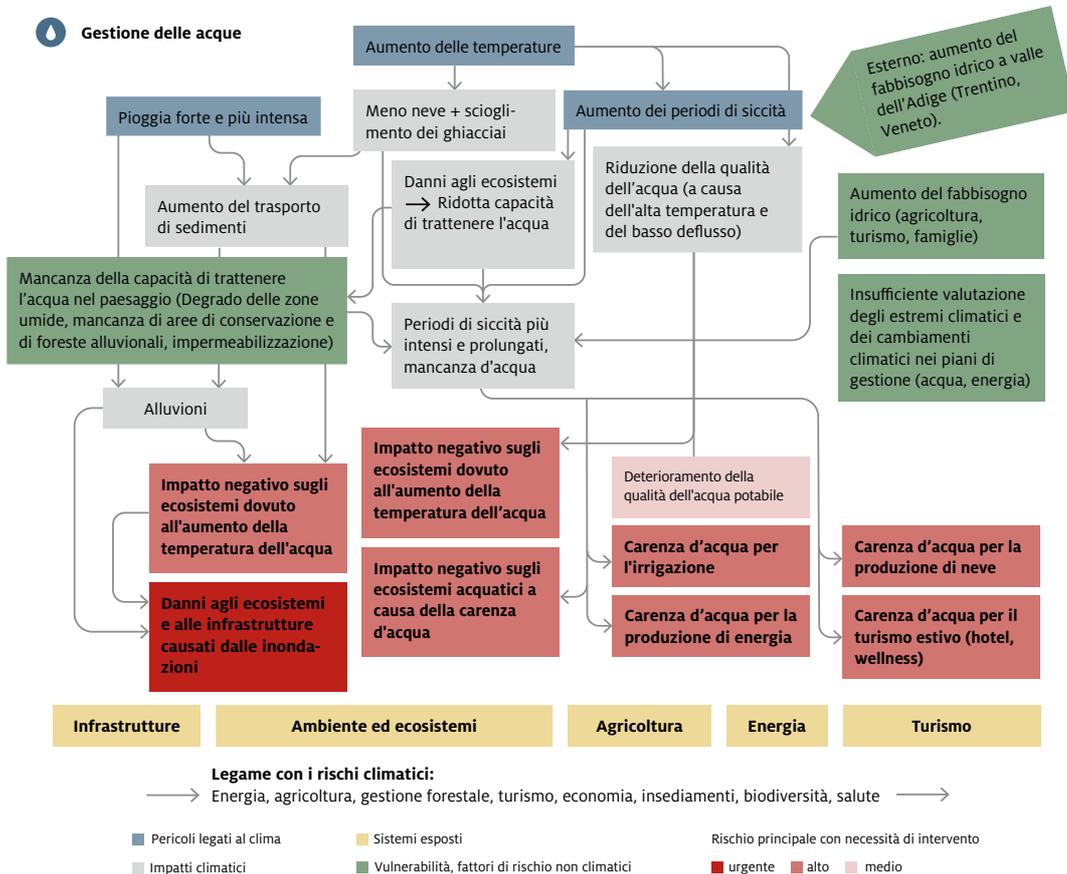


Figura 15: Catena degli impatti per visualizzare la pericolosità, l'esposizione e la vulnerabilità del settore della gestione delle acque

Introduzione

Pur mancando a oggi dati convalidati aggiornati, in Alto Adige si rileva un trend di crescita della domanda idrica, trainato soprattutto dai settori dell'agricoltura e del turismo. Il cambiamento climatico rappresenta dunque una sfida complessa, perché l'aumento delle temperature, la variazione del regime delle precipitazioni e l'aumento della frequenza e dell'intensità di fenomeni meteorologici estremi come siccità, piene (Balistrocchi et al., 2021) e tempeste impattano la quantità e la qualità dell'acqua disponibile. Il ciclo dell'acqua in montagna sta rapidamente cambiando: diminuiscono le giornate con neve al suolo, le nevicate e l'equivalente in acqua della neve (Matiu et al., 2021; Bertoldi et al., 2023); cambia la stagionalità dei deflussi con un anticipo e una riduzione del contributo nivo-glaciale; si riduce la superficie glaciale, diminuita da 121,9 km² nel 1997 a 84 km² nel 2017 (Galos et al., 2023); la fusione del permafrost incide sui processi di crollo, sulla dinamica dei ghiacciai rocciosi, sul trasporto dei sedimenti, sulla qualità dell'acqua. Infine, l'aumento della temperatura provoca anche un aumento della domanda idrica naturale e artificiale, incluso il fabbisogno irriguo dell'agricoltura. Si modifica dunque la disponibilità idrica stagionale, mentre aumenta la domanda idrica sia per effetto dei cambiamenti climatici che per driver di tipo economico.

In assenza di politiche di gestione dell'acqua adattate agli scenari climatici futuri il rischio è che aumentino i conflitti già in essere e che ne sorgano nuovi tra le diverse parti interessate.

4.1.1 Ambiente ed ecosistemi

Cause dei rischi

Il cambiamento climatico impatta sull'ambiente e sugli ecosistemi attraverso la modifica della distribuzione dei deflussi nel corso dell'anno e del ciclo idrologico, con il conseguente aumento del pericolo di siccità, e attraverso l'aumento delle temperature, con il conseguente aumento della temperatura delle acque e impatti diretti e indiretti sulla flora e sulla fauna acquatiche. L'aumento delle temperature influisce anche sull'accelerazione dello scioglimento dei ghiacciai, con il conseguente aumento del trasporto di sedimenti, e dunque con l'accelerazione del processo di interrimento dei bacini e maggiori perturbazioni dei sistemi fluviali. Con il progredire della deglaciazione e la diminuzione degli apporti nevosi aumenta anche il pericolo di scarsità idrica estivo.

Situazione attuale

Si registrano significativi miglioramenti rispetto a 20 anni fa nella gestione fluviale, soprattutto per quanto riguarda la qualità dell'acqua (Ruffini & Pollinger, 2017), ma anche per la quantità, grazie all'introduzione del vincolo di rilasciare nei corsi d'acqua un deflusso minimo per garantirne la funzionalità ecologica. Comunque, questo generalmente chiamato "deflusso minimo vitale" (DMV) o più correttamente "deflusso ecologico" può essere sospeso a favore dell'uso irriguo nelle zone definite aride. Soprattutto nel caso di carenza idrica, i conflitti locali e regionali per l'utilizzo dell'acqua quindi sono comuni, in primis tra gli utilizzi irrigui e quelli energetici per il rispetto del DMV.

Potenziale situazione futura

La diminuzione degli apporti nivo-glaciali e una maggiore frequenza di situazioni di siccità e ondate di calore potranno determinare una riduzione della portata dei fiumi, con conseguenti impatti sull'ecologia dei fiumi. Si prevedono anche rischi legati al peggioramento della qualità dell'acqua, causati sia dall'aumento della temperatura media delle acque sia, in situazioni di carenza idrica, dalla minore diluizione degli inquinanti.

Potenziale di adattamento

Sarebbe opportuno sperimentare un Deflusso Minimo Vitale dinamico nello spazio e nel tempo, per modulare il prelievo di acqua da laghi e fiumi garantendo la salute degli ecosistemi. Servirà inoltre ridurre il consumo idrico e l'inquinamento con l'obiettivo di preservare ecosistemi in salute e ad alta biodiversità, resilienti e in grado di fornire i servizi ecosistemici collegati con l'acqua anche in condizioni climatiche mutate.

4.1.2 Uso civile e domestico

Cause dei rischi

La carenza idrica e gli eventi estremi, anche alluvionali, minacciano la disponibilità e la qualità dell'acqua per uso civile. Eventi meteorologici estremi come precipitazioni intense possono provocare inondazioni con conseguenti interruzioni nei servizi di distribuzione di acqua potabile e raccolta delle acque reflue.

Situazione attuale

Le differenze territoriali nella disponibilità di acqua richiedono uno studio di dettaglio delle diverse zone dell'Alto Adige. Aree particolarmente vulnerabili sono le zone di versante con falde acquifere superficiali e poco estese e le aree approvvigionate da sistemi acquedottistici piccoli e non connessi tra loro. Anche l'alto livello di dispersione idrica influisce sulla disponibilità di acqua per gli usi civili e domestici.

Potenziale situazione futura

Si prevede un aumento del rischio di carenza idrica, con il conseguente rischio di diminuzione della disponibilità e della qualità dell'acqua potabile. L'aumento delle temperature rischia di impattare

negativamente sulle acque sotterranee, sia in termini di quantità che di qualità. Anche gli eventi meteorologici estremi potranno peggiorare la qualità dell'acqua destinata a uso potabile o causare l'interruzione dei servizi di distribuzione e raccolta delle acque.

Potenziale di adattamento

Sarà opportuno collegare i sistemi di distribuzione dell'acqua in sistemi integrati e più resilienti, superando l'attuale frammentazione. Servirà inoltre migliorare l'efficienza dei sistemi di distribuzione, promuovere il recupero dell'acqua piovana e valutare un possibile maggiore utilizzo degli acquiferi attraverso il monitoraggio delle sorgenti. Per gestire meglio le emergenze idriche e garantire una gestione sostenibile a lungo termine servirà sensibilizzare la cittadinanza al risparmio idrico e al consumo consapevole.

4.1.3 Uso agricolo

Cause dei rischi

Il rischio di mancanza di acqua per l'uso agricolo è determinato sia da fattori climatici – periodi prolungati di assenza di precipitazioni, periodi di estremo caldo secco, aumento delle temperature con conseguente maggiore evapotraspirazione e maggiore durata della stagione vegetativa e irrigua – sia da fattori economici, connessi all'espansione delle superfici coltivate in quota e all'impiego di tecniche agricole intensive, che necessitano di maggiore irrigazione.

Situazione attuale

Con la crescita della richiesta irrigua e delle superfici coltivate, in caso di siccità aumenta il rischio di conflitti sul rispetto del Deflusso Minimo Vitale e sulla fornitura di acqua alle regioni a valle. Negli ultimi anni è comunque parzialmente migliorata l'efficienza degli impianti di irrigazione.

Potenziale situazione futura

Si prevede un aumento tanto del fabbisogno irriguo dei sistemi agricoli e forestali quanto delle situazioni di scarsità idrica, con il conseguente rischio di mancanza d'acqua per l'irrigazione delle colture e dei prati. Fenomeni meteorologici estremi come precipitazioni intense, inondazioni, siccità e ondate di calore potranno avere impatti diretti negativi sui sistemi agricoli.

Potenziale di adattamento

Alcune opportunità di tipo tecnico sono ottimizzare la domanda idrica dei sistemi agricoli e i sistemi di irrigazione – anche adottando tecniche di monitoraggio di precisione –, promuovere colture resistenti al caldo e agli stress idrici e potenziare i sistemi di stoccaggio dell'acqua attraverso una gestione a uso misto di alcuni invasi idroelettrici e la costruzione di nuovi piccoli invasi a uso irriguo. Dal punto di vista gestionale sarà opportuno favorire la gestione consorziale e il monitoraggio puntuale della domanda idrica agricola. Serviranno anche collaborazione e coordinamento a livello sovraprovinciale per la gestione della scarsità idrica.

4.1.4 Uso energetico

Cause dei rischi

Il cambiamento della stagionalità delle piogge, la minore disponibilità di acqua a lento rilascio immagazzinata nella neve stagionale e nei ghiacciai, la fusione nivale anticipata e i fenomeni meteorologici estremi diminuiscono l'utilizzabilità della risorsa idrica. Gli eventi di piena, di colate detritiche e le alluvioni, con il trasporto di sedimenti a essi connesso, impattano sulla generazione e sulla conversione elettrica, sia in termini di danni alle turbine che di interrimento dei bacini.

Il cambiamento climatico influenza anche la domanda energetica con un minore fabbisogno in inverno e una maggiore domanda durante le ondate di calore estive.

Situazione attuale

In situazioni di carenza idrica diminuisce la produzione di energia idroelettrica, mentre aumenta la richiesta d'acqua per altri usi, con il conseguente rischio di conflitti con altri settori, in primis l'agricoltura. In caso di eventi di piena i bacini possono essere utilizzati per la laminazione in funzione di protezione idraulica.

Potenziale situazione futura

Aumenta il rischio di mancanza di acqua per la produzione di energia, con impatti maggiori per le centrali idroelettriche situate alle quote più alte (Majone et al., 2016) e dunque collocate in bacini fortemente glacializzati. Maggiori deflussi invernali per via di maggiori precipitazioni liquide potrebbero invece avere impatti positivi sulla produzione. Sulla spinta degli obiettivi di decarbonizzazione potrebbe aumentare il fabbisogno di energia rinnovabile, pur essendo limitato il margine per nuovi impianti. Si prevede anche un aumento della diffusione degli impianti idroelettrici a pompaggio e dell'uso multiplo di bacini per l'agricoltura, la produzione di energia idroelettrica e la laminazione di piena.

Potenziale di adattamento

L'attuale modalità di gestione, pensata per rispondere alle dinamiche di mercato, garantisce una certa flessibilità al sistema di produzione idroelettrica, ma dovrà comunque essere ripensata alla luce delle dinamiche climatiche, rimodulando nel ciclo idrologico annuale gli arrivi di acqua e agendo sia sul lato dell'offerta, per esempio attraverso lo stoccaggio, sia della domanda idrica dei vari settori.

Per la gestione delle situazioni di carenza idrica e la pianificazione di processi di adattamento sono possibili sia azioni di tipo tecnico – come l'implementazione di sistemi di monitoraggio, di modelli previsionali e di sistemi di supporto decisionale, lo sviluppo di sistemi di stoccaggio per pompaggio e la creazione di riserve idriche a uso misto/promiscuo–, sia azioni politico-amministrative, come la condivisione di chiare regole e priorità di uso tra i vari portatori di interesse.

Lo sviluppo di nuovi impianti, spinto dagli obiettivi di decarbonizzazione, dovrà tenere conto di vincoli ambientali, paesaggistici e legati ai rischi idraulici. Il principale potenziale è legato all'ottimizzazione e riconversione degli impianti esistenti. Sarà anche possibile migliorare l'efficienza del trasporto di energia, per esempio interrando le linee.

4.1.5 Uso industriale e turistico

Cause dei rischi

L'uso idrico turistico è esposto al rischio di carenza idrica per fattori sia climatici che economici e sociali. Nel caso del turismo invernale, diminuisce l'innevamento naturale mentre aumenta la domanda idrica per l'innevamento artificiale, sia per supplire alla mancanza di neve naturale sia per garantire un innevamento ottimale sulle piste. L'uso idrico turistico estivo è esposto agli impatti di eventi estremi come inondazioni e siccità ed è anch'esso in aumento sia per l'innalzamento dell'offerta ricettiva alberghiera sia per la crescita del settore del wellness e degli usi idrici ricreativi estivi.

Situazione attuale

L'industria mostra una diminuzione della domanda idrica. Cresce invece la domanda del settore del turismo, creando conflittualità con altri settori come l'agricoltura e l'idroelettrico. Nonostante l'utilizzo di invasi e sistemi di stoccaggio, nel caso del turismo invernale già si usano tutte le risorse disponibili, e questo determina una pressione a realizzare nuovi invasi in quota. Il maggiore utilizzo in senso ricreativo di laghi e fiumi determina una maggiore attenzione alla qualità ambientale e morfologica dei corpi idrici, anche alla luce del rischio di inquinamento delle acque per effetto degli eventi meteorologici estremi e della crescente pressione del turismo sui servizi di distribuzione e raccolta delle acque.

Potenziale situazione futura

La domanda idrica del settore del turismo invernale continuerà ad aumentare, mettendo a rischio la possibilità di assicurare l'innevamento artificiale e aumentando potenziali conflitti con le esigenze di

approvvigionamento idropotabile e di deflusso ecologico. Il settore del turismo estivo potrà subire conseguenze sia dagli eventi di eccesso d'acqua che di scarsità, che potrebbero compromettere la possibilità di garantire la completa offerta dei servizi turistici.

Potenziale di adattamento

Il settore del turismo invernale dovrà ricorrere allo stoccaggio dell'acqua attraverso la costruzione di nuovi invasi. Ogni intervento dovrà essere attentamente valutato, tenendo conto degli impatti sui diversi settori ambientali. È raccomandabile una progettazione di invasi convertibili a altri usi, come quelli agricoli e potabili, o di protezione antincendio o di produzione energetica. Tuttavia, i bacini artificiali per l'innevamento, data la loro ubicazione e vincoli tecnici e normativi, non sempre sono adatti. Sarà anche possibile utilizzare tecniche di *snow farming*, tenendo però a mente che, se non mitigati, i cambiamenti climatici richiederanno un ripensamento radicale del modello turistico invernale.

Sommario – Rischi principali

- Rischio di mancanza d'acqua per garantire il deflusso ecologico, con conseguenti impatti sulla salute degli ecosistemi acquatici e aumento del rischio di peggioramento della qualità dell'acqua, dovuto alla minore diluizione degli inquinanti.
- Rischio di aumento di temperatura delle acque, con impatti sulla salute degli ecosistemi.
- Rischio di aumento del trasporto di sedimenti per effetto dello scioglimento dei ghiacciai, con conseguenti perturbazioni dei bacini e dei sistemi fluviali.
- Rischio di diminuzione della quantità e della qualità dell'acqua per uso potabile.
- Rischio di mancanza d'acqua per l'irrigazione delle colture e dei prati.
- Rischio di mancanza d'acqua per la produzione di energia elettrica a causa dei cambiamenti della stagionalità delle piogge e del ritiro dei ghiacciai.
- Rischio di mancanza d'acqua per garantire l'innevamento artificiale, richiesto sia per supplire alla mancanza di neve naturale sia per prolungare la stagione sciistica e garantire un innevamento ottimale.
- Rischio di mancanza d'acqua per garantire gli usi idrici a fini ricreativi nel periodo estivo (piscine, wellness) e rischio di peggioramento della qualità dell'acqua a causa dell'aumento dei fenomeni meteorologici estremi, con conseguenti impatti sul settore delle attività ricreative acquatiche.
- Rischio di danni agli ecosistemi, agli insediamenti e alle infrastrutture a causa delle inondazioni.

Bibliografia

- Balistrocchi, M., Tomirotti, M., Muraca, A., Ranzi, R., 2021. Hydroclimatic Variability and Land Cover Transformations in the Central Italian Alps. *Water* 13, 963. <https://doi.org/10.3390/w13070963>
- Bertoldi, G., Bozzoli, M., Crespi, A., Matiu, M., Giovannini, L., Zardi, D., Majone, B., 2023. Diverging snowfall trends across months and elevation in the northeastern Italian Alps. *Intl Journal of Climatology* 43, 2794–2819. <https://doi.org/10.1002/joc.8002>
- Galos, S., Klug, C., Dinale, R., 2023. 20 YEARS OF GLACIER CHANGE: THE HOMOGENIZED GLACIER INVENTORIES FOR SOUTH TYROL 1997-2005-2017 45, 71–83. <https://doi.org/10.4461/GFDQ.2022.45.6>
- Majone, B., Villa, F., Deidda, R., Bellin, A., 2016. Impact of climate change and water use policies on hydropower potential in the south-eastern Alpine region. *Science of the Total Environment* 543, 965–980. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.009>

- Matiu, M., Crespi, A., Bertoldi, G., Carmagnola, C.M., Marty, C., Morin, S., Schöner, W., Berro, D.C., Chiogna, G., Gregorio, L.D., Kotlarski, S., Majone, B., Resch, G., Terzago, S., Valt, M., Beozzo, W., Cianfarra, P., Gouttevin, I., Marcolini, G., Notarnicola, C., Petitta, M., Scherrer, S.C., Strasser, U., Winkler, M., Zebisch, M., Cicogna, A., Cremonini, R., Debernardi, A., Faletto, M., Gaddo, M., Giovannini, L., Mercalli, L., Soubeyroux, J.-M., Sušnik, A., Trenti, A., Urbani, S., Weigluni, V., 2021. Observed snow depth trends in the European Alps: 1971 to 2019. *The Cryosphere* 15, 1343–1382. <https://doi.org/10.5194/tc-15-1343-2021>
- Ruffini, F., Pollinger, 2017. Gesamtplan für die Nutzung der öffentlichen Gewässer Teil 1 Aktuelle Situation (No. Teil 1 Aktuelle Situation). Autonome Provinz Südtirol, Italien.

4.2 Biodiversità

Autore: Andreas Hilpold

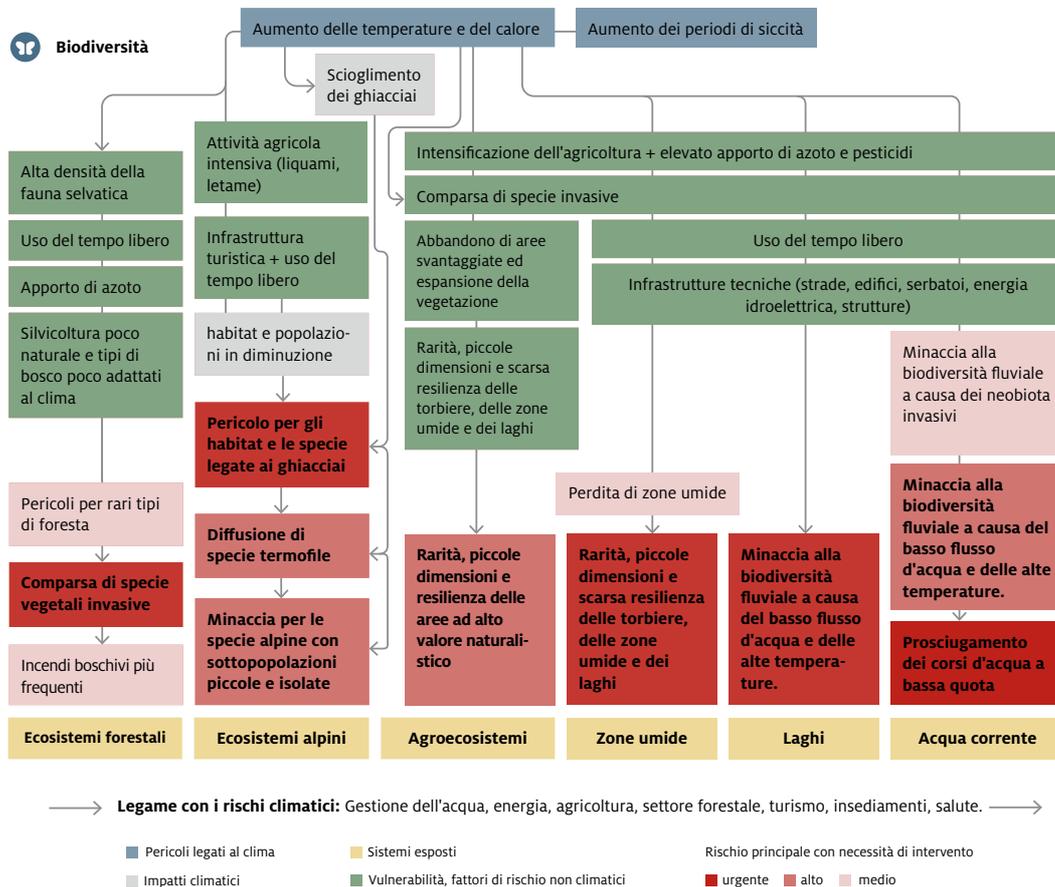


Figura 16: Catena degli impatti per illustrare i pericoli, l'esposizione e la vulnerabilità del settore della biodiversità

Introduzione

Negli ultimi 200 anni in Alto Adige è diminuita drasticamente la biodiversità: nel XX secolo si è estinto circa il 3 % di tutte le specie vegetali e un quarto della flora attuale è al momento considerato in pericolo di estinzione (Wilhelm & Hilpold, 2006). Fattori principali di questo problema sono stati i cambiamenti nello sfruttamento del suolo, come l'intensificazione nelle zone favorevoli e l'abbandono di quelle sfavorevoli, nonché gli interventi attuati sui corsi d'acqua, come il raddrizzamento dei fiumi e lo sfruttamento idroelettrico. Nella valutazione degli impatti climatici occorre prendere in considerazione questi fattori che sono tuttora esistenti.

4.2.1 Foresta

Cause dei rischi

L'Alto Adige è popolato dall'uomo da migliaia di anni e in questo periodo gli ecosistemi forestali sono stati fortemente influenzati dall'utilizzo del legno, dal pascolo e dalla raccolta di stame. Le foreste primordiali, poco o per nulla utilizzate in passato, sono limitate ad aree inaccessibili e sono spesso caratterizzate da un mosaico di classi di età diverse degli alberi. L'aumento delle temperature sta portando a periodi prolungati di siccità e a ondate di calore, aumentando il rischio di incendi boschivi. Aumentano

anche i conflitti di obiettivi diversi e di utilizzo della foresta, per cui la scelta è tra l'incremento delle fonti di energia rinnovabile (legname) e il desiderio di preservare la biodiversità forestale.

Situazione attuale

L'Alto Adige ha una superficie forestale di notevole entità ma non uniformemente distribuita: la maggior parte delle aree boschive si trova a quote più elevate, fino a circa 2.100 metri, mentre a quote inferiori le foreste sono distribuite irregolarmente nei fondivalle, come nella Val d'Adige, sono pressoché inesistenti. Di conseguenza, sono ben rappresentati i tipi di foresta montana e la loro diversità di specie, mentre sono più rari i tipi di foresta collinare-submontana, soprattutto in luoghi appetibili per l'agricoltura o l'insediamento (ad es. boschi ripariali o di taglio). Negli ultimi decenni la superficie forestale ha subito un incremento soprattutto alle quote più elevate, a causa dell'abbandono (del pascolo e sfalcio), limitando la percezione di possibili effetti del riscaldamento globale. Allo stato attuale, le specie dipendenti dalle fasi di invecchiamento e decadimento nelle foreste commerciali e nelle tipologie forestali meno diffuse sono rare e spesso in pericolo.

Potenziale situazione futura

La potenziale distribuzione altitudinale dei tipi di foresta si sposterà verso l'alto, poiché molte specie arboree non si trovano più al loro optimum ecologico. Anche se l'effettiva espansione in altezza dei tipi di foresta è in ritardo rispetto a quella potenziale, eventi meteorologici e geologici estremi, unitamente a conseguenze biologiche come l'espansione del bostrico, possono accelerare significativamente questo processo. In molte valli, le aree forestali in cui attualmente predomina l'abete rosso si trasformeranno sempre più in boschi misti di latifoglie. Si può ipotizzare che questo processo avrà ripercussioni positive per la biodiversità, poiché al contempo aumenterà la maggiore vicinanza alla natura. In futuro le aree a bassa quota, favorite dal calore, potrebbero essere gradualmente colonizzate da specie arboree mediterranee sempreverdi. Visto che i tipi di foresta predominanti un tempo, come la roverella, il rovere e il carpino nero, stanno espandendosi verso l'alto a causa dei cambiamenti climatici, questo processo non dovrebbe compromettere la biodiversità nel suo complesso. Tuttavia, la rigenerazione potrebbe essere ritardata dal cospicuo numero di capi di selvaggina presente. I problemi potrebbero presentarsi anche per i tipi di foresta rari e particolarmente adattati a determinate situazioni e per gli animali ad esse associati. Questi ambienti non sempre possono spostarsi verso l'alto come a causa del terreno, un esempio sono le foreste di forra. Eventi estremi come il vento, la pressione della neve e le frane possono accelerare l'adattamento della foresta, ma possono anche favorire l'insediamento di specie pionieri non autoctoni, come l'albero del paradiso, la robinia e la buddleja, che possono creare problemi alle specie autoctone. In futuro, in caso di ondate di calore o periodi di siccità, potrebbero manifestarsi con maggiore frequenza incendi boschivi su larga scala, soprattutto sui terreni scoscesi, che provocherebbero danni a lungo termine all'ecosistema, compreso il suolo. Questo fattore favorirebbe le specie arboree più resistenti agli incendi o in grado di ricolonizzare rapidamente le aree bruciate, a discapito delle specie che non vantano tali capacità di adattamento.

Potenziale di adattamento

L'habitat foresta dovrebbe essere rinforzato e adattato ai cambiamenti climatici, con interventi consapevoli a favore della biodiversità nelle foreste gestite, ad esempio lasciando a terra la legna morta, sopprimendo le specie non autoctone e aumentando la diversità strutturale. Si dovrebbero anche riportare a uno stato più naturale aree selezionate di foreste autoctone, rinunciando deliberatamente al loro utilizzo. Per evitare la perdita di alcuni habitat e le conseguenti ripercussioni negative sulla biodiversità, occorre preservare le isole forestali in pianura e migliorarne il collegamento con altre aree boschive. Bisognerebbe, laddove possibile, evitare di fare scoppiare incendi boschivi di grandi dimensioni (cfr. capitolo *Gestione forestale*).

4.2.2 Habitat alpini

Cause dei rischi

Il riscaldamento aumenta la competizione tra le specie animali e vegetali (presenti d'alta quota), perché l'incremento delle temperature e il modificarsi delle precipitazioni spostano verso l'alto, lungo i gradienti di altitudine e umidità, i confini dell'areale delle specie più termofile. I cambiamenti climatici accrescono il rischio di disastri naturali come valanghe e colate di fango, che possono provocare la scomparsa di singole popolazioni, aumentandone la probabilità di estinzione, soprattutto per le specie rare d'alta quota. I fattori di rischio non climatici includono principalmente la costruzione di nuove strutture e l'utilizzo per attività ricreative, produzione di energia e mobilità. Anche lo sfruttamento agricolo può contribuire a generare ripercussioni negative in questo ambiente, soprattutto in caso di gestione impropria, come lo sfruttamento eccessivo dei pascoli.

Situazione attuale

Nella zona altitudinale da subalpina a nivale vivono numerose specie (endemiche e subendemiche) con popolazioni isolate a livello globale. Per molte di esse, l'Alto Adige ospita una parte significativa delle popolazioni e dell'areale globale, per cui l'Alto Adige ha una grande responsabilità nei confronti di queste specie. Finora le osservazioni sugli effetti diretti del riscaldamento globale in Alto Adige sono risultate molto frammentarie (ad es. progetto GLORIA: <https://gloria.ac.at/home>).

Potenziale situazione futura

A causa del riscaldamento globale, si prevede che diminuiscano gli habitat e le specie adattati al freddo a favore di habitat e specie favorite dal caldo, in particolare alle altitudini subnivali e nivali. Eventi estremi come inverni rigidi e nevosi ed erosione provocano ulteriori disagi, che possono essere intensificati dalle attività umane. A causa delle limitazioni geografiche, l'area totale degli habitat alpini sta diminuendo drasticamente. Questi tipi di habitat stanno inoltre isolandosi, riducendo l'interconnessione tra le popolazioni esistenti che comporta un indebolimento delle popolazioni nel medio-lungo termine (Ceresa et al., 2023) e una maggiore probabilità di estinzione. La colonizzazione degli habitat di nuova creazione, d'altra parte, non è immediata; ad esempio può essere richiesto un tempo relativamente lungo perché si formi una prateria alpina in luoghi che diventano climaticamente favorevoli.

Potenziale di adattamento

Bisognerebbe designare ulteriori aree protette come misure di adattamento ai cambiamenti climatici e promuovere misure di orientamento e sensibilizzazione mirate per chi frequenta questi luoghi. Soprattutto in un contesto di cambiamento delle condizioni ambientali, è necessario rivalutare regolarmente l'uso dell'agricoltura anche a livello alpino (sopra i 2.300 metri). Sebbene il pascolo del bestiame svolga una funzione importante per mantenere aperta la vegetazione nell'area di confine della foresta, ad altitudini più elevate gli effetti ecologici negativi spesso superano i benefici. Nella zona di confine della foresta (zona subalpina) è opportuno continuare a sostenere lo sfalcio delle preziose aree prative, sebbene l'eccessivo spargimento di sostanze nutritive danneggia la biodiversità delle aree alpine e subalpine, soprattutto la varietà di piante vascolari e insetti. Infine, per le specie di alta quota, per le quali dobbiamo sentirci molto responsabili, è raccomandata anche la conservazione ex-situ, ad es. nei giardini botanici.

4.2.3 Agroecosistemi

Cause dei rischi

I cambiamenti climatici stanno modificando i tempi di coltivazione e raccolta delle colture e quindi anche i periodi di fioritura, cosa che può determinare uno sfasamento dell'attività degli insetti impollinatori, con un forte impatto sulla biodiversità ed effetti negativi sull'agricoltura. Cambia inoltre la disponibilità di acqua, con ripercussioni dirette sugli organismi viventi sopra e sotto il suolo, nonché sulla

qualità del suolo stesso. Aumentano anche gli eventi meteorologici estremi. Non tutti questi cambiamenti sono negativi, poiché le specie specializzate possono trarne beneficio. Nel complesso, i cambiamenti climatici stanno alterando gli ecosistemi. Oltre ai cambiamenti climatici, gioca un ruolo decisivo la variazione nello sfruttamento del suolo, come l'intensificazione in luoghi agronomicamente favorevoli e l'abbandono in luoghi sfavorevoli con conseguente invasione della macchia e rimboschimento. Gli effetti principali del riscaldamento globale si manifesteranno probabilmente in maniera indiretta, ad es. con lo spostamento di alcune colture ad altitudini più elevate dove la disponibilità di acqua è sufficiente o attraverso la conversione di aree forestali in prati e pascoli, con conseguente perdita di aree di valore ecologico. Per proteggersi dagli eventi estremi sempre più spesso vengono installate strutture speciali come reti antigrandine e serbatoi, che a loro volta hanno un impatto ecologico.

Situazione attuale

L'attuale paesaggio agricolo dell'Alto Adige è caratterizzato da prati, campi di mais, frutteti e vigneti utilizzati prevalentemente in modo intensivo o moderato nelle zone vallive con un clima favorevole e presenta una biodiversità relativamente bassa su vaste aree. La maggior parte delle specie presenti nelle aree agricole si concentra in zone utilizzate in modo estensivo, come i prati di montagna umidi e ricchi di specie, i pascoli non troppo intensivi, i frutteti tradizionali e i castagneti, i pendii dei vigneti con muretti a secco e un mosaico di isole boschive e siepi, nonché i campi di cereali di limitate dimensioni. Questi habitat sono anche definiti terreni agricoli ad alto valore naturale (HNV) e sono diminuiti in modo significativo dopo l'industrializzazione dell'agricoltura. Il numero e la diversità delle piccole strutture del paesaggio agricolo che hanno rilevanza per la biodiversità sono diminuite e ciò si riflette, ad esempio, nella conseguente scomparsa di siepi, singoli alberi, filari di alberi, stagni e paludi.

I cambiamenti nel paesaggio agricolo e la perdita di biodiversità ad essi associata influenzano anche i servizi ecosistemici disponibili (Zanini et al., 2024). Ad esempio, l'intensificazione delle praterie ha portato a un impoverimento del mondo vegetale, che a sua volta ha provocato un calo delle popolazioni di insetti e può avere un impatto negativo sulle impollinazioni (Guariento et al., 2022).

Potenziale situazione futura

Gran parte della biodiversità è concentrata nelle aree ad alto valore naturalistico (aree HNV), che però sono spesso isolate e separate le une dalle altre perché barriere come le infrastrutture e i paesaggi a coltivazione intensiva ne impediscono il passaggio da una all'altra. Non è inoltre chiaro quali delle attuali aree HNV possano sopravvivere in condizioni climatiche mutevoli. L'aumento dell'evaporazione dovuto alle temperature più elevate potrebbe risultare particolarmente problematico per gli habitat che si adattano all'umidità, come i prati umidi o bagnati, mentre le praterie semi-aride potrebbero esserne favorite. Tuttavia, il riscaldamento potrebbe rendere ancora più difficoltoso lo sfruttamento agricolo in aree di difficile accesso e a scarsità di acqua, soprattutto nei pascoli secchi come in Val Venosta. Gli effetti indiretti sull'agrobiodiversità si manifestano quando si verificano problemi di irrigazione a causa della mancanza di neve in inverno o per la completa scomparsa delle riserve d'acqua nei ghiacciai. Eventi estremi come tempeste o periodi di siccità possono avere un impatto diretto sulla biodiversità e innescare processi di estinzione locale o portare indirettamente all'abbandono di alcuni sfruttamenti per il cambiamento di destinazione d'uso.

Potenziale di adattamento

L'adattamento è focalizzato sullo sfruttamento del suolo. È importante che le aree ad alto valore naturalistico (aree HNV), in particolare i prati, i frutteti tradizionali, i castagneti e i pascoli estensivi, continuino a ricevere sostegni economici anche di maggiore entità. Queste aree sono spesso pressoché sconosciute alla pubblica amministrazione, per questo è essenziale mappare completamente i biotopi. I cambiamenti colturali resi possibili dal riscaldamento globale (ad es. la conversione di prati in frutteti o di pascoli in vigneti) dovrebbero essere effettuati solo dopo aver effettuato una valutazione dal punto di vista ecologico del terreno. Sarebbe importante escludere completamente dalla conversione aree di pregio come i prati secchi.

4.2.4 Paludi e laghi

Cause dei rischi

I cambiamenti climatici, con l'aumento delle temperature e la variazione dei modelli di precipitazione, sta influenzando le condizioni idrologiche di paludi e laghi. Una diminuzione delle precipitazioni o prolungati periodi di caldo in estate possono ridurre la disponibilità di acqua e causare addirittura la scomparsa di questi habitat. Fenomeni estremi possono accelerare ulteriormente i processi innescati dai cambiamenti climatici. A lungo termine, ciò può anche modificare la composizione delle specie. Le variazioni nello sfruttamento del suolo, come il drenaggio delle torbiere basse e l'immissione di nutrienti e pesticidi da parte delle attività agricole limitrofe, oltre alla costruzione di infrastrutture e al disturbo generato dalle attività ricreative, hanno effetti negativi.

Situazione attuale

Nelle paludi e nei laghi vivono una flora e una fauna molto particolari e spesso a rischio di estinzione. Delle zone umide originariamente esistenti in Alto Adige restano ancora solo piccole aree, la maggior parte delle quali pur essendo molto isolata ospita un'elevata diversità di specie. Molte di esse sono presenti in Europa solo in poche popolazioni fortemente isolate. La nostra responsabilità nei confronti della flora e della fauna degli habitat delle zone umide è quindi grande perché non si tratta solo di habitat sensibili, ma anche di importanti serbatoi di carbonio (soprattutto per quanto riguarda le zone umide torbose come le torbiere alte). La loro conservazione e la loro futura valorizzazione sono essenziali per il bilancio del carbonio in Alto Adige.

Potenziale situazione futura

Diverse barriere isolano tra loro le paludi e i laghi, soprattutto nella zona valliva, rendendo spesso impossibile alle specie lo spostamento verso zone situate più in alto. È anche previsto un impatto negativo sulle torbiere per l'aumento delle temperature, perché aumentano l'attività microbica e quindi la decomposizione del materiale organico, che in molti casi impedisce l'ulteriore formazione di torba e in certe zone può anche portare al degrado delle torbiere esistenti. Un effetto simile è dato anche dai periodi di siccità, mentre un'intensificazione dei periodi di gran caldo può modificare la composizione vegetale delle paludi, con conseguente sostituzione delle piante che intervengono nella formazione della torba con specie più resistenti al caldo e alla siccità. Occorre attuare una politica di pianificazione territoriale mirata per scongiurare la minaccia diretta del cambiamento d'uso del suolo.

Potenziale di adattamento

La strategia centrale per mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici consiste nell'evitare tutti i fattori di influenza negativi aggiuntivi, in particolare nel settore dell'agricoltura. È particolarmente importante creare, laddove non esistano, delle zone cuscinetto intorno alle aree umide del paesaggio agricolo. Sarebbe inoltre molto vantaggioso per la biodiversità ripristinare le zone umide, soprattutto nelle aree di pianura, e avrebbe senso tornare a umidificare le torbiere prosciugate negli ultimi 100 anni. Grande importanza riveste anche sviluppare l'interconnessione tra gli habitat di pregio nelle aree agricole, i numerosi fossi potrebbero fungere da corridoi potenzialmente utilizzabili se ne venisse migliorata la qualità. Sono raccomandate le misure di conservazione ex-situ, ad es. nei giardini botanici, per le specie particolarmente minacciate, soprattutto se non vengono realizzate per tempo o risultano inefficaci le contemporanee misure di rinaturalizzazione. Sono poi essenziali una mappatura completa e un monitoraggio costante delle zone umide per evidenziare il valore e l'unicità di questi habitat, poiché la mancanza di dati al riguardo si ripercuote negativamente sulla conservazione e la protezione degli stessi.

4.2.5 Fiumi

Cause dei rischi

Tra i fattori climatici che influenzano i corsi d'acqua possiamo citare l'aumento della temperatura dell'acqua, i cambiamenti nel regime di deflusso nel corso del giorno e dell'anno e l'incremento di

fenomeni estremi come la siccità e le forti precipitazioni. I raddrizzamenti storici dei fiumi, l'utilizzo dell'energia idroelettrica, il prelievo di acqua per vari scopi e la concessione di diritti d'acqua hanno modificato notevolmente i corpi idrici naturali dell'Alto Adige e stanno provocando sempre più spesso conflitti di utilizzo. Le fluttuazioni dei livelli idrici, gli apporti agricoli e farmaceutici, i preparati ormonali, le microplastiche e il sale stradale hanno un impatto negativo sulla qualità dell'acqua. Durante i periodi di siccità si riduce il deflusso nella maggior parte dei corsi d'acqua, per cui aumenta la concentrazione di apporti di natura puntuale o diffusa, che a loro volta possono avere un maggiore impatto sulla qualità dell'acqua.

Il raddrizzamento dei tratti fluviali può comportare un aumento del rischio di inondazione in caso di eventi estremi, perché nella maggior parte dei casi anche le zone di scolo sono assenti. Gli ecosistemi delle foreste ripariali sono in genere complessi di habitat molto dinamici, in grado di adattarsi con relativa rapidità alle mutevoli condizioni del sito, a condizione che dispongano di spazio sufficiente, cosa che non avviene in gran parte dell'Alto Adige.

Il cambiamento delle condizioni abiotiche si riflette anche in una modifica della biocenosi I neobiota, come le specie alloctone di gamberi e di pesci, si stanno diffondendo all'interno e lungo i corsi d'acqua e possono alterare in modo permanente l'equilibrio degli ecosistemi acquatici (Niedrist et al., 2022; Niedrist, 2023).

Situazione attuale

La biodiversità dei corsi d'acqua è fortemente influenzata dalla scomparsa di varietà di organismi viventi in tutto il mondo. A causa del riscaldamento globale, anche in Alto Adige i corsi d'acqua si stanno riscaldando (Niedrist et al., 2022). Già temperature dell'acqua superiori a 20° C provocano uno stress da calore nei salmonidi e periodi prolungati di temperature superiori a 25° C sono addirittura letali (Pankhurst & King, 2010; Steinbauer, 2022). Non patiranno solo i pesci per l'aumento delle temperature dell'acqua, ma anche i macroinvertebrati (piccoli invertebrati che vivono sul fondo) saranno colpiti direttamente e indirettamente: direttamente, perché molte specie sono legate a specifici intervalli di temperatura e quindi non possono più colonizzare determinati tratti di fiume. Indirettamente, perché lo scioglimento delle nevi e dei ghiacciai modificherà in modo significativo le condizioni dei corsi d'acqua e avrà quindi un impatto diretto sul ciclo di vita dei piccoli organismi. Poiché questi ultimi svolgono un ruolo fondamentale nella capacità di autodepurazione dei corsi d'acqua e sono anche cibo per i pesci, i cambiamenti climatici richiederanno adattamenti significativi. L'aumento della temperatura dell'acqua, soprattutto in combinazione con la riduzione dei flussi d'acqua durante i periodi di siccità, può inoltre favorire la crescita delle alghe. Il contenuto di ossigeno nell'acqua diminuisce e può a sua volta influire negativamente sul patrimonio ittico e sulla qualità dell'acqua.

Il declino della fauna ittica in Alto Adige è particolarmente impressionante, a causa delle opere di protezione dei corsi d'acqua e dell'interruzione del continuum naturale dei corsi d'acqua.

Potenziale situazione futura

L'aumento della temperatura porta a un cambiamento temporale nel regime di deflusso, poiché una minore quantità di acqua viene immagazzinata come neve e le ultime aree glaciali si sciolgono. Questi cambiamenti nelle condizioni abiotiche si rifletteranno anche nelle biocenosi dei corsi d'acqua alimentati dai ghiacciai: specie altamente specializzate cercheranno tratti di corsi d'acqua più elevati (questo però non è sempre possibile) o scompariranno del tutto.

Con il cambiamento dell'andamento delle precipitazioni e lo scioglimento dei ghiacciai, si sta modificando anche il flusso dei fiumi. Possono così venirsi a creare volumi di deflusso più irregolari e un aumento del rischio di erosione. La riduzione del flusso idrico (meno precipitazioni, maggiori prelievi d'acqua) modificherà lo stato chimico dei corpi idrici: le concentrazioni di nutrienti aumenteranno, la temperatura dell'acqua salirà e diminuirà la concentrazione di ossigeno nell'acqua. Queste alterazioni delle condizioni abiotiche avranno un impatto anche sulle biocenosi. Per contrastare i cambiamenti nei modelli di precipitazione, nel bilancio idrico, nella temperatura e nelle condizioni ecologiche, è necessario migliorare l'interconnessione, la gestione delle risorse idriche e la protezione dell'ambiente, nonché ridurre i fattori negativi non correlati con il clima (ad es. apporti, prelievi, sovrasfruttamento).

Potenziale di adattamento

Per contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici sui corsi d'acqua occorre trovare la giusta combinazione tra misure ecologiche, tecniche, politiche e sociali. I corsi d'acqua hanno subito importanti modifiche per lunghi tratti e questo può anche essere visto come un'opportunità: la struttura dei corsi d'acqua può essere notevolmente migliorata grazie a interventi di ampliamento e a misure intese a ridurre la discontinuità dei flussi. Al momento, però, i requisiti di base per eventuali interventi di ampliamento non sono soddisfatti in modo adeguato. Rimuovere barriere come dighe o sbarramenti che ostacolano il flusso naturale può essere di grande utilità per il mantenimento o il ripristino dell'integrità ecologica. Per preservare la biodiversità acquatica anche in futuro, soprattutto durante i periodi di siccità, è necessario mantenere o aumentare costantemente i flussi residui. È inoltre importante ripristinare l'interconnessione tra i corsi d'acqua, per favorire la biodiversità e la protezione della fauna acquatica, in quanto solo in questo modo le specie possono spostarsi verso aree più fresche. Una fitta vegetazione boschiva lungo i corsi d'acqua contribuisce a ridurre il riscaldamento e gli apporti diffusi. Le zone umide possono fungere da tamponi naturali contro le inondazioni e da sistemi di filtraggio per migliorare la qualità dell'acqua. In quest'ottica sarebbe vantaggioso, ad esempio, ripristinare miratamente le foreste ripariali, sia per la biodiversità che per la protezione dalle inondazioni. Concedendo più spazio ai fiumi, è possibile dare vita ad habitat diversificati: aree di rifugio come lanche o radici possono garantire la ricolonizzazione di organismi viventi dopo periodi di forte fluttuazione dei livelli dell'acqua. Per farlo, è richiesta la cooperazione e la comprensione di molti soggetti interessati, poiché i fondivalle sono generalmente utilizzati per l'agricoltura. Promuovere l'agricoltura sostenibile, la gestione forestale e le iniziative di pesca per ridurre la pressione sui corsi d'acqua e incoraggiare il coinvolgimento della comunità nella pianificazione e nell'attuazione di misure di protezione e conservazione dei corsi d'acqua può favorire l'integrità dei corsi stessi. Inoltre, gli ecosistemi "sani" sono in grado di contrastare meglio gli effetti dei cambiamenti climatici.

Una combinazione di queste misure può ridurre al minimo gli effetti negativi dei cambiamenti climatici sui corsi d'acqua e rafforzare la resilienza degli ecosistemi e delle comunità umane.

Sommario – Rischi principali

- Rischio di perdita di popolazioni negli ecosistemi forestali e montani ad alta quota a causa di eventi estremi come siccità, forti precipitazioni e inondazioni, incendi boschivi, frane e vento.
- Rischio di perdita di habitat e di scomparsa delle specie negli ecosistemi forestali, di alta montagna e agricoli, a causa dell'incapacità di adattarsi all'aumento delle temperature oltre che alle limitate opportunità di migrazione dovute alla frammentazione degli habitat e alle barriere topografiche.
- Rischio di scomparsa degli habitat legati ai ghiacciai e delle loro specie a causa dell'arretramento e della probabile scomparsa dei ghiacciai e delle aree ricoperte da neve perenne.
- Rischio di scomparsa delle comunità adattate alle zone umide a causa dell'aumento delle temperature
- Rischio di diminuzione delle specie autoctone a causa dell'aumento delle specie invasive e adattate al caldo, per l'aumento delle temperature e le perturbazioni generate da eventi estremi.
- Rischio di adattamento ai cambiamenti climatici: i cambiamenti nell'agricoltura e l'aumento della richiesta di energia rinnovabile potrebbero mettere a rischio habitat e specie e generare conflitti per l'acqua.

Bibliografia

- Ceresa, F., Brambilla, M., Kvist, L., Vitulano, S., Pes, M., Tomasi, L., Pedrini, P., Bettega, C., Anderle, M., Hilpold, A., Kranebitter, P., 2023. Restricted dispersal and inbreeding in a high-elevation bird across the 'sky islands' of the European Alps. *J. Biogeogr.* <https://doi.org/10.1111/jbi.14787>
- Guariento, E., Rüdissler, J., Fiedler, K., Paniccia, C., Stifter, S., Tappeiner, U., Seeber, J., Hilpold, A., 2022. From diverse to simple: butterfly communities erode from extensive grasslands to intensively used farmland and urban areas. *Biodivers. Conserv.* <https://doi.org/10.1007/s10531-022-02498-3>
- Niedrist, G.H., 2023. Substantial warming of Central European mountain rivers under climate change. *Reg. Environ. Change.* <https://doi.org/10.1007/s10113-023-02037-y>
- Niedrist, G.H., Hilpold, A., Kranebitter, P., 2022. Fischbesatz in Südtirol während der letzten 30 Jahre: konstante Priorisierung nicht-heimischer Arten. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7215789>
- Pankhurst, N.W., King, H.R., 2010. Temperature and salmonid reproduction: implications for aquaculture. *J. Fish Biol.*
- Steinbauer, P., 2022. Negative Auswirkungen von sommerlichen Hitzeperioden und Wassermangel auf Fischhaltung und Fischzucht. Fachliche Beiträge des Tiergesundheitsdienstes Bayern e.v.
- Wilhaml, T., Hilpold, A., 2006. Rote Liste der gefährdeten Gefäßpflanzen Südtirols.
- Zanini, S., Dainese, M., Kopf, T., Leitinger, G., Tappeiner, U., 2024. Maintaining habitat diversity at small scales benefits wild bees and pollination services in mountain apple orchards. *Ecol. Solut. Evid.* 5, e12320. <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12320>

4.3 Agricoltura

Autrici e autore: Verena Kircher, Clara Horvath, Christian Hoffmann

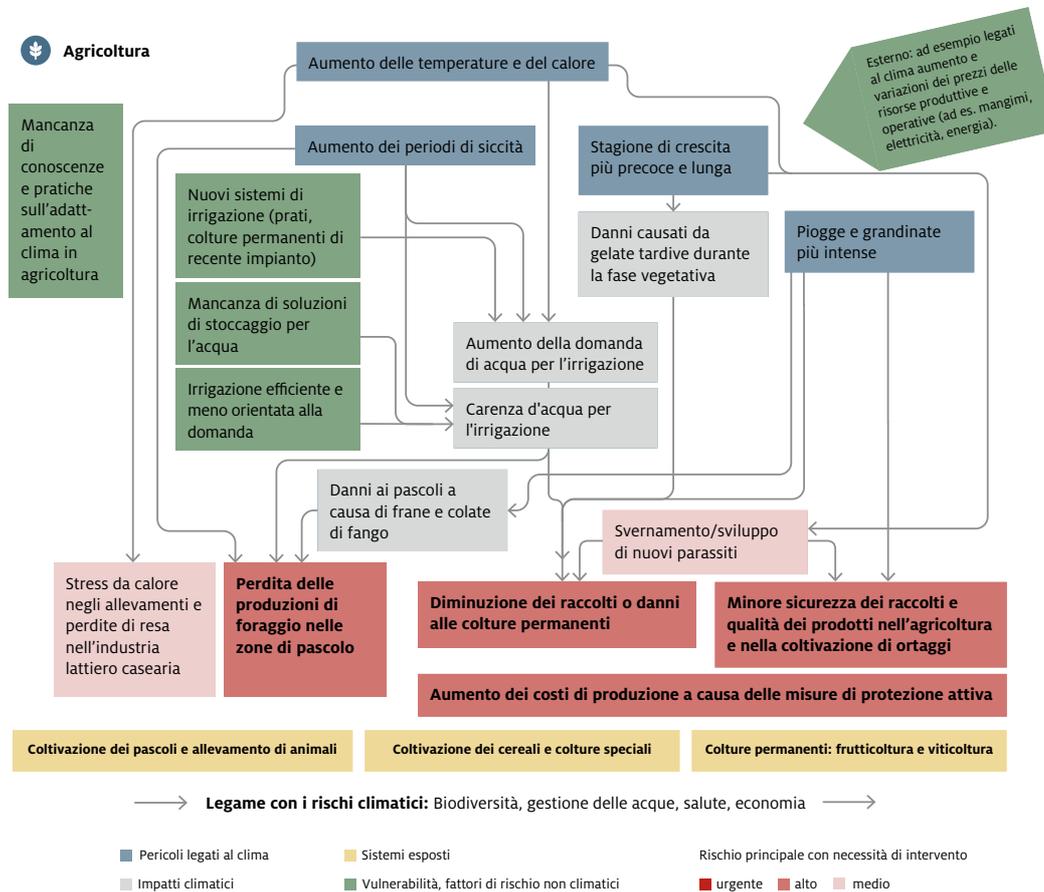


Figura 17: Catena degli impatti che illustra i pericoli, l'esposizione e la vulnerabilità del settore agricolo

Introduzione

L'agricoltura è uno dei settori più interessati dai cambiamenti climatici (MASE, 2023). Circa il 28 % della superficie altoatesina è utilizzata per l'agricoltura, costituita principalmente da prati e pascoli permanenti (circa il 78,4 %), da colture arboree (13,2 %) e da seminativi e ortaggi (8,3 %). Secondo l'Istituto per la ricerca economica (2021) l'agricoltura in Alto Adige rappresenta il 4,6 % del PIL. Le differenze di altitudine e la conseguente diversità climatica rendono possibile la coltivazione di una gran varietà di colture. A causa della sua posizione all'interno delle Alpi, che protegge la regione dalle abbondanti precipitazioni, l'agricoltura dipende dai sistemi di irrigazione supplementare, soprattutto nel sud e nell'ovest del Paese (Zebisch et al., 2018). Dei circa 150 milioni di metri cubi annui di consumo idrico totale dell'Alto Adige, circa il 57 % è riconducibile all'agricoltura (Carmignola, 2017). A fronte dell'aumento del fabbisogno irriguo e della diminuzione della disponibilità idrica a causa dei cambiamenti climatici, si stanno valutando nuove strategie di stoccaggio e utilizzo efficiente dell'acqua. L'agricoltura si trova anche di fronte alla sfida di realizzare misure di adattamento adeguate al luogo in cui è presente (BMEL, 2020).

Cause dei rischi

L'aumento delle temperature, i cambiamenti nei modelli di precipitazione o gli eventi meteorologici estremi (gelate tardive, grandine, tempeste, piogge intense, caldo, siccità, ecc.) hanno un impatto sui processi di sviluppo, sulle risorse idriche e del suolo, sull'impovertimento della sostanza organica o sull'erosione del suolo e influenzano direttamente la quantità, la qualità e la stabilità dei raccolti (BMEL,

2020). I cambiamenti climatici possono anche provocare la comparsa di nuovi organismi nocivi ed erbe infestanti, oltre a compromettere la salute e il benessere degli animali e la produttività degli allevamenti (BMEL, 2020), con un conseguente impatto su fattori socio-economici come la redditività, i prezzi dei prodotti alimentari, la qualità e la disponibilità di prodotti (del Pozo et al., 2019; MASE, 2023; Weigel, 2011). L'incremento delle temperature e il conseguente prolungamento del periodo di vegetazione possono aumentare la produttività delle singole colture, in caso di disponibilità di acqua e nutrienti sufficienti (BAFU, 2013). In alcuni casi, i cambiamenti nei modelli di precipitazione possono anche attenuare la minaccia di alcune malattie e parassiti. Tuttavia, la maggior parte dei cambiamenti climatici si ripercuote negativamente sul settore agricolo (BMEL, 2020; MASE, 2023).

Obiettivi prioritari e temi trasversali

Governance e ulteriore sviluppo di sistemi di irrigazione efficienti

La definizione delle priorità delle risorse idriche e l'attuazione di nuovi progetti di ingegneria idraulica rappresentano già oggi una sfida per la società (Tagliavini & Niedrist, 2023; Tappeiner et al., 2020). Vista la scarsità d'acqua che si prevede per il futuro, in Alto Adige si rende impellente la necessità di attuare una strategia congiunta a lungo termine per lo stoccaggio e la gestione delle acque, con un adattamento conforme al Piano generale dell'utilizzazione delle acque pubbliche (Carmignola, 2017). A tal fine, è importante determinare il fabbisogno idrico delle varie località e colture, monitorare il consumo e la qualità dell'acqua, determinarne la quantità e il tempo di disponibilità e favorire una comunicazione trasparente e la sensibilizzazione di tutte le parti interessate al fine di determinare eventuali misure di risparmio. Spesso è necessario convertire il sistema di irrigazione a gestione cooperativa per consentire un'irrigazione flessibile ed efficiente, per cui sono necessari finanziamenti e investimenti in processi di risparmio idrico supportati da dati, consulenza tecnica e ricerca su metodi di irrigazione efficienti.

Promozione della biodiversità, della salute del suolo e di pratiche agricole sostenibili

Per far sì che la produzione agricola diventi più resiliente al cambiamento climatico, sono necessarie strategie e misure per creare, mantenere e stabilizzare la sostanza organica e il contenuto di nutrienti dei terreni e per ripristinare la salute e le funzioni naturali del suolo. Occorre poi sviluppare e attuare strategie per la protezione dei paesaggi agricoli di pregio in termini ecologici, la promozione di pratiche agroecologiche e il consolidamento delle funzioni degli ecosistemi.

4.3.1 Foraggicoltura e allevamenti

Cause dei rischi

I lunghi periodi di caldo e siccità alterano il bilancio idrico dei pascoli, con effetti diretti sulla crescita e sulla qualità delle piante foraggere e sulle relative rese. Influenzano e danneggiano inoltre la composizione del manto erboso, aumentando il rischio di erosione in caso di precipitazioni elevate ed eventi meteorologici estremi (Elsässer, 2018). Le conseguenze dei cambiamenti climatici rendono più elevato il rischio negli allevamenti. Lo stress da calore compromette la termoregolazione degli animali e ha un impatto negativo sulle difese immunitarie, sull'assunzione di mangime e sulla produzione di latte (BMEL, 2020). I cambiamenti climatici favoriscono in parte l'aumento della minaccia di infezioni, nonché la ricomparsa e la diffusione di epidemie animali e di nuovi patogeni (ad es. la febbre catarrale degli ovini) (BMEL, 2020; Commissione Europea, 2009). I fenomeni meteorologici estremi, come le forti precipitazioni, possono anche aumentare il rischio di incidenti sul lavoro.

Situazione attuale

L'allungamento delle stagioni di vegetazione ha un impatto positivo sulla produttività dei pascoli ad alta quota (Tappeiner et al., 2020). Tra il 2010 e il 2020, la superficie prativa in Alto Adige è diminuita del 24,4 %, raggiungendo i 160.102 ettari. Il 5,4 %, ovvero 640 aziende di pascolo, hanno abbandonato l'attività negli ultimi dieci anni (in particolare le aree coltivate in modo estensivo nelle regioni alpine e montane) (Tappeiner et al., 2020), con ripercussioni sulla biodiversità ecologica, sull'estetica del paesaggio e sulle funzioni socio-culturali dei pascoli (Zoller & Bischof, 1980). A causa di prolungati periodi di siccità, l'irrigazione sta assumendo un ruolo sempre più importante nella foraggicoltura. Dei circa

216.000 ettari di superficie agricola totale (SAT), che comprende prati e pascoli, seminativi e colture orticole), circa il 15 - 20 % è già irrigato, corrispondente al 45 % del fabbisogno idrico agricolo totale (Tappeiner et al., 2020).

Potenziale situazione futura

L'irrigazione dei pascoli ha dimostrato la sua utilità nei periodi di siccità per la stabilizzazione delle rese foraggere e si renderà sempre più importante in futuro (Peratoner & Thalheimer, 2022), soprattutto in aree in cui in passato l'irrigazione non era considerata necessaria (ad es. in Val Pusteria) (Tappeiner et al., 2020). Il periodo e la quantità di irrigazione dipendono dalle caratteristiche della pianta e del suolo (come la profondità delle radici, la capacità di campo, il contenuto di scheletro e dalle condizioni meteorologiche e non consentono generalizzazioni (Peratoner & Thalheimer, 2022). L'allungamento della stagione vegetativa può prolungare il periodo di pascolo. In questo contesto, densità di bestiame adeguate e un'adeguata gestione dei pascoli diventeranno sempre più importanti per ottimizzare l'utilizzo della biomassa in futuro. La diminuzione delle aree a pascolo e la necessità di irrigazione aumentano la pressione economica sull'attuale settore zootecnico. Se il fabbisogno alimentare delle unità di bestiame ammesse per ettaro non è più soddisfatto dal foraggio disponibile, può rendere necessario l'acquisto di mangimi aggiuntivi o l'affitto di ulteriori pascoli e quindi al conseguente aumento dei prezzi. Gli adeguamenti tecnici nell'allevamento (stalle, irrigazione, riduzione del bestiame) e l'incremento delle malattie possono comportare un ulteriore onere finanziario per le aziende agricole.

Potenziale di adattamento

Al fine di evitare problemi e carenze, l'acqua disponibile deve essere utilizzata in modo efficiente (cfr. sottocapitolo *"Governance e ulteriore sviluppo di sistemi di irrigazione efficienti"*). Esistono diverse soluzioni tecniche per monitorare continuamente e in modo accurato l'andamento del potenziale idrico del suolo mediante tensiometri (Peratoner & Thalheimer, 2022). Progetti come "Smart Land" utilizzano sensori di monitoraggio di umidità del suolo in frutticoltura e viticoltura e se ne sta studiando l'uso anche nei pascoli (Peratoner & Thalheimer, 2022; Prünster, 2020). I sistemi assicurativi basati su indici (indice meteorologico) integrano in modo specifico l'assicurazione per il risarcimento danni (Bucheli et al., 2023) e possono attenuare le conseguenze economiche della siccità per le colture erbacee nelle Alpi. (Castelli et al., 2023). Per migliorare i sistemi assicurativi dovrebbero essere ulteriormente sviluppati diversi indici e fonti di dati innovativi (Bucheli et al., 2023). I metodi di valutazione basati su satelliti e modelli consentono inoltre di gestire con lungimiranza le risorse idriche. Le piante e le varietà foraggere ottimizzate hanno una loro importanza, così come lo sviluppo e la sperimentazione di miscele di sementi per prati permanenti con qualità che garantiscano una buona resa anche in periodi di siccità prolungata (Stanzel, 2019). Scegliere un'altezza di taglio maggiore, un numero ottimale di tagli e un orario adeguato per la falciatura dei prati possono diventare valide misure agricole contro lo stress da calore e per la conservazione della biodiversità (Elsäßer, 2018). Si rende inoltre necessario apportare degli adeguamenti tecnici come l'installazione e l'ammodernamento dei sistemi di irrigazione esistenti per aumentare la quota di superfici irrigue. Sviluppare e sostenere economicamente nuove tecnologie per le stalle (stalle climatizzate, sistemi di ventilazione, impianti di nebulizzazione) può servire per proteggere gli animali dal surriscaldamento e dalla diffusione di agenti patogeni. In futuro sarà opportuno adattare la selezione delle razze animali ai cambiamenti climatici previsti e agli agenti patogeni che si svilupperanno. Come conseguenza positiva del cambiamento climatico, potrebbe essere possibile anticipare la salita all'alpeggio per un'ottimale utilizzazione dei pascoli. Per una migliore commercializzazione dei prodotti locali, occorre sensibilizzare i consumatori e l'industria della ristorazione. È necessario promuovendo il passaggio a un'alimentazione a basse emissioni che tenga conto sia del benessere degli animali sia della protezione del clima, così facendo si creano incentivi per le aziende agricole estensive, il che potenzialmente dà alle giovani generazioni maggiori stimoli nel portare avanti la gestione delle aziende agricole paterne.

4.3.2 Colture permanenti: frutticoltura e viticoltura

Cause dei rischi

In frutticoltura e viticoltura il clima ha un impatto diretto sul processo di maturazione, sulla resa e sulla qualità (del Pozo et al., 2019). Temperature medie più elevate possono offrire nuove opportunità per la frutticoltura e la viticoltura in luoghi precedentemente non idonei e per le varietà e le colture che richiedono più calore (Dijk van et al., 2020; Tscholl et al., 2024; Tscholl & Egarter Vigl, 2024). In frutticoltura l'aumento della temperatura, delle giornate calde e delle ore di sole può comportare una notevole diminuzione della qualità (scottature solari) (Dijk van et al., 2020). La temperatura mite di aria e terreno in primavera può interrompere la dormienza invernale e favorire uno sviluppo precoce, che aumenta il rischio di danni da gelate tardive, accelera lo sviluppo dei frutti e influisce sulla buccia (rugginosità), sulla forma dei frutti e sulla compattezza della polpa (conservabilità). Una maturazione più rapida in estate/autunno può influire su colorazione, contenuto di zuccheri, acidità e degradazione della polpa, riducendo così la conservabilità dei frutti (Stainer, 2011). Le temperature in aumento intensificano l'evapotraspirazione e aumentano il rischio di stress da siccità. In particolare, le varietà di frutta con radici poco profonde (ad es. mele e mirtillo) sono più vulnerabili rispetto alle piante con radici profonde come la vite (Dijk van et al., 2020). Anche in viticoltura il processo di maturazione e il rapporto tra contenuto di zuccheri e degradazione degli acidi (sapore e contenuto alcolico) sono determinanti ai fini della qualità del prodotto finale (Schmid, 2018). La mancanza d'acqua e lo stress termico possono compromettere il profilo aromatico così importanti per il vino e avere un impatto negativo sulla struttura cellulare e sulla compattezza dell'uva per la vinificazione. Eventi estremi di pioggia o grandine possono danneggiare i frutti e le piante intere o ridurre la qualità del prodotto, rendendone più difficile la commercializzazione (Dijk van et al., 2020). L'influenza dei cambiamenti climatici (inverni più miti, temperature medie più elevate, periodi di prolungate precipitazioni) può ripercuotersi sulla comparsa e sulla diffusione di nuovi fitopatogeni in modo positivo o negativo, a seconda dell'organismo interessato. Può aumentare anche il rischio di insediamento di nuovi fitopatogeni. Inverni più miti e umidi possono anche giocare a favore della proliferazione dei fitopatogeni già insediati (Dijk van et al., 2020; Stainer, 2011; Zebisch et al., 2018).

Situazione attuale

Attualmente la viticoltura rappresenta circa il 3,3 % del fabbisogno idrico agricolo (Versuchszentrum Laimburg, 2024). Secondo i risultati scientifici, circa l'80 – 90 % dei vigneti è dotato di sistemi di irrigazione, soprattutto a goccia (100 l/m²). Nella frutticoltura, quasi il 100 % della superficie è irrigata (300 l/m²), a cui si aggiunge l'acqua necessaria per la protezione da gelate tardive (150 l/m²) (Prünster, 2020; Tappeiner et al., 2020). In base alle pubblicazioni scientifiche, circa il 70 % dei meleti dispone oggi di sistemi di irrigazione a goccia in aggiunta all'irrigazione aerea. Nel 2019 la quantità totale di acqua richiesta dalla frutticoltura corrispondeva a circa il 51,7% del consumo totale di acqua in agricoltura (Tappeiner et al., 2020). I dati relativi al prelievo di acqua si basano sulle licenze idriche concesse, anche se non è noto il volume effettivo di acqua consumata.

La fioritura del melo ha già subito uno spostamento in avanti di circa due settimane dal 1975 (Niedrist et al., 2022) e, secondo le osservazioni scientifiche, la vendemmia anticipa ormai di circa una settimana. In alcune località, la vendemmia inizia un mese prima rispetto a 30 anni fa, come risulta dagli studi scientifici (Zebisch et al., 2018). L'85 – 90 % della maturazione precoce in viticoltura è legata al clima, mentre il restante 10 – 15 % è dovuto a riduzioni mirate della resa per motivi di qualità. Secondo le stime scientifiche, gli effetti dell'aumento della temperatura sulla qualità sono stati finora ampiamente compensati da misure di adattamento in viticoltura (riduzione della defogliazione, irrigazione, anticipo della raccolta, adattamento delle varietà, ecc.).

Le gelate tardive in frutticoltura e viticoltura si manifestano quasi ogni anno in proporzioni diverse. In Europa, in particolare, tra il 1982 e il 2012 si è registrato un aumento significativo del numero di giornate di gelo in primavera (Liu et al., 2018). Ad eccezione del 2017, i danni causati dalle gelate tardive in viticoltura sono rimasti molto bassi. Grazie alla mitezza dell'inverno 2024, a cui sono seguiti fronti d'aria fredda, per poco sono stati evitati danni da gelo in viticoltura. A causa del suo sviluppo precoce, la mela è più sensibile sia ai danni da gelate tardive che allo stress termico (apparato radicale superficiale). Il numero di ore di sole è già aumentato del 25 % negli anni dal 1995 al 2005, cosa che può provocare

anche danni ai frutti (scottature solari). Misure agronomiche e tecniche (irrigazione, protezione dal gelo, reti antigrandine, anche contro le bruciature) possono mitigare questi effetti (Zebisch et al., 2018) e sono già ampiamente utilizzate in frutticoltura. Il raccolto che presenta alterazioni qualitative (conservabilità, sapore, aspetto) subisce ulteriori trattamenti. Il monitoraggio del periodo 1950 – 2021 mostra che nella maggior parte dell'Europa è stato registrato un significativo aumento della quantità di fulmini e grandine. Il maggiore aumento di grandine si verifica nel nord Italia, in Pianura Padana. Le tendenze indicano che la probabilità di grandine di grandi dimensioni è tre volte superiore a quella degli anni '50 (Battaglioli et al., 2023). L'intensità delle grandinate isolate è aumentata negli ultimi anni, con fenomeni estremi che nel 2023 hanno causato ingenti danni (ad es. a Tesimo, Nalles, Naz-Sciaves). Tuttavia, non vi sono segnali di un aumento generalizzato dei danni da grandine (Hail Protection Consortium, 2024). La protezione attiva grazie alla tecnologia può risultare meno efficace se è previsto l'aumento dell'intensità (grandine, gelate tardive, soprattutto ad alta quota); ad esempio, nel 2023, alcune reti antigrandine nella Val Sarentino non sono state più in grado di resistere alla forte grandine. Ciò rende più difficile ottenere una protezione passiva attraverso l'assicurazione. Oltre che dalla crescente pressione di fitopatogeni e patogeni consolidati (peronospora e oidio, tignola della vite/mela), la frutticoltura e la viticoltura sono minacciate da nuovi parassiti, talvolta invasivi (ad es. cimice degli alberi, mosca dell'aceto del ciliegio, mosca del noce, mosca della frutta del ciliegio, macchia fogliare di *Glomerella*, ecc.) Lo stress termico indebolisce la maggior parte delle colture e le rende più suscettibili agli organismi nocivi (Zebisch et al., 2018) e, secondo gli studi scientifici, ne determina un incremento a livello locale. Per minimizzare il rischio di calo delle rese o di perdite qualitative delle colture a causa dei cambiamenti climatici, nell'ambito della selezione varietale si stanno ricercando varietà con caratteristiche di adattamento al sito e di resistenza/tolleranza ai fitopatogeni.

In seguito ai cambiamenti climatici, esiste il potenziale climatico per spostare la viticoltura ad altitudini più elevate, tenendo conto di una possibile disponibilità limitata di acqua. Esiste anche un potenziale climatico per uno spostamento dalle varietà di vino bianco a quelle di vino rosso e alle varietà a maturazione tardiva (Tscholl, 2019). I meleti sono oggi coltivati fino a 1.000 metri sul livello del mare, mentre i vigneti sono presenti in zone favorevoli fino a circa 1.200 metri (Zebisch et al., 2018).

Potenziale situazione futura

In futuro è previsto l'aumento dei fenomeni meteorologici estremi e un cambiamento delle condizioni agroclimatiche, che influenzeranno il processo di maturazione e lo stress termico (Tappeiner et al., 2020; Trnka et al., 2011). Alle altitudini oltre gli 800 metri potrebbe aumentare il rischio di gelate tardive che, secondo le stime scientifiche, potrebbero anche complicare la copertura assicurativa. Con temperature superiori a 40°C, è prevedibile un aumento delle perdite di qualità e una profonda modifica dei sistemi di coltivazione e delle misure colturali (ad es. i film ombreggianti). È probabile che aumenti lo spostamento verso altitudini più elevate, così come il passaggio dalle varietà di vino bianco a quelle di vino rosso e che si aggiungano nuove varietà a maturazione tardiva (Moriondo et al., 2013; Tscholl & Egarter Vigl, 2024). In frutticoltura, potrebbe diventare sempre più difficile garantire un'elevata qualità dei frutti alle basse altitudini, il che potrebbe comportare il passaggio ad altre varietà o piante (Zebisch et al., 2018). Se il clima continuerà a mantenersi secco nei mesi invernali e primaverili, in alcuni casi potrebbe essere necessario anticipare l'irrigazione, poiché la mancanza d'acqua, soprattutto dopo l'inizio della maturazione, è particolarmente dannosa per la qualità. L'aumento delle temperature richiede un'irrigazione supplementare. Secondo le stime, l'espansione dell'irrigazione supplementare a goccia raggiungerà il 90 – 100 % entro il 2030 grazie agli incentivi. Si può anche ipotizzare che il riscaldamento globale favorirà ulteriormente il rischio di insediamento di nuovi parassiti (Skendžić et al., 2021; Tappeiner et al., 2020).

Potenziale di adattamento

Attualmente sono stati fatti molti tentativi per risparmiare acqua, come il deficit idrico controllato (RDI), il disseccamento parziale delle radici (Partial Rootzone Drying, PRD) o la determinazione mirata del fabbisogno irriguo e l'irrigazione efficiente, come nel progetto "Smart Land", che utilizza sensori di misurazione nelle coltivazioni di frutta e vino (Prünster, 2020). Per la coltivazione adattata di colture perenni, è importante condurre ricerche per selezionare i siti adatti e le varietà e colture adattate, al fine di contribuire alla sicurezza alimentare e garantire le rese in condizioni climatiche in continuo

cambiamento. Le varietà che alla fine prevarranno dipendono non solo dalla selezione, ma anche dalla necessità di immettere sul mercato prodotti più efficienti dal punto di vista delle risorse. Sebbene in viticoltura si stiano selezionando varietà resistenti ai miceti, vi sono ancora difficoltà di commercializzazione, qualità e resistenza.

Si rende ancora necessario fare ricerche sulle misure agronomiche standard, come la defogliazione moderata e sull'adattamento alle condizioni climatiche mutevoli. Adeguamenti tecnici come le reti anti-grandine e antinsetto si stanno dimostrando utili nella lotta contro i danni alle colture e patogeni. Insetti benefici come la "vespa samurai" vengono utilizzati contro la "cimice marmorata", come metodo alternativo di controllo dei parassiti. Nella pratica trovano già applicazione le raccomandazioni di fertilizzazione e protezione delle piante, che si basano sul rilevamento dei dati del suolo e del clima, e andrebbero ulteriormente approfondite. È inoltre importante continuare a ricercare misure fitosanitarie ecologiche contro i parassiti invasivi e consolidati.

L'uso di piccole attrezzature a motore elettrico e a guida autonoma per la cura del suolo e la protezione delle piante contribuisce a ridurre le emissioni. Fino a quando non si avranno a disposizione i trattori elettrici, in frutticoltura e viticoltura bisogna ricorrere a soluzioni transitorie concrete come l'olio vegetale idrogenato (HVO), gli oli vegetali, il biodiesel, ecc. La ricerca e la formazione devono concentrarsi maggiormente sull'adattamento al clima, al fine di creare un trasferimento di conoscenze tra ricerca, pratica e organizzazioni di consulenza.

4.3.3 Seminativi (comprese le colture di ortaggi ed erbe, di drupacee/bacche e le colture speciali)

Cause dei rischi

L'aumento della temperatura può migliorare il potenziale di resa di molti seminativi che dispongono di una sufficiente quantità di nutrienti e acqua e creare effetti sia positivi che negativi sugli organismi nocivi (BAFU, 2013). I cambiamenti nei modelli climatici annuali (primavere secche, primavere umide, grandine, tempeste, lunghi periodi di caldo e siccità, ecc.) aumentano l'incertezza sui periodi di coltivazione, di raccolta e sui processi di sviluppo, rendendo sempre più necessario il ricorso a un'irrigazione supplementare. Lo stress da calore può determinare un calo di crescita, caduta dei fiori e mancanza d'acqua. Le forti precipitazioni accrescono il rischio di lisciviazione dei nutrienti ed erosione del suolo durante i periodi di scarsa vegetazione e dopo fasi prolungate di siccità (BAFU, 2013). Gli eventi atmosferici estremi possono anche danneggiare o distruggere i dispositivi di protezione (velli, reti, tunnel di alluminio). I tipi più robusti, come il cavolfiore, sono meno suscettibili rispetto agli ortaggi da frutto (pomodoro, melanzana). I cereali rischiano di essere abbattuti a terra soprattutto poco prima della mietitura.

Situazione attuale

Attualmente i seminativi in Alto Adige, compresi i prati da foraggio, le superfici destinate a mais da foraggio, cereali e ortaggi, rappresentano circa l'8,3 % della superficie agricola utilizzata (SAU) (16.927 ha). Rispetto al 2010, questo settore ha registrato un aumento di circa il 6,6 % (ASTAT, 2020) soprattutto, secondo gli studiosi, per quanto riguarda le superfici foraggere avvicendate in zone marginali e il miglioramento della selezione di varietà con rese soddisfacenti. La coltivazione di cereali e ortaggi da campo è aumentata leggermente negli ultimi anni. In Alto Adige sono due le strutture principali che caratterizzano la coltivazione di ortaggi: le aziende agricole di grandi dimensioni, specializzate in poche colture, che rappresentano la quota maggiore in termini di superficie e sono per lo più organizzate in cooperative, e una quota minore, costituita da aziende agricole specializzate nella commercializzazione diretta, spesso con maggiore varietà di colture. Secondo i risultati scientifici, questo settore in Alto Adige beneficia di temperature più elevate, che offrono la possibilità di coltivare altre specialità, erbe aromatiche, ecc. anche in zone marginali.

Attualmente i seminativi non necessitano di irrigazione o solo occasionalmente mentre gli ortaggi richiedono irrigazione a seconda del tipo di coltura. Gli esperti altoatesini ritengono che il caldo estremo e i lunghi periodi di siccità rappresentino la sfida maggiore per seminativi e ortaggi, soprattutto in regioni come la Val Venosta e la zona di Bolzano. A protezione dallo stress da calore, alcune serre sono state

ombreggiate. Le foraggere non sono generalmente irrigate, tuttavia prolungati periodi di siccità mettono a dura prova il mais, soprattutto durante la fioritura, quando il fabbisogno idrico è massimo (Mairhofer & Figl, 2023). Nella coltivazione della patata, i cambiamenti dei modelli climatici hanno compromesso la semina, la crescita e, in alcuni casi, aumentato l'infestazione da miceti. Non sono finora stati rilevati però difetti di qualità o significative perdite di resa. Nel caso dei cereali, la qualità può risultare seriamente compromessa per danni dovuti ad abbattimento (vento e forti piogge) e deformità (forti piogge prima e durante il raccolto). Forti temporali hanno provocato il rovesciamento delle serre nella zona di Bolzano. Isolate grandinate hanno danneggiato gravemente le colture, ma finora non si sono verificati danni su larga scala. Si deve tenere presente che nella maggior parte delle aree vengono coltivate varietà più robuste (ad es. il cavolfiore), mentre sono esposte a un rischio decisamente più elevato le aziende che coltivano un maggior numero di varietà anche più delicate (ad es. lattuga, pomodori). Attualmente non è facile trovare un'assicurazione che garantisca per un'ampia gamma di colture la protezione da danni provocati da fenomeni meteo estremi, e questo a causa della complessità delle valutazioni da effettuare e della complessità delle pratiche burocratiche richieste. Le temperature più calde (del suolo) aumentano la proliferazione dei parassiti locali, soprattutto di quelli già ben noti, come la peronospora del cavolo, la peronospora tardiva e il marciume bruno.

Potenziale situazione futura

A causa della siccità, si rende sempre più spesso necessario ricorrere a irrigazioni supplementari. Vista la ridotta disponibilità temporale dell'acqua, le aziende produttrici di ortaggi si stanno orientando verso sistemi di riciclo e depurazione. Nutrendo e bagnando adeguatamente le piante, è possibile attuare a loro vantaggio delle misure di protezione, come la mancata irrigazione serale, prevenendo così la formazione di muffe e funghi. In generale, i cambiamenti climatici aumenteranno l'incertezza sui momenti giusti per la semina e il raccolto, sullo sviluppo e l'idoneità della posizione. Diventa quindi necessario aggiornare le informazioni e i consigli per la coltivazione. Gli inverni miti possono accelerare lo sviluppo dei cereali invernali e avere un impatto negativo sullo svernamento. Nei prossimi anni è prevista la diminuzione della quantità di neve/durata del manto nevoso e questo potrebbe avere un effetto positivo sulle malattie fungine (ad es. la muffa delle nevi). I fenomeni meteorologici estremi tenderanno ad aumentare ulteriormente e danneggeranno i raccolti. Aumenterà anche la coltivazione di nuove varietà in posizioni aggiuntive.

Potenziale di adattamento

Riguardo agli ortaggi e ai seminativi, aumenterà il ricorso all'irrigazione per colture in posizioni marginali che in precedenza non venivano pressoché irrigate. Vanno ricercate nuove piante che possano garantire una resa dalla qualità elevata nonostante il cambiamento delle condizioni climatiche, concentrandosi sulla selezione di varietà, specie vegetali e miscele di sementi adatte al clima e più resistenti alle sfide legate al cambiamento climatico (calore, siccità, malattie o organismi nocivi). È inoltre necessario aprire nuovi mercati di vendita per le varietà adattate al clima e dare informazioni utili sulla coltivazione. Il rischio può essere minimizzato diversificando le coltivazioni e utilizzando varietà che vengano seminate e maturino in periodi diversi. Antagonisti naturali e organismi benefici, nonché rotazioni colturali modificate (ad es. per la diabrotica del mais) possono contrastare o controllare le infestazioni da parassiti. Le aziende agricole che vantano una grande varietà di colture dovrebbero avere un accesso facilitato a una copertura assicurativa. Per ripristinare la salute del terreno sono fondamentali misure e strategie intese allo sviluppo sostenibile, all'arricchimento e alla stabilizzazione delle risorse del suolo, anche in considerazione del maggiore immagazzinamento di acqua nel suolo. Una misura da adottare per ridurre le emissioni e arricchire naturalmente il suolo di azoto, senza ricorrere a fertilizzanti minerali, consiste nel promuovere la coltivazione di leguminose. Si sta inoltre studiando il potenziale di lavorazione dei legumi, che potrebbe contribuire alla diversificazione delle colture per soddisfare la crescente domanda di proteine vegetali. Di fondamentale importanza sono il trasferimento delle conoscenze e l'aggiornamento professionale, ma occorre anche escogitare nuovi metodi di gestione più funzionali e collaudati per le aziende. La formazione negli istituti universitari professionali e nelle università deve essere maggiormente focalizzata sui possibili cambiamenti climatici e sull'adattamento al clima, in modo da sensibilizzare i giovani su queste sfide.

Sommario – Rischi principali

- Rischio di perdita dei raccolti di foraggio nelle aree prative a causa di eventi meteorologici estremi, aumento delle temperature e siccità.
- Rischio di stress da calore negli allevamenti e cali di resa nel settore lattiero-caseario a causa dell'aumento delle temperature.
- Rischio di non garantire il raccolto e di diminuzione della qualità delle colture permanenti a causa dei cambiamenti climatici e dei fenomeni meteorologici estremi (temperature più elevate, siccità, ondate di calore, grandine), a causa di misure di protezione inefficaci e costose.
- Rischio di aumento della presenza di patogeni consolidati e di diffusione di organismi nocivi invasivi e di cambiamenti nella biologia degli organismi nocivi dovuti a variazioni delle condizioni climatiche.
- Rischio di diminuzione dei raccolti, di riduzione della qualità e stabilità delle colture nei seminativi e negli ortaggi a causa del cambiamento delle condizioni climatiche.
- Rischio di aumento dei costi di produzione a causa delle misure di protezione attiva e degli adeguamenti dovuti ai cambiamenti climatici.

Bibliografia

- ASTAT, 2020. 7° Censimento generale dell'agricoltura 2020: Istituto provinciale di statistica. Provincia autonoma di Bolzano-Alto Adige.
- BAFU, 2013. Faktenblatt zur Strategie des Bundesrates «Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz». Anpassung an den Klimawandel: Sektor Landwirtschaft. Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Klima.
- Battaglioli, F., Groenemeijer, P., Púčik, T., Taszarek, M., Ulbrich, U., Rust, H., 2023. Modeled Multidecadal Trends of Lightning and (Very) Large Hail in Europe and North America (1950–2021). *J. Appl. Meteorol. Climatol.* 62, 1627–1653. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-22-0195.1>
- BMEL, 2020. Dem Wandel begegnen. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Berlin.
- Bucheli, J., Conrad, N., Wimmer, S., Dalhaus, T., Finger, R., 2023. Weather insurance in European crop and horticulture production. *Clim. Risk Manag.* 41, 100525. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2023.100525>
- Carmignola, G., 2017. Gesamtplan für die Nutzung der öffentlichen Gewässer für die Autonome Provinz Bozen. Autonome Provinz Bozen - Südtirol.
- Castelli, M., Peratoner, G., Pasolli, L., Molisse, G., Dovas, A., Sicher, G., Crespi, A., Rossi, M., Alasawedah, M.H., Soini, E., Monsorno, R., Notarnicola, C., 2023. Insuring Alpine Grasslands against Drought-Related Yield Losses Using Sentinel-2 Satellite Data. *Remote Sens.* 15, 3542. <https://doi.org/10.3390/rs15143542>
- Commissione europea, 2009. Bestiame minacciato dal cambiamento climatico. URL <https://cordis.europa.eu/article/id/30723-livestock-face-climate-change-quagmire/it> (accessed 09.08.2023).
- del Pozo, A., Brunel-Saldias, N., Engler, A., Ortega-Farias, S., Acevedo-Opazo, C., Lobos, G.A., Jara-Rojas, R., Molina-Montenegro, M.A., 2019. Climate Change Impacts and Adaptation Strategies of Agriculture in Mediterranean-Climate Regions (MCRs). *Sustainability* 11, 2769. <https://doi.org/10.3390/su11102769>
- Dijk van, S., Wippel, B., Weinreich, A., 2020. Landschaft im Klimawandel - neue Nutz- und Schutzkonzepte für den Naturpark Südschwarzwald. LUBW Landesanstalt für Umwelt, Baden-Württemberg.
- Elsässer, M., 2018. Trockenheit und Hitzestress lassen Graserträge schrumpfen.
- Liu, Q., Piao, S., Janssens, I.A., Fu, Y., Peng, S., Lian, X., Ciais, P., Myneni, R.B., Peñuelas, J., Wang, T., 2018. Extension of the growing season increases vegetation exposure to frost. *Nat. Commun.* 9, 426. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02690-y>
- Mairhofer, F., Figl, U., 2023. Trockenheit setzt Mais zu. *Südtiroler Landwirt* 77(5), 53–54.
- MASE, 2023. PNACC. Ministro dell'ambiente e della sicurezza energetica.

- Moriondo, M., Jones, G.V., Bois, B., Dibari, C., Ferrise, R., Trombi, G., Bindi, M., 2013. Projected shifts of wine regions in response to climate change. *Clim. Change* 119, 825–839. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0739-y>
- Niedrist, G., Zebisch, M., Crespi, A., Iacopino, T., Fritsch, U., Baradun, M., Bertoldi, G., Bottarin, R., Hoffmann, C., Jacob, A., Marin, C., Mariz, C., Notarnicola, C., Obojes, N., Premier, V., Renner, K., Sparber, W., Vaccaro, R., Ventura, B., 2022. Climate Change Monitoring South Tyrol (Data in Action). Eurac Research, Bolzano/Bozen.
- Peratoner, G., Thalheimer, M. (Eds.), 2022. Erfahrungen zur Bewässerung von Grünland im Alpenraum. In: HBLFA Raumberg-Gumpenstein (Hg.): 22. Alpenländisches Expertenforum - Trockenheit als neue Herausforderung der Grünlandbewirtschaftung. Irdning-Donnersbachtal: HBLFA Raumberg-Gumpenstein, S. 39–42. Presented at the Alpenländisches Expertenforum, HBLFA, Irdning-Donnersbachtal.
- Prünster, T., 2020. Bewässerung der Berglandwirtschaft in Südtirol [WWW Document]. URL https://raumberg-gumpenstein.at/jdownloads/Tagungen/Viehwirtschaftstagung/Viehwirtschaftstagung%202020/1v_2020_pruenster.pdf (accessed 10.31.23).
- Schmid, A., 2018. Projekt REBECKA - Weinbau in einem sich wandelnden Klima. *Obstbau Weinbau - Fachmag. Südtiroler Beratungsrings* Vol.55(9), pp.5-9 2018.
- Skendžić, S., Zovko, M., Živković, I.P., Lešić, V., Lemić, D., 2021. The Impact of Climate Change on Agricultural Insect Pests. *Insects* 12, 440. <https://doi.org/10.3390/insects12050440>
- Stainer, R., 2011. Klimawandel und Auswirkungen auf den Südtiroler Obstbau. *Obstbau*Weinbau* 13–16.
- Stanzel, K., 2019. Stall oder Weide?: Wie sich Milchkühe entscheiden, wenn sie die Wahl haben. Grünlandzentrum Niedersachsen Bremen e. V.
- Tagliavini, M., Niedrist, G., 2023. Crossroads. Eurac Research
- Tappeiner, U., Marsoner, T., Niedrist, G., 2020. Rapporto agricoltura Alto Adige 2020. Eurac Research, Bolzano, Italien.
- Trnka, M., Olesen, J.E., Kersebaum, K.C., Skjelvåg, A.O., Eitzinger, J., Seguin, B., Peltonen-Sainio, P., Rötter, R., Iglesias, A., Orlandini, S., Dubrovský, M., Hlavinka, P., Balek, J., Eckersten, H., Cloppet, E., Calanca, P., Gobin, A., Vučetić, V., Nejedlik, P., Kumar, S., Lalic, B., Mestre, A., Rossi, F., Kozyra, J., Alexandrov, V., Semerádová, D., Žalud, Z., 2011. Agroclimatic conditions in Europe under climate change: AGROCLIMATIC CONDITIONS IN EUROPE UNDER CC. *Glob. Change Biol.* 17, 2298–2318. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02396.x>
- Tscholl, S. et al, 2019. Die geländeklimatische Standortbewertung von Weinbauflächen in Südtirol (Technical Report), Laimburg Journal. Laimburg.
- Tscholl, S., Candiago, S., Marsoner, T., Fraga, H., Giupponi, C., Egarter Vigl, L., 2024. Climate resilience of European wine regions. *Nat. Commun.* 15, 6254. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-50549-w>
- Tscholl, S., Egarter Vigl, L., 2024. The changing geography of wine climates and its implications on adaptation in the Italian Alps. *Clim. Resil. Sustain.* 3, e70000. <https://doi.org/10.1002/cli2.70000>
- Versuchszentrum Laimburg, 2024. Beginn der Vollblüte des Apfels - Climate Change Monitoring South Tyrol [WWW Document]. EURAC Res. URL <https://www.eurac.edu/de/data-in-action/klimawandel-monitoring/beginn-der-vollbluete-des-apfels> (accessed 7.17.24).
- Weigel, H.-J., 2011. Klimawandel – Auswirkungen und Anpassungsmöglichkeiten. In G.Rahmann & Schumacher, Ulrich (Hrsg.), *Praxis trifft Forschung Neues aus dem Ökologischen Ackerbau und der Ökologischen Tierhaltung 2011*. Braunschweig: vTI [WWW Document]. URL https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn049422.pdf (accessed 3.22.24).
- WIFO, 2021. Economy in Figure - Die Südtiroler Wirtschaft - aktuelle Daten, Indikatoren und Entwicklung.
- Zebisch, M., Vaccaro, R., Niedrist, G., Schneiderbauer, S., Streifeneder, T., Weiß, M.L., Troi, A., Renner, K., Pedoth, L., Baumgartner, B., Bergonzi, V., 2018. Rapporto sul clima 2017: Eurac Research, Bolzano.
- Zoller, H., Bischof, N., 1980. Stufen der Kulturintensität und ihr Einfluss aus Artenzahl und Artengefüge der Vegetation. Basel.

4.4 Gestione forestale

Autori: Christian Hoffmann, Felix Thaler, Nikolaus Obojes

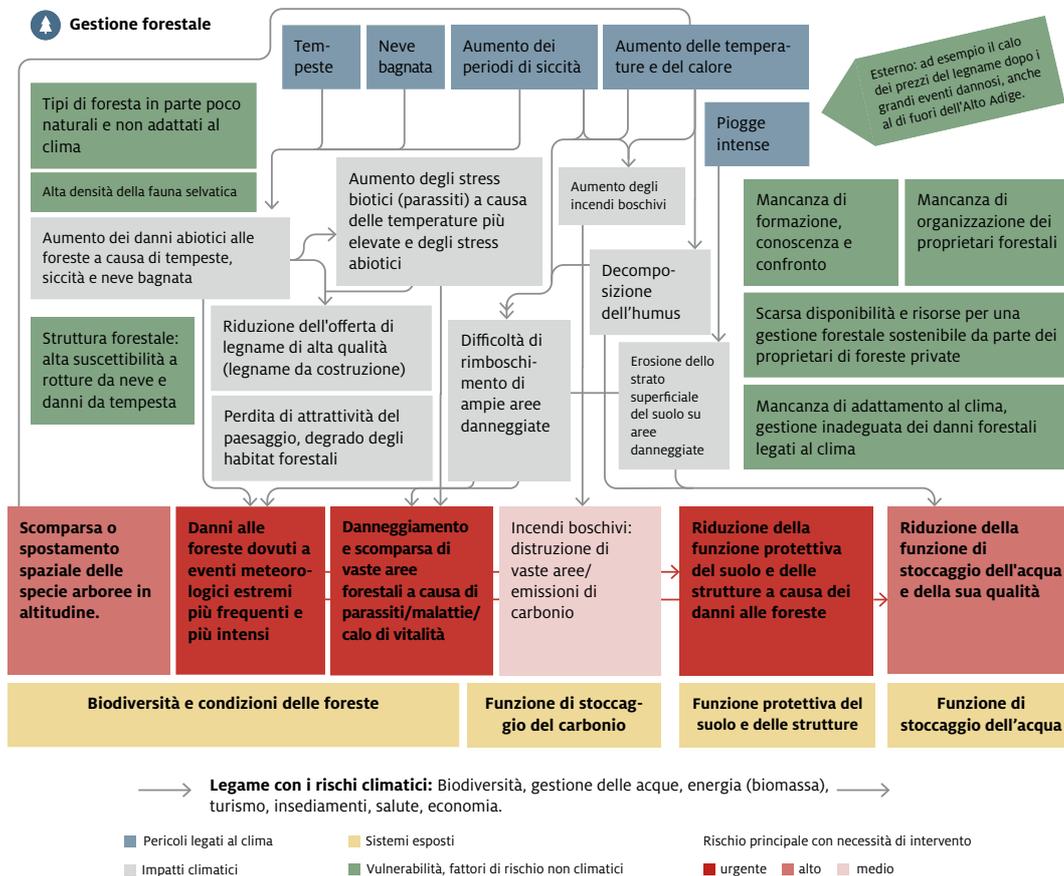


Figura 18: Catena degli impatti che illustra i pericoli, l'esposizione e la vulnerabilità del settore forestale

Introduzione

L'Alto Adige è in gran parte coperto da foreste (Autonome Provinz Bozen, 2023a) in cui predomina, principalmente, l'abete rosso. La maggior parte dei boschi è di proprietà privata, ma molti proprietari gestiscono meno di cinque ettari (Autonome Provinz Bozen, 2023b). Oltre che essere sfruttate da un punto di vista economico, le foreste svolgono importanti funzioni per il bene comune, la conservazione della biodiversità, la depurazione dell'acqua e dell'aria e la creazione di spazi per vivere a contatto con la natura. La funzione protettiva delle foreste è particolarmente importante per la società. Grazie alle condizioni topografiche, in Alto Adige i boschi di protezione sono il 58 % (Autonome Provinz Bozen, 2023b) del territorio e proteggono edifici e infrastrutture da pericoli naturali come valanghe, caduta massi e frane. Poiché le foreste sequestrano la maggior quantità di CO₂ di tutti gli ecosistemi terrestri, svolgono un ruolo importante nella lotta al cambiamento climatico. Sebbene gli ecosistemi forestali subiscano sempre più danni biotici e abiotici a causa dei cambiamenti climatici, per proteggere il clima è fatto grande affidamento sulla capacità di assorbimento delle nostre foreste.

4.4.1 Danni abiotici

Cause dei rischi

Le condizioni in cui versa un bosco determinano la sua suscettibilità ai danni da tempesta. Un parametro importante che accresce significativamente il rischio di caduta per il vento, soprattutto nei popolamenti monostratificati e in assenza di un margine forestale protettivo, è un rapporto tra altezza e diametro degli alberi pari a 80 o meno. Le temperature più miti in inverno influiscono sulla composizione della neve e possono generare una neve pesante e umida, che si attacca agli aghi e alle chiome delle latifoglie appena germogliate e può portare alla rottura dei rami degli alberi a chioma larga in cui il rapporto altezza/diametro sia sfavorevole. A differenza dei danni causati dalle tempeste, la rottura dei rami per la neve si verifica localmente e su piccola scala e rende meno agevole la lavorazione del legno danneggiato.

Situazione attuale

Anche la gestione forestale altoatesina è stata colpita da una crisi senza precedenti a causa del rapido susseguirsi di fenomeni dannosi. Tutto ha avuto inizio con la tempesta “Vaia” del 2018, che ha abbattuto circa 6.000 ettari di foresta, generando quasi 1,5 milioni di metri cubi di legna, ovvero l’1,7 % della superficie forestale totale dell’Alto Adige. La quantità di legname danneggiato ha superato di quasi tre volte il normale tasso di abbattimento annuale (Niedrist et al., 2022). A ciò si sono aggiunti negli anni successivi i danni causati dalla pressione della neve a seguito di eventi nevosi umidi, soprattutto in Val Pusteria (Autonome Provinz Bozen, 2023a). Aumentando i volumi di legname danneggiato sul mercato, anche i prezzi del legname rotondo sono scesi significativamente. La scarsa redditività, gli esigui margini positivi di contribuzione e la crescente percentuale di proprietari che si tengono lontani dai boschi potrebbero spingere questi ultimi ad abbandonarli, a non lavorare più il legname danneggiato e forse nemmeno più a servirsene per i normali utilizzi, con un impatto negativo sull’etica forestale e sulla responsabilità di gestione sostenibile delle foreste. Oltre alla crescente frequenza di tempeste e nevicate, anche la mancanza di precipitazioni ha gravi conseguenze per la foresta perché la carenza d’acqua e la siccità indeboliscono gli alberi e provocano danni da siccità, che si manifestano quando il danneggiamento è così grave da assottigliare le chiome degli alberi, fare appassire foglie e aghi e arrestare la crescita.

Potenziale situazione futura

L’ecosistema delle foreste e il suo potenziale di stoccaggio del carbonio svolgono un ruolo centrale nella protezione del clima, ma questo è realisticamente possibile solo se le foreste vengono messe nelle condizioni, attraverso interventi di utilizzo sostenibile basati su un concetto di distribuzione strutturale e di età che renda gli alberi più resistenti a eventuali fenomeni dannosi, di diventare un modello permanente. Sebbene lo stato attuale delle conoscenze sui rischi climatici per le foreste dell’Europa centrale e occidentale sia ancora molto confuso, è molto probabile che in futuro aumentino i danni alle foreste dovuti al clima (Anderegg et al., 2022), forse a causa di diminuzione del carbonio immagazzinato e a un cambiamento delle specie che oggi caratterizzano le foreste (Mette, Brandl & Kölling, 2021).

Potenziale di adattamento

Regolari interventi selvicolturali e di manutenzione diventano quindi fondamentali per la stabilità della struttura del patrimonio boschivo. La creazione di popolamenti misti a struttura verticale può ridurre il rischio di danni (vulnerabilità) e migliorare l’adattabilità (resilienza) alle mutevoli condizioni climatiche. Continuano però a sussistere rischi residui dovuti a condizioni meteorologiche estreme e a calamità naturali: essendo i boschi suddivisi tra tanti piccoli proprietari e non essendo in parte valorizzati, l’attuazione di misure di trattamento adeguate può essere difficoltosa. Anche gli alberi da seme identificati come popolamenti meno recenti adatti al sito non sono esenti da calamità. Per garantire una quantità sufficiente di sementi per eventuali misure di rimboschimento, è consigliato diversificare maggiormente i popolamenti di alberi da seme. Pur essendo stata fatta maggior chiarezza sulle specie arboree che si adatteranno di più ai cambiamenti climatici, permane il rischio che il loro potenziale non venga sfruttato per questioni economiche, un errore di valutazione che avrebbe un impatto negativo sulla diversità delle

foreste e sulle loro funzioni. Per questa ragione bisogna informare tutti i proprietari di boschi sulle dinamiche del cambiamento climatico e sensibilizzarli alle sfide. Per rendere minimi gli effetti negativi sulle misure di rimboschimento e di conversione delle foreste, è altrettanto importante coinvolgere i cacciatori nella regolamentazione della selvaggina, così come è importante educare tutti gli altri attori inter-settoriali (turismo, ricreazione, agricoltura, protezione dell'ambiente, ecc.) in modo che possano valutare al meglio le conseguenze delle loro azioni sulle dinamiche dell'ecosistema forestale. Con il declino della cultura della gestione forestale (mancanza di consapevolezza forestale), è in crescita il numero di proprietari "non forestali" e quindi cala ulteriormente la responsabilità per i terreni forestali. Per riuscire a fronteggiare queste sfide, i requisiti burocratici giuridicamente vincolanti devono prevedere eccezioni per i piccoli proprietari di boschi, ma le autorità forestali locali e regionali spesso non sono consapevoli dell'importanza di poter contribuire con la loro esperienza e competenza al processo di partecipazione europea per lo sviluppo dei regolamenti forestali dell'UE, in modo da contrastare la mancanza di comprensione quando è questione di attuare nella pratica le norme.

4.4.2 Biodiversità e tipi di foreste in movimento

Cause dei rischi

Il crescente riscaldamento globale sta esercitando una pressione sulle specie arboree autoctone, costringendole ad adattarsi alle mutate condizioni ambientali e in Alto Adige questo potrebbe portare a uno spostamento della costellazione delle specie arboree e della loro distribuzione verso le zone più elevate, poiché le singole specie reagiscono in modo diverso ai cambiamenti climatici. Le specie arboree delle quote collinari più basse migreranno verso l'alto nel profilo altitudinale, andando a sostituire le specie di conifere più compatibili con il freddo, che si ritireranno ad altitudini ancora più elevate o scompariranno. La velocità di adattamento delle specie è però limitata e l'attuale velocità di cambiamento climatico non è corrispondente alla velocità di adattamento ecologico degli ecosistemi. Insieme alla situazione di stress a cui sono sottoposte singole specie arboree che sono già al limite della loro ampiezza ecologica, si stanno creando le condizioni ottimali per la moltiplicazione esponenziale di insetti dannosi come i coleotteri della corteccia, i curculionidi, i maggiolini, le falene processionarie o i bombici dispari, nonché la monachella e la tignola del gelo. Le calamità provocate dagli insetti possono determinare la scomparsa di interi popolamenti forestali.

Situazione attuale

Il sottosistema Foresta nel capitolo "Biodiversità" fornisce informazioni dettagliate sulla biodiversità delle foreste altoatesine. Nonostante l'elevata percentuale di foreste, pari al 50,3 %, alcune specie arboree e tipologie forestali sono rare o già in fase di estinzione, soprattutto nelle valli. Le principali specie arboree dell'Alto Adige sono l'abete rosso (61 %), il larice (19 %), il pino bianco (10 %), il pino cembro (6 %) e l'abete (3 %). Le latifoglie rappresentano invece meno del due per cento dell'intera offerta di legname (Autonome Provinz Bozen, 2023b). Si prevede però che l'importanza delle specie arboree decidue cresca in futuro e che la diversità delle specie arboree aumenti. Importanti hotspot per la biodiversità sono le foreste ripariali e palustri, che hanno subito un forte arretramento nei fondivalle e che stanno soffrendo più che in passato a causa dei lunghi periodi di siccità estiva e dei cambiamenti nei modelli di precipitazione. Con la scomparsa delle foreste ripariali, stanno scomparendo anche molte specie animali e vegetali (Istituto per l'ambiente alpino, Eurac Research, 2023). Secondo i modelli dell'IPCC, un incremento termico di soli 2°C potrebbe provocare la scomparsa per perdita di habitat di oltre il 6 % delle specie di insetti, dell'8 % delle specie di piante e del 4% delle specie di vertebrati (IPCC, 2022).

Potenziale situazione futura

Sebbene l'Alto Adige disponga fin dal 2000 di una mappatura delle attuali comunità forestali potenziali, manca ancora una previsione dettagliata con una tipologia forestale dinamica (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2022a, 2022b), che attualmente è in fase di elaborazione presso l'Istituto per l'Ambiente Alpino di Eurac Research nell'ambito del progetto REINFORCE per singole regioni come l'Alta Val Venosta e la Val d'Ega. In generale, si può ipotizzare un ulteriore spostamento verso l'alto dei popolamenti forestali e, a quote più basse, una diminuzione delle conifere a favore delle latifoglie. A seconda

del grado di spostamento, si prevede un'ulteriore diffusione di specie invasive, che potrebbero compromettere le specie arboree e i tipi di foresta autoctoni o portare a un declino della biodiversità.

Potenziale di adattamento

La tipizzazione dinamica delle foreste consente di fare previsioni sullo sviluppo e sullo spostamento spaziale dei tipi di foresta e sul correlato cambiamento nella composizione delle specie arboree in base agli scenari climatici e alle dinamiche temporali. Laddove l'adattamento naturale non possa stare al passo dei cambiamenti climatici, sono necessarie misure di riorganizzazione forestale adattate al sito, che comprendono la garanzia di origini compatibili con il sito, la protezione delle specie minacciate, il miglioramento dell'habitat adattandone la struttura e mescolando le specie arboree e contrastando le neofite. Parte della strategia consiste anche nel consentire l'immigrazione controllata di specie esotiche, in particolare di specie arboree.

4.4.3 Fattori di influenza biotica/infestazione da parassiti

Cause dei rischi

I fenomeni meteorologici estremi non indeboliscono solo la fisiologia degli alberi, ma favoriscono anche la comparsa di insetti nocivi e la suscettibilità alle malattie fungine. L'aumento delle temperature migliora però le condizioni di vita degli insetti a sangue caldo. I cicli accelerati di sviluppo degli insetti autoctoni e invasivi favoriscono l'aumento esponenziale della popolazione e il susseguirsi delle generazioni. Questa proliferazione non indebolisce solo gli alberi più deboli, ma anche quelli sani e, in casi estremi, infesta anche altre specie arboree ospiti. L'impossibilità di movimento tipica degli alberi e i cambiamenti climatici troppo rapidi ne rendono quasi impossibile il trasferimento in aree più settentrionali. Anche con scenari climatici moderati (RCP 4.5), entro il 2100 si prevede un aumento significativo della temperatura, che modificherà notevolmente il paesaggio forestale dell'Alto Adige. Specie arboree a foglia caduca meno sensibili al calore o specie esotiche straniere andranno a sostituire, soprattutto nelle regioni submontane e montane, le conifere attualmente dominanti, favorendo l'insorgenza di nuovi parassiti e malattie.

Situazione attuale

Negli ultimi anni in Alto Adige e in altre zone delle Alpi meridionali si è registrato un aumento dei danneggiamenti del legno a causa del bostrico dell'abete rosso (*Ips typographus*), soprattutto dopo fenomeni come la tempesta Vaia del 2018 e la neve caduta negli anni 2019 e 2020. Inoltre, le condizioni ambientali favorevoli del 2020 hanno favorito la proliferazione del bostrico, inizialmente limitato al legno disteso, ma che a partire da giugno 2021 si è diffuso anche al legno in piedi. I danni e rischi che ne sono derivati sono stati ingenti per i popolamenti di foreste di protezione fortemente infestate. In Alto Adige sono presenti anche altre specie di bostrico come il grande bostrico del larice (*Ips cembrae*) e il bostrico del pino, ma queste si sono manifestate solo localmente negli ultimi anni (Autonome Provinz Bozen, 2023a). A causa del clima secco e caldo, la processionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*) si è ripetutamente riprodotta negli ultimi anni, soprattutto in Val Venosta. Anche se l'infestazione di massa non è direttamente fatale per gli alberi, la vitalità dei popolamenti ne viene fortemente compromessa e, in combinazione con la siccità, parassiti secondari o funghi può provocare la morte dei popolamenti. Occorre prestare attenzione ai peli urticanti delle larve, che possono causare problemi per la salute umana e animale.

I funghi della carie del legno svolgono un ruolo importante nelle foreste in quanto agenti patogeni. Attaccano principalmente alberi indeboliti o morti e il clima umido ne favorisce la diffusione. Il fungo *Sphaeropsis sapinea* causa ad es. il deperimento dei germogli di *Diplodia* sui pini neri della Val Venosta, soprattutto su alberi danneggiati dalla siccità e dalla processionaria del pino. Anche la striatura rossa, causata dal fungo *Dothistroma septosporum*, provoca la caduta degli aghi e la perdita di popolamenti di pini cembri e montani. Negli ultimi dieci anni in Alto Adige il deperimento causato dal fungo *Hymenoscyphus fraxineus* (Lexer et al., 2014), ha danneggiato notevolmente il frassino comune. Anche specie

arboree invasive come l'albero del paradiso, che dal 2018 presenta segni di appassimento in Alto Adige, possono essere attaccate da funghi trasportati come il *Verticillium* (Tratter, 2019).

I danni causati dagli animali selvaggi e dagli alberi abbattuti, soprattutto per quanto riguarda le latifoglie e l'abete bianco, determinano perdite considerevoli nella rigenerazione naturale, spesso si rende necessaria l'installazione di recinzioni complesse e costose e diventa molto più difficile ottenere la riorganizzazione forestale desiderata in foreste miste "climaticamente compatibili".

Potenziale situazione futura

I danni alle foreste causati da fattori abiotici e biotici sono spesso strettamente connessi, per cui un aumento dei danni abiotici a seguito di fenomeni climatici estremi può portare anche a un aumento dei danni biotici successivi. Gli attuali focolai del bostrico dell'abete rosso indicano che il coleottero è penetrato anche nelle aree montane più elevate a causa dei cambiamenti climatici, fatto che potrebbe generare in futuro ulteriori focolai a seguito di fenomeni simili come la rottura di rami per vento o neve (Jakoby et al., 2015). A causa dei cambiamenti climatici potrebbe anche crescere il numero di insetti nocivi e malattie fungine (Könz et al., 2022). Alcuni parassiti, come la tortrice grigia del larice, possono però diventare asincroni rispetto alla pianta ospite con l'innalzarsi delle temperature, determinando un calo della popolazione e la mancanza di una riproduzione di massa (Wermelinger, et. al 2018). L'aumento delle temperature invernali e la diminuzione dei giorni di gelo favoriscono anche l'insediamento di specie non autoctone, sia arboree che patogene (Könz et al., 2022), che raggiungono l'Europa attraverso il commercio globale. Le popolazioni arboree scarsamente diversificate sono particolarmente suscettibili alla diffusione rapida e capillare di parassiti (Bauhus, 2022). Spesso mancano anche nozioni sulle dinamiche delle infestazioni parassitarie, soprattutto nel caso di nuove specie invasive. La futura evoluzione del problema della brucatura subirà in misura minore l'influenza delle evoluzioni climatiche rispetto a quella delle misure selvicolturali. Eppure spesso a essere gravemente colpite dalla brucatura sono proprio le specie arboree che gioverebbero particolarmente delle condizioni meteo future (Reif et al., 2010). L'incremento di danni alle foreste ha effetti particolarmente negativo sulla loro funzione di protezione, sulla produzione di legname e sui prezzi dei tronchi.

Potenziale di adattamento

Oltre a migliorare l'"idoneità climatica", la conversione di foreste pure in miste rafforza anche la resistenza e la resilienza a insetti e agenti patogeni dannosi e per ottenere ciò, bisogna frenare la diffusione di parassiti e malattie. Molte funzioni e servizi forestali vengono preservati anche con la scomparsa di singole specie arboree. Spesso, soprattutto alle altitudini più elevate, le specie arboree adatte alle foreste miste sono in numero limitato. Perfezionare il rilevamento precoce dei danni su larga scala, ad es. attraverso il telerilevamento, potrebbe aiutare a riconoscere i danni più gravi, ma sono richieste risorse umane e tecniche adeguate per riuscire a recuperare tempestivamente il legno danneggiato e rimuovere le aree infestate. La strategia più efficace per adattarsi alle conseguenze dirette e indirette dei cambiamenti climatici è quindi la gestione attiva delle foreste (Milad, Schaich & Konold, 2012; Provincia autonoma di Bolzano - Alto Adige, 2023).

4.4.4 Il ciclo del carbonio nella foresta

Cause dei rischi

Le foreste sono tra i più importanti serbatoi di carbonio, sia perché immagazzinano il carbonio presente nel legno degli alberi (circa il 25 % del legno fresco o circa il 50 % del peso secco è costituito da carbonio), sia grazie alla percentuale generalmente elevata di materia organica presente nel suolo (Schulze et al., 2021). In una prospettiva futura l'aumento delle temperature potrebbe influire sulle foreste intese come serbatoi di carbonio. In definitiva, attraverso il processo di decomposizione in seguito alla morte della pianta, il carbonio immagazzinato nell'albero viene rilasciato lentamente, mentre con la combustione viene rilasciato velocemente (Peh et al., 2015).

Situazione attuale

Nel 2022 l'Alto Adige vantava una superficie forestale complessiva di 375.551 ettari, corrispondente a una copertura forestale del 51 % e a un volume totale di 116 milioni di metri cubi, con un aumento annuale di poco inferiore ai due milioni di metri cubi. (Autonome Provinz Bozen, 2023a). Le misure effettuate presso la stazione di misurazione Eddy-Covariance sul Corno del Renon indicano un aumento della produzione primaria lorda e della respirazione di CO₂ con un assorbimento medio di carbonio di tre tonnellate all'anno (Badraghi et al., 2021).

La linea forestale si sta spostando verso l'alto a causa del riscaldamento, mentre al contempo avviene la riforestazione dei terreni agricoli. A causa dei severi requisiti di protezione del suolo, le riconversioni sono piuttosto rare, il che dovrebbe portare a un aumento complessivo della superficie forestale in Alto Adige. L'ultimo inventario forestale provinciale (2015) risale a quasi dieci anni fa e andrebbe riconsiderato, alla luce di quanto accaduto a causa della tempesta Vaia, della pressione della neve e della calamità del bostrico, anche se mancano dati inventariali precisi sull'espansione della foresta e sulla sua capacità di stoccaggio della CO₂.

Potenziale situazione futura

L'aumento delle temperature e i periodi di maggiore siccità accrescono il rischio di danneggiamento del legno nelle foreste, che a sua volta aumenta il rischio di incendi boschivi e determina un rilascio potenzialmente più rapido e massiccio di anidride carbonica dalle foreste dell'Europa centrale. (Peh, Corlett & Bergeron, 2015). Anche i danni abiotici e biotici alle foreste riducono lo stock di carbonio presente, soprattutto se il legno ricavato viene utilizzato come legna da ardere, rilasciando così la CO₂ nell'atmosfera. A lungo termine le temperature più elevate accelereranno la respirazione delle piante e la decomposizione delle sostanze organiche nel suolo. L'attività degli organismi del suolo responsabili della decomposizione dipende anche dall'umidità del terreno. Con l'aumento delle temperature e dell'umidità il suolo rilascia una maggiore quantità di CO₂ (Powelson, 2005; Heimann & Reichstein, 2008), il che limita significativamente la funzione di sequestro della CO₂ da parte delle foreste.

Potenziale di adattamento

La conversione delle aree forestali ad altre forme di utilizzo dovrebbe essere evitata, nel limite del possibile, perché il carbonio immagazzinato nel suolo forestale viene rilasciato nuovamente nell'atmosfera attraverso la respirazione dei microrganismi. Fino a 1,50 metri di profondità, il carbonio organico funge da pozzo di assorbimento del carbonio (Schubert, 2010; Schulz & Klein, 2011). Lo stock di carbonio organico nel suolo delle foreste reagisce in modo rallentato ai cambiamenti a breve termine, mentre il legno morto, essendo il più piccolo deposito di carbonio della foresta, ne contiene circa 2,3 tonnellate per ettaro (Klein & Schulz, 2011). L'uso del legno consente di immagazzinare carbonio per tutta la durata di vita del prodotto, anche se non è facile stimare la quantità totale di carbonio immagazzinata nei prodotti in legno. Circa il 75 % è immagazzinato negli edifici residenziali. La vita utile è fondamentale per la protezione del clima. Le foreste gestite alleggeriscono l'aggravio sull'atmosfera perché immagazzinano il carbonio negli alberi e nei prodotti legnosi e anche grazie alla loro capacità di sostituzione (Schulz, 2020). Per evitare l'evaporazione di questo potenziale di stoccaggio del carbonio nelle foreste e nei prodotti legnosi, in futuro sarà sempre più importante, e questo vale anche per la regione alpina, ridurre al minimo il rischio di incendi boschivi, al fine di evitare un ulteriore aumento del contenuto di carbonio nell'atmosfera a causa del rilascio a breve termine di grandi quantità di CO₂.

4.4.5 Funzione di stoccaggio dell'acqua

Cause dei rischi

Le chiome degli alberi offrono al terreno protezione dal rapido deflusso di acqua, soprattutto in caso di forti precipitazioni. Migliora così l'infiltrazione e si riducono il deflusso superficiale e la correlata erosione. I terreni forestali ricchi di humus e ben radicati hanno un'elevata capacità di immagazzinare l'acqua derivante dallo scioglimento delle nevi e dalle piogge (Weinmeister, 2003) e fungono inoltre da filtro per la sporcizia e le sostanze inquinanti presenti nell'acqua piovana. Negli strati più profondi del

suolo forestale, da cui l'acqua defluisce solo lentamente, si creano falde acquifere pulite e riserve di acqua potabile, che assicurano il deflusso delle sorgenti e il rifornimento idrico dei corsi d'acqua sotterranei (Zirlewagen & Wilpert, 2001).

Situazione attuale

Non è ancora possibile fare una stima delle conseguenze dovute ai danni abiotici degli ultimi cinque anni e all'attuale aumento delle masse di bostrico, tuttavia si prevede che nei prossimi anni aumenterà il deflusso superficiale, diminuirà lo stoccaggio dell'acqua e nelle aree colpite si verificherà un maggiore scarico di nutrienti (Klöcking et al., 2005).

Potenziale situazione futura

Danni estesi alle foreste possono intensificare l'erosione del suolo e la lisciviazione dell'azoto, soprattutto dopo forti piogge lungo i pendii scoscesi, compromettendo anche le funzioni dell'acqua di immagazzinare e filtrare il terreno (Kruse, 2010). Va inoltre sottolineato che una gestione meccanizzata delle foreste può portare alla compromissione e alla compattazione del suolo, ripercuotendosi negativamente sulla sua capacità di immagazzinare l'acqua (Seitz, 2022; Puhlmann, 2023).

Potenziale di adattamento

Le strutture forestali permanenti e un'adeguata gestione forestale sono auspicabili perché, insieme a un uso sostenibile delle risorse idriche e una gestione forestale il più possibile parsimoniosa, preservano nel lungo periodo termine la capacità di accumulo dell'acqua (Puhlmann, 2023).

4.4.6 Funzione di localizzazione e protezione della proprietà

Cause dei rischi

Le foreste nelle aree montane svolgono un ruolo cruciale nel mantenere le funzioni di protezione contro i pericoli naturali e l'erosione. Circa il 58 % delle foreste altoatesine offre protezione contro valanghe, caduta massi e frane. Inoltre, circa il 24 % delle foreste è costituito da boschi di protezione della proprietà, ossia che fungono da riparo per insediamenti e infrastrutture di trasporto dagli effetti di eventi naturali pericolosi come frane e valanghe (Ufficio Pianificazione forestale, 2023).

Situazione attuale

Gli eventi degli ultimi cinque anni, in particolare la tempesta Vaia e la successiva epidemia di bostrico, hanno messo in evidenza l'importanza della funzione protettiva della foresta e anche la sua vulnerabilità. Oltre al rimboschimento, è stato necessario adottare anche misure tecniche preventive, in particolare nei boschi che proteggono le proprietà. La scomparsa delle foreste non si traduce solo nella perdita di protezione dai rischi naturali, la loro assenza vuol dire anche mancanza di protezione dal particolato e dai rumori e di un microclima piacevole (Jay et al., 2016). Questi effetti si percepiscono però solo quando ormai la foresta non esiste più.

Potenziale situazione futura

Venendo a mancare le foreste protettive perché indebolite o scomparse a causa di fattori abiotici e/o biotici, in caso di pioggia o neve le infrastrutture e gli insediamenti potrebbero essere direttamente colpiti e distrutti da valanghe, colate di fango, inondazioni o frane. Le previsioni basate su modelli riguardo alla funzione protettiva della foresta nel futuro dimostrano un'influenza negativa della siccità sui boschi, in particolare alle quote più basse, mentre alle quote più alte rimarrà costante o migliorerà addirittura (Hillebrand et al., 2023; Moos et al., 2023).

Inaspettatamente, però, la successione di eventi dannosi negli ultimi anni ha sensibilizzato la popolazione sulla necessità di rimuovere gli alberi in prossimità di infrastrutture ed edifici. Sulla base dell'esperienza maturata con questi fenomeni, i proprietari terrieri devono assumersi la responsabilità dei danni e delle richieste di risarcimento (Codice civile, 1942).

Potenziale di adattamento

In caso di eventi dannosi le strutture forestali permanenti sono in grado di mantenere la suscettibilità al disturbo e la funzione protettiva meglio delle foreste pure (Puhlmann, 2023). Potrebbe essere necessario rimboschire le foreste danneggiate anche in futuro.

Sommario – Rischi principali

- Rischio di danni alle foreste a causa di fenomeni meteorologici estremi più frequenti e più intensi (tempeste, forti precipitazioni, siccità) e dell'aumento delle temperature (rottura dei rami a causa della neve bagnata), che possono innescare ulteriori danni biotici conseguenti e quindi avere anche effetti socio-economici
- Rischio di scomparsa o di spostamento spaziale delle specie arboree nella zona altitudinale, incertezza sull'uso di specie arboree non autoctone e sulle conseguenze non ancora prevedibili per la diversità delle specie arboree, la vegetazione del suolo forestale e la fauna, perdita di aree forestali a causa di cambiamenti delle condizioni naturali o della conversione ad altre forme di utilizzo
- Rischio di danneggiamento e scomparsa di vaste aree forestali a causa di parassiti/malattie, come conseguenza del declino della vitalità delle foreste
- Rischio di elevate emissioni di carbonio in caso di incendi boschivi o di scomparsa di vaste aree di foresta; nel lungo termine anche graduale riduzione dello stoccaggio di carbonio nella foresta a causa dell'aumento della decomposizione della materia organica nel suolo forestale per le temperature più elevate
- Rischio di compromissione della funzione di ritenzione idrica e della qualità dell'acqua a causa di danni alle foreste in queste zone e per una gestione forestale inadeguata o assente
- Rischio di riduzione/perdita della funzione protettiva della foresta a causa del danneggiamento e del declino del patrimonio forestale e della mancanza di proprietari attivi

Bibliografia

- Amt der Steiermärkischen Landesregierung (2022a) *Dynamische Waldtypisierung - Standörtliche Grundlagen und Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel*. Band 1. Graz: ABT10 Land- und Forstwirtschaft, Landesforstdirektion.
- Amt der Steiermärkischen Landesregierung (2022b) *Dynamische Waldtypisierung - Standörtliche Grundlagen und Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel*. Band 2. ABT10 Land- und Forstwirtschaft, Landesforstdirektion.
- Amt für Forstplanung/Ufficio Pianificazione forestale (2023) *Bosco di protezione*. Available at: <https://pericoli-naturali.provincia.bz.it/it/bosco-di-protezione> (Accessed: 24 January 2024).
- Anderegg, W.R.L. et al. (2022) 'A climate risk analysis of Earth's forests in the 21st century', pp. 1099-1103 DOI:
- Autonome Provinz Bozen / Provincia autonoma di Bolzano - Alto Adige (2023a) *Relazione agraria & forestale 2022*. Available at: <https://servizio-forestale.provincia.bz.it/it/pubblicazioni> (Accessed: 24 January 2024).
- Autonome Provinz Bozen / Provincia autonoma di Bolzano - Alto Adige (2023b) *Categorie di proprietà - A chi appartiene il bosco in Alto Adige?!*. Available at: <https://www.provincia.bz.it/agricoltura-foreste/bosco-legno-malghe/bosco-in-alto-adige/categorie-di-propriet.asp> (Accessed: 24 April 2024).
- Autonome Provinz Bozen - Südtirol / Provincia autonoma di Bolzano - Alto Adige (2023) *Agenda forestale 2030: rafforzare lo sviluppo sostenibile dei boschi*. Provincia autonoma di Bolzano - Alto Adige
- Badraghi, A. et al. (2021) 'Soil respiration variation along an altitudinal gradient in the Italian Alps: Disentangling forest structure and temperature effects.', *PLOS One* [Preprint], (16(8)).
- Bauhus, J. (2022) Die Anpassung der Wälder an den Klimawandel-eine waldwirtschaftliche Perspektive.
- Heimann, M. and Reichstein, M. (2008) 'Terrestrial ecosystem carbon dynamics and climate feedbacks.', *Nature*, 451, pp. 289–292.

- Hillebrand, L. *et al.* (2023) 'Contrasting impacts of climate change on protection forests of the Italian Alps', *Frontiers in Forests and Global Change*, 6, p. 1240235. Available at: <https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1240235>.
- Istituto per l'ambiente alpino, Eurac Research (2023) *Biodiversity Monitoring*. Available at: <https://biodiversity.eurac.edu/it/dove-monitoriamo/boschi/> (Accessed: 24 January 2024).
- Ipcc (2022) *Global Warming of 1.5°C: IPCC Special Report on Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-industrial Levels in Context of Strengthening Response to Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty*. 1st edn. Cambridge University Press. Available at: <https://doi.org/10.1017/9781009157940>.
- Jakoby, O. *et al.* (2015) *Borkenkäfer im Klimawandel - Modellierung des künftigen Befallsrisikos durch den Buchdrucker (Ips typographus)*. Birmendorf: Eidg. Forschungsanstalt WSL., p. 45. Available at: [Borkenkäfer im Klimawandel - waldwissen.net](http://www.waldwissen.net).
- Jay, M. *et al.* (2016) *Urbaner Wald, urbane Lebensqualität-Die vielfältigen Ökosystemleistungen urbaner Wälder sichtbar machen*. IFP, Arbeitsberichte.
- Klein, D. and Schulz, C. (2011) 'Kohlenstoffspeicherung von Bäumen', *LWF Merkblatt* [Preprint], (27). Available at: <https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/mb-27-kohlenstoffspeicherung-2.pdf> (Accessed: 24 January 2024).
- Klöcking, B. *et al.* (2005) *Auswirkungen des Borkenkäferbefalls auf den Wasser- und Stoffhaushalt zweier Gewässereinzugsgebiete im Nationalpark Bayerischer Wald*. Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald.
- Könz, G. *et al.* (2022) 'Ausbreitung von Schadorganismen im Wald unter Einfluss des Klimawandels', *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 173(2), pp. 88-91.
- Kruse, S. (2010) *Vorsorgendes Hochwassermanagement im Wandel: ein sozial-ökologisches Raumkonzept für den Umgang mit Hochwasser*. Springer-Verlag.
- Lexer, M.J. *et al.* (2014) 'Der Einfluss des Klimawandels auf die Biosphäre und Ökosystemleistungen', in *Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC)*. Wien, Österreich: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, p. S. 467-556. Available at: <https://ccca.ac.at/en/wissenstransfer/apcc/apcc-aar14/downloads/figures/b2k3> (Accessed: 8 October 2024).
- Mette, T., Brandl, S. and Kölling, C. (2021) 'Climate analogues for temperate European forests to raise silvicultural evidence using twin regions.', *Sustainability*, p. 6522.
- Milad, M., Schaich, H. and Konold, W. (2012) 'Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel—eine Analyse von Vorschlägen aus Forstwirtschaft und Naturschutz.', *Allgemeine Forst und Jagdzeitung* [Preprint].
- Moos, C. *et al.* (2023) 'Mountain protective forests under threat? an in-depth review of global change impacts on their protective effect against natural hazards', *Frontiers in Forests and Global Change*, 6, p. 1223934. Available at: <https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1223934>.
- Niedrist, G. *et al.* (2022) *Climate Change Monitoring South Tyrol*. Data in Action. Bolzano/Bozen: Eurac Research. Available at: <https://doi.org/10.57749/8ZPX-HM12>.
- Peh, K.S.H., Corlett, R. and Bergeron, Y. (2015) *Routledge handbook of forest ecology*. Routledge Taylor & Francis Group.
- Powlson, D. (2005) 'Will soil amplify climate change?', *Nature*, 433, pp. 204–205.
- Puhlmann, H. (2023) 'Waldböden und ihre Wirkung auf den Wasserhaushalt', *Praxis Wasserwirtschaft*, 11. Available at: www.springerprofessional.d/wawi.
- Reif, A. *et al.* (2010) *Waldbau und Baumartenwahl in Zeiten des Klimawandels aus Sicht des Naturschutzes: Abschlussbericht eines F+ E-Vorhabens im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz; FKZ 3508-84-0200*. Deutschland: Bundesamt für Naturschutz.
- Schubert, A. (2010) 'Organisch gebundener Kohlenstoff im Waldboden', *LWF aktuell* [Preprint], (78). Available at: <https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/boden-klima/dateien/a78-organisch-gebundener-kohlenstoff-im-waldboden.pdf> (Accessed: 24 January 2024).
- Schulz, C. (2020) *Kohlenstoffbindung in Bayerns Wäldern*. Available at: [https://www.lwf.bayern.de/boden-klima/kohlenstoffbindung/266779/index.php#:~:text=In%20den%20Waldb%C3%B6den%20Bayerns%20sind,organischen%20Auflage%20\(12%20t\)](https://www.lwf.bayern.de/boden-klima/kohlenstoffbindung/266779/index.php#:~:text=In%20den%20Waldb%C3%B6den%20Bayerns%20sind,organischen%20Auflage%20(12%20t).). (Accessed: 24 January 2024).
- Schulz, C. and Klein, D. (2011) 'Der kräftige Atem der Waldböden', *LWF aktuell* [Preprint], (82). Available at: <https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/boden-klima/dateien/a82-der-kraeftige-atem-der-waldboden.pdf> (Accessed: 24 January 2024).
- Schulze, E.D. *et al.* (2021) 'Speicherung von Kohlenstoff im Ökosystem und Substitution fossiler Brennstoffe-Klimaschutz mit Wald.', in *Biologie in unserer Zeit*, pp. 51, 46–54. Available at: https://pure.mpg.de/rest/items/item_3286029/component/file_3286045/content.
- Seitz, S. (2022) 'Wald in der Vielfalt möglicher Perspektiven: Von der Pluralität lebensweltlicher Bezüge und wissenschaftlicher Thematisierungen', in *Wald und Boden*. Wiesbaden, Deutschland: Springer Fachmedien, pp. 181–199.
- Tratter, L. (2019) *Bekämpfungsmaßnahmen des Götterbaumes in Südtirol*.

- Weinmeister, W. (2003) Fähigkeiten des Waldes zur Verminderung von Hochwasser und Erosionsschäden: Hochwasserschutz im Wald. 40. Deutschland: LWF Freising, pp. 15–29.
- Wermelinger, B., Nievergelt, D. and Forster, B. (2018) 'Zyklen und Bedeutung des Lärchenwicklers.'
- Zirlewagen, D. and Wilpert, K. (2001) *Was hat Waldbau mit Trinkwasservorsorge zu tun*. Available at: http://www.waldwissen.net/themen/umwelt_landschaft/wasserschutz/fva_trinkwasservorsorge.
- Zivilgesetzbuch/Codice Civile (1942). (A Ottobre 2023).

4.5 Salute

Autrice e autori: Giulia Roveri, Frederik Eisendle, Giacomo Strapazzon

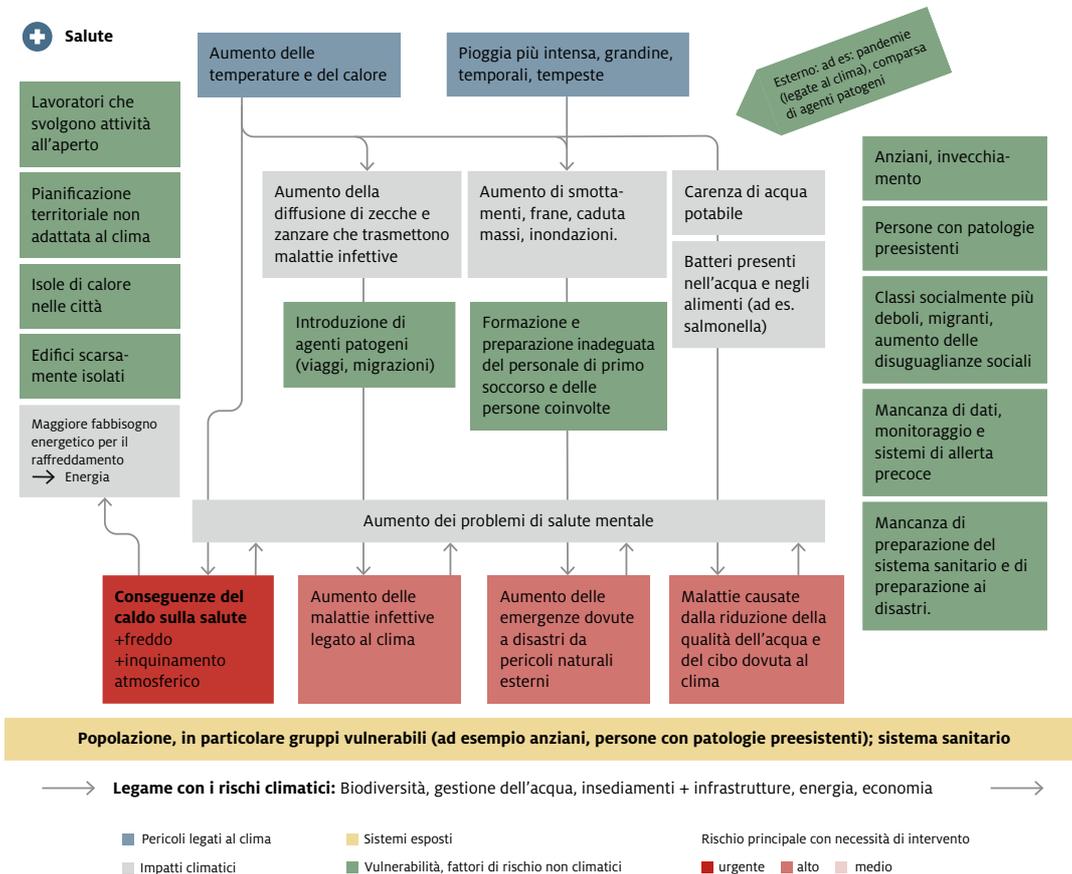


Figura 19: Catena degli impatti per illustrare il pericolo, l'esposizione e la vulnerabilità del settore sanitario

Introduzione

L'impatto dei cambiamenti climatici sull'Alto Adige è forte e si ripercuote direttamente sulla salute umana e animale. L'aumento delle temperature medie e la diminuzione della copertura nevosa sono causa di problemi come l'aumento di frane, inondazioni e valanghe, che accrescono il rischio di lesioni anche fatali. Gli eventi legati al cambiamento climatico, come l'innalzamento del livello del mare, gli effetti di fenomeni meteorologici estremi e la scarsità di risorse possono determinare lo sradicamento e la migrazione di persone che si trovano ad affrontare condizioni di vita inadeguate (Barrett et al., 2015). Nei centri per rifugiati sovraffollati e privi di infrastrutture mediche adeguate possono manifestarsi focolai di malattie e, a causa del riscaldamento globale, si stanno diffondendo infezioni come quella di Lyme, causata dalle zecche, o la febbre dengue, portata dalle zanzare. Il mutamento delle condizioni meteorologiche minaccia anche l'agricoltura e l'approvvigionamento degli alimenti, mettendo a rischio la sicurezza alimentare locale. Le comunità delle regioni montane sono fortemente dipendenti dalla natura e risentono degli effetti del cambiamento climatico, con un impatto negativo sull'economia e sul benessere mentale delle persone. Per salvaguardare la salute della popolazione, è quindi essenziale adottare misure di adattamento e mitigazione, quali sistemi di allerta precoce, servizi sanitari migliorati e iniziative di educazione al cambiamento climatico.

4.5.1 Stress termico da calore e da freddo e inquinamento atmosferico

Cause dei rischi

Il cambiamento climatico sta portando ad un innalzamento continuo delle temperature e ad un aumento del cosiddetto “*stress da calore*” soprattutto nelle città, dove il calore viene accumulato dalle superfici impermeabilizzate e dagli edifici. Durante i periodi di caldo estremo le temperature raggiungono picchi molto elevati e si registra un aumento del numero delle cosiddette notti tropicali. Tutto ciò mette a dura prova la salute della popolazione locale e, in particolar modo, delle persone più fragili, aumentandone la mortalità (Lemery & Auerbach, 2017). Anziani, malati e bambini sono i soggetti maggiormente colpiti (Leffers, 2022) ma anche adulti e/o giovani possono riscontrare problemi dovuti al caldo, soprattutto nel caso facciano uso di alcol o droghe. Il caldo influisce anche sulla salute e sul rendimento al lavoro e colpisce in particolar modo chi svolge lavori ad alto rischio come coloro che lavorano nel settore edile e agricolo.

I fenomeni meteorologici estremi possono inoltre causare malattie legate al freddo, come i congelamenti (Cramer et al., 2022) e l'ipotermia (Paal et al., 2016) soprattutto tra la popolazione più indigente, che non dispone di abitazioni o sistemi di riscaldamento adeguati.

Situazione attuale

L'attuale livello di stress da calore in Alto Adige non è documentato, ma le malattie che ne conseguono come il colpo di calore, l'esaurimento da calore e la disidratazione stanno aumentando in tutto il mondo (Cramer et al., 2022). Ad aggravare la situazione contribuiscono misure di politica sanitaria inadeguate e la mancanza di consapevolezza. Il congelamento e l'ipotermia tra gli atleti che praticano attività all'aperto oggi sono ancora rari, ma possono essere fatali (Ströhle et al., 2018). I senzatetto che vivono in condizioni precarie sono particolarmente esposti al rischio di ipotermia e/o allo sviluppo di lesioni da congelamento. Nel dicembre 2022 in Alto Adige un senzatetto è morto assiderato (servizio RAI Alto Adige del 9 dicembre 2022).

Le malattie respiratorie come l'asma e la broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO) sono anche una conseguenza dell'inquinamento atmosferico (Ray & Ming, 2020), che supera ripetutamente i limiti raccomandati dall'OMS, soprattutto nelle città, nelle aree industriali e lungo le autostrade e provoca il deterioramento dei polmoni, con conseguenti ripercussioni sui sistemi sanitari (Romanello et al., 2022). L'amministrazione monitora con grande attenzione la qualità dell'aria in Alto Adige ed emette i relativi bollettini (<https://umwelt.provinz.bz.it/luft/aktuelle-luftmessdaten.asp>), visto che i valori limite raccomandati vengono superati già nel corso di prolungati periodi di siccità o in condizioni di inversione termica.

Potenziale situazione futura

Una conseguenza diretta dei cambiamenti climatici sarà l'inevitabile incremento delle malattie imputabili al caldo. Una maggiore frequenza e intensità delle ondate di calore rappresentano un rischio sanitario globale e metteranno a dura prova i sistemi sanitari locali (Romanello et al., 2022). Chi non è preparato ad affrontare fenomeni di calore estremo potrebbe essere maggiormente esposto a morbilità e mortalità. Il riscaldamento del prossimo futuro accrescerà gli effetti dell'inquinamento atmosferico, in particolare del particolato (PM10 e PM2,5) e dell'ozono, sulla salute, aumentando il rischio di malattie polmonari, soprattutto nelle persone con patologie preesistenti (Lemery & Auerbach, 2017).

Nonostante si prevedano inverni mediamente più miti, le regioni alpine in particolare potrebbero sperimentare inverni più rigidi a causa dell'instabilità atmosferica. Il conseguente parziale aumento dell'inquinamento atmosferico e del traffico mette a rischio l'attuale tendenza al miglioramento della qualità dell'aria in Alto Adige, che sarebbe associato a un corrispondente aumento delle malattie respiratorie (Hiatt & Beyeler, 2020) e un forte impatto sulla salute pubblica globale (Ebi et al., 2021) mettendo a dura prova le risorse mediche.

Potenziale di adattamento

Le misure di adattamento includono requisiti ambientali più severi nella pianificazione urbana, compresi spazi verdi e infrastrutture resilienti e/o verdi. È importante informare tempestivamente la popolazione

riguardo alle misure preventive, come l'accesso a locali diurni climatizzati per i gruppi vulnerabili, e allertare per tempo il settore sanitario, facendo ricorso a campagne di sensibilizzazione e sistemi di allerta precoce. L'adattamento alle rigide temperature invernali impone che venga predisposto un numero sufficiente di ripari adeguati per i gruppi vulnerabili e che vengano promosse la consapevolezza sulle condizioni meteorologiche avverse, soprattutto durante le attività ricreative all'aperto, e una migliore educazione sanitaria. Per salvaguardare la qualità dell'aria e la salute delle vie respiratorie, l'energia utilizzata per il raffreddamento o il riscaldamento degli edifici e per la mobilità dovrebbe essere la più pulita possibile.

4.5.2 Malattie infettive correlate con il clima

Cause dei rischi

I cambiamenti climatici stanno modificando le condizioni per la diffusione e la trasmissione di vettori (insetti) e agenti patogeni, estendendo l'habitat di portatori di malattie come zecche, zanzare e flebotomi e favorendone la diffusione e il comportamento. Per bambini ed anziani, soprattutto, aumenta così il rischio di malattie trasmesse da vettori (Ogden, 2017). L'inadeguatezza delle infrastrutture sanitarie peggiora il rischio che queste patologie possono avere sulla popolazione interessata.

Situazione attuale

Le malattie trasmesse dalle zecche nelle zone in cui questi vettori hanno una larga diffusione sono in notevole aumento. Le zecche possono trasmettere la malattia di Lyme (Hu, 2016) e la meningoencefalite. Le zanzare, in particolare l'*Aedes albopictus*, nota anche come zanzara tigre, possono trasmettere virus del tipo Dengue, Chikungunya, Malaria e Zika. Nel 2023 in Alto Adige sono stati segnalati sette casi di meningite da zecche, quattro dei quali si sono rivelati autoctoni (SISP, 2024) (Oltradige, Merano/Val di Nova, Cortaccia, Gais). Sono stati documentati anche sette casi di borreliosi di Lyme.

Sebbene finora in Alto Adige non si siano manifestate infezioni autoctone, esiste la possibilità che la zanzara domestica (*Culex pipiens*) trasmetta il virus del Nilo occidentale e l'Usutu. Attualmente il rischio deriva principalmente da casi di importazione attraverso i viaggi. Nel 2023 in Alto Adige sono stati registrati sei casi di febbre Dengue e due casi di febbre del Nilo occidentale di importazione. L'anno scorso non ci sono stati casi di Zika, Chikungunya o Usutu. Nel 2022 in Italia sono stati segnalati solo cinque casi di malaria di importazione (SISP, 2024).

Le diverse specie di flebotomi *Phlebotomus perniciosus*, *Phlebotomus perfiliewi* e *Phlebotomus papatasi* possono trasmettere agenti patogeni della leishmaniosi o il virus della Toscana (Semenza et al., 2022). Nel 2023 è stato registrato un solo caso di malattia trasmessa da un flebotomo trasportato da un'altra regione.

Molte di queste malattie non vengono segnalate, quindi la loro reale diffusione risulta sottostimata.

Potenziale situazione futura

Con l'avanzare dei cambiamenti climatici, l'area di distribuzione delle zecche potrebbe espandersi, determinando un incremento della malattia di Lyme e di altre infezioni. Anche l'area di distribuzione della malaria potrebbe spostarsi, esponendo alla malattia nuovi gruppi di popolazione. Questi cambiamenti potrebbero rappresentare una sfida vista la scarsità delle risorse e l'indebolimento del sistema sanitario. Le previsioni sui cambiamenti climatici per l'Europa evidenziano impatti diversi sulle malattie trasmesse da vettori come la Chikungunya, la Dengue, la febbre del Nilo occidentale, la malaria, le malattie trasmesse da zecche come la borreliosi di Lyme e la leishmaniosi. I tempi di trasmissione della Dengue potrebbero allungarsi di 1-2 mesi nell'Europa sudorientale. Anche il rischio di contrarre la febbre del Nilo occidentale potrebbe aumentare a nord-est, mentre i tempi di trasmissione della malaria potrebbero allungarsi di 1-2 mesi nell'Europa sud-orientale. Queste stime sono comunque suscettibili di incertezza. Il miglioramento delle condizioni climatiche per i flebotomi potrebbe contribuire al diffondersi della leishmaniosi, che potrebbe estendere il suo areale all'Europa centrale. Con l'intensificarsi dei cambiamenti climatici la migrazione potrebbe diventare una tendenza dominante. Gli spostamenti di massa potrebbero sovraccaricare le infrastrutture sanitarie dei Paesi ospitanti e portare alla

trasmissione di malattie e alla carenza di risorse mediche. In assenza di sistemi di supporto adeguati, i problemi di salute mentale dei migranti aumenterebbero.

Potenziale di adattamento

Le strategie di adattamento richiedono una cooperazione internazionale, una migliore capacità di fronteggiare i disastri e misure integrate per rispondere alle esigenze sanitarie dei migranti, ma la scarsità di risorse, impedimenti politici e tensioni socio-culturali intralciano il percorso verso un adattamento efficace. Conciliare gli interessi delle popolazioni locali e della popolazione migrante è un arduo compito e necessita di cooperazione a livello globale per trovare soluzioni sostenibili.

Le strategie di adattamento comprendono i sistemi di allerta precoce e il monitoraggio dei vettori delle malattie (vettori), ma la scarsità di risorse, la mancanza di infrastrutture e le restrizioni finanziarie intralciano la strada. È fondamentale riuscire a conciliare le misure di controllo dei vettori, evitandone la formazione di focolai.

4.5.3 Rischi naturali e attività ricreative

Cause dei rischi

Il mutamento dei modelli di precipitazione dovuto ai cambiamenti climatici influenza la stabilità del manto nevoso e aumenta il rischio di valanghe (Strapazzon et al., 2021; Brugger et al., 2012), soprattutto nelle regioni montane, compromettendo la sicurezza delle attività ricreative all'aperto. La variazione dei modelli climatici (Ebi et al., 2021) determina inoltre un incremento dei fenomeni meteorologici estremi, come frane, caduta di massi e alluvioni, che hanno un impatto significativo sulla salute e accrescono il rischio di problemi correlati con il freddo quali l'ipotermia e le lesioni da congelamento (Brugger et al., 2012).

Situazione attuale

Nelle regioni a rischio di abbondanti nevicate e oscillazioni termiche si verificano sempre più frequentemente fenomeni come le valanghe, che si ripercuotono sugli sport invernali e sulle infrastrutture, mettendo in pericolo vite umane e a dura prova i sistemi di emergenza territoriale.

Alcune aree alpine sono già state colpite, come la Marmolada nell'estate del 2022 (Bondesan & Francese, 2023) subendo danni e interruzioni alle infrastrutture e numerosi morti e feriti.

Potenziale situazione futura

Con l'avanzare dei cambiamenti climatici potrebbe aumentare la frequenza e l'imprevedibilità delle valanghe (Brugger et al., 2012), con un conseguente incremento delle chiamate di emergenze in aree vulnerabili all'aperto, sia per la popolazione locale che per i turisti. Le conseguenze potrebbero ulteriormente aggravarsi per la scarsità di risorse disponibili nelle operazioni di soccorso. Questi disastri non solo provocano vittime e feriti, ma sottopongono anche il sistema sanitario a una pressione eccessiva, soprattutto in caso di incidenti in massa che coinvolgono più feriti. Il personale del soccorso alpino (SAR) deve essere in grado di fronteggiare la difficoltà ambientali, fornire assistenza sanitaria in tempi brevi e con risorse limitate (Brugger et al., 2012; Milani et al., 2023), cosa che può avere un impatto negativo sul benessere mentale dei soccorritori (Søvold et al., 2021).

Potenziale di adattamento

La strategia di adattamento nelle aree a rischio valanghe richiede una migliore preparazione negli sport ricreativi e del personale sanitario coinvolto nelle attività di soccorso alpino, nonché la ricerca e lo sviluppo di nuovi dispositivi di protezione (Procter et al., 2016; Rauch et al., 2021; Semenza et al., 2022; Strapazzon et al., 2017; Strapazzon & Brugger, 2018) ma aree isolate e difficili da raggiungere possono contrastarne l'efficacia. È quindi fondamentale impegnarsi a livello locale per far fronte alla crescente minaccia di disastri correlati con il clima e al loro impatto sulla salute pubblica. I sistemi di allerta precoce per i fenomeni meteorologici estremi dovrebbero essere costantemente implementati e integrati nei piani di protezione civile. I registri internazionali (<https://www.mountain-registries.org>) consentono di raccogliere sistematicamente i dati sulle strategie di primo soccorso sul posto e in ospedale.

Addestrare il personale del soccorso alpino a gestire gli incidenti di massa può contribuire a prevenire le malattie psichiche e ad aumentare la resilienza (Søvold et al., 2021).

4.5.4 Acqua e malattie alimentari

Cause dei rischi

A causa delle variazioni nei modelli di precipitazione e agli effetti che il cambiamento climatico sta avendo sullo scioglimento delle nevi e sulle fonti d'acqua nelle regioni alpine (<https://ipccitalia.cmcc.it>), la disponibilità di acqua destinato a usi alimentari e agricoli potrebbe risultare alterata. La qualità batteriologica dell'acqua potabile può venire compromessa dai microrganismi che si moltiplicano a temperature più elevate, con ripercussioni anche sugli alimenti e un possibile aumento delle infezioni di origine alimentare (ad es. la salmonella). Il caldo estremo e le scarse precipitazioni possono infatti incidere significativamente sulla produzione alimentare, facendo aumentare il prezzo di frutta e verdura e rendendo così più difficile alimentarsi in modo sano e nutriente (Lemery & Auerbach, 2017).

Situazione attuale

Finora in Alto Adige il problema della carenza d'acqua durante i periodi di prolungata siccità è stato sperimentato solo moderatamente e non rappresenta ancora una minaccia per la sopravvivenza. Non sono mai mancate acqua potabile o scorte alimentari. Eppure, esiste un conflitto di utilizzo tra agricoltura, turismo, economia, ecc. per quanto riguarda la risorsa acqua potabile.

Potenziale situazione futura

Nel corso dei cambiamenti climatici è previsto che l'acqua inizi a scarseggiare anche nelle regioni alpine. La popolazione e l'economia che dipende dal turismo potrebbero risentire della minore disponibilità di acqua proveniente dai ghiacciai. Il mutamento delle stagioni di vegetazione e la diminuzione dei raccolti potrebbero mettere a repentaglio la sicurezza alimentare.

Possibilità di adattamento, ostacoli e limiti

Le misure di adattamento comprendono una gestione efficiente dell'acqua in agricoltura e nel turismo. Gli alimenti deperibili devono essere conservati e raffreddati adeguatamente.

Sommario – Rischi principali

- Rischio di stress da calore e da freddo e di inquinamento atmosferico a causa di caldo e freddo estremi
- Rischio di malattie infettive legate al clima a causa dell'aumento delle temperature
- Rischio di aumento dei disastri naturali e delle emergenze all'aperto a causa di fenomeni meteorologici estremi
- Rischio di malattie trasmesse dall'acqua e dagli alimenti a causa dell'aumento delle temperature

Bibliografia

- Barrett, B., Charles, J.W., Temte, J.L., 2015. Climate change, human health, and epidemiological transition. *Prev. Med.* 70, 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2014.11.013>
- Bondesan, A., Francese, R.G., 2023. The climate-driven disaster of the Marmolada Glacier (Italy). *Geomorphology* 431, 108687. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2023.108687>
- Brugger, H., Zafren, K., Festi, L., Paal, P., Strapazzon, G., 2012. *Mountain Emergency Medicine (1st Edition)*. Edra.

- Cramer, M.N., Gagnon, D., Laitano, O., Crandall, C.G., 2022. Human temperature regulation under heat stress in health, disease, and injury. *Physiol. Rev.* 102, 1907–1989. <https://doi.org/10.1152/physrev.00047.2021>
- Ebi, K.L., Vanos, J., Baldwin, J.W., Bell, J.E., Hondula, D.M., Errett, N.A., Hayes, K., Reid, C.E., Saha, S., Spector, J., Berry, P., 2021. Extreme Weather and Climate Change: Population Health and Health System Implications. *Annu. Rev. Public Health* 42, 293–315. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-012420-105026>
- Hiatt, R.A., Beyeler, N., 2020. Cancer and climate change. *Lancet Oncol.* 21, e519–e527. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(20\)30448-4](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(20)30448-4)
- <https://ipccitalia.cmcc.it>, n.d.
- <https://www.mountain-registries.org>, n.d.
- Hu, L.T., 2016. Lyme Disease. *Ann. Intern. Med.* 164, ITC65. <https://doi.org/10.7326/AITC201605030>
- IPCC, 2023. Climate Change 2023: Synthesis Report of the IPCC 6th Assessment Report (AR6) (Longer Report). IPCC.
- Leffers, J.M., 2022. Climate Change and Health of Children: Our Borrowed Future. *J. Pediatr. Health Care* 36, 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.pedhc.2021.09.002>
- Lemery, J., Auerbach, P., 2017. *Enviromedics: The impact of Climate Change on Human Health*. Rowman & Littlefield.
- Lemery Jay, Auerbach PAul, 2017. *ENVIROMEDICS - The impacr of climate change on human health*. Rowman & Littlefield.
- Milani, M., Roveri, G., Falla, M., Dal Cappello, T., Strapazon, G., 2023. Occupational Accidents Among Search and Rescue Providers During Mountain Rescue Operations and Training Events. *Ann. Emerg. Med.* 81, 699–705. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2022.12.015>
- Ogden, N.H., 2017. Climate change and vector-borne diseases of public health significance. *FEMS Microbiol. Lett.* 364. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnx186>
- Paal, P., Gordon, L., Strapazon, G., Brodmann Maeder, M., Putzer, G., Walpoth, B., Wanscher, M., Brown, D., Holzer, M., Broessner, G., Brugger, H., 2016. Accidental hypothermia—an update: The content of this review is endorsed by the International Commission for Mountain Emergency Medicine (ICAR MEDCOM). *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 24, 111. <https://doi.org/10.1186/s13049-016-0303-7>
- Procter, E., Strapazon, G., Dal Cappello, T., Zweifel, B., Würtele, A., Renner, A., Falk, M., Brugger, H., 2016. Burial duration, depth and air pocket explain avalanche survival patterns in Austria and Switzerland. *Resuscitation* 105, 173–176. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.06.001>
- Rauch, S., Strapazon, G., Brugger, H., 2021. On-Site Medical Management of Avalanche Victims—A Narrative Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 18, 10234. <https://doi.org/10.3390/ijerph181910234>
- Ray, C., Ming, X., 2020. Climate Change and Human Health: A Review of Allergies, Autoimmunity and the Microbiome. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17, 4814. <https://doi.org/10.3390/ijerph17134814>
- Romanello, M., Di Napoli, C., Drummond, P., Green, C., Kennard, H., Lampard, P., Scamman, D., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Ford, L.B., Belesova, K., Bowen, K., Cai, W., Callaghan, M., Campbell-Lendrum, D., Chambers, J., Van Daalen, K.R., Dalin, C., Dasandi, N., Dasgupta, S., Davies, M., Dominguez-Salas, P., Dubrow, R., Ebi, K.L., Eckelman, M., Ekins, P., Escobar, L.E., Georgeson, L., Graham, H., Gunther, S.H., Hamilton, I., Hang, Y., Hänninen, R., Hartinger, S., He, K., Hess, J.J., Hsu, S.-C., Jan-kin, S., Jamart, L., Jay, O., Kelman, I., Kieseewetter, G., Kinney, P., Kjellstrom, T., Kniveton, D., Lee, J.K.W., Lemke, B., Liu, Y., Liu, Z., Lott, M., Batista, M.L., Lowe, R., MacGuire, F., Sewe, M.O., Martinez-Urtaza, J., Maslin, M., McAllister, L., McGushin, A., McMichael, C., Mi, Z., Milner, J., Minor, K., Minx, J.C., Mohajeri, N., Moradi-Lakeh, M., Morrissey, K., Munzert, S., Murray, K.A., Neville, T., Nilsson, M., Obradovich, N., O’Hare, M.B., Oreszczyn, T., Otto, M., Owfi, F., Pearman, O., Rabbaniha, M., Robinson, E.J.Z., Rocklöv, J., Salas, R.N., Semenza, J.C., Sherman, J.D., Shi, L., Shumake-Guillemot, J., Silbert, G., Sofiev, M., Springmann, M., Stowell, J., Tabatabaei, M., Taylor, J., Triñanes, J., Wagner, F., Wilkinson, P., Winning, M., Yglesias-González, M., Zhang, S., Gong, P., Montgomery, H., Costello, A., 2022. The 2022 report of the Lancet Countdown on health and climate change: health at the mercy of fossil fuels. *The Lancet* 400, 1619–1654. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)01540-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)01540-9)
- Semenza, J.C., Rocklöv, J., Ebi, K.L., 2022. Climate Change and Cascading Risks from Infectious Disease. *Infect. Dis. Ther.* 11, 1371–1390. <https://doi.org/10.1007/s40121-022-00647-3>
- SISP, D. für H. und öffentliche G., 2024. Betrieblicher Jahresbericht zu den Vektorübertragenen Krankheiten: Zecken, Mücken, Sandmücken für das Jahr 2023. Südtiroler Sanitätsbetrieb, Bozen, Italien.
- Søvold, L.E., Naslund, J.A., Kousoulis, A.A., Saxena, S., Qoronfleh, M.W., Grobler, C., Münter, L., 2021. Prioritizing the Mental Health and Well-Being of Healthcare Workers: An Urgent Global Public Health Priority. *Front. Public Health* 9, 679397. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.679397>
- Strapazon, G., Brugger, H., 2018. On-Site Treatment of Snow Avalanche Victims: From Bench to Mountainside. *High Alt. Med. Biol.* 19, 307–315. <https://doi.org/10.1089/ham.2018.0036>
- Strapazon, G., Paal, P., Schweizer, J., Falk, M., Reuter, B., Schenk, K., Gatterer, H., Grasegger, K., Dal Cappello, T., Malacrida, S., Riess, L., Brugger, H., 2017. Effects of snow properties on humans breathing into an artificial air pocket – an experimental field study. *Sci. Rep.* 7, 17675. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17960-4>

- Strapazon, G., Schweizer, J., Chiambretti, I., Brodmann Maeder, M., Brugger, H., Zafren, K., 2021. Effects of Climate Change on Avalanche Accidents and Survival. *Front. Physiol.* 12, 639433. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.639433>
- Ströhle, M., Rauch, S., Lastei, P., Brodmann Maeder, M., Brugger, H., Paal, P., 2018. Frostbite Injuries in the Austrian Alps: A Retrospective 11-Year National Registry Study. *High Alt. Med. Biol.* 19, 316–320. <https://doi.org/10.1089/ham.2018.0060>
- Servizio di ambulanza dell'Alto Adige, 2024: Rapporto operativo annuale sulle malattie trasmesse da vettori: Zecche, zanzare, mosche della sabbia per l'anno 2023

4.6 Turismo

Autore: Philipp Corradini

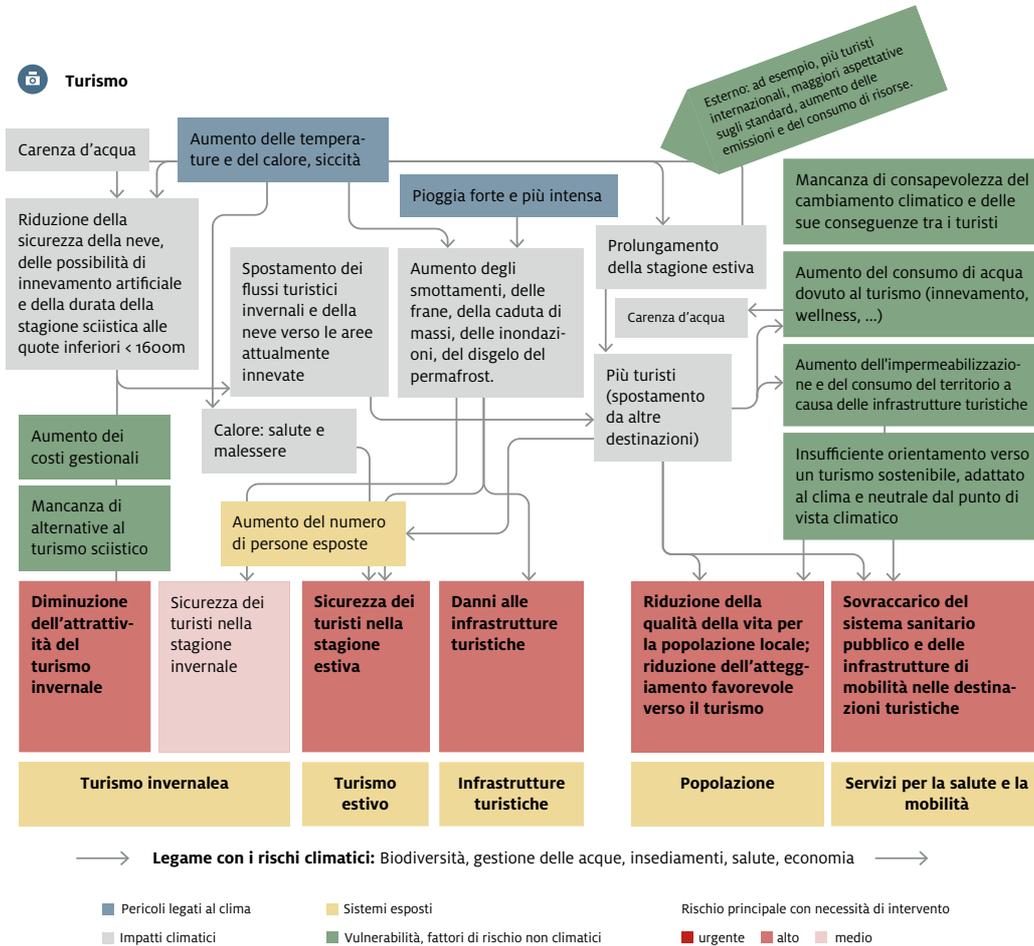


Figura 20: Catena degli impatti che illustra i pericoli, l'esposizione e la vulnerabilità del settore turistico

Introduzione

Il turismo è di fondamentale importanza per l'economia dell'Alto Adige, che presenta, rispetto alle altre regioni alpine, la più alta densità di strutture ricettive e un'attività turistica molto intensa (ASTAT, 2023). Finora in Alto Adige gli effetti dei cambiamenti climatici sono percepibili soprattutto nella stagione invernale che in quella estiva. Già adesso, le precipitazioni nevose sono inferiori rispetto alle regioni alpine settentrionali e continuano a diminuire a causa della temperatura. Questa evoluzione ha un impatto negativo sia sulle possibilità di innevamento tecnico sia sull'aspetto del paesaggio invernale naturale. Nonostante gli effetti del cambiamento climatico sullo sci e sul turismo invernale, in futuro potrebbe essere il turismo estivo a parzialmente preservare la redditività delle funivie. I mesi favorevoli dal punto di vista climatico potrebbero allungarsi in estate, mentre si accorcerebbe la stagione invernale. A causa dei cambiamenti climatici potrebbero però aumentare rischi geologici come frane e cadute di massi, aumentando i rischi sia per gli ospiti che per le infrastrutture.

4.6.1 Turismo invernale

Cause dei rischi

Sia nelle Alpi che in Alto Adige, i cambiamenti climatici hanno un'influenza soprattutto sul turismo invernale (Steiger et al., 2019). L'aumento delle temperature e la variabilità delle precipitazioni si ripercuotono negativamente sulla copertura nevosa e quindi sulla possibilità di praticare sport invernali. L'attrattiva degli sport invernali dipende in primo luogo dagli impianti tecnici di innevamento, ma in parte anche da un paesaggio invernale innevato naturalmente.

Situazione attuale

Alcuni effetti del cambiamento climatico sono visibili già da oggi, come l'aumento della temperatura nelle destinazioni turistiche fino a 1.500 metri e una generale alterazione delle precipitazioni invernali, come nella stagione invernale 2022/23. Nell'inverno 2022 è stata rilevata la seconda più bassa copertura nevosa nel periodo 2003 - 2022 nelle regioni al di sotto dei 1.000 metri e la quarta più bassa nelle regioni tra i 1.000 e i 2.000 metri (Eurac Research, 2023b) (cfr. anche *cap. 3*). Inoltre, dal 1980 il numero di giornate di gelo è diminuito a tutte le altitudini (Eurac Research, 2023a) (cfr. anche *cap. 3*). Attualmente è l'innevamento tecnico a garantire la maggior parte delle attività sportive invernali. L'impatto economico dei cambiamenti climatici sulle attività sciistiche può essere stimato utilizzando la "regola dei 100 giorni", secondo la quale una stazione sciistica con un innevamento affidabile dovrebbe avere una copertura nevosa sufficiente per almeno 100 giorni a stagione in sette inverni su dieci (Abegg, 1996; Witmer, 1986). Attualmente la percentuale di piste coperte da neve artificiale è del 25 % in Germania, del 39 % in Francia, del 54 % in Svizzera, del 70 % in Austria e del 90 % in Italia (Provincia di Bolzano) (ASTAT, 2022; Seilbahnen Schweiz, 2022). Il rischio di valanghe sulle Alpi è inoltre aumentato significativamente a causa dell'instabilità generata dai cambiamenti climatici (Zgheib et al., 2022).

Potenziale situazione futura

Secondo le previsioni, in futuro questi effetti si intensificheranno, aumenterà anche la variabilità delle precipitazioni, che non necessariamente può tradursi in una mancanza di precipitazioni, ma anche in inverni dalle precipitazioni intense, con un impatto negativo sulla capacità di pianificare le attività turistiche invernali, ad es. a causa di una copertura nevosa insufficiente sulle piste da sci a inizio stagione, di difficoltà nella produzione di neve per le temperature più elevate e di un minor numero di giornate di gelo (Eurac Research, 2023a, 2023b) (cfr. anche *cap. 3*). Anche l'accuratezza delle previsioni meteorologiche potrebbe risultare compromessa. Tutto questo può avere come conseguenze modifiche e cancellazioni delle prenotazioni all'ultimo minuto, che a loro volta si possono ripercuotere negativamente sui flussi turistici (Scott et al., 2012).

Potenziale di adattamento

Le destinazioni turistiche che attualmente possono offrire neve garantita potrebbero attirare turisti da destinazioni dove la neve è meno presente, con conseguente aumento del traffico, del rischio di incidenti sulle piste e della pressione sul sistema sanitario ed ecologico locale.

Le destinazioni turistiche in cui la neve è meno affidabile saranno tenute a evitare rischiosi investimenti per impianti di innevamento. Una misura di adattamento potrebbe consistere nella diversificazione dell'offerta, ad es. ampliando le attività che richiedono meno infrastrutture e risorse, come lo sci di fondo e l'escursionismo invernale. Anche quando si espandono attività che non dipendono dalle condizioni meteo, come il wellness, bisognerebbe fare attenzione al consumo di risorse. Le destinazioni turistiche che non sono in grado di offrire buone condizioni di innevamento sono chiamate a promuovere un riorientamento della loro offerta turistica verso il turismo estivo e stagioni basse e a sviluppare e pubblicizzare le relative attività e prodotti. Viene così a ridursi la dipendenza dal turismo invernale di queste destinazioni, uno sviluppo che potrebbe essere idealmente combinato con un reindirizzamento verso altri settori economici meno dipendenti dalle condizioni meteorologiche.

4.6.2 Turismo estivo

Cause dei rischi

Il turismo estivo nelle regioni montane e di valle si dovrà confrontare con l'innalzamento delle temperature, l'incremento della variabilità delle precipitazioni e l'aumento dei fenomeni meteorologici estremi e dei rischi naturali dovuti agli effetti del cambiamento climatico.

Situazione attuale

Gli effetti dei cambiamenti climatici dovuti all'aumento delle temperature nelle aree montane sono spesso associati a ripercussioni positive per il turismo estivo, ad es. per il possibile prolungamento delle stagioni climaticamente favorevoli alle attività estive come l'escursionismo, l'arrampicata, il ciclismo e il campeggio (Endler & Matzarakis, 2011; Pröbstl-Haider et al., 2021). Un altro fattore connesso alle temperature, il quale può favorire un probabile aumento dei flussi turistici estivi nelle regioni montane è riconducibile alla "fuga dal caldo" dalle aree urbane e alla rinascita del tradizionale concetto di "Sommerfrische", traducibile con "frescura estiva" (Juschten et al., 2019; Siegrist & Gessner, 2011).

Potenziale situazione futura

In estate nelle aree montane, soprattutto alle quote più elevate, i pericoli naturali aumentano e l'accessibilità subisce delle variazioni che rendono il rischio più significativo. Il ritiro dei ghiacciai e il disgelo del permafrost possono rendere più scoscesi i pendii di ghiaccio e roccia e destabilizzare le morene con un conseguente aumento del rischio di colate detritiche e cadute di massi nonché un ulteriore ingrossamento dell'accumulo di detriti sulle superfici dei ghiacciai (Mourey et al., 2019) (cfr. anche *cap. 3*). I turisti che praticano attività estive come l'alpinismo e l'arrampicata sono quindi esposti a un rischio maggiore. In questo contesto aumenta anche la probabilità di danneggiamenti delle infrastrutture per il tempo libero, come i sentieri escursionistici e le strade di accesso (Gruber et al., 2004).

Potenziale di adattamento

Variare gli orari di apertura principali nelle regioni montane, posticipandoli, riducendoli o prolungandoli, è un'importante misura di adattamento in relazione al cambiamento delle condizioni e dei flussi di visitatori. Sensibilizzare gli ospiti rispetto alla valutazione dei rischi e alle norme di comportamento da seguire in montagna può ridurre al minimo gli incidenti. Il monitoraggio dei flussi turistici consente di reagire alle fluttuazioni stagionali e di sviluppare adeguate strategie e misure di comunicazione. L'integrazione di queste informazioni nei piani di protezione civile e nel sistema sanitario è fondamentale ai fini di garantire la sicurezza degli ospiti e della popolazione locale e per evitare sovraccarichi, soprattutto durante l'alta stagione turistica.

4.6.3 Infrastrutture di supporto e turistiche e ricettività

Cause dei rischi

Effetti e rischi dipendono, tra l'altro, dall'aumento delle temperature. Inoltre, la crescente variabilità delle precipitazioni fa sì che la loro quantità e distribuzione stia diventando meno prevedibile, con ripercussioni anche sulla disponibilità di acqua. L'aumento dei fenomeni meteorologici estremi e dei pericoli naturali, come tempeste, inondazioni e frane, comporta considerevoli rischi per le regioni colpite.

Situazione attuale

Le infrastrutture turistiche comprendono elementi utilizzati sia dagli ospiti che dalla popolazione locale, tra cui le infrastrutture per il tempo libero (indoor e outdoor) e quelle di trasporto. Le strutture ricettive devono affrontare sfide paragonabili a quelle delle infrastrutture e degli insediamenti non turistici, dovendo garantire un clima interno adeguato sia in inverno che in estate e offrire protezione da pericoli naturali. L'Alto Adige ha per tradizione la più alta densità di strutture ricettive rispetto alle regioni alpine confinanti.

I cambiamenti climatici possono provocare danni diretti alle infrastrutture, ad es. a causa di fenomeni meteorologici estremi e pericoli naturali come frane e grandine, o rendere più difficile l'accesso alle infrastrutture vista la crescente instabilità geologica delle vie di accesso. In questo contesto va indicato che le infrastrutture turistiche sono esposte a un rischio maggiore in base alla loro posizione geografica e all'altitudine, come i rifugi di montagna. Gli effetti indiretti possono avere un impatto negativo sulle attività quotidiane, ad es. a causa di una variabile disponibilità delle risorse idriche, e possono anche influire sulla redditività delle imprese per via dell'aumento dei costi delle risorse e il carico fiscale dovuto alla tassazione sulle risorse e per finanziare la protezione del clima.

L'impatto diretto dei cambiamenti climatici sulle infrastrutture per il tempo libero varia a seconda dell'attività e del luogo. Le infrastrutture per l'attività all'aperto, come le funivie, sono generalmente più colpite di quelle indoor. La loro vulnerabilità ai cambiamenti climatici può essere di natura sia infrastrutturale che economico-operativa, ne sono un esempio gli smottamenti e le slavine o la perdita di redditività dovuta alla minore disponibilità di neve. Le attività indoor non dipendono dalle condizioni meteorologiche, ma richiedono spesso molte risorse.

Potenziale situazione futura

In futuro si registrerà un notevole incremento del rischio di danni alle infrastrutture a causa di fenomeni meteorologici estremi e di pericoli naturali. Questi eventi si possono ripercuotere non solo sulla sicurezza delle persone, ma anche sull'attrattività del turismo. In particolare, in concomitanza con il potenziale aumento dei flussi turistici e il crescente sovraccarico della rete di trasporti, i danni alle infrastrutture potrebbero limitare significativamente la mobilità turistica in Alto Adige e anche l'accessibilità delle singole destinazioni turistiche potrebbe risultare compromessa. Inoltre, in futuro si dovrà tenere conto di possibili cambiamenti nelle esigenze degli ospiti, come ad esempio una crescente richiesta di aria condizionata in estate (Gössling & Lund-Durlacher, 2021).

Potenziale di adattamento

La protezione del clima include misure di ottimizzazione dell'efficienza energetica delle strutture ricettive e di ristorazione, così da migliorarne il bilancio ambientale. Fare una valutazione semplificata e vincolante dell'impronta di carbonio a livello aziendale può servire a controllare e ridurre le emissioni di CO₂, ma le restrizioni finanziarie e la mancanza di consapevolezza e di impegno da parte delle imprese potrebbero ostacolare l'attuazione (Pechlaner et al., 2022).

Per far fronte alle sfide che il cambiamento climatico rappresenta nel turismo, occorre rendere più affidabile l'innevamento nelle stazioni sciistiche e migliorare la capacità di trasporto degli impianti di risalita, introducendo anche nuove misure di salvaguardia della neve, come le coperture dei ghiacciai e i depositi di neve e promuovendo attività estive per le funivie, come il trasporto di mountain bike. Vanno incoraggiati l'espansione delle infrastrutture per il tempo libero indoor e outdoor e il turismo praticato tutto l'anno. Oltre alla valutazione del loro impatto ambientale, in futuro le infrastrutture dovranno essere progettate tenendo conto anche dell'aumento del rischio di calamità naturali. Per garantire un adeguato sistema di trasporti e l'accessibilità delle destinazioni turistiche sarà necessario adottare ulteriori misure.

Sommario – Rischi principali

- Rischio di diminuzione dell'attrattività del turismo invernale a causa dell'aumento delle temperature, degli eventi meteorologici estremi e della variabilità delle precipitazioni
- Rischio di diminuzione della sicurezza umana in relazione al turismo estivo a causa di eventi meteorologici estremi
- Rischio di diminuzione della sicurezza umana in relazione al turismo invernale a causa di eventi meteorologici estremi
- Rischio di danni all'infrastruttura turistica a causa di eventi meteorologici estremi

- Rischio di una riduzione della qualità della vita della popolazione locale nelle aree turistiche a causa dello spostamento dei flussi turistici
- Rischio di diminuzione dell'atteggiamento nei confronti del turismo della popolazione locale a causa dello spostamento dei flussi turistici dovuto alla diminuzione/aumento dell'attrattività turistica e dell'intensità turistica
- Rischio di sovraccarico del sistema sanitario pubblico e delle infrastrutture di mobilità nelle destinazioni turistiche a causa dello spostamento dei flussi turistici

Bibliografia

- Abegg, B. (1996). Klimaänderung und Tourismus: Klimafolgenforschung am Beispiel des Wintertourismus in den Schweizer Alpen. [Nationales Forschungsprogramm 31 "Klimaänderungen und Naturkatastrophen"]; Schlussbericht NFP 31. vdf, Hochsch.-Verl. an der ETH.
- ASTAT. (2022). Impianti a fune in Alto Adige - 2022 (236). https://astat.provinz.bz.it/de/aktuelles-publikationen-info.asp?news_action=4&news_article_id=671687
- ASTAT. (2023). Turismo in alcune regioni alpine - 2022. Istituto provinciale di statistica ASTAT. https://astat.provinz.bz.it/de/aktuelles-publikationen-info.asp?news_action=4&news_article_id=677713
- Endler, C., & Matzarakis, A. (2011). Climate and tourism in the Black Forest during the warm season. *International Journal of Biometeorology*, 55(2), 173–186. <https://doi.org/10.1007/s00484-010-0323-3>
- Eurac Research. (2023a). Giorni di gelo. Climate Change Monitoring South Tyrol. <https://www.eurac.edu/it/data-in-action/monitoraggio-dei-cambiamenti-climatici/giorni-di-gelo>
- Eurac Research. (2023b). Copertura nevosa e sue variazioni. Climate Change Monitoring South Tyrol. <https://www.eurac.edu/it/data-in-action/monitoraggio-dei-cambiamenti-climatici/copertura-nevosa-e-sue-variazioni>
- Gössling, S., & Lund-Durlacher, D. (2021). Tourist accommodation, climate change and mitigation: An assessment for Austria. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 34, 100367. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2021.100367>
- Gruber, S., Hoelzle, M., & Haerberli, W. (2004). Permafrost thaw and destabilization of Alpine rock walls in the hot summer of 2003. *Geophysical Research Letters*, 31(13). <https://doi.org/10.1029/2004GL020051>
- Juschten, M., Brandenburg, C., Hössinger, R., Liebl, U., Offenzeller, M., Prutsch, A., Unbehaun, W., Weber, F., & Jiricka-Pürerer, A. (2019). Out of the City Heat—Way to Less or More Sustainable Futures? *Sustainability*, 11(1), 214. <https://doi.org/10.3390/su11010214>
- Mourey, J., Ravanel, L., Lambiel, C., Strecker, J., & Piccardi, M. (2019). Access routes to high mountain huts facing climate-induced environmental changes and adaptive strategies in the Western Alps since the 1990s. *Norsk Geografisk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography*, 73(4), 215–228. <https://doi.org/10.1080/00291951.2019.1689163>
- Pechlaner, H., Innerhofer, E., Gruber, M., Scuttari, A., Walder, M., Habicher, D., Gigante, S., Volgger, M., Corradini, P., Laner, P., & von der Gracht, H. (2022). Ambition Lebensraum Südtirol. Auf dem Weg zu einer neuen Tourismuskultur. Landestourismusentwicklungskonzept 2030+. Eurac Research. <https://www.eurac.edu/de/institutes-centers/center-for-advanced-studies/projects/itek2030plus>
- Pröbstl-Haider, U., Hödl, C., Ginner, K., & Borgwardt, F. (2021). Climate change: Impacts on outdoor activities in the summer and shoulder seasons. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 34, 100344. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2020.100344>
- Scott, D., Hall, C. M., & Gössling, S. (2012). *Tourism and climate change: Impacts, adaptation and mitigation*. Routledge.
- Seilbahnen Schweiz. (2022). Fakten & Zahlen zur Schweizer Seilbahnbranche (p. 40).
- Siegrist, D., & Gessner, S. (2011). Klimawandel: Anpassungsstrategien im Alpentourismus. Ergebnisse einer alpenweiten Delphi-Befragung. *Zeitschrift Für Tourismuswissenschaft*, 3(2), 179–194. <https://doi.org/10.1515/tw-2011-0207>
- Steiger, R., Scott, D., Abegg, B., Pons, M., & Aall, C. (2019). A critical review of climate change risk for ski tourism. *Current Issues in Tourism*, 22(11), 1343–1379. <https://doi.org/10.1080/13683500.2017.1410110>
- Witmer, U. (1986). Erfassung, Bearbeitung und Kartierung von Schneedaten in der Schweiz. (Bern: Institute of Geography, University of Bern.). <https://doi.org/10.48350/180417>
- Zgheib, T., Giacona, F., Granet-Abisset, A.-M., Morin, S., Lavigne, A., & Eckert, N. (2022). Spatio-temporal variability of avalanche risk in the French Alps. *Regional Environmental Change*, 22. <https://doi.org/10.1007/s10113-021-01838-3>

4.7 Insediamenti, infrastrutture, patrimonio culturale

Autore: Andrea Omizzolo

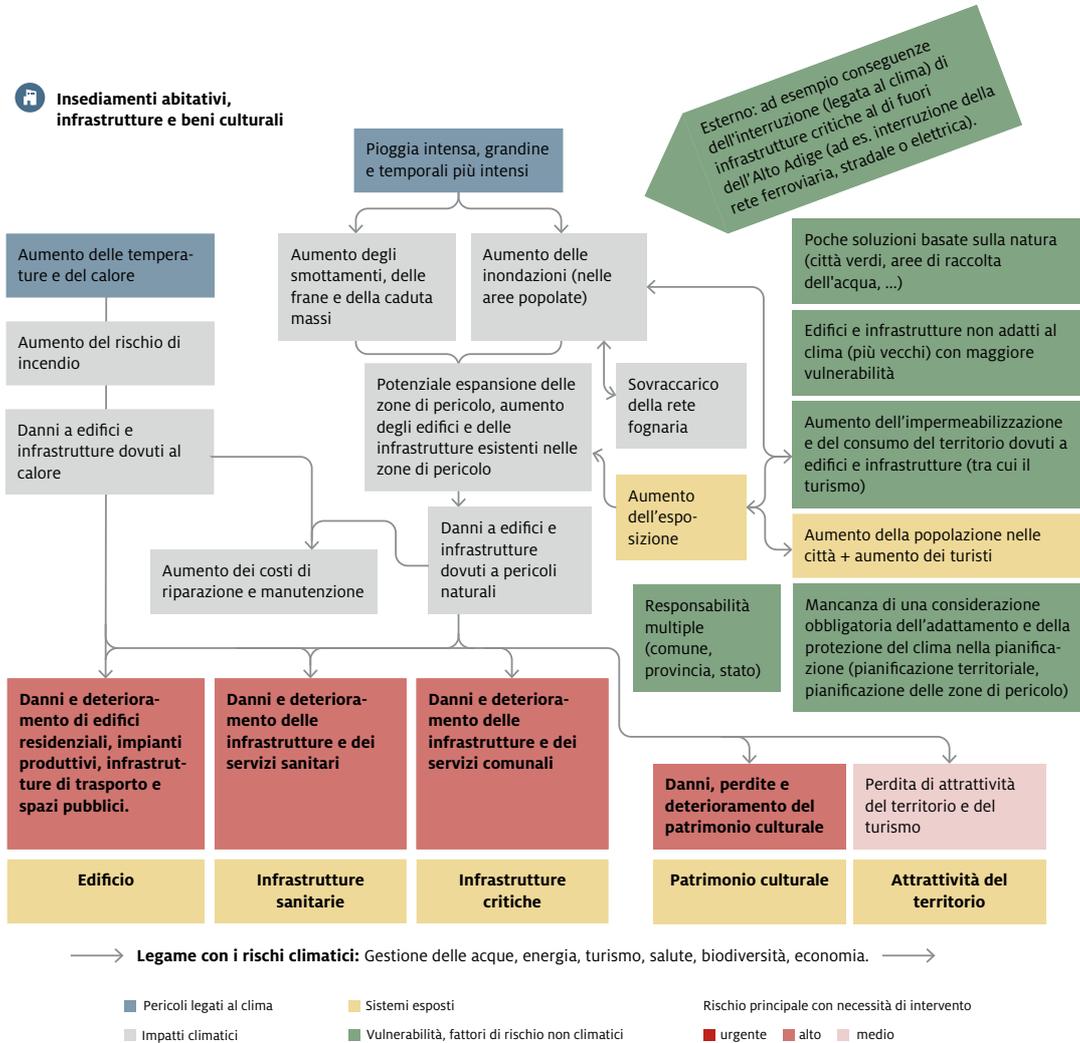


Figura 21: Catena degli impatti per visualizzare la pericolosità, l'esposizione e la vulnerabilità degli insediamenti, delle infrastrutture e del patrimonio culturale

Introduzione

Gli effetti del cambiamento climatico interessano gli insediamenti, incluse sia le componenti costruite che gli spazi pubblici per le comunità locali, le principali componenti infrastrutturali e gli elementi tangibili e intangibili del patrimonio culturale (Vallejo & Mullan, 2017).

La situazione attuale in Alto Adige vede una tendenza alla crescita di eventi meteorologici estremi in termini sia di frequenza che di intensità, che hanno un impatto su questi settori, in linea con quanto già accade a livello nazionale (ISPRA, 2022). Per aumentare la resilienza degli insediamenti e delle infrastrutture è necessario sfruttare e adattare opportunamente gli strumenti pubblici di pianificazione territoriale e settoriale, per esempio il "Piano comunale per il territorio e il paesaggio" (Provincia autonoma di Bolzano, 2023a), utilizzato per l'individuazione e la gestione delle aree e delle reti necessarie per le opere essenziali di urbanizzazione, e il "Piano delle zone di pericolo" (PZP), che individua le aree soggette ai pericoli idrogeologici (frane, alluvioni, colate detritiche e valanghe) (Provincia autonoma di Bolzano, 2023b). La realizzazione di infrastrutture resilienti al cambiamento climatico prevede dei

consistenti costi iniziali, ma con evidenti benefici nel medio e lungo periodo (Global Commission on Adaptation, 2019).

4.7.1 Insedimenti umani

Questo sottosistema riguarda edifici e infrastrutture abitative, edifici e infrastrutture produttive, spazi a servizio delle comunità locali, uso del suolo. Include la popolazione residente e gli occupanti temporanei, per esempio turisti.

Cause dei rischi

Il rischio per le abitazioni e gli spazi pubblici è in costante aumento a causa dell'incremento dell'intensità e della frequenza delle ondate di calore, dei periodi di siccità e della maggiore frequenza e diffusione di fenomeni meteorologici estremi. Il cambiamento climatico sta modificando radicalmente le condizioni ambientali in cui molti edifici sono progettati per funzionare, soprattutto per l'edificato storico o di meno recente realizzazione. Essi sono infatti progettati e costruiti per operare entro i parametri del clima locale, utilizzando materiali e seguendo standard di progettazione in grado di resistere alla gamma di temperature, precipitazioni, neve e vento previsti al momento della ideazione e costruzione.

Temperature più elevate e il diverso grado di umidità potranno modificare il microclima interno agli edifici, facilitando la diffusione di insetti, parassiti, muffe e funghi potenzialmente nocivi con un conseguente impatto sul benessere umano. L'assenza di adeguato isolamento termico e di sistemi di climatizzazione può inoltre determinare ulteriori conseguenze negative sulla salute di chi abita in questi edifici, in particolare nelle fasce più vulnerabili, incrementando comunque il consumo di energia legato alla climatizzazione.

Gli spazi pubblici sono soggetti a molteplici rischi, tra cui allagamenti dovuti a piogge torrenziali e danni causati da tempeste violente, con rottura della pavimentazione o inagibilità prolungata di alcune aree. Questi eventi estremi possono compromettere la sicurezza delle persone, danneggiare le infrastrutture e minare la funzionalità degli spazi pubblici.

Il crescente numero di persone residenti, la concentrazione della popolazione residente e ospite per turismo in alcune specifiche località della provincia e in alcuni periodi dell'anno, la continua espansione dell'edificato, così come la qualità costruttiva o l'età media del patrimonio edilizio e la inadeguatezza della struttura insediativa storica dei nostri paesi aumentano l'esposizione potenziale complessiva del sottosistema ai rischi climatici.

Situazione attuale

Come riportato dal Rapporto sul clima – Alto Adige 2018 (Zebisch et al., 2018) nelle aree edificate dell'Alto Adige osserviamo, come in tutte le città, un forte aumento delle temperature rispetto alle regioni limitrofe. In particolare, sono le temperature notturne più elevate a pregiudicare il benessere dell'essere umano (→capitolo 3.1).

Strettamente collegati con la temperatura e soprattutto con i fenomeni di pioggia torrenziale sono le frane, gli smottamenti, le cadute di massi e le alluvioni, sia a scala localizzata, cioè scatenate dalle piogge, sia di bacino, cioè causate dal fiume. Negli ultimi anni si sono moltiplicati in Alto Adige fenomeni di pioggia molto localizzata e intensa per i quali la rete fognaria esistente non è opportunamente configurata. Ne sono conseguite inondazioni di strade, piani sotterranei di edifici e scantinati. Per registrare questi eventi con maggior precisione, nel 2010 è stata introdotta la categoria di "alluvione urbana" nel sistema di monitoraggio della Provincia autonoma di Bolzano (<https://pericoli-naturali.provincia.bz.it/it/monitoraggio>).

La popolazione altoatesina è in crescita così come il numero di imprese e di persone addette (ASTAT, 2023). In crescita è anche il numero di ospiti, soprattutto in alcune vallate caratterizzate da alta intensità turistica sia estiva che invernale. Negli anni, si è avuta anche una espansione delle aree abitative, produttive e di quelle a servizio del turismo, con conseguente aumento del consumo di suolo per le necessità umane. Per le stesse necessità, è aumentata anche la percentuale di superficie impermeabilizzata che a sua volta può accentuare la portata di alcuni eventi o dei loro effetti (<https://www.eu-rac.edu/it/data-in-action/monitoraggio-dei-cambiamenti-climatici/impermeabilizzazione-del-suolo>).

Potenziale situazione futura

Gli scenari climatici prevedono un possibile intensificarsi degli eventi estremi come pioggia, grandine e tempeste di vento (→capitolo 3.1). Quindi, nel prossimo futuro, sempre più edifici residenziali e produttivi potrebbero essere colpiti direttamente, per esempio danni a coperture, lucernari, elementi non strutturali, o indirettamente, per esempio da frane o smottamenti. Alte temperature e periodi prolungati e intensi di siccità potranno comportare da un lato l'aumento del pericolo di incendi con potenziale distruzione o danneggiamento di edifici e infrastrutture di trasporto, dall'altro la sofferenza delle infrastrutture di produzione che necessitano di acqua, ma anche delle infrastrutture legate alla presenza di acqua e interne agli edifici quali tubazioni, trasporto dei reflui, eccetera. Questo aspetto è oggi poco considerato a livello provinciale e riguarda in particolare le città e alcune località di fondovalle.

Potenziale di adattamento

Le opportunità di adattamento che riguardano la pianificazione territoriale e urbanistica includono una migliore gestione del territorio per proteggere la salute pubblica e le attività umane correlate, nonché l'integrazione di concetti di adattamento e soluzioni basate sulla natura nelle normative urbanistiche per favorire la biodiversità. Inoltre, condurre un'indagine sistematica sulla frequenza e l'entità dei danni può migliorare la comprensione dei rischi e migliorare le misure di adattamento.

I vincoli derivano dalla morfologia provinciale, che limita le superfici disponibili per le attività umane, e dall'obbligo di rispettare le norme e i piani provinciali e nazionali.

Inoltre, alcuni limiti possono ostacolare le misure di adattamento connesse alla pianificazione del territorio, come la predominanza della proprietà privata degli edifici e delle infrastrutture, i costi elevati per le loro ristrutturazioni e trasformazioni, nonché il fatto che il PZP non si applica al costruito esistente.

Inoltre, la valutazione del rischio e delle misure di adattamento spesso manca di un'analisi costi/benefici.

4.7.2 Infrastrutture e servizi essenziali per la comunità

Questo sottosistema include l'insieme, strettamente interconnesso, di strutture, sistemi e servizi fisici o organizzativi che compongono (o a servizio di) una società (Pudyastuti & Nugraha, 2018). Questa definizione include trasporti, acqua, infrastrutture sanitarie, energia, rifiuti, comunicazioni e infrastrutture turistiche (Portugal-Perez & Wilson, 2012).

Cause dei rischi

Eventi idrometeorologici estremi (pioggia, neve, tempeste di vento) e i loro effetti a cascata (per esempio frane, inondazioni, incendi) possono danneggiare direttamente o impattare in maniera funzionale sulla maggior parte delle infrastrutture, in particolare antenne e ripetitori, elettrodotti e infrastrutture di trasporto ferroviario e stradale. L'aumento delle temperature e i fenomeni siccitosi intensi possono determinare carenze idriche rilevanti sia per l'infrastruttura sanitaria che per lo smaltimento delle acque reflue e dei rifiuti. Per quanto riguarda le strutture per le attività ricreative e turistiche valgono gli stessi rischi elencati per gli edifici abitativi. Frane, cadute massi e valanghe colpiscono sia le aree di escursione in montagna sia la rete dei trasporti fondamentale per l'accessibilità turistica e la mobilità in loco.

Situazione attuale

L'impatto attuale (e conseguente rischio) è principalmente determinato da frane, smottamenti e alluvioni, ma anche indirettamente dalla caduta di alberi o altri oggetti dovuta a forte vento, o dal calore eccessivo che produce danni al manto stradale nel caso di trasporti viari. Vento forte o eventi piovosi o tempeste forti determinano saltuariamente anche la chiusura di impianti a fune o degli aeroporti o elisuperfici e limitano la praticabilità di altre tipologie di infrastrutture di trasporto.

Non si registrano danni particolari o conseguenze di rilievo rispetto alla infrastruttura idrica, seppur eventi siccitosi estivi negli ultimi anni (2021-2022) abbiano già causato in alcuni comuni della provincia la temporanea carenza di acqua per uso idropotabile, per l'agricoltura e per la produzione di energia idroelettrica. Le infrastrutture turistiche sono soggette ai rischi dovuti agli eventi atmosferici estremi, che comportano problemi di sicurezza e un aumento dei costi di manutenzione. Aumentano anche i

costi legati all'approvvigionamento idrico e alla protezione da eventi franosi o inondazioni che minacciano indirettamente anche l'attrattività dei luoghi.

Potenziale situazione futura

Si prevede un aumento dei costi di interruzione e manutenzione delle infrastrutture (Forzieri et al., 2018) relativo all'intensificarsi di eventi estremi, con danni crescenti alle infrastrutture lineari, impraticabilità in alcuni periodi di alcune infrastrutture, aumento dei periodi di chiusura per sicurezza o manutenzione straordinaria di altre, necessità di ripensare localizzazione e modalità di costruzione, gestione e manutenzione. Inoltre, è ipotizzabile la eventuale deformazione di taluni materiali una volta superata la tolleranza progettata (asfalto, materiali costruttivi di ponti, cavi e piloni, ecc.). In condizioni meteorologiche estreme si potrebbero verificare blackout di vaste proporzioni. Inoltre, come emerso di recente in alcune aree del Veneto, il cambiamento climatico può essere sempre più corresponsabile di mancanza di ricezione di segnali a causa delle alte temperature e della umidità che generano anomalie nell'atmosfera (Nast, 2023).

Potenziale di adattamento

L'opportunità si presenta nell'adattamento delle infrastrutture esistenti, considerando le tendenze climatiche e le specifiche vulnerabilità, con l'obiettivo di migliorarle e renderle più resilienti. Inoltre, definire strategie coordinate e innovative da parte degli enti responsabili, considerando l'interconnessione e le interdipendenze infrastrutturali, può contribuire a mitigare gli impatti negativi. I vincoli derivano principalmente dai limiti fisici del territorio, che presenta spazi ristretti e infrastrutture estese. Inoltre, le infrastrutture devono conformarsi a vincoli normativi e legali esistenti, che potrebbero non essere adeguatamente adattati ai cambiamenti climatici (→ capitolo 4). Questo spesso richiede revisioni normative e legali per consentire l'adattamento delle infrastrutture. Lunghe tempistiche caratterizzano molti interventi, quindi è essenziale integrarli con soluzioni intermedie e tecnologie di transizione. L'incertezza sulla frequenza e l'intensità degli eventi meteorologici estremi può complicare la pianificazione a lungo termine e la progettazione di infrastrutture sufficientemente resilienti. Inoltre, gli impatti cumulativi e l'interconnessione possono complicare la gestione dell'adattamento delle infrastrutture. Conflitti di interessi legati a fattori economici, politici e sociali possono ostacolare l'adattamento, per esempio la resistenza a dismettere infrastrutture nelle aree a rischio, influenzata dagli interessi economici a breve termine. Alcuni interventi su certe tipologie di infrastrutture sono solo parzialmente di competenza provinciale e richiedono la cooperazione dello stato. Infine, l'orografia e il sistema montano possono influenzare le opzioni disponibili, spesso richiedendo soluzioni alternative rispetto a quelle utilizzate nelle pianure.

4.7.3 Patrimonio culturale

Questo sottosistema riguarda paesaggi, edifici storici o tradizionali, luoghi, opere o strutture cosiddetti "minori" (cappelle, chiese, luoghi panoramici), musei ed edifici per la custodia e la fruizione del patrimonio culturale, reti materiali e immateriali.

Cause dei rischi

I fattori principali, come gli eventi idrometeorologici estremi e le variazioni di temperatura e umidità, possono determinare danni diretti e indiretti alle strutture. Esposto e vulnerabile è il patrimonio minore di manufatti, edifici ed aspetti da proteggere, la cui diffusione è ampia anche in zone montane remote anche a quote elevate. Il patrimonio culturale è inoltre strettamente interconnesso con la popolazione locale residente, con la loro conoscenza e disponibilità a mantenere e proteggere il patrimonio materiale e immateriale.

Situazione attuale

Storicamente gli edifici culturali assieme a quelli civili più importanti per le comunità locali (patrimonio culturale materiale "maggiore") venivano costruiti in aree sicure. Tuttavia, grandine, vento forte, piogge intense, frane e smottamenti possono causare danni diretti agli edifici principali (in particolare tetti, vetrate, scantinati, ecc.) ma soprattutto al patrimonio "minore" (per esempio capitelli, chiesette, punti

panoramici, ecc.) che rappresenta una fetta consistente del *cultural heritage* in una regione montana come l'Alto Adige, e largamente diffusa su tutto il territorio provinciale. Uno dei fattori che rende altamente vulnerabile il patrimonio culturale e naturale agli impatti dei cambiamenti climatici è la mancanza di integrazione di misure dedicate alla sua salvaguardia nei piani e nelle strategie nazionali di riduzione del rischio, adattamento e mitigazione.

Potenziale situazione futura

In aggiunta a quanto già descritto per la situazione attuale, ulteriori gravi danni agli edifici principali possono mettere a rischio le opere custodite e il ripristino degli uni e delle altre avrà costi molto alti per la collettività. Inoltre, va considerata la possibile riduzione delle entrate legate al settore turistico causata dalla scomparsa di siti di patrimonio culturale.

Potenziale di adattamento

Dal maggio 2023, l'inclusione di misure di adattamento nella nuova legge provinciale sui beni culturali offre un quadro normativo per la tutela, la conservazione e la manutenzione del patrimonio culturale della provincia. Opportunità derivano anche da percorsi formativi che mirino a integrare le tecniche edilizie tradizionali e artigianali con le tecnologie avanzate, mentre sensibilizzano sull'importanza del patrimonio e sui danni causati dai cambiamenti climatici. Infine, preparare il sistema di protezione civile alla protezione del patrimonio culturale durante gli eventi estremi deve essere considerata una priorità. La presenza di proprietà private su aree o opere culturali e la localizzazione non modificabile di molte infrastrutture costituiscono vincoli significativi nella gestione e protezione del patrimonio culturale. Gli elevati costi associati alla manutenzione e alla messa in sicurezza del patrimonio culturale, sia maggiore che minore, spesso di proprietà privata, rappresentano una sfida. Inoltre, la scarsa conoscenza delle infrastrutture del patrimonio minore e la difficoltà nel quantificare i relativi costi aggiungono ulteriori limiti alla gestione efficace del patrimonio culturale.

Rischi principali

I rischi principali sono per la salute e il benessere della popolazione residente, e riguardano la riduzione della qualità della vita derivante da danni alle strutture e alle infrastrutture e l'inadeguatezza dell'abitato ai cambiamenti climatici. C'è anche un possibile rischio relativo a fenomeni di spopolamento o allo spostamento della popolazione (dentro e fuori la provincia).

Sommario – Rischi principali

- Rischio di danneggiamento e diminuzione della qualità degli edifici residenziali, degli edifici produttivi, delle infrastrutture di trasporto e degli spazi pubblici a causa di eventi estremi
- Rischio di danni e diminuzione della qualità delle infrastrutture e dei servizi sanitari a causa dell'aumento delle temperature e degli eventi estremi
- Rischio di danni e riduzione della qualità delle infrastrutture e dei servizi comunitari a causa dell'aumento delle temperature e degli eventi estremi
- Rischio di danni, perdita e diminuzione della qualità del patrimonio culturale a causa dell'aumento delle temperature, delle ondate di calore e degli eventi estremi
- Rischio di perdita di attrattività territoriale e turistica a causa della perdita e del danneggiamento del patrimonio culturale, e degli effetti sul turismo invernale ed estivo

Opportunità di adattamento, vincoli e limiti

Sviluppare un'analisi costi/benefici delle misure di adattamento a determinati rischi sarebbe utile per stabilire priorità e concentrarsi su settori specifici. Coinvolgere attivamente tutti gli enti responsabili della gestione delle infrastrutture potrebbe aumentare l'efficacia delle misure e renderle più consapevoli rispetto alle esigenze. Aumentare la sensibilità sulle misure legate alle *green infrastructures* (EEA, 2020) e alle soluzioni basate sulla natura potrebbe aprire nuove opportunità di intervento.

La mancanza di consapevolezza e, potenzialmente, la scarsa volontà politica a livello provinciale e locale, insieme alle risorse finanziarie limitate e alle priorità concorrenti, possono costituire significativi ostacoli all'attuazione di misure di adattamento e all'adozione di soluzioni sostenibili ([Discussing Climate Change Impacts and Risks to Cities, Settlements, and Infrastructure \(climateadaptationplatform.com\)](https://climateadaptationplatform.com)).

Bibliografia

- ASTAT. (2023). 7° Censimento generale dell'agricoltura 2020 [dataset]. https://astat.provinz.bz.it/de/aktuelles-publikationen-info.asp?news_action=4&news_article_id=675776
- EEA. (2020). The European environment—State and outlook 2020—European Environment Agency [Publication]. <https://www.eea.europa.eu/soer/publications/soer-2020>
- Forzieri, G., Bianchi, A., Silva, F. B. e, Marin Herrera, M. A., Leblois, A., Lavalle, C., Aerts, J. C. J. H., & Feyen, L. (2018). Escalating impacts of climate extremes on critical infrastructures in Europe. *Global Environmental Change*, 48, 97–107. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.11.007>
- Global Commission on Adaptation. (2019). ADAPT NOW: A GLOBAL CALL FOR LEADERSHIP ON CLIMATE RESILIENCE. https://gca.org/wp-content/uploads/2019/09/GlobalCommission_Report_FINAL.pdf
- ISPRA. (2022). Il Clima in Italia nel 2022 (Report di Sistema 36; SNPA - Report di Sistema). Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. http://www.scia.isprambiente.it/wwwrootscia/Documentazione/Rapporto_clima_SNPA_2022.pdf
- Nast, C. (2023, ottobre 17). La crisi del clima sta oscurando alcuni canali Rai. *Wired Italia*. <https://www.wired.it/article/rai-canal-non-si-vede-veneto-clima/>
- Portugal-Perez, A., & Wilson, J. S. (2012). Export Performance and Trade Facilitation Reform: Hard and Soft Infrastructure. *World Development*, 40(7), 1295–1307. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.12.002>
- Provincia autonoma di Bolzano. (2023a). Piano comunale per il territorio e il paesaggio. <https://natur-raum.provinz.bz.it/it/piano-comunale-per-il-territorio-e-il-paesaggio>
- Provincia autonoma di Bolzano. (2023b). Piano delle zone di pericolo (PZP). <https://pericoli-naturali.provincia.bz.it/it/piano-delle-zone-di-pericolo-pzp>
- Pudyastuti, P. S., & Nugraha, N. A. (2018). Climate change risks to infrastructures: A general perspective. *AIP Conference Proceedings*, 1977(1), 040030. <https://doi.org/10.1063/1.5043000>
- Vallejo, L., & Mullan, M. (2017). Climate-resilient infrastructure. 121. <https://doi.org/10.1787/02f74d61-en>
- Zebisch, M., Vaccaro, R., Niedrist, G., Schneiderbauer, S., Streifeneder, T., Weiß, M. L., Troi, A., Renner, K., Pedoth, L., Baumgartner, B., & Bergonzi, V. (2018). Rapporto sul clima 2017. Bolzano : Eurac Research.

4.8 Energia

Autrice e autori: Steffi Misconel, Matteo Giacomo Prina, Wolfram Sparber

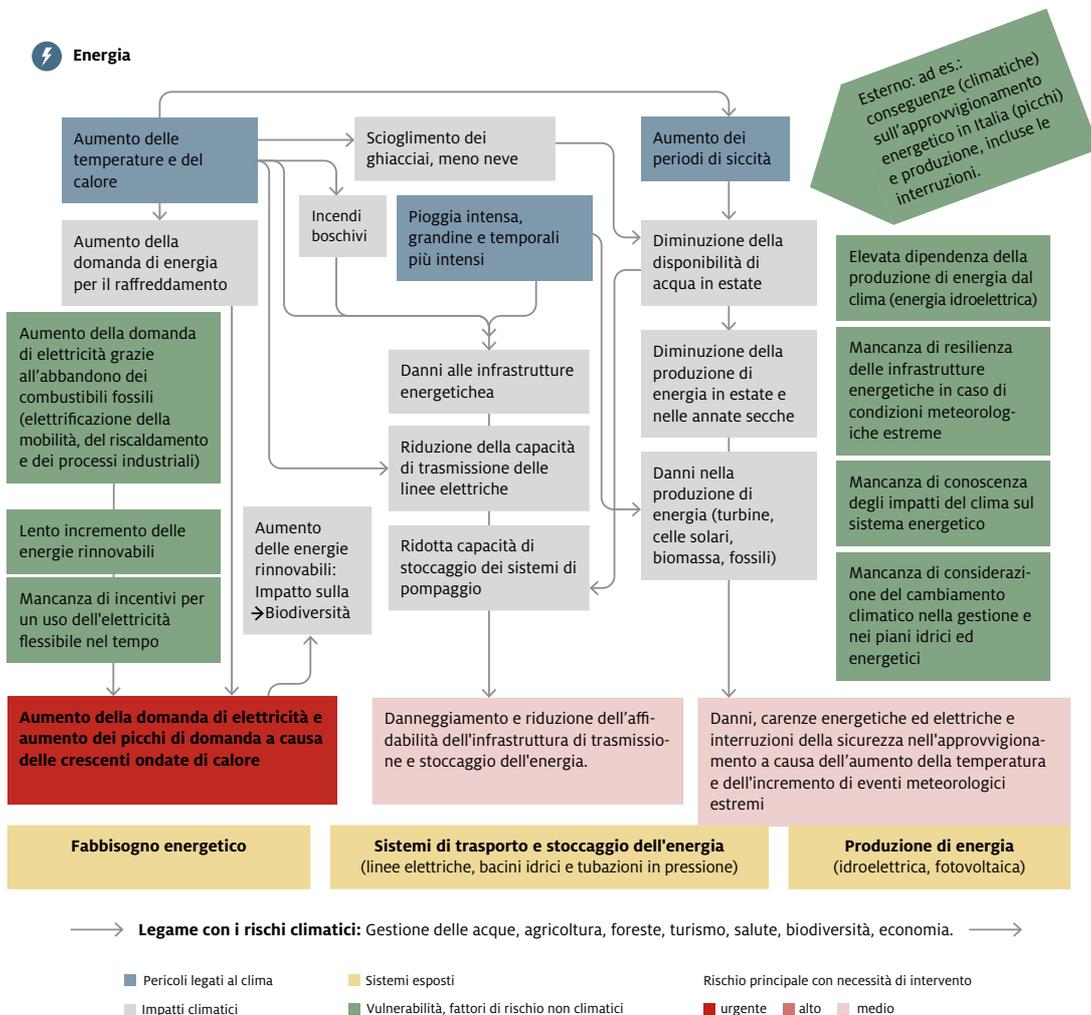


Figura 22: Catena degli impatti per visualizzare la pericolosità, l'esposizione e la vulnerabilità del settore energetico

Introduzione

In Alto Adige, il panorama energetico affronta sfide uniche, in particolare considerando la serie di eventi meteorologici estremi che si sono verificati dal 2018 (per esempio la tempesta Vaia nell'ottobre 2018). Il sistema energetico locale è stato messo a dura prova negli ultimi anni. Si possono individuare tre sottosistemi critici:

1. **Domanda di energia:** L'Alto Adige ha subito gli impatti imprevedibili del cambiamento climatico sulla domanda di energia, che comprende elettricità, riscaldamento, raffreddamento e trasporti. Dalla devastazione causata dalla tempesta Vaia nell'ottobre 2018, che ha portato a inondazioni e a caduta di alberi per il forte vento, ai successivi eventi di precipitazioni estreme che hanno causato blackout elettrici nel novembre 2019 e inondazioni nell'agosto 2020, la domanda di risorse energetiche ha sperimentato turbolenze.

2. **Sistemi di trasporto e stoccaggio dell'energia:** le reti di trasmissione di elettricità e teleriscaldamento hanno sopportato il peso degli eventi meteorologici estremi. Le reti di trasmissione per l'elettricità sono state soggette a interruzioni. Gli eventi di precipitazioni intense dell'ottobre e dicembre 2020, unitamente a colate detritiche, vento e inondazioni, hanno evidenziato le vulnerabilità dei sistemi di trasporto e stoccaggio dell'energia.
3. **Generazione e conversione di energia:** il settore della conversione di energia, che comprende centrali termoelettriche (in Alto Adige – impianti di cogenerazione), centrali idroelettriche e fonti di energia rinnovabile, ha dovuto affrontare le sfide degli eventi meteorologici estremi. Dagli impatti degli eventi di precipitazioni intense e nevicate estreme nel dicembre 2020 alle ondate di calore del luglio 2022 e alla successiva siccità, la conversione delle fonti di energia ha affrontato imprevedibilità.

Per migliorare la resilienza agli impatti dei cambiamenti climatici, il sistema energetico dell'Alto Adige sta intraprendendo una forte trasformazione, in linea con gli obiettivi di decarbonizzazione dell'Unione Europea (Commissione Europea, 2023a, 2023b). L'Alto Adige mira a raggiungere la neutralità climatica entro il 2040 (Autonome Provinz Bozen Südtirol, 2023), rendendo essenziale l'adeguamento delle politiche energetiche alle realtà del cambiamento climatico. Sono necessarie più azioni per integrare pienamente le considerazioni climatiche nelle strategie e nei piani energetici locali.

4.8.1 Domanda energetica

Cause dei rischi

Fattori climatici

Variazioni della temperatura ambiente: Studi basati su modelli indicano che i cambiamenti di temperatura ridurranno la domanda energetica totale nei paesi più freddi in Europa, mentre aumenteranno la domanda energetica nei paesi più caldi (Harang et al., 2020; Pérez-Andreu et al., 2018). Altri studi riportano che il numero di gradi giorno di riscaldamento in Europa è diminuito in media di 6,5 heating degree days (HDD) all'anno dal 1981 al 2017, mentre il numero di gradi giorno di raffrescamento è aumentato di 0,9 cooling degree days (CDD) nello stesso periodo (Eurostat, 2024; Spinoni et al., 2018, 2015). Si prevede che Italia, Spagna e Francia sperimenteranno i più significativi aumenti assoluti della domanda di picco di elettricità per il raffrescamento (Damm et al., 2017). Per l'Italia, si registra un aumento medio annuo dei cooling degree days di 6,97 CDD (dal 1979 al 2022), mentre i heating degree days mostrano una diminuzione media annua di 11,63 HDD (Eurostat, 2024). Per la regione Trentino-Alto Adige i risultati di (Morlot et al., 2023) indicano che i comuni e le città della regione hanno affrontato un rischio crescente di ondate di calore tra il 1980 e il 2018, mentre il rischio di ondate di freddo è rimasto stabile nello stesso periodo.

Variazioni nella disponibilità di acqua: Le variazioni nella disponibilità di acqua possono portare a una maggiore domanda energetica a causa di un aumentato fabbisogno di irrigazione (ad esempio per agricoltura e famiglie) (Caldera & Breyer, 2020).

Variazioni negli eventi meteorologici estremi: Gli eventi meteorologici estremi pongono ulteriori sfide alla domanda energetica nel contesto dell'infrastruttura edilizia. Le ondate di calore possono causare il surriscaldamento dei trasformatori e sovraccaricare il sistema a causa dell'aumentata domanda di raffreddamento, specialmente dove è necessario il condizionamento dell'aria (Abdin et al., 2019).

Fattori non climatici

Fattori non climatici come l'elettrificazione dei settori dei trasporti, del riscaldamento e dell'industria, e l'adozione di elettrolizzatori per la produzione di idrogeno comporteranno un aumento sostanziale del consumo di elettricità in futuro. Soddisfare questa domanda richiederà un significativo incremento delle fonti rinnovabili, con il rischio che la loro espansione non tenga il passo con la crescente domanda di elettricità a zero emissioni.

Situazione attuale

L'estate del 2022 ha rappresentato una sfida significativa per l'Alto Adige, per altre regioni italiane e paesi europei (per esempio Grecia e Spagna) a causa delle prolungate e ricorrenti ondate di calore abbinate a prezzi energetici alle stelle (Copernicus, 2023). Per quanto riguarda la domanda di energia termica per il riscaldamento, l'Italia mostra una diminuzione media annua di 11,63 HDD per il periodo 1979 - 2022, che corrisponde a una diminuzione media del -10 % rispetto al 1979 (Eurostat, 2024). Tuttavia, è probabile che la domanda di energia elettrica per il raffreddamento aumenti, poiché si registra un incremento medio annuo di 6,79 CDD. Per l'Austria, i cambiamenti riguardanti i heating e cooling degree days sono ancora più estremi. Negli anni dal 1979 al 2022, i giorni di riscaldamento in Austria si sono ridotti in media di 302,05 HDD, mentre i giorni di raffreddamento sono aumentati di 16,19 CDD (Eurostat, 2024). Inoltre, la domanda elettrica in Alto Adige sta già aumentando come conseguenza dell'elettrificazione del settore trasporti. Nel 2022, le vendite di veicoli elettrici e ibridi sono aumentate del 40 %, mentre quelle di automobili a combustione interna sono diminuite del 22 % (ACI, 2020). Inoltre, anche l'espansione delle pompe di calore porta a un notevole aumento della domanda di energia elettrica in Alto Adige. Secondo il censimento ISTAT, in Alto Adige sono state finora incentivate circa 300 pompe di calore con fondi del bilancio provinciale, di cui oltre 100 nel 2021. Dai dati della certificazione KlimaHaus risulta che tra il 2014 e il 2021 sono state installate circa 868 pompe di calore in edifici certificati, di cui 737 in nuove costruzioni. Entro il 2045, si stima che in Alto Adige circa 80.000 impianti di riscaldamento a combustibili fossili dovranno essere sostituiti prevalentemente con pompe di calore. Entro il 2030 in Alto Adige, si prevede che la quota delle pompe di calore nel fabbisogno di riscaldamento dei nuovi edifici al di fuori delle aree di teleriscaldamento sarà triplicata rispetto al 2019 (Südtiroler Landtag, 2021).

Potenziale situazione futura

Si prevede che la domanda di elettricità raddoppierà entro il 2060, trainata dalla più facile decarbonizzazione del settore elettrico rispetto ad altri settori e dalla crescente urbanizzazione, nonché da stili di vita resi possibili dalla tecnologia che richiedono più elettricità (Troccoli, 2018). Nella maggior parte dei paesi europei, si prevede che il cambiamento climatico aumenterà la domanda media di elettricità, con potenziali aumenti dei carichi di picco di circa il 2 % entro il 2050 (Wenz et al., 2017). In Alto Adige, la sfida futura sarà quella di coprire la crescente domanda di elettricità derivante dall'elettrificazione dei settori dei trasporti, del riscaldamento e dell'industria con fonti alternative di generazione di elettricità (tra cui fotovoltaico, biomassa, biogas, ecc.). Ciò è particolarmente importante in quanto l'aumento delle temperature può portare a una diminuzione delle risorse idriche, limitando la capacità di far funzionare le centrali idroelettriche a pieno regime.

4.8.2 Trasporto e stoccaggio di energia

Cause dei rischi

Fattori climatici

Variazioni della temperatura ambiente: A causa di temperature più elevate e ondate di calore, la capacità delle linee elettriche e dei trasformatori può essere ridotta: come hanno dimostrato studi, la capacità di trasmissione può diminuire di circa l'1,5 % per ogni grado di surriscaldamento estivo (Burillo et al., 2019; Sathaye et al., 2013). Questa riduzione della capacità rappresenta una minaccia per la sicurezza dell'approvvigionamento elettrico nei periodi caldi, soprattutto se si verifica durante i picchi di domanda di elettricità per il raffreddamento.

Variazioni negli eventi meteorologici estremi: Le inondazioni possono danneggiare le infrastrutture energetiche come le sottostazioni elettriche (Varianou Mikellidou et al., 2018). Anche tempeste di vento, grandine, ghiaccio e neve possono colpire le infrastrutture di trasporto e stoccaggio dell'energia, causando blackout e costose riparazioni (Rübbelke & Vögele, 2011).

Fattori non climatici

Fattori non climatici come la resilienza e la flessibilità inadeguate delle infrastrutture, tecnologie insufficienti per la protezione e capacità limitate di allerta precoce e risposta contribuiscono ai rischi. Inoltre, cambiamenti e conflitti nell'uso del suolo, aumento della domanda di energie rinnovabili e progressi tecnologici possono influenzare significativamente le infrastrutture energetiche e i sistemi di stoccaggio.

Situazione attuale

Gli eventi meteorologici estremi hanno già causato danni alle infrastrutture elettriche nell'area alpina. La tempesta Vaia, nell'ottobre 2018, ha provocato diversi danni alla rete di trasmissione nel nord-est dell'Italia (E-Distribuzione, 2020) e in Svizzera (Swissgrid, 2023). La tempesta Vaia, che nell'ottobre 2018 ha colpito anche l'Alto Adige, ha avuto gravi conseguenze sul sistema elettrico. Alberi caduti e infrastrutture danneggiate hanno causato blackout estesi in diverse aree, durati vari giorni. Linee ad alta tensione e stazioni di distribuzione sono state gravemente colpite, soprattutto nelle zone montane. Il ripristino della rete ha richiesto ingenti risorse. L'interesse per soluzioni energetiche decentralizzate, come generatori e pannelli solari, è aumentato. L'evento ha evidenziato la necessità di rendere la rete più resiliente, anche attraverso la posa di cavi sotterranei.

Potenziale situazione futura

L'integrazione delle energie rinnovabili richiede espansioni sostanziali delle infrastrutture di trasmissione e stoccaggio in Alto Adige. Il potenziamento delle reti elettriche e lo sviluppo di smart grid sono fondamentali per accogliere quote crescenti di rinnovabili intermittenti (Becker et al., 2014; Schaber et al., 2012). Aumentare la capacità di stoccaggio dell'energia è cruciale per gestire la variabilità delle rinnovabili. In Alto Adige, ci sono progetti per l'espansione degli impianti idroelettrici esistenti e la creazione di impianti a pompaggio; si prevede inoltre una crescente diffusione di sistemi di accumulo a batteria su larga scala (IEA, 2021). Anche l'adozione di veicoli elettrici, batterie domestiche e dispositivi intelligenti può migliorare significativamente la disponibilità di stoccaggio e la resilienza del sistema. Tuttavia, limitazioni legate alle attuali tecnologie delle batterie possono frenare la crescita.

4.8.3 Generazione e conversione di energia

Impianti idroelettrici

Cause dei rischi

Fattori climatici

Variazioni della temperatura ambiente: Le centrali idroelettriche con un sostanziale accumulo nel serbatoio sono resilienti alle variazioni di flusso a breve termine, ma subiscono gli effetti dell'aumento delle temperature, dell'evaporazione dei serbatoi e della diminuzione delle precipitazioni (IHA, 2022; Yang et al., 2021). L'aumento delle temperature può far aumentare i costi operativi dell'idroelettrico, influire sull'efficienza delle apparecchiature e causare sollecitazioni meccaniche (Solaun & Cerdá, 2019).

Variazioni nella disponibilità di acqua: Il ritiro dei ghiacciai può inizialmente aumentare la produzione idroelettrica, ma pone rischi di blackout e deterioramento delle turbine e, nel lungo termine, diminuisce la portata dei corsi d'acqua (Gaudard et al., 2014; IHA, 2022; Patro et al., 2018). Inoltre, il ritiro dei ghiacciai potrebbe portare a un aumento del trasporto di sedimenti in Alto Adige. Una gestione inadeguata di questi sedimenti può portare al loro accumulo all'interno dei serbatoi, riducendo così la capacità di stoccaggio. Inoltre, i sedimenti possono fluire nei canali di presa dell'acqua, causando una diminuzione del flusso e deteriorando le turbine. Inoltre, (Savelsberg et al., 2018) analizzano che i ricavi delle centrali elettriche a bacino sono più influenzati dalle condizioni di siccità dovute ai cambiamenti climatici rispetto ai ricavi delle centrali elettriche ad acqua fluente. Le centrali idroelettriche ad acqua fluente possono compensare parte della perdita totale di ricavi dovuta alla riduzione degli afflussi aumentando la produzione durante i picchi di prezzo in inverno, grazie a una stagionalità più favorevole degli afflussi.

Variazioni negli eventi meteorologici estremi: In Alto Adige, le dinamiche climatiche in evoluzione potrebbero amplificare la frequenza e la gravità delle inondazioni. L'aumento previsto di eventi di

precipitazione estrema potrebbe mettere a dura prova la capacità dei bacini idrici, potenzialmente portando a traboccamenti e conseguenti danni agli impianti idroelettrici (Gobiet et al., 2014). Le proiezioni suggeriscono che queste temperature più elevate contribuiranno a cicli di siccità più pronunciati, influenzando sull'afflusso di acqua nei bacini idrici che alimentano gli impianti idroelettrici. Inoltre, la riduzione del manto nevoso alpino al di sotto di certe quote (intorno a 1500-2000 metri) a causa delle condizioni più calde porterà a minori apporti di fusione nivale ai sistemi fluviali, incidendo ulteriormente sull'approvvigionamento affidabile di acqua per la produzione di energia (Gobiet et al., 2014). Si prevede che processi come l'assottigliamento dei ghiacciai e lo scioglimento del permafrost, accelerati dall'aumento delle temperature, innescheranno frane, smottamenti e intensi flussi di detriti più frequenti. In particolare, la caduta di massi è più presente nella parte meridionale dell'Alto Adige, mentre un'alta densità di frane può essere identificata nella parte orientale e settentrionale della provincia. Le colate detritiche si osservano soprattutto a nord e a ovest. Inoltre, sebbene non costituiscano necessariamente un pericolo, i ghiacciai rocciosi presentano un'alta densità nella parte occidentale dell'Alto Adige (Schlögel et al. 2020). Questi eventi mettono in pericolo non solo le zone immediatamente adiacenti, ma possono anche interrompere le operazioni idroelettriche a valle, comportando l'aumento dei costi di manutenzione e potenzialmente anche tempi di inattività prolungati (Gobiet et al., 2014).

Fattori non climatici

Fattori non climatici e vulnerabilità come le limitate capacità di stoccaggio e trasferimento dell'acqua, cambiamenti nella domanda e nei prezzi dell'acqua e variazioni economiche legate a situazioni geopolitiche pongono anche sfide agli impianti idroelettrici in Alto Adige. L'incapacità di adattarsi ai modelli di flusso mutevoli e misure di adattamento insufficienti possono portare a una produzione energetica subottimale o all'arresto degli impianti durante periodi di portata ridotta.

Situazione attuale

L'idroelettrico è la fonte principale di energia elettrica in Alto Adige, coprendo circa il 85 % del fabbisogno (domanda elettrica totale di 4,992 GWh nel 2022) (TERNA, 2024). Il restante 15 % è coperto dagli impianti termoelettrici (9 %) e dal fotovoltaico (6 %). La produzione idroelettrica può essere circa il doppio della richiesta, ma su base oraria ci sono momenti di sovrapproduzione, con esportazione di energia in eccesso, e momenti di deficit, con importazione dalla rete italiana.

Potenziale situazione futura

In particolare, la diminuzione dell'accumulo di neve dovuta all'aumento delle temperature probabilmente ridurrà il trasferimento dei volumi di flusso dall'inverno alla tarda primavera e all'estate, suggerendo alle società idroelettriche in Alto Adige di rivedere le strategie di gestione dell'acqua per massimizzare i ricavi. L'entità delle variazioni del deflusso e del potenziale idroelettrico varia a seconda della località ed è generalmente maggiore alle quote più elevate, a causa dell'aumento irregolare delle precipitazioni. L'incremento relativo del flusso in entrata è infatti più significativo per i serbatoi situati ad altitudini più elevate rispetto a quelli posti a quote inferiori (Majone et al., 2016). Un altro studio sulla regione alpina ha mostrato uno spostamento verso una maggiore portata invernale/primaverile e una portata estiva ridotta (Wagner et al., 2017). Per la Svizzera - caso studio del sistema idroelettrico di Mattmark -, sono stati proiettati spostamenti stagionali simili della portata fluviale e una potenziale perdita di produzione elettrica fino al 27 % entro il 2050 per un sistema idroelettrico dominato da neve e ghiaccio (Anghileri et al., 2018).

Fonti energetiche rinnovabili

Cause dei rischi

Fattori climatici

Variazioni della temperatura ambiente: Uno studio (Plaga & Bertsch, 2023) sottolinea che gli impianti di energia solare sono influenzati dalle variabili climatiche in due modi. In primo luogo, l'irraggiamento solare influenza direttamente la produzione dei moduli solari e, in secondo luogo, temperature dell'aria più elevate riducono l'efficienza dei moduli. Altri studiosi stimano che l'efficienza dei moduli FV diminuisca di circa lo 0,5 % per ogni aumento di 1°C della temperatura (Solaun & Cerdá, 2019). Altamimi e Jayaweera (Altamimi & Jayaweera, 2021) osservano che l'aumento della temperatura dovuto al cambiamento climatico aumenta il tasso di guasto dei pannelli FV aumentando lo stress termico e la temperatura della giunzione fotodiiodo. Variazioni nell'irraggiamento solare e nella nuvolosità possono ulteriormente contribuire a modifiche in fattori come sporcizia, polvere, neve, particelle atmosferiche e altri elementi che influenzano le prestazioni dei sistemi fotovoltaici.

Variazioni nei modelli di precipitazione e cambiamenti nella stagionalità delle temperature potrebbero potenzialmente perturbare le condizioni di crescita della biomassa, influenzando sul contenuto di umidità della biomassa e portando infine a cambiamenti nella produzione di biomassa e a una diminuzione del contenuto energetico (Herraiz et al., 2023; Solaun & Cerdá, 2019). Una ridotta disponibilità di acqua potrebbe anche creare difficoltà alla produzione di biomassa, compreso il funzionamento dei sistemi di raffreddamento ad acqua. Inoltre, un aumento della temperatura potrebbe far aumentare i costi operativi e influire sull'efficienza delle apparecchiature, compresa l'efficienza di generazione termica degli impianti a biomassa (Solaun & Cerdá, 2019; Subramanian et al., 2019). L'interazione tra variabili, come l'aumento della temperatura, le variazioni nelle precipitazioni e l'irraggiamento solare, può potenzialmente alterare la prevalenza di parassiti e provocare incendi che minacciano le fonti di energia rinnovabile, in particolare gli impianti a biomassa (Zhao & Li, 2015).

Variazioni negli eventi meteorologici estremi: Le grandinate rappresentano un rischio particolare per i pannelli solari, specialmente nelle regioni montuose e prealpine (EEA, 2019).

Fattori legati al cambiamento climatico, come infestazioni del bostrico, ondate di calore, siccità e incendi boschivi, stanno colpendo le foreste in tutta Europa (Kopáček et al., 2020). Negli ultimi anni, un significativo deperimento forestale è stato osservato in diverse località in Alto Adige. Questi eventi hanno avuto effetti dannosi sulla disponibilità di biomassa e possono influenzare la sostenibilità della produzione di energia dalla biomassa.

Fattori non climatici

Fattori non climatici come la mancanza di consapevolezza dei rischi climatici, la resilienza insufficiente delle infrastrutture, le variazioni nella domanda e nei prezzi dell'acqua e i cambiamenti nell'uso del suolo possono influenzare la produzione di energia solare e da biomassa in Alto Adige. In particolare, la competizione per le risorse idriche e territoriali può avere un impatto sulla disponibilità e idoneità delle aree per la produzione di energia da biomassa.

Situazione attuale

Le principali fonti energetiche rinnovabili nel sistema energetico dell'Alto Adige sono il fotovoltaico e gli impianti a cogenerazione a biomassa (TERNA, 2024). La potenza installata di fotovoltaico è di circa 377 MW (fine 2023) (GSE, 2024) con una produzione annua pari a 396 GWh (ore a pieno carico ipotizzate 1050 h/anno). Inoltre i consumi finali lordi di energia da fonti rinnovabili in Alto Adige nel 2020 sono stati per le bioenergie pari a 29 ktep (biomasse solide 12 ktep, biogas 5 ktep, bioliquidi 12ktep) (GSE, 2024).

Potenziale situazione futura

Per il futuro, si prevede un moderato aumento della produzione solare in Europa, con possibili diminuzioni nell'irraggiamento al nord e aumenti al sud. L'impatto complessivo di un riscaldamento di 1,5 °C, 2 °C e 3 °C sull'energia solare è stimato a meno di +/-1 % (Commissione Europea, 2023c).

Per la biomassa, si prevede un'espansione verso il Nord Europa delle specie arboree adattate al caldo e delle colture estive, mentre l'Europa meridionale potrebbe subire un declino nell'idoneità alla crescita forestale e nelle rese agricole (EEA, 2019). L'aumento del rischio di incendi boschivi, del calore e dello stress idrico, avrà un impatto negativo sulla disponibilità di biomassa forestale in Alto Adige.

Sommario – Rischi principali

- Rischio di maggiore domanda energetica e aumento del picco di domanda
- Rischio di danni e minore affidabilità delle infrastrutture di trasporto e stoccaggio dell'energia
- Rischio di danni, carenze di energia e potenza e interruzioni della sicurezza dell'approvvigionamento

Opportunità, vincoli e limiti per l'adattamento

Di seguito sono fornite opportunità, vincoli e limiti esemplificativi di adattamento per il sistema energetico dell'Alto Adige.

Tabella 2: Opportunità di adattamento per il sistema energetico altoatesino basate sui rischi identificati causati dai cambiamenti climatici (adattato da IPCC, 2023).

Rischio di maggiore domanda energetica e aumento del picco di domanda	Rischio di danni e minore affidabilità delle infrastrutture di trasporto e stoccaggio dell'energia	Rischio di danni, carenze di energia e potenza e interruzioni della sicurezza dell'approvvigionamento
<ul style="list-style-type: none"> – Maggiore utilizzo di tecnologie per la gestione della domanda – Progettazione modificata degli edifici per il miglioramento del raffreddamento (per esempio isolamento, orientamento, protezione solare per le finestre) – Standard di efficienza per i dispositivi di raffreddamento – Sistemi di allerta precoce per modificare il comportamento dei consumatori – Aumento della capacità di generazione di energia, favorendo le tecnologie a bassa richiesta idrica (per esempio fotovoltaico) 	<ul style="list-style-type: none"> – Messa in sicurezza delle infrastrutture rispetto al clima – Miglioramento e adattamento dei meccanismi di manutenzione e risposta ai danni – Adattamento della progettazione termica delle apparecchiature a temperature più elevate (ad esempio, trasformatori ad alta temperatura, conduttori a bassa attenuazione, ecc.) – Miglioramento delle reti elettriche interconnesse – Miglioramento delle previsioni e della pianificazione – Identificazione di opzioni di rilocalizzazione 	<ul style="list-style-type: none"> – Investire in personale aggiuntivo per la pulizia dei componenti dei pannelli FV potrebbe portare a una maggiore efficienza – Un'offerta elettrica affidabile e sostenibile basata sulle fonti energetiche rinnovabili che possa far fronte ai periodi freddi e bui (Dunkelflaute) richiede una combinazione di interconnessioni e varie opzioni di flessibilità, tra cui accumulo impianti idroelettrici, batterie (per esempio da auto elettriche), power-to-gas e centrali flessibili a gas e biomassa – Pratiche agricole adattate (per esempio migliore irrigazione, colture più resistenti alla siccità e/o ai parassiti)

	<ul style="list-style-type: none"> - Dismissione delle infrastrutture più vecchie, quando l'adeguamento non è economicamente conveniente - Miglioramento/rinnovo delle infrastrutture esistenti 	<ul style="list-style-type: none"> - Biomassa importata da fuori Alto Adige - La sostituzione di monoculture con foreste miste e la riduzione delle aree di taglio raso
--	---	---

Diversi ostacoli significativi frenano i progressi nell'adattamento ai cambiamenti climatici nel settore energetico, tra cui risorse limitate, mancanza di coinvolgimento di singoli individui e della cittadinanza, inadeguata mobilitazione di risorse finanziarie, assenza di leadership politica e scarso senso di urgenza. La maggior parte delle opzioni di adattamento per affrontare i rischi chiave dipende da limitate risorse idriche e terrestri, con conseguenti competizione e compromessi, oltre a intersecarsi con opzioni di mitigazione e sviluppi socioeconomici.

I limiti indicativi di adattamento per il sistema energetico altoatesino possono essere distinti tra limiti tecnici, socioeconomici, ambientali e normativi. La Tabella 3 fornisce una panoramica delle tipiche limitazioni di adattamento.

Tabella 3: Limiti indicativi di adattamento per il sistema energetico altoatesino (adattato da IPCC, 2023).

Limiti tecnici	Limiti socio-economici	Limiti ambientali e normativi
<ul style="list-style-type: none"> - Risorse limitate per l'attuazione di misure di adattamento - Misure tecniche/operative non possibili a causa delle caratteristiche degli impianti - Efficacia limitata delle misure in caso di cambiamenti climatici rapidi e difficilmente proteggibili - Limiti dovuti alle caratteristiche fisiche del patrimonio edilizio 	<ul style="list-style-type: none"> - Investimenti elevati richiesti - Investimenti troppo rischiosi in luoghi altamente vulnerabili - Alti costi di installazione per adattamenti su larga scala o nuove infrastrutture - Bassa probabilità che i pericoli giustifichino l'investimento di adattamento - Comfort e sicurezza 	<ul style="list-style-type: none"> - Risorse idriche limitate - Usi dell'acqua in competizione tra loro - Spostamento in altre locazioni proibito - Aree limitate per espansioni/vincoli di spazio per espandere nuove infrastrutture (verdi) - Legislazione su edifici e apparecchiature

Bibliografia

- Abdin, A.F., Fang, Y.P., Zio, E., 2019. A modeling and optimization framework for power systems design with operational flexibility and resilience against extreme heat waves and drought events. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 112, 706–719. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2019.06.006>
- ACI, 2020. Studi e ricerche - Dati e statistiche.
- Altamimi, A., Jayaweera, D., 2021. Reliability of power systems with climate change impacts on hierarchical levels of PV systems. *Electric Power Systems Research* 190, 106830. <https://doi.org/10.1016/J.EPSR.2020.106830>
- Anghileri, D., Botter, M., Castelletti, A., Weigt, H., Burlando, P., 2018. A Comparative Assessment of the Impact of Climate Change and Energy Policies on Alpine Hydropower. *Water Resources Research* 54, 9144–9161. <https://doi.org/10.1029/2017WR022289>
- Autonome Provinz Bozen Südtirol/ Provincia autonoma di Bolzano - Alto Adige, 2023. "Piano Clima Alto Adige 2040".

- Becker, S., Rodriguez, R.A., Andresen, G.B., Schramm, S., Greiner, M., 2014. Transmission grid extensions during the build-up of a fully renewable pan-European electricity supply. *Energy* 64, 404–418. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2013.10.010>
- Burillo, D., Chester, M. V., Pincetl, S., Fournier, E., 2019. Electricity infrastructure vulnerabilities due to long-term growth and extreme heat from climate change in Los Angeles County. *Energy Policy* 128, 943–953. <https://doi.org/10.1016/J.EN-POL.2018.12.053>
- Caldera, U., Breyer, C., 2020. Strengthening the global water supply through a decarbonised global desalination sector and improved irrigation systems. *Energy* 200, 117507. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2020.117507>
- Copernicus, 2023. Europe continued to swelter in July.
- Damm, A., Köberl, J., Pretenthaler, F., Rogler, N., Töglhofer, C., 2017. Impacts of +2 °C global warming on electricity demand in Europe. *Climate Services* 7, 12–30. <https://doi.org/10.1016/J.CLISER.2016.07.001>
- E-Distribuzione, 2020. Quando Vaia sconvolse l'Italia [WWW Document]. *archivio-news*. URL <https://www.e-distribuzione.it/archivio-news/2020/10/quando-vaia-sconvolse-litalia.html>
- EEA, 2019. Adaptation challenges and opportunities for the European energy system - Building a climate-resilient low-carbon energy system (No. 01/2019), EEA Report. Copenhagen.
- European Commission / Commissione europea, 2023a. Delivering the European Green Deal.-2030 Climate Target Plan.
- European Commission/ Commissione europea, 2023b. 2050 long-term strategy.
- European Commission/ Commissione europea, 2023c. EU energy statistical pocketbook and country datasheets., Publications Office of the European Union, 2023.
- Eurostat, 2024. Cooling and heating degree days by country - annual data. https://doi.org/10.2908/NRG_CHDD_A
- Gaudard, L., Romerio, F., Dalla Valle, F., Gorret, R., Maran, S., Ravazzani, G., Stoffel, M., Volonterio, M., 2014. Climate change impacts on hydropower in the Swiss and Italian Alps. *Science of The Total Environment* 493, 1211–1221. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2013.10.012>
- Gobiet, A., Kotlarski, S., Beniston, M., Heinrich, G., Rajczak, J., Stoffel, M., 2014. 21st century climate change in the European Alps—A review. *Science of The Total Environment* 493, 1138–1151. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2013.07.050>
- GSE, G.S.E., 2024. Statistiche.
- Harang, I., Heymann, F., Stoop, L.P., 2020. Incorporating climate change effects into the European power system adequacy assessment using a post-processing method. *Sustainable Energy, Grids and Networks* 24, 100403. <https://doi.org/10.1016/J.SEGAN.2020.100403>
- Herraiz, A.D., Salazar-Zarzosa, P.C., Mesas, F.J., Arenas-Castro, S., Ruiz-Benito, P., Villar, R., 2023. Modelling aboveground biomass and productivity and the impact of climate change in Mediterranean forests of South Spain. *Agricultural and Forest Meteorology* 337, 109498. <https://doi.org/10.1016/J.AGRFORMET.2023.109498>
- IEA, I.E.A., 2021. World Energy Outlook 2021 – Analysis. Paris.
- IHA, I.H.A., 2022. Hydropower Status Report Contents Contents - Sector trends and insights.
- IPCC, 2023. Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1st ed. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Kopáček, J., Bače, R., Hejzlar, J., Kaňa, J., Kučera, T., Matějka, K., Porcal, P., Turek, J., 2020. Changes in microclimate and hydrology in an unmanaged mountain forest catchment after insect-induced tree dieback. *Science of The Total Environment* 720, 137518. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.137518>
- Majone, B., Villa, F., Deidda, R., Bellin, A., 2016. Impact of climate change and water use policies on hydropower potential in the south-eastern Alpine region. *Science of the Total Environment* 543, 965–980. <https://doi.org/10.1016/j.sci-totenv.2015.05.009>
- Morlot, M., Russo, S., Feyen, L., Formetta, G., 2023. Trends in heat and cold wave risks for the Italian Trentino-Alto Adige region from 1980 to 2018. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 23, 2593–2606. <https://doi.org/10.5194/nhess-23-2593-2023>
- Patro, E.R., De Michele, C., Avanzi, F., 2018. Future perspectives of run-of-the-river hydropower and the impact of glaciers' shrinkage: The case of Italian Alps. *Applied Energy* 231, 699–713. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2018.09.063>
- Pérez-Andreu, V., Aparicio-Fernández, C., Martínez-Ibernón, A., Vivancos, J.L., 2018. Impact of climate change on heating and cooling energy demand in a residential building in a Mediterranean climate. *Energy* 165, 63–74. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2018.09.015>
- Plaga, L.S., Bertsch, V., 2023. Methods for assessing climate uncertainty in energy system models — A systematic literature review. *Applied Energy* 331, 120384. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2022.120384>
- Rübbelke, D., Vögele, S., 2011. Impacts of climate change on European critical infrastructures: The case of the power sector. *Environmental Science & Policy* 14, 53–63. <https://doi.org/10.1016/J.ENVSCI.2010.10.007>

- Sathaye, J.A., Dale, L.L., Larsen, P.H., Fitts, G.A., Koy, K., Lewis, S.M., de Lucena, A.F.P., 2013. Estimating impacts of warming temperatures on California’s electricity system. *Global Environmental Change* 23, 499–511. <https://doi.org/10.1016/J.GLOENVCHA.2012.12.005>
- Savelsberg, J., Schillinger, M., Schlecht, I., Weigt, H., 2018. The Impact of Climate Change on Swiss Hydropower. *Sustainability* 2018, Vol. 10, Page 2541 10, 2541. <https://doi.org/10.3390/SU10072541>
- Schaber, K., Steinke, F., Mühlich, P., Hamacher, T., 2012. Parametric study of variable renewable energy integration in Europe: Advantages and costs of transmission grid extensions. *Energy Policy* 42, 498–508. <https://doi.org/10.1016/J.EN-POL.2011.12.016>
- Solaun, K., Cerdá, E., 2019. Climate change impacts on renewable energy generation. A review of quantitative projections. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 116, 109415. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2019.109415>
- Spinoni, J., Vogt, J., Barbosa, P., 2015. European degree-day climatologies and trends for the period 1951–2011. *International Journal of Climatology* 35, 25–36. <https://doi.org/10.1002/JOC.3959>
- Spinoni, J., Vogt, V.J., Barbosa, P., Dosio, A., McCormick, N., Bigano, A., Füssel, H.M., 2018. Changes of heating and cooling degree-days in Europe from 1981 to 2100. *International Journal of Climatology* 38, e191–e208. <https://doi.org/10.1002/JOC.5362>
- Subramanian, N., Nilsson, U., Mossberg, M., Bergh, J., 2019. Impacts of climate change, weather extremes and alternative strategies in managed forests. *Écoscience* 26, 53–70. <https://doi.org/10.1080/11956860.2018.1515597>
- Südtiroler Landtag, 2021. Beschlussantrag - Luftwärmepumpen Offensive für Südtirol.
- Swissgrid, 2023. La tempesta Vaia provoca danni alla rete di trasmissione.
- TERNA, 2024. Produzione: Energia elettrica per fonte.
- Troccoli, A., 2018. Weather and climate services for the energy industry. *Weather and Climate Services for the Energy Industry* 1–197. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68418-5/COVER>
- Varianou Mikellidou, C., Shakou, L.M., Boustras, G., Dimopoulos, C., 2018. Energy critical infrastructures at risk from climate change: A state of the art review. *Safety Science* 110, 110–120. <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2017.12.022>
- Wagner, T., Themeßl, M., Schüppel, A., Gobiet, A., Stigler, H., Birk, S., 2017. Impacts of climate change on stream flow and hydro power generation in the Alpine region. *Environmental Earth Sciences* 76, 1–22. <https://doi.org/10.1007/S12665-016-6318-6/FIGURES/12>
- Wenz, L., Levermann, A., Auffhammer, M., 2017. North–south polarization of European electricity consumption under future warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 114, E7910–E7918. https://doi.org/10.1073/PNAS.1704339114/SUPPL_FILE/PNAS.1704339114.SAPP.PDF
- Yang, Z., Liu, P., Cheng, L., Liu, D., Ming, B., Li, H., Xia, Q., 2021. Sizing utility-scale photovoltaic power generation for integration into a hydropower plant considering the effects of climate change: A case study in the Longyangxia of China. *Energy* 236, 121519. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2021.121519>
- Zhao, D., Li, Y.R., 2015. Climate Change and Sugarcane Production: Potential Impact and Mitigation Strategies. *International Journal of Agronomy* 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/547386>

4.9 Economia

Autori: Jakob Bisignano, Urban Perkmann, Georg Lun (IER)

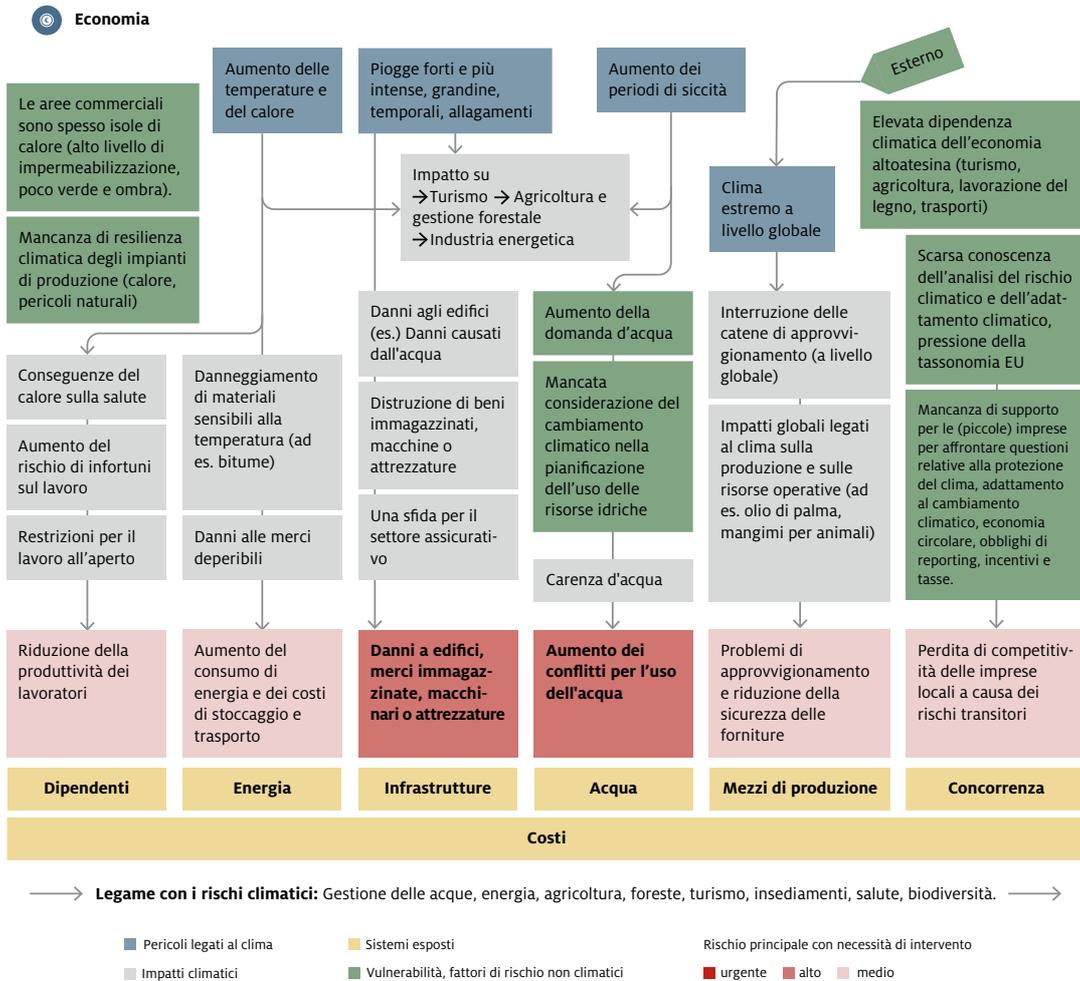


Figura 23: Catena degli impatti per illustrare il pericolo, l'esposizione e la vulnerabilità dell'economia

Introduzione

Non è ancora chiaro quali siano le esatte ripercussioni dei cambiamenti climatici sui settori economici dell'Alto Adige. Le aziende sono chiamate ad affrontare sfide nell'ambito dell'approvvigionamento energetico e delle materie prime, della mobilità e della protezione civile e devono confrontarsi con misure dettate dalla politica. L'analisi comprende le interviste a dieci aziende altoatesine selezionate e considerate leader nello sviluppo e nell'implementazione di strategie di adattamento al clima.

In questo capitolo con il termine economia s'intende l'industria manifatturiera e dei servizi. L'industria manifatturiera comprende vari settori come quello della trasformazione e delle costruzioni e le aziende del settore energetico e ambientale. Si spazia dalle piccole imprese artigianali alle grandi aziende industriali e sono interessati vari settori come la trasformazione alimentare, la lavorazione dei metalli e l'edilizia. Il settore dei servizi è molto diversificato e comprende il commercio (al dettaglio o all'ingrosso), la ristorazione (alberghi, bar, ristoranti), le imprese di trasporto e un'ampia gamma di fornitori di servizi alla persona e alle imprese, ad es. nel campo del media design o dei parrucchieri.

4.9.1 Rendimento ridotto a causa del caldo intenso

Situazione attuale

Dagli studi di Eurac Research emerge un incremento delle temperature negli ultimi decenni in Alto Adige. È salito il numero di notti tropicali nei distretti al di sotto dei 500 metri di altitudine a Bolzano, in Oltradige/Bassa Atesina e nel Burggraviato. Gli inverni sono diventati mediamente più miti (cfr. *capitolo 3.3*).

Potenziale situazione futura

Diversi studi (Alpino et al., 2022; Varghese et al., 2018; Hinterndorfer et al., 2010) evidenziano che il rendimento di chi lavora all'aperto (ad es. nei cantieri) e anche al chiuso (ad es. in ufficio) diminuisce significativamente con il caldo. La scarsa concentrazione e la riduzione delle capacità psicomotorie a causa del caldo estremo oltre i 32 °C aumentano la probabilità di incidenti sul lavoro (Varghese et al., 2018). In casi eccezionali svolgere attività fisicamente impegnative in condizioni di caldo estremo possono portare a malesseri dovuti al calore, come crampi o collassi, che possono addirittura rendere impossibile lo svolgimento del lavoro. Questo determina nel mercato del lavoro un disinteresse per le professioni che si praticano all'aperto e una richiesta di salari più alti. Negli ambienti al chiuso è possibile fare ricorso all'aria condizionata, ma questo aumenta il fabbisogno energetico e i costi per le aziende.

Lo stress da calore è accentuato notevolmente dall'elevato livello di urbanizzazione delle aree cittadine e delle zone industriali, dove, a causa della mancanza di spazi verdi, la temperatura può superare durante il giorno di 1 fino a 3°C quella delle aree rurali. Di notte, la differenza può arrivare a 12 °C (EPA, 2008). La necessità di giornate di riposo a causa del gran caldo per alcuni gruppi professionali potrebbe quindi essere destinata a rimanere un'eccezione in Alto Adige, in base alla valutazione degli esperti delle parti interessate.

Un altro rischio legato all'aumento delle temperature medie è lo stoccaggio e il trasporto di materiali termosensibili, che possono patire la mancanza di un raffreddamento adeguato. Questo vale, ad esempio, per i materiali da costruzione stradale o per gli alimenti freschi come frutta, verdura, carne e pesce, e comporta un incremento dei costi energetici per le aziende, con il conseguente rischio che il trasporto di queste merci diventi addirittura impossibile nelle giornate particolarmente afose (Fichter et al., 2013).

Potenziale di adattamento

L'utilizzo di sistemi di condizionamento dell'aria si è già rivelato utile per ridurre o eliminare i carichi termici interni. Nell'ottica di limitare l'incremento del fabbisogno energetico per raffreddare in estate locali come uffici e magazzini, occorre ristrutturare gli edifici esistenti e isolare quelli nuovi. Interventi che a loro volta aprono sbocchi per nuovi mercati di vendita e modelli di commercio per l'industria delle costruzioni e altri ambiti economici (Kahlenborn et al., 2021).

Chi lavora all'aperto può adattare i propri orari di lavoro alla temperatura estiva, spostandoli nelle ore più fresche del mattino o della sera e combinandoli con una pausa pranzo più lunga. Un'altra opzione è quella di spostarsi nei cosiddetti "cantieri cuscinetto" al chiuso nelle calde giornate estive (StMUV, 2018). In ogni caso, bisogna fare in modo di fornire ai dipendenti adeguate zone d'ombra e punti di ristoro. Quando il caldo si fa insopportabile, si possono introdurre giornate di riposo riservate ad alcuni gruppi professionali. In un'ottica futura, però, questi periodi o giorni rimarranno un'eccezione nella maggior parte dell'Alto Adige.

Gli inverni più miti presentano numerosi vantaggi per le aziende del settore del commercio estero, come l'industria delle costruzioni, perché consentono ad esempio di prolungare i periodi lavorativi in inverno, compensando così le potenziali perdite di produttività in estate (StMUV, 2018).

4.9.2 Effetti di eventi meteorologici estremi come tempeste, precipitazioni intense e periodi di siccità

Situazione attuale

Attualmente le forti precipitazioni provocano ripetute inondazioni localizzate, alluvioni improvvise e smottamenti, che non solo rappresentano un grave rischio per le persone, ma possono anche causare ingenti danni materiali a edifici privati e pubblici e a infrastrutture come le reti di trasporto. I danni a carico delle aziende sono svariati e molto costosi e vanno dai danneggiamenti agli edifici dovuti all'acqua, alla distruzione totale di merci, macchinari o attrezzature conservati in magazzino.

Chi lavora all'aperto (ad es. nei cantieri) è particolarmente esposto agli eventi atmosferici estremi. Con l'avvicinarsi di tempeste e temporali, ad esempio, si fanno più frequenti gli incidenti, se le persone agiscono in modo imprudente o con eccessiva lentezza (StMUV, 2018).

Un rischio economico particolarmente rilevante consiste nell'interruzione delle reti di trasporto per eventi meteorologici eccezionali e forti precipitazioni, ad esempio a causa di smottamenti o frane. Per le aziende l'impossibilità di approvvigionare i fornitori o di consegnare ai clienti nei tempi previsti si traduce in una perdita economica e, nel peggiore dei casi, in un danno d'immagine per l'azienda e, a medio termine, in una perdita di commesse. Last but not least, i dipendenti potrebbero essere impossibilitati a raggiungere il proprio posto di lavoro o potrebbero riuscire a farlo solo con grandi ritardi.

Potenziale situazione futura

Secondo i calcoli, nei prossimi anni continueranno ad aumentare l'intensità delle precipitazioni e i temporali nella regione alpina (Adler et al., 2022) (cfr. capitolo 3.3). La maggior parte di questi fenomeni defluirà superficialmente a causa dell'aumento dell'impermeabilizzazione del suolo (Zebisch et al., 2018) provocando gravi danni. L'elevato livello di incertezza e il probabile incremento dei danni pongono ulteriori sfide sia al settore assicurativo (maggiore difficoltà nel calcolo dei premi) sia alle compagnie (premi più elevati). Inoltre, eventi meteorologici estremi come nevicate abbondanti, incendi boschivi o smottamenti innescati da forti precipitazioni rischiano di provocare danni ingenti alle reti di distribuzione, con conseguente interruzione temporanea della fornitura di elettricità a comuni e persino a intere vallate. Il conseguente blocco della produzione può comportare notevoli perdite economiche per le aziende.

Potenziale di adattamento

Edifici e infrastrutture resistenti al clima restano un valido strumento di protezione dagli effetti dovuti ai fenomeni meteorologici estremi descritti in precedenza. Occorre anche migliorare e potenziare i sistemi di drenaggio messi a protezione degli edifici situati in luoghi a rischio (ad es. vicino ai fiumi o su ripidi pendii). Sono efficaci anche le misure di stabilizzazione dei pendii o le gallerie paramassi. Questi interventi competono principalmente al settore pubblico, ma anche le aziende sono chiamate a determinare la loro esposizione e vulnerabilità e ad adottare misure adeguate. Ad esempio, le impalcature a prova di tempesta nei cantieri edili contribuiscono ad aumentare la sicurezza dei lavoratori e a proteggere dai danni materiali (StMUV, 2018). Per ridurre i rischi per il personale che lavora all'esterno possono essere organizzati dei corsi di formazione per le emergenze. Così facendo è possibile prevenire comportamenti negligenti e i conseguenti danni alle persone e alle cose. Anche il potenziamento dei sistemi di allerta precoce esistenti, utilizzati anche dalle aziende, può contribuire alla sicurezza (Kahlenborn et al., 2021).

Molte aziende hanno già condotto una valutazione dei rischi specifica per il sito ed esaminato i possibili eventi in base alla probabilità di accadimento e all'entità del danno. In collaborazione con il Comune e con altri enti pubblici sono stati elaborati piani di emergenza specifici in caso di aumento del rischio. Le aziende che hanno lavoratori operanti sul territorio generalmente riconoscono un rischio maggiore, soprattutto in settori come l'edilizia, dove la sicurezza del personale e la limitazione dei danni in caso di eventi meteorologici estremi sono di grande importanza. Per ridurre al minimo i rischi, il personale è ad esempio addestrato a riconoscere tempestivamente i cambiamenti meteorologici e a reagire di conseguenza. Ci si auspica che anche in futuro venga fornita la copertura assicurativa, ma non è possibile garantirlo, poiché è previsto che nei prossimi anni gli eventi meteorologici estremi diventino ancora più

seri e imprevedibili. È persino ipotizzabile che la copertura assicurativa non venga più proposta in determinate aree o per alcuni progetti privi di misure di adattamento ampliate.

La maggior parte delle aziende intervistate considera i periodi di siccità prolungati come un rischio importante per i contrasti di utilizzo tra i settori. Alcune aziende sono quindi favorevoli alla costruzione di bacini o dighe. Tuttavia, tali progetti su larga scala rappresentano un intervento massiccio sulla natura. Altre aziende stanno investendo nell'ampliamento degli impianti di trattamento delle acque per ridurne al minimo il consumo idrico. Questi sforzi dovrebbero essere ulteriormente intensificati e incentivati. Nonostante le conseguenze prevalentemente negative dell'incremento di fenomeni meteorologici estremi, anche in questo caso si aprono opportunità e nuovi mercati di vendita, ad es. per l'industria edile altoatesina, nel quadro di un'edilizia adattata al clima.

4.9.3 Difficoltà di approvvigionamento

Situazione attuale

Molti settori dell'industria si trovano attualmente ad affrontare difficoltà di approvvigionamento e fluttuazioni dei prezzi di alcune materie prime, che sono già condizionate dai cambiamenti climatici e lo saranno maggiormente anche in futuro: Da un lato, le difficoltà di approvvigionamento possono essere causate da interruzioni delle reti di trasporto dovute alle condizioni meteorologiche (si veda sopra), che limitano o ritardano il trasporto delle merci a livello locale. Anche queste limitazioni possono comportare notevoli perdite economiche e rallentare i processi produttivi, ma di solito non durano a lungo e si risolvono con uno sforzo relativamente ridotto (Fichter et al., 2013). Più gravi sono i casi in cui sostanze, materiali o addirittura prodotti finiti non sono più disponibili perché non possono più essere prodotti o coltivati in altri Paesi a causa dei cambiamenti climatici. Di recente, ad esempio, i prezzi del succo d'arancia, della vaniglia e del cacao hanno subito un forte rincaro a causa dei mancati raccolti. Le cause della scarsità di raccolto sono molte e vanno dai disastri naturali come tempeste o inondazioni alle infestazioni da fungo o da altri parassiti, che a loro volta possono essere il risultato dei cambiamenti climatici.

Potenziale situazione futura

È difficile prevedere quali articoli saranno minacciati da queste difficoltà di approvvigionamento. Alcuni studi ipotizzano, ad esempio, che alcuni prodotti agricoli come il caffè o alcuni tipi di cereali in futuro saranno più difficili da coltivare e che potrebbero quindi verificarsi carenze di approvvigionamento (Kahlenborn, 2021). Diventeranno più costosi e più difficili da reperire anche altri prodotti, come i microchip, in parte anche a causa dell'elevato consumo di acqua durante la produzione e della crescente scarsità di acqua nei siti di produzione.

Potenziale di adattamento

A causa dei cambiamenti strutturali in economia i processi di adattamento sono sempre stati necessari e lo saranno anche in futuro. Il modo più valido per evitare o mitigare le difficoltà di approvvigionamento è, ad esempio, il ricorso a nuovi fornitori o a nuove vie di approvvigionamento o la sostituzione con altre materie prime o prodotti simili. I prezzi delle materie prime possono aumentare anche per speculazione. Le aziende cercano di evitare, per quanto possibile, un aumento dei prezzi sostituendo le materie prime con altre, per non pagare la maggiorazione di prezzo. Si rivela inoltre opportuna un'ampia diversificazione della base di clienti e fornitori per evitare dipendenze unilaterali. Alcune aziende raccomandano addirittura di analizzare i fornitori in termini di vulnerabilità al clima e, qualora vengano identificati dei rischi, di sviluppare congiuntamente misure di adattamento e protezione. Le difficoltà di approvvigionamento possono verificarsi non solo a seguito di crisi globali, ma anche quando le reti di trasporto locali non funzionano a causa di gravi eventi atmosferici come gli smottamenti. Le aziende non ritengono però che questo sia un rischio importante, in quanto la rete stradale in Alto Adige è ben attrezzata. L'ormai tradizionale produzione e commercializzazione "just-in-time" sta tuttavia diventando sempre più difficile per i crescenti problemi di approvvigionamento. Per fronteggiare al meglio le difficoltà di approvvigionamento, alcune aziende hanno immagazzinato grandi scorte di prodotti, in modo da garantire le consegne per qualche giorno almeno. Un'altra raccomandazione particolarmente importante per

le aziende è di instaurare un rapporto corretto e trasparente con fornitori e clienti, così da saper riconoscere tempestivamente potenziali problemi di consegna da parte dei fornitori ed essere così in grado di comunicarli al più presto ai clienti. In alcuni casi, questi processi di adeguamento possono anche favorire innovazioni di prodotto più sostenibili.

4.9.4 Rischio transitorio

Situazione attuale

Con l'avanzare della crisi climatica, si teme che continuino ad aumentare burocrazia e vincoli normativi. Le aziende sono convinte della necessità fondamentale. Secondo le aziende, però, l'effettiva attuazione effettiva spesso risulta ancora troppo confusa e costosa e poco focalizzata sugli obiettivi. Molti prevedono ingenti costi di transizione ("transition risks") per raggiungere l'ambizioso obiettivo dell'UE di diventare neutrali dal punto di vista climatico entro il 2050 ("net zero industry act"), in particolare nei settori ad alta concentrazione di energia e risorse. Le conseguenze negative di queste misure includono fluttuazioni anomale dei prezzi delle singole materie prime, possibili crolli della domanda e un incremento dei costi di finanziamento sul mercato dei capitali.

Gli standard per il report di sostenibilità ("Corporate Sustainability Reporting Directive") richiesti dall'UE a partire dal 2026 rappresentano una sfida importante per molte imprese. Particolarmente coinvolte sono le aziende che non sono ancora riuscite ad acquisire esperienza in questo settore e che quindi si affidano a un supporto esterno. Va sottolineato che la maggior parte delle aziende accoglie con favore questa misura, in quanto può anche contribuire a individuare sviluppi indesiderati e potenziali risparmi. A causa dei crescenti vincoli normativi molte imprese temono di essere poste in una posizione di svantaggio rispetto ai concorrenti extraeuropei e di perdere le loro quote di mercato. Lamentano anche il fatto che le infrastrutture pubbliche necessarie per attuare determinati requisiti non sono ancora disponibili, ad esempio nel settore dello smaltimento dei rifiuti o del riciclaggio dei prodotti. Alcune aziende hanno già sviluppato nuove tecnologie per riciclare quasi completamente i loro prodotti e i loro imballaggi, ma in Alto Adige e nel resto del Paese mancano le condizioni necessarie per raccogliere, separare e riciclare i prodotti. Anche in molti altri settori il quadro normativo è in ritardo rispetto ai requisiti attuali o viene descritto come confuso e non maturo, ad esempio per quanto riguarda la realizzazione di progetti di edilizia sostenibile o la creazione di piccole comunità energetiche.

Potenziale situazione futura

Le misure di protezione del clima possono essere adottate sia dai governi nazionali che dall'UE o dal governo provinciale e, data la forte interconnessione dell'economia internazionale, la maggior parte delle aziende ne è interessata in egual stessa misura. Le aziende dovranno tenere in maggiore considerazione anche in futuro queste misure di politica ambientale ed economica e i vincoli di legge derivanti dai cambiamenti climatici.

Sommario – Rischi principali

- Rischio di compromissione della produttività dei lavoratori a causa dell'aumento delle temperature e delle ondate di calore
- Rischio di aumento del consumo energetico e dei costi di stoccaggio e trasporto dei prodotti sensibili alla temperatura a causa dell'aumento delle temperature e delle ondate di calore
- Rischio di danni a edifici, merci immagazzinate, macchinari o attrezzature a causa di eventi meteorologici estremi come piogge intense e periodi di siccità
- Rischio di aumento dei conflitti di utilizzo dell'acqua tra diversi settori economici e la cittadinanza a causa di periodi di siccità più frequenti

- Rischio di scarsità di approvvigionamento e minore sicurezza dell'approvvigionamento per l'economia nazionale di materie prime e semilavorati a causa dei cambiamenti climatici e di fattori non climatici in altre parti del mondo
- Rischio di perdita di competitività delle imprese nazionali a causa di rischi transitori, in particolare dei rischi regolamentari, ad esempio a seguito delle disposizioni del Green Deal

Bibliografia

- Adler, C., Wester P., Bhatt I., Huggel C., Insarov G.E., Morecroft M.D., Muccione V., and Prakash A., (2022) Cross-Chapter Paper 5: Mountains. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability.
- Alpino M., Citino L., de Blasio G., Zeni F. (2022): Gli effetti del cambiamento climatico sull'economia italiana. Un progetto di ricerca della Banca d'Italia
- Environmental Protection Agency (EPA), (2008): Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies, Washington D.C.
- Niedrist, G., Zebisch, M., Crespi, A., Iacopino, T., Fritsch, U., Barandun, M., Bertoldi, G., Bottarin, R., Hoffmann, C., Jacob, A., Marin, C., Mariz, C., Notarnicola, C., Obojes, N., Premier, V., Renner, K., Sparber, W., Vaccaro, R., & Ventura, B. (2022). Climate Change Monitoring South Tyrol. Eurac Research. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.57749/8ZPX-HM12>
- Kahlenborn W., Porst L., Voß M., Fritsch U., Renner K., Zebisch M., Wolf M., Schönthaler K., Schauser I., (2021): Klimawirkungs- und Risikoanalyse für Deutschland; Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
- Hinterdorfer, M., Sattler, P. und Laaber, M. (2010): Energieeffiziente Klimatisierung. Magistratsabteilung 27 (Hg.). Wien.
- Varghese M.B., Hansen A., Bi P., Pisaniello D. (2018): Are workers at risk of occupational injuries due to heat exposure? A comprehensive literature review
- Zebisch M., Vaccaro R., Niedrist G., Schneiderbauer S., Streifeneder T., Weiß M., Troi A., Renner K., Pedoth L., Baumgartner B., Bergonzi V. (2018) Rapporto sul clima 2017, Bolzano, Italia, Eurac Research

4.10 Temi intersettoriali

Autrici: Lydia Pedoth e Uta Fritsch

Per promuovere i processi di adattamento escludendo il disadattamento, è necessario creare le giuste condizioni quadro e prendere decisioni politiche lungimiranti. Chi decide e il pubblico più in generale devono essere ben informati e consapevoli delle loro possibilità di azione. Una comunicazione efficace e una formazione globale sono quindi i prerequisiti essenziali non solo per divulgare i risultati scientifici, ma anche per individuare le soluzioni. Un fattore di successo fondamentale consiste nel rivolgersi ai diversi gruppi target e affrontare le questioni per loro più rilevanti. Le misure e le strategie di adattamento andrebbero sviluppate con il coinvolgimento dei soggetti interessati e comunicate ai vari responsabili politici, amministrativi e sociali in modo adeguato al gruppo target. Un modo efficace per coinvolgere il pubblico è rappresentato dai consigli dei cittadini, già attuati con successo in Alto Adige.

4.10.1 Disadattamento

Per disadattamento s'intendono le misure reattive che promettono di avere successo nel breve periodo, ma che a lungo termine risultano controproducenti da diversi punti di vista. Evitare il disadattamento è un obiettivo importante sia a livello internazionale (IPCC, 2023) sia nelle strategie a livello nazionale (Balas et al., 2024) poiché negli ultimi anni si è riscontrato un incremento del disadattamento (IPCC 2023). Le misure di adattamento sono già correlate con costi e investimenti che subiranno aumenti nei prossimi anni (Bednar-Friedl et al., 2017). Per evitare costi aggiuntivi e sfruttare le sinergie, è importante prevenire il disadattamento (Balas & Felderer, 2021). Le decisioni e le misure prese oggi dovrebbero essere pianificate e attuate in modo tale da tenere in considerazione e adeguare anche le condizioni climatiche future. In caso contrario, le misure di adattamento possono causare in futuro effetti e danni ecologici, economici e sociali negativi. Per impedire il disadattamento occorre tenere conto dei conflitti di obiettivi con la protezione del clima e la sostenibilità sociale ed ecologica. Le misure dovrebbero considerare le incertezze degli scenari climatici e quindi essere reversibili o flessibili, per evitare in ultima analisi un incremento della vulnerabilità (Lexer et al., 2016).

4.10.2 Aspetti sociali

La nostra società risente sempre di più delle conseguenze dei cambiamenti climatici, anche se gli effetti non sono uniformemente distribuiti e non interessano nella stessa misura tutti i gruppi della popolazione ma colpiscono in particolare i più vulnerabili della nostra società. Questa discrepanza deriva dagli svantaggi e dalle disuguaglianze strutturali esistenti, determinate da fattori quali il genere, lo status socio-economico, la salute e l'istruzione. Donne, bambini, anziani, disabili e persone a basso reddito sono spesso i più vulnerabili e questa loro vulnerabilità è esacerbata da problemi strutturali come la disparità di accesso alle risorse e alle informazioni, nonché la discriminazione e l'esclusione sociale (Zebisch et al., 2023). La migrazione, dovuta sempre più spesso ai cambiamenti climatici nei Paesi di origine, porta anche a nuove situazioni di rischio. Le persone con un background di migrazione sono più vulnerabili a livello sociale e spesso dispongono di meno opportunità di adattamento ai rischi climatici. Spesso hanno anche scarse conoscenze riguardo ai rischi climatici specifici delle regioni montane, per cui l'aspetto educativo in questi casi acquisirà maggiore importanza.

Discutendo con gli stakeholder è emerso che anche in Alto Adige occorre prendere in considerazione gli aspetti sociali nelle misure di pianificazione territoriale, come la creazione di spazi verdi e aperti, al fine di evitare la cosiddetta gentrificazione green, ovvero il processo per cui persone più abbienti vanno a sostituire gruppi di soggetti a basso reddito a causa della rivalutazione e del conseguente aumento dei prezzi. Spesso le condizioni di salute preesistenti degli anziani e la loro ridotta mobilità ne riducono anche la capacità di adattarsi a condizioni climatiche estreme come le ondate di calore. Anche le donne e i bambini ne possono essere particolarmente colpiti, poiché sono più frequentemente a rischio povertà ed emarginazione o genitori single (Balas et al., 2024). Nonostante la loro maggiore vulnerabilità, le donne e gli emarginati possono svolgere un ruolo cruciale nell'affrontare i rischi climatici, contribuendo

con le loro conoscenze, prospettive ed esperienze a sviluppare strategie efficaci e specifiche per il contesto. La partecipazione inclusiva di questi gruppi alle valutazioni dei rischi climatici e ai processi di adattamento può servire a sviluppare soluzioni più complete ed eque (Zebisch et al., 2023) e a metterle in atto passando attraverso il loro ruolo e le loro reti all'interno della società. Con i cambiamenti climatici aumenteranno anche i fenomeni migratori, per cui anche in Alto Adige si faranno sempre più impellenti l'integrazione e la formazione di persone provenienti da altre parti del mondo. In generale e nello specifico per l'Alto Adige, è necessario ricercare gli aspetti sociali dei cambiamenti climatici, sia per quanto riguarda gli effetti sui diversi gruppi di popolazione, sia per quanto concerne le modalità di coinvolgimento attivo di questi gruppi nel processo di pianificazione e nell'attuazione delle misure di adattamento.

4.10.3 Istruzione

Un importante punto di partenza per la promozione della conoscenza e della volontà di intervento per l'adattamento ai cambiamenti climatici risiede nel settore educativo e scolastico, approfondendo maggiormente nelle lezioni scolastiche temi quali i cambiamenti climatici, la protezione del clima e l'adattamento. Gli insegnanti e il personale socio-educativo devono ricevere un'adeguata formazione e materiali didattici speciali, mentre è fondamentale che ci sia collaborazione con la comunità scientifica nella formazione dei moltiplicatori e dei decisori. Negli ultimi anni le scuole hanno già realizzato e utilizzato molto materiale didattico sull'argomento, che ha generato in alcuni giovani un'"ansia da clima", che è stata intensificata dalla paura, la rabbia e l'angoscia per l'inadeguatezza delle misure politiche e dai sensi di colpa o dalla vergogna per il proprio stile di vita, l'alimentazione, i viaggi e i consumi. È quindi importante ricorrere a psicologi nelle scuole e a personale socio-educativo che sostengano i giovani e lavorino con loro per dare sfogo all'impotenza che provano. Nonostante decenni di ricerche sul clima, nei media tradizionali e sociali, nei commenti e persino nelle famiglie continuano a girare notizie false che mettono in dubbio la crisi climatica e le misure necessarie per fronteggiarla. È quindi importante informare bambini e ragazzi su come distinguere le informazioni false dalle vere e su come confutare le affermazioni errate. Il tema può essere affrontato e approfondito anche al di fuori della giornata scolastica in campi estivi, mostre in biblioteche e comuni, nonché in gruppi giovanili, come già avviene con il Climate Show organizzato dall'Alleanza per il Clima Alto Adige e altre iniziative. Poiché a causa dei cambiamenti climatici aumenteranno anche i fenomeni migratori verso l'Alto Adige, per l'inabitabilità di alcune zone o l'aumento dei conflitti, nelle scuole altoatesine diventerà sempre più importante istruire adeguatamente bambini e giovani provenienti da Paesi non europei, facendo ricorso a personale qualificato e a materiali didattici di supporto.

4.10.4 Partecipazione

Dai risultati dei workshop organizzati nell'ambito di questo studio, in particolare nel workshop sul futuro, è emerso che esiste sicuramente una volontà da parte di molti attori della società civile altoatesina di partecipare attivamente alla discussione. Allo stesso tempo si evince l'importanza di combinare ovvero integrare il tema dei cambiamenti climatici con altre strategie, come la politica sociale o sanitaria del Paese e di trattare temi quali alloggi a prezzi accessibili, inclusione e giustizia sociale, anche sotto l'ottica dei cambiamenti climatici, che potenzialmente possono esacerbare le disuguaglianze esistenti e crearne di nuove. Un adattamento equo ed efficace necessita quindi di un'analisi approfondita e di una visione differenziata, oltre che del coinvolgimento attivo e della trasmissione di informazioni a tutti i gruppi della nostra società. In questo senso, la sfida dell'adattamento ai cambiamenti climatici deve essere considerata anche come un'opportunità per un cambiamento positivo e un passaggio a un Alto Adige resiliente al clima.

Bibliografia

- Balas, M., Felderer, A., 2021. Fehlanpassung adressieren - Herausforderungen und Lösungsansätze. Einhaltung der guten Kriterien zur Anpassung als Beitrag zu einer qualitativ hochwertigen Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Wien, Österreich.
- Balas, M., Lexer, W., Lindinger, H., Neumann, J., Offenzeller, M., Völler, S., Vollgruber, D., 2024. Die Österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Wien, Österreich.
- Bednar-Friedl, B., Knittel, N., Leitner, M., Watkiss, P., 2017. PACINAS - Ausgaben des Bundes für Klimawandelanpassung., Factsheet Nr. 4. Wegener. IIASA, Umweltbundesamt, AIT, Uni Graz.
- IPCC, I.P.O.C.C., 2023. Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1st ed. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Lexer, W., Ahamer, G., König, M., 2016. Fehlanpassung im Kontext von privater Anpassung an den Klimawandel. Kriterien, Entwicklung eines Bewertungsrahmens und Anwendungsbeispiele, PATCH:ES. Wien, Österreich.
- Zebisch, M., Renner, K., Pittore, M., Fritsch, U., Fruchter, S. R., Kienberger, S., Schinko, T., Sparkes, E., Hagenlocher, M., Schneiderbauer, S., Delves, J., 2023. Climate Risk Sourcebook. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.

5 Governance

Il seguente capitolo affronta la questione della governance e, di conseguenza, di come poter gestire i rischi climatici identificati attraverso le competenze della Provincia. Per prima cosa s'inquadra il tema dell'adattamento ai cambiamenti climatici all'interno del sistema politico multilivello, si prosegue con l'esame accurato delle competenze provinciali per poi passare ad analizzare i documenti strategici settoriali e intersettoriali. Individuare lo status quo politico è poi servito per redigere le raccomandazioni di intervento necessarie per allineare i documenti strategici e di indirizzo al principio della resilienza climatica.

5.1 L'adattamento ai cambiamenti climatici nel quadro della governance multilivello

Autrice: Mariachiara Alberton

A livello internazionale già il primo accordo internazionale sui cambiamenti climatici “Convenzione-quadro delle Nazioni unite sui cambiamenti climatici” (UNFCCC) del 1992, oltre a perseguire l’obiettivo di stabilizzazione delle emissioni di gas climalteranti, prevede che gli stati firmatari adottino misure di adattamento, programmi nazionali e, ove opportuno, regionali (artt. 3.3; 4.1 lett. b; 4.1 lett. e; 4.4). Il successivo Protocollo di Kyoto del 2005 stabilisce che gli stati realizzino programmi nazionali e regionali di adattamento (artt. 10.1 lett. b; 10.1 lett. b (i); 10.1 lett. b (ii); 12.8). Nel 2015 con la firma dell’Accordo di Parigi si prevede anche la messa in atto di misure per l’adattamento al cambiamento climatico, finalizzate ad accrescere la capacità dei paesi di adattarsi agli effetti avversi dei cambiamenti climatici.

A livello europeo, la nuova strategia dell’UE di adattamento ai cambiamenti climatici del 2021, “Plasmare un’Europa resiliente ai cambiamenti climatici”, sostituisce la precedente del 2013 e delinea una visione a lungo termine affinché l’UE diventi una società resiliente ai cambiamenti climatici, pienamente adattata agli effetti inevitabili dei cambiamenti climatici entro il 2050. La strategia sposta l’attenzione dalla pianificazione all’implementazione delle misure di adattamento climatico, in linea con l’Accordo di Parigi e nel solco di altre convenzioni internazionali come il quadro di riferimento di *Sendai* per la riduzione del rischio di disastri del 2015 e l’“Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile”. La strategia europea si accompagna alla Legge europea sul clima, (Reg. UE n. 2021/1119) contenente l’obiettivo vincolante della neutralità climatica nell’UE entro il 2050. La Legge sul clima, in particolare, riconosce l’adattamento come una componente fondamentale della risposta globale ai cambiamenti climatici e impone agli stati membri e all’UE di rafforzare la loro capacità di adattamento, rafforzare la resilienza e ridurre la vulnerabilità ai cambiamenti climatici. Data la natura sistemica delle politiche di adattamento, si prevede che le azioni che vanno in questa direzione siano attuate in modo integrato con altre iniziative dell’UE (per esempio, la strategia sulla biodiversità, sulle ristrutturazioni, i piani d’azione per l’economia circolare e per l’inquinamento zero, le strategie forestale, sul suolo, e per una mobilità sostenibile e intelligente). La strategia evidenzia, in particolare, la necessità di adottare e implementare politiche di adattamento climatico a ogni livello di governance sia a livello nazionale che locale, includendo gli attori pubblici e privati dei vari paesi membri.

A livello nazionale, in Italia, il primo passaggio per la definizione delle azioni e delle politiche di adattamento ai cambiamenti climatici è stato la pubblicazione della “Strategia nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici” (SNAC). In questo documento sono stati individuati i principali impatti dei cambiamenti climatici per una serie di settori socio-economici e naturali e sono state proposte azioni di adattamento a tali impatti. La SNAC è stata approvata con decreto direttoriale n. 86/2015. Per dare attuazione a tale decreto direttoriale, è stata avviata l’elaborazione del “Piano nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici (PNACC), approvato con decreto ministeriale n. 434 del 21 dicembre 2023. I settori oggetto del PNACC sono 19: trasporti, energia, risorse idriche, agricoltura, foreste, pesca marittima, acquacoltura, dissesto geologico, idrologico e idraulico, ecosistemi acque interne e di transizione, ecosistemi marini e terrestri, insediamenti urbani, patrimonio culturale, salute, turismo e impatti socio-economici. L’adattamento riguarda sia misure infrastrutturali, sia cambiamenti comportamentali dei singoli cittadini. Nel PNACC sono previste misure a tre livelli:

1. **soft**: misure di policy, giuridiche, sociali, gestionali e finanziarie che possano modificare gli stili di vita e aumentare la consapevolezza dei potenziali impatti dei cambiamenti climatici e i comportamenti più adeguati. Rientrano nelle categorie di governance e informazione e sono finalizzate al rafforzamento amministrativo, tecnico, istituzionale e legislativo.
2. **green**: misure basate sulla natura (nature based solution) che impiegano i servizi ecosistemici forniti dagli ambienti naturali per migliorare la resilienza dei territori.

3. grey: misure infrastrutturali e tecnologiche che rendono gli edifici, gli impianti, le infrastrutture, le reti e i territori più resilienti. Al PNACC si accompagna un allegato contenente un database di possibili azioni di adattamento che i vari enti territoriali possono intraprendere.

5.2 Il quadro provinciale: poteri legislativi e amministrativi della Provincia autonoma di Bolzano

Autrice: Mariachiara Alberton

Nel quadro multilivello così evidenziato, si inserisce l'azione della Provincia autonoma di Bolzano. In generale, l'esercizio dei poteri legislativi e amministrativi della Provincia autonoma di Bolzano è disciplinato dalla Costituzione e dallo Statuto di autonomia, che deve essere letto anche alla luce della cosiddetta "clausola di maggior favore" (art. 10, l. cost. N. 3/2001). In base a tale clausola:

- la competenza concorrente e residuale attribuita dall'art. 117 Costituzione alle Regioni ordinarie si estende anche alla Provincia autonoma. Ciò implica la possibilità per la Provincia autonoma di ampliare l'elenco delle materie attribuite dallo Statuto
- Per quanto riguarda le materie elencate nello Statuto di autonomia, si applica il principio della disciplina più favorevole tra quella dello Statuto e quella dell'art. 117, commi 3 e 4, Cost.

In generale, si possono distinguere le seguenti categorie di competenze della Provincia autonoma di Bolzano:

- *Competenza primaria* (art. 8 St. Aut.): la Provincia ha la potestà di emanare norme legislative entro i limiti della Costituzione e i principi dell'ordinamento giuridico della Repubblica e con il rispetto degli obblighi internazionali e degli interessi nazionali, nonché delle norme fondamentali delle riforme economico-sociali della Repubblica;
- *Competenza secondaria* (art. 9 St. Aut.): la Provincia ha la potestà di emanare norme legislative entro i limiti della Costituzione e i principi dell'ordinamento giuridico della Repubblica e con il rispetto degli obblighi internazionali e degli interessi nazionali, nonché delle norme fondamentali delle riforme economico-sociali della Repubblica e dei principi stabiliti dalle leggi dello Stato;
- *Competenza concorrente (settori rilevanti per l'adattamento)* (art. 117 c. 3 Cost. in base alla "clausola di maggior favore" ex art. 10 l. cost. n. 3/2001): la Provincia ha la potestà legislativa, salvo che per la determinazione dei principi fondamentali riservata alla legislazione dello Stato, nelle seguenti materie: tutela della salute; alimentazione; protezione civile; governo del territorio; porti e aeroporti civili; grandi reti di trasporto e di navigazione; produzione, trasporto e distribuzione nazionale dell'energia; valorizzazione dei beni culturali e ambientali e promozione e organizzazione di attività culturali;
- *Competenza residuale/esclusiva* in ogni materia non espressamente riservata alla legislazione dello Stato (art. 117 c. 4 Cost. in base alla "clausola di maggior favore" ex art. 10 l. cost. n. 3/2001).

In base all'art. 16 dello Statuto, la Provincia gode di *autonomia amministrativa* nelle materie in cui ha potere legislativo (inclusa *autonomia regolamentare* ai sensi degli artt. 53-54 St.). Infine, la Provincia ha poteri *in ambito tributario*.

Le specifiche competenze della Provincia autonoma distinte per ambiti settoriali e trasversali che possono incidere sulle azioni di adattamento sono riportate nel paragrafo seguente.

5.3 Analisi delle politiche della Provincia autonoma di Bolzano rilevanti per l'adattamento

Autrice: Mariachiara Alberton

La maggior parte dei rischi climatici identificati per la Provincia autonoma di Bolzano sono oggetto di politiche che ricadono nella competenza concorrente dello Stato italiano e della Provincia autonoma di Bolzano. Come anticipato, la SNAC e il PNACC costituiscono la cornice per inquadrare le politiche di adattamento a livello nazionale, mentre l'attuazione delle azioni di adattamento si concretizza soprattutto nelle politiche settoriali che ricadono sotto la sfera provinciale.

I diversi strumenti di pianificazione e i documenti legislativi, sia trasversali sia settoriali provinciali, sono analizzati di seguito con particolare attenzione al tema dell'adattamento e dei rischi climatici principali.

4.3.1 Strategie e i piani provinciali generali e trasversali rilevanti per l'adattamento

- **“Patto di sostenibilità per l'Alto Adige” e “Strategie di sostenibilità – Everyday for Future”**. In questo quadro, il tema dell'adattamento ai cambiamenti climatici è soltanto indirettamente e parzialmente oggetto di attenzione e intervento.
- **“Piano Clima Alto Adige 2040”**, approvato il 18 luglio 2023 dalla Giunta provinciale al fine di raggiungere una società climaticamente neutra entro il 2040. Il piano prevede anche l'elaborazione di un piano di resilienza locale (strategia di adattamento per l'Alto Adige) basato sul piano nazionale PNACC. Sebbene gli interventi e le misure previste riguardino soprattutto la mitigazione del cambiamento climatico, alcuni campi d'azione come mobilità e infrastrutture riportano riferimenti specifici al tema dell'adattamento. In particolare, si prevede che i nuovi progetti di infrastrutture stradali siano resilienti agli eventi meteorologici avversi e agli effetti dei cambiamenti climatici.
- **“Strategia di sviluppo regionale 2021-2027”**, approvata con Delibera della Giunta provinciale n. 441 del 2020, costituisce la base per l'orientamento strategico dei documenti di programmazione della Provincia Autonoma di Bolzano per i Fondi Strutturali UE. La necessità di adattarsi ai cambiamenti climatici è espressamente richiamata per tutti i settori più rilevanti. Inoltre, si pone l'accento sull'investimento in resilienza nell'attuale programmazione dei fondi strutturali e sulla necessità di intraprendere ulteriori azioni di adattamento nei vari campi.
- **“Strategia di Innovazione e Ricerca Alto Adige 2030” (RIS3)**, approvata dalla Giunta provinciale nella seduta del 26.10.2021, presenta il contesto, il processo e i fattori che possono contribuire al cambiamento nel panorama dell'innovazione e della ricerca in Alto Adige. Costituiscono il nucleo centrale della nuova strategia quattro aree di specializzazione: Automation and Digital, Food and Life Science, Tecnologie alpine, Green Technologies. Le aree di specializzazione sono affiancate da temi prioritari e da obiettivi, ambiti d'intervento e misure concrete. Tra queste sono incluse misure di adattamento al cambiamento climatico, in particolare nelle aree Food and Life Science, Tecnologie alpine, Green Technologies.

5.4 Strategie e legislazione settoriali rilevanti per l'adattamento – analisi settoriale

Autore e autrice: Michael Pörnbacher e Mariachiara Alberton

I piani provinciali, le strategie e la legislazione settoriale sono stati analizzati per ogni settore descritto al capitolo 4 e in conformità con la struttura amministrativa della Provincia. Ai fini di una valutazione della loro adeguatezza per la corretta gestione dei rischi climatici, i rischi chiave sono stati confrontati con i contenuti dei documenti strategici e d'indirizzo settoriali e intersettoriali, e della legislazione provinciale.

In questa sezione sono stati valutati in particolare i seguenti indicatori per ogni rischio chiave:

- **idoneità** degli strumenti strategici, d'indirizzo e legislativi ad affrontare i rischi climatici (idoneità): indica se e in che misura i documenti provinciali tengono conto dei rischi climatici identificati e di conseguenza se consentono l'adattamento agli stessi. La valutazione varia da molto alta a bassa;
- **orizzonte temporale** politico (orizzonte temporale): descrive l'orizzonte temporale futuro da prendere in considerazione per le attuali misure di adattamento, considerato il lungo periodo di pianificazione e implementazione delle misure o della persistenza delle decisioni prese (cfr. capitolo 6.1.2). La valutazione varia da lungo a breve termine;
- **responsabilità** del rischio: competenza o responsabilità per la gestione del rischio climatico (P=competenza esclusiva della Provincia, S=competenza esclusiva dello Stato, C=concorrente).

Lacune generiche intersettoriali negli strumenti provinciali analizzati

Nel corso di un'analisi condotta secondo il metodo induttivo, nei documenti politici è stata riscontrata una serie di inadeguatezze per quanto riguarda la considerazione e la gestione dei rischi climatici in tutti i settori. In particolare, sono state individuate le seguenti lacune strutturali:

- una frequente mancanza di una pianificazione dinamica o l'integrazione dei rischi climatici negli strumenti di pianificazione (strategica), spesso orientati solo allo status quo.
- mancanza di specifiche e di vincoli delle disposizioni provinciali e comunali che genera potenziali lacune nell'attuazione
- i conflitti d'uso dovuti ai rischi intersettoriali e le sinergie nella loro gestione sono parzialmente affrontati solo in modo incompleto, il che si riflette in parte anche in una mancanza d'intersettorialità degli organi e dei comitati
- Sono state individuate, in misura minore, anche la mancata integrazione dei rischi climatici nel calcolo dei costi e l'inadeguatezza delle strutture e delle capacità istituzionali.

Queste lacune generiche negli strumenti sono descritte qui di seguito in base al settore e contestualizzate con rischi climatici specifici.

5.4.1 Gestione delle acque

Distribuzione settoriale delle competenze

Comp. primaria ex art. 8 punto 24 St. Autonomia: **opere idrauliche della terza, quarta, e quinta categoria.**

Comp. concorrente ex art. 9 punto 9 St. Autonomia: **utilizzo delle acque pubbliche escluse le grandi derivazioni a scopo idroelettrico.**

Comp. primaria ex Art. 8 punto 13 St. Autonomia: **opere di prevenzione** e di pronto soccorso per calamità pubbliche

Tabella 4: Sintesi dei rischi principali, dell'idoneità degli strumenti politici per la gestione dei rischi climatici, dell'orizzonte temporale da considerare e delle responsabilità (P=competenza esclusiva della Provincia, S=competenza esclusiva dello Stato, C=concorrente) per il settore della gestione delle acque

Rischi chiave settoriali (abbreviatura)	Idoneità	Orizzonte temporale	Responsabilità
Mancanza d'acqua per garantire il deflusso ecologico	Media	Breve termine	C
Impatti sulla salute degli ecosistemi a causa dell'aumento di temperature delle acque	Bassa	Medio termine	C
Perturbazioni dei bacini e dei sistemi fluviali a causa dell'aumento del trasporto di sedimenti (scioglimento dei ghiacciai)	Media	Medio termine	C
Diminuzione della quantità e della qualità dell'acqua per uso potabile	Alta	Lungo termine	C
Mancanza d'acqua per l'irrigazione delle colture e dei prati	Media	Lungo termine	C
Mancanza d'acqua per la produzione di energia elettrica	Bassa	Lungo termine	C
Mancanza d'acqua per garantire l'innevamento artificiale	Media	Lungo termine	C
Mancanza d'acqua per garantire gli usi idrici a fini ricreativi nel periodo estivo	Bassa	Lungo termine	C
Danni agli ecosistemi, agli insediamenti e alle infrastrutture a causa delle inondazioni	Media	Lungo termine	C

Nell'ambito della gestione delle acque esistono svariate disposizioni che riguardano la protezione delle risorse idriche. Per prima viene considerata la fornitura di acqua potabile, il cui utilizzo precede in linea gerarchica tutti gli altri usi e per la quale è prevista una serie di misure a breve e medio termine per preservarne la qualità e la quantità nel lungo periodo. Manca però sistematicamente un'inclusione predittiva dei rischi climatici nella qualità delle risorse e nel futuro fabbisogno idrico, al fine di adottare misure di gestione adeguate e lungimiranti ed evitare tempestivamente conflitti d'uso. Problema aggravato anche dalla crescente pressione di utilizzo della risorsa da parte di altri settori e dal rilascio di concessioni per vari tipi di utilizzo, alcune delle quali di lunga durata. Anche in questo caso, esistono diverse opzioni di intervento a breve termine, ad es. in situazioni di emergenza, ma non esiste un'integrazione dedicata e sistematica dei rischi climatici nei parametri per la loro allocazione.

Nel Piano di Tutela delle acque, agli aspetti ecologici viene attribuita una priorità giuridicamente vincolante rispetto agli altri usi. Sebbene molte delle opzioni di intervento sopra menzionate siano previste a causa di scostamenti da questi standard ecologici minimi e siano volte a garantire il flusso ecologico minimo, al criterio di base, ossia quello dello stato ecologico, manca un orizzonte di pianificazione a lungo termine con corrispondenti adeguamenti proattivi delle categorie di protezione ai rischi climatici. Ciò si evince, ad esempio, dal fatto che non si tiene conto del rischio di aumento delle temperature negli ecosistemi. Per quanto riguarda il rischio di aumento del trasporto di sedimenti, sono già in corso di attuazione misure per ridurre il trasporto solido. Tuttavia, non è chiaro in che misura questi strumenti tengano conto delle dinamiche legate al clima, come l'aumento dello scioglimento dei ghiacciai, nel valutare l'efficacia. Esistono al contempo delle misure che vanno a cozzare contro il principio di pianificazione del rispetto dei criteri ecologici e della considerazione globale dei conflitti d'uso, come l'aumento della deviazione dell'acqua per scopi agricoli in tempi di carenza idrica o la riduzione dei flussi residui. Nel settore idrico, in particolare, è chiaro che i vari rischi impongono misure intrinsecamente contraddittorie e talvolta difficili da armonizzare. Sono state definite anche le rispettive priorità di utilizzo e restrizioni dell'acqua. Eppure, i conflitti d'uso fondamentali che possono verificarsi, anche per quanto riguarda gli usi a valle, non sono adeguatamente considerati. Anche se la definizione delle priorità d'uso è inevitabile e la priorità deve essere data alla salvaguardia del deflusso ecologico, la pianificazione globale richiede principi e opzioni d'intervento flessibili e differenziati, inseriti in una strategia settoriale complessiva per fronteggiare il rischio di carenza idrica. Questa integrazione proattiva e sistematica dei

rischi climatici a più livelli e delle loro interazioni nella pianificazione settoriale e intersettoriale, anche in strumenti strategici come il bilancio idrico del piano d'uso dell'acqua, è stata finora largamente assente, così come un più forte ancoraggio giuridicamente vincolante delle misure di conservazione dell'acqua a livello provinciale e comunale. Anche se il Piano generale dell'utilizzazione delle acque pubbliche riconosce in linea di principio il potenziale impatto dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche, questa mancanza di attenzione alle carenze idriche strutturali diventa evidente quando si esaminano i singoli settori interessati. Nell'irrigazione agricola, ad esempio, si manifesta la situazione di tensione descritta tra diminuzione della disponibilità idrica e aumento della richiesta di acqua e mancanza di misure strutturali contro la disponibilità idrica strutturalmente limitata. Situazione simile nel settore degli usi idroelettrici, dove devono essere effettuate analisi specifiche e lungimiranti al momento dell'assegnazione delle concessioni, ma spesso mancano gli aspetti climatici e gli effetti strutturali sulla disponibilità di acqua, così come i corrispondenti effetti sulla sicurezza dell'approvvigionamento. Anche i rischi climatici sono raramente inclusi nelle questioni strutturali relative alla carenza di acqua per scopi ricreativi.

Per quanto riguarda la gestione del rischio di alluvioni, nel 2016 la Provincia ha redatto il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni in conformità ai requisiti europei e nazionali. Oltre ad una descrizione esaustiva della situazione attuale nell'ambito della gestione del rischio di alluvioni, questo piano contiene tutte le attività, i piani e gli strumenti chiave per le fasi di prevenzione, protezione, preparazione, ricostruzione e valutazione in relazione ai rischi di alluvione. La Provincia ha la competenza esclusiva nei settori protezione civile, protezione delle acque, pianificazione urbana e pianificazione territoriale, dove la pianificazione delle zone di pericolo (e la pianificazione territoriale in generale) svolge un ruolo fondamentale nella prevenzione delle alluvioni. Tuttavia, l'equilibrio tra la riduzione del rischio e gli aspetti della biodiversità, ad esempio nella progettazione delle zone ripariali o dando priorità alle soluzioni basate sulla natura (nature-based solutions), non è ancora sufficientemente riflesso nelle normative o negli strumenti strategici come il Piano generale dell'utilizzazione delle acque pubbliche.

5.4.2 Biodiversità

Distribuzione settoriale delle competenze

Comp. esclusiva statale: ex Art. 117, c. 2 lett. s **tutela dell'ambiente, dell'ecosistema e dei beni culturali**", riservati alla competenza esclusiva dello Stato

Comp. concorrente: ex art. 117 c. 3 legislazione finalizzata alla **"valorizzazione dei beni culturali e ambientali"**, attribuita alla competenza concorrente di Stato e Regioni

Comp. primaria: ex art. 8, punto 15 St. Autonomia **caccia e pesca**; art.8 punto 16 **alpicoltura e parchi** per la protezione della flora e della fauna

Tabella 5: Sintesi dei rischi principali, dell'idoneità degli strumenti politici per la gestione dei rischi climatici, dell'orizzonte temporale da considerare e delle responsabilità (P=competenza esclusiva della Provincia, S=competenza esclusiva dello Stato, C=concorrente) per il settore Biodiversità

Rischi chiave settoriali (abbreviatura)	Idoneità	Orizzonte temporale	Responsabilità
Rischi per la biodiversità di ecosistemi forestali (boschi rari)	Bassa	Lungo termine	P + C
Rischi per la biodiversità forestale: aumento dell'immigrazione di specie invasive	Media	Breve termine	P
Rischi per la biodiversità forestale: incendi boschivi più frequenti	Alta	Medio termine	P
Rischi per gli habitat di alta montagna: espansione delle specie e delle comunità che prediligono il calore	Media	Medio termine	P + C
Rischi per gli habitat legati ai ghiacciai e le loro specie (scioglimento dei ghiacciai)	Bassa	Lungo termine	S + P + C
Rischi per specie di alta montagna con popolazioni limitate e isolate	Bassa	Lungo termine	S + P + C

Rischi per le comunità di specie presenti nelle aree agricole ad alto valore naturale	Media	Medio termine	S + P + C
Rischi per le comunità isolate e limitate di specie delle torbiere e dei laghi	Bassa	Medio termine	S + P + C
Rischi per gli habitat delle torbiere: potenziale perdita di zone umide	Media	Medio termine	S + P + C
Rischi per le comunità lacustri	Bassa	Medio termine	S + P + C
Rischi per la biodiversità dei corsi d'acqua dovuto al prosciugamento dei torrenti	Media	Breve termine	S + C
Rischi per la biodiversità dei corsi d'acqua durante a causa della ridotta portata d'acqua e delle temperature dell'acqua troppo elevate	Media	Medio termine	S+ C
Rischi per la biodiversità dei corsi d'acqua a causa dell'invasione di neobiota invasive	Alta	Breve termine	S+ C

Come già ricordato, garantire il buono stato ecologico dei corsi d'acqua è una priorità assoluta della pianificazione, anche se spesso i rischi climatici non sono pienamente integrati nei principi di pianificazione sottesi. Per preservare le specie ittiche rare o minacciate, dopo fenomeni eccezionali si possono adottare misure che, insieme alla gestione preventiva delle portate residue, diventano strumenti fondamentali per far fronte ai periodi di siccità. Oltre a queste opzioni di intervento per punti, però, la gestione proattiva e strutturale delle popolazioni ittiche nei corsi d'acqua e nei laghi non è ancora pienamente sviluppata a causa dell'aumento della temperatura.

Per quanto riguarda la biodiversità forestale, vi è una crescente consapevolezza della necessità di diversificare la composizione delle specie arboree e di apportare i necessari adeguamenti alla gestione delle foreste e della fauna selvatica a causa dell'incremento di eventi dannosi. Tuttavia, come già detto, sono pressoché inesistenti misure specifiche volte ad affrontare i rischi climatici per la biodiversità forestale, che esolino dalle disposizioni generali come il controllo delle specie invasive.

Per combattere gli incendi boschivi sono già state attuate alcune misure, così come sforzi sono stati fatti per rafforzare la biodiversità, ad es. nella progettazione dei margini delle foreste. Manca però ancora un approccio strutturale ai rischi climatici per gli ecosistemi forestali, come attraverso lo spostamento di intere comunità forestali. Nell'ambito della già citata serie di disposizioni volte a combattere le specie invasive e a proteggere le specie animali e vegetali selvatiche, nonché a tutelare gli ecosistemi rilevanti per la conservazione della natura, l'attenzione viene rivolta soprattutto alle aree umide, ma anche ai siti secchi, con relative limitazioni d'uso. Tuttavia, il criterio dello stato di conservazione favorevole e degli habitat prioritari definiti, che viene applicato principalmente in questo caso, si basa essenzialmente sulle condizioni iniziali attuali e non tiene conto del possibile aumento della pressione sugli individui e sulle comunità a causa degli sviluppi climatici e quindi delle misure di conservazione proattive. Misure di protezione e manutenzione differenziate e scaglionate, come nel Parco Nazionale dello Stelvio, consentono interventi mirati per proteggere e rafforzare la biodiversità ma, nonostante la loro natura strategica, anche questi strumenti mancano di una prospettiva futura esplicitamente legata al clima. Anche vietare alcune attività, come limitare l'utilizzo in aree molto sfruttate, è una misura riferita principalmente ad alcune aree protette, come Natura 2000, ed è fondamentale per riuscire a mantenere intatti gli ecosistemi e per favorire, come le misure facoltative o promozionali, l'interconnessione e la connettività degli habitat. Anche in questo caso, però, i rischi climatici non sono esplicitamente considerati nei rispettivi piani di gestione, né nelle valutazioni di impatto strategico dei progetti in queste aree. Fondamentale in questo contesto è la mancanza di disposizioni attuative nella legge sulla conservazione della natura, che ne limita significativamente la messa in pratica e, in ultima analisi, l'impatto. Nessuna attenzione viene prestata ai rischi climatici specifici nelle relative strategie di gestione, soprattutto per gli ecosistemi e le popolazioni particolarmente esposti (ad es. nelle località insulari), che già richiedono strategie di gestione adattate e a lungo termine, come la protezione preventiva dei siti sostitutivi.

Il principio di preservare e rafforzare la biodiversità rispetto ai rischi climatici e gli strumenti corrispondenti, come le soluzioni basate sulla natura, non sono ancora sufficientemente radicati come principi fondamentali di pianificazione nei settori politici. A questo proposito, manca anche una corrispondente

strategia globale intersettoriale per garantire una considerazione strutturale di questa area tematica fondamentale per l'adattamento ai cambiamenti climatici e per evitare conflitti di obiettivi. derivanti, ad esempio, da una serie di esenzioni o dalla mancanza di un obbligo per le commissioni interdisciplinari di esprimere un parere sugli interventi negli ecosistemi sensibili, che svolgono funzioni importanti in vista dei rischi climatici.

5.4.3 Agricoltura

Distribuzione settoriale delle competenze

Comp. primaria ex. art. 8 punto 21 St. Autonomia: **agricoltura, foreste** e Corpo forestale, patrimonio zootecnico ed ittico, istituti fitopatologici, consorzi agrari, e stazioni agrarie sperimentali.

Tabella 6: Sintesi dei rischi principali, dell'idoneità degli strumenti politici per la gestione dei rischi climatici, dell'orizzonte temporale da considerare e delle responsabilità (P=competenza esclusiva della Provincia, S=competenza esclusiva dello Stato, C=concorrente) per il settore Agricoltura

Rischi chiave settoriali (abbreviatura)	Idoneità	Orizzonte temporale	Responsabilità
Perdita dei raccolti di foraggio nelle aree prative	Bassa	Breve termine	P
Stress da calore negli allevamenti e cali di resa nel settore lattiero-caseario	Bassa	Medio termine	P
Riduzione dei rendimenti o diminuzione della qualità delle colture permanenti	Bassa	Breve termine	P
Aumento della presenza di patogeni consolidati e diffusione di organismi nocivi invasivi	Alta	Breve termine	P
Diminuzione dei raccolti e riduzione della qualità e stabilità delle colture nei seminativi e negli ortaggi	Bassa	Breve termine	P
Aumento dei costi di produzione a causa delle misure di protezione	Media	Breve termine	P

Nel settore dell'agricoltura la capacità di adattamento degli strumenti politici è bassa. La maggior parte delle misure è costituita da sussidi di vario tipo, come quelli volti ad aumentare la produttività o la competitività dell'agricoltura, ma che si limitano principalmente a investimenti strutturali, senza condizioni legate al clima, e rappresentano in gran parte interventi una tantum, ad es. a seguito di fenomeni atmosferici, che non sono compatibili con il cambiamento delle condizioni climatiche e quindi con la necessità di un cambiamento strutturale. Anche se esistono opzioni di intervento a breve termine, principalmente reattive, la resilienza non è ancora stata ancorata negli strumenti di finanziamento come criterio fondamentale e proattivo. Esistono anche misure fitosanitarie per interventi a breve termine per il controllo dei parassiti, ma anche in questo caso senza una pianificazione globale e lungimirante a lungo termine. Nei settori dei pascoli, delle colture permanenti, dei seminativi e degli ortaggi, le misure per prevenire le perdite di resa si limitano principalmente alla fertilizzazione e all'irrigazione. Anche se questo sarà di per sé un aspetto centrale nella lotta contro i futuri rischi climatici in agricoltura, gli aspetti climatici, rispetto ai criteri ecologici, sono carenti nella relativa pianificazione e negli strumenti strategici. Mancano ad esempio un'integrazione degli aspetti climatici nel calcolo del fabbisogno, un esame completo dei potenziali conflitti d'uso sulla risorsa ed esiste una dicotomia tra l'aumento della domanda di irrigazione e la diminuzione della disponibilità di acqua. Sebbene l'irrigazione rappresenti di per sé un'opzione di adattamento (almeno temporaneo), il fatto di concentrarsi su di essa comporta il rischio di trascurare le misure strutturali per ridurre la vulnerabilità, come l'adattamento a colture e pratiche agricole resilienti, anche se queste possono essere attuate nel breve termine e non richiedono tempi

lunghi. Di conseguenza, la resilienza necessita di una maggiore integrazione nelle esigenze della ricerca e, sull'esempio del Centro di ricerca di Laimburg, che già svolge attività importanti ed esaustive nell'ambito del controllo e del monitoraggio dei parassiti, deve essere maggiormente istituzionalizzata. Per quanto concerne la salute degli animali, esiste un'ampia gamma di disposizioni sulla prevenzione e il controllo delle malattie animali, sul benessere degli animali e sulla protezione passiva contro i disastri naturali mediante contributi assicurativi. Come descritto nella sezione sulla salute, manca quasi del tutto la considerazione del fattore calore e dei relativi effetti sul benessere degli animali e sulla produzione di latte, e quindi del necessario adattamento delle strutture o delle pratiche agricole.

5.4.4 Gestione forestale

Distribuzione settoriale delle competenze

Comp. primaria ex art. 8 punto 21 St. Autonomia: **foreste** e Corpo forestale, patrimonio zootecnico ed ittico, istituti fitopatologici, consorzi agrari, e stazioni agrarie sperimentali

Tabella 7: Sintesi dei rischi principali, dell'idoneità degli strumenti politici per la gestione dei rischi climatici, dell'orizzonte temporale da considerare e delle responsabilità (P=competenza esclusiva della Provincia, S=competenza esclusiva dello Stato, C=concorrente) per il settore della gestione forestale

Rischi chiave settoriali (abbreviatura)	Idoneità	Orizzonte temporale	Responsabilità
Danni alle foreste a causa di fenomeni meteorologici estremi più frequenti e più intensi e dell'aumento delle temperature	Media	Lungo termine	P
Scomparsa o di spostamento spaziale delle specie arboree nella zona altitudinale, incertezza sull'uso di specie arboree non autoctone	Bassa	Lungo termine	P
Danneggiamento e scomparsa di vaste aree forestali a causa di parassiti/malattie/declino della vitalità	Media	Lungo termine	P
Elevate emissioni di carbonio in caso di incendi boschivi o di scomparsa di vaste aree di foresta/graduale riduzione dello stoccaggio di carbonio nella foresta	Alta	Medio termine	P
Compromissione della funzione di ritenzione idrica e della qualità dell'acqua	Media	Lungo termine	P
Riduzione/perdita della funzione protettiva della foresta	Alta	Lungo termine	P

Nel settore forestale esistono diversi strumenti che tutelano il patrimonio forestale, regolano gli interventi o mirano a proteggere il suolo delle foreste, oltre a quelli che offrono opzioni di intervento a breve termine, come attraverso la tutela o le misure di lotta contro le infestazioni parassitarie. Al rischio di incendi boschivi viene prestata sufficiente attenzione grazie all'attuazione di misure di natura principalmente infrastrutturale per la lotta agli incendi boschivi, sebbene manchino ancora strumenti di pianificazione dedicati e completi. I lavori a regia offrono alle autorità anche importanti opportunità di intervento diretto, ad es. nei settori del mantenimento e del ripristino delle funzioni protettive, del rimboschimento e della protezione della rigenerazione, del ripristino delle aree forestali dopo disastri naturali o incendi e della prevenzione e gestione delle infestazioni parassitarie. Una serie di incentivi integra le disposizioni sopra citate, in particolare per la manutenzione (protettiva) delle foreste, il controllo dei parassiti, la prevenzione dei danni e il ripristino dopo i danni causati dal clima, tra l'altro, anche se il problema del gran numero di proprietari di foreste che nutrono speranze si manifesta in questo caso nel loro effetto. Mentre queste misure affrontano già le conseguenze climatiche per le comunità forestali e quindi (soprattutto per quanto riguarda i disastri naturali) rappresentano principalmente opzioni di

intervento reattive, le misure proattive, come l'imboschimento e l'impianto di foreste, la prevenzione dei danni e gli investimenti nella resilienza delle foreste, non sono dettagliate più chiaramente e non sono specificamente orientate al cambiamento delle condizioni climatiche. Così, ad esempio, la riforestazione con specie arboree autoctone adatte al luogo non tiene conto del cambiamento delle condizioni climatiche a medio e lungo termine, con implicazioni per la biodiversità, la composizione delle specie arboree, i metodi di rigenerazione e la gestione della fauna selvatica. Anche la ricerca, così come la formazione e l'aggiornamento delle guardie forestali in merito alle (future) comunità forestali resilienti, non sono ancora sufficientemente istituzionalizzate.

La strategia forestale della Provincia affronta in larga misura i principali rischi settoriali, ma da ciò emerge la discrepanza tra la strategia e l'ancoraggio legislativo dei principi in essa enunciati. L'Agenda forestale 2030 mira a creare una comunità forestale resiliente che svolga pienamente le varie funzioni, soprattutto quella di protezione, definendo i relativi obiettivi e misure. Le misure legislative corrispondenti, tuttavia, non sono specificamente orientate a questo scopo e la strategia e i suoi contenuti relativi alle comunità forestali resilienti non sono quindi sufficientemente tradotte in norme vincolanti, nemmeno negli strumenti di pianificazione a lungo termine come il piano di trattamento o la scheda forestale.

5.4.5 Salute

Distribuzione settoriale delle competenze

Comp. secondaria/concorrente della Provincia autonoma ex art. 9 punto 10 St. Autonomia: igiene e sanità

Tabella 8: Sintesi dei rischi principali, dell'idoneità degli strumenti politici per la gestione dei rischi climatici, dell'orizzonte temporale da considerare e delle responsabilità (P=competenza esclusiva della Provincia, S=competenza esclusiva dello Stato, C=concorrente) per il settore Salute

Rischi chiave settoriali (abbreviatura)	Idoneità	Orizzonte temporale	Responsabilità
Stress da calore e da freddo e di inquinamento atmosferico	Bassa	Medio termine	C
Malattie infettive legate al clima	Media	Breve termine	C
Aumento dei disastri naturali e delle emergenze all'aperto	Media	Medio termine	C
Malattie trasmesse dall'acqua e dagli alimenti	Bassa	Medio termine	C

Nel settore sanitario, esistono già diverse normative e strategie che riguardano la prevenzione dei rischi per la salute. In particolare, il Piano di prevenzione nazionale affronta una serie di rischi climatici e persegue in larga misura l'approccio "one-health" e il "health policy mainstreaming", ossia l'integrazione degli aspetti sanitari in tutte le aree politiche, sebbene manchi una corrispondente base istituzionale e legale e quindi un'efficacia azione diretta. Inoltre, esistono ulteriori disposizioni per la prevenzione e la sorveglianza delle malattie trasmesse da vettori e misure intensive di monitoraggio e segnalazione sia nell'ambito della cura della salute umana che in relazione alla salute animale. Anche se esistono opzioni di intervento a breve termine, la considerazione sistematica dei rischi climatici in questo ambito non viene attuata di conseguenza, rendendo più difficile un adattamento proattivo. La situazione è simile per quanto riguarda il rischio di un aumento dei disastri naturali e degli eventi di massa, laddove le misure esistenti per i sistemi di allerta o le catene di risposta alle emergenze consentano di reagire in modo adeguato, manca però ancora una volta una prospettiva a lungo termine per prepararsi in modo proattivo a eventi più frequenti e più intensi e per adattare strutture e processi in una fase iniziale. Ad oggi, lo stress da calore e da freddo è praticamente assente dalle normative di settore e si riflette solo marginalmente negli strumenti di pianificazione strategica. Sebbene siano state proposte misure selettive per

ridurre lo stress da calore nei gruppi di persone vulnerabili, non ha ancora avuto luogo la fase di istituzionalizzazione completa del rischio di ondate di calore e freddo. Di conseguenza, anche i nessi legali e istituzionali con altri settori, come la pianificazione territoriale, che sarebbero fondamentali per ridurre il rischio di calore, sono deboli. Nemmeno gli effetti delle variazioni di temperatura sulla qualità dell'acqua o sul rischio di malattie di origine idrica e alimentare vengono presi adeguatamente in considerazione nelle normative sanitarie o nella pianificazione, manutenzione e nel monitoraggio delle infrastrutture pertinenti. Fondamentali per l'integrazione dei rischi climatici nelle questioni sanitarie e quindi per il rafforzamento del nesso clima-salute (e disuguaglianza) sono la delibera della Giunta provinciale n. 862 dell'ottobre 2023 sull'istituzione del sistema di prevenzione dei rischi ambientali e climatici per la salute a livello provinciale (SPGL) e l'istituzione di un corrispondente gruppo direttivo intersettoriale. La misura e la velocità di attuazione di questi strumenti sono essenziali per l'effettiva integrazione dei rischi climatici nel settore sanitario e non solo, in linea con l'approccio globale "One Health".

5.4.6 Turismo

Distribuzione settoriale delle competenze

Comp. primaria ex. art. 8 punto 20 dello St. Autonomia: **turismo** e industria alberghiera comprese le guide, i portatori alpini, i maestri e le scuole di sci

Tabella 9: Sintesi dei rischi principali, dell'idoneità degli strumenti politici per la gestione dei rischi climatici, dell'orizzonte temporale da considerare e delle responsabilità (P=competenza esclusiva della Provincia, S=competenza esclusiva dello Stato, C=concorrente) per il settore Turismo

Rischi chiave settoriali (abbreviatura)	Idoneità	Orizzonte temporale	Responsabilità
Diminuzione dell'attrattività del turismo invernale	Bassa	Lungo termine	P
Diminuzione della sicurezza umana in relazione al turismo estivo	Media	Medio termine	P
Diminuzione della sicurezza umana in relazione al turismo invernale	Media	Medio termine	P
Danni all'infrastruttura turistica	Media	Lungo termine	P + C
Diminuzione dell'atteggiamento nei confronti del turismo della popolazione locale	Bassa	Medio termine	P
Sovraccarico del sistema sanitario pubblico e delle infrastrutture di mobilità nelle destinazioni turistiche	Bassa	Lungo termine	C

Con il concetto di sviluppo turistico provinciale 2030+ (LTEK), nel 2021 è stata adottata una strategia che mira a creare un settore turistico resiliente e si rivolge sia a livello delle infrastrutture che a quello delle destinazioni. La strategia affronta anche aspetti quali il mantenimento dell'approccio al turismo e le questioni di sicurezza nel turismo estivo e funge da base per sviluppare i concetti di sviluppo turistico a livello comunale, acquisendo in tal modo una rilevanza pratica diretta, pur non essendo vincolante in alcun altro modo. La misura in cui i rischi chiave del settore turistico vengono affrontati dipende quindi dall'ambizione e dall'efficacia di questi concetti sviluppati a livello comunale, anche a fronte della mancanza di integrazione dei rischi climatici nelle normative provinciali (a parte le normative settoriali esistenti, come la pianificazione delle zone di pericolo o la protezione civile). Questo ancoraggio manca anche negli strumenti a livello aziendale e di destinazione, a parte le attività facoltative come le certificazioni. Le norme sul finanziamento, ad esempio, continuano a puntare sulla tradizionale promozione del turismo senza affrontare, ad esempio, il futuro spostamento dei flussi turistici o le esigenze

specifiche di sviluppo, come la diversificazione delle strutture e delle offerte in vista dei cambiamenti climatici, soprattutto nelle regioni a turismo invernale. Il ruolo delle organizzazioni turistiche è definito in modo simile, senza focalizzarsi, ad es. attraverso i loro programmi strategici, sull'aumento della resilienza ai futuri rischi climatici a lungo termine, cosa che sarebbe necessaria sin da oggi, visto l'alto livello di persistenza. Il marketing turistico, inoltre, non tiene ancora conto degli effetti dei cambiamenti climatici sullo sviluppo dei flussi turistici, il che potrebbe consentire un intervento più mirato per districare i flussi in una fase iniziale, con un impatto considerevole su una serie di rischi climatici associati alla possibile concentrazione spaziale e temporale del turismo. Ad esempio, il dimensionamento inadeguato delle infrastrutture per la mobilità o delle strutture sanitarie è aggravato da ulteriori rischi per la sicurezza e dall'aumento degli incidenti di massa. Anche il possibile declino della qualità della vita e quindi dell'atteggiamento della popolazione locale nei confronti del turismo a seguito di questi effetti di concentrazione, rappresenta un rischio sistemico per il settore turistico che richiede una considerazione completa nella pianificazione a lungo termine. Resta da vedere in che misura i concetti di sviluppo turistico locale possano essere lo strumento adatto allo scopo.

5.4.7 Insediamento, infrastrutture e patrimonio culturale

Distribuzione settoriale delle competenze

Comp. primaria ex Art. 8 punto 5 St. Autonomia: **urbanistica e piani regolatori.**

Comp. primaria ex Art. 8 punto 10 St. Autonomia: **edilizia comunque sovvenzionata**

Comp. primaria ex Art. 8 punto 28 St. Autonomia: **edilizia scolastica**

Comp. primaria ex art. 8 punto 19 St. Autonomia: **assunzione diretta di servizi pubblici e loro gestione** a mezzo di aziende speciali

Comp. primaria ex Art. 8 punto 17 St. Autonomia: **viabilità, acquedotti e lavori pubblici di interesse provinciale**

Comp. primaria ex art. 8 punto 18 St. Autonomia: **comunicazioni e trasporti di interesse provinciale**, compresi la regolamentazione tecnica e l'esercizio degli impianti di funivia

Comp. primaria ex art. 8 punto 11 St. Autonomia: **porti lacuali**

Comp. concorrente ex art. 117 c. 3 Cost.: **governo del territorio, porti e aeroporti civili, grandi reti di trasporto e di navigazione**

Comp. primaria ex art.8 punto 3 St. Autonomia: **tutela e conservazione del patrimonio storico, artistico e popolare**

Comp. primaria ex art.8 punto 4 St. Autonomia: **usi e costumi locali ed istituzioni culturali** (biblioteche, accademie, istituti, musei) **aventi carattere provinciale; manifestazioni ed attività** artistiche, culturali ed educative **locali**, e, anche con i mezzi radiotelevisivi, esclusa la facoltà di impiantare stazioni radiotelevisive.

Tabella 10: Sintesi dei rischi principali, dell'idoneità degli strumenti politici per la gestione dei rischi climatici, dell'orizzonte temporale da considerare e delle responsabilità (P=competenza esclusiva della Provincia, S=competenza esclusiva dello Stato, C=concorrente) per il settore Insediamento, infrastrutture e patrimonio culturale (in grigio rischi transettoriali)

Rischi chiave settoriali (abbreviatura)	Idoneità	Orizzonte temporale	Responsabilità
Danneggiamento e diminuzione della qualità degli edifici residenziali, degli edifici produttivi, delle infrastrutture di trasporto e degli spazi pubblici	Media	Lungo termine	P + C
Danni e diminuzione della qualità delle infrastrutture e dei servizi sanitari	Media	Lungo termine	P + C

Danni e riduzione della qualità delle infrastrutture e dei servizi comunitari	Media	Lungo termine	P + C
Danni, perdita e diminuzione della qualità del patrimonio culturale	Media	Medio termine	P
Perdita di attrattività territoriale e turistica	Bassa	Medio termine	P
Danni agli ecosistemi, agli insediamenti e alle infrastrutture a causa delle inondazioni	Media	Lungo termine	P + C
Danni all'infrastruttura turistica	Media	Lungo termine	P + C
Stress da calore e da freddo e di inquinamento atmosferico	Media	Medio termine	C

Oltre ai già citati rischi per gli insediamenti e le infrastrutture, il settore della pianificazione territoriale è di fondamentale importanza per gestire una serie di rischi climatici in altri settori (righe rosse nella tabella), che sono influenzati dalle strutture territoriali.

La pianificazione del paesaggio e la relativa legge sul territorio e sul paesaggio, nonché i relativi organi e commissioni hanno finora tenuto conto solo limitatamente dei rischi climatici e dell'adattamento e offrirebbero buoni punti di partenza per un ancoraggio maggiormente restrittivo. La protezione del paesaggio e degli elementi culturali, ad esempio, attualmente si basa in gran parte su criteri estetici o storici, mentre un'analoga protezione proattiva delle aree e degli elementi rilevanti per l'adattamento non è ancora stata istituzionalizzata in modo esaustivo. Esistono strumenti efficaci per prevenire l'impermeabilizzazione del suolo e ridurre l'esposizione ai rischi naturali, in particolare il programma di sviluppo comunale e la delimitazione degli insediamenti ivi prevista, il principio dello sviluppo interno e il riutilizzo dei terreni o le disposizioni per la protezione del suolo. Tuttavia, anche in questo caso è evidente un insufficiente allineamento strutturale e sistematico del settore chiave della pianificazione territoriale con la mitigazione dei rischi, ad es. sulla base del contenuto minimo degli strumenti di pianificazione provinciali e comunali.

Lo strumento più importante per minimizzare il rischio di danni alle strutture insediative causati da fenomeni estremi è la pianificazione delle zone di pericolo (cfr. *capitolo Gestione delle acque*), che mette direttamente in relazione le norme di pianificazione territoriale con la prevenzione dei pericoli naturali. Le restrizioni differenziate sulle attività edilizie a seconda del pericolo potenziale consentono una prevenzione del rischio adattata alle condizioni locali e mirano quindi a prevenire o ridurre al minimo i danni agli insediamenti e alle infrastrutture. A causa della natura persistente delle strutture insediative, tuttavia, esiste una parziale incoerenza tra le mutevoli condizioni climatiche e il punto di partenza o la base di dati per le decisioni prese attualmente. Il caso di sovraccarico è già tenuto in considerazione simulando eventi estremamente rari, ma la considerazione esplicita dei cambiamenti climatici e dei loro effetti (ad es. per quanto riguarda annualità, intensità e incertezze) è ancora parzialmente assente dalle disposizioni, così come la regolamentazione coerente del rischio residuo. Lo stesso vale per la resilienza delle infrastrutture. Gli standard per le infrastrutture di mobilità non prevedono ad esempio un esame strutturale e completo delle condizioni climatiche future e degli eventi estremi, anche se esistono disposizioni esplicite e di portata più ampia per infrastrutture specifiche come i ponti o le infrastrutture energetiche. Strumenti potenzialmente integrativi come l'analisi costi-benefici per le infrastrutture non tengono sufficientemente conto dei possibili costi sistemici di una mancanza di resilienza climatica, mentre strumenti di pianificazione strategica come il LMP o il LPNM non riescono a incorporare adeguatamente nella pianificazione strategica le tendenze macroregionali, ad es. nel settore del turismo. Sebbene la pianificazione degli spazi verdi sia definita in modo esaustivo e sia fortemente ancorata alla pianificazione degli insediamenti, soprattutto a livello comunale, difficilmente affronta le esigenze future o le loro diverse funzioni sullo sfondo dei vari rischi climatici, come la protezione dal calore o dalle inondazioni. Le indagini sulla domanda di spazi verdi e aperti si basano sullo status quo, senza tenere sufficientemente conto degli aspetti climatici, mantenendo aperte in modo proattivo le aree rilevanti per l'adattamento. Sebbene le linee guida per l'elaborazione del programma di sviluppo comunale

prevedano l'integrazione dei rischi climatici nella selezione delle rispettive alternative di pianificazione, a differenza dei contenuti minimi di scarsa portata, queste linee guida non sono direttamente vincolanti e consentono quindi un notevole margine di manovra nella pianificazione degli spazi verdi. A livello di proprietà, esiste anche una serie di disposizioni per evitare l'impermeabilizzazione del suolo, mentre nella pianificazione dello sviluppo vi è ancora un margine di manovra comunale inutilizzato per la predisposizione (facoltativa) di elementi rilevanti per l'adattamento. Anche la questione della densità insediativa non è molto differenziata. Mentre diversi strumenti di pianificazione favoriscono strutture insediative compatte, manca una maggiore considerazione dell'equilibrio tra mitigazione e adattamento, al fine di garantire una struttura moderatamente densa con un'offerta di spazi verdi e aperti orientata alle future condizioni climatiche.

5.4.8 Energia

Distribuzione settoriale delle competenze

Comp. concorrente ex art. 117 c. 3 Cost.: produzione, trasporto e distribuzione nazionale dell'energia

Comp. concorrente ex art. 9 punto 9 St. Autonomia: **Utilizzazione delle acque pubbliche, escluse le grandi derivazioni** a scopo idroelettrico.

Comp. concorrente ex art. 13 St. Autonomia: la Provincia ha il potere di disciplinare con **legge provinciale le modalità e le procedure di assegnazione delle concessioni per grandi derivazioni** d'acqua a scopo idroelettrico, inclusa la durata delle concessioni, i criteri per la determinazione dei canoni di concessione, i parametri di sviluppo degli impianti nonché le modalità di valutazione degli aspetti paesaggistici e di impatto ambientale, determinando le conseguenti misure di compensazione.

Tabella 11: Sintesi dei rischi principali, dell'idoneità degli strumenti politici per la gestione dei rischi climatici, dell'orizzonte temporale da considerare e delle responsabilità (P=competenza esclusiva della Provincia, S=competenza esclusiva dello Stato, C=concorrente) per il settore Energia

Rischi chiave settoriali (abbreviatura)	Idoneità	Orizzonte temporale	Responsabilità
Maggiore domanda energetica e aumento del picco di domanda	Media	Medio termine	C
Danni e minore affidabilità delle infrastrutture di trasporto e stoccaggio dell'energia	Bassa	Lungo termine	C
Danni, carenze di energia e potenza e interruzioni della sicurezza dell'approvvigionamento	Media	Lungo termine	C

Ad oggi, nel settore energetico sono solo poche le disposizioni vigenti che siano direttamente rilevanti per l'adattamento. Nell'ambito della pianificazione delle infrastrutture energetiche, ad esempio, manca in gran parte l'aspetto della resilienza e dell'influenza dei rischi climatici sulla sicurezza dell'approvvigionamento (ad es. nella ponderazione delle linee aeree o dei cavi sotterranei). Anche se l'espansione della rete (sovra-regionale) è un'importante misura per ridurre la vulnerabilità di per sé, in alcune aree è evidente la mancanza di componenti dinamiche nella pianificazione e nei processi decisionali, ad es. la mancata considerazione dei costi sistemici dovuti ai rischi climatici nel calcolo dei costi. Le misure, soprattutto per la gestione dei rischi naturali nel settore di Energia, sono in gran parte reattive. Anche se per i grandi progetti infrastrutturali, come i cavi sotterranei, vengono effettuate specifiche analisi di rischio, l'integrazione dei rischi climatici in una pianificazione lungimirante non è pienamente istituzionalizzata. Nel settore delle energie rinnovabili ci sono state agevolazioni, in particolare per l'installazione di impianti fotovoltaici in prossimità degli edifici, ma norme troppo restrittive nel settore degli altri impianti fotovoltaici o eolici, la mancanza di obblighi nell'integrazione delle energie rinnovabili e l'attenzione primaria agli strumenti di sovvenzione rendono difficile concretizzare la necessità di una

diversificazione globale della produzione energetica provinciale, che deriva dalle fluttuazioni dell'offerta e dai conflitti generalmente crescenti per l'utilizzo delle risorse idriche. I corrispondenti rischi economici per gli operatori, così come gli effetti generali delle condizioni climatiche e dei conflitti per le risorse idriche, non sono adeguatamente presi in considerazione nella valutazione dei rischi degli impianti o nell'assegnazione delle concessioni (ad es. come criteri minimi quali l'esposizione, la disponibilità di acqua, i conflitti di utilizzo nella regione, ecc.).

5.4.9 Economia

Distribuzione settoriale delle competenze

Comp. concorrente ex art. 9 punto 3 St. Autonomia: **commercio**

Comp. concorrente ex art. 117 c. 3 Cost.: **produzione, trasporto e distribuzione nazionale dell'energia**

Comp. primaria: ex art. 8 punto 20 St. Autonomia: **industria alberghiera**

Comp. primaria: ex art. 8 punto 9 St. Autonomia: **artigianato**

Comp. primaria ex art. 8 punto 18 St. Autonomia: **comunicazioni e trasporti di interesse provinciale**

Tabella 12: Sintesi dei rischi principali, dell'idoneità degli strumenti politici per la gestione dei rischi climatici, dell'orizzonte temporale da considerare e delle responsabilità (P=competenza esclusiva della Provincia, S=competenza esclusiva dello Stato, C=concorrente) per il settore Economia

Rischi chiave settoriali (abbreviatura)	Idoneità	Orizzonte temporale	Responsabilità
Compromissione della produttività dei lavoratori	Bassa	Breve termine	P
Aumento del consumo energetico e dei costi di stoccaggio e trasporto dei prodotti sensibili alla temperatura	Bassa	Breve termine	C
Danni a edifici, merci immagazzinate, macchinari o attrezzature	Media	Lungo termine	P
Aumento dei conflitti di utilizzo dell'acqua tra diversi settori economici e la cittadinanza	Media	Lungo termine	P + C
Scarsità di approvvigionamento e minore sicurezza dell'approvvigionamento	Bassa	Lungo termine	P
Perdita di competitività delle imprese nazionali a causa di rischi transitori	Media	Medio termine	P + C

Finora la politica economica e industriale della Provincia non si è quasi mai interessata ai rischi climatici settoriali e non presenta contenuti diretti in questo senso nelle relative disposizioni. I rischi climatici di importanza intersettoriale, come i danni alle infrastrutture e ai beni o l'approvvigionamento idrico e i relativi conflitti di utilizzo, sono disciplinati dalle rispettive disposizioni di altri settori e sono quindi parzialmente considerati nella misura sopra descritta. Per quanto riguarda l'approvvigionamento idrico, lo scarico dell'acqua per scopi economici ha solo una priorità bassa in caso di scarsità d'acqua, mentre al contempo aumenta la richiesta di acqua per le attività di raffreddamento, una dicotomia che è già stata descritta in altri settori e che richiede processi di gestione corrispondenti. Nel settore agricolo si promuove la creazione di distretti alimentari per garantire la sicurezza alimentare e le filiere produttive. La sicurezza degli approvvigionamenti deve essere garantita, tra l'altro, con accordi di filiera, ma non viene prestata un'attenzione globale per tutti i comparti economici sul rischio di una riduzione della sicurezza dell'approvvigionamento di materie prime e prodotti intermedi a causa dei rischi climatici che colpiscono i partner commerciali. La situazione è simile per quanto riguarda il rischio che l'aumento delle temperature e le ondate di calore compromettano la produttività dei lavoratori, che viene affrontato in

modo vago negli strumenti di pianificazione sanitaria, ma senza alcuna specificazione riguardo all'impatto sulle attività dei lavoratori o sui costi di stoccaggio e trasporto.

5.5 Mappatura degli stakeholder

Autrici e autore: Chiara Pellegrini, Michael Pörnbacher, Lydia Pedoth

Introduzione

La mappatura degli stakeholder è un processo di identificazione, analisi e classificazione delle diverse parti coinvolte o influenzate da un progetto o un'iniziativa, gli stakeholder appunto (Freeman, 2010). Per questo rapporto che analizza i rischi climatici e fornisce raccomandazioni per l'adattamento ai cambiamenti climatici in Alto Adige, il processo di mappatura ha consentito di individuare molteplici stakeholder che operano direttamente o indirettamente sui temi dell'adattamento ai cambiamenti climatici e che possono essere coinvolti e/o influenzati dall'implementazione delle misure settoriali e transettoriali suggerite in base all'ambito di competenza, contribuendo così ad aumentare la legittimità, l'accettazione e la messa in campo della strategia.

Questa sezione riporta i risultati della mappatura con l'obiettivo di fornire una panoramica generale degli stakeholder aggregati per settori e per macrocategorie, offrendone un'analisi preliminare delle competenze, grado d'influenza e potenziale operativo nella gestione e implementazione delle misure di adattamento ai cambiamenti climatici.

Metodologia

La metodologia utilizzata (Reed et al. 2009), si struttura in tre fasi consecutive a cui hanno contribuito i ricercatori e ricercatrici di Eurac Research. Durante la prima fase, è stato eseguito un brainstorming per identificare gli stakeholder in ognuno dei 14 settori inclusi nello studio¹, che sono e saranno molto probabilmente colpiti dagli impatti dei cambiamenti climatici. Nella seconda fase, ogni stakeholder è stato valutato dal gruppo di ricerca in base al livello percepito di conoscenza, influenza e capacità operativa in ambito di adattamento ai cambiamenti climatici (Andrè et al., 2012). Infine, le valutazioni sono state analizzate statisticamente e gli stakeholder sono stati raggruppati secondo il settore di appartenenza primario e secondario.

Risultati

La mappatura rivela che attualmente sul territorio provinciale operano 178 stakeholder che sono e saranno influenzati dagli impatti del cambiamento climatico (Figura 24). I settori con il numero maggiore di stakeholder coinvolti includono insediamenti e infrastrutture (13 %), agricoltura (11 %), biodiversità e tutela ambientale (10 %), industria e servizi (10 %). Seguono settori con un numero "intermedio" di stakeholder, quello socioculturale e del benessere (8 %), salute e sanità (5 %), selvicoltura (5 %) e protezione civile (5 %). Infine, i settori con il minor numero di stakeholder attivamente impegnati nell'adattamento al cambiamento climatico comprendono energia (4 %), turismo (4 %), e gestione idrica (2 %). In questi settori, la mancanza di stakeholder appartenenti alla società civile organizzata e non organizzata porta a una loro sottorappresentazione nella pianificazione partecipativa e nell'implementazione delle misure di adattamento proposte.

¹ agricoltura, biodiversità e tutela ambientale, energia, selvicoltura, salute e sanità, industria e servizi, insediamenti e infrastrutture, turismo, gestione idrica, protezione civile, educazione, settore socioculturale e del benessere, intersettoriale.

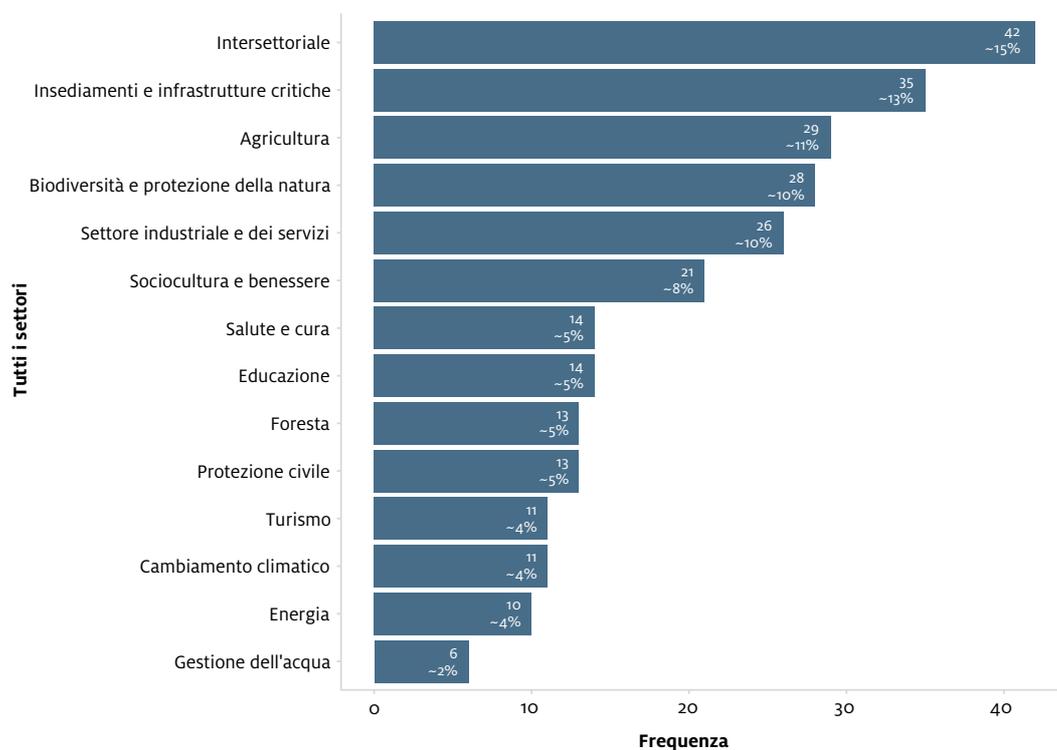


Figura 24: Percentuale e numero di stakeholder per settore

Gli stakeholder mappati sono stati poi classificati in quattro macrocategorie. La categoria “istituzioni e organizzazioni politiche” (44 %) rappresenta la maggioranza degli stakeholder, seguito da industria, business e finanza (30 %), che include aziende, associazioni di aziende e ordini professionali. La terza categoria è rappresentata da organizzazioni della società civile, media e cultura (18 %), di cui fanno parte associazioni culturali, religiose, di tutela ambientale e dell’ambiente alpino. Infine, gli stakeholder del mondo accademico e della ricerca (6 %) includono gli enti di ricerca provinciali. La scarsa partecipazione della società civile e del settore della ricerca costituisce un fattore limitante poiché una parte significativa dell’adattamento si basa sulla sensibilizzazione e sull’informazione alla cittadinanza, e sull’innovazione.

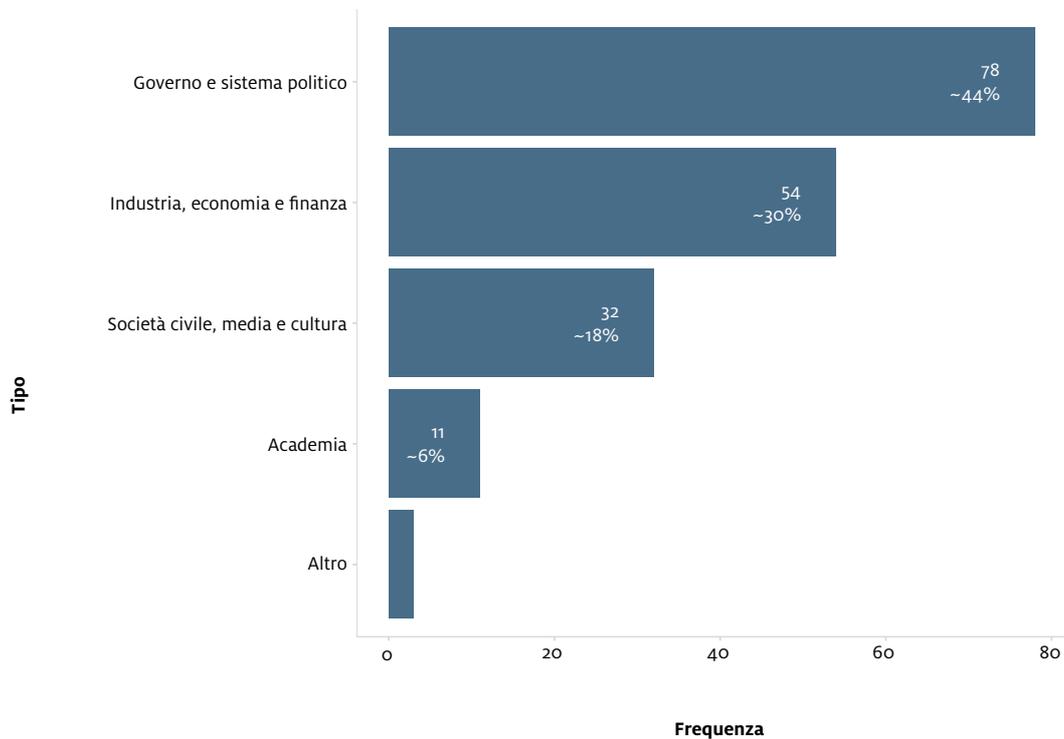


Figura 25: Percentuale e numero di stakeholder per macrocategoria

Per quanto riguarda i risultati della valutazione dei tre criteri di conoscenza, influenza e capacità operativa degli stakeholder in relazione all'adattamento ai cambiamenti climatici, si evidenzia una netta polarizzazione tra gli stakeholder nei diversi settori (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Gli stakeholder del settore selvicoltura, gestione idrica, agricoltura e protezione civile sembrano possedere una buona conoscenza dei rischi climatici. Sono in grado di influenzare il processo decisionale riguardante le misure di adattamento, e possiedono le capacità operative necessarie per tradurre le misure inserite nella strategia in azioni concrete sul campo. Diversamente, il settore biodiversità e tutela ambientale possiede elevate conoscenze e capacità operative per l'adattamento ai cambiamenti climatici, ma risulta il meno influente nei processi decisionali. Questo potrebbe significare una scarsa rappresentanza politica di un settore che risulta cruciale.

Gli stakeholder nei settori dell'energia, degli insediamenti e infrastrutture e del turismo mostrano una conoscenza discreta, un'influenza media ma potenzialmente buone capacità operative. Per questo motivo, un loro coinvolgimento mirato nella pianificazione e implementazione delle misure di adattamento potrebbe favorire positivamente l'attuazione delle azioni proposte nella futura strategia. Infine, gli stakeholder coinvolti nei settori della sanità e salute, educazione, industria e servizi, socioculturale e benessere sembrano avere una conoscenza limitata, scarsa influenza e limitate capacità operative per affrontare l'adattamento ai cambiamenti climatici. Considerando l'importanza sociale di questi settori, risulta fondamentale fornire loro un'adeguata formazione sul tema e coinvolgerli attivamente nella comprensione del loro ruolo nell'adattamento.

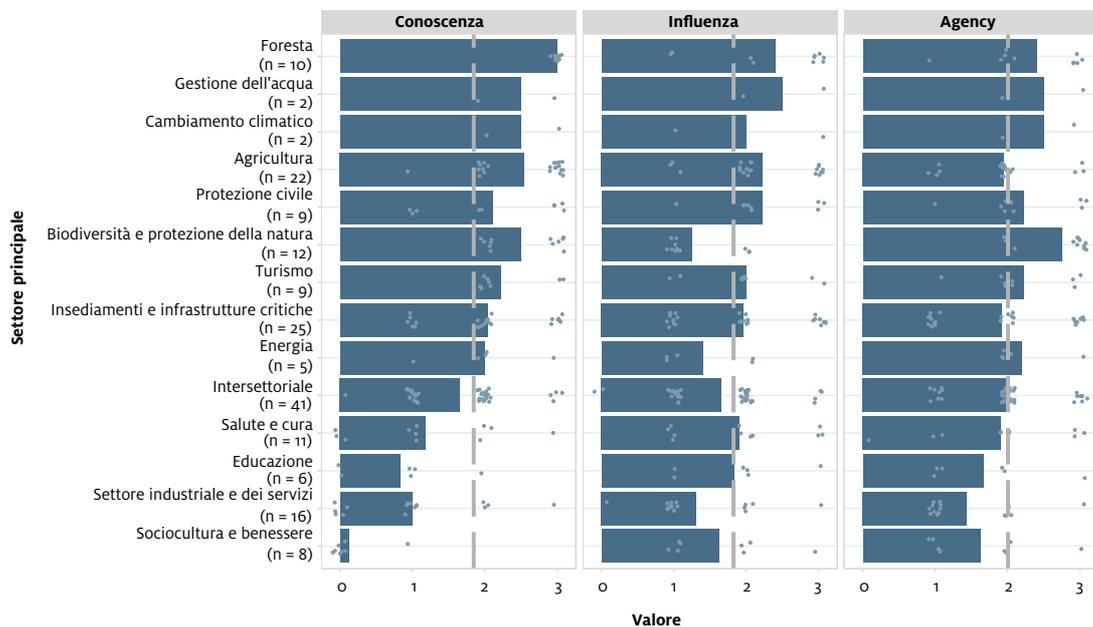


Figura 26: Distribuzione degli stakeholder per grado di conoscenza, influenza e capacità operativa in ogni settore

Sommario

La mappatura degli stakeholder rappresenta un primo passo per identificare e studiare le varie parti coinvolti direttamente e indirettamente nella gestione dei rischi e nell'adattamento ai cambiamenti climatici. Dai risultati preliminari emerge la necessità di un coinvolgimento trasversale e multisettoriale degli stakeholder con l'obiettivo di favorire uno scambio di conoscenze e competenze tra settori che attualmente si trovano a livelli molto diversi per quanto riguarda il tema dell'adattamento: più e meno maturi, più o meno rappresentati. Gli stakeholder che operano in settori chiave come selvicoltura, agricoltura, protezione civile e gestione idrica sono fondamentali per supportare la messa in campo di misure di adattamento, perché possiedono un buon livello di conoscenza, influenza e capacità operativa. D'altra parte, settori di fondamentale importanza economico-sociale come salute e sanità, industria e servizi, educazione, socioculturale e benessere necessitano di ulteriori strumenti e conoscenze per comprendere e affrontare efficacemente i cambiamenti climatici. Infine, settori ad alto livello di conoscenza e capacità operativa come quelli della biodiversità e della tutela ambientale richiedono un maggiore coinvolgimento politico nei processi decisionali per consentire uno scambio di conoscenze a supporto della pianificazione e implementazione delle misure di adattamento. A tal fine, la partecipazione diretta della società civile organizzata e non organizzata, che al momento sembra essere sottorappresentata, risulta fondamentale per la diffusione delle misure tra la popolazione dell'Alto Adige.

Bibliografia

- André, K., Simonsson, L., Swartling, Å. G., & Linnér, B. O. (2012). Method development for identifying and analysing stakeholders in climate change adaptation processes. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 14(3), 243-261.
- Freeman, R. E. (2010). *Strategic Management: A Stakeholder Approach*.
- Reed, M. S., Graves, A., Dandy, N., Posthumus, H., Hubacek, K., Morris, J., ... & Stringer, L. C. (2009). Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *Journal of environmental management*, 90(5), 1933-1949.

6 Valutazione del rischio e sintesi

Autrice e autore: Kathrin Renner, Marc Zebisch

6.1 Valutazione del rischio

L'obiettivo della valutazione del rischio e dell'urgenza consiste nell'identificazione dei rischi climatici che richiedono il maggior numero di interventi. Questa **necessità di azione** deriva da quattro fattori:

- la **gravità dei rischi climatici** (da bassa a molto elevata), sulla base dell'analisi dei rischi dei nove campi d'azione e delle competenze degli esperti
- la **certezza** sui rischi climatici; maggiori sono la conoscenza di un particolare rischio e il grado di consenso su tale conoscenza, più alta è la certezza
- l'**adeguatezza** degli strumenti politici applicabili all'Alto Adige
- l'**orizzonte temporale** in cui l'azione deve essere intrapresa; le misure che hanno lunghi tempi di realizzazione devono essere affrontate con maggiore urgenza rispetto a quelle che possono essere introdotte ad hoc.

Questo capitolo descrive innanzitutto il metodo di accertamento dell'urgenza dei rischi climatici, elencando poi i risultati della valutazione per ogni campo d'azione.

Per ciascuno dei rischi chiave identificati nell'analisi del rischio (cap. 4), la valutazione ha determinato la gravità del rischio su una scala da molto elevata a bassa sulla base dell'analisi del rischio climatico e delle conoscenze degli esperti che hanno effettuato la valutazione. I rischi sono stati valutati per due orizzonti temporali, il presente/futuro prossimo (2021 - 2040) e il futuro a medio termine (2041 - 2060). Occorrerebbe differenziare esplicitamente la gravità del rischio in uno scenario a emissioni alte e basse nel periodo a lungo termine, ma questo non è l'oggetto della presente indagine. Le differenze tra i rischi associate a scenari specifici che coinvolgono fattori climatici e non climatici a medio termine possono essere articolate in forma di testo. Agli esperti che hanno effettuato la valutazione sono state fornite le linee guida utili per procedere, che includevano la definizione dei livelli di valutazione (Tabella 13). La certezza si basa su tipo, quantità, qualità e coerenza delle prove esistenti, oltre che sul grado di consenso in riferimento alle conoscenze attuali.

Tabella 13: Definizioni dei livelli di valutazione dei rischi

4 Livello molto elevato (catastrofico)	Danni e perdite significative e frequenti (circa 1 % del PIL; 100 vittime, 1.000 persone colpite; 10 % del territorio della Provincia). Perdita di funzionalità del sistema, irreversibilità delle conseguenze, grande portata, altissima diffusione, alto potenziale di soglie d'impatto o punti critici, effetti a cascata oltre i confini del sistema, rischio sistemico. Il sistema ha un'importanza fondamentale per l'Alto Adige.
3 Livello elevato (critico)	Danni e perdite significative e frequenti (circa 0,25 - 1 % del PIL; 10 vittime, 100 persone colpite; 5 - 10 % della superficie), interruzione della funzionalità del sistema, effetti a lungo termine, ampia portata e alta diffusione, potenziale di soglie d'impatto o punti critici, effetti a cascata oltre i confini del sistema e rischio sistemico. Il sistema è importante per l'Alto Adige.
2 Livello moderato	Perdite e danni moderati e occasionali (circa 0,05 % - 0,25 % del PIL; 1 vittima; 1 - 5 % della superficie della Provincia), moderata interruzione della funzionalità del sistema; gli effetti sono temporanei o si sviluppano lentamente con estensione/diffusione moderata. Il sistema ha un'importanza media per l'Alto Adige.
1 Livello ridotto	Perdite e danni nulli o bassi o poco frequenti (meno dello 0,05 % del PIL; nessuna interruzione della funzionalità). Il sistema ha scarsa importanza per l'Alto Adige.

6.1.1 Valutazione dell'adeguatezza degli strumenti politici esistenti

Oltre a valutare la gravità dei rischi principali, è stata determinato anche in che misura leggi e linee guida esistenti affrontano i rischi climatici e facilitano gli adattamenti necessari, in relazione alla valutazione della capacità di adattamento. La valutazione dell'adeguatezza degli strumenti politici ha particolare valore per i settori politici di cui la Provincia è competente legalmente (almeno in parte) e può quindi scegliere di intervenire efficacemente per l'adattamento ai rischi climatici.

L'adeguatezza delle leggi e delle linee guida esistenti è stata valutata in tre fasi, da avanzata a ridotta. Il capitolo 5.4 descrive nel dettaglio l'analisi degli strumenti politici.

6.1.2 Valutazione dell'urgenza della necessità di intervento

L'urgenza della necessità di intervento è determinata dalla combinazione tra gravità del rischio e certezza e adeguatezza degli strumenti politici esistenti (Tabella 14). In generale, una maggiore gravità del rischio e una maggiore certezza, combinate con una minore adeguatezza degli strumenti legali, rendono più urgenti le misure politiche raccomandate. I quattro livelli di urgenza (da molto elevata a bassa) variano anche in base alla certezza. Più bassa è la certezza, maggiore è la necessità di ulteriori indagini e misure flessibili.

L'urgenza è definita per un periodo di tempo specifico (presente/futuro prossimo o futuro a medio termine). L'urgenza di agire per i rischi con un orizzonte temporale politico breve è determinata dalla gravità del rischio e dalla certezza per il presente/futuro prossimo, mentre l'urgenza di intervento per i rischi con un orizzonte temporale politico medio o lungo tiene conto della gravità del rischio e della certezza per il futuro a medio termine.

Tabella 14: Matrice di valutazione dell'urgenza

<i>Valutazione dell'urgenza della necessità di intervento</i>				
<i>Gravità del rischio</i>	<i>Certezza</i>	<i>Adeguatezza degli strumenti politici esistenti</i>		
		Avanzata	Media	Bassa
Molto elevata (catastrofica)	Elevata	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	Urgente Necessità di misure urgenti	Urgente Necessità di misure urgenti
	Media	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	Urgente Necessità di misure urgenti e di ulteriori analisi	Urgente Necessità di misure urgenti e di ulteriori analisi
	Ridotta	Elevata Necessità di ulteriori misure flessibili e analisi	Elevata Necessità di ulteriori misure flessibili e analisi	Urgente Necessità di misure urgenti e di ulteriori analisi
Elevata (critica)	Elevata	Media Proseguimento delle misure in corso e ulteriori analisi	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi
	Media	Media Proseguimento delle misure in corso e ulteriori analisi	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi

	Ridotta	Media Proseguimento delle misure in corso e ulteriori analisi	Media Proseguimento delle misure in corso e ulteriori analisi	Elevata Necessità di ulteriori misure flessibili e analisi
Media	Elevata	Ridotta Osservazione di breve durata	Media Proseguimento delle misure in corso e ulteriori analisi	Media Proseguimento delle misure in corso e ulteriori analisi
	Media	Ridotta Osservazione di breve durata	Media Proseguimento delle misure in corso e ulteriori analisi	Media Proseguimento delle misure in corso e ulteriori analisi
	Ridotta	Ridotta Osservazione di breve durata	Ridotta Osservazione di breve durata	Media Proseguimento delle misure in corso e ulteriori analisi
Ridotta	Elevata	Ridotta Osservazione di breve durata	Ridotta Osservazione di breve durata	Ridotta Osservazione di breve durata
	Media	Ridotta Osservazione di breve durata	Ridotta Osservazione di breve durata	Ridotta Osservazione di breve durata
	Ridotta	Ridotta Osservazione di breve durata	Ridotta Osservazione di breve durata	Ridotta Osservazione di breve durata

6.2 Risultati dell'urgenza della necessità di intervento per campo d'azione

I risultati dell'urgenza della necessità di intervento e delle singole componenti per campo d'azione sono riportati qui di seguito, secondo la legenda della Tabella 15.

Tabella 15: Classificazione di urgenza, gravità e certezza.

Urgenza della necessità di intervento		Grado di gravità del rischio		Certezza	
Urgente		1 – 1,5	Molto elevato	+++	Elevata
Elevata		2 – 2,5	Elevato	++	Media
Media		3 – 3,5	Moderato	+	Ridotta
Ridotta		4	Ridotto		

6.2.1 Gestione delle acque

La Tabella 16 illustra la valutazione dell'urgenza della necessità di intervento e le componenti di valutazione dei rischi climatici nel campo d'azione della gestione delle acque.

Tabella 16: elenco delle valutazioni dei rischi climatici nel campo d'azione della gestione delle acque.

Rischi climatici	Urgenza della necessità di intervento	Grado di gravità del rischio		Caratteristiche degli strumenti politici		
		2021 - 2040	2041 - 2060	Adeguatezza degli strumenti politici	Orizzonte temporale della politica	Responsabilità per i rischi
1) Mancanza d'acqua per garantire il deflusso ecologico con impatti sulla salute degli ecosistemi acquatici e peggioramento della qualità dell'acqua	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	2,5 ++	1 ++	Media	A breve termine	Concorrente
2) Aumento di temperatura delle acque, con impatti sulla salute degli ecosistemi	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	3 ++	2 ++	Bassa	A breve termine	Concorrente
3) Aumento del trasporto di sedimenti per effetto dello scioglimento dei ghiacciai, con conseguenti perturbazioni dei bacini e dei sistemi fluviali	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	2 ++	2 ++	Media	A medio termine	Concorrente
4) Diminuzione della quantità e della qualità	Media	2,5 ++	2 ++	Avanzata	A lungo termine	Concorrente

dell'acqua per uso potabile	Proseguimento delle misure in corso e ulteriori analisi					
5) Mancanza d'acqua per l'irrigazione delle colture e dei prati	Elevata Necessità di ulteriori misure flessibili e analisi	2,5 ++	2 ++	Media	A lungo termine	Concorrente
6) Mancanza d'acqua per la produzione di energia elettrica	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	3 ++	2 +	Bassa	A lungo termine	Concorrente
7) Mancanza d'acqua per garantire l'innevamento artificiale	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	3 ++	2 ++	Media	A lungo termine	Concorrente
8) Mancanza d'acqua per garantire gli usi idrici a fini ricreativi nel periodo estivo	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	3 ++	2 ++	Bassa	A lungo termine	Concorrente
9) Danni agli ecosistemi, agli insediamenti e alle infrastrutture a causa delle inondazioni	Urgente Necessità di misure urgenti e di ulteriori analisi	2 +++	1 ++	Media	A lungo termine	Concorrente

6.2.2 Biodiversità

La Tabella 17 illustra la valutazione dell'urgenza della necessità di intervento e le componenti di valutazione dei rischi climatici nel campo d'azione della biodiversità.

Tabella 17: Elenco delle valutazioni dei rischi climatici nel campo d'azione della biodiversità.

Rischi climatici	Urgenza della necessità di intervento	Grado di gravità del rischio		Caratteristiche degli strumenti politici		
		2021 - 2040	2041 - 2060	Adeguatezza degli strumenti politici	Orizzonte temporale della politica	Responsabilità per i rischi
1) Biodiversità dei tipi di foresta rari	Media Proseguimento delle misure in corso e ulteriori analisi	2,5 ++	3 ++	Bassa	A lungo termine	Esclusiva + concorrente
2) Biodiversità forestale: immigrazione di specie vegetali invasive	Urgente Necessità di misure urgenti	1,5 +++	2 ++	Media	A breve termine	Esclusiva
3) Biodiversità forestale: maggiore frequenza di incendi	Media Proseguimento delle misure in corso e ulteriori analisi	2,5 ++	2 +	Avanzata	A medio termine	Esclusiva
4) Habitat alpini: diffusione di specie termofile	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	2,5 ++	2 ++	Media	A medio termine	Esclusiva + concorrente

5) Habitat e specie legati ai ghiacciai	Urgente Necessità di misure urgenti e di ulteriori analisi	2 +++	1 ++	Bassa	A lungo termine	Esclusiva dello Stato e della Provincia + concorrente
6) Specie alpine con sottopopolazioni piccole e isolate	Elevata Necessità di ulteriori misure flessibili e analisi	2 ++	2,5 +	Bassa	A lungo termine	Esclusiva dello Stato e della Provincia + concorrente
7) Comunità di specie dei terreni agricoli ad elevato valore naturalistico	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	2 ++	2 ++	Media	A medio termine	Esclusiva dello Stato e della Provincia + concorrente
8) Comunità di specie di torbiere/laghi a causa di sottopopolazioni piccole e isolate	Urgente Necessità di misure urgenti e di ulteriori analisi	1,5 +++	1 ++	Bassa	A medio termine	Esclusiva dello Stato e della Provincia + concorrente
9) Habitat palustri: perdita di zone umide	Media Proseguimento delle misure in corso e ulteriori analisi	2 ++	3 ++	Media	A medio termine	Esclusiva dello Stato e della Provincia + concorrente
10) Biocenosi lacustri dovute all'eccessiva temperatura dell'acqua	Urgente Necessità di misure flessibili e di ulteriori analisi	2 ++	1,5 +	Bassa	A medio termine	Esclusiva dello Stato e della Provincia + concorrente
11) Biodiversità dei corsi d'acqua dovuta al loro prosciugamento	Urgente Necessità di misure urgenti e di ulteriori analisi	1,5 ++	1,5 ++	Media	A breve termine	Esclusiva dello Stato e della Provincia + concorrente
12) Biodiversità dei corsi d'acqua dovuta a flussi d'acqua insufficienti	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	2 ++	2 ++	Media	A medio termine	Esclusiva dello Stato e della Provincia + concorrente

13) Biodiversità dei corsi d'acqua dovuta a neobiota invasivi	Media Proseguimento delle misure in corso e ulteriori analisi	2 ++	2,5 ++	Avanzata	A breve termine	Esclusiva dello Stato e della Provincia + concorrente
---	--	------	--------	----------	-----------------	---

6.2.3 Agricoltura

La Tabella 18 illustra la valutazione dell'urgenza della necessità di intervento e le componenti di valutazione dei rischi climatici nel campo d'azione dell'agricoltura.

Tabella 18: Elenco delle valutazioni dei rischi climatici nel campo d'azione dell'agricoltura.

Rischi climatici	Urgenza della necessità di intervento	Grado di gravità del rischio		Caratteristiche degli strumenti politici		
		2021 - 2040	2041 - 2060	Adeguatezza degli strumenti politici	Orizzonte temporale della politica	Responsabilità per i rischi
1) Perdita di resa foraggera nelle aree a prato	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	2 ++	2 ++	Bassa	A breve termine	Esclusiva
2) Stress da calore negli allevamenti e calo della resa nell'industria lattiero-casearia	Media Proseguimento delle misure in corso e ulteriori analisi	3 ++	3 ++	Bassa	A medio termine	Esclusiva
3) Calo delle rese o danni alle colture permanenti	Elevata Necessità di ulteriori misure	2 +++	2 +++	Bassa	A breve termine	Esclusiva
4) Svernamento/ sviluppo di nuovi parassiti	Media Proseguimento delle misure in corso	2 +++	2 +++	Avanzata	A breve termine	Esclusiva
4) Minore garanzia di resa e qualità dei prodotti nei seminativi e nelle colture orticole	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	2 ++	1 ++	Bassa	A breve termine	Esclusiva
5) Aumento dei costi di produzione a causa delle misure di protezione attiva	Elevata Necessità di ulteriori misure	2 +++	2 +++	Media	A breve termine	Esclusiva

6.2.4 Gestione forestale

La Tabella 19 illustra la valutazione dell'urgenza della necessità di intervento e le componenti di valutazione dei rischi climatici nel campo d'azione della gestione forestale.

Tabella 19: Elenco delle valutazioni dei rischi climatici nel campo d'azione della gestione forestale.

Rischi climatici	Urgenza della necessità di intervento	Grado di gravità del rischio		Caratteristiche degli strumenti politici		
		2021 - 2040	2041 - 2060	Adeguatezza degli strumenti politici	Orizzonte temporale della politica	Responsabilità per i rischi
1) Danni alle foreste dovuti a una maggiore frequenza e gravità di fenomeni meteo estremi	Urgente Necessità di misure urgenti	2 +++	1 +++	Media	A lungo termine	Esclusiva
2) Scomparsa o spostamento spaziale delle specie arboree nella zona altitudinale	Elevata Necessità di ulteriori misure	3 ++	2 +++	Bassa	A lungo termine	Esclusiva
3) Danneggiamento e scomparsa di vaste aree forestali a causa di parassiti/malattie/perdita di vitalità	Urgente Necessità di misure urgenti	1 +++	1 +++	Media	A lungo termine	Esclusiva
4) Emissioni di carbonio da incendi boschivi/sparizione di vaste aree forestali/riduzione dell'immagazzinamento del carbonio	Media Proseguimento delle misure in corso e ulteriori analisi	3 ++	2 ++	Avanzata	A medio termine	Esclusiva
5) Riduzione della funzione di stoccaggio dell'acqua e della sua qualità	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	2 ++	2 ++	Media	A lungo termine	Esclusiva
6) Rischio di riduzione/perdita della funzione protettiva della foresta a seguito di danni e declino dei popolamenti forestali	Urgente Necessità di misure urgenti	1 +++	1 +++	Avanzata	A lungo termine	Esclusiva

6.2.5 Salute

La Tabella 20 illustra la valutazione dell'urgenza della necessità di intervento e le componenti di valutazione dei rischi climatici nel campo d'azione della salute.

Tabella 20: elenco delle valutazioni dei rischi climatici nel campo d'azione della salute.

Rischi climatici	Urgenza della necessità di intervento	Grado di gravità del rischio		Caratteristiche degli strumenti politici		
		2021 - 2040	2041 - 2060	Adeguatezza degli strumenti politici	Orizzonte temporale della politica	Responsabilità per i rischi
1) Stress da calore e freddo e inquinamento atmosferico	Urgente Necessità di misure urgenti e di ulteriori analisi	2 ++	1 ++	Bassa	A medio termine	Concorrente
2) Malattie infettive legate al clima	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	2 ++	1,5 ++	Media	A breve termine	Concorrente
3) Aumento dei disastri naturali e delle emergenze all'aperto	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	2 ++	2 ++	Media	A medio termine	Concorrente
4) Malattie di origine idrica e alimentare	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	2,5 ++	2,5 ++	Bassa	A medio termine	Concorrente

6.2.6 Turismo

La Tabella 21 illustra la valutazione dell'urgenza della necessità di intervento e le componenti di valutazione dei rischi climatici nel campo d'azione del turismo.

Tabella 21: Elenco delle valutazioni dei rischi climatici nel campo d'azione del turismo.

Rischi climatici	Urgenza della necessità di intervento	Grado di gravità del rischio		Caratteristiche degli strumenti politici		
		2021 - 2040	2041 - 2060	Adeguatezza degli strumenti politici	Orizzonte temporale della politica	Responsabilità per i rischi
1) Diminuzione dell'interesse per il turismo invernale	Elevata Necessità di ulteriori misure	3 ++	2 +++	Bassa	A lungo termine	Esclusiva
2) Sicurezza delle persone durante la stagione turistica estiva	Elevata Necessità di ulteriori misure	3 ++	2 +++	Media	A medio termine	Esclusiva
3) Sicurezza delle persone durante la stagione turistica invernale	Media	3 ++	3 ++	Media	A medio termine	Esclusiva

	Proseguimento delle misure in corso e ulteriori analisi					
4) Danni alle infrastrutture turistiche	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	3 ++	2 ++	Media	A lungo termine	Esclusiva + concorrente
5) Riduzione della qualità della vita per la popolazione locale, minore consapevolezza nei confronti del turismo	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	2+++	2++	Bassa	A medio termine	Esclusiva
6) Sovraccarico del sistema sanitario pubblico e delle infrastrutture di mobilità nelle destinazioni turistiche	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	2 ++	2 ++	Bassa	A lungo termine	Concorrente

6.2.7 Insedimenti, infrastrutture e patrimonio culturale

La Tabella 22 illustra la valutazione dell'urgenza della necessità di intervento e le componenti di valutazione dei rischi climatici nel campo d'azione degli insediamenti, delle infrastrutture e del patrimonio culturale.

Tabella 22: Elenco delle valutazioni dei rischi climatici nel campo d'azione degli insediamenti, delle infrastrutture e del patrimonio culturale.

Rischi climatici	Urgenza della necessità di intervento	Grado di gravità del rischio		Caratteristiche degli strumenti politici		
		2021 - 2040	2041 - 2060	Adeguatezza degli strumenti politici	Orizzonte temporale della politica	Responsabilità per i rischi
1) Danni e deterioramento di edifici residenziali, strutture produttive, infrastrutture di trasporto e spazi pubblici	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	2 +++	2 ++	Media	A lungo termine	Esclusiva + concorrente
2) Danni e riduzione della qualità delle infrastrutture e dei servizi sanitari	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	2,5 ++	2 ++	Media	A lungo termine	Esclusiva + concorrente
3) Danni e deterioramento delle infrastrutture e dei servizi per la comunità	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	2 ++	2 ++	Media	A lungo termine	Esclusiva + concorrente
4) Danni, perdita e deterioramento del patrimonio culturale	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	2 ++	2 ++	Media	A medio termine	Esclusiva

5) Perdita di interesse per il territorio e il turismo	Media Proseguimento delle misure in corso e ulteriori analisi	3 ++	3 ++	Bassa	A medio termine	Esclusiva
--	--	------	------	-------	-----------------	-----------

6.2.8 Energia

La Tabella 23 illustra la valutazione dell'urgenza della necessità di intervento e le componenti di valutazione dei rischi climatici nel campo d'azione dell'energia.

Tabella 23: elenco delle valutazioni dei rischi climatici nel campo d'azione dell'energia

Rischi climatici	Urgenza della necessità di intervento	Grado di gravità del rischio		Caratteristiche degli strumenti politici		
		2021 - 2040	2041 - 2060	Adeguatezza degli strumenti politici	Orizzonte temporale della politica	Responsabilità per i rischi
1) Maggiore domanda energetica e aumento del picco di domanda	Urgente Necessità di misure urgenti e di ulteriori analisi	2 +++	1,5 ++	Media	A medio termine	Concorrente
2) Danni e minore affidabilità delle infrastrutture di trasporto e stoccaggio dell'energia	Media Proseguimento delle misure in corso e ulteriori analisi	3,5 ++	3 +	Bassa	A lungo termine	Concorrente
3) Danni, carenze di energia e potenza e interruzioni della sicurezza dell'approvvigionamento	Media Proseguimento delle misure in corso e ulteriori analisi	3 ++	3 ++	Media	A lungo termine	Concorrente

6.2.9 Economia

La Tabella 24 illustra la valutazione dell'urgenza della necessità di intervento e le componenti di valutazione dei rischi climatici nel campo d'azione dell'economia.

Tabella 24: Elenco delle valutazioni dei rischi climatici nel campo d'azione dell'economia

Rischi climatici	Urgenza della necessità di intervento	Grado di gravità del rischio		Caratteristiche degli strumenti politici		
		2021 - 2040	2041 - 2060	Adeguatezza degli strumenti politici	Orizzonte temporale della politica	Responsabilità per i rischi
1) Indebolimento della produttività dei dipendenti	Media Proseguimento delle misure in corso e ulteriori analisi	3 ++	3 ++	Bassa	A breve termine	Esclusiva

2) Aumento del consumo di energia e dei costi di stoccaggio e trasporto	Media Proseguimento delle misure in corso e ulteriori analisi	3 ++	3 ++	Bassa	A breve termine	Concorrente
3) Danni a edifici, beni immagazzinati, macchinari o attrezzature	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	3 ++	2 ++	Media	A lungo termine	Esclusiva
4) Aumento dei conflitti per l'uso dell'acqua	Elevata Necessità di ulteriori misure e analisi	2 ++	2 +++	Media	A lungo termine	Esclusiva + concorrente
5) Problemi di approvvigionamento e riduzione della sicurezza delle forniture	Media Proseguimento delle misure in corso e ulteriori analisi	3 +	3 +	Bassa	A lungo termine	Esclusiva
6) Perdita di competitività delle imprese locali a causa di rischi transitori	Ridotta Osservazione di breve durata	4 +	3 +	Media	A medio termine	Esclusiva + concorrente

6.3 Sintesi

La valutazione dei **58 rischi chiave** evidenzia un quadro differenziato dei rischi climatici, della loro gravità e dell'urgenza delle misure.

Sussiste un'**urgente necessità di intervento** per **11** rischi chiave nei seguenti settori:

- **acqua** (danni causati dalle inondazioni agli ecosistemi e alle infrastrutture)
- **biodiversità** (danni causati da caldo, siccità e mancanza d'acqua alle comunità di specie e agli habitat di zone umide, torbiere, laghi e fiumi, rischi per gli habitat e le specie legate ai ghiacciai, rischi per gli ecosistemi forestali a causa dell'immigrazione di specie invasive)
- **gestione forestale** (danni alle foreste a causa di eventi meteorologici estremi più frequenti e più intensi, danni e scomparsa di vaste aree forestali a causa di parassiti/malattie/decremento della vitalità, rischio di riduzione/perdita della funzione protettiva delle foreste a causa di danni e declino del patrimonio forestale)
- **salute** (problemi di salute dovuti al caldo estremo)
- **energia** (crescente domanda di energia nei periodi caldi con un minore potenziale per l'energia idroelettrica).

La **necessità di intervento** è stata valutata "**elevata**" per **31** rischi chiave. Questi rischi sono presenti in tutte le aree e in tutti i settori. Per **15** rischi chiave è stata individuata una necessità di intervento **media**. Solo un rischio chiave ha una necessità di intervento **bassa**.

4 rischi presentano già un **grado di gravità molto elevato** nel **presente e nel prossimo futuro** (2021-2040) (rischi di danni alle foreste e di riduzione della funzione protettiva delle foreste, nonché danni agli ecosistemi forestali da parte di specie invasive e danni agli ecosistemi dei corsi d'acqua), altri **35** rischi presentano un **grado di gravità elevato**.

Nel **medio termine (2041-2060)**, il numero di rischi con un **grado di gravità molto elevato** sale a **13**. Nel medio termine, solo 11 dei 58 rischi chiave sono classificati come "moderati", il che conferma la valutazione di un aumento significativo dei rischi climatici nei prossimi 20 anni.

Per 4 degli 11 rischi che richiedono un intervento **urgente**, l'**adeguatezza degli attuali strumenti politici** è classificata come "bassa". Per i rischi con un'**elevata** necessità di intervento, l'idoneità degli attuali strumenti politici è attestata come bassa per 12 rischi e media per 19. Questa valutazione sottolinea la mancanza di adattamento al clima in queste aree.

9 degli 11 rischi con necessità di intervento urgente hanno un **orizzonte temporale a medio o lungo termine per le misure**, richiedono cioè lunghi tempi di realizzazione delle misure o devono essere pianificate misure orientate a cambiamenti climatici sul lungo periodo (come nel campo della gestione forestale).

27 dei 42 rischi con un'urgente o elevata necessità di intervento hanno **responsabilità di rischio** almeno parzialmente "**concorrenti**", il che è associato a una maggiore necessità di coordinamento orizzontale (nazionale, provinciale, comunale)

Gli ambiti con la più alta percentuale di valutazioni di rischio molto elevato o elevato (gravità, urgenza) sono **le acque, la biodiversità, la gestione forestale e la salute**, cioè aree che risentono fortemente degli impatti climatici diretti.

L'economia ottiene la valutazione di rischio più bassa e ciò può essere dovuto anche alla mancanza di conoscenze e al basso livello di certezza sui rischi in questo settore. Inoltre, è più difficile effettuare un'analisi e una valutazione concreta in questo ambito a causa della complessità degli impatti climatici sull'economia.

Figura 27 riassume e semplifica i rischi chiave con necessità di intervento da elevata a urgente, i relativi fattori di rischio climatici e non climatici e il relativo impatto, i rischi a cascata tra i sistemi esposti.

Appare chiaro che:

- gli impatti e i rischi climatici spesso partono da effetti climatici diretti su acqua, ecosistemi, biodiversità o gestione forestale, per poi riversarsi a cascata su altri settori (ad es. insediamenti, energia, turismo). Di conseguenza, la manutenzione, la protezione e l'adattamento al clima delle foreste e degli altri ecosistemi svolgono un ruolo importante nell'adattamento al clima. Gli ecosistemi intatti possono, ad esempio, ridurre al minimo il rischio di movimenti di masse e frane (foreste di protezione), trattenere l'acqua nel paesaggio durante la siccità e fungere da aree di ritenzione durante le inondazioni, oltre a fornire refrigerio durante la stagione calda (ad es. in città).

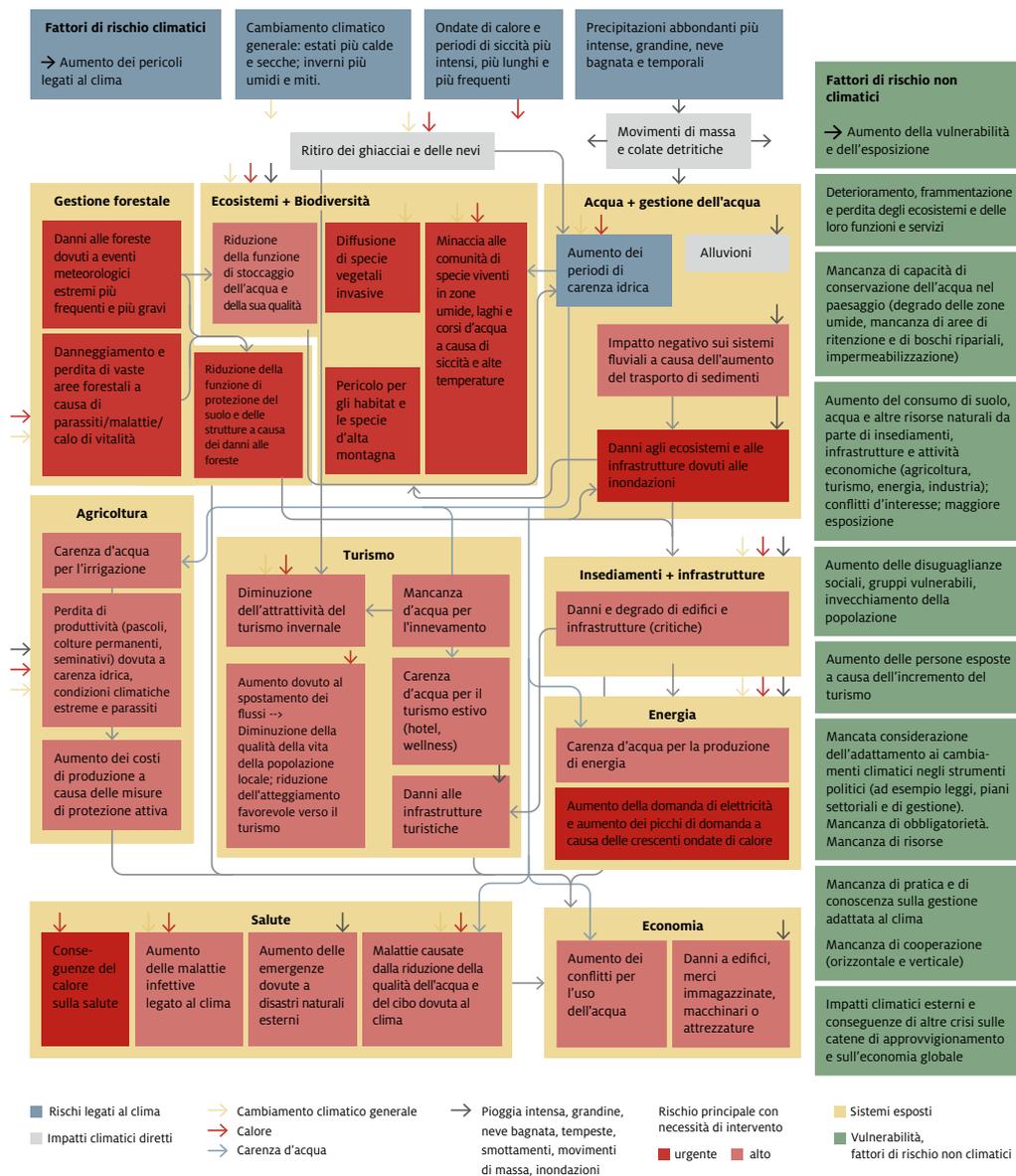


Figura 27: Panoramica sintetica sui rischi principali con necessità di intervento da alta a urgente, i fattori di rischio climatici e non climatici e l'impatto e le cascate di rischio tra i sistemi esposti

- I rischi climatici con una necessità di intervento da elevata a molto elevata sono causati principalmente dalla crescente intensità dei fenomeni climatici estremi che consistono, pressoché in egual misura, in caldo estremo, piogge intense, grandine, neve bagnata e tempeste. Il cambiamento climatico generale verso estati più calde e inverni più miti influisce su ecosistemi (spostamento dello spettro delle specie), agricoltura e gestione forestale, turismo e salute.
- La scarsità d'acqua durante i periodi di siccità è una conseguenza climatica importante che determina rischi climatici e conflitti d'uso in diversi settori (agricoltura, turismo, energia, salute, economia). Essa è causata tanto da fattori climatici (siccità, periodi di siccità), quanto dalla mancanza d'acqua, dalla diminuzione della capacità del paesaggio di trattenere l'acqua e dalla crescente richiesta di acqua, soprattutto nei settori dell'agricoltura e del turismo.
- Indirettamente, quasi tutti i rischi chiave si ripercuotono anche sull'economia, come dimostrano gli ingenti danni economici provocati da fenomeni specifici nelle immediate vicinanze dell'Alto Adige negli ultimi anni.

I fattori di rischio non climatici sono più numerosi e più complessi di quelli climatici. Possono essere classificati in fattori che:

- aumentano, direttamente o indirettamente, la vulnerabilità dei sistemi esposti (ad es. il danneggiamento e la frammentazione degli ecosistemi, l'impermeabilizzazione, l'aumento del consumo di acqua, ma anche l'invecchiamento della popolazione e l'aumento delle disuguaglianze sociali);
- accrescono l'esposizione (ad es. un incremento del turismo, che aumenta il numero di persone esposte, un maggior numero di edifici e infrastrutture in zone potenzialmente pericolose in futuro);
- portano a una carente capacità di adattamento e quindi aumentano la vulnerabilità (ad es. insufficiente attenzione ai cambiamenti climatici nella pianificazione del territorio, dell'uso dell'acqua e delle zone di pericolo, mancanza di accordi, cooperazione orizzontale e verticale inadeguata, conoscenze insufficienti, mancanza di risorse);
- finora non sono ancora stati presi in considerazione i rischi climatici derivanti dagli impatti climatici e da altre ripercussioni al di fuori dell'Alto Adige, ad es. sui prezzi dei mangimi, sul mercato dell'energia elettrica, sulla necessità di rifornire di acqua le aree a valle o impatti climatici globali sulla produzione e sulle rotte di approvvigionamento delle risorse produttive e operative essenziali.

Dall'analisi emerge che nel complesso l'Alto Adige risulta già esposto a numerosi rischi climatici, anche elevati, nel presente e nel futuro prossimo. Per la sua posizione in mezzo alle Alpi e la sua morfologia, l'Alto Adige è interessato da rischi specifici (come movimenti di massa e colate di fango) e ha una percentuale relativamente alta di ecosistemi, in particolare di foreste, che in linea di principio possono mitigare i rischi climatici. Tuttavia, proprio le foreste sono state gravemente danneggiate negli ultimi anni da siccità, tempeste, rottura di rami causata dalla neve, bostrico, e il loro effetto protettivo si è ridotto. Altri ecosistemi (ad es. zone umide, torbiere, foreste ripariali) sono stati danneggiati e frammentati dall'uso intensivo e possono svolgere la loro funzione di protezione solo limitatamente.

Finora gli strumenti politici in Alto Adige non hanno tenuto realmente conto dei cambiamenti climatici, se non in minima parte. Grazie a un'organizzazione e un'amministrazione generalmente valide, in alcune aree gli strumenti sono comunque idonei a rendere minimi gli impatti e i rischi climatici, almeno per il presente e il futuro prossimo, ma già nel medio termine l'adattamento al cambiamento climatico risulterà carente in tutti i settori. Poiché molte delle misure di adattamento hanno un lungo orizzonte di pianificazione (ad es., nei settori delle acque, della gestione forestale e dell'energia), spesso la necessità di intervento diventa quindi impellente.

7 Raccomandazioni

Autrici e autori: Michael Pörnbacher, Marc Zebisch, Lydia Pedoth, Giacomo Bertoldi, Andreas Hilpold, Verena Kircher, Christian Hoffmann, Giulia Roveri, Philipp Corradini, Andrea Omizzolo, Matteo Giacomo Prina, Jakob Bisignano

Il presente capitolo conclusivo descrive le strategie di adattamento prioritarie e intersettoriali e le raccomandazioni settoriali. Fornisce inoltre le raccomandazioni sui passi da compiere per avanzare verso una reale pianificazione dell'adattamento; queste raccomandazioni sono state ricavate dall'analisi dei rischi climatici e degli strumenti politici, dalle raccomandazioni a livello nazionale (Italia, Austria), dai risultati dei workshop e dal feedback sulla valutazione del rischio, nonché da ulteriori feedback dell'amministrazione attraverso un processo di revisione.

7.1 Strategie di adattamento prioritarie e campi d'azione

Le strategie di adattamento prioritarie qui elencate si riferiscono a campi d'azione che richiedono interventi urgenti (come risultato dell'analisi del rischio) e sono fondamentali per la riduzione dei rischi climatici per l'intero sistema "Alto Adige".

La **tutela e il ripristino degli ecosistemi, in particolare delle foreste e delle loro funzioni**, e il ricorso a **soluzioni basate sulla natura** sono alcuni dei pilastri fondamentali dell'adattamento ai cambiamenti climatici, come sottolineato dalla nuova legge UE sul ripristino della natura¹ (cfr. anche le raccomandazioni per il settore della *Biodiversità* e della *Gestione forestale*).

- Gli ecosistemi, in particolare le foreste, le torbiere e le pianure alluvionali, svolgono una serie di funzioni che riducono gli effetti a cascata sui sistemi a valle, proteggendo le strutture umane dagli impatti climatici. Le foreste di protezione difendono dai pericoli gravitazionali, le torbiere e gli spazi verdi immagazzinano acqua nei periodi di siccità, assorbono l'acqua durante le forti precipitazioni e accumulano carbonio, mentre le pianure alluvionali riducono il pericolo di inondazioni. La conservazione e il ripristino degli ecosistemi funzionali dovrebbero quindi godere di un'importanza adeguata negli strumenti di pianificazione intersettoriale e settoriale.
- Attualmente i sistemi naturali dell'Alto Adige (ad es. foreste, zone umide, ecc.) risultano già compromessi da sfruttamento, frammentazione, invasione di specie infestanti e fenomeni climatici estremi.
 - Le foreste, in particolare, vengono danneggiate gravemente e su larga scala e il loro effetto di protezione si riduce per il susseguirsi di danni da tempesta (Vaia, 2018), rottura di rami a causa della neve (2019+2020), siccità (2022) e infestazione di bostrico (2023-oggi).
 - Le zone umide (torbiere), i laghi e i corsi d'acqua sono particolarmente vulnerabili ai cambiamenti climatici (siccità, temperature elevate, ecc.).
 - Per arrivare ad avere ecosistemi resilienti al clima, occorre sottoporli a un adattamento attivo (ad es. conversione delle foreste in foreste miste resilienti al clima, rinaturalizzazione o ripristino delle foreste alluvionali, riumidificazione delle torbiere). Il monitoraggio sistematico delle condizioni di questi sistemi aiuta a identificare le misure di adattamento utili.
- Le soluzioni basate sulla natura e le infrastrutture blu-verdi (una rete di spazi verdi e corpi idrici semi-naturali) sono ideali per l'adattamento ecosistemico ai cambiamenti climatici e presentano una serie di effetti collaterali positivi, come l'aumento della biodiversità, la ritenzione idrica e il miglioramento della qualità dell'aria e dell'acqua. La conservazione proattiva di queste aree nella pianificazione degli insediamenti e la conseguente riduzione dell'impermeabilizzazione del suolo contribuiscono a preservare queste molteplici funzioni ecosistemiche. Cfr. le raccomandazioni del gruppo di lavoro PLANALP (Rudolf-Miklau, 2022).
- Questo può portare a conflitti d'uso del territorio rispetto agli usi esistenti o auspicati per il futuro (agricoltura, insediamenti, turismo, commercio, trasporti). Bisognerebbe dare priorità alla conservazione degli ecosistemi e delle loro funzioni, soprattutto se questi contribuiscono all'adattamento ai cambiamenti climatici nel modo descritto sopra. La moderazione dei conflitti corrispondenti avrà una funzione centrale nell'adattamento ai cambiamenti climatici (cfr. i commenti sul "ruolo della pianificazione territoriale" nel capitolo 7.2).
- Allo stesso tempo deve essere garantita la fornitura di servizi ecosistemici chiave, che includano, ad esempio, la produzione sostenibile di legno, cibo e mangimi, la garanzia dell'approvvigionamento idrico e la protezione delle aree di insediamento (obiettivo del Piano per il clima 2040).

¹ Secondo la nuova legge europea sul ripristino della natura, tutti gli ecosistemi che necessitano di essere recuperati devono essere ripristinati entro il 2050. Gli Stati membri sono tenuti a riportare almeno il 30 % degli habitat specificati nel regolamento (foreste, pascoli e zone umide, fiumi e laghi) da condizioni mediocri a buone entro il 2030; entro il 2040, l'obiettivo è il 60 % e nel 2050 il 90 %.

In futuro la gestione integrata delle risorse **idriche** assumerà sempre maggiore importanza, soprattutto in situazioni estreme (siccità, alluvioni), tenendo conto di tutti i sistemi che impiegano l'acqua (acqua potabile, agricoltura, energia, industria, turismo, ecosistemi, rivieraschi di valle) (cfr. raccomandazioni per il settore *Gestione delle acque*).

- D'estate è molto probabile che la disponibilità idrica subisca un lieve calo nelle acque superficiali. Anche l'aumento delle temperature può avere un impatto negativo sulla qualità dell'acqua. Episodi di siccità sempre più intensi e prolungati (anche per diversi mesi o anni) possono causare gravi carenze idriche. L'Alto Adige, in quanto rivierasco di monte responsabile dell'Adige, dovrà inoltre fornire una maggiore quantità di acqua alle regioni del basso corso dell'Adige (Trentino, Veneto), potenzialmente più interessate dalla siccità.
- Il fabbisogno di acqua è in aumento e continuerà a crescere. L'acqua viene utilizzata per il consumo umano, in agricoltura, per produrre neve, per le infrastrutture turistiche, l'industria e la produzione di energia e anche gli ecosistemi in prossimità dei fiumi e delle falde acquifere necessitano di più acqua dato l'aumento del fenomeno dell'evaporazione. Inoltre, per mantenere vitale la popolazione ittica, si deve poter disporre di un'adeguata quantità di acqua residua di buona qualità (temperatura, nutrienti). Nei concetti di utilizzo dell'acqua (compreso il Piano generale dell'utilizzazione delle acque pubbliche) questo "nesso" tra ecosistemi, produzione alimentare, energia e altri usi andrebbe tenuto in maggiore considerazione e gli eventuali conflitti d'uso (compresi quelli sistemici) che si verrebbero a creare dovrebbero essere affrontati in una fase precoce e attraverso disposizioni dinamiche e flessibili. Si deve continuare a dare priorità alla garanzia di un deflusso minimo ecologico.
- Bisogna ridurre di conseguenza il consumo di acqua in tutti i settori ed elaborare piani di emergenza intersettoriali (ad es. nel Piano generale dell'utilizzazione delle acque pubbliche) e settoriali per le situazioni di siccità, che non dovrebbero consentire (come finora è stato) un utilizzo eccessivo di acqua (ad es. per scopi agricoli) ma che, al contrario, dovrebbero limitarne l'uso per garantire un volume d'acqua residuo sufficientemente elevato o addirittura maggiorato per gli ecosistemi, gli stock ittici e gli utenti a valle.
- I danni causati dalle inondazioni, sia su piccola scala in seguito a fenomeni localizzati di forti precipitazioni, sia sui fiumi principali, Isarco e Adige, dopo eventi piovosi prolungati (depressione sul Golfo di Genova, situazione della tempesta Vaia), potrebbero aumentare in futuro. Negli ultimi anni tali episodi hanno già provocato gravi incidenti nelle regioni limitrofe (Valle D'Aosta, Svizzera, Austria, Baviera giugno 2024, Slovenia agosto 2023) con danni ingenti per miliardi di euro. Per la protezione dalle inondazioni, è auspicabile un programma coordinato di misure che preveda soluzioni basate sulla natura (ad es. allargamento dei fiumi, aree di ritenzione), soluzioni tecniche (protezione delle proprietà, come dighe e bacini di ritenzione) e una pianificazione del territorio e delle zone di pericolo che identifichi la futura estensione delle pianure alluvionali, esonerandole da usi critici. Un valido sistema di monitoraggio e allerta precoce per la gestione delle emergenze è fortemente raccomandato.
- Occorre preservare la capacità naturale del paesaggio di immagazzinare acqua e, come previsto dalla nuova legge UE sul ripristino della natura, potenziarla attraverso misure di rivitalizzazione (ad es. il ripristino della funzione naturale delle pianure alluvionali). I bacini artificiali e i bacini di ritenzione (compresi quelli di nuova costruzione) possono integrare in questa funzione le soluzioni basate sulla natura, ma devono essere pianificati con cura e in modo da salvaguardare l'equilibrio naturale e devono essere progettati per usi multifunzionali. I cambiamenti climatici non devono essere una giustificazione per costruire nuovi bacini artificiali.
- In futuro la gestione integrata del bacino idrografico dell'intero Adige dovrebbe rivestire un ruolo di rilievo.

Un aumento degli episodi di siccità e una potenziale riduzione dell'approvvigionamento idrico in estate possono ripercuotersi negativamente sulla **produzione di energia elettrica** da fonte idroelettrica e poiché la domanda di elettricità aumenterà nel corso della transizione energetica (pompe di calore,

mobilità elettrica), questo effetto deve essere tenuto in considerazione nella gestione del sistema energetico e nella pianificazione del potenziamento delle energie rinnovabili (cfr. raccomandazioni per il settore *Energia*)

La salvaguardia delle **infrastrutture critiche** riveste un ruolo importante nell'ipotesi di un aumento del rischio di eventi estremi (cfr. raccomandazioni su *Insedimenti, infrastrutture e beni culturali*).

- I danni alle infrastrutture critiche, come quelle per la produzione di energia, la fornitura di elettricità, le strade e le linee ferroviarie, la sanità, la produzione e lo stoccaggio di alimenti, nonché le strutture statali e provinciali, hanno conseguenze particolarmente critiche per la popolazione altoatesina.
- Nelle analisi di rischio già esistenti per i grandi progetti infrastrutturali (rete elettrica, ferrovie e autostrade, ecc.), che esulano dalle disposizioni della pianificazione delle zone di pericolo e che andrebbero ampliate integrandole con misure tecniche, naturalistiche, logistiche, normative, istituzionali e di sensibilizzazione, bisognerebbe includere una componente esplicita di rischio climatico.
- Questo compito può essere coordinato dalla Protezione Civile, ma richiede il coinvolgimento di altri dipartimenti e divisioni.

La tutela della **salute** della popolazione e l'adeguamento del **sistema sanitario** (cfr. raccomandazioni per il settore *Salute*) hanno la massima priorità. La salute delle persone in Alto Adige è particolarmente compromessa dall'aumento degli eventi di calore, ma anche dall'incidenza di malattie infettive legate al clima e dall'intensificarsi dei pericoli naturali. Conseguenze possibili che incidono su una società sempre più vulnerabile (invecchiamento della popolazione) e su un sistema sanitario già molto provato. La creazione di un sistema sanitario resiliente (al clima) è quindi una delle massime priorità.

7.2 Principi intersettoriali per una strategia di adattamento

I principi elencati sono fondamentali per un approccio sistematico e intersettoriale all'adattamento (come richiesto dalla Strategia di adattamento dell'UE) e per il cosiddetto "mainstreaming" (in italiano potrebbe essere "integrazione") dell'adattamento in tutti gli strumenti e le pratiche politiche di rilievo. Questi principi sono menzionati anche nei capitoli successivi dedicati alle raccomandazioni settoriali.

Lo sfruttamento oculato del territorio e delle risorse naturali grazie a una **pianificazione territoriale compatibile con il clima** è un elemento fondamentale dell'adattamento ai cambiamenti climatici. Si dovrebbero perseguire i seguenti principi di pianificazione:

- uso responsabile del territorio. L'obiettivo dell'impermeabilizzazione netta di suolo a zero presente nel piano per il clima svolge un ruolo importante in questo ambito (interruzione dell'impermeabilizzazione, recupero delle aree impermeabilizzate o degradate, rispetto coerente dello sviluppo all'interno dei confini degli insediamenti);
- progettazione delle città e dei centri urbani (strategie di piantumazione, ombreggiamento...), fornitura di sufficienti spazi verdi e aperti e realizzazione del principio delle "città spugna", integrando gli aspetti della gestione dei pericoli naturali e della tutela della salute nelle disposizioni di pianificazione territoriale.
- dovrebbe essere presa in considerazione la creazione di nuove aree rinaturalizzate, con importanti funzioni di adattamento in caso di cessazione dell'attuale utilizzo (ad es. allargamento dei fiumi con la creazione di aree di ritenzione naturale) e ancorata a strumenti corrispondenti;
- è necessario sviluppare un processo socialmente equo e partecipativo per i probabili conflitti d'uso;
- consolidare in generale a tutti i livelli la pianificazione territoriale, e, nello specifico, la considerazione vincolante della prevenzione e dell'adattamento ai cambiamenti climatici (ad es. nella legge su territorio e paesaggio, nelle ordinanze di attuazione, nei programmi di sviluppo comunali; cfr "Consolidare la governance").

Consolidare la governance uniformando gli strumenti politici ai rischi climatici, adeguando le strutture istituzionali e garantendo adeguate risorse.

- Principi trasversali:
 - rendere più dinamica la pianificazione grazie all'integrazione dei rischi climatici negli strumenti di pianificazione settoriale e intersettoriale (strategici), che spesso sono orientati solo allo status quo (ad es. pianificazione degli spazi verdi, norme tecniche nella costruzione di strade, ecc.);
 - specificare le disposizioni relative ai rischi climatici e consolidare i loro vincoli, così da escludere potenziali lacune nell'attuazione. Al contempo si dovrebbe trovare un maggiore equilibrio tra la natura vincolante degli standard provinciali e la flessibilità di adattamento degli standard al contesto locale;
 - tenere in maggiore considerazione nei processi di negoziazione politica la gestione dei conflitti di utilizzo dovuti a rischi intersettoriali e sinergie, anche attraverso organismi e comitati intersettoriali;
 - calcoli dei costi, pianificazione degli investimenti e criteri di valutazione delle offerte dovrebbero tenere esplicitamente conto dei rischi climatici e dei loro potenziali costi sistemici, al fine di garantire strutture resilienti a priori.
- Consolidamento del quadro istituzionale e giuridico e incentivi:
 - valutare costantemente l'adeguatezza e il relativo adattamento corrispondente (ad es. ampliamento dei contenuti, rafforzamento della natura vincolante, ecc.) degli strumenti di finanziamento politico, delle condizioni, delle procedure di autorizzazione e degli standard minimi,

- basandosi sui risultati di ricerche specifiche e di un sistema consolidato di monitoraggio e raccolta dati per la rilevazione e la valutazione dei rischi climatici e delle opzioni di adattamento;
- sancire anche in Alto Adige la tutela del clima e l’adattamento ai cambiamenti climatici, attraverso una legge specifica sul clima fondata sulla legge europea sul clima e sulle leggi nazionali e regionali sul clima di altre regioni;
 - introdurre uno strumento centrale (climate o resilience check) per valutare l’impatto sulla mitigazione e sull’adattamento ai cambiamenti climatici di leggi, regolamenti, strategie e piani, finanziamenti e investimenti, programmi e sussidi a livello comunale e provinciale, e per poterli adattare di conseguenza;
 - fornire mezzi e risorse finanziarie sufficienti per incentivare misure volte ad aumentare la resilienza (si veda sotto);
 - definire le gerarchie intersettoriali di utilizzo delle risorse (soprattutto idriche) per far fronte a eventi meteorologici estremi come siccità, tempeste e alluvioni (governance);
 - rilevare, assegnare e definire le responsabilità tra attori privati ed enti (semi) pubblici per individuare l’attuazione più idonea ed efficace delle misure di adattamento.
- Maggiore integrazione e coordinamento dell’adattamento ai cambiamenti climatici e della mitigazione del cambiamento climatico tutela
 - integrare coerentemente (=mainstreaming) l’adattamento nei piani settoriali e intersettoriali esistenti a tutti i livelli politici (ad es. Piano generale dell'utilizzazione delle acque pubbliche, piani delle zone di pericolo, programma di sviluppo comunale, ...);
 - rafforzare il coordinamento orizzontale e le capacità di cooperazione intersettoriale, ad es. istituendo un centro di coordinamento “Clima” con un mandato per la mitigazione e l’adattamento ai cambiamenti climatici e dotato di personale e risorse finanziarie adeguati;
 - migliorare il coordinamento verticale e il sostegno a comuni, aziende, associazioni e altre istituzioni (ad es. istituti di istruzione) per l’adattamento ai cambiamenti climatici e la mitigazione;
 - potenziare il coordinamento con il livello nazionale ed europeo, compreso il ricorso a risorse quali finanziamenti e conoscenze (ad es. nell’ambito della “Mission Adaptation” dell’UE, della Carta dell’UE sull’Adattamento. etc.).
 - Creazione di risorse e personale
 - Pianificazione e fornitura di budget e risorse umane sufficienti per l’adattamento intersettoriale e settoriale. La necessità di compensare i potenziali danni climatici dovrebbe essere esplicitamente inserita nelle previsioni di finanziamento dei settori. Il fabbisogno economico aggiuntivo necessario per l’adattamento ai cambiamenti climatici in Alto Adige potrebbe essere di circa 40 milioni di euro annui (sulla base di una stima del fabbisogno economico aggiuntivo per l’adattamento ai cambiamenti climatici della Germania pari a circa 6-7 miliardi di euro all’anno) (Heilmann et al., 2024). Sono necessari ulteriori studi per fare una stima più precisa e pensata per il contesto altoatesino.
 - Identificare le responsabilità/competenze orizzontali e verticali delle autorità/agenzie/dipartimenti provinciali e territoriali in relazione alle misure di adattamento ai cambiamenti climatici (“risk ownership” trasparente);
 - aumentare gli investimenti di risorse per formare l’amministrazione provinciale rispetto ai temi del cambiamento climatico e dell’adattamento.

Andrebbero riviste e, se necessario, consolidate le **risorse** per tutte le fasi della **gestione integrata del rischio** (cfr. le raccomandazioni settoriali per il settore della *Gestione del rischio* e le raccomandazioni del progetto di ricerca *X-Risk-CC*), non solo per quanto riguarda la protezione civile, ma anche altri settori (ad es. sanità, energia, agricoltura, banche e finanza) e le aziende che in futuro dovranno introdurre la gestione del rischio climatico attraverso la tassonomia dell’UE.

Maggiore coinvolgimento di **aziende, associazioni e società civile**

- Le aziende altoatesine sono interessate dai rischi climatici diretti (ad es. imprese turistiche, produttori di energia, produzione alimentare), ma anche i rischi indiretti (interruzione delle catene di approvvigionamento, danni ai clienti) svolgono un'importante funzione. Secondo la tassonomia UE, vanno identificati i rischi climatici e adottate misure di adattamento. La Provincia di Bolzano potrebbe supportare le aziende in modo operativo e informale in questo compito (ad es. attraverso il trasferimento di conoscenze sui rischi climatici, sui requisiti dell'UE nel contesto della tassonomia europea, ecc.) coinvolgendole maggiormente nelle strategie e nelle misure intese a realizzare un Alto Adige resiliente al clima
- Allo stesso tempo, le aziende, con la loro forza innovativa, svolgono un ruolo decisivo nello sviluppo di soluzioni tecniche e naturali per l'adattamento. In questo ambito esiste sicuramente un potenziale di mercato che potrebbe essere preso in considerazione, ad es. anche nella "strategia di Smart Specialisation" della Provincia.
- In Alto Adige le associazioni svolgono un'importante funzione di mediazione tra la Provincia e i gruppi di interesse e spesso vantano una grande conoscenza della situazione locale, potendo dare un contributo significativo all'identificazione dei rischi e delle vulnerabilità e allo sviluppo di misure di adattamento, alla loro attuazione e alla loro acquisizione. Per questo dovrebbero essere coinvolte attivamente nello sviluppo delle misure di adattamento e il loro contributo al processo di adattamento andrebbe consolidato attraverso il sostegno tecnico, professionale e finanziario della Provincia.
- Anche la società civile svolge un'importante funzione. Bisogna rendere appartamenti, case e terreni (ad es. le foreste) resistenti al clima. Anche il comportamento dei cittadini e la consapevolezza dei rischi concorrono all'adattamento. Fare parte di un'associazione di volontariato (Croce Bianca, Vigili del Fuoco volontari, organizzazioni sociali) può dare un contributo significativo a una società resiliente al clima.

La partecipazione e la formazione (alla consapevolezza) come componente importante dell'adattamento ai cambiamenti climatici.

- Implementare l'adattamento insieme alle parti interessate, utilizzare processi partecipativi appropriati (ad es. i suggerimenti dei cittadini) e fornire risorse adeguate. L'adattamento climatico dovrebbe essere affrontato in modo più deciso ed esplicito nei processi partecipativi in corso (ad es. come parte dei programmi di sviluppo del comune);
- riconoscere la diversità dei soggetti interessati nell'area: nella Provincia sono presenti molti soggetti diversi che possono contribuire all'attuazione delle misure di adattamento sul territorio, sono autorità pubbliche e regionali, organizzazioni private, ONG, comunità locali e gruppi della società civile. Questi attori hanno diversi livelli di conoscenza dell'adattamento ai cambiamenti climatici e possono intervenire sul campo per sostenere la Provincia nella gestione dei rischi climatici;
- i gruppi identificati nel corso dell'analisi degli stakeholder nel rapporto sul rischio climatico di Eurac Research possono essere fonte d'ispirazione per stabilire i gruppi di stakeholder da coinvolgere in determinati processi di "co-development". Per i piani di adattamento locali, il metodo di analisi degli stakeholder dovrebbe essere ripetuto e diventare parte della pianificazione dell'adattamento;
- analizzare e prendere in considerazione le relazioni di potere e i conflitti tra le parti interessate (ad es. portatori di interesse di settori in competizione per l'utilizzo di risorse come acqua, materiali locali etc.) al fine di identificare potenziali problemi e resistenze alle misure di adattamento. Sviluppare, partendo da questo, strategie di mediazione per promuovere una cooperazione valida ed efficace;
- aumentare la consapevolezza della necessità e dell'urgenza dell'adattamento a tutti i livelli e sensibilizzare le parti interessate per rendere più tangibile la complessa questione dell'adattamento ai cambiamenti climatici;

- formare e sensibilizzare i principali attori settoriali, la popolazione e i decisori locali sui rispettivi rischi climatici e sulle opzioni e necessità di adattamento attraverso campagne informative mirate, formazione periodica e workshop;
- integrare i rischi climatici e le opzioni di adattamento nei programmi di istruzione e formazione.

L'adattamento ai cambiamenti climatici richiede una solida **base di dati e conoscenze**.

- Molti dei potenziali impatti climatici, soprattutto quelli indiretti e a cascata, non sono stati studiati nel contesto specifico dell'Alto Adige e i dati attuali, così come gli scenari disponibili, scarseggiano. Sono necessarie ulteriori ricerche per pianificare misure di adattamento specifiche in Alto Adige e per consentire l'integrazione degli aspetti legati al clima negli strumenti esistenti, che tengano conto di scenari specifici e affrontino i possibili hotspot spaziali e le costellazioni critiche;
- dovrebbe essere creato un portale di dati e informazioni accessibile al pubblico sui cambiamenti climatici, la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici, che non solo fornisca informazioni sull'argomento, ma che supporti attivamente i vari utenti (comuni, aziende, privati) nella mitigazione e nell'adattamento ai cambiamenti climatici;
- particolarmente scarse sono le conoscenze, la consapevolezza e le competenze degli attori sui rischi climatici e sulla necessità di adattamento nei settori dell'economia e dell'industria, della salute (compresi gli effetti psicologici), dell'istruzione e delle scuole, nonché degli effetti sulla coesione sociale. Si raccomandano studi e workshop con gli attori per aumentare la consapevolezza;
- quando si sviluppano piani di adattamento settoriali, nel caso in cui esistano conoscenze lacunose, incertezze e rispettive necessità di ricerca, queste dovrebbero essere sempre esplicitamente identificate e i relativi studi dovrebbero essere pianificati e finanziati;
- la necessità di disporre di adeguate conoscenze in merito a "rischi climatici, adattamento al cambiamento climatico, resilienza climatica" dovrebbe essere sistematicamente indagata insieme a scienziati, stakeholder della Provincia e della società civile (ad es. in workshop o interviste), bisognerebbe sviluppare una corrispondente agenda di ricerca, finanziando la ricerca attraverso un programma ad hoc (ad es. sulla falsariga del programma austriaco di ricerca sul clima ACRP come parte del programma §14);
- definire priorità di ricerca specifiche del settore per la mitigazione del rischio e l'aumento della resilienza (simili al piano climatico).

L'adattamento ai cambiamenti climatici deve essere monitorato (**monitoring**).

- Formulare misure concrete e monitorare regolarmente (annualmente) la loro attuazione;
- Bisognerebbe anche monitorare e perseguire costantemente il successo delle misure di adattamento. Molto importante è sviluppare ulteriormente gli indicatori (di impatto) per l'adattamento ai cambiamenti climatici, soprattutto a causa della complessità della misurazione dell'impatto dell'adattamento. È necessario garantirne sia l'ancoraggio nei processi di governance sia un'adeguata considerazione delle circostanze specifiche di una misura a livello locale;
- Integrare questo sistema di monitoraggio nel piano climatico.

7.3 Raccomandazione per lo sviluppo di piani di adattamento dettagliati

I seguenti principi e strategie intersettoriali dovrebbero trovare applicazione, ad es. sotto forma di liste di controllo, nell'ambito della stesura e del monitoraggio di piani e misure di adattamento specifici (settoriali).

Per i piani di adattamento settoriali specifici, i dipartimenti e le parti interessate dovrebbero eseguire un'**analisi e una valutazione** esplicita **dei rischi** e delle **esigenze di adattamento** e l'**identificazione delle misure di adattamento**, sulla base del rapporto sui rischi climatici dell'Eurac. **Le fasi da seguire sono:**

- **valutazione dei rischi climatici:** dove risiedono i rischi principali e i punti deboli?
 - Quali sono i pericoli e i rischi climatici attuali per questo settore o sistema? Quali sono i possibili futuri rischi e pericoli climatici?
 - Quali fattori e sviluppi non climatici contribuiscono al rischio climatico (esposizione, vulnerabilità)? Come potrebbero svilupparsi in futuro?
 - Quanto è elevato il rischio (criteri: entità e frequenza dei danni e delle perdite, irreversibilità, perdita di funzionalità del sistema, effetti a cascata oltre i confini del sistema...) attuale e futuro? Quali rischi sono particolarmente gravi?
 - Esistono hotspot spaziali? Esistono altre costellazioni che determinano un rischio particolarmente elevato (ad es. infrastrutture o sistemi critici vulnerabili, gruppi vulnerabili, ...)?
- Adeguatezza dell'attuale gestione del rischio e stato dell'adattamento:
 - in che misura strumenti politici, regolamenti, istituzioni, gestione del rischio e implementazione di questi strumenti sono idonei per ridurre i rischi climatici attuali e futuri a un livello tollerabile? Dove sono le lacune? (cfr. capitolo "Consolidare la governance")
 - È chiaro chi può/deve gestire i rischi specifici ("risk ownership")? Responsabilità non chiare generano criticità nella gestione del rischio, per questo è importante ripartire e assegnare nettamente ruoli e compiti tra gli attori coinvolti e coordinarsi adeguatamente a livello orizzontale e verticale.
 - Rapidità d'intervento (tenendo conto della gravità del rischio, della velocità di avanzamento del rischio, del periodo di attuazione necessario e della durata delle misure di adattamento)?
- Dove è maggiore la necessità di intervento?
 - I rischi severi con una bassa idoneità degli strumenti esistenti e un lungo periodo di attuazione per le misure di adattamento sono quelli che richiedono un intervento più urgente.
- Quali sono le misure concrete che andrebbero adottate?
 - Privilegiare le misure per i rischi con maggiore necessità di intervento.
 - Altri attributi che dovrebbero essere descritti: chi è responsabile delle misure? Di quale entità sono i costi e gli sforzi necessari? In quale arco di tempo le misure possono/devono essere attuate? Quali conflitti potrebbero manifestarsi in seguito alle misure (ad es. conflitti con l'uso del suolo esistente, la salvaguardia della biodiversità, ecc.) Quali sinergie potrebbero nascere con altri obiettivi?

L'adattamento ai cambiamenti climatici in tutti i settori dovrebbe affrontare e anticipare esplicitamente i potenziali impatti di **nuovi pericoli climatici in significativo aumento**.

- Fenomeni climatici estremi che diventano più intensi e diffusi (siccità, calore, tempeste, piogge intense).
- Fenomeni climatici estremi che si verificano contemporaneamente (ondate di calore e siccità; temporali e forti piogge) o in successione (temporali o forti piogge dopo la siccità).
- Fenomeni climatici estremi che finora hanno comportato pericoli o impatti climatici poco rilevanti per l'Alto Adige (ad es. tempeste, siccità, incendi boschivi, conseguenze delle ondate di calore sulla salute, comparsa di nuovi agenti patogeni che nuocciono alla salute dell'ambiente naturale e delle persone).
- Cambiamenti climatici a lungo termine (ad es. riscaldamento progressivo con estati calde e secche e inverni miti e umidi) e conseguenze e rischi correlati (ad es. calo dello stato di salute delle foreste, riduzione della disponibilità di acqua in estate, diminuzione della copertura nevosa).
- I risultati del rapporto sui rischi climatici e del monitoraggio climatico di Eurac Research forniscono informazioni concrete sui futuri pericoli climatici.

L'adattamento ai cambiamenti climatici non deve solo minimizzare gli impatti diretti, ma tenere anche conto degli **effetti a cascata** sui sistemi naturali, sociali ed economici (nel rapporto sui rischi climatici, tali effetti a cascata sono illustrati attraverso le catene di impatto e specificati nel testo).

- Tra questi rientrano ad esempio le ripercussioni su sistema sanitario, approvvigionamento energetico, aziende, oppure rispetto agli oneri finanziari per il bilancio provinciale dovuti al risarcimento dei danni.
- Occorre inoltre tenere conto dei rischi climatici derivanti da impatti climatici al di fuori dell'Alto Adige (ad es. aumento del fabbisogno idrico nel Nord Italia, interruzione delle catene di approvvigionamento, aumento del prezzo dei mangimi a causa dei danni climatici nelle regioni di produzione ...).
- Di conseguenza, bisognerebbe considerare, pianificare e implementare in tutti i sistemi e settori l'adattamento ai cambiamenti climatici, basandosi su un'analisi sistemica dei rischi con catene di impatto.
- Occorre riconoscere che esistono limiti a lungo termine all'adattamento e che alcuni sistemi (ad es. gli sport invernali) o elementi (ad es. edifici o terreni agricoli in zone di pericolo futuro) non possono essere adattati, se non con uno sforzo accettabile. Occorre evitare la maladaptation (si veda sotto).

L'adattamento al cambiamento climatico riduce i rischi climatici, diminuendo non solo la pericolosità, ma anche e soprattutto la vulnerabilità e l'esposizione dei sistemi interessati. Occorre quindi identificare la vulnerabilità e l'esposizione, tenere conto delle possibili tendenze e adottare misure per **ridurre la vulnerabilità e l'esposizione a lungo termine**. Tutto ciò si traduce in un:

- aumento della vulnerabilità degli ecosistemi e delle loro funzioni e servizi, ad es. a causa della crescente frammentazione, dell'immissione di sostanze e delle specie invasive;
- aumento della vulnerabilità della popolazione al caldo e ad altri pericoli sanitari correlati con il clima (malattie trasmesse da vettori o infettive) a causa dell'invecchiamento o dell'aumento delle disuguaglianze sociali;
- aumento dell'esposizione a causa dell'incremento del numero di turisti nei periodi di punta e degli hotspot turistici;
- aumento dell'esposizione delle infrastrutture (insediamenti, zone industriali) a causa di nuove costruzioni o espansioni in potenziali (nuove) zone di pericolo.

L'esposizione e la vulnerabilità sono esplicitamente trattate nel rapporto sui rischi climatici di Eurac Research. Per i piani di adattamento settoriali questo aspetto dovrebbe essere approfondito e, in

particolare, bisognerebbe affrontare esplicitamente i futuri sviluppi critici dell'esposizione e della vulnerabilità che accrescono ulteriormente il rischio.

Nella **pianificazione dell'adattamento ai cambiamenti climatici** si deve tenere presente che per alcune misure i tempi di attuazione si allungano e che, una volta implementate, hanno un alto grado di persistenza nel tempo. La pianificazione dovrebbe quindi essere avviata in una fase altrettanto precoce.

- Le grandi misure infrastrutturali, come i bacini di ritenzione o le strutture di protezione, richiedono lunghi tempi di pianificazione e approvazione.
- Nuove leggi oppure l'adattamento dei piani settoriali e l'integrazione, in modo coerente, della mitigazione e dell'adattamento ai cambiamenti climatici nei vari piani settoriali richiedono molti anni.
- Lunghi periodi di adattamento richiedono una tempestiva considerazione del rischio, anche se questo avrà effetti solo a lungo termine. Ad esempio, la conversione delle foreste deve essere iniziata già da oggi per favorire la formazione di foreste che saranno poi in grado di sopportare il clima del 2100; le configurazioni territoriali hanno una durata di molti decenni e potrebbero non risultare più adatte alle condizioni climatiche che prevarranno in futuro. In questo caso, a differenza della selezione delle colture agricole, non si può "navigare a vista", ma bisogna adottare misure di adattamento proattive.

L'adattamento ai cambiamenti climatici, così come la protezione del clima, devono essere pianificati e attuati in modo **socialmente equilibrato ed equo**:

- i rischi climatici e le opportunità di adattamento ai cambiamenti climatici non sono equamente distribuiti. Le fasce più povere ed emarginate della popolazione, ad esempio, sono più interessate dai fenomeni di caldo estremo, poiché spesso vivono in quartieri densamente urbanizzati e isolati e non dispongono dei mezzi per creare un ambiente di vita gradevole e resiliente al clima, a causa delle loro condizioni economiche ed abitative;
- attraverso l'adattamento dovrebbero essere ridotti al minimo i rischi per la democrazia, la salute, la sicurezza e la giustizia sociale;
- nella pianificazione e nell'attuazione delle opzioni di intervento, in particolare nei settori della salute, dell'edilizia e delle abitazioni, dell'energia, della pianificazione territoriale, delle infrastrutture di trasporto e delle città (spazi aperti e verde urbano), occorre tenere conto delle diverse esigenze delle generazioni e, in particolare, delle tendenze demografiche e di altri aspetti sociali (ad es. il background migratorio);
- le differenze specifiche tra aree urbane e rurali devono essere considerate a parte ed essere prese in considerazione nella pianificazione delle misure;
- occorre facilitare l'accesso alle informazioni sulle opportunità di finanziamento per le singole misure di adattamento ai cambiamenti climatici, con particolare attenzione ai gruppi a bassa inclusione sociale.

L'adattamento ai cambiamenti climatici non deve essere inteso solo come strategia reattiva intesa alla riduzione dei rischi, ma anche come contributo a una **visione positiva di un Alto Adige neutrale dal punto di vista climatico, resiliente e vivibile**:

- se si riconsiderano sistemi come l'agricoltura, il turismo o l'edilizia abitativa, formulando obiettivi per una visione positiva, le priorità di adattamento sono diverse rispetto a quelle che si focalizzano sulla protezione delle pratiche e delle attività esistenti;
- i risultati del Future Lab (cfr. capitolo 2) possono essere fonte d'ispirazione per una visione per l'Alto Adige nel 2040.

Per garantire il successo dell'adattamento e il rafforzamento della resilienza è essenziale consentire che lo standard di un **“buon adattamento”** si basi su criteri ben definiti ed **eviti la “maladaptation”**.

- Buon adattamento significa utilizzare le sinergie con altri obiettivi di sostenibilità come la mitigazione del cambiamento climatico, la tutela della biodiversità, la conservazione del suolo, l'accettazione da parte della popolazione, la flessibilità, l'adattamento come contributo alla trasformazione sociale ed ecologica ed evitare conflitti con questi obiettivi (cfr. [criteri per la strategia di adattamento austriaca](https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/klimaschutz/anpassungsstrategie/aber-richtig.html#gute-praxis-der-anpassung?) https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/klimaschutz/anpassungsstrategie/aber-richtig.html#gute-praxis-der-anpassung?).
- Adattamento ai cambiamenti climatici significa rivedere sistematicamente le attività correnti e la gestione dei rischi climatici, adattandole con flessibilità alle condizioni mutevoli, introducendo nuove strategie e misure di gestione del rischio e, se necessario, superando le vecchie pratiche.
- Scongiorare la “maladaptation”, evitando di adottare misure prevalentemente reattive che affrontano solo i sintomi e che, sebbene possano sembrare promettenti a breve

Bibliografia

- Rudolf-Miklau, F. 2022: Nature-based solutions in the context of natural hazards - policy brief.- Natural Hazard Working Group of the Alpine Convention (PLANALP)
- Heilmann, F., Gerresheim, N., Henze, L., Huwe, V., Ortego, A.K., Krahé, M., Mölling, C., Schulte, S., Schulz, S., Schuster, F., Sigl-Glöckner, P., Steinwart, J., Steitz, J., 2024. Was kostet eine sichere, lebenswerte und nachhaltige Zukunft? Öffentliche Finanzbedarfe für die Modernisierung Deutschlands. Dezernat Zukunft - Institut für Makrofinanzen.

7.4 Raccomandazioni specifiche per ogni settore

7.4.1 Gestione delle acque

Obiettivi generali

(→cfr. *Acqua* nel capitolo 7.1 e capitolo 7.4.10)

1. **Salvaguardia dell'approvvigionamento idrico e della qualità dell'acqua adattandosi ai rischi climatici:** migliorare i sistemi di stoccaggio e distribuzione dell'acqua, garantire ed espandere la capacità di ritenzione idrica del paesaggio e degli ecosistemi, assicurare i flussi residui e promuovere pratiche di utilizzo sostenibile dell'acqua.
2. **Miglioramento delle strutture di governance e dei quadri istituzionali:** adattare il quadro giuridico e migliorare il coordinamento tra i diversi attori. Far sì che i cambiamenti climatici vengano presi in considerazione nei piani di utilizzo dell'acqua.
3. **Promozione della ricerca e della sensibilizzazione:** sostegno ai progetti di ricerca e alle iniziative educative sull'uso sostenibile dell'acqua e sulla protezione delle risorse idriche.
4. **Revisione e miglioramento dell'attuale gestione delle alluvioni** per essere preparati ad affrontare eventi piovosi di intensità, portata e durata crescenti, nonché le conseguenti inondazioni localizzate e su larga scala. Dovrebbe essere sfruttato tutto il potenziale di una combinazione di misure (misure tecnico-infrastrutturali, misure basate sulla natura, miglioramento della gestione del territorio, sistemi di allerta precoce, sensibilizzazione e responsabilità personale, soluzioni assicurative e di trasferimento del rischio, ecc.) (si veda *capitolo 7.4.10*).

Pacchetto di misure e raccomandazioni

Governance

Rafforzamento del quadro istituzionale e giuridico

- Cooperazione intersettoriale per la gestione delle acque (organismo di coordinamento) (governance).
- Rafforzamento della gestione integrata delle situazioni di carenza idrica tra i settori a livello provinciale e tra le province e le regioni del bacino idrografico dell'Adige (governance).
- Programmi di finanziamento e incentivi economici per sostenere le misure di adattamento al clima nel settore della conservazione e della gestione delle acque (governance, misure economiche).
- Integrazione dei rischi climatici nei piani di utilizzo e gestione dell'acqua (governance, monitoraggio e modellazione).
- Sviluppo di indicazioni per affrontare a breve termine eventi estremi come siccità o alluvioni (governance) (si veda "Gestione integrata delle alluvioni" nel *sottocapitolo 7.4.10*).

Partecipazione, sensibilizzazione ed educazione

- Azioni di sensibilizzazione e trasmissione di conoscenze sull'uso sostenibile dell'acqua e sugli effetti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche rivolte a utilizzatori, "decision maker" e cittadinanza (formazione, sensibilizzazione)

Miglioramento della base di dati e di conoscenze

- Implementazione di un monitoraggio completo della gestione delle acque (disponibilità idrica, consumo idrico, effetti della carenza idrica sui vari settori) come base per interventi a breve termine e indagini a lungo termine (monitoraggio e modellazione).
- Sviluppo di scenari futuri più robusti (clima, domanda di acqua, economia, energia) per l'Alto Adige (monitoraggio e modellazione).
- Miglioramento del modello idrologico per l'Alto Adige per prevedere la scarsità d'acqua (a breve termine e stagionale) e gli eventi alluvionali (monitoraggio e modellazione) (si veda "Gestione integrata delle alluvioni" nel sottocapitolo 7.4.10).

Gestione più efficiente delle risorse idriche attraverso un uso più sostenibile dell'acqua

- Gestione integrata dei bacini idrografici tenendo in considerazione: (governance)
 - le interazioni e il coordinamento tra tutti gli usi (agricoltura, energia, pesca, industria, ecosistemi, consumi a valle).
 - gli effetti del cambiamento climatico (cambiamenti a lungo termine come la riduzione dell'acqua in estate, eventi estremi come siccità o inondazioni).
- Ottimizzazione dell'uso dell'acqua in agricoltura – promozione di tecniche di irrigazione e pratiche di gestione efficienti (si veda settore *Agricoltura; Ricerca e innovazione*).
- Incentivazione dell'uso di risorse idriche rinnovabili (ad esempio acque reflue trattate, acqua piovana nelle aree urbane e agricole) (governance).

Garantire l'approvvigionamento idrico per uso umano

- Miglioramento dei sistemi di approvvigionamento idrico attraverso l'ammodernamento e la manutenzione delle infrastrutture idriche; aumento dell'efficienza delle reti di distribuzione e della gestione integrata dei consorzi (misure tecniche e basate sulla natura).
- Aumento della capacità di stoccaggio dell'acqua attraverso la costruzione e l'espansione di impianti di stoccaggio (soprattutto nelle regioni per le quali si prospetta scarsità d'acqua in futuro), evitando possibili impatti ambientali negativi, esaminando la possibilità/necessità di un uso multiplo (agricoltura, protezione dalle inondazioni, energia, innevamento, protezione antincendio) e tenendo conto dei rischi associati al cambiamento climatico (ad esempio, eventi estremi) (misure tecniche e basate sulla natura).
- Introduzione o ridefinizione di piani di prelievo idrico specifici e territorialmente flessibili per adattarsi alla disponibilità idrica variabile e garantire l'approvvigionamento idrico anche nei periodi di siccità (governance).
- Adattamento dei criteri e dei termini di concessione per l'utilizzo dell'acqua (ad esempio energia, agricoltura, ecc.) alle nuove e future condizioni climatiche (governance).
- Promozione di un utilizzo più flessibile dei bacini idroelettrici (pompaggio) (misure tecniche e basate sulla natura, governance).

Presa in considerazione degli aspetti ecologici nella gestione delle acque

- Garantire e ampliare la capacità di ritenzione idrica del paesaggio e degli ecosistemi proteggendo, mantenendo e ripristinando le paludi, le foreste alluvionali e le zone umide (misure tecniche e basate sull'agricoltura) (si veda "Gestione integrata delle alluvioni" nel sottocapitolo 7.4.10). Garantire una quantità d'acqua residua sufficiente in caso di siccità per soddisfare l'aumento del fabbisogno idrico degli ecosistemi e delle utenze a valle (garantire in modo permanente il deflusso ecologico; si veda capitolo *Biodiversità*) (governance).

Protezione e miglioramento della qualità dell'acqua nei corsi d'acqua

- Presa in considerazione dei requisiti della nuova legge sulla rinaturalizzazione dell'UE.

- Progetti di ampliamento e rinaturalizzazione di fiumi come l'Adige e l'Isarco per migliorare l'habitat fluviale e ridurre il rischio di inondazioni (misure tecniche e basate sulla natura).
- Sostegno a progetti per il ripristino della connettività ecologica dei corsi d'acqua (misure tecniche e basate sulla natura).

7.4.2 Biodiversità

Obiettivi generali

cfr. "Tutela e ripristino degli ecosistemi" nel capitolo 7.1)

1. **Conservazione strutturale e specifica della biodiversità:** protezione e ripristino delle aree di valore ecologico, tenendo conto delle loro funzioni nel contesto dei rischi climatici, anche attraverso la promozione di soluzioni basate sulla natura.
2. **Presa in considerazione di soluzioni basate sulla natura,** che possano ridurre al minimo i rischi climatici per i vari sistemi e servire a proteggere la biodiversità.
3. **Miglioramento delle strutture di governance e dei quadri istituzionali:** adattamento dei quadri giuridici e istituzionali per rafforzare la questione della biodiversità nei processi negoziali e decisionali.
4. Promozione del monitoraggio e della sensibilizzazione: attuazione di misure di monitoraggio come base per la sensibilizzazione e le misure di conservazione.

Pacchetto di misure e raccomandazioni

Governance

Integrazione dei rischi climatici negli strumenti di pianificazione e gestione

- Sviluppo di una strategia per preservare e rafforzare la biodiversità nell'ambito dei cambiamenti climatici e per rafforzare il ruolo dei servizi ecosistemici nella mitigazione dei rischi climatici.
- Integrazione degli aspetti della biodiversità in tutte politiche e negli strumenti settoriali esistenti (ad esempio, attraverso gruppi di lavoro intersettoriali e transdisciplinari) e maggiore presa in considerazione delle sinergie tra i settori, ad esempio con i settori della pianificazione territoriale e della protezione civile (ad esempio, attraverso un più forte ancoraggio giuridico delle soluzioni basate sulla natura), al fine di rafforzare la rilevanza della biodiversità nei processi negoziali (governance).
- Inclusione di criteri dinamici e orientati al futuro per l'integrazione dei rischi climatici e delle corrispondenti misure di adattamento nelle misure di conservazione di specie e habitat, nonché nel criterio di "stato di conservazione soddisfacente" che finora è basato principalmente sullo status quo (governance).
- Maggiore presa in considerazione e valutazione preventiva dei potenziali rischi climatici legati alla biodiversità nelle procedure della Commissione verde-verde e della Conferenza di servizi sulle procedure di VAS (governance).
- Maggiore attenzione del fondo per il paesaggio e di altri strumenti di finanziamento provinciali per i rischi climatici e riconoscimento della tutela degli ecosistemi particolarmente vulnerabili come prioritari (governance, misure economiche).

Rafforzamento del quadro istituzionale e giuridico

- Valutazione critica dell'efficacia e della compatibilità degli strumenti politici esistenti con la tutela prioritaria della biodiversità e delle sue funzioni, ad esempio attraverso l'attuazione coerente della legge sulla conservazione della natura tramite disposizioni di attuazione, la valutazione dell'adeguatezza degli strumenti degli interventi minori, delle disposizioni residue in materia di acque, degli interventi senza l'obbligo di fornire un parere o delle esenzioni dalle disposizioni di tutela (ad esempio per le foreste o la vegetazione ripariale), nonché attraverso l'attuazione di nuovi strumenti come la conservazione contrattuale della natura (governance).
- Istituzione di un centro di contatto e coordinamento centrale per il tema dei neobiota attraverso tutti i sottosistemi (governance).
- Maggiore presa in considerazione dei requisiti territoriali per la protezione e la valorizzazione degli ecosistemi nella pianificazione territoriale e nei documenti strategici, tenendo conto e moderando i potenziali conflitti di interesse e di utilizzo (governance).
- Integrazione di importanti strumenti di finanziamento (fondi per il paesaggio, premi per la conservazione del paesaggio, altri strumenti di conservazione contrattuale della natura, ecc.) con disposizioni giuridicamente vincolanti sulle misure di conservazione della biodiversità, come l'ampliamento dei fiumi o la connettività degli ecosistemi (governance).
- Cooperazione mirata con il settore agricolo per rafforzare le sinergie tra le pratiche agricole e la conservazione della biodiversità, ad esempio aumentando la diversità nel paesaggio culturale o promuovendo le sementi regionali (governance, formazione e sensibilizzazione).
- Presa in considerazione del punto di vista della biodiversità nelle commissioni (ad esempio, Osservatorio faunistico provinciale o la Commissione provinciale per il rilascio dell'autorizzazione paesaggistica) (governance).

Partecipazione, sensibilizzazione ed educazione

- Misure di formazione e sensibilizzazione sull'importanza (intersettoriale) della biodiversità nella mitigazione dei rischi come base per processi negoziali complessi, ad esempio per quanto riguarda la disponibilità di terreni (formazione e sensibilizzazione).

Ricerca e innovazione

- Promozione della ricerca su temi rilevanti per il clima, come gli impatti specifici e il potenziale di adattamento di vari habitat e specie al cambiamento climatico (necessità di informazioni e ricerca).

Miglioramento della base di dati e di conoscenze

- Mappatura completa degli habitat ecologicamente preziosi e sensibili e della loro esposizione ai rischi climatici per sensibilizzare la pubblica amministrazione e la società civile e come base per misure di adattamento tempestive (monitoraggio e modellazione, formazione e sensibilizzazione).
- Monitoraggio continuo della diffusione delle specie più resistenti al calore e del loro impatto sulle specie autoctone e sensibili (monitoraggio e modellazione).
- Creazione di un sistema ampio di raccolta dati per rilevare e analizzare le informazioni rilevanti per il clima nel campo della biodiversità e per monitorare in modo permanente lo stato degli ecosistemi sensibili sullo sfondo delle mutevoli condizioni climatiche e delle influenze umane, integrando il monitoraggio della biodiversità in corso (monitoraggio e modellazione).

Mantenimento e miglioramento dello stato degli ecosistemi e delle specie nel contesto dei cambiamenti climatici

- Fornitura proattiva di habitat sostitutivi e trasferimento di sottopopolazioni particolarmente vulnerabili, piccole e isolate, che non hanno la possibilità di spostarsi in zone climaticamente più adatte (misure tecniche e basate sulla natura).

- Attuazione di misure temporanee o permanenti di conservazione ex-situ per specie sensibili e particolarmente colpite dai rischi climatici, ad esempio nei giardini botanici (misure tecniche e basate sulla natura).
- Finanziamenti per rafforzare la connettività dei diversi habitat, favorendo la mobilità delle specie verso habitat più adatti (governance, misure tecniche e basate sulla natura).

Promuovere la resilienza degli ecosistemi forestali (cfr. capitolo Gestione forestale)

- Promozione della riorganizzazione forestale attiva (tenendo sempre conto della rigenerazione naturale) in comunità forestali miste adatte al sito e resilienti al clima, adeguando i criteri di finanziamento, formando il corpo forestale e sensibilizzando proprietari e proprietarie dei boschi (misure tecniche e basate sulla natura, governance, formazione e sensibilizzazione).
- Sviluppo di strategie per combattere le specie invasive e preservare la biodiversità forestale in caso di diffusione localizzata o diffusa delle neofiti (governance, misure tecniche e basate sulla natura, necessità di informazioni e ricerca).
- Sviluppo di una strategia per il rimboschimento adeguato al sito – estensivo o selettivo in funzione del clima – a seguito di eventi dannosi di grandi dimensioni o incendi se non c'è stata una rigenerazione naturale o se motivi di protezione civile rendono necessario un rimboschimento immediato (misure tecniche e basate sulla natura).
- Compromesso strutturale tra intensificazione della gestione del bosco e dell'utilizzo del legno come misura di mitigazione dei cambiamenti climatici e rafforzamento della diversità attraverso la diversificazione della composizione delle specie arboree (governance, misure tecniche e basate sulla natura).
- Cooperazione mirata con i settori dell'agricoltura e della tutela della natura per rafforzare la biodiversità ai margini dei boschi e migliorare la connettività delle isole forestali a bassa quota attraverso misure come le fasce boschive, compresa l'inclusione di queste misure specifiche negli strumenti di finanziamento provinciali come il fondo per il paesaggio o i premi per la gestione del paesaggio (governance, misure tecniche e basate sulla natura, misure economiche).
- Promozione mirata di misure selvicolturali selettive nella gestione dei boschi per aumentare la biodiversità, come lasciando a terra della legna morta e l'aumento della diversità strutturale (misure tecniche e basate sulla natura, misure economiche).

Aumento della resilienza degli habitat alpini

- Aumento passivo della resilienza degli ecosistemi importanti attraverso la riduzione delle perturbazioni e degli interventi umani, ad esempio tramite l'espansione delle aree protette, la riduzione della pressione agricola e ricreativa e misure di gestione mirate per chi vi accede (governance).
- Promozione della interconnessione degli habitat rilevanti, in particolare delle subpopolazioni separate e isolate, nei piani di gestione delle aree Natura 2000 e promozione di aree protette per consentire la mobilità verso ambienti idonei (misure tecniche e basate sulla natura).
- Presa in considerazione dei rischi climatici futuri nei criteri per la definizione e la classificazione dei gradi di protezione nei parchi naturali e nazionali e nei relativi documenti strategici (ad esempio, il piano del parco nazionale), in particolare per i sistemi sensibili e vulnerabili come le zone umide o gli habitat glaciali (governance).
- Supporto allo sfalcio dei prati di valore nella zona subalpina, accompagnato da eventuali restrizioni e controlli sull'uso dei fertilizzanti (governance, misure economiche, misure tecniche e basate sulla natura).
- Misure di conservazione ex-situ per le specie glaciali o di alta montagna che non possono spostarsi qualora fosse impossibile mantenere gli ecosistemi funzionali (misure tecniche e basate sulla natura).

- Integrazione dei cambiamenti climatici nelle valutazioni di impatto delle aree Natura 2000 per gestire la crescente pressione sugli ecosistemi (governance).

Promozione della gestione e dell'uso sostenibile degli agroecosistemi

- Esclusione di habitat di valore ecologico, come i prati poveri di sostanze nutritive, dai cambiamenti colturali resi possibili dai cambiamenti climatici, al fine di limitare l'intensificazione agricola; valutazione dell'impatto ecologico di altri cambiamenti nei tipi di coltura (governance).
- Sostegno finanziario per la conservazione di aree ad alto valore naturale, in particolare prati estensivi a tutte le altitudini, frutteti e pascoli estensivi, e introduzione di sussidi o compensazioni per il recupero in senso estensivo di aree agricole utilizzate in modo intensivo (misure economiche, tecniche e basate sulla natura).
- Attuazione di misure specifiche di tutela e gestione dei prati umidi, sia in termini di riduzione della pressione di utilizzo che di rischio di siccità, attraverso misure di protezione, sussidi e prescrizioni (governance).
- Miglioramento della connettività degli habitat agricoli di valore, promuovendo la conservazione e l'espansione degli elementi strutturali (ad esempio, la tutela contrattuale della natura) (governance, misure economiche, misure tecniche e basate sulla natura).

Tutela e ripristino di torbiere e laghi

- Creazione e monitoraggio costante di zone cuscinetto sufficientemente ampie intorno alle zone umide nelle aree a uso agricolo, per tutelare le zone umide dal disturbo e dall'immissione di nutrienti (governance).
- Sforzi per ripristinare strutturalmente gli habitat delle zone umide, in particolare nei fondivalle, attraverso l'allargamento dei fiumi e la riuniformazione delle paludi (sulla base di una valutazione delle torbiere perdute e sull'identificazione di quelle potenzialmente da rinaturalizzare); le misure dovrebbero andare oltre il finanziamento attraverso il Fondo per il paesaggio e le misure di compensazione selettiva (misure tecniche e basate sulla natura).
- Aumentare la connettività degli habitat rilevanti migliorando la qualità dei fossi come corridoi (misure tecniche e basate sulla natura).
- Individuazione e tutela delle torbiere intatte e degli habitat delle zone umide, prevenendo le influenze negative delle attività umane, ad esempio attraverso ampi interventi di tutela e misure di monitoraggio che li accompagnino, soprattutto in periodi di carenza d'acqua (governance, monitoraggio e modellazione).

Biodiversità nei corsi d'acqua

- Adeguamento delle normative sui prelievi d'acqua (ad esempio per scopi agricoli o idroelettrici) e sui deflussi minimi per garantire in modo prioritario il deflusso ecologico ed evitare il sovrasfruttamento umano, soprattutto in periodi di carenza idrica e/o di alte temperature dell'acqua e sulla base di un sistema di monitoraggio specifico (governance).
- Preservazione e fornitura di aree per rinaturalizzare maggiormente, per ampliare i fiumi e per tutelare e ripristinare i boschi ripariali, con iniziative che vadano oltre i criteri degli strumenti di finanziamento e delle misure di compensazione (misure tecniche e basate sulla natura, governance).
- Maggiore integrazione degli aspetti legati al cambiamento climatico nella gestione della pesca, sia per la pianificazione a lungo termine (ad esempio, la strategia di gestione della pesca) e a medio termine (ad esempio, la pianificazione ripopolamento ittico), sia per gli interventi a breve termine, ad esempio in caso di eventi idrologici estremi (governance).
- Promuovere il ripristino della connettività dei corsi d'acqua artificialmente compromessi per favorire la mobilità delle specie verso habitat più adatti dal punto di vista termico (misure tecniche e basate sulla natura).

7.4.3 Agricoltura

Obiettivi generali

1. **Allineamento degli strumenti istituzionali e giuridici al principio della resilienza climatica:** adattamento degli strumenti di finanziamento, delle condizioni e degli standard per quanto riguarda l'agricoltura resiliente, la gestione efficiente delle acque e il rafforzamento della biodiversità.
2. **Gestione efficiente delle acque nel settore agricolo,** ad esempio impiegando varietà resistenti alla siccità e tecniche di irrigazione a risparmio idrico per garantire un deflusso ecologico sufficiente.
3. **Aumento della resilienza del settore agricolo:** adattamento della gestione delle colture ai cambiamenti climatici attraverso il finanziamento, la ricerca e l'allevamento di varietà, colture e razze animali adatte al clima.
4. **Promozione della biodiversità, della salute del suolo e delle pratiche agricole sostenibili:** tutela dei paesaggi agricoli di rilievo ecologico, promozione di pratiche agroecologiche per la creazione di humus e il rafforzamento delle funzioni ecosistemiche dei paesaggi agricoli.

Pacchetto di misure e raccomandazioni

Governance

Integrazione dei rischi climatici negli strumenti di pianificazione e gestione

- Integrazione dei rischi climatici nel Piano generale dell'utilizzazione delle acque pubbliche, nel Piano di bonifica provinciale e nei relativi strumenti di pianificazione e attuazione, nelle attività dei consorzi di bonifica e nei piani aziendali agricoli (governance).
- Integrazione degli impatti climatici, in particolare della dicotomia tra aumento del fabbisogno di irrigazione e diminuzione della disponibilità di acqua, nella pianificazione dell'irrigazione; sviluppo di principi di pianificazione flessibili per adattarsi a condizioni meteorologiche impreviste (governance).

Rafforzamento del quadro istituzionale e giuridico e degli incentivi

- Valutazione continua dell'adeguatezza e dell'eventuale necessità di adeguamento dell'adattamento degli strumenti (di finanziamento) nel settore dell'agricoltura in relazione ai rischi climatici e alla necessità di adattamento (governance)
- Introduzione di sussidi e requisiti per la determinazione del fabbisogno idrico, il monitoraggio del consumo idrico e della qualità dell'acqua, la pianificazione della disponibilità idrica, lo stoccaggio, la depurazione, il riutilizzo e il risparmio idrico in sintonia con il Piano generale dell'utilizzazione delle acque pubbliche (governance, misure tecniche e basate sulla natura).
- Revisione dei sussidi e dei requisiti per aumentare la resilienza in agricoltura e per distribuire e minimizzare i rischi, ad esempio attraverso la diversificazione delle colture, l'utilizzo di varietà di cereali con diversi tempi di maturazione e semina, la coltivazione di piante resistenti alla siccità per la produzione di foraggio (piante con radici profonde, ad esempio specie di erba medica e miglio), la conversione a strutture e forme di coltivazione resilienti al clima e la tutela strutturale contro i rischi naturali (invece di interventi prevalentemente puntuali e in risposta agli accadimenti, come fatto finora) (governance, misure tecniche e basate sulla natura)
- Introduzione di finanziamenti per lo stoccaggio a lungo termine del carbonio nel suolo (negli spazi verdi pubblici e privati) (governance)

Partecipazione, sensibilizzazione ed educazione

- Sensibilizzazione delle aziende agricole sui rischi climatici e sull'adattamento ai cambiamenti climatici attraverso l'istituzione e l'aggiornamento costante dei servizi di consulenza esistenti, campagne informative mirate, workshop e corsi di formazione (formazione e sensibilizzazione)
- Integrazione dei rischi climatici e delle opzioni di adattamento nei programmi di istruzione e formazione agricola (formazione e sensibilizzazione)

Ricerca e innovazione

- Ricerca e promozione della scelta di varietà, colture e razze animali adatte al sito e resistenti al clima (misure tecniche e basate sulla natura)
- Ricerca e sviluppo di tecniche di irrigazione efficienti e di norme e requisiti adeguati (necessità di informazioni e ricerca).
- Ampliamento delle tecniche atte all'adattamento (protezione dalla grandine, sistemi di copertura totale con reti protettive, ecc.) per tutelarsi dagli organismi nocivi e dai danni alle colture (misure tecniche e basate sulla natura)
- Rafforzamento e allineamento strutturale del focus di ricerca del Centro di ricerca di Laimburg sul tema della resilienza in agricoltura e integrazione del tema negli accordi pluriennali sugli obiettivi con la provincia (necessità di informazioni e ricerca)
- Ricerca intensa sulle misure agronomiche standard (ad esempio defogliazione moderata) e sui cambiamenti nella biologia degli organismi nocivi in nuove condizioni climatiche (necessità di informazioni e ricerca). Ricerca su argomenti chiave: potenziale di adattamento delle diverse colture ed effetti del cambiamento climatico sulla biodiversità agricola, effetti dei cambiamenti climatici sul benessere e sulla produttività degli animali, agricoltura di precisione/smart per il controllo mirato di nuovi organismi nocivi (hot spot), arricchimento dell'azoto nel suolo e riduzione dell'uso di fertilizzanti minerali/organici, adattamento della gamma di specie e varietà (comprese le miscele di sementi) nei pascoli, stoccaggio del carbonio negli agroecosistemi, usi e limitazioni dell'agrofotovoltaico per aumentare la resilienza, ecc.

Miglioramento della base di dati e di conoscenze

- Creazione di un sistema completo di raccolta e monitoraggio dei dati come base per interventi a breve termine e indagini a lungo termine (monitoraggio e modellazione)
- Identificazione e sviluppo di nuovi mercati per vendere prodotti agricoli o metodi di produzione più resilienti al clima (governance)

Adattamento della zootecnia ai cambiamenti climatici

- Rispetto degli standard minimi stabiliti per il benessere degli animali quando si costruiscono o si ristrutturano le stalle e ampliamento di questi criteri per includere una componente proattiva, legata al clima, ad esempio un contributo sul prezzo per il clima (climate proofing o verifica climatica delle infrastrutture dal clima) (governance, misure tecniche e basate sulla natura).
- Maggiore ed esplicita presa in considerazione dei rischi climatici, come lo stress da calore e gli eventi estremi, nelle misure per il benessere e la salute degli animali (governance).

Tutela e promozione della biodiversità negli agroecosistemi

- Aumento dei finanziamenti e integrazione di standard minimi per l'attuazione di misure volte a conservare e promuovere la biodiversità nelle aree agricole, come la creazione di siepi e zone cuscinetto (misure tecniche e basate sulla natura).
- Maggiore presa in considerazione e ponderazione degli aspetti della biodiversità nella ricomposizione fondiaria (misure tecniche e basate sulla natura).

7.4.4 Gestione forestale

Obiettivi generali

(cfr. "Tutela e ripristino degli ecosistemi" nel capitolo 7.1)

1. **Aumentare la resilienza dei boschi (di tutela) agli effetti del cambiamento climatico per mitigare i danni biotici e abiotici:** promozione della gestione attiva delle foreste e dell'uso di specie arboree adeguate al clima sulla base di strumenti di pianificazione dinamici (ad esempio, la tipizzazione dei boschi adattati al cambiamento climatico).
2. **Conservazione e miglioramento della biodiversità nei boschi:** aumentare la diversità nella composizione delle specie arboree e nella struttura verticale dei popolamenti per aumentare la resilienza ai rischi climatici.
3. **Rafforzamento del quadro istituzionale e giuridico:** migliorare le strutture di governance e allineare i regolamenti e i sussidi forestali ai rischi climatici.

Pacchetto di misure e raccomandazioni

Governance

Integrazione dei rischi climatici negli strumenti di pianificazione e gestione

- Integrazione dei rischi climatici negli strumenti strategici come i piani forestali, il catasto forestale e le strategie di gestione forestale, nonché revisioni e verifiche periodiche (governance).
- Maggiore integrazione dei rischi climatici negli strumenti di finanziamento delle misure di gestione forestale, ad esempio concentrandosi sull'obiettivo di una foresta diversificata e resiliente (promozione di una struttura forestale permanente e di una struttura diversificata orizzontalmente e verticalmente), attraverso la selezione di specie arboree adatte al luogo e al clima, l'applicazione di metodi di rigenerazione adeguati e un utilizzo del legname adattato (ad esempio, una leggera apertura del bosco) (governance, misure economiche).

Rafforzamento del quadro istituzionale e giuridico

- Creazione di un organismo di coordinamento intersettoriale per guidare l'attuazione dell'Agenda forestale 2030 e una chiara attribuzione delle responsabilità in relazione ai suoi obiettivi e misure (governance).
- Messa a disposizione di risorse finanziarie sufficienti a coprire i costi dei lavori forestali e a consentire la diversificazione delle specie arboree in un contesto di minori rese (misure economiche).

Partecipazione, sensibilizzazione ed educazione

- Programmi mirati di sensibilizzazione e mobilitazione per i proprietari di foreste le cui aziende agricole sono molto distanti dalla foresta per aumentare la consapevolezza delle foreste e promuovere una gestione attiva delle stesse (governance, formazione e sensibilizzazione).
- Integrazione dei rischi climatici e delle esigenze di adattamento nei corsi di formazione forestale e in altri programmi di istruzione e aggiornamento (formazione e sensibilizzazione).
- Sensibilizzazione, formazione e aggiornamento dei proprietari forestali attivi (in particolare contadini e contadine) in merito agli adattamenti legati al clima nella gestione forestale (ad esempio, sistema di formazione selvicolturale – conservazione di foreste permanenti e popolamenti con una struttura di alberi di età diversa e una sufficiente struttura verticale, selezione di specie arboree adattate al clima, ecc.) nonché in merito ai programmi di sostegno disponibili (in particolare per i boschi di protezione), attraverso programmi decentralizzati e modulari e l'integrazione di temi forestali nei formati di formazione esistenti (formazione e sensibilizzazione).

Ricerca e innovazione

- Ricerca su temi rilevanti per il clima come lo stoccaggio del carbonio nelle foreste, il potenziale di adattamento di diverse specie arboree o gli effetti del cambiamento climatico sulla biodiversità forestale (necessità di informazioni e ricerca).

Miglioramento della base di dati e di conoscenze

- Sviluppo ulteriore della tipizzazione forestale per modellare il cambiamento dei tipi di foresta in base a diversi scenari climatici, come base per i criteri di finanziamento e per la creazione di foreste resilienti al clima. (governance, modellazione e monitoraggio).
- Creazione di un sistema di raccolta e monitoraggio dei dati per l'individuazione precoce di fattori di stress climatico (anche e soprattutto indiretti e a cascata), come nuovi parassiti o la necessità di adattarsi ai cambiamenti ambientali (monitoraggio e modellazione).
- Monitoraggio del bilancio del carbonio della foresta e mappatura delle torbiere e delle zone umide come base per l'implementazione di progetti di compensazione della CO₂ e come incentivo per una gestione attiva della foresta (modellazione e monitoraggio).

Fattori di rischio biotici e abiotici

Gestione dei boschi di protezione

- Continuazione, monitoraggio ed eventuale adattamento al clima (cfr. sezione "Governance" di questo capitolo) dei programmi di finanziamento recentemente istituiti nel settore della gestione dei boschi di protezione per garantire in modo proattivo la funzione protettiva e il ripristino in seguito a danni (governance, misure economiche).
- Esame della necessità e attuazione di misure di stabilizzazione a breve termine in seguito a danni ai boschi di protezione e alla perdita della loro funzione protettiva (misure tecniche e basate sulla natura).

Gestione efficiente delle calamità

- Collaborazione con imprese che possono essere nominate dalla Provincia su richiesta e che consentono un intervento rapido, ad esempio in caso di calamità da bostrico, per agire tempestivamente e ad hoc in caso di danni (governance).
- Consentire e promuovere la creazione di comunità di gestione e utilizzo dei boschi per l'attuazione efficace di misure di gestione forestale e di piani di rimboschimento congiunto con specie arboree rispettose del clima, a fronte della forte frammentazione della struttura di proprietà forestale e della frequente mancanza di conoscenze specialistiche tra i piccoli proprietari dei boschi (governance, formazione e sensibilizzazione).
- Continuazione, valutazione ed eventuale adattamento (ad esempio, flessibilizzazione) delle misure esistenti e sviluppo di nuove misure (di finanziamento) per sostenere in modo tempestivo e non burocratico i proprietari di boschi in caso di danni, al fine di riparare i danni diretti ed evitare così i danni secondari, tenendo conto delle scoperte scientifiche nella lotta contro i parassiti ed eventualmente ricorrendo alla consulenza/supporto mirato da parte del corpo forestale (ad esempio mediante misure immediate), accompagnate da misure di comunicazione alle proprietà e alla società (governance, misure economiche, formazione e sensibilizzazione).

Gestione dei rischi abiotici

- Continuazione e intensificazione degli sforzi sostenuti finora per sviluppare, riattivare e migliorare l'accessibilità logistica delle infrastrutture per la lotta agli incendi boschivi (misure tecniche e basate sulla natura).

- Sviluppo e adattamento di strumenti di pianificazione dedicati, strategici e proattivi per la lotta agli incendi boschivi (accompagnati da strategie di sensibilizzazione rivolte ai proprietari dei boschi per orientare il comportamento e le strategie di gestione), compresa la promozione di specie resistenti al fuoco a seconda dei luoghi specifici, piani di emergenza e operativi e misure di recupero, in particolare per le aree con precedenti funzioni protettive o importanti servizi ecosistemici (governance).

Biodiversità e cambiamento delle tipologie forestali

Specie arboree adeguate al clima e al sito

- Garantire una produzione sufficiente di piante giovani adeguate al clima nei vivai forestali (governance, misure tecniche e basate sulla natura, misure economiche).
- Valutazione dell'impatto del cambiamento della composizione delle specie arboree sull'industria del legno e delle segherie e istituzione tempestiva di organismi di coordinamento e misure di sostegno politico (necessità di informazioni e ricerca, formazione e sensibilizzazione).

Regolamentazione della popolazione di selvaggina ungulata

- Maggiori sforzi per una cooperazione consensuale e di reciproca comprensione tra gestione forestale e caccia e introduzione di incentivi speciali per la regolazione della popolazione di selvaggina ungulata (governance, formazione e sensibilizzazione).
- Maggiore presa in considerazione dei parametri selvicolturali nella determinazione dei numeri degli abbattimenti pianificati, accompagnata dall'introduzione di metodi di caccia alternativi ed efficaci e dal miglioramento delle infrastrutture di caccia (governance, misure tecniche e basate sulla natura).

Promozione della biodiversità

- Valutazione regolare delle strategie per conservare e promuovere la biodiversità nel contesto di un clima che cambia, ad esempio trovando un equilibrio tra rigenerazione naturale e rigenerazione artificiale per la conversione proattiva dei boschi o trovando un equilibrio tra boschi gestiti e semi-naturali (governance, misure tecniche e basate sulla natura).
- Cooperazione mirata con i settori dell'agricoltura e della tutela della natura per rafforzare la biodiversità ai margini delle foreste e la connettività tra isole forestali (governance, misure tecniche e basate sulla natura).
- Sviluppo di strategie per contrastare le specie invasive (ad esempio nella vegetazione del terreno) e preservare la biodiversità forestale in caso di diffusione localizzata o ampia di neofite, ad esempio dopo calamità su larga scala; verifica della necessità e degli effetti della migrazione accompagnata di specie arboree non autoctone (governance, misure tecniche e basate sulla natura, necessità di informazioni e ricerca).
- Maggiore priorità agli aspetti della biodiversità (ad esempio la diversificazione delle specie arboree) nella gestione degli eventi dannosi nei boschi di protezione (rimboschimento per ripristinare la funzione protettiva e la capacità di immagazzinamento dell'acqua).

7.4.5 Salute

Obiettivi generali

- 1. Integrazione dei rischi sanitari legati al clima nella pianificazione settoriale e intersettoriale:** adattamento del quadro giuridico e presa in considerazione dei rischi ambientali e climatici in tutti gli ambiti politici.
- 2. Creare un sistema sanitario resiliente:** garantire un'assistenza sanitaria completa adattando l'infrastruttura sanitaria ai rischi climatici diretti e indiretti.

3. **Monitoraggio, ricerca e divulgazione sui rischi sanitari legati al clima:** sostenere iniziative di sensibilizzazione per prevenire i rischi sanitari legati al clima e tutelare la salute pubblica.

Pacchetto di misure e raccomandazioni

Governance

Integrazione dei rischi climatici negli strumenti di pianificazione e gestione

- Attuazione completa e coerente della delibera provinciale n. 2023/862 sull'istituzione di un sistema di prevenzione dei rischi per la salute legati all'ambiente e al clima a livello provinciale per l'applicazione sistematica dell'approccio One Health; collegamento tra salute e politiche climatiche; integrazione dei rischi per la salute legati al clima in altri settori (mainstreaming della politica sanitaria) (governance).
- Maggiore integrazione dei rischi per la salute dovuti al degrado ambientale e ai cambiamenti climatici negli strumenti strategici a lungo termine del settore sanitario, come il piano sanitario provinciale, e negli strumenti che ne permettono l'operatività, ad esempio la valutazione dell'impatto sulla salute per leggi e piani (governance).
- Maggiore interconnessione delle disposizioni settoriali attraverso l'integrazione dei rischi per la salute, ad esempio rafforzando il nesso tra pianificazione territoriale e salute e prendendo in considerazione le questioni di disuguaglianza sociale (governance).
- Rafforzamento delle attività di risposta ai rischi, integrando i rischi climatici nella formazione delle organizzazioni preposte all'intervento e nei relativi piani di intervento e emergenza (formazione e sensibilizzazione).

Rafforzamento del quadro istituzionale e giuridico

- Rafforzamento della cooperazione intersettoriale per lo sviluppo e l'attuazione di misure di adattamento settoriali e transettoriali attraverso l'istituzione di comitati intersettoriali e l'integrazione coerente degli aspetti sanitari negli organismi di coordinamento esistenti (governance).
- Aggiornamento a cadenza regolare degli strumenti di pianificazione settoriale sulla base degli output di un sistema di monitoraggio sugli impatti climatici da introdurre e sulla base delle nuove scoperte scientifiche (governance, monitoraggio e modellazione).
- Rafforzamento della cooperazione sovraregionale e dello scambio di esperienze per individuare precocemente e contrastare le malattie infettive legate al clima (governance).

Partecipazione, sensibilizzazione ed educazione

- Allineamento dei programmi di formazione e aggiornamento del personale sanitario all'approccio One Health, prendendo in considerazione le interazioni tra ambiente, clima e salute umana e animale (formazione e sensibilizzazione, governance).
- Programmi educativi per i gruppi vulnerabili su come affrontare le ondate di calore e di freddo, da abbinarsi all'uso di sistemi di allerta precoce e all'adeguata messa a disposizione di infrastrutture e risorse nel settore sanitario (formazione e sensibilizzazione).
- Programmi di formazione per la società civile e per i servizi di ricerca e soccorso sul tema degli impatti degli eventi meteorologici estremi sulla sicurezza delle attività in territorio alpino e dell'integrazione degli eventi estremi nei piani operativi (formazione e sensibilizzazione).

Ricerca e innovazione

- Promozione di progetti di ricerca per studiare gli effetti del cambiamento climatico sulla salute pubblica, comprese le conseguenze psicologiche (necessità di informazioni e ricerca).

Miglioramento della base di dati e di conoscenze

- Digitalizzazione dei dati sanitari a scopo di ricerca e implementazione di un monitoraggio sanitario completo per il controllo e l'analisi continui degli impatti del cambiamento climatico sulla salute umana e animale, con particolare attenzione all'insorgenza di malattie infettive (necessità di informazioni e ricerca, monitoraggio e modellazione).
- Analisi dei dati sul clima e sulla mortalità e introduzione di un monitoraggio specifico e di un registro degli aumenti di mortalità dovuti al caldo (monitoraggio e modellazione).

Garantire l'assistenza sanitaria

Infrastrutture sanitarie resilienti

- Miglioramento della resilienza delle infrastrutture sanitarie attraverso l'espansione e l'ammodernamento di ospedali e centri sanitari; presa in considerazione dei rischi climatici diretti e indiretti nella pianificazione e nel dimensionamento delle strutture sanitarie, comprese le loro infrastrutture primarie, come l'adattamento degli edifici agli eventi meteorologici estremi (misure tecniche e basate sulla natura); riconoscimento di uno status di protezione speciale alle infrastrutture sanitarie nella pianificazione delle zone di pericolo (governance).
- Adeguamento delle risorse in relazione ai flussi turistici che cambiano e al rischio crescente di incidenti causati da pericoli naturali o dal caldo estremo; presa in considerazione dei flussi turistici concentrati temporalmente e spazialmente nel dimensionamento e nel posizionamento spaziale delle strutture sanitarie. (governance).
- Promozione di un'assistenza sanitaria decentrata e capillare attraverso l'espansione dei servizi di telemedicina e di unità sanitarie flessibili e mobili, soprattutto nelle aree remote e in quelle particolarmente colpite dai rischi climatici (governance).

Promozione di misure sanitarie preventive e olistiche

- Integrazione coerente degli aspetti sanitari, in particolare del rischio di ondate di calore, negli strumenti di pianificazione territoriale e urbana (ad esempio attraverso l'implementazione di infrastrutture blu o verdi), prendendo in considerazione le diverse condizioni sociali. Maggiore presa in considerazione delle soluzioni basate sulla natura nella gestione della salute (governance, misure tecniche e basate sulla natura).
- Creazione di un quadro giuridico per l'inclusione dei rischi climatici e di elementi partecipativi nella pianificazione delle infrastrutture e degli spazi per i gruppi di popolazione vulnerabili (governance, formazione e sensibilizzazione).
- Sviluppo di scenari e misure per interventi ad hoc in tempi di crisi, ad esempio per l'assistenza a gruppi di persone vulnerabili durante ondate di calore estreme, per interventi in caso di eventi meteorologici gravi sempre più frequenti o per lo sviluppo di piani di intervento e di emergenza, ad esempio attraverso la cooperazione con fornitori di servizi che possono essere chiamati in causa in caso di crisi (governance, necessità di informazioni e ricerca).
- Maggiore integrazione dei rischi climatici nelle normative sulla salute degli animali e sull'igiene alimentare e presa in considerazione dei relativi effetti sulle produzioni animali (governance, necessità di informazioni e ricerca).

7.4.6 Turismo

Obiettivi generali

1. **Adattamento delle infrastrutture e delle offerte turistiche ai rischi climatici:** migliorare la resilienza delle infrastrutture turistiche e diversificare l'offerta.
2. **Migliorare le strutture di governance e le condizioni quadro istituzionali:** adattare il quadro giuridico e migliorare il coordinamento tra i diversi attori del settore turistico.
3. **Gestione dei flussi turistici:** gestire i flussi per evitare picchi di impatto sulle infrastrutture e sulla popolazione locale.

Pacchetto di misure e raccomandazioni

Governance

Integrazione dei rischi climatici negli strumenti di pianificazione e gestione del turismo

- Definizione di una maggiore resilienza come obiettivo chiave dello sviluppo turistico e integrazione di criteri corrispondenti negli strumenti provinciali di promozione turistica (governance, misure economiche).
- Maggiore attenzione e indirizzo dei programmi strategici delle organizzazioni turistiche verso la tutela del clima, i rischi climatici e l'adattamento ai cambiamenti climatici. Definizione da parte della Provincia di elementi minimi da prendere in considerazione, che possono essere ampliati e adattati in modo partecipativo e in base alle circostanze locali (governance).
- Pianificazione e dimensionamento delle infrastrutture turistiche in relazione ai cambiamenti climatici e agli eventi estremi (governance, misure tecniche e basate sulla natura).

Rafforzamento del quadro istituzionale e giuridico

- Introduzione di programmi di finanziamento e incentivi economici a livello di aziende, fornitori di servizi e destinazioni per sostenere la valutazione della vulnerabilità e dell'esposizione delle strutture turistiche e delle misure di adattamento al clima nel settore turistico, ad esempio attraverso la creazione di un fondo di resilienza e sulla base di un sistema di monitoraggio (misure economiche).
- Sviluppo di nuovi strumenti di pianificazione regionale e locale a lungo termine e ampliamento di quelli esistenti per l'analisi della vulnerabilità e dell'esposizione ai rischi climatici, alle macro-tendenze e alle misure di adattamento a breve e lungo termine, con il coinvolgimento della popolazione e delle associazioni locali (governance, monitoraggio e modellazione, formazione e sensibilizzazione).
- Aggiornamento regolare delle strategie turistiche a livello provinciale e comunale e revisione dei contenuti sulla base dei risultati del monitoraggio (governance).
- Definizione chiara delle responsabilità nel settore turistico per quanto riguarda l'adattamento ai cambiamenti climatici, in particolare per quanto riguarda il rapporto tra IDM, l'Area funzionale Turismo della Provincia e organizzazioni turistiche comunali (governance).
- Sviluppo di strategie settoriali per il risparmio dell'acqua e la gestione strutturale della carenza idrica, comprese opzioni di intervento a breve termine per controllare il consumo di acqua nel settore turistico in caso di carenza idrica; inclusione di criteri adeguati nei requisiti (edilizi) e negli strumenti di finanziamento (governance).
- Introduzione di strumenti per la gestione dei flussi turistici a lungo e breve termine, incorporando i risultati del monitoraggio con l'obiettivo di consentire una gestione flessibile dei flussi e una gestione dinamica degli hotspot (governance, monitoraggio e modellazione).

Partecipazione, sensibilizzazione ed educazione

- Sviluppo di campagne di sensibilizzazione sulle esigenze e le opportunità di adattamento per imprese, fornitori di servizi e destinazioni (formazione e sensibilizzazione).
- Campagne di sensibilizzazione e messa a disposizione di indicazioni per popolazione locale e ospiti per rafforzare a livello personale precauzioni e responsabilità rispetto ai rischi per la sicurezza dovuti a eventi meteorologici estremi e all'aumento dei rischi idrogeologici (formazione e sensibilizzazione).

Ricerca e innovazione

- Progetti di ricerca sull'analisi della vulnerabilità e dell'esposizione e sui potenziali di adattamento ai cambiamenti climatici delle infrastrutture turistiche (necessità di informazioni e ricerca).

Miglioramento della base di dati e di conoscenze

- Sviluppo di un sistema di monitoraggio intersettoriale per l'indagine sui flussi turistici e sul consumo di risorse. Derivazione di tendenze a lungo termine, simulazione e valutazione dell'efficacia delle misure di adattamento pianificate e implementate a livello di azienda e di destinazione (monitoraggio e modellazione, formazione e sensibilizzazione).

Resilienza dell'offerta turistica

Garantire la resilienza delle infrastrutture pubbliche e turistiche

- Valutazione e miglioramento della resilienza delle infrastrutture turistiche attraverso l'espansione e l'ammmodernamento delle strutture esistenti con l'obiettivo di proteggersi da eventi climatici estremi e adattarsi ai macro-trend legati al clima come la concentrazione dei flussi turistici in aree in cui la neve è assicurata. Ad esempio si potrebbero introdurre finanziamenti specifici per le aziende o per le destinazioni (attraverso i comprensori), standard minimi nell'ambito delle certificazioni o dei criteri di costruzione ed espansione delle infrastrutture (monitoraggio e modellazione, necessità di informazioni e ricerca, misure tecniche e basate sulla natura, governance).
- Presa in considerazione dei rischi naturali nella futura pianificazione delle infrastrutture (governance)
- L'espansione in aree esterne alle delimitazioni degli insediamenti sono da evitare per ridurre il consumo di suolo e l'esposizione a maggiori rischi residui (governance).
- Introduzione di incentivi e prescrizioni per l'uso di energie rinnovabili e la costruzione di infrastrutture di stoccaggio nelle strutture turistiche per ridurre i picchi giornalieri e stagionali di domanda di elettricità (misure economiche).
- Valutazione proattiva e, se necessario, aumento della capacità e dell'estensione delle infrastrutture di mobilità in base al cambiamento dei flussi turistici (misure tecniche e basate sulla natura).
- Adattamento dei piani di gestione dei disastri e della distribuzione delle risorse in relazione allo spostamento dei flussi turistici (misure di governance, tecniche e basate sulla natura).

Minimizzazione del rischio attraverso la diversificazione

- Definizione di un obiettivo di turismo sostenibile durante tutto l'anno negli strumenti di pianificazione e finanziamento provinciali e comunali e nelle linee guida IDM, per spalmare i flussi turistici ed evitare hotspot temporali e geografici (governance, formazione e sensibilizzazione).
- Diversificazione dell'offerta turistica attraverso lo sviluppo e la promozione di forme di turismo nuove o alternative, nonché l'adattamento, la conversione e il riorientamento delle infrastrutture e delle attività esistenti; questi principi devono guidare l'operato dell'IDM e delle organizzazioni turistiche regionali e locali, ed essere integrati nei strumenti di finanziamento provinciali (misure tecniche e basate sulla natura).

- Analisi della vulnerabilità e dell'esposizione per identificare le aree con bassa sicurezza dell'innevamento, al fine di evitare disadattamenti infrastrutturali e per riorientare precocemente l'offerta turistica verso il turismo estivo e fuori stagione (misure tecniche e basate sulla natura).
- Flessibilizzazione dei servizi turistici e uso diversificato delle infrastrutture turistiche attraverso l'integrazione di offerte stagionali e temporanee per adattarsi alla domanda variabile (misure tecniche e basate sulla natura).

7.4.7 Insedimenti, infrastrutture e beni culturali

Obiettivi generali

(cfr. "Salvaguardia delle infrastrutture critiche" nel capitolo 7.1)

1. **Rafforzamento del quadro istituzionale e giuridico:** ancoraggio della mitigazione dei rischi e dell'adattamento ai cambiamenti climatici nella pianificazione territoriale (mainstreaming).
2. Promozione di soluzioni basate sulla natura e multifunzionali nella pianificazione del territorio e delle infrastrutture: promozione di soluzioni trasformatrici per mitigare i rischi nei vari settori.
3. **Evitare l'impermeabilizzazione dei suoli e gestione dei relativi conflitti d'uso:** impermeabilizzazione azzerata come obiettivo di pianificazione e di indirizzo degli strumenti di pianificazione territoriale.

Pacchetto di misure e raccomandazioni

Governance

Integrazione dei rischi climatici nella pianificazione e nei processi decisionali

- Rafforzamento della pianificazione territoriale nella sua importanza (intersettoriale) e ancoraggio della mitigazione dei cambiamenti climatici, dell'adattamento al clima e del principio della resilienza in leggi, regolamenti di esecuzione e piani settoriali a tutti i livelli politici, in particolare nelle strategie settoriali esistenti (=mainstreaming) (governance)
- Maggiore presa in considerazione dei cambiamenti climatici nella pianificazione delle zone di pericolo e ancoraggio più rigoroso del principio del rischio residuo nelle condizioni di utilizzo (cfr. sottocapitolo *Gestione del rischio*) (governance).
- Ampliamento del focus della pianificazione paesaggistica, già fortemente istituzionalizzata, e degli strumenti già disponibili, come i criteri di approvazione degli interventi, il diritto delle commissioni di esprimere pareri, le limitazioni d'uso a livello provinciale e comunale o la tutela di aree e strutture, per includere gli aspetti dei rischi climatici e dell'adattamento ai cambiamenti climatici (governance).
- Integrazione dei rischi climatici nei calcoli dei costi, nei criteri di valutazione e nell'approvazione dei progetti infrastrutturali (governance, misure economiche).

Rafforzamento del quadro istituzionale e giuridico

- Introduzione di un "climate check" come strumento centrale per l'adattamento al clima dei piani territoriali, per garantire la compatibilità degli strumenti comunali (ad esempio il programma di sviluppo comunale) con le linee guida e i requisiti minimi standardizzati e vincolanti a livello provinciale (governance).

- Aumento della forza vincolante degli strumenti strategici e operativi comunali (ad esempio, programma di sviluppo comunale per il territorio e il paesaggio (PSCTP), piani paesaggistici, piani di attuazione, ecc.) per quanto riguarda l'integrazione dei rischi climatici e l'adattamento ai cambiamenti climatici; supporto economico, tecnico e di risorse umane nello sviluppo di specifiche strategie di adattamento a livello comunale, come previsto dai regolamenti europei (governance).
- Maggiore attenzione a livello intercomunale nella pianificazione territoriale, con l'obiettivo di adottare soluzioni olistiche nella gestione degli spazi aperti e dei rischi naturali, indipendentemente dai confini comunali (governance).
- Revisione flessibile e regolare e adattamento di regolamenti, processi di pianificazione e processi decisionali nella pianificazione territoriale, alla luce delle mutevoli condizioni climatiche e delle nuove scoperte scientifiche, per evitare strutture inadeguate con un alto grado di persistenza nel tempo (governance).
- Messa a disposizione di risorse finanziarie e umane sufficienti per la pianificazione e l'attuazione di misure rilevanti per l'adattamento nella pianificazione territoriale e nello sviluppo delle infrastrutture (misure economiche, governance).
- Aumento della cooperazione intersettoriale nel processo decisionale che riguarda la pianificazione territoriale e ancoraggio del settore della pianificazione territoriale negli organi e comitati competenti (governance).
- Cfr. le raccomandazioni generali alla governance: requisiti minimi (ad esempio, linee guida per la stesura del PSCTP) vs. flessibilità per prendere in considerazione le divergenze tra aree urbane e rurali (governance).

Partecipazione, sensibilizzazione ed educazione

- Attuazione di misure di formazione e sensibilizzazione per promuovere la consapevolezza dell'importanza intersettoriale della pianificazione territoriale per l'adattamento al cambiamento climatico (e viceversa) (formazione e sensibilizzazione).

Ricerca e innovazione

- Ricerca su argomenti rilevanti per il clima, come la resilienza delle infrastrutture, il potenziale di adattamento dei vari materiali da costruzione e gli effetti del cambiamento climatico sulla pianificazione territoriale e delle zone di pericolo (necessità di informazioni e ricerca).

Miglioramento della base di dati e di conoscenze

- Creazione di un sistema di monitoraggio continuo per controllare l'efficacia delle misure di adattamento messe in atto e per identificare nuove esigenze di adattamento al loro insorgere (monitoraggio e modellazione).

Strutture di insediamento adatte al clima

Pianificazione degli spazi verdi e aperti

- Presa in considerazione del principio di “densificazione moderata” nel determinare la densità degli insediamenti, come equilibrio tra la limitazione dell’espansione urbana attraverso strutture insediative più compatte e il mantenimento proattivo di superfici libere, necessarie per l’adattamento (governance, misure tecniche e basate sulla natura).
- Prevedere negli strumenti e nei criteri di pianificazione (inter)comunale che vengano liberate tempestivamente, create o classificate come prioritarie quelle aree e strutture (in futuro) necessarie per l’adattamento ai cambiamenti climatici, come infrastrutture verdi e blu, aree di ritenzione o corridoi di aria fresca (governance, misure tecniche e basate sulla natura).
- Rafforzamento della centralità delle soluzioni basate sulla natura per far fronte ai rischi climatici nelle aree di insediamento e perseguimento di un’adeguata progettazione urbana e dei centri cittadini (governance, misure tecniche e basate sulla natura).

Resilienza degli edifici e protezione del suolo

- Indirizzo coerente e vincolante degli strumenti di pianificazione strategica comunale verso obiettivi di tutela del suolo e delle risorse idriche, in particolare con l’obiettivo dell’impermeabilizzazione azzerata entro il 2040 (ad esempio, con l’attuazione coerente dei limiti di insediamento, come nel caso dello sviluppo turistico nel programma di sviluppo comunale), come previsto nei corrispondenti programmi d’azione (governance).
- Costruzione di edifici adeguati ai rischi da pericoli naturali e maggiore rafforzamento delle disposizioni sulla riduzione dell’impermeabilizzazione del suolo, inserendole negli strumenti di pianificazione operativa comunale (ad esempio, il Piano comunale per il territorio e il paesaggio) ed estendendo l’obbligo di proteggere il suolo a chiunque ne faccia uso (famiglie, imprese, ecc.) (governance, misure tecniche e basate sulla natura).
- Promozione e presa in considerazione dell’obbligo di utilizzare soluzioni basate sulla natura per migliorare la resilienza dei nuovi edifici e degli edifici esistenti, ad esempio attraverso tetti e facciate verdi, e integrazione di questi criteri nei requisiti edilizi per le abitazioni sovvenzionate (misure tecniche e basate sulla natura, misure economiche, governance) (cfr. il pacchetto di misure “Gestione integrata delle alluvioni” nel sottocapitolo *Gestione del rischio*).
- Attuazione coerente degli strumenti provinciali e comunali riguardanti l’impermeabilizzazione (ad esempio, l’offensiva contro l’impermeabilizzazione o il piano d’azione sull’impermeabilizzazione del suolo) o la bonifica delle aree impermeabilizzate e degradate (governance, misure tecniche e basate sulla natura) (cfr. il pacchetto di misure “Gestione integrata delle alluvioni” nel sottocapitolo *Gestione del rischio*).

Uso del suolo e conflitti d’uso

- Tutela e valutazione del ripristino e della creazione di superfici naturali con importanti funzioni di adattamento, nel caso in cui l’uso attuale dovesse essere abbandonato (ad esempio, l’allargamento dei fiumi con la creazione di aree di ritenzione naturale), mitigando e gestendo allo stesso tempo i conflitti di uso (del suolo) attraverso processi partecipativi. Tuttavia, la conservazione degli ecosistemi deve essere prioritaria (governance, misure tecniche e basate sulla natura) (veda il pacchetto di misure “Gestione integrata delle alluvioni” nel sottocapitolo “Gestione del rischio”)
- Attuazione di misure per aumentare l’accettazione (prendendo in considerazione gli sviluppi demografici e le esigenze delle diverse generazioni) e per ridurre le disuguaglianze sociali che possono derivare dalla creazione di spazi verdi e aperti (formazione e sensibilizzazione).
- Accompagnamento delle misure per limitare l’impermeabilizzazione del suolo con misure di sensibilizzazione e compensazione, e con processi partecipativi e inclusivi per gestire gli interessi ed evitare conflitti d’uso.

Adattamento della pianificazione delle infrastrutture ai cambiamenti climatici

- Maggiore integrazione delle condizioni climatiche future nella pianificazione delle infrastrutture di trasporto per un adattamento proattivo ai rischi climatici (climate-proofing), soprattutto per quanto riguarda le norme funzionali e geometriche per la progettazione, la costruzione e la manutenzione di infrastrutture e i criteri per il rinnovo delle concessioni o la revisione delle funivie (misure tecniche e basate sulla natura).
- Presa in considerazione dell'influenza del clima nella pianificazione e nel dimensionamento delle infrastrutture idriche e delle acque reflue e di altre infrastrutture critiche (ad esempio l'energia, cfr. il sottocapitolo *Energia*) (misure tecniche e basate sulla natura).

Beni culturali

- Presa in considerazione dei rischi climatici nella pianificazione e nei criteri di valutazione per la tutela degli insiemi e dei beni culturali nei casi di strutture particolarmente esposte a eventi meteorologici estremi (governance).
- Ulteriore sviluppo di misure per proteggere i beni culturali, compresa l'implementazione di misure di tutela per controllare l'erosione e migliorare la capacità di ritenzione dell'acqua nelle aree vulnerabili, per tutelare i beni e le strutture di valore culturale (misure tecniche e basate sulla natura).

7.4.8 Energia

Obiettivi generali

1. **Garantire l'approvvigionamento e la sicurezza energetica in Alto Adige, adattandosi ai rischi climatici:** migliorare la resilienza dell'infrastruttura energetica, promuovere le energie rinnovabili e implementare tecnologie ad alta efficienza.
2. **Miglioramento delle strutture di governance e il quadro istituzionale:** maggiore allineamento del quadro giuridico ai rischi climatici e miglioramento del coordinamento orizzontale e verticale.
3. **Promozione della ricerca e ampliamento della base di dati:** sostenere i progetti di ricerca e la raccolta di dati per sviluppare scenari come base per misure di adattamento proattive.

Pacchetto di misure e raccomandazioni

Governance

Integrazione dei rischi climatici negli strumenti di pianificazione e gestione

- Maggiore presa in considerazione dei (futuri) effetti specifici a livello locale delle influenze climatiche sulla sicurezza dell'approvvigionamento nella pianificazione, nel dimensionamento e nella manutenzione delle misure riguardanti l'infrastruttura di rete (ad esempio, ponderazione delle linee aeree rispetto ai cavi sotterranei, ecc.) (governance, monitoraggio e modellazione).
- Espansione del precedente focus sulle misure reattive nella gestione dei rischi naturali per aumentare proattivamente la resilienza del sistema energetico, al di là delle disposizioni sulla pianificazione delle zone di pericolo (governance, misure tecniche e basate sulla natura).
- Integrazione dei rischi climatici e dei potenziali costi sistemici correlati nella pianificazione degli investimenti del sistema energetico, con la messa a disposizione di fondi adeguati, ad esempio attraverso un fondo di resilienza (misure economiche).

- Adattamento alle nuove condizioni climatiche dei criteri e dei termini per l’assegnazione di concessioni per progetti energetici (governance).
- Maggiore ancoraggio delle questioni legate all’energia nelle disposizioni di pianificazione territoriale riguardanti la pianificazione spaziale e strategica dell’approvvigionamento e del consumo di energia (pianificazione energetica territoriale) (governance).

Rafforzamento del quadro istituzionale e giuridico

- Maggiore coordinamento verticale a causa della complessa distribuzione delle responsabilità e maggiore coordinamento con le regioni limitrofe per affrontare gli effetti a valle (governance).
- Cooperazione con le società regionali e sovregionali di fornitura e distribuzione di energia per affrontare tempestivamente i rischi per la sicurezza dell’approvvigionamento (governance).
- Sviluppo di piani e procedure di emergenza in caso di una produzione di energia limitata a causa di eventi estremi e di carenza idrica, compresi i sistemi di allerta precoce per modificare i consumi e la definizione tempestiva delle priorità di utilizzo, accompagnata da misure per evitare conflitti d’uso (governance).
- Sviluppo di scenari e indicazioni per gestire blackout e fluttuazioni nella produzione o nella domanda innescati da eventi climatici estremi (governance, monitoraggio e modellazione).
- Rafforzamento dell’indirizzo degli strumenti di finanziamento esistenti per l’aumento dell’efficienza energetica e dei relativi criteri sull’aspetto del raffrescamento degli edifici e della riduzione del fabbisogno di raffreddamento, ad esempio ampliando e riorganizzando lo strumento CasaClima (governance, misure economiche).
- Revisione e aumento della coerenza del sistema di sovvenzioni esistente alla luce dei principi di resilienza climatica (governance, misure economiche).
- Maggiore integrazione degli aspetti della domanda di raffrescamento nelle disposizioni che riguardano la progettazione degli edifici, soprattutto per gli edifici non residenziali (governance, misure tecniche e basate sulla natura).
- Revisione e rielaborazione periodica dei piani di investimento, delle disposizioni legali e dei criteri di concessione alla luce delle condizioni climatiche in evoluzione e delle scoperte scientifiche (governance, misure economiche).
- Attuazione di misure per ridurre le disuguaglianze sociali, ad esempio a causa dell’aumento dei costi energetici.
- Revisione delle normative provinciali, talvolta restrittive, nell’ambito delle energie rinnovabili (ad esempio, agri-PV, energia eolica) alla luce degli effetti climatici sulla fonte energetica primaria dell’energia idroelettrica e degli aspetti di sicurezza dell’approvvigionamento, prendendo in considerazione i conflitti con altri settori e i conflitti di utilizzo in una fase iniziale (governance).
- Maggiore attenzione degli strumenti di finanziamento esistenti all’espansione delle energie rinnovabili, soprattutto per le aree colpite dalla scarsità d’acqua (governance, misure economiche).
- Creazione di organismi di coordinamento per l’integrazione di misure sistemiche di gestione energetica in vari settori (governance).

Partecipazione, sensibilizzazione ed educazione

- Iniziative di formazione e sensibilizzazione sugli effetti del cambiamento climatico sul sistema energetico e sulla responsabilità di consumatori e consumatrici (formazione e sensibilizzazione).

Ricerca e innovazione

- Ricerca potenziata sulle possibili sinergie tra mitigazione e adattamento nel settore energetico e implementazione di conseguenti misure (pilota), ad esempio nell’area dell’agri-PV (necessità di informazioni e ricerca, governance).

- Valutazione del ruolo delle comunità energetiche nel rafforzare la sicurezza dell'approvvigionamento e attuazione di misure di comunicazione e di incentivi in linea con i risultati della valutazione (necessità di informazione e ricerca, governance).

Miglioramento della base di dati e di conoscenze

- Valutazione del rischio specifico e analisi degli effetti a lungo termine dei cambiamenti climatici sulla sicurezza dell'approvvigionamento e sul sistema energetico; correlate simulazioni temporali e locali dell'entità della produzione, della distribuzione e del consumo di energia, come base per misure di intervento proattive, soprattutto per quanto riguarda i sistemi idroelettrici dipendenti dalla neve e dai ghiacciai (monitoraggio e modellazione).
- Creazione di un modello per una migliore previsione e gestione delle carenze energetiche, come base per le misure di intervento a breve termine (monitoraggio e modellazione).

Sistemi energetici resilienti

Infrastruttura di trasmissione dell'energia resiliente

- Espansione e modernizzazione (sovraregionale) delle reti elettriche per aumentare la resilienza, ad esempio attraverso la configurazione circolare delle reti elettriche (misure tecniche e basate sulla natura).
- Aumento della flessibilità della domanda di energia attraverso la modulazione del carico a livello regionale e la riduzione dei picchi di carico dovuti all'aumento delle richieste di raffrescamento (misure tecniche e basate sulla natura, formazione e sensibilizzazione).

Garanzie per l'approvvigionamento energetico

- Attuazione di misure per l'efficientamento energetico al fine di ridurre la domanda di energia da parte delle famiglie, delle imprese e del settore pubblico attraverso regolamenti nella pianificazione dello sviluppo, prendendo in considerazione gli aspetti sociali (governance, misure tecniche e basate sulla natura, formazione e sensibilizzazione).
- Implementazione più decisa di misure per migliorare l'efficienza degli impianti di produzione (ad esempio il repowering) (misure tecniche e basate sulla natura).
- Flessibilizzazione della domanda e adattamento alle fluttuazioni di disponibilità di energia, ad esempio attraverso l'accoppiamento settoriale o la promozione e la costruzione di strutture di stoccaggio a breve e lungo termine (misure tecniche e basate sulla natura).

Gestione più efficiente delle infrastrutture (energetiche)

- Promozione o obbligo di usare per più scopi i serbatoi di stoccaggio e definizione di meccanismi di emergenza in caso di carenza d'acqua (governance, misure tecniche e basate sulla natura).
- Analisi del fabbisogno (a lungo termine) di nuove infrastrutture di stoccaggio e valutazione di quelle esistenti per adattarsi ai cicli idrologici in cambiamento, per lo stoccaggio a breve termine o stagionale e la mitigazione delle fluttuazioni nella disponibilità idrica (misure tecniche e basate sulla natura, necessità di informazioni e ricerca).

7.4.9 Economia

Obiettivi generali

1. **Maggiore resilienza al cambiamento climatico nelle aziende:** promozione di strategie di adattamento, sensibilizzazione e supporto tecnico alle aziende per superare le sfide legate al clima.
2. **Promozione di strutture economiche sostenibili:** sviluppo di modelli di economia circolare, catene di approvvigionamento sostenibili e soluzioni basate sulla natura.
3. **Miglioramento delle infrastrutture e dei piani di emergenza:** garantire la continuità aziendale attraverso infrastrutture più resilienti e piani di emergenza efficaci.

Pacchetto di misure e raccomandazioni

Governance

Rafforzamento del quadro istituzionale e giuridico

- Promozione di misure e criteri per un uso efficiente e per il risparmio dell'acqua nelle aziende (misure tecniche e basate sulla natura).
- Creazione di un fondo per sostenere le aziende nella preparazione di analisi di rischio (climatico) e di vulnerabilità e nell'attuazione di misure di adattamento (governance, misure economiche).

Partecipazione, sensibilizzazione ed educazione

- Sensibilizzazione delle aziende (in particolare delle PMI) sui rischi climatici e sul loro impatto sui modelli di business, compresi gli esempi di buone prassi per la mitigazione dei rischi, attraverso la creazione di un centro di consulenza per la preparazione di analisi di materialità (CSRD) e di rischi climatici (tassonomia UE) (formazione e sensibilizzazione).

Adattamento delle condizioni e degli orari di lavoro ai rischi climatici

- Adattamento degli orari di lavoro alle condizioni climatiche per ridurre al minimo lo stress da calore (governance, misure tecniche e basate sulla natura).
- Introduzione dei permessi "Hitzefrei", cioè permessi per il caldo, e fornitura di ombra sufficiente e di punti in cui poter bere (misure tecniche e basate sulla natura).
- Adattamento dei luoghi di lavoro, in particolare attraverso il raffrescamento e il miglioramento dei sistemi di drenaggio (misure tecniche e basate sulla natura).
- Sviluppo di modelli di lavoro (orario) flessibili e innovativi, adattati agli estremi climatici o agli effetti degli eventi estremi (governance).

Promozione di catene di approvvigionamento sostenibili ed economia circolare

- Creazione di catene di approvvigionamento locali e di modelli di economia circolare per ridurre le dipendenze e i rischi climatici indiretti (governance, misure tecniche e basate sulla natura).
- Analisi del rischio specifiche per settore e per le catene di approvvigionamento e sviluppo di strategie di diversificazione e logistica flessibile (monitoraggio e modellazione, governance).
- Introduzione di standard per una comunicazione trasparente dei potenziali rischi climatici alla clientela e a chi fornisce beni e servizi (formazione e sensibilizzazione).

Miglioramento della pianificazione di emergenza

- Sviluppo e implementazione di piani di emergenza operativi per una risposta rapida agli eventi legati al clima (governance, misure tecniche e basate sulla natura).
- Sviluppo e promozione di strumenti assicurativi contro i danni legati al clima (governance).

7.4.10 Gestione del rischio

Obiettivi generali

1. **Perseguimento di un approccio integrato alla gestione del rischio:** identificazione di misure integrate lungo tutte le fasi del ciclo del rischio per rafforzare strutturalmente la gestione dei pericoli naturali, anche prendendo in considerazione e attuando le raccomandazioni risultanti dal progetto di ricerca X-Risk-CC.
2. **Rafforzamento dello strumento per la pianificazione delle zone di pericolo:** maggiore indirizzo della pianificazione delle zone di pericolo verso i futuri cambiamenti climatici, al fine di prevenire proattivamente i rischi climatici.
3. **Adattamento degli strumenti legali e finanziari:** adattamento e sviluppo di condizioni quadro tecniche, legali e finanziarie per una mitigazione efficace dei rischi (legati al clima).
4. **Analisi e miglioramento dell'attuale gestione delle alluvioni,** per essere preparati a eventi di pioggia estrema, con intensità, estensione e durata crescenti, e alle conseguenti alluvioni locali e su larga scala. Si dovrebbe sfruttare tutto il potenziale di un mix di misure (misure tecnico-infrastrutturali, misure basate sulla natura, miglioramento della gestione del territorio, sistemi di allerta precoce, sensibilizzazione e responsabilità personale, soluzioni assicurative e di trasferimento del rischio) (Si veda il pacchetto di misure dedicato in *Gestione integrata delle alluvioni*).

Pacchetto di misure e raccomandazioni (lungo il ciclo del rischio per una gestione integrale)

Prevenzione

Governance

- Determinazione dell'analisi del rischio, che tiene conto degli effetti del cambiamento climatico, come base strategica per tutti gli aspetti della gestione dei pericoli naturali e del rischio (ad esempio, per dare priorità alle misure di tutela, fornire finanziamenti, adattare i piani e i sistemi di protezione a eventi più intensi e potenzialmente a cascata, ecc.) (governance, misure economiche, misure tecniche e basate sulla natura).
- Creazione di un quadro tecnico, legale e finanziario per le analisi volte a determinare l'esposizione, le possibili misure di protezione della proprietà e le misure per ridurre la vulnerabilità dei singoli edifici e insediamenti (governance, misure economiche, misure tecniche e basate sulla natura).
- Anticipazione della verifica di compatibilità degli edifici alle prime fasi del processo di pianificazione edilizia (invece che poco prima del completamento del progetto come previsto finora), per poter attuare tempestivamente le misure di adattamento e le misure per ridurre la vulnerabilità e l'esposizione; disposizioni di accompagnamento nei piani di sviluppo comunali (governance).
- Creazione di una struttura provinciale centrale per la valutazione dei rischi climatici e il coordinamento della gestione dei pericoli naturali, dotata di risorse umane ed economiche adeguate, nonché di responsabilità e competenze chiare e comprensive, delimitate rispetto al livello comunale (come l'adattamento degli standard tecnici o il monitoraggio dei piani delle zone di pericolo) a livello comunale (governance).

- Rafforzamento del coinvolgimento di volontari e volontarie nella protezione civile come pilastro fondamentale della gestione delle crisi e delle catastrofi, riducendo la burocrazia e i requisiti (governance).

Pianificazione delle zone di pericolo

- Ampliamento dal punto di vista tecnico e legale del piano delle zone di pericolo per farne uno strumento dinamico di pianificazione e di lavoro, da aggiornare continuamente utilizzando nuove basi di dati specificamente legate al clima (ad esempio con un modello digitale del terreno, dati sulle precipitazioni o dati (climatici) numerici). Espansione dello strumento con nuovi processi e scenari possibili (ad esempio, scenari climatici o dati sugli eventi meteorologici estremi e conseguenti cambiamenti su annualità, intensità e incertezze) (governance).
- Miglioramento e maggiore implementazione del concetto di rischio residuo negli standard, nelle normative e nella cartografia (governance).
- La costruzione di opere di protezione è solitamente seguita da una riduzione del livello di pericolo per l'area "protetta" (come parte dell'adattamento dei piani delle zone di pericolo e della valutazione del pericolo). In futuro, l'aumento del rischio residuo derivante dagli sviluppi climatici (e il loro impatto sulla frequenza e sull'intensità degli eventi estremi) e la possibilità di attività di costruzione nella "nuova area protetta" dovranno essere presi in maggiore considerazione (spirale protezione-sviluppo) (governance).
- Introduzione dell'accantonamento del terreno come strumento per mantenere proattivamente libere le aree importanti per la mitigazione del rischio, come le aree di riserva idrogeologica, le aree di ritenzione, ecc.

Rafforzamento delle interfacce tra la pianificazione delle zone di pericolo e la pianificazione della protezione civile

- Coordinamento tra la pianificazione e l'intervento in situazioni di catastrofe con scenari di pericolo (governance).
- Sviluppo e implementazione di "verifiche del rischio" per determinare la situazione specifica a livello comunale e per definire misure coordinate di riduzione del rischio (governance).
- Rafforzamento della natura vincolante delle misure comunali e ancoraggio dei rischi climatici nella pianificazione territoriale comunale, prendendo per esempio in considerazione strumenti di pianificazione urbanistica che contemplino i rischi di calore e di forti precipitazioni (come integrazione del piano delle zone di pericolo) (governance).

Misure di protezione/strutturali

- Presa in considerazione dei cambiamenti climatici nella programmazione, nella pianificazione dei progetti e nella manutenzione delle strutture di protezione (ad esempio, prendendo in considerazione i casi di sovraccarico) (monitoraggio e modellazione, misure tecniche e basate sulla natura).
- Maggiore indirizzo degli strumenti giuridici verso il miglioramento della ritenzione idrica nel paesaggio (cfr. "Pianificazione delle zone di pericolo") e maggiore utilizzo di soluzioni basate sulla natura per contenere le inondazioni e le piene (misure tecniche e basate sulla natura, governance).

Partecipazione, sensibilizzazione ed educazione

- Rafforzamento della preparazione e della responsabilità della popolazione attraverso attività di formazione mirate e continue, campagne di sensibilizzazione ed eventi (formazione e sensibilizzazione).
- Integrazione dei rischi climatici nei programmi di formazione e aggiornamento delle organizzazioni professionali e volontarie di protezione civile e di chi opera in libera professione (formazione e sensibilizzazione).
- Programmi di sensibilizzazione sugli impatti e i rischi climatici per le autorità e la pubblica amministrazione (formazione e sensibilizzazione).

Rafforzamento della base di dati e conoscenze

- Raccolta e analisi di dati utili relativi agli effetti del cambiamento climatico sulla probabilità di accadimento, la frequenza e l'intensità dei pericoli naturali, da integrare negli standard tecnici o nei piani delle zone di pericolo (necessità di informazioni e ricerca, monitoraggio e modellazione).

Preparazione e intervento

- Miglioramento dei sistemi di monitoraggio, preallerta, allerta e allarme per una migliore previsione e segnalazione degli eventi meteorologici estremi (ad esempio, sviluppo e introduzione di un sistema di allerta precoce per i temporali nella provincia di Bolzano) (monitoraggio e modellazione, formazione e sensibilizzazione).
- Sviluppo di scenari e misure per interventi ad hoc in tempi di crisi, ad esempio per l'assistenza alla cittadinanza durante le ondate di calore estremo o per l'intervento in caso di eventi meteorologici gravi sempre più frequenti (governance).
- Sviluppo di nuovi piani di emergenza e operativi o adattamento di quelli esistenti sulla base di questi scenari, compresa la revisione, la distribuzione e l'aumento delle risorse umane, tecniche ed economiche per la pianificazione e l'attuazione delle operazioni (governance).
- Miglioramento e ulteriore sviluppo della comunicazione di crisi (formazione e sensibilizzazione, governance).

Ricostruzione

- Allineamento delle linee guida e dei requisiti per la concessione di sussidi per la ricostruzione alle disposizioni dei piani delle zone di pericolo e agli eventi passati (misure economiche, governance).
- Fornitura tempestiva di risorse finanziarie aggiuntive o introduzione (e possibilmente applicazione obbligatoria) di nuovi modelli assicurativi (ad esempio assicurazione contro la siccità, assicurazione contro i pericoli naturali) per coprire i danni in aumento causati dal cambiamento climatico (misure economiche, governance).
- Presa in considerazione tempestiva dell'esposizione di infrastrutture e strutture insediative nella pianificazione delle misure di ripristino e di ricostruzione dopo i danni causati da eventi causati da pericoli naturali, in linea con l'approccio "build-back-better" per rafforzare la resilienza futura (governance, misure tecniche e basate sulla natura).

Gestione integrata delle alluvioni

- Valutazione complessiva dell'attuale gestione delle alluvioni (ad esempio come parte di uno studio) e adattamento delle attuali basi di valutazione per le strutture di protezione e i documenti di pianificazione strategica (eventi con tempo di ritorno di 30, 100, 300 anni) al cambiamento climatico, compresa la presa in considerazione o la simulazione di scenari *worst case* oggi più plausibili (a partire dalla maggior frequenza di eventi previsti con una ciclicità di 100 anni nella regione alpina negli ultimi anni). Integrazione negli o revisione adeguata degli strumenti di gestione strategica (ad es. Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, Piano delle zone di pericolo, ecc.) (governance)

- Miglioramento della gestione del territorio (ad esempio, creazione di aree di ritenzione, interruzione dell'impermeabilizzazione/sigillatura, rinaturalizzazione delle pianure alluvionali, eventualmente anche demolizione o reinsediamento). Indagine sul potenziale (ad esempio, studio) di queste aree per ridurre il rischio di alluvione (governance) (cfr. sopra: misure sulla messa a disposizione di terreni e pacchetti di misure in "Strutture di insediamento adeguate al clima" e "Uso del suolo e conflitti d'uso", raccomandazioni sugli *Insedimenti* e pacchetto di misure in "Presenza in considerazione degli aspetti ecologici nella gestione delle acque" nel sottocapitolo sulla *Gestione delle acque*).
- Miglioramento delle infrastrutture tecniche e delle strutture di protezione (ad esempio, estensioni dei profili, rafforzamento delle dighe e dei bacini di ritenzione delle piene) (governance) (cfr. il pacchetto di misure "Misure di protezione/strutturali" sopra).
- Miglioramento della gestione del rischio a livello degli edifici, riducendo la loro vulnerabilità, sensibilizzando l'opinione pubblica ed esaminando l'uso di soluzioni assicurative (governance, misure tecniche e basate sulla natura) (cfr. il pacchetto di misure "Resilienza degli edifici e protezione del suolo" nel capitolo *Insedimenti*).
- Aumento dell'allineamento dei meccanismi di preparazione e risposta agli eventi alluvionali (compresi reperimento e distribuzione delle risorse necessarie in caso di disastro) (governance) (cfr. il pacchetto di misure "Preparazione e intervento" sopra).
- Miglioramento del sistema di monitoraggio e di allerta precoce in relazione agli eventi alluvionali (governance) (cfr. il pacchetto di misure "Preparazione e intervento" sopra).

8 Autrici e autori del presente rapporto

Autrici e autori	Istituto/ Center	Organizzazione	
Marc Zebisch	Center for Climate Change and Transformation	Eurac Research	
Lydia Pedoth	Center for Climate Change and Transformation	Eurac Research	
Michael Pörnbacher	Center for Climate Change and Transformation	Eurac Research	
Kathrin Renner	Center for Climate Change and Transformation	Eurac Research	
Uta Fritsch	Communication	Eurac Research	

Mariachiara Alberton	Istituto di studi federali comparati	Eurac Research	
Giacomo Bertoldi	Istituto per l'ambiente alpino	Eurac Research	
Jakob Bisignano	Studi e analisi economiche	Istituto di ricerca economica Alto Adige IRE	
Philipp Corradini	Istituto per lo sviluppo regionale	Eurac Research	
Alice Crespi	Center for Climate Change and Transformation	Eurac Research	
Chiara Crippa	Istituto per l'osservazione della Terra	Eurac Research	

Viola Ducati	Istituto per l'ambiente alpino	Eurac Research	
Frederik Eisendle	Istituto per la medicina d'emergenza in montagna	Eurac Research	
Andreas Hilpold	Istituto per l'ambiente alpino	Eurac Research	
Christian Hoffmann	Istituto per lo sviluppo regionale	Eurac Research	
Clara Horvath	Istituto per lo sviluppo regionale	Eurac Research	
Verena Kircher	Istituto per lo sviluppo regionale	Eurac Research	

Georg Lun	Direttore	Istituto di ricerca economica Alto Adige IRE	
Federica Maino	Istituto per lo sviluppo regionale	Eurac Research	
Steffi Misconel	Istituto per le energie rinnovabili	Eurac Research	
Nikolaus Obojes	Istituto per l'ambiente alpino	Eurac Research	
Andrea Omizzolo	Istituto per lo sviluppo regionale	Eurac Research	
Chiara Pellegrini	Istituto per le energie rinnovabili	Eurac Research	

Urban Perkmann	Direttore dell'Ufficio studi	Istituto di ricerca economica Alto Adige IRE	
Matteo Giacomo Prina	Istituto per le energie rinnovabili	Eurac Research	
Giulia Roveri	Istituto per la medicina d'emergenza in montagna	Eurac Research	
Wolfram Sparber	Istituto per le energie rinnovabili	Eurac Research	
Giacomo Strapazzon	Istituto per la medicina d'emergenza in montagna	Eurac Research	
Felix Thaler	Istituto per lo sviluppo regionale	Eurac Research	

9 Ringraziamenti

AUTONOME
PROVINZ
BOZEN
SÜDTIROL



PROVINCIA
AUTONOMA
DI BOLZANO
ALTO ADIGE

Questo studio è stato supportato dal finanziamento n. 22328/2022 nell'ambito del programma di ricerca 2019-2021, progetto "Sviluppo di una strategia di adattamento ai cambiamenti climatici per la Provincia Autonoma di Bolzano".

Un ringraziamento particolare va ai vari dipartimenti, uffici, società partecipate ed enti della Provincia Autonoma di Bolzano, ai membri della Cabina di regia per il loro supporto, nonché a tutti coloro che hanno partecipato attivamente ai workshop e hanno contribuito in modo significativo al successo di questo progetto con le loro preziose informazioni e commenti professionali.

Desideriamo inoltre ringraziare anche tutte le colleghe e i colleghi che hanno sostenuto il progetto con la loro competenza ed esperienza: Manuela Bernardi, Claudio Callagher Zandonella, Fabio Carnelli, Alberto Dianin, Andrea Galletti, Sonja Gantioler, Lion Glückert, Sigrid Hechensteiner, Carlo Marin, Georg Niedrist, Aaron Penn, Massimiliano Pittore, Elisa Ravazzoli, Alessio Tardivo, Rocco Scolozzi, Vittoria Zadra.