



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

National Centre for Climate Services NCCS
Ufficio federale dell'ambiente UFAM

Scenari idrologici Hydro-CH2018

Le acque svizzere a fronte del cambiamento climatico



PROTEZIONE DEL CLIMA VUOL DIRE PROTEZIONE DELLE ACQUE



NOTA EDITORIALE

Direzione del progetto

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

Gruppo di progetto

Petra Schmockler-Fackel (direzione del progetto), Fabia Hüsler, Carlo Scapozza (presidenza), Michael Sinreich, Roland Hohmann, Sabine Kleppek, Bänz Lundsgaard-Hansen, Adrian Jakob, Carolin Schärpf, Olivier Overney † (UFAM), Andreas Fischer (MeteoSvizzera), Irene Roth, Jan Béguin (Ufficio federale dell'agricoltura, UFAG)

Ideazione e testi

Petra Schmockler-Fackel, Fabia Hüsler, Edith Oosenbrug (UFAM); Jörg Schmill, Jean-Luc Perret (Sinnform AG); Klaus Lanz (international water affairs); Rolf Weingartner (ecosfera gmbh)

Progettazione

Roland Ryser (zeichenfabrik.ch), Kuno Strassmann (kun-st.ch)

Ringraziamenti

Ringraziamo gli esperti per i loro contributi tecnici e i preziosi commenti.

Indicazione bibliografica

NCCS (ed.) 2021: Le acque svizzere a fronte del cambiamento climatico. National Centre for Climate Services, Zurigo. 28 pagg. ISBN 978-3-9525413-1-9

Editore

National Centre for Climate Services (NCCS)
c/o Ufficio federale di meteorologia e climatologia (MeteoSvizzera)
Operation Center 1, casella postale 257
CH-8058 Zurigo-Aeroporto
www.nccs.ch

Per ordinare la versione cartacea e scaricare il PDF:

UFCL, Vendita di pubblicazioni federali, CH-3003 Berna
www.pubblicazionifederali.admin.ch
N. art. 810.400.1401
nccs.admin.ch/hydro_opuscolo

Stampato su carta riciclata, a impatto zero sul clima e basse emissioni di COV.
La presente pubblicazione è disponibile anche in tedesco, francese e inglese.
La lingua originale è il tedesco.

© UFAM 2021

Con i suoi fiumi, laghi, ghiacciai, le acque sotterranee e le montagne innevate, la Svizzera è uno dei Paesi europei più ricchi di acqua. Ma è anche un Paese sottoposto a uno sfruttamento intensivo del suolo, specialmente per quel che riguarda proprio l'utilizzo delle acque, ampiamente sotto pressione a causa di prelievi, immissioni di inquinanti, prosciugamento e opere di sistemazione idraulica. A tali pressioni si sono aggiunti da alcuni decenni gli effetti del cambiamento climatico.

Quali sono le conseguenze del cambiamento climatico sulle nostre acque e sulla loro gestione? Tale aspetto è stato esaminato nell'ambito della tematica prioritaria Hydro-CH2018 «Basi idrologiche sui cambiamenti climatici» del National Centre for Climate Services (NCCS). Il progetto traccia un quadro dettagliato dei cambiamenti nel regime idrico del nostro Paese previsti per la fine di questo secolo nonché dei loro effetti sulle acque. Il presente opuscolo costituisce una sintesi dei risultati del progetto.

Hydro-CH2018, cui hanno partecipato i principali istituti di ricerca svizzeri, dimostra senza ombra di dubbio che i cambiamenti determinati dal clima già osservati nel regime idrico del nostro Paese sono destinati ad amplificarsi e aggravarsi in futuro.

Una politica climatica efficace è essenziale per le acque, poiché l'assenza di una protezione globale del clima potrebbe determinare verso la fine del secolo un riscaldamento estivo fino a 5,5 gradi delle temperature dei corsi d'acqua dell'Altipiano, con una portata estiva dei fiumi dimezzata rispetto ad oggi. Sarebbe uno scenario estremamente impegnativo per la natura, la società e l'economia, tanto più che le esigenze relative alle acque continuano a crescere, che si tratti di raffreddamento, irrigazione o produzione di energia idro-elettrica.

La società e l'economia devono adattarsi alle nuove condizioni climatiche e tenere conto anche della natura. Il successo di tale adattamento al cambiamento climatico dipende dalla capacità di resistenza risorse idriche, le quali possono assorbire le ulteriori sfide fino a un certo punto.

Affinché ciò accada, è prioritario attuare coerentemente le disposizioni in vigore per la protezione delle acque in tutti i settori. Il cambiamento climatico sta mettendo sul banco di prova tutti i nostri interventi, come prelievi di acqua, immissione di inquinanti e opere di costruzione: le nostre azioni di oggi determineranno lo stato delle acque svizzere di domani.

Katrin Schneeberger, direttrice UFAM

National Center for Climate Services NCCS

NCCS è la rete della Confederazione per i servizi climatici. In qualità di organo nazionale di coordinamento e innovazione e di centro di competenza, il NCCS favorisce l'adozione di decisioni compatibili con il clima con l'obiettivo di minimizzare i rischi, massimizzare le opportunità e ottimizzare i costi.

EVOLUZIONE DELLO STATO DELLE ACQUE ALLA FINE DEL SECOLO

Il cambiamento climatico modifica notevolmente la disponibilità di acqua nel corso dell'anno. Gli scenari idrologici Hydro-CH2018 mostrano che questa importante risorsa, può diventare temporaneamente così scarsa o così calda a livello locale da danneggiare la natura e porre limiti alle ai fabbisogni dell'uomo. La protezione del clima è lo strumento valido per eccellenza nel contenere i cambiamenti. Una protezione coerente delle acque e una prudente programmazione e gestione consentono di affrontare meglio le sfide.

Acqua di fusione proveniente da neve
-45 % Senza misure di protezione del clima
-15 % Con misure di protezione del clima

Portate invernali
+30 % Senza misure di protezione del clima
+10 % Con misure di protezione del clima

Portate annuali
-10 % Senza misure di protezione del clima
-0 % Con misure di protezione del clima

La portata di magra nelle aree al di sotto dei 1500 metri
-30 % Senza misure di protezione del clima
-15 % Con misure di protezione del clima

Portate estive
-40 % Senza misure di protezione del clima
-10 % Con misure di protezione del clima

RISPETTARE LE SOGLIE DI UTILIZZAZIONE

Quando le temperature salgono, la natura ha bisogno di più acqua. L'utilizzazione delle risorse idriche deve adeguarsi a questo maggiore fabbisogno naturale, così da non danneggiare gli ecosistemi. Inoltre, quando l'acqua scarseggia, occorre stabilire delle priorità in tal ambito. È importante non perdere di vista il futuro, per quanto lontano possa apparire, dal momento che le opere idrauliche e le concessioni di utilizzo durano molti decenni.

→ Pagina 18

Evento di precipitazione giornaliera che si verifica 1 volta ogni 100 anni
+20 % Senza misure di protezione del clima
+5 % Con misure di protezione del clima

Volume ghiacciaio Alpi
-95 % Senza misure di protezione del clima
-65 % Con misure di protezione del clima

POTENZIARE LO STATO DELLE ACQUE IN VISTA DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Acque ecologicamente intatte e prossime allo stato naturale riescono ad affrontare meglio le sfide del cambiamento climatico. Per questo è importante mantenere o ripristinare lo stato naturale di ruscelli, fiumi, laghi e acque sotterranee. Inoltre, occorre proteggere ancora meglio le risorse idriche da prelievi eccessivi e dalle immissioni di inquinanti.

→ Pagina 22

Temperatura nei corsi d'acqua in estate
+5,5 °C Senza misure di protezione del clima
+2 °C Con misure di protezione del clima

Temperatura annuale delle superfici dei laghi
+3,5 °C Senza misure di protezione del clima
+1 °C Con misure di protezione del clima

La panoramica mostra le medie dei cambiamenti attesi nel periodo 2070-2099 rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, con e senza misure di protezione del clima. Sono riportati valori medi per tutto il territorio svizzero.



PORTATE E CAMBIAMENTO CLIMATICO

A causa delle temperature in aumento, neve e ghiacciai stanno progressivamente perdendo il loro ruolo di serbatoi idrici. Questo comporta una distribuzione stagionale diversa delle portate: in futuro, fiumi e ruscelli svizzeri saranno più ricchi di acqua in inverno che non in estate. Lo stesso vale per le acque sotterranee, con maggiori riserve in inverno, minori riserve in estate e in autunno, sebbene la portata annua diminuirà solo in misura lieve.

→ Pagina 10



PENURIA D'ACQUA IN ESTATE

A seguito della diminuzione dell'acqua di fusione, delle precipitazioni nonché della maggiore frequenza e durata dei periodi di siccità, in estate la portata di fiumi e ruscelli sarà inferiore. A ciò si aggiunge l'aumento del fenomeno di evaporazione. La conseguenza è una minore disponibilità di acqua durante la stagione estiva, cui si contrappone il contestuale, maggiore fabbisogno di acqua di natura e società.

→ Pagina 12



POTENZIALE DI PERICOLO IN AUMENTO

La maggiore frequenza e intensità di forti precipitazioni e il rialzo della quota dell'isoterma di zero gradi favoriscono l'insorgere di piene, frane e inondazioni. In alta quota i ghiacciai si stanno ritirando mentre il suolo gelato si sta progressivamente sciogliendo, il che aumenta la probabilità di cadute di sassi, frane e colate detritiche.

→ Pagina 14



ORGANISMI ACQUATICI IN DIFFICOLTÀ

Il cambiamento climatico determina un aumento delle temperature nei corsi d'acqua e questo, unitamente a bassi livelli idrometrici, può avere conseguenze gravi sulla flora e sulla fauna nelle e lungo le acque, soprattutto in estate.

→ Pagina 16

Come sono nati gli scenari idrologici? → Pagina 24

Una protezione coerente del clima è decisiva per le acque.

TUTTO SCORRE

La Svizzera è uno dei Paesi europei più ricchi di acqua. La presenza delle Alpi e la sua vicinanza all'Oceano Atlantico e al Mar Mediterraneo rendono le precipitazioni più abbondanti che altrove. La Svizzera dispone inoltre di serbatoi idrici capienti sotto forma di laghi, acque sotterranee, ghiacciai e neve.

CICLO IDROLOGICO

L'acqua si muove in un ciclo globale. Cade dalle nubi sulla terra sotto forma di pioggia o neve, si infiltra nel suolo e nelle acque sotterranee o evapora, sgorga dalle sorgenti, scorre in ruscelli, fiumi e laghi per giungere infine al mare, dove risale nell'atmosfera.

Il cambiamento climatico intensifica il ciclo idrologico.

SCIOGLIMENTO DELLA NEVE* 350 mm/anno

Quando le temperature si abbassano, le precipitazioni avvengono sotto forma di neve, che per alcune settimane o alcuni mesi si accumula nel manto nevoso. In primavera e in estate la neve dell'inverno appena trascorso si scioglie e va a ingrossare le acque di fiumi e ruscelli alpini.

A seguito del cambiamento climatico, il contributo di acqua dallo scioglimento della neve è fortemente diminuito:
inverno -15 | primavera -54 | estate -76 | autunno -20
anno -165 (in mm)

* Lo scioglimento della neve rientra tra le precipitazioni.

PRECIPITAZIONI 1440 mm/anno

In Svizzera le precipitazioni sono abbondanti e interessano prevalentemente le zone di montagna. I venti dominanti trasportano le nubi dall'Atlantico e dal Mediterraneo fino alle Alpi, dove si raffreddano e si scaricano.

A causa del cambiamento climatico, le precipitazioni aumentano in inverno, diminuiscono in estate e cadono perlopiù sotto forma di pioggia invece che neve:
inverno +37 | primavera +21 | estate -70 | autunno -18
anno -30 (in mm)

Laghi artificiali
Volume utilizzabile
3,5 km³/anno

SCIOGLIMENTO DEI GHIACCIAI 10 mm/anno

I ghiacciai possono accumulare precipitazioni per decenni. In inverno la loro massa aumenta, specie nelle zone situate alle quote più elevate, mentre in estate e in autunno, nelle zone situate alle quote più basse, il ghiaccio si scioglie.

A seguito del cambiamento climatico, i ghiacciai stanno in gran parte scomparendo e forniscono sempre meno acqua di fusione:
inverno +0 | primavera +0 | estate -5 | autunno -2
anno -7 (in mm)

PORTATE 990 mm/anno

Le portate di fiumi e ruscelli sono determinate da precipitazioni, acqua di fusione e acque sotterranee. Solo una parte delle precipitazioni scorre a livello superficiale, il resto si infiltra nel suolo e nelle acque sotterranee o viene accumulato sotto forma di neve o ghiaccio. Questo deposito intermedio assicura l'alimentazione di fiumi e ruscelli anche durante i periodi privi di precipitazioni e, al contempo, spiega le variazioni di portata stagionali.

Il cambiamento climatico sta modificando tali variazioni stagionali:
inverno +59 | primavera +10 | estate -116 | autunno -38
anno -85 (in mm)

EVAPORAZIONE 460 mm/anno

Quale anello di congiunzione tra l'atmosfera e le acque, la superficie terrestre riveste un ruolo centrale nel ciclo idrologico. In Svizzera un terzo delle precipitazioni totali evapora nell'atmosfera dal suolo, dalle acque di superficie e attraverso le piante.

Il cambiamento climatico intensifica l'evaporazione in tutte le stagioni
inverno +16 | primavera +25 | estate +2 | autunno +6
anno +49 (in mm)

Laghi

Volume total 130 km³

Volume utilizzabile in modo sostenibile:
circa 2 km³/anno

VOLUME DI TUTTI I SERBATOI IDRICI UTILIZZABILE IN MODO SOSTENIBILE
23,5 km³/anno

Il più grande serbatoio idrico utilizzabile della Svizzera è rappresentato dalle acque sotterranee. Anche i laghi naturali e artificiali hanno un ruolo importante. L'uomo sfrutta queste acque, ma solo nella misura che consente ai livelli idrometrici di continuare a rigenerarsi. Prelievi eccessivi da laghi e acque sotterranee possono prosciugare le zone umide o impoverire le portate dei corsi d'acqua. Il livello idrometrico dei laghi artificiali è determinato dalla gestione e quasi tutto il volume accumulato è utilizzabile.

Il cambiamento climatico modifica il riempimento di questi laghi nel corso dell'anno.

Acque sotterranee

Volume totale 150 km³

Volume utilizzabile in modo sostenibile: circa 18 km³/anno

PORTATE mm/anno:

Totale annuo in millimetri di colonna d'acqua per il periodo di riferimento 1981-2010

Inverno/primavera/estate/autunno/anno: aumento e diminuzione in millimetri di colonna d'acqua per ogni stagione o anno per il periodo 2070-2099 senza protezione del clima (RCP8.5) rispetto al periodo di riferimento.

I valori in millimetri si riferiscono alla Svizzera idrologica (Svizzera più aree in Paesi confinanti le cui acque defluiscono nel territorio dello Stato). Dieci millimetri di colonna d'acqua corrisponde a un volume di 0,54 km³, dunque all'incirca al volume del lago di Morat.

I dati in chilometri cubi si riferiscono alla Svizzera politica, incluso il volume totale dei laghi confinanti.

SEGNI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO

In Svizzera la temperatura media dell'aria è aumentata di due gradi dal 1864 a oggi. Questo riscaldamento misurabile influenza il regime idrico in molti modi diversi.



Precipitazioni

Dal 1864, anno in cui sono iniziate le misurazioni sistematiche, i quantitativi annui di precipitazioni della Svizzera hanno subito variazioni lievi, con un aumento delle precipitazioni invernali e una diminuzione di quelle estive in molte regioni. Tuttavia, questo andamento stagionale è statisticamente significativo solo per le precipitazioni invernali che riguardano l'Altipiano e il Giura. Dall'inizio del XX secolo, inoltre, è aumentata la frequenza nonché l'intensità delle forti precipitazioni.



Neve

Da decenni l'aumento delle temperature determina il rialzo della quota dell'isoterma di zero gradi in inverno, che già dal 1960 è di 400 metri. Ciò fa sì che in inverno cada più pioggia che neve. Dal 1970, a bassa quota (altitudine inferiore agli 800 m s.l.m.) il numero di giorni di precipitazioni nevose si è dimezzato, mentre a quote superiori ai 2000 metri la diminuzione è stata del 20 per cento.



Portate

Anche le portate annue hanno subito variazioni lievi negli ultimi 100 anni. Tuttavia, in molte aree le portate invernali sono aumentate e quelle estive sono diminuite.

Tale cambiamento ha già avuto notevoli ripercussioni su portate e risorse idriche.



Eventi di piena

Le forti piogge vanno a ingrossare fiumi e ruscelli, causando piene e inondazioni. Quando la loro infiltrazione nel suolo è troppo lenta, le piogge possono scorrere in superficie e causare inondazioni anche a grandi distanze dai corsi d'acqua. In passato, in Svizzera le fasi caratterizzate da scarse o abbondanti precipitazioni intense si alternavano, ma dagli anni Settanta si osserva una maggiore frequenza ed intensità degli eventi di piena, fenomeno in parte attribuibile presumibilmente al cambiamento climatico.

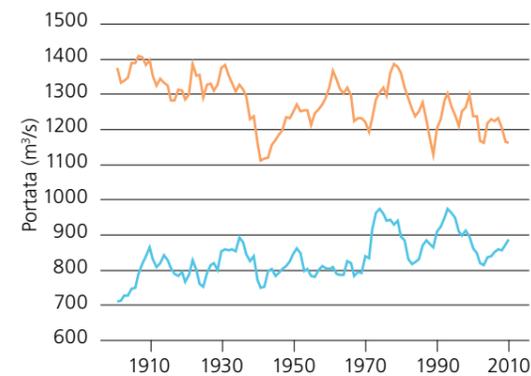


Livelli idrometrici bassi

Dal 2000 la Svizzera è sempre più colpita da fasi di siccità che durano settimane. Nel 2018, ad esempio, la quantità di pioggia caduta da aprile a settembre è stata inferiore di un terzo rispetto alla quantità abituale in tale periodo. I livelli idrometrici di fiumi, laghi e falde freatiche sono diminuiti e in alcune zone si è avuta penuria d'acqua.

Portata del Reno

La figura indica le portate medie rilevate dalla stazione di misurazione di Basilea in un arco di cinque anni. In estate e in inverno le portate si sono modificate in senso opposto.



Valori medi sull'arco di 5 anni — Estate — Inverno



Ghiacciai

Dal 1850 a oggi i ghiacciai hanno perso oltre la metà del loro volume. A causa del crescente riscaldamento, nel semestre estivo si scioglie più massa glaciale di quanta se ne possa formare in inverno, senza contare che lo scioglimento dei ghiacciai inizia sempre più in anticipo.

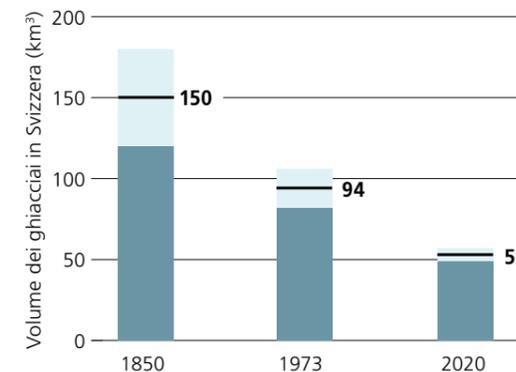


Permafrost

Al di sopra dei 2500 metri sul livello del mare alcune parti del suolo restano gelate tutto l'anno. Tuttavia, a causa del riscaldamento, il tenore di ghiaccio nel suolo è notevolmente diminuito.

Volume dei ghiacciai

Il grafico mostra come dal 1850 a oggi la quantità totale di ghiaccio dei ghiacciai svizzeri sia drammaticamente diminuita. Le zone più chiare indicano la fascia di incertezza.



Fonte: Rete di monitoraggio dei ghiacciai svizzeri (GLAMOS)



Temperatura dell'acqua

Le temperature di laghi e corsi d'acqua sono sensibilmente aumentate negli ultimi decenni, con un rialzo di oltre un grado in media a partire dal 1970.

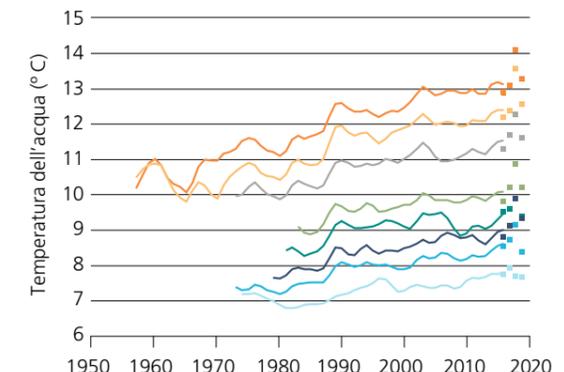


Acque sotterranee

Le falde freatiche prossime alla superficie si sono già leggermente riscaldate in qualche zona. Durante i periodi prolungati di siccità, la quantità disponibile di acque sotterranee di alcune sorgenti e alcuni pozzi è fortemente diminuita, mentre le acque sotterranee più profonde sono ancora poco interessate dal cambiamento climatico.

Temperatura dell'acqua dei fiumi

Servendosi di alcuni esempi, il grafico spiega che la temperatura media annua dei corsi d'acqua svizzeri è notevolmente aumentata negli ultimi decenni. Sono raffigurati la media mobile settennale (linee continue) e gli ultimi quattro deflussi medi annuali (punti).



Reno - Basilea Ticino - Riazzino
 Reno - Rekingen Emme - Emmenmatt
 Aare - Berne Reno - Diepoldsau
 Sarine - Gümmenen Rodano - Porte du Scex

PORTATE E CAMBIAMENTO CLIMATICO

L'alimentazione delle portate con acqua dallo scioglimento di neve e ghiaccio è in continuo calo e la loro distribuzione stagionale ne risulta modificata. In futuro, le portate dei corsi d'acqua svizzeri saranno più abbondanti in inverno e meno in estate, sebbene la quantità annua totale diminuirà solo in misura minima.

Il cambiamento climatico influisce sul regime idrico in due modi: modificando la distribuzione stagionale delle precipitazioni come pure attraverso il rialzo della temperatura dell'aria. Per il futuro gli scenari climatici mostrano che le precipitazioni aumenteranno in inverno e diminuiranno in estate. A sua volta, l'evaporazione sarà maggiore in tutte le stagioni.

Il cambiamento climatico fa sì che le precipitazioni cadano sotto forma di pioggia per poi defluire rapidamente, spesso fino alle quote più elevate. La neve copre una superficie minore del territorio svizzero, oltre al fatto che, nel corso dell'anno, il manto nevoso si accumula più tardi e si scioglie prima. La conseguenza è che durante i mesi invernali aumentano le portate e si indebolisce la rigenerazione della falda freatica mentre nei mesi estivi scarseggia l'acqua di fusione.

In estate le temperature più elevate accelerano lo scioglimento dei ghiacciai e l'acqua che ne deriva va a ingrossare laghi, fiumi e ruscelli. Si tratta comunque

di un fenomeno temporaneo: per i piccoli ghiacciai l'acqua di fusione ha già cominciato a diminuire, per quelli più grandi si presume che ciò avverrà a partire dal 2050.

In generale, tutti questi sviluppi avranno come conseguenza l'aumento delle portate invernali dei corsi d'acqua. Qualora non si adottino misure di protezione del clima, entro la fine del secolo l'aumento delle portate invernali sarà compresa tra il 10 e il 50 per cento rispetto a oggi, mentre la riduzione delle portate estive sarà tra il 30 e il 50 per cento.

La variazione degli apporti d'acqua stagionali influirà anche sui livelli idrometrici dei laghi. Si prevede, tuttavia, che il totale delle portate annue diminuirà del 10 per cento circa.

Cambia anche la dinamica stagionale per i livelli delle acque sotterranee e delle portate delle sorgenti, con fasi di magra e di piena più marcate. Portate e livelli idrometrici saranno più alti in inverno e più bassi in estate. La gestione delle acque deve adattarsi alle mutate condizioni.

	Con misure di protezione del clima Fino a fine secolo	Senza misure di protezione del clima Fino a fine secolo
Acqua di fusione proveniente da neve	-0 a -30 %	-30 a -60 %
Portate invernali	+0 a +20 %	+10 a +50 %
Portate annuali	-5 a +5 %	-0 a -20 %

Possibile entità delle variazioni nel periodo 2070-2099 rispetto al periodo 1981-2010 (fascia di oscillazione delle simulazioni). Valori medi per la Svizzera nell'arco di un trentennio approssimati al 5 per cento.

Neve e ghiacciai saranno sempre meno importanti per il regime idrico della Svizzera.

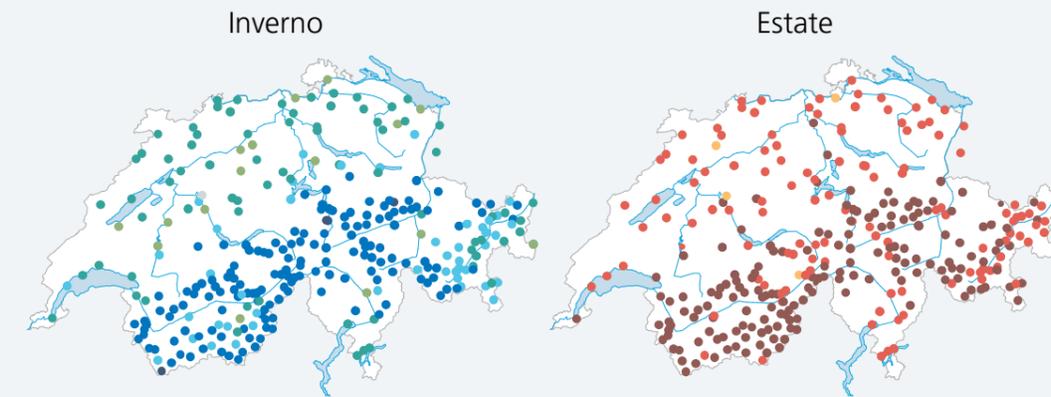


«In Svizzera quasi il 60 per cento della corrente è prodotta dalle centrali idroelettriche. In futuro, le centrali costruite lungo i grandi fiumi potranno produrre meno energia elettrica in estate e più in inverno, uno sviluppo positivo considerato che il fabbisogno di energia è maggiore nella stagione invernale. Con la scomparsa dei ghiacciai e la lenta diminuzione delle portate annue, nell'insieme, si avrà comunque meno acqua a disposizione per la produzione di energia elettrica».

Maja, ingegnere presso una centrale idroelettrica

Variazioni di portata attese

Le mappe mostrano le variazioni attese per le portate stagionali in vari bacini imbriferi entro la fine del secolo (2070-2099) rispetto al periodo di riferimento (1981-2010), qualora non si adottino misure di protezione del clima.

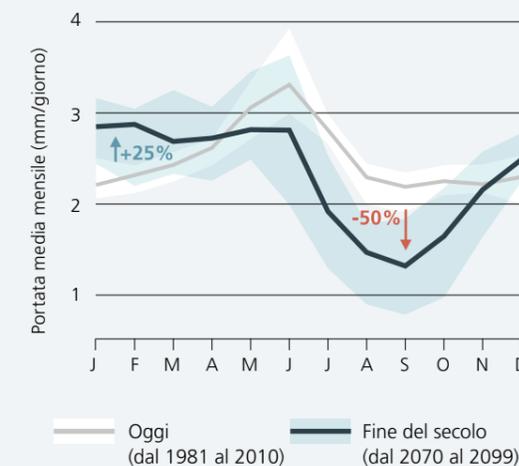


Variazione percentuale dal periodo di riferimento

- Calo molto forte (da -60 a -40)
- Nessuna variazione (da -5 a 5)
- Forte aumento (da 40 a 60)
- Calo forte (da -40 a -20)
- Lieve aumento (da 5 a 20)
- Forte aumento (>60)
- Calo lieve (da -20 a -5)
- Forte aumento (da 20 a 40)

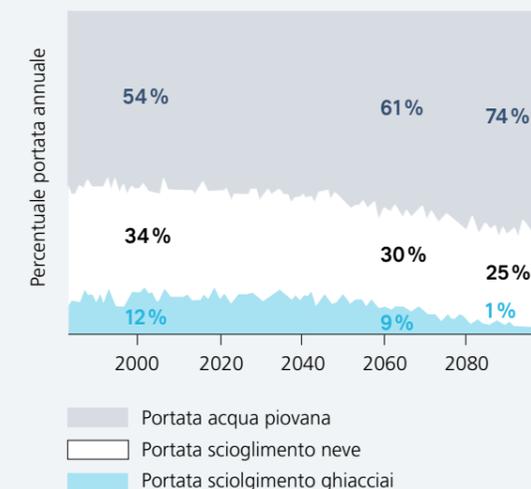
Andamento annuale del Reno

Le frecce illustrano in che modo cambieranno le portate medie mensili del Reno nei pressi di Basilea entro la fine di questo secolo, qualora non si adottino misure di protezione del clima. Le superfici più chiare rappresentano la fascia di oscillazione delle modellizzazioni.



Fiume Kander

Il grafico mostra le variazioni percentuali di acqua piovana e acqua di fusione proveniente da neve e ghiacciai nella portata del fiume Kander presso Kandersteg, qualora non si adottino misure di protezione del clima. Si noti il considerevole incremento di acqua piovana, che passa dal 54 per cento al 74 per cento.



PENURIA D'ACQUA IN ESTATE

In futuro, fiumi e ruscelli avranno portate meno abbondanti in estate. Inoltre, le fasi di siccità saranno più frequenti e più lunghe. Durante questi eventi estremi, può esservi penuria d'acqua in alcune regioni e per alcuni periodi.



«Il cambiamento climatico aggrava il rischio di siccità, mettendo in pericolo i nostri raccolti. In presenza di temperature più elevate, le piante hanno bisogno di più acqua per crescere. Ma io non posso irrigare di più perché nella nostra regione l'acqua scarseggia in estate. Per il futuro dovrò passare a varietà e colture più resistenti a calore e siccità. Inoltre, cerco già oggi di praticare un'irrigazione a basso consumo d'acqua.»

Simon, agricoltore

Gli scenari idrologici mostrano che, in linea generale, i livelli idrometrici si abbassano sensibilmente, sia per le acque di superficie sia per le acque sotterranee. Il fenomeno interessa ogni regione e altitudine, ma in particolare le Alpi e le Prealpi. Qualora non si adottino misure di protezione del clima, entro la fine del secolo la riduzione delle portate estive sarà compresa mediamente tra il 30 e il 50 per cento rispetto a oggi, arrivando addirittura al 60 per cento negli attuali ruscelli glaciali.

Contemporaneamente, in futuro i periodi di siccità e le ondate di caldo aumenteranno e dureranno più a lungo. Senza misure di protezione del clima, durante i periodi di siccità estivi le portate di magra nelle aree al di sotto dei 1500 metri di altitudine diminuiranno del 30 per cento entro la fine del secolo.

Ne conseguirebbe un maggiore e più frequente rischio di prosciugamento di sorgenti, zone umide, ruscelli e piccoli fiumi nei periodi poco piovosi. Anche la vita nelle acque e lungo le sponde risentirebbe di una situazione caratterizzata da acque poco profonde e più calde. Si prevede un prosciugamento totale di

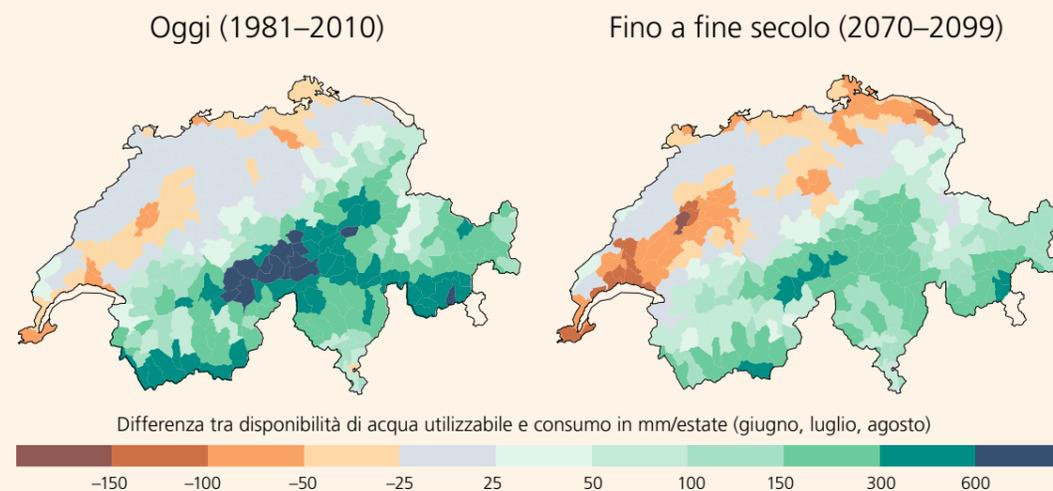
fiumi e ruscelli nelle fasi di siccità estive anzitutto nel caso di corsi d'acqua di piccole e medie dimensioni o nelle zone carsiche, come il Giura.

Il cambiamento climatico comporterà una diminuzione delle portate utilizzabili in estate. Se contemporaneamente si utilizzerà l'acqua dei fiumi o le acque sotterranee per irrigare le colture agricole o per scopi di raffreddamento, in alcune zone e per alcuni periodi potrebbe esservi una penuria d'acqua. Già oggi questi impieghi delle acque devono essere limitati durante le fasi di siccità in estate.

Le portate invernali di fiumi e ruscelli situati nelle aree alpine sono finora in genere caratterizzate da magra, con l'acqua accumulata nel manto nevoso. In futuro, nelle regioni al di sopra dei 2000 metri di altitudine, le portate di magra sono destinate ad aumentare in inverno. Nelle aree situate a un'altitudine compresa tra 1500 e 2000 metri il cambiamento climatico può arrivare a spostare la stagione delle magre dall'inverno all'estate e all'autunno. Tuttavia, la portata subisce variazioni minime durante gli eventi di magra.

Bilancio tra disponibilità e consumo di acqua

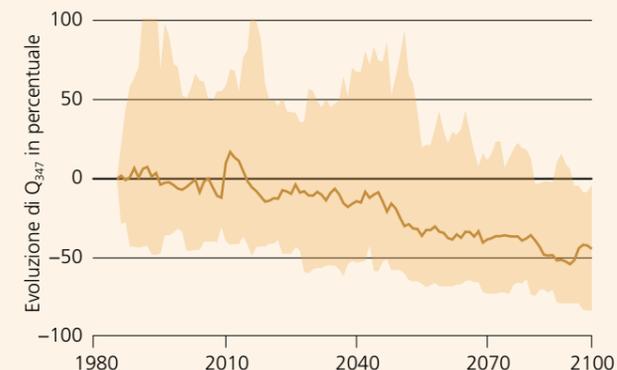
Le mappe mostrano la differenza tra disponibilità di acqua utilizzabile e consumo nell'estate di un anno con scarse precipitazioni, oggi e alla fine del secolo, qualora non si adottino misure di protezione del clima. Nei bacini imbriferi colorati in arancione/marrone vi è penuria d'acqua: il fabbisogno di acqua in estate supera le riserve disponibili di ruscelli, fiumi e laghi. Già oggi, durante gli anni più secchi, alcune regioni evidenziano carenza di acqua, un fenomeno destinato ad aumentare in futuro.



Eventi di magra nel fiume Thur

La figura esemplifica come potrebbe cambiare la portata di magra del fiume Thur presso Halden (TG), qualora non si adottino misure efficaci di protezione del clima. Il valore Q_{347} indica la portata che il fiume supera in media per 347 giorni in un anno.

Di conseguenza, le portate di magra nelle aree situate sotto i 1500 metri diminuiranno notevolmente in futuro rispetto a oggi. La superficie più chiara indica la fascia di oscillazione delle modellizzazioni.



	Con misure di protezione del clima Fino a fine secolo	Senza misure di protezione del clima Fino a fine secolo
Portate di magra nelle aree al di sotto dei 1500 metri	-0 a -30 %	-10 a -50 %
Portate estive	-0 a -20 %	-30 a -50 %

Possibile entità delle variazioni nel periodo 2070-2099 rispetto al periodo 1981-2010 (fascia di oscillazione delle simulazioni). Valori medi per la Svizzera nell'arco di un trentennio approssimati al 5 per cento.

La siccità in estate e in autunno riduce l'offerta di acqua nelle regioni.

POTENZIALE DI PERICOLO IN AUMENTO

In futuro le precipitazioni più intense determineranno in alcune zone l'aumento di inondazioni e ruscellamenti superficiali. Vi sono inoltre segnali che lasciano presagire una maggiore frequenza di eventi di piena su aree estese. Il riscaldamento provoca anche lo scioglimento dei ghiacciai mentre il suolo gelato nelle aree ad alta quota diventa instabile.



«Dobbiamo essere preparati al fatto che, in caso di forti piogge, l'acqua che scorre in superficie possa causare maggiori danni. Molte costruzioni sono a rischio in Svizzera. Chi possiede una proprietà, dovrebbe assolutamente consultare la carta dei pericoli «Ruscellamento superficiale», per capire se l'immobile si trova in una zona a rischio. Possono bastare poche e semplici misure per impedire, ad esempio, che l'acqua penetri negli scantinati o nei garage interrati»

Renato, vigile del fuoco

Un'atmosfera più calda contiene più energia e può assorbire più umidità, incrementando il rischio potenziale di forti piogge e temporali. Di conseguenza, senza l'adozione di misure di protezione del clima le precipitazioni giornaliere più elevate aumenteranno la loro intensità del 20 per cento entro la fine del secolo. Ciò significa che in futuro, durante un temporale estivo, potrà cadere più pioggia di quanto non accada oggi. Inoltre, le forti precipitazioni saranno più frequenti.

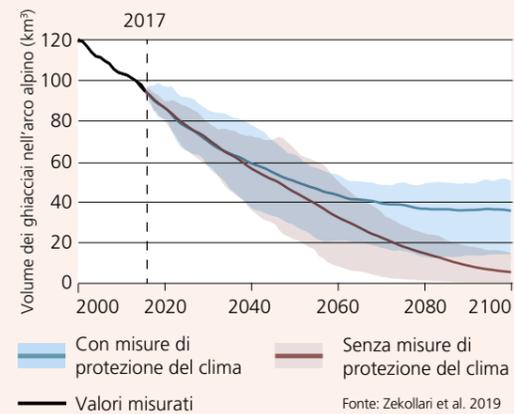
Di conseguenza, aumenteranno le inondazioni dovute a eventi di piena e di ruscellamento superficiale. In caso di ruscellamento superficiale, le precipitazioni non si infiltrano nel suolo, ma allagano i terreni e causano danni a costruzioni, infrastrutture e campi coltivati. In Svizzera due terzi delle costruzioni si trovano in zone potenzialmente a rischio di ruscellamento superficiale.

Vi sono anche segnali che indicano che le piene a seguito di precipitazioni persistenti potrebbero diventare più frequenti nonché causare inondazioni e danni su superfici estese. Nonostante l'indiscutibile aumento di forti precipitazioni locali, è difficile prevedere la futura evoluzione di rari eventi di piena ad ampio raggio.

Poiché le temperature in aumento provocano lo scioglimento del suolo permanentemente gelato (permafrost) in montagna nonché il ritiro dei ghiacciai, diminuisce la stabilità dei versanti montani. Aumentano frane, cadute massi e colate detritiche, così come la quantità di materiale roccioso instabile e pietrisco. Durante gli eventi di piena il materiale sciolto viene trasportato nelle aree situate alle quote più basse, dove può provocare danni.

Scioglimento dei ghiacciai

Il grafico mostra come cambierà in futuro il volume dei ghiacciai nell'arco alpino. Le superfici più chiare indicano la fascia di oscillazione delle modellizzazioni.



A seguito dell'incremento della popolazione e del maggiore sfruttamento del paesaggio, aumentano sempre più i danni materiali causati da pericoli naturali. Per prevenire tali danni, sono disponibili le seguenti carte dei pericoli: «Pericoli naturali» e «Ruscellamento superficiale»* (www.bafu.admin.ch/bafu/it/home/temi/pericoli-naturali.html), le quali identificano le aree potenzialmente esposte agli eventi.

Nell'ambito dei rischi legati ai pericoli naturali, in Svizzera si è consolidato il sistema di gestione integrale dei rischi. Questo approccio completo permette ai responsabili competenti di tenere conto con coerenza anche delle variazioni derivanti dal cambiamento climatico, ad esempio nell'elaborazione di piani di utilizzazione, regolamenti edilizi o piani di interventi.

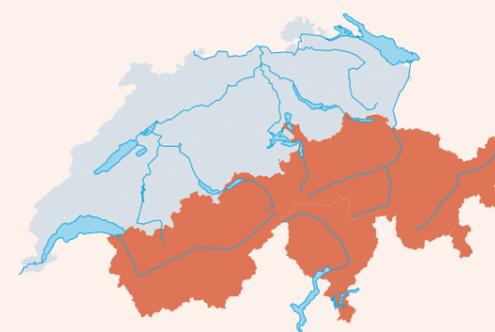
Fattori d'influenza sui fenomeni di piena e relativa evoluzione a seguito del cambiamento climatico



- Più energia e umidità nell'atmosfera**
- Aumento della frequenza e dell'intensità di forti precipitazioni
 - Aumento del deflusso delle acque superficiali
 - Aumento di piene e inondazioni locali



- Modifiche nella circolazione atmosferica**
- La variabilità naturale rimane elevata
 - Possibile aumento di piene su ampie superfici in seguito a forti precipitazioni persistenti
 - Non si dispongono ancora di previsioni certe



- Zero termico più elevato**
- Aumento delle precipitazioni sotto forma di piogge
 - Proroga della stagione delle piene



- Maggiore disponibilità di materiale sciolto**
- Aumento del pericolo costituito da cadute di sassi e colate detritiche
 - Aumento del trasporto di materiale solido di fondo

Effetto degli spazi sulle piene

- Aumento previsto
- Nessuna cambiamento

	Con misure di protezione del clima Fino a fine secolo	Senza misure di protezione del clima Fino a fine secolo
Evento di precipitazione giornaliera che si verifica 1 volta ogni 100 anni	+5 %	+20 %
Volume ghiacciaio Alpi	-50 a -80 %	-90 a -100 %

I pericoli naturali dovuti a piene, inondazioni e frane sono in aumento.

Possibile entità delle variazioni nel periodo 2070-2099 rispetto al periodo 1981-2010 (fascia di oscillazione delle simulazioni). Valori medi per la Svizzera nell'arco di un trentennio approssimati al 5 per cento.

ORGANISMI ACQUATICI IN DIFFICOLTÀ

Lo sfruttamento intensivo delle acque, le numerose opere di sistemazione realizzate nonché l'immissione di inquinanti compromettono la vita di molti organismi acquatici, animali e vegetali. Il cambiamento climatico aggrava tale situazione con l'innalzamento della temperatura dell'acqua e con la modifica delle portate. La conseguenza è che la biodiversità nelle acque e lungo le sponde è destinata a diminuire.



«Per le trote la temperatura ideale dell'acqua è intorno ai 13 gradi. A partire da 20 gradi, cominciano a soffrire, mentre oltre i 25 gradi resistono solo per breve tempo, quindi con un rischio acuto per grosse popolazioni. Ma il cambiamento climatico non mette in pericolo solo le trote. Altre specie ittiche, abituate a vivere in acque più fredde e ricche di ossigeno, sono destinate a estinguersi a livello regionale. In alcuni casi in maniera del tutto inosservata».

Aline, biologa

Fiumi e ruscelli continueranno a riscaldarsi in tutte le regioni della Svizzera. Se si continueranno a emettere gas serra a livello globale come finora, le temperature estive dei corsi d'acqua potrebbero aumentare dai 3 agli 9 gradi entro la fine del secolo. Se invece si adotteranno misure di protezione del clima, si prevede che in estate il riscaldamento possa essere ridotto di 3 gradi in più rispetto a oggi. A tal riguardo, in inverno, il cambiamento climatico è meno rilevante.

Con il cambiamento climatico aumentano anche le fasi di magra estive. I ruscelli si prosciugano sempre più spesso e lo stesso avviene per tratti di fiumi. L'interazione tra riscaldamento e penuria d'acqua lascia prevedere un rapido susseguirsi di forti cambiamenti negli ecosistemi.

A causa del cambiamento climatico, la temperatura media dell'acqua sulla superficie dei laghi potrebbe aumentare di 3-4 gradi entro la fine del secolo, impedendo lo scambio tra acque superficiali e profonde.

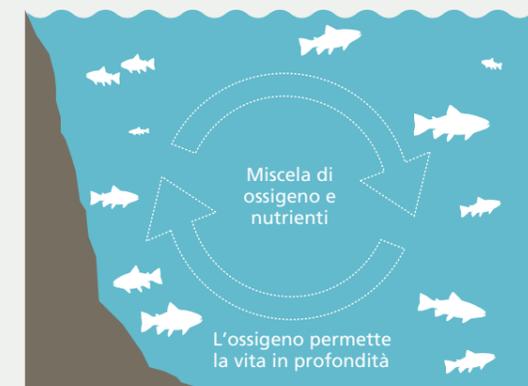
Da ciò deriverebbe una diversa distribuzione di ossigeno e nutrienti nei laghi, con conseguenze per l'intera rete alimentare.

Alcuni organismi acquatici possono adattarsi al cambiamento climatico rifugiandosi in acque più fredde, situate perlopiù a quote più elevate. Ma questo avviene solo se non incontrano ostacoli sul loro percorso, ad esempio dighe o centrali idroelettriche. Inoltre, il nuovo habitat deve essere idoneo. Per i temoli, ad esempio, la temperatura dei ruscelli di montagna è ottimale, ma non sarebbero in grado di affrontare la forte corrente.

Il pericolo non riguarda solo la varietà dei pesci e dei gamberi, che sono tra le specie più minacciate in Svizzera. L'intera biodiversità autoctona nelle acque è già oggi sotto forte pressione e il cambiamento climatico non fa che aumentarla ulteriormente. Inoltre, le condizioni modificate potrebbero rendere facilitare ancora di più l'insediamento e la diffusione di specie esotiche invasive.

Effetti del riscaldamento climatico sui laghi

Le illustrazioni spiegano in che modo il cambiamento climatico interviene nei processi naturali dei laghi.



Attualmente le acque di gran parte dei laghi svizzeri si mescolano completamente una volta in inverno o due volte all'anno, in primavera e in autunno.



Quale possibile conseguenza del cambiamento climatico, in futuro le acque di alcuni laghi potrebbero mescolarsi completamente con meno frequenza. Per tutti i laghi, la stratificazione stabile durerà più a lungo in estate e la temperatura dell'acqua aumenterà.

	Con misure di protezione del clima Fino a fine secolo	Senza misure di protezione del clima Fino a fine secolo
Temperatura nei corsi d'acqua in estate	+1,5 a +3°C	+3 a +9°C
Temperatura annuale delle superfici dei laghi	ca. +1°C	+3 a +4°C

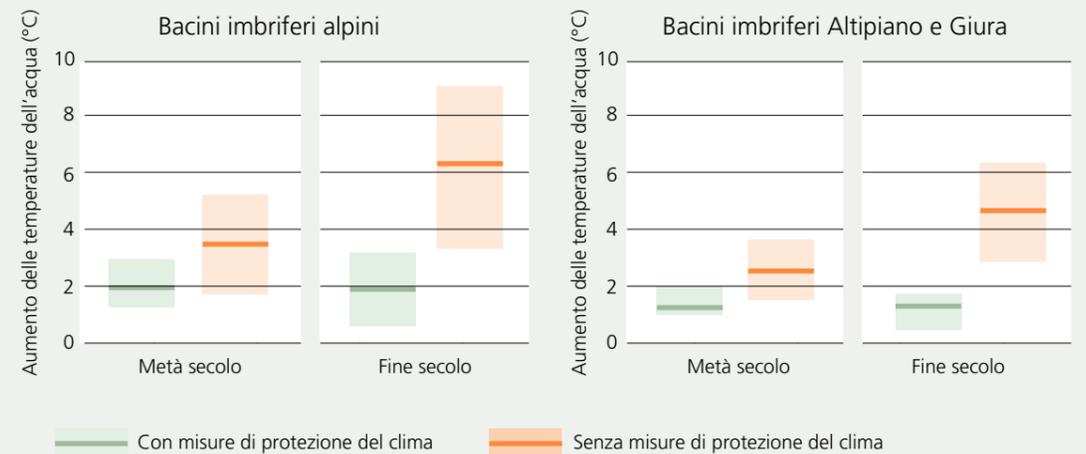
Possibili cambiamenti nel periodo 2070-2099 rispetto al periodo 1981-2010. Valori medi per la Svizzera nell'arco di un trentennio approssimati al 5 per cento. La fascia di incertezza delle forti precipitazioni non viene considerata, in quanto molto influenzata da variazioni naturali.



Vincitori e vinti
Gli organismi acquatici reagiscono diversamente al cambiamento climatico. Mentre alcuni di essi traggono vantaggio dalle mutate condizioni, altri fanno fatica o non ci riescono affatto. Nell'insieme, la biodiversità autoctona è destinata a diminuire.

Temperature delle acque

I due grafici mostrano il previsto andamento delle temperature medie dei corsi d'acqua svizzeri in estate. Le superfici più chiare indicano la fascia di oscillazione delle modellizzazioni.



L'aumento della temperatura dell'acqua mette in pericolo la biodiversità nelle e lungo laghi, fiumi e ruscelli.

RISPETTARE LE SOGLIE DI UTILIZZAZIONE

Il cambiamento climatico ha conseguenze importanti sui vari utilizzi delle acque. Per garantire l'equilibrio reciproco e non sovraccaricare gli ecosistemi occorre coordinare e limitare periodicamente la produzione di acqua potabile e di energia elettrica, l'irrigazione, la generazione di calore o di freddo.



Approvvigionamento di acqua potabile

Quattro quinti dell'acqua potabile svizzera provengono dalle riserve di acque sotterranee. Di conseguenza, le immissioni di inquinanti dall'agricoltura e dagli insediamenti in queste acque, specie nelle aree a coltivazione intensa e densamente popolate, rappresentano un grosso problema per l'approvvigionamento di acqua potabile.

Il cambiamento climatico è causa di periodi prolungati di siccità, soprattutto in estate e in autunno. In queste stagioni le aziende di approvvigionamento dell'acqua potabile devono quindi adeguarsi a ridurre l'offerta di singoli pozzi o sorgenti, anche perché aumentano in parte le concentrazioni di inquinanti a seguito della minore diluizione.

Un'importante misura di adattamento consiste nel fatto che ciascuna di queste aziende si approvvigioni almeno da due aree indipendenti, ad esempio un lago e una falda freatica, e si metta in rete con aziende di approvvigionamento limitrofe. Con questi provvedimenti, la Svizzera non subirà una penuria di acqua potabile nemmeno in futuro.

Altri utilizzi dell'acqua non devono ostacolare le risorse di acqua potabile né competere con esse. Tra questi rientrano i prelievi di acqua per il raffreddamento o il riscaldamento di edifici, per i processi industriali o l'irrigazione. Inoltre, è necessario proteggere le acque sotterranee da possibili contaminazioni, in particolare da parte dell'agricoltura.



Irrigazione

Fino a oggi le precipitazioni della Svizzera sono bastate a coprire il fabbisogno di acqua di gran parte delle colture agricole. Ma le precipitazioni estive diminuiranno con il cambiamento climatico. Inoltre, il rialzo delle temperature incrementa l'evaporazione dell'umidità dai terreni, aumentando così il fabbisogno di acqua delle piante.

Qualora non si adottino misure efficaci di protezione del clima, le colture che già oggi vengono irrigate necessiteranno di una quantità doppia di acqua entro la fine del secolo. In ogni caso, le temperature elevate e i periodi di siccità hanno già ridotto in molti fiumi e falde freatiche più piccole la quantità di acqua disponibile per l'irrigazione.

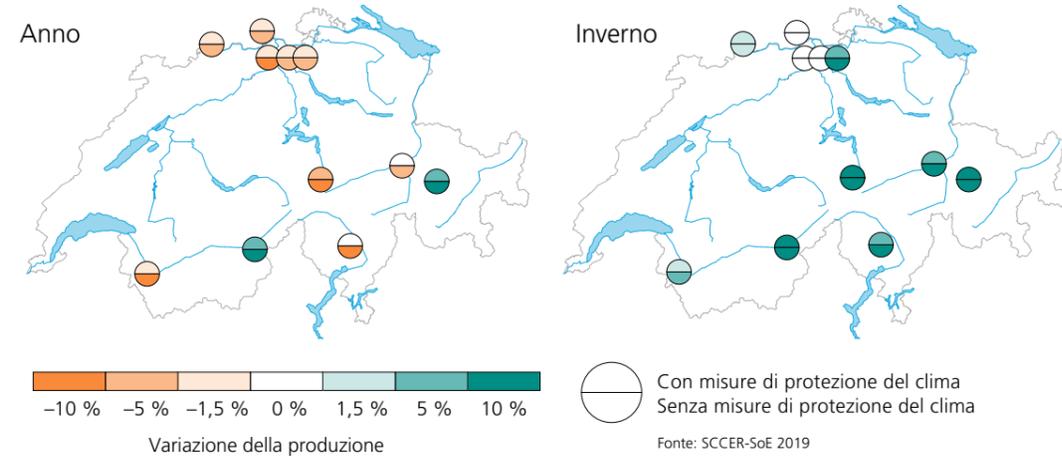
Anche le aziende agricole dovranno adeguarsi alle mutate condizioni a breve termine, considerato che l'obiettivo primario è un'agricoltura adattata alle condizioni locali. Per farlo, occorrerà tenere conto di ulteriori rischi climatici, quali stress da calore, maggiore pressione dei parassiti, forti precipitazioni o grandine. In agricoltura, vale la pena ripensare metodi di coltivazione, prodotti e siti nel loro insieme. È indispensabile passare alla coltivazione di specie e varietà resistenti alla siccità.

Attualmente, con la produzione agricola, in molte aree si pianificano e realizzano nuove infrastrutture di irrigazione. Tuttavia, ampliare la realizzazione di sistemi di irrigazione a elevato consumo di acqua e intensificare l'agricoltura (ad es. con una maggiore coltivazione di ortaggi) non si conciliano con la minore disponibilità di acqua del futuro. Inoltre, per escludere qualunque sfruttamento eccessivo delle riserve idriche, è necessaria una pianificazione regionale delle risorse. Allo scopo di evitare incentivi economici inadeguati, sarebbe anche opportuno illustrare in modo trasparente i costi dell'acqua.

Il cambiamento climatico richiede la verifica di tutti i fabbisogni d'acqua nonché una pianificazione regionale delle risorse idriche.

Produzione delle centrali idroelettriche

Prendendo a titolo di esempio 11 centrali ad acqua fluente della Svizzera, la figura mostra come cambierà la produzione di corrente entro la fine del secolo, mantenendo le attuali configurazioni degli impianti e le quantità di deflussi residuali. Si prospetta una maggiore produzione di elettricità in inverno, che invece sarà inferiore in estate e, nell'insieme, durante l'intero arco dell'anno.



Forza idrica

Il potenziale idroelettrico disponibile in Svizzera viene in gran parte già sfruttato. La forza idrica produce il 60 per cento dell'energia elettrica svizzera e, in qualità di risorsa rinnovabile, svolge un ruolo importante per la svolta energetica e sostiene la decarbonizzazione del sistema energetico svizzero. Lo sfruttamento della forza idrica costituisce però anche un danno ecologico ai corsi d'acqua.

La conservazione e il potenziamento della forza idrica necessari devono quindi essere realizzati in modo tale da avere il minor impatto possibile sugli ecosistemi fluviali. Il potenziamento dovrebbe concentrarsi sull'ottimizzazione degli impianti esistenti ed essere progettato in modo tale da preservare i pochi corsi e specchi d'acqua rimasti intatti.

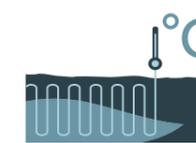
Anche lo sfruttamento della forza idrica è interessato dal cambiamento climatico. I bacini di accumulazione alpini continueranno sicuramente a riempirsi, riuscendo a compensare in gran parte le variazioni delle portate stagionali grazie alla capacità di accumulazione, anche se occorrerà adeguare la gestione di tale capacità.

In seguito alla scomparsa dei ghiacciai, nei laghi artificiali con bacino imbrifero caratterizzato da grandi superfici ghiacciate diminuirà la quantità di acqua disponibile nel lungo termine. Contemporaneamente, aumenta l'accumulo di materiale instabile. Per evitare che i depositi di sedimenti riducano la capacità di accumulazione, occorre adottare delle contromisure.

La produzione di energia elettrica delle centrali ad acqua fluente è direttamente collegata al regime delle portate. A causa della prevista riduzione delle portate

estive, le centrali potranno produrre meno energia durante i mesi caldi. In inverno, invece, quando il fabbisogno energetico è elevato, la portata d'acqua dei fiumi sarà maggiore e quindi si potrà produrre più energia.

Adottando opportune misure per contenere il cambiamento climatico, la produzione annua di energia idroelettrica subirà variazioni minime nel lungo periodo a lungo termine, registrando al massimo una lieve diminuzione. Senza tali misure, invece, la quantità di energia prodotta potrebbe diminuire fino al 7 per cento entro la fine del secolo.



Utilizzo termico

Le acque possono assorbire energia sotto forma di calore, come pure restituirla. I corsi d'acqua rivestono da decenni un ruolo importante per il raffreddamento dei grandi impianti. In molte regioni, inoltre, si attinge in modo intensivo alle acque sotterranee per scopi di raffreddamento e riscaldamento.

In estate la temperatura dei corsi d'acqua raggiunge sempre più spesso livelli tali da danneggiare la vita acquatica. Di conseguenza, utilizzare l'acqua dei fiumi per scopi di raffreddamento, provocando un ulteriore riscaldamento delle loro acque, non sarà quasi più possibile. Sarà invece possibile farlo con i laghi più grandi, che possiedono i volumi d'acqua necessari a tale scopo. Per evitare effetti negativi sugli ecosistemi, prelievi e restituzioni devono essere organizzati in modo da non alterare le condizioni di stratificazione nei laghi.



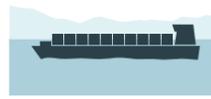
Turismo

Per il turismo invernale, il riscaldamento sta diventando una sfida importante. Per compensare il calo di neve, la maggior parte delle località turistiche si è dotata di impianti di innevamento. Nel 2016, ad esempio, la metà dei circa 22 500 ettari di superficie delle piste svizzere è stata innevata artificialmente. L'innevamento richiede tuttavia molta acqua, che durante l'autunno e l'inverno ad alta quota non è quasi mai disponibile allo stato naturale.

Le aziende che gestiscono gli impianti di risalita costruiscono un numero crescente di bacini di accumulo per l'acqua piovana e di fusione, che possono influire negativamente sulla qualità del paesaggio, ma in molte località è necessario pompare l'acqua per l'innevamento anche alle quote più basse, il che richiede un notevole impiego di energia. Alcune delle stazioni invernali situate alle quote più basse sono già state costrette a riconvertire la loro attività perché l'innevamento artificiale non conviene più o fa troppo caldo. Ad altre aree toccherà la stessa sorte.

Lo scioglimento dei ghiacciai cambia il paesaggio. Le mete che oggi richiamano turisti per i loro ghiacciai e le attrazioni a questi collegate, stanno perdendo attrattiva. Resta da vedere in che misura i paesaggi d'alta montagna venuti alla luce con lo scioglimento dei ghiacciai potranno a loro volta richiamare turisti.

Ciò nonostante, il cambiamento climatico offre anche delle opportunità alle regioni turistiche montane, dal momento che in futuro vi saranno più persone che vorranno sfuggire alla canicola delle zone ad alta concentrazione urbana. La stagione estiva sarà inoltre più lunga, poiché la neve cadrà sempre più tardi durante l'anno. Nel complesso, fiumi e laghi continueranno a rappresentare un'importante risorsa per il turismo e le attività ricreative di prossimità, poiché in estate offrono frescura.



Collaborazione internazionale

I Paesi confinanti con la Svizzera o più a valle utilizzano l'acqua che scorre oltre i confini nazionali. Convenzioni, trattati e organismi internazionali disciplinano da decenni la collaborazione e fissano obiettivi per le acque transfrontaliere.

Gli effetti del cambiamento climatico in Svizzera sono percepiti anche dai Paesi limitrofi o più a valle. Ad esempio, nella zona del Reno sotto Basilea si attendono eventi di magra sempre più frequenti, con conseguenti problemi di approvvigionamento idrico, irrigazione o anche cali della produzione idroelettrica in Germania, Francia e nei Paesi Bassi.

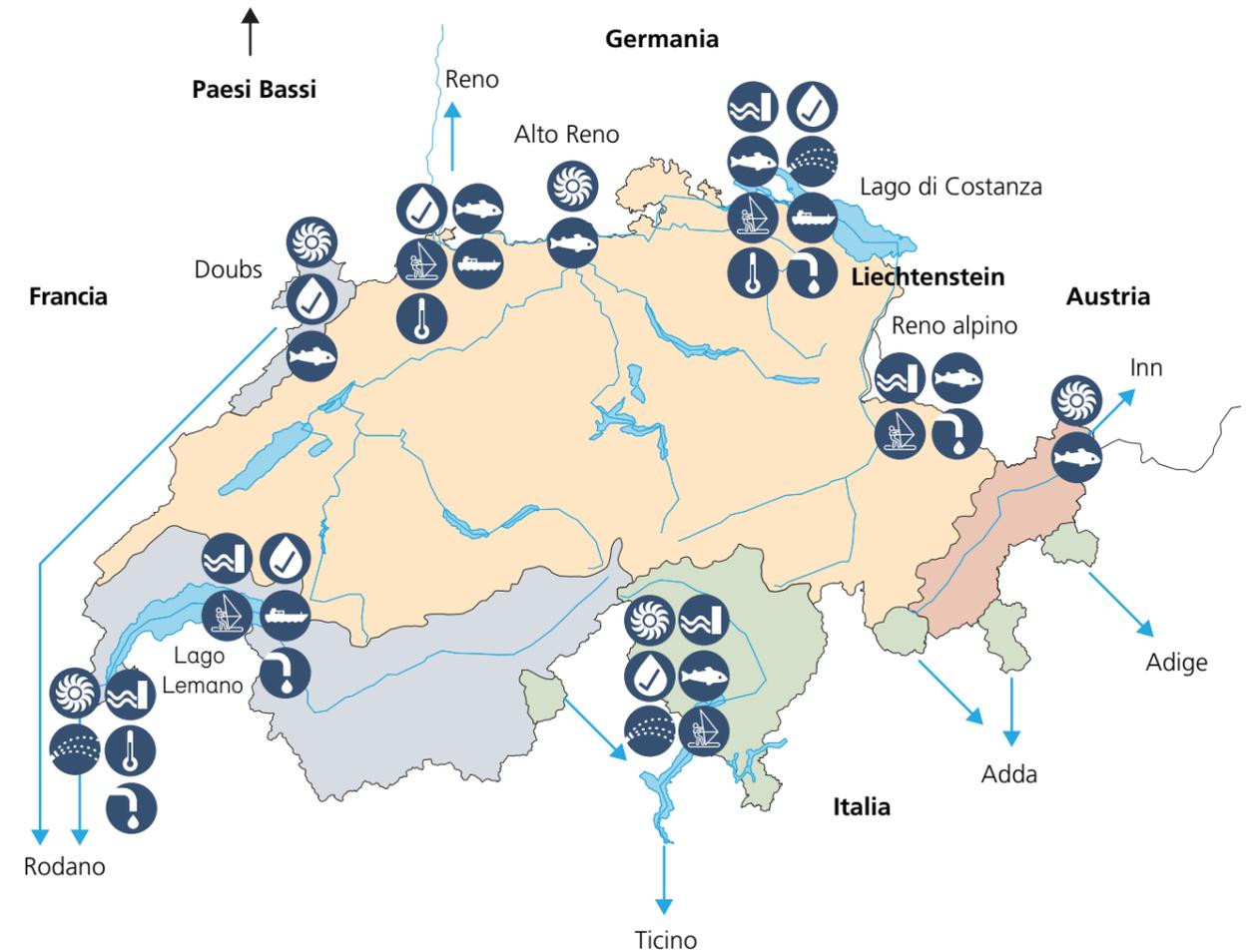
Ma tali eventi di magra nel basso e medio Reno sono significativi anche per la Svizzera, specie in campo economico. Oltre il 10 per cento del volume del commercio estero svizzero, pari a circa 7 milioni di tonnellate annue, viene trasportato via fiume. Se il livello idrometrico è basso, le navi possono sopportare un carico inferiore o addirittura non possono proprio navigare.

Un conflitto di obiettivi in ambito transfrontaliero è legato al Lago Maggiore. Le Regioni italiane di Lombardia e Piemonte ritengono che durante l'estate il lago dovrebbe essere adeguatamente riempito in quanto risorsa idrica per l'irrigazione. Al contrario, le città e i Comuni situati su entrambe le rive, svizzera e italiana, auspicherebbero una regolazione più bassa del livello delle acque, in modo da poter assorbirne le piene estive ed evitare che straripino.

L'adattamento al cambiamento climatico richiede quindi una gestione sostenibile e unitaria di fiumi e laghi anche oltre i confini nazionali. Da un lato, questo influisce sull'ulteriore miglioramento della qualità delle acque, ad esempio attraverso moderne tecnologie di depurazione e misure per l'agricoltura. Dall'altro lato, è altrettanto importante mettere a punto una gestione transfrontaliera coordinata delle acque. Anche in questo caso un impiego efficiente delle acque e a una concentrazione degli utilizzi più importanti per la collettività consentono di gestire molti conflitti.

Collaborazione transfrontaliera

La mappa raffigura le riserve idriche e i bacini imbriferi più importanti della Svizzera. I simboli illustrano quali sono gli utilizzi e gli aspetti delle risorse idriche che vengono regolamentati nell'ambito di una collaborazione transfrontaliera.



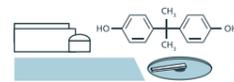
Ci sono diversi aspetti da considerare:

- | | | | |
|----------------------------|----------------------|--------------------------------------|-------------|
| Forza idrica | Ecologia delle acque | Navigazione | Aare/Reno |
| Protezione contro le piene | Irrigazione | Utilizzo termico | Rodano |
| Qualità dell'acqua | Turismo | Approvvigionamento di acqua potabile | Inn/Danubio |
| | | | Ticino/Po |

Le risorse idriche della Svizzera sono destinate a crescere d'importanza per i Paesi confinanti. La loro gestione richiede una collaborazione internazionale consolidata.

POTENZIARE LO STATO DELLE ACQUE IN VISTA DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Acque ecologicamente intatte possono affrontare meglio il cambiamento climatico e soddisfare le molteplici richieste della collettività. Si tratta, quindi, di tutelare le risorse idriche da prelievi eccessivi come pure da immissioni di inquinanti e concimi. Inoltre, è importante mantenere o riportare ruscelli, fiumi, laghi e falde freatiche allo stato possibilmente naturale.



Protezione dall'inquinamento

Un'estesa rete di canalizzazione raccoglie oltre il 97 per cento di tutte le acque di scarico comunali della Svizzera, le quali vengono trattate in circa 800 impianti di depurazione delle acque (IDA) per poi essere immesse in fiumi o laghi. Ma, a causa del cambiamento climatico, questo sistema ben collaudato sta mostrando i suoi limiti: la portata d'acqua inferiore dei fiumi diluisce meno gli scarichi degli IDA, facendo sì che, nonostante la depurazione, l'inquinamento delle acque resti troppo elevato.

Per questo è importante ridurre sempre più gli inquinanti provenienti dagli insediamenti che si riversano nelle acque. Per ridurre il forte inquinamento chimico dei fiumi oggetto di un'alta percentuale di scarichi, entro il 2040 sarà necessario dotare 140 IDA strategici di fasi di depurazione supplementari.

Per il futuro è previsto un aumento dei fenomeni piovosi intensi. In queste situazioni, l'acqua che scorre nella canalizzazione è talmente elevata che gli impianti di depurazione non riescono più a trattarla, e così una parte delle acque di scarico finisce nei fiumi senza essere stata depurata. Per prevenire tale scenario, in futuro l'acqua piovana proveniente da superfici impermeabilizzate non dovrà più essere immessa nella canalizzazione ma dovrà essere infiltrata o trattenuta nell'insediamento stesso con ancora maggiore coerenza. Tali misure possono anche contribuire ad attenuare il crescente stress da calore nelle città.

Le risorse idriche si trovano ad affrontare anche un'altra sfida, ossia l'immissione di inquinanti provenienti dalle attività agricole: residui di prodotti fitosanitari e concimi finiscono nelle acque sotterranee, nei fiumi e nei laghi, compromettendo in alcuni luoghi sia l'approvvigionamento di acqua potabile sia l'ecologia delle acque. L'aumento delle forti precipitazioni incrementa il dilavamento nelle acque di sostanze nutrienti e inquinanti dai campi coltivati. Inoltre, le maggiori precipitazioni invernali aumentano l'immissione nelle acque sotterranee dei nitrati presenti nei concimi. Pertanto, è fondamentale ridurre la quantità di inquinanti scaricati, come auspicato dalla Confederazione nel «Piano d'azione sui prodotti fitosanitari» avviato nel 2017.



Prevenire lo sfruttamento eccessivo

Presso molti siti di acque sotterranee nonché fiumi e laghi svizzeri vengono effettuati prelievi di acqua destinati agli insediamenti, all'industria, all'artigianato e all'agricoltura. In termini quantitativi, spiccano i circa 1500 prelievi di acqua da parte delle centrali idroelettriche. La legge federale sulla protezione delle acque stabilisce la quantità di acqua che deve essere garantita a valle dei punti di prelievo, impedendo in tal modo che i corsi d'acqua si prosciughino, in parte o del tutto.

Le zone umide, ma anche molti fiumi e ruscelli necessitano di acque sotterranee con livelli sufficientemente alti per non prosciugarsi o trasportare troppa poca acqua durante i periodi di siccità. Per questo è importante che i prelievi di acque sotterranee avvengano in modo parsimonioso.



Auspicare la prossimità allo stato naturale

In Svizzera diversi ostacoli presenti nelle acque compromettono la mobilità di numerosi organismi acquatici. È il caso delle dighe e delle centrali idroelettriche, che ostacolano la migrazione di pesci e altre specie, ad esempio i gamberi, o la impediscono del tutto.

Durante il XX secolo, molti corsi d'acqua sono stati rettificati e canalizzati per proteggere da eventi di piena; inoltre, la gran parte delle zone umide della Svizzera è stata bonificata per ricavarne terreni. Oggi circa 16 000 chilometri, pari a un quarto di tutti i corsi

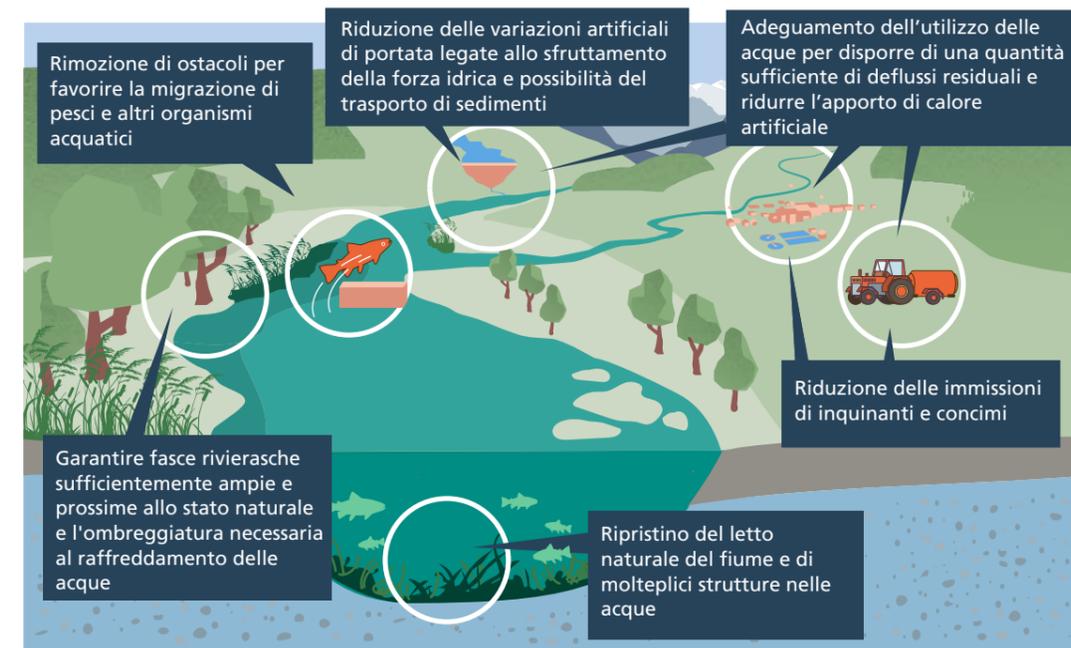
d'acqua della Svizzera, sono compromessi in termini di struttura o addirittura scorrono in condotte sotterranee.

Con la revisione della legge sulla protezione delle acque, nel 2011 la Svizzera ha avviato due progetti generazionali di risanamento delle acque: Entro il 2030, sarà resa più facile la migrazione dei pesci presso 1000 barriere, saranno eliminate le eccessive variazioni di portata di circa 100 centrali idroelettriche e risanati 500 impianti con deficit di apporto di sedimenti solidi. In tutto il Paese sono inoltre iniziati i lavori per restituire maggiore spazio e ripristinare condizioni naturali lungo circa 4000 chilometri di corsi d'acqua entro il 2090, come pure per incrementare la presenza di zone d'ombra.

I risanamenti ecologici e le rinaturazioni rendono la vita acquatica più resistente di fronte al cambiamento climatico. Non da ultimo, contribuiscono a migliorare l'interconnessione degli habitat naturali e a rendere più bello il paesaggio. Altrettanto importanti sono però le misure di protezione del clima volte a contenere il rialzo della temperatura dell'acqua e le variazioni di portata.

Grafico delle misure volte a rafforzare lo stato delle acque

Se le acque sono prossime allo stato naturale, riescono ad affrontare meglio le sfide del cambiamento climatico rispetto alle acque profondamente modificate dall'intervento dell'uomo. L'attuazione di misure di protezione delle acque assumono, quindi, un ruolo sempre più importante. Per mantenere o ripristinare lo stato naturale delle acque, sono necessarie varie misure, ad esempio:



Per consentire alle acque di adattarsi al cambiamento climatico occorre rafforzarne le funzioni naturali.

UNO SGUARDO AGLI SCENARI

Gli scenari idrologici Hydro-CH2018 si basano su modelli matematici ad alta risoluzione elaborati dai principali istituti di ricerca svizzeri e considerano gli scenari climatici più recenti.

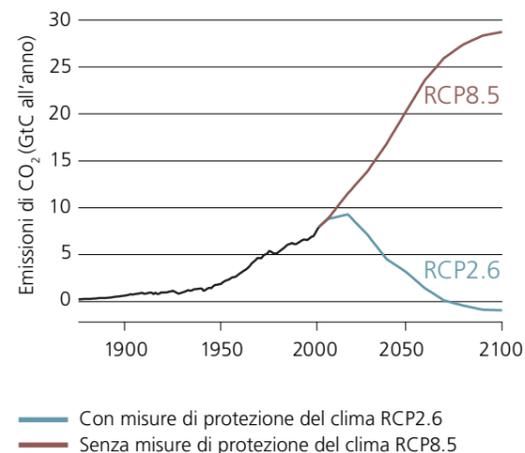
Affinché la Svizzera possa adattarsi al cambiamento climatico, bisogna conoscere in dettaglio gli effetti di tali cambiamenti sulle acque e sul regime idrico. Il Consiglio federale ha pertanto incaricato l'UFAM di predisporre le basi idrologiche necessarie per l'adozione di misure di adattamento.

Il mandato è stato assolto nell'ambito della tematica prioritaria Hydro-CH2018 «Basi idrologiche sui cambiamenti climatici» del National Centre for Climate Services (NCCS). Il NCCS è la rete della Confederazione per i servizi climatici. Hydro-CH2018 comprende 11 progetti di ricerca e diversi studi bibliografici. Al progetto hanno partecipato i principali istituti svizzeri specializzati nella ricerca sulle acque (cfr. pag. 26).

Rispetto a precedenti analisi degli effetti del cambiamento climatico sull'idrologia, Hydro-CH2018 ha potuto attingere a basi di dati e metodi migliori. Il progetto si basa sugli scenari climatici ad alta risoluzione CH2018, che per la prima volta mettono a disposizione dati giornalieri continui su scala locale per il periodo 1981–2099.

Percorsi di emissione

Le curve mostrano l'andamento atteso per le emissioni di CO₂ a livello globale secondo i due scenari esemplificativi: «Senza protezione del clima» (RCP8.5) e «Con protezione del clima» (RCP2.6).



Fonte: adattato da IPCC-2013/WGI/Box 1.1/Figura 3b

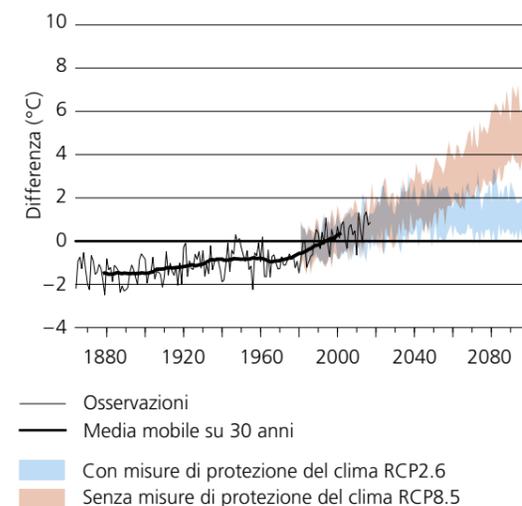
Scenari idrologici

Gli scenari idrologici sono parte di una cosiddetta catena di modelli: all'inizio si collocano vari scenari di emissione, i quali descrivono i possibili andamenti delle future emissioni di gas serra, alla fine si collocano i modelli che calcolano gli effetti sulla gestione delle acque o sull'agricoltura.

Gli scenari climatici CH2018 sono nati dalla combinazione degli scenari di emissione con modelli climatici globali e regionali. A loro volta, i modelli idrologici utilizzano i risultati degli scenari climatici per calcolare gli scenari idrologici, i quali mostrano le variazioni sia del regime idrico che delle acque in Svizzera. Hydro-CH2018 tiene conto di tutte le componenti idrologiche importanti, quali la portata e la rigenerazione della falda freatica, lo scioglimento dei ghiacciai e della neve, l'evaporazione e la temperatura delle acque.

Riscaldamento dell'atmosfera

La figura mostra l'andamento registrato finora (curva allungata) e i futuri valori modellizzati (superfici colorate) della temperatura dell'aria vicina al suolo in Svizzera. Sono rappresentati gli scostamenti attesi per la temperatura media annua rispetto al periodo di riferimento 1981–2010.



Fonte: Scenari climatici CH2018 (NCCS, 2018)

Misure di protezione del clima

Per illustrare l'efficacia delle misure internazionali di protezione del clima e spiegare la fascia di oscillazione dei futuri cambiamenti potenziali, Hydro-CH2018 considera gli effetti di due possibili percorsi di emissione: «Con misure di protezione del clima» (RCP2.6) e «Senza misure di protezione del clima» (RCP8.5). RCP è una sigla internazionale che identifica i percorsi di emissione definiti a livello globale (Representative Concentration Pathways).

«Con misure di protezione del clima» (RCP2.6) indica un futuro in cui la comunità internazionale, in linea con l'Accordo di Parigi, attua misure incisive di protezione del clima. Grazie a una drastica riduzione delle emissioni, si blocca nell'atmosfera l'aumento della concentrazione di gas serra nell'arco di circa 20 anni. «Senza misure di protezione del clima» (RCP8.5) indica un futuro privo di misure efficaci di protezione del clima, in cui le emissioni globali di gas serra continueranno ad aumentare.

Incertezze

Modelli computerizzati informatici ed elaboratori centrali moderni («mainframe») consentono la riproduzione matematica dei processi che avvengono in natura come pure la simulazione degli sviluppi futuri. Questo metodo è stato adottato anche per l'elaborazione del progetto CH2018 e Hydro-CH2018.

Per ogni fase di calcolo, occorre formulare delle ipotesi, ad esempio come riprodurre e calcolare i processi e con quale grado di accuratezza. Queste ipotesi, le quali dipendono sostanzialmente dai dati disponibili, sono soggette a incertezze, le quali si propagano lungo la catena di modelli.

Per determinare le incertezze nell'ambito della modellizzazione, università e istituti di ricerca mettono a confronto i modelli. In questo modo è possibile riconoscere le differenze tra i vari modelli e le ipotesi formulate, in modo da poter verificare e rendere plausibili i risultati nonché valutarne l'accuratezza.

Definizioni e abbreviazioni

L'ambito di ricerca di Hydro-CH2018 comprende tutta la Svizzera, il Principato del Liechtenstein e altre aree confinanti le cui acque defluiscono nel territorio dello Stato – nell'insieme denominato dagli specialisti «Svizzera idrologica».

Quando nel testo si menziona lo stato attuale («oggi»), s'intende lo stato idrologico medio durante il periodo di riferimento che va dal 1981 al 2010. Questi tre decenni sono stati il punto di partenza per il calcolo degli scenari e tutti i dati riguardanti futuri cambiamenti si riferiscono al suddetto periodo.

Gli scenari descrivono i valori medi attesi e la fascia di oscillazione delle possibili variazioni idrologiche nell'arco di periodi trentennali. I dati riferiti a «fine di questo secolo» o «2085» descrivono il periodo che va dal 2070 al 2099, «metà del secolo» o «2060» il periodo che va dal 2045 al 2074.

I valori medi indicati per i periodi trentennali non consentono di sapere quali saranno le future condizioni idrologiche nei singoli anni. Per effetto della variabilità naturale, i valori annui possono essere molto diversi rispetto alle condizioni medie.

Riguardo al tipo e all'orientamento sia del cambiamento climatico che di quello idrologico non vi sono dubbi, ma le dimensioni esatte di tali cambiamenti sono soggette a incertezze.

MAGGIORI INFORMAZIONI SU HYDRO-CH2018



Piattaforma web NCCS

Piattaforma web con informazioni generali sul cambiamento climatico, le misure e gli scenari climatici. Accesso centrale a tutti i prodotti e le pubblicazioni inerenti a Hydro-CH2018. www.nccs.admin.ch



Rapporto tecnico di sintesi

«Effetti dei cambiamenti climatici sulle acque della Svizzera. Idrologia, ecologia delle acque e gestione delle acque.» Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna. Studi sull'ambiente n. 2101: 142 pagg. www.nccs.admin.ch/hydro_it



Atlante idrologico della Svizzera

Dati: grafici, carte e indicatori nell'Atlante idrologico della Svizzera e sul portale delle mappe della Confederazione. www.hydromapscc.ch www.map.geo.admin.ch



OPUSCOLI NCCS



NCCS (Ed.) 2018 :
CH2018 – Scenari climatici per la Svizzera.
National Centre for Climate Services, Zurigo.
24 pagg. 978-3-9525031-2-6.



NCCS (Ed.) 2021:
Le acque svizzere a fronte del cambiamento climatico.
National Centre for Climate Services, Zurigo.
28 pagg. ISBN 978-3-9525413-1-9.

ISTITUTI DI RICERCA CHE HANNO PARTECIPATO AL PROGETTO HYDRO-CH2018

Agroscope
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau
Eawag - Istituto per la ricerca sulle acque del settore dei Politecnici federali (PF)
Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio (WSL)
Politecnico federale di Losanna (PFL)
Politecnico federale di Zurigo (PFZ)
Hochschule für Technik Rapperswil (HSR)
Istituto Svizzero di Speleologia e Carsologia (ISSCA)
Università di Basilea
Università di Berna
Università di Friburgo
Università di Ginevra
Università di Losanna
Università di Neuchâtel
Università di Zurigo



La Svizzera beneficia di un'abbondante ricchezza di acque, ma da oltre un secolo le sue acque vengono danneggiate da prelievi, inquinamento chimico e opere di sistemazione. Da qualche tempo si osserva un ulteriore problema, sempre più accentuato: il cambiamento climatico. Questo opuscolo spiega il funzionamento del regime idrico della Svizzera e quali sono i cambiamenti previsti.