



12. Clima



foto di fixouillou da Fotolia

“Accelera il riscaldamento e si intensificano gli effetti su ambiente e società. L'azione per il clima impone la necessità di adottare adeguate e urgenti misure di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici”

a cura di:

Roberto Barbiero - Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente APPA

con la collaborazione tecnico-scientifica di:

Walter Beozzo, Elvio Panettieri, Alberto Trenti e Matteo Zumiani – Dipartimento Protezione Civile PAT

Christian Casarotto – Museo delle Scienze

Marco Niro - Settore informazione, formazione ed educazione ambientale APPA

Elisa Pieratti - Settore informazione, formazione ed educazione ambientale APPA

Contenuti

12. Clima

12.1 L'azione globale per il clima	309
12.2 Le dinamiche del cambiamento climatico in Trentino	310
12.2.1 L'andamento della temperatura	311
12.2.2 L'andamento delle precipitazioni	312
12.2.3 Ghiacciai e permafrost.....	318
12.3 Gli effetti ambientali del cambiamento climatico in Trentino	322
12.4 L'impegno e l'azione per il clima in Trentino	325

CLIMA

Il 2020 rappresenta una tappa di grande importanza nella sfida che l'umanità deve affrontare per contenere gli impatti dei cambiamenti climatici e per agire sulle cause di origine antropica. È l'anno in cui entra nella sua fase operativa l'Accordo globale sul Clima sottoscritto a Parigi nel 2015 tra gli Stati membri della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici. L'azione dei Paesi firmatari appare tuttavia estremamente lenta e non sufficientemente ambiziosa rispetto all'urgenza di contenere le emissioni di gas serra espressa dalla comunità scientifica per poter limitare i danni degli effetti dei cambiamenti in corso.

Le difficoltà riscontrate nell'azione da parte degli ambiti nazionali ha tuttavia messo ancor più in evidenza la necessità, e per certi versi anche l'opportunità, che siano i livelli subnazionali, e quindi locali, a mettere in campo adeguate e urgenti misure. La sfida dei cambiamenti climatici interessa ormai da diversi anni anche il territorio del Trentino dove numerose sono le evidenze del riscaldamento in atto e la Provincia di Trento ha adottato pertanto



una serie di azioni e di misure per fronteggiarne le conseguenze.

Nel presente capitolo si prenderanno in considerazione gli elementi fondamentali dell'azione e dell'impegno a livello globale, saranno descritte le dinamiche dei cambiamenti climatici in Trentino, gli effetti già in atto e previsti, ed infine l'impegno e la strategia adottata dalla Provincia di Trento.

12.1 L'AZIONE GLOBALE PER IL CLIMA

Il riscaldamento del pianeta e le cause antropiche che lo determinano sono ormai un'evidenza consolidata a livello scientifico. La temperatura media globale è aumentata di circa 1,1°C rispetto all'era preindustriale (1850-1900)¹ con effetti importanti come ad esempio l'aumento del livello del mare, il riscaldamento degli oceani, la fusione sia dei ghiacciai marini dell'Artico che di quelli continentali della Groenlandia, dell'Antartide e delle grandi catene montuose. I ghiacciai delle Alpi hanno ormai dimezzato la loro superficie rispetto alla massima espansione raggiunta nella metà del 1800. Sono poi in aumento l'intensità e la frequenza di eventi meteorologici estremi, come siccità, alluvioni e ondate di calore. Il riscaldamento globale sta quindi provocando impatti sempre più devastanti sulla vita degli esseri umani e sugli ecosistemi naturali.

Le cause dei cambiamenti climatici sono essenzialmente dovute al rapido incremento, sin dall'inizio dell'era industriale, delle emissioni di gas serra provenienti in particolare dall'utilizzo dei combustibili fossili nei processi industriali, nella produzione di energia elettrica, nei trasporti e nel riscaldamento; dalla deforestazione, dal cambio di uso dei suoli, dall'agricoltura e dall'allevamento intensivi. È quindi possibile attribuire le maggiori responsabilità dei gas climalteranti ai settori di produzione e consumo di energia e di cibo.



Con la firma dell'Accordo sul Clima di Parigi la comunità internazionale ha preso consapevolezza dell'urgenza di agire davanti sia all'evidenza scientifica dei cambiamenti climatici in atto e dei relativi

¹ The Global Climate in 2015-2019, World Meteorological Organization (WMO), 2019.

impatti su salute, economia, ambiente e società, sia all'evidenza dell'inedita responsabilità delle attività umane. Con l'Accordo sul Clima di Parigi viene in particolare accolto l'appello della comunità scientifica sulla necessità di "contenere l'aumento globale delle temperature a fine secolo entro +2°C rispetto all'era pre-industriale e di fare sforzi per stare al di sotto della soglia di +1,5°C", riconoscendo in questo modo la possibilità di evitare il raggiungimento di conseguenze irreversibili sui meccanismi fisici del pianeta. La possibilità di evitare il raggiungimento di tali soglie prevede la necessità di arrivare in tempi brevissimi al picco di emissioni di gas serra per poi intraprendere un rapido cammino di riduzione. Ogni paese si è impegnato a ridurre le proprie emissioni secondo degli obiettivi volontari (Nationally Determined Contribution – NDCs) che hanno posto le basi per il successo iniziale dell'Accordo. Ma le proposte volontarie si sono rivelate ben lontane dal soddisfare gli obiettivi prefissati e necessitano pertanto di essere riviste con obiettivi molto più ambiziosi. Il compimento degli NDCs porterebbe infatti ad un aumento della temperatura media globale tra i 2,9 °C e i 3,4 °C al 2100 rispetto ai livelli preindustriali.

Mentre i processi della diplomazia internazionale vanno a rilento le emissioni di gas serra continuano a crescere. La comunità scientifica è intervenuta per ammonire che al ritmo attuale delle emissioni potrebbe essere raggiunta la soglia di aumento di 1,5°C già nel 2030 con conseguenze irreversibili per la vita dell'uomo e degli ecosistemi naturali². Per limitare il riscaldamento a 1,5°C occorre ridurre le emissioni del 45% rispetto al 2010 entro il 2030 e raggiungere emissioni zero entro il 2050. Uno sforzo

immenso che richiede "un'azione rapida, lungimirante e senza precedenti" che tuttavia non vede particolari ostacoli di tipo fisico e tecnologico quanto piuttosto di volontà politica.



L'Unione Europea ha indicato quale obiettivo per i propri Paesi membri quello di raggiungere una riduzione di almeno il 40% delle emissioni di gas serra entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990. Tuttavia di fronte all'emergenza climatica in atto l'UE ha dichiarato di voler rivedere le proprie politiche per un

piano più ambizioso finalizzato a rendere l'Europa clima neutrale entro il 2050.

L'Accordo sul Clima di Parigi si è rivelato un importante risultato diplomatico e un ottimo punto di partenza per giungere ad una decarbonizzazione dell'economia a lungo termine, ma non basta ancora a mettere il Pianeta al riparo dalle conseguenze più gravi dei cambiamenti climatici.

Non si tratta solo di aumentare urgentemente le ambizioni dei singoli Paesi nel ridurre le emissioni di gas serra ma anche di raggiungere accordi internazionali per quanto riguarda il reperimento delle risorse finanziarie ed economiche che devono essere impegnate per assistere in particolare i Paesi in Via di sviluppo e per garantire che la necessaria transizione energetica e produttiva avvenga in una cornice di giustizia sociale e di rispetto dei diritti umani al fine di garantire una transizione verde e inclusiva che possa contribuire a migliorare il benessere delle persone e a lasciare un pianeta sano alle generazioni future.

12.2 LE DINAMICHE DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO IN TRENTINO

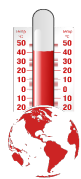


Anche in Trentino sono evidenti i segnali di cambiamento climatico in particolare associati al riscaldamento in atto che, come più in generale accade sulle Alpi, mostra un incremento delle temperature maggiore rispetto alla media planetaria.

A supporto di tali evidenze sono disponibili le analisi di numerosi dati climatici e ambientali, in particolare quelli relativi alle serie storiche meteorologiche di temperatura e precipitazione, alle serie nivologiche e glaciologiche, appartenenti alla rete di monitoraggio gestita dal Dipartimento Protezione Civile e che di seguito verranno descritte.

² Riscaldamento globale di 1,5°C – Sommario per i decisori politici (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018).

12.2.1 L'andamento della temperatura



Le temperature in Trentino sono aumentate nell'ultimo secolo con un segnale che si è accentuato negli ultimi 30-40 anni circa. Gli aumenti maggiori sono riscontrabili in primavera ed in estate e si è osservato inoltre un aumento più marcato per i valori diurni di temperatura rispetto a quelli notturni e la tendenza all'aumento della durata delle ondate di calore³. Negli ultimi vent'anni circa le temperature sono state sempre superiori alla media di riferimento del periodo 1961-1990 e per tutte le stazioni esaminate gli anni che hanno registrato i valori massimi sin dagli anni '20 si collocano negli ultimi dieci delle serie. Valori record sono stati registrati in particolare nel 2015, 2018 e 2019.

Vengono riportate, nella tabella 12.1, le variazioni di temperatura media di tre stazioni di riferimento: Trento Laste (312 m), Cavalese (960 m) e Cles (665 m). Questi punti di monitoraggio sono rappresentativi sia della distribuzione geografica che della distribuzione in altitudine ed hanno una storia di rilevamento di dati costante ed affidabile.

Sono messe a confronto le temperature medie di quattro periodi di riferimento climatico (1961-'90, '71-'00, '81-'10, '91-'19) che permettono di evidenziare un significativo trend crescente della temperatura media annua. Dal trentennio 1961-1990 al periodo 1991-2019

infatti le temperature sono aumentate di circa 0,9°C a Trento Laste e Cles, di circa 0,8°C a Cavalese.

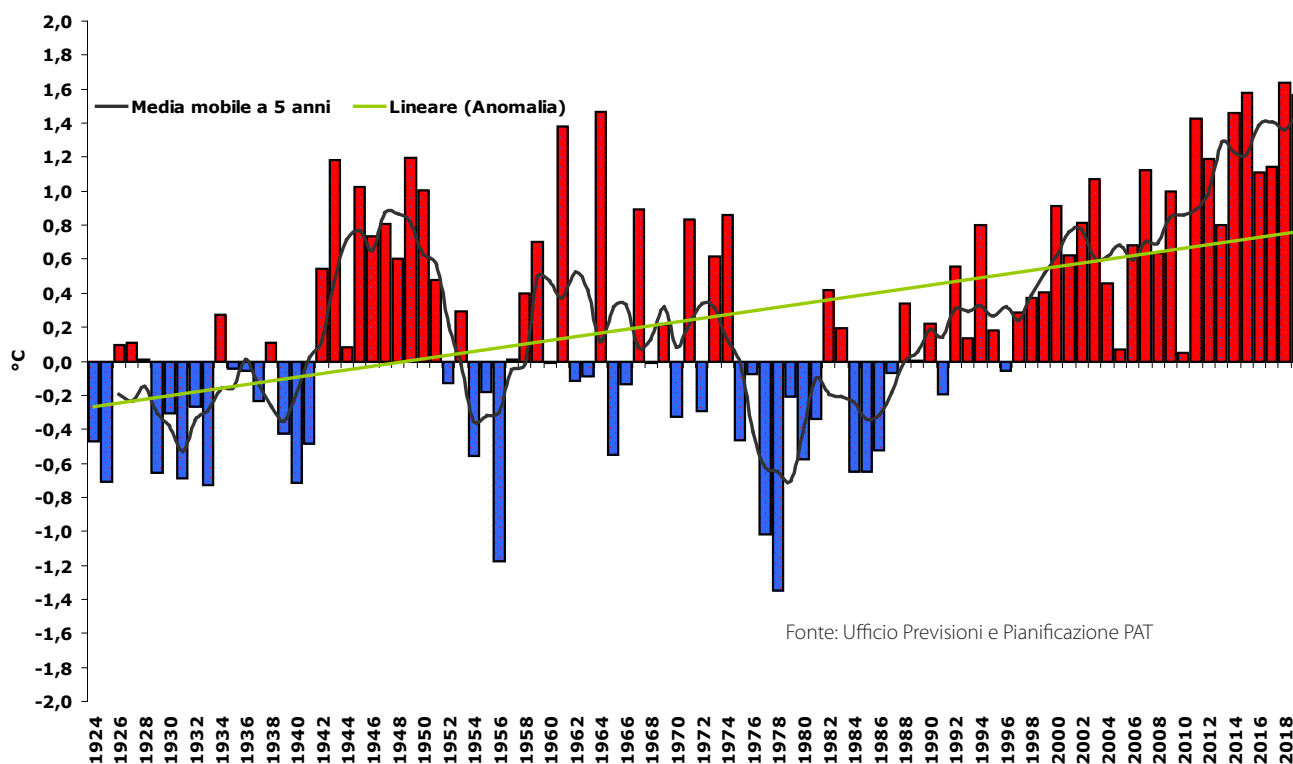
Tabella 12.1: andamento delle temperature a Trento (Laste), Cavalese e Cles (1961-2019)

Anno	Trento (Laste) T med (°C)	Cavalese T med (°C)	Cles T med (°C)
1961-1990	12,1	8,1	9,8
1971-2000	12,3	8,4	10,2
1981-2010	12,6	8,7	10,6
1991-2019	13,0	8,9	10,7

Fonte: Ufficio Previsioni e Pianificazione PAT

A titolo di esempio, il grafico 12.1 riporta per la stazione di rilevamento di Trento Laste l'andamento storico della temperatura dal 1924 al 2019 espressa in anomalie rispetto al valor medio di riferimento di 12,1°C calcolato per il periodo 1961-1990. Come si può constatare si osserva un segnale di trend positivo sul lungo periodo che è accelerato dall'inizio degli anni '90, e che conferma un comportamento più in generale riscontrato a livello planetario.

Grafico 12.1: andamento dell'anomalia di temperatura di Trento (Laste) nel periodo 1924-2019 rispetto alla media del periodo di riferimento 1961-1990



Fonte: Ufficio Previsioni e Pianificazione PAT

³ Analisi di serie di temperatura e precipitazione in Trentino nel periodo 1958-2010 (Provincia autonoma di Trento, Fondazione E.Mach, 2012).

INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
12.1. Andamento delle temperature	Fattori climatici	S	D	☹️	⬇️	P	1961-2019	

12.2.2 L'andamento delle precipitazioni

Per quanto riguarda i valori di precipitazione annua e stagionale, l'analisi ad alta risoluzione svolta nell'ambito del progetto ArcIS⁴ per le regioni del centro e nord Italia nel periodo 1961-2015, esteso in seguito fino al 2019, ha posto in evidenza per il Trentino una tendenza ad un prevalente lieve aumento delle precipitazioni annuali, con un segnale a livello stagionale di aumento in autunno e in inverno, seppur meno marcato, un lieve calo in estate e di stazionarietà in primavera⁵.

Nella tabella 12.2 vengono riportati i dati di precipitazione di tre stazioni di riferimento: Trento Laste (312 m), Cavalese (960 m) e Malè (735 m).

Sono messe a confronto le precipitazioni medie dei periodi di riferimento climatico (1961-'90, '71-'00, '81-'10, '91-'19) che permettono di evidenziare come non vi sia un segnale uniforme di tendenza nelle cumulate medie annue. Dal trentennio 1961-1990 a quello 1991-2019 infatti le precipitazioni sono lievemente aumentate a Trento (Laste) e Cavalese, lievemente calate a Malè.



Tabella 12.2: andamento della piovosità a Trento (Laste), Cavalese e Malè (1961-2019)

Anno	Trento (Laste) Precip. mm	Cavalese Precip. mm	Malè Precip. mm
1961-1990	931	821	906
1971-2000	919	806	896
1981-2010	937	790	885
1991-2019	990	831	894

Fonte: Ufficio Previsioni e Pianificazione PAT

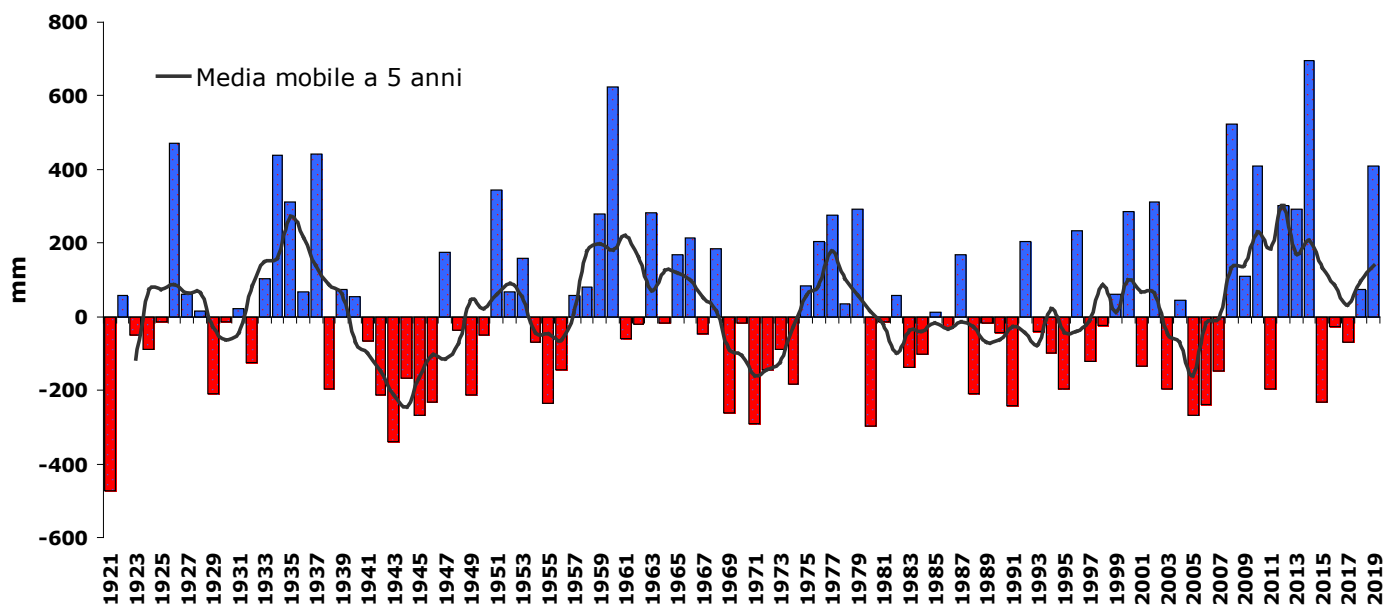


⁴ ArcIS: Archivio Climatologico per l'Italia Settentrionale.

⁵ The ARCIS daily precipitation observational analysis 1961-2015, ArcIS.

Nel grafico 12.2, che mostra le anomalie di precipitazione totale annua a Trento Laste rispetto alla media di riferimento pari a 931 mm calcolata nel periodo 1961-1990, si nota l'assenza di un segnale di trend sul lungo periodo e il prevalere di una situazione di variabilità. Spicca il valore del 2014, risultato l'anno più piovoso dal 1921.

Grafico 12.2: andamento delle anomalie di precipitazione annuale a Trento (Laste) nel periodo 1921-2019 rispetto al periodo 1961-90



Fonte: Ufficio Previsioni e Pianificazione PAT

Le precipitazioni nevose

Per misurare l'andamento della neve caduta per ciascuna stagione, che può variare da ottobre a maggio, si utilizzano i rilievi manuali e automatici della rete nivometeorologica di stazioni distribuite uniformemente su tutto il territorio trentino e gestita dall'Ufficio Previsioni e Pianificazione. Le stazioni di rilevamento sono posizionate cercando di garantire un compromesso tra accessibilità al sito di osservazione e sua rappresentatività privilegiando zone di interesse quali: siti valanghivi, località turistiche o stazioni sciistiche.

Sono state raccolte nel tempo serie trentennali dalle quali però non emerge un segnale evidente di trend in coerenza con quanto osservato più genericamente per le precipitazioni.

Nel grafico 12.3 viene riportata ad esempio la serie storica di Passo Valles (2045 m) dal 1957 al 2019, la più lunga serie in quota disponibile con un numero completo di dati. Si nota un andamento irregolare con forte variabilità interannuale dell'apporto delle nevicate specie negli ultimi decenni. La stagione 2013-2014 è quella che ha registrato il massimo accumulo di nevicate mentre la

stagione 2016-2017 è quella che ha registrato il contributo minore. Andando ad analizzare la serie relativa alla sola stagione invernale⁶ (grafico 12.4) non emerge comunque un segnale di trend significativo e ancora si nota una certa variabilità interannuale. Le nevicate invernali maggiori sono state osservate nella stagione 2013-2014 mentre quelle minori nella stagione 1989-1990.



⁶ Per stagione invernale si intendono i mesi di dicembre, gennaio e febbraio.

Un trend più significativo emerge invece nelle località di vallata dove si osserva un calo degli apporti nevosi. Ad esempio la serie storica delle nevicate osservate a Trento⁷ pone in evidenza come vi sia stata una forte riduzione media negli ultimi decenni. Nel periodo 1991-2017 si stima un calo del 38% circa delle nevicate invernali rispetto al periodo 1961-1990 con un decremento marcato in particolare nel mese di febbraio mentre più contenuto risulta quello di dicembre e gennaio. La significativa riduzione delle nevicate negli ultimi decenni a Trento non è imputabile alla diminuzione delle precipitazioni invernali complessive, che sono rimaste sostanzialmente inalterate, quanto piuttosto all'aumento delle temperature che hanno contribuito ad un innalzamento del limite delle nevicate. Nella valutazione degli andamenti delle nevicate bisogna comunque considerare la complessità insita nel monitorare il fenomeno fisico della nevicata che dipende dalla temperatura, dal vento, dall'intensità di precipitazione e dall'orografia della località in cui viene eseguita l'osservazione. Ad esempio valli strette registrano nevicate che raggiungono quote inferiori rispetto a quelle ampie, quelle orientate verso i flussi umidi meridionali, che caratterizzano le perturbazioni più abbondanti che investono il nostro territorio, osservano mediamente quantitativi maggiori di neve fresca.

A titolo esemplificativo vengono messi a confronto gli andamenti della neve fresca nella stagione monitorata, che mediamente va da ottobre e maggio, rilevati presso le stazioni di Passo Tonale (1875 m), Pampeago (1760 m) e Passo Rolle (1995 m) dal 2008-2009 al 2018-2019.

Si può notare come, a sostanziale parità di quota, gli apporti nevosi di Passo Tonale (grafico 12.5) nel Trentino occidentale siano decisamente superiori a quelli di Pampeago (grafico 12.6) e superiori anche a quelli di Passo Rolle (grafico 12.7). La località di Passo Tonale raccoglie infatti sia gli apporti nevosi dei flussi umidi meridionali che si innalzano sopra il gruppo dell'Adamello e Presanella sia quelli occidentali e settentrionali che investono le Alpi dall'Atlantico. Passo Rolle risente maggiormente degli apporti delle perturbazioni con flussi meridionali e sudorientali, mentre Pampeago, collocata nel gruppo dolomitico del Latemar nel Trentino orientale, vede schermati i flussi umidi meridionali dalla catena del Lagorai.

In tutte le località è possibile osservare come la stagione del 2013-2014 sia stata quella con le maggiori nevicate, seguita dal 2008-2009, mentre il minor apporto è stato misurato nella stagione 2016-2017.

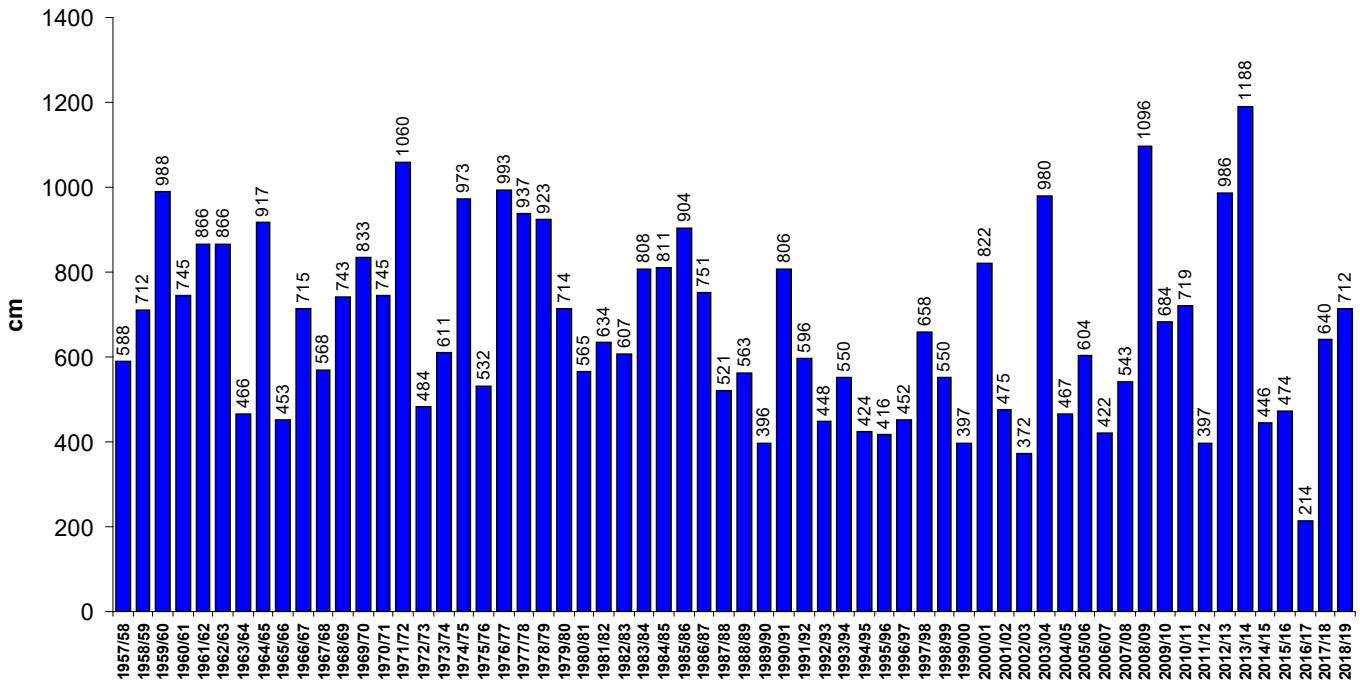


Trento piazza Duomo

foto di Franco Visintamer

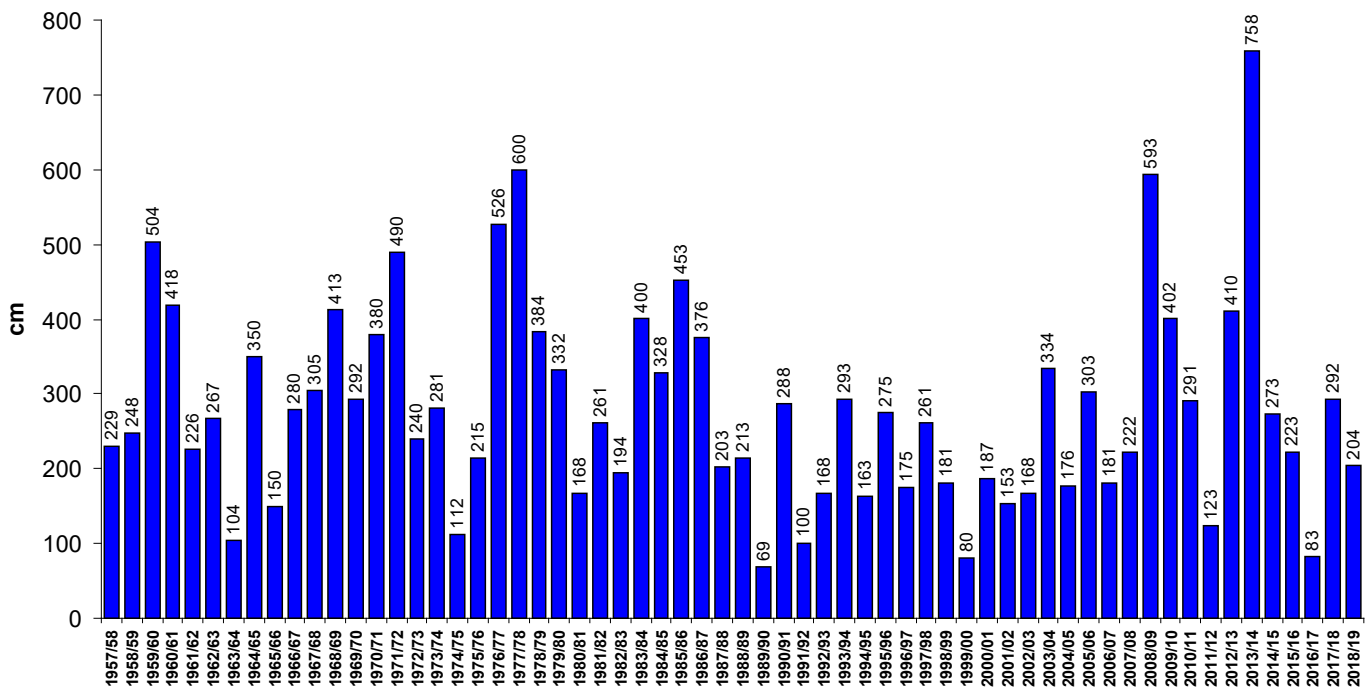
⁷ Nevicate a Trento (1920-2017), Meteotrentino 2018.

Gráfico 12.3: andamento della neve fresca nella stagione nevosa (ottobre-maggio) osservata presso Passo Valles dal 1957/1958 al 2018/2019



Fonte: Ufficio Previsioni e Pianificazione PAT

Gráfico 12.4: andamento della neve fresca nella stagione invernale (dicembre-febbraio) osservata presso Passo Valles dal 1957-'58 al 2018-'19



Fonte: Ufficio Previsioni e Pianificazione PAT

Passo Valles



foto di Giorgio Galeotti

Pampeago (Corno Nero, Corno Bianco)



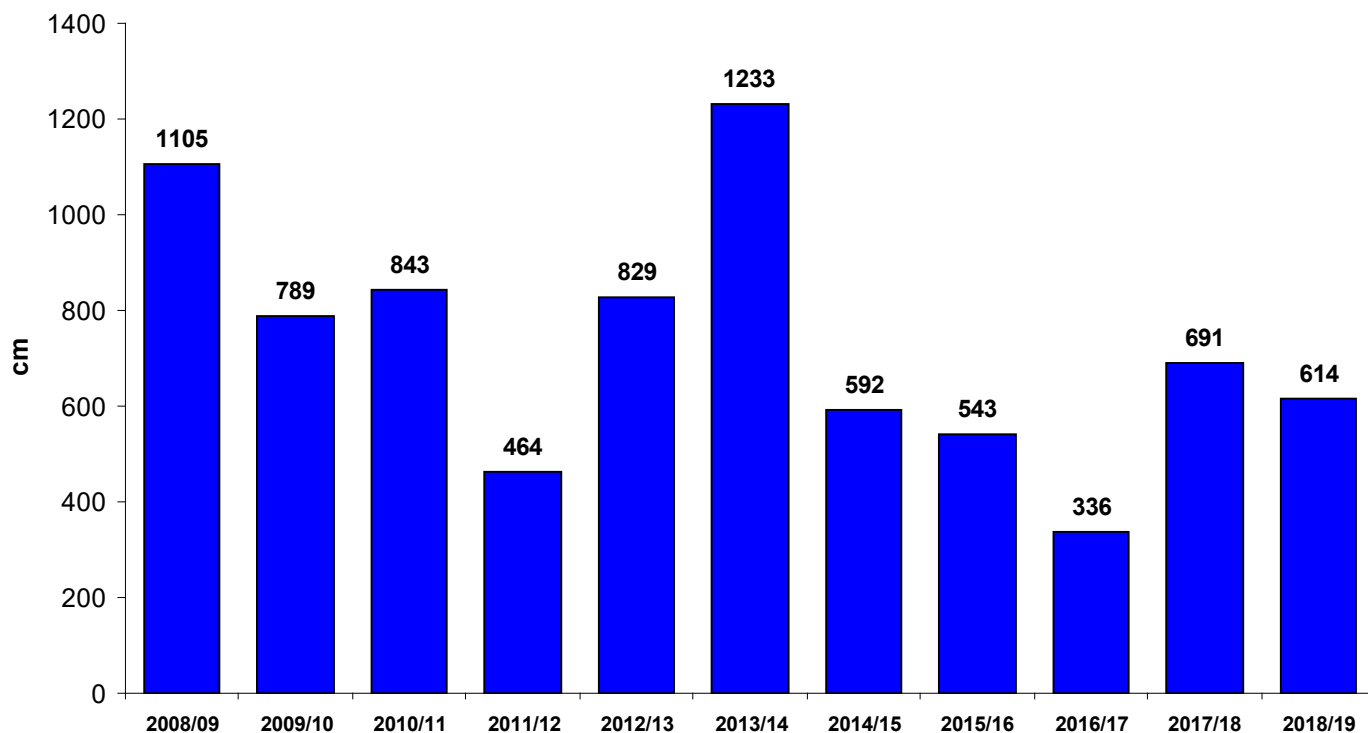
foto di Maurizio Coel

Passo Rolle



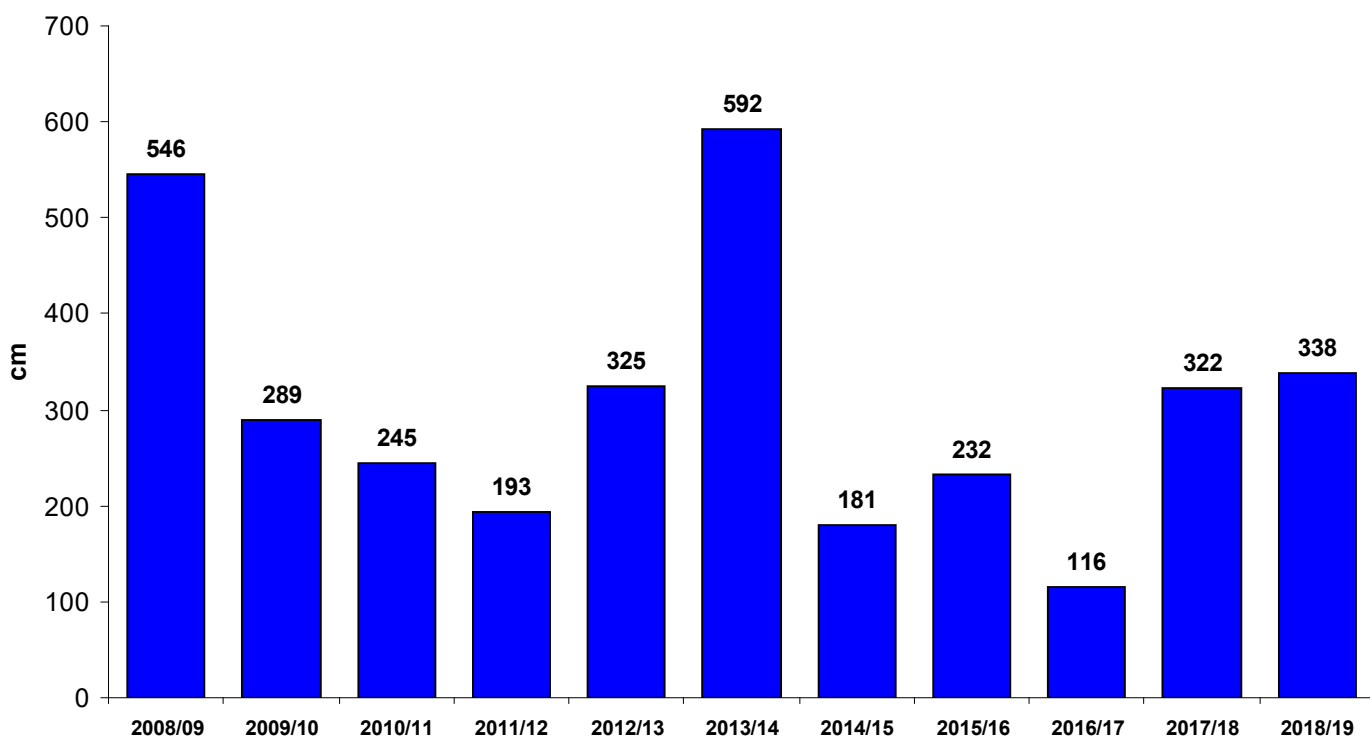
foto di Gianm

Grafico 12.5: andamento della neve fresca nella stagione nevosa (ottobre-maggio) osservata presso Passo Tonale dal 2008-'09 al 2018-'19



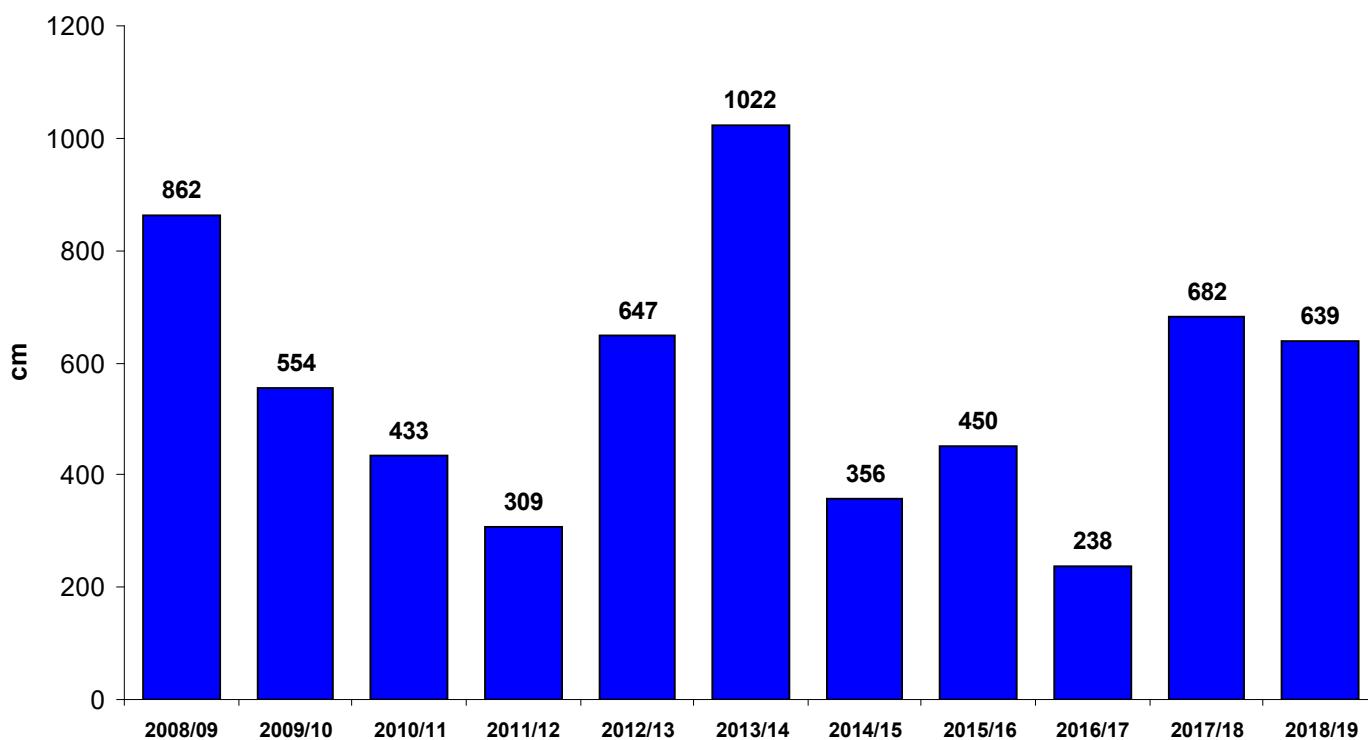
Fonte: Ufficio Previsioni e Pianificazione PAT

Grafico 12.6: andamento della neve fresca nella stagione nevosa (ottobre-maggio) osservata presso Parnepago dal 2008-'09 al 2018-'19



Fonte: Ufficio Previsioni e Pianificazione PAT

Grafico 12.7: andamento della neve fresca nella stagione nevosa (ottobre-maggio) osservata presso Passo Rolle dal 2008-'09 al 2018-'19



Fonte: Ufficio Previsioni e Pianificazione PAT

INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
12.2. Andamento delle precipitazioni	Fattori climatici	S	D	☹️	↔️	P	1961-2019	13 LOTTA CONTRO IL CAMBIAMENTO CLIMATICO

12.2.3 Ghiacciai e permafrost

I ghiacciai

Le attività glaciologiche in provincia di Trento sono svolte sulla base di una convenzione stipulata nel 2006, e rinnovata nel 2017, che vede collaborare nelle attività di rilevazione e monitoraggio in campo glaciologico la Provincia autonoma di Trento, la Società degli Alpinisti Tridentini e il Museo delle Scienze. Sulla base di questa convenzione tutti gli anni vengono effettuate una serie di operazioni volte al monitoraggio dello stato di 6 corpi glaciali considerati campione: i ghiacciai dell'Adamello e della Lobbia nel gruppo dell'Adamello, i ghiacciai del Careser e di La Mare nel gruppo del Cevedale, il Ghiacciaio d'Agola in Dolomiti di Brenta e il Ghiacciaio della Marmolada nel gruppo omonimo.

Su questi ghiacciai vengono raccolti i dati utili a determinare i bilanci invernali ed estivi ovvero si determinano le quantità di acqua accumulate, sotto forma di neve, durante l'inverno e quella persa per fusione durante l'estate. La differenza dei due bilanci permette di calcolare il bilancio di massa che, se positivo, indica un incremento della massa glaciale o, viceversa, una diminuzione.

Su questi stessi ghiacciai, con l'utilizzo di GPS Rover, viene rilevata la quota di punti uniformemente distribuiti su tutta la superficie glaciale al fine di determinare il bilancio geodetico che restituisce i guadagni o le perdite di quota della massa glaciale.

La collaborazione PAT-MUSE si manifesta anche con la realizzazione del catasto ragionato dei ghiacciai trentini; in particolare, raccogliendo tutti i dati disponibili dai catasti storici (1927-Catasto Porro, 1959-Catasto Comitato Glaciologico Italiano, 1987-Catasto SAT, 2003-Catasto PAT, 2015-rilievo ortofotogrammetrico PAT), unitamente a tutti i rilievi aerofotografici effettuati in momenti successivi alla Seconda Guerra Mondiale, si ha la volontà di definire tutte le presenze glaciali dal massimo della Piccola Età Glaciale (metà XIX secolo) ad oggi.

I dati più recenti sono ancora in fase di verifica, così anche per quelli storici che presentano problemi di allineamento cartografico oltre ad elencazioni di ghiacciai non pienamente corrispondenti.

In attesa del completamento delle verifiche in corso si riportano di seguito i dati salienti delle informazioni attualmente disponibili, che testimoniano una deglaciazione di rilevanti dimensioni e che a tutt'oggi sembra inarrestabile.

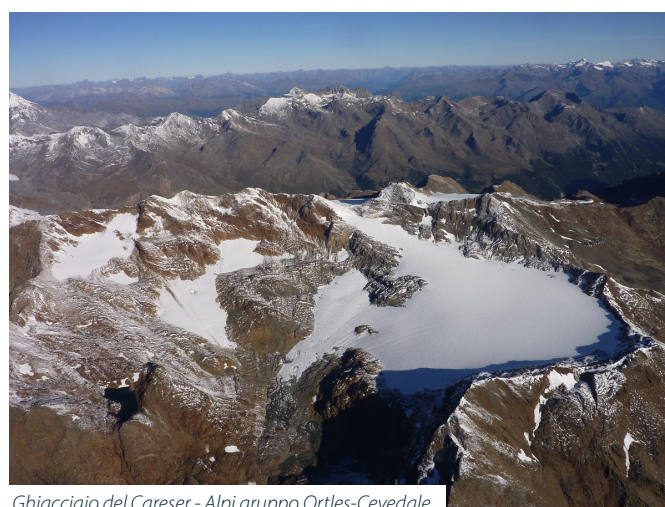
L'estensione complessiva dei ghiacciai trentini nel 2015 si attesta attorno ai 32 km², corrispondenti solamente al 28% di quella presente nel massimo della PEG⁸ (Piccola Età Glaciale,) che risultava di circa 123 km² (grafico 12.8). Fino agli anni '60 la riduzione media della superficie glaciale era inferiore allo 0,5 % annuo, dopodiché è andata via via aumentando in modo esponenziale fino ad assestarsi sugli attuali valori di poco inferiori al 2 % annuo; se ne deduce che ai giorni nostri il ritiro glaciale è circa 4 volte maggiore rispetto a quello di un secolo fa.

La quota della fronte dei ghiacciai, mediamente localizzata nel massimo della PEG attorno ai 2.550 m di

quota, si è alzata fino a circa 2.800 m, superando i 3100 metri di quota per i ghiacciai esposti a sud-est.

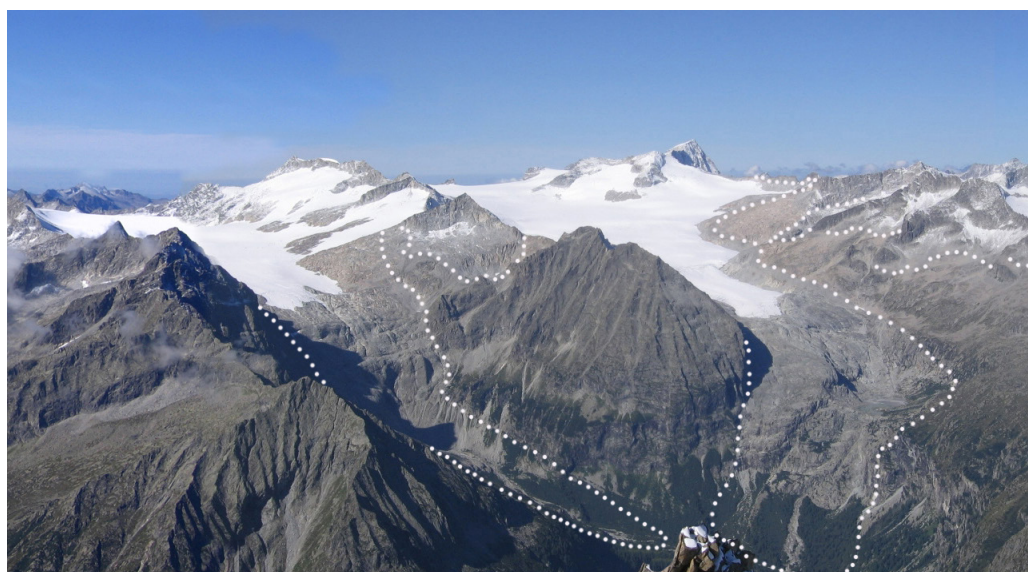
Questo intenso processo di ritiro ha comportato la frammentazione dei ghiacciai, che sono aumentati di numero pur divenendo sempre più piccoli, e quindi più vulnerabili.

Questi imponenti processi di ablazione manifestatasi negli ultimi decenni è ben visibile anche nei risultati ottenuti con le misurazioni delle variazioni frontali e dei bilanci di massa. Ad esempio il grafico 12.8 riporta la serie storica dei bilanci di massa eseguiti sul ghiacciaio del Careser dal 1967 al 2018: dal 1981 il ghiacciaio risulta in continua regressione e dopo il parziale rallentamento della perdita nel 2013-2014, grazie alle eccezionali precipitazioni invernali, si è avuta una nuova forte riduzione nella calda stagione invernale del 2014-2015.



Ghiacciaio del Careser - Alpi gruppo Ortles-Cevedale

Figura 12.1: rappresentazione della riduzione dei ghiacciai del Gruppo dell'Adamello (Ghiacciaio della Lobbia e del Mandrone) dalla fine della Piccola Era Glaciale (linea tratteggiata) su fotografia del 2013⁹.



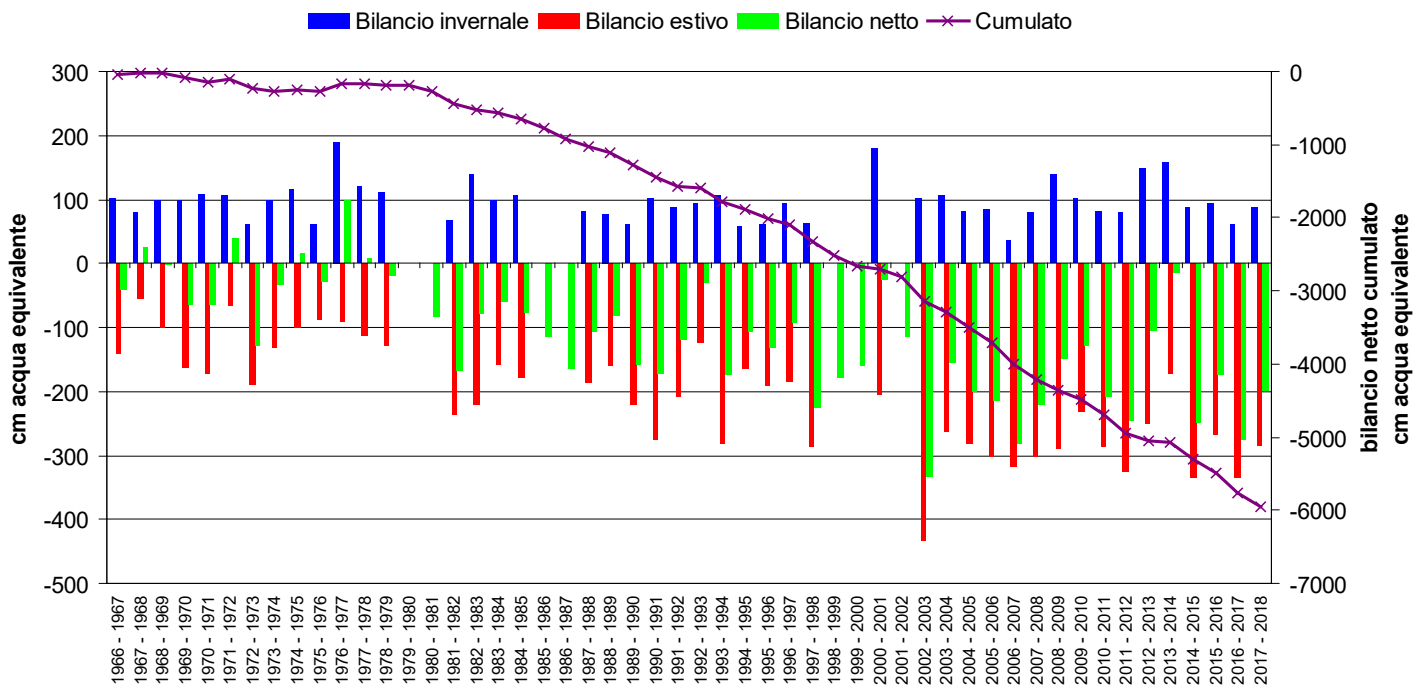
Fonte: Ufficio Previsioni e Pianificazione PAT

⁸ I dati relativi all'estensione dei ghiacciai nella PEG sono stati elaborati dal Servizio Geologico nell'ambito della redazione delle Carte della Pericolosità.

Per approfondimenti: "Little Ice Age mapping as tool for identifying hazard in the periglacial environment: The case study of Trentino (Eastern Italiana Alps)" – Geomorphology 295 (2017) 551-562. Zanoner, Carton, Seppi, Carturan, Baroni, Salvatore, Zumiani.

⁹ *Estensione dei ghiacciai Trentini dalla fine della Piccola Età Glaciale a oggi*. Casarotto C., Bertoni E., 2015, MUSE - Museo delle Scienze.

Gráfico 12.8: bilancio di massa del ghiacciaio del Careser (1967-2018)



Fonte: Ufficio Previsioni e Pianificazione PAT

foto di Zonta72

Il permafrost

Il permafrost è definito come qualsiasi terreno che rimane al di sotto della temperatura di 0°C per almeno due anni consecutivi ed è il risultato di una complessa interazione tra le condizioni climatiche e le caratteristiche del substrato. I principali fattori che determinano la formazione e la conservazione del permafrost sono la temperatura dell'aria, la radiazione solare, la presenza, la durata e lo spessore del manto nevoso. Per queste caratteristiche, il permafrost è molto sensibile all'evoluzione delle condizioni climatiche ed è riconosciuto come uno dei principali indicatori del cambiamento climatico in atto. La degradazione del permafrost a causa del riscaldamento climatico può causare rilevanti problemi di rischio ambientale, legati a smottamenti, frane e, più in generale, all'instabilità dei versanti che possono interessare le infrastrutture presenti in quota.

Eventi simili si stanno verificando anche in Trentino: il 16 giugno 2018, a causa della degradazione del permafrost, il versante Sud di cima Carè Alto, ad oltre 3000 m di quota, è stato interessato da un distacco di un volume di roccia pari a circa 300 mila metri cubi.

Considerata la diffusione del permafrost sulle nostre montagne e la sua sensibilità ai cambiamenti climatici, nel corso degli ultimi dieci anni in Trentino è stata realizzata una rete di monitoraggio dedicata a questo particolare elemento. Per mezzo di tecnologie all'avanguardia il Servizio Geologico, in collaborazione con le Università di Pavia e Padova, monitora costantemente lo spostamento

di tre rock glacier, due nel Gruppo Adamello-Presanella (uno in Val d'Amola e l'altro presso il Passo del Maroccaro) ed uno nel Gruppo della Marmolada (nella zona di Cima Uomo). A partire dal 2019 è monitorato anche un rock glacier nel gruppo Ortles-Cevedale (nella zona del lago Careser). I dati raccolti mostrano come lo spostamento cumulato di questi corpi detritici dal 2001 ad oggi superi i 6 m. A partire dal 2008 è stato registrato un aumento della velocità di spostamento degli stessi, in linea con quanto sta accadendo nel resto delle Alpi.

Con speciali sensori, i geologi indagano le condizioni di temperatura della superficie del suolo e lo stato del permafrost in profondità nella roccia. Tali strumentazioni sono state collocate in numerosi siti di monitoraggio e all'interno di due perforazioni realizzate presso il rifugio "Ai Caduti dell'Adamello" e nella zona del Careser, che



raggiungono la profondità di 20 m e 50 m rispettivamente. I dati acquisiti nei pressi del rifugio Ai Caduti dell'Adamello mostrano come l'influenza delle variazioni stagionali di temperatura si risenta fino a 14 m di profondità nella roccia. Al di sotto la temperatura è costante e si assesta sugli 0°C attorno ai 17 m di profondità. Questi risultati evidenziano come questo sito sia particolarmente sensibile alle variazioni climatiche, proprio perché avente temperature prossime al punto di congelamento dell'acqua.

Il Servizio Geologico ha realizzato il catasto dei rock glacier, principali forme legate alla presenza di permafrost, e la mappatura dell'estensione dei ghiacciai e dei depositi glaciali relativi alla Piccola Età Glaciale su tutto il territorio della Provincia di Trento.

Tale attività assume una notevole importanza anche dal punto di vista applicativo per la gestione del territorio, in particolare per la comprensione e la previsione dei dissesti (soprattutto frane e colate detritiche) che potrebbero interessare queste aree delle nostre montagne.

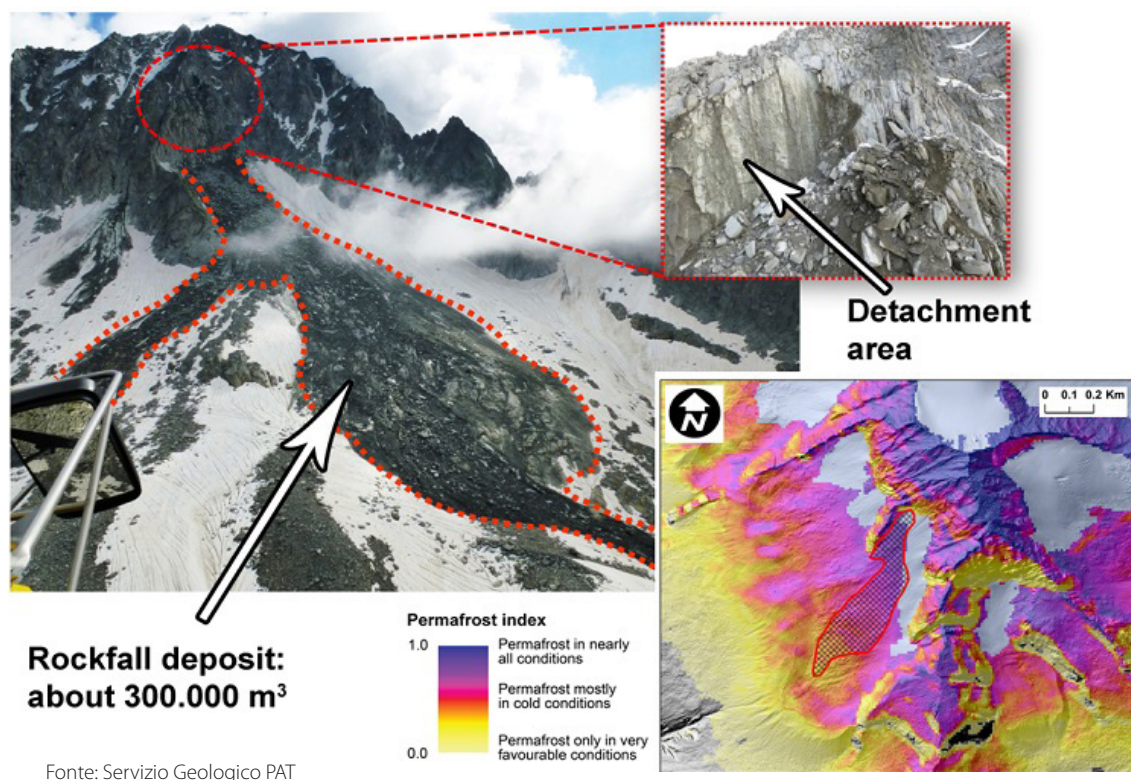
La fortissima riduzione areale e volumetrica dei ghiacciai in

atto dalla fine della PEG e la conseguente esposizione agli eventi morfogenetici dei depositi morenici determinano una abbondante disponibilità di detriti sciolti, che possono essere mobilizzati dall'acqua, soprattutto se rilasciata in tempi brevi e con forte intensità come ad esempio durante precipitazioni intense. In questo modo si possono innescare processi di instabilità come colate di fango e di detrito, che possono interessare aree situate anche molto più a valle.

Tali motivazioni hanno spinto la Provincia di Trento ad inserire i tematismi "Permafrost e Rock Glacier" e "Ghiacciai e Piccola Età Glaciale" all'interno delle Carte della Pericolosità. Le Carte della Pericolosità rappresentano gli strumenti di base per le attività di prevenzione e protezione della protezione civile.

In tale ottica le Carte della Pericolosità costituiscono la base di riferimento per la realizzazione della Carta di Sintesi della Pericolosità, che consiste nel nuovo strumento di pianificazione territoriale, adottata preliminarmente su tutto il territorio provinciale con deliberazione n°1080 del 19 luglio 2019 della Giunta Provinciale.

Figura 12.2: frana staccatasi da un'area interessata da permafrost sul versante Sud del Monte Carè Alto¹⁰



INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
12.3. Superficie dei ghiacciai	Fattori climatici	S	D	☹️	⬇️	P	1800-2018	13 LOTTA CONTRO IL CAMBIAMENTO CLIMATICO

¹⁰ Consultando la mappa del permafrost elaborata dal Servizio Geologico emerge come l'area in esame si trovi in condizioni di permafrost.

12.3 GLI EFFETTI AMBIENTALI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO IN TRENTINO

Gli scenari per il futuro

Per quanto riguarda gli scenari climatici futuri sono a disposizione diverse proiezioni fornite dai modelli climatici e sono in corso continui aggiornamenti per permettere di avere proiezioni sempre più accurate e ad alta risoluzione sulle scale regionali sia rispetto agli indici del cambiamento climatico che agli indici di impatto. Tutti gli scenari sono sostanzialmente concordanti con una tendenza ad un continuo aumento delle temperature nei prossimi decenni mentre meno robusti e più incerti



sono gli scenari relativi alle precipitazioni.

Gli scenari climatici di riferimento attualmente per il Trentino sono stati resi disponibili dal Centro Euro Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici¹¹.

Essi si basano su due possibili scenari futuri di emissione dei gas serra in atmosfera (Representative Concentration Pathways – RCP) scelti tra quelli adottati dall'IPCC nell'ultimo Rapporto di Valutazione dei Cambiamenti Climatici¹². Il primo scenario, RCP4.5 (vedi box esplicativo a fine capitolo), prevede la stabilizzazione delle emissioni di gas serra grazie ad adeguate politiche di mitigazione, mentre il secondo scenario, RCP8.5, assume l'ipotesi di assenza di politiche di mitigazione e quindi prevede un continuo aumento delle emissioni di gas serra.

Per entrambi gli scenari di emissione di gas serra sono stati prodotti scenari climatici di evoluzione delle temperature e delle precipitazioni per il periodo 2036–2065 confrontati rispetto al trentennio di riferimento 1981–2010.

In entrambi gli scenari per il Trentino si prevede un continuo aumento delle temperature con un segnale più marcato per le massime e nella stagione estiva. L'aumento maggiore è atteso dallo scenario RCP8.5 che nel trentennio 2036–2065 prevede che la temperatura media annua crescerà di 2-2,5°C mentre per lo scenario RCP4.5 l'aumento stimato è di circa 1,5-2°C.

Per quanto riguarda le precipitazioni si attende in futuro un lieve aumento dell'apporto annuale, più significativo nello scenario RCP8.5. Sono attesi incrementi nelle precipitazioni autunnali e invernali, un calo in estate, seppur con un aumento significativo delle precipitazioni di carattere convettivo associate quindi a fenomeni temporaleschi di breve durata. Infine un segnale di sostanziale stazionarietà è atteso per la primavera.

Gli effetti combinati degli scenari attesi per temperatura e precipitazione potrebbero quindi portare in inverno ad un relativo aumento delle nevicate ma a quote superiori. In

generale il riscaldamento atteso provocherà una marcata diminuzione della copertura nevosa a tutte le quote. Sono attesi in aumento nella frequenza, e soprattutto nella loro intensità, gli eventi meteorologici estremi come siccità, ondate di calore e precipitazioni intense.

Gli impatti su ambiente, società ed economia

Le variazioni climatiche in corso causano impatti non solo sull'ambiente e sugli ecosistemi ma anche su importanti settori dell'economia locale, come l'agricoltura, il turismo e la produzione di energia idroelettrica, sulla salute umana e su risorse, finora ritenute garantite, come acqua e suolo. Di fronte a questo insieme di potenziali problematiche occorre riconoscere che sono disponibili delle importanti risorse sociali ed economiche che rendono il Trentino meno vulnerabile di altri contesti e di altre regioni, tuttavia nei prossimi anni gli effetti dei cambiamenti climatici potranno farsi sentire in maniera maggiore. Per questo si rende indispensabile individuare le maggiori criticità e prendere adeguate misure per limitare i potenziali impatti ma, laddove possibile, anche essere pronti per cogliere delle eventuali opportunità.



Ecosistemi e biodiversità

Le zone alpine sono tra le aree a maggior rischio di perdita di biodiversità e ad oggi hanno subito gli impatti più evidenti. I cambiamenti climatici impattano infatti sulla fisiologia, sul comportamento, sul ciclo vitale e sulla distribuzione geografica delle specie, sulla composizione delle comunità ecologiche terrestri e

¹¹ L'impatto dei cambiamenti climatici sulla produzione idroelettrica in Trentino – Progetto ORIENTGATE. AA.VV. (2015).

¹² IPCC WGII AR5 2014, Intergovernmental Panel on Climate Change.

sulle interazioni interspecifiche. Anche in Trentino sono evidenti alcuni effetti quali: l'accelerazione degli effetti sulla vegetazione come l'innalzamento del limite degli alberi, la frammentazione degli habitat, le modifiche dei cicli fenologici e i cambiamenti nella composizione delle foreste; le variazioni nella struttura, nella distribuzione e nella produttività di diversi habitat, con conseguenze sulla fauna, sulla struttura delle comunità e sulla biodiversità; l'anticipazione di fioriture di molte piante e il prematuro riavvio del periodo vegetativo; la risalita di quota di specie vegetali che essendo più adatte ai climi freddi, tendono a trovarsi in habitat non più ottimali, andando incontro a una flessione della popolazione o anche all'estinzione; le variazioni della diffusione di fitopatie ed infestanti.

Fauna e biodiversità animale

Numerosi sono gli effetti osservati sulla fauna alpina. Sono cambiati i periodi di attività e di riproduzione di molte specie di uccelli, anfibi e artropodi. Ad esempio è ormai comune l'anticipazione degli arrivi di molte specie di uccelli migratori, la riproduzione di molti anfibi e lo sviluppo dello stadio alato di molti insetti. Sono mutati i range di distribuzione o di densità locale (uccelli, artropodi). Diverse specie animali montane si sono ad esempio spostate in alta quota con conseguente riduzione del loro areale. Si osservano cambiamenti morfologici: peso corporeo, numero di uova, etc. Si osserva un incremento di nuove specie invasive che contribuiscono ad un aumento della competizione e del rischio di estinzione. Cambiano la composizione e la struttura degli habitat così come si modificano la disponibilità e la reperibilità del cibo.

La gestione dell'acqua

Importanti variazioni del ciclo idrico sono previste a causa delle modifiche attese nel regime delle precipitazioni: la riduzione della piovosità estiva; l'aumento di quella invernale ma con riduzione delle precipitazioni nevose; l'aumento del rischio di eventi di siccità e di eventi di pioggia intensa; l'anticipo, l'intensificazione e il prolungamento della fusione nivo-glaciale. Si renderà pertanto necessaria una diversa e attenta pianificazione della gestione della risorsa idrica. Il deficit delle risorse idriche potrebbe essere maggiore in estate e autunno, in particolare nei periodi di siccità e in concomitanza ad una maggiore competizione tra i settori di utilizzo: l'uso potabile per una popolazione in aumento per il turismo, l'alimentazione delle dighe per la produzione idroelettrica, il maggior fabbisogno irriguo dell'agricoltura.



Agricoltura

L'aumento della temperatura, specie in estate, la variazione della disponibilità idrica dovuta alla modifica del ciclo delle precipitazioni sempre più caratterizzato da eventi prolungati di siccità e di precipitazioni intense su brevi periodi, determineranno una serie di impatti importanti in agricoltura.

Tra gli effetti più evidenti: l'aumento del periodo di crescita di alcune colture, l'anticipo delle epoche di semina e di raccolta e dello sviluppo fenologico, il prematuro riavvio del periodo vegetativo, la diminuzione della produttività e della qualità delle produzioni, lo spostamento degli areali verso nord e in quota di varie produzioni come olivo, vite e melo, la diminuzione delle risorse idriche disponibili, l'aumento dell'erosione del suolo, la variazione della diffusione di fitopatie ed infestanti.



Rischio idrogeologico

L'aumento delle temperature e il progressivo ritiro dei ghiacciai potranno determinare variazioni del permafrost aumentando le aree soggette a instabilità geologica, incrementando di conseguenza il pericolo di frane e colate di fango. Il rischio geologico è soggetto a variazioni dovute ai cambiamenti attesi del ciclo idrico: maggiori deflussi sono infatti attesi nel periodo invernale mentre una riduzione è attesa in quello estivo. L'aumento probabile di fenomeni di precipitazione intensa potrebbe dare origine ad una maggiore frequenza di eventi quali alluvioni lampo (flash floods) e debris flow con conseguente impatto nella gestione del rischio idrogeologico. Eventi meteo intensi, come la tempesta Vaia dell'ottobre 2018, possono determinare danni ingenti al patrimonio forestale introducendo situazioni di maggiore vulnerabilità del territorio incrementando il pericolo di fenomeni come frane e valanghe nelle zone colpite.

Salute umana

Gli effetti dei cambiamenti climatici si faranno sentire anche sulla salute umana sia in termini di effetti diretti che indiretti. Gli effetti diretti sono quelli dovuti ad eventi meteo estremi, come le ondate di calore estive, le alluvioni e le siccità che possono colpire la popolazione, specie tra le componenti più vulnerabili come anziani, bambini e malati. Gli effetti indiretti sono quelli invece conseguenti ai cambiamenti negli ecosistemi e alla biodiversità che possono avere effetti sugli esseri umani. Tra essi si annoverano la diffusione di malattie infettive, di infezioni microbiche e parassitarie, sia a trasmissione diretta che a mezzo di artropodi vettori, le malattie allergiche dovute alla maggiore concentrazione e durata nel tempo di pollini e allergeni nonché le malattie non infettive legate all'aumento della concentrazione di fattori inquinanti come ad esempio l'ozono nel periodo estivo. Alcune patologie di animali sono incrementate a causa del riscaldamento globale, così pure le zoonosi, ovvero le malattie umane veicolate da animali come zecche e zanzare tigre responsabili della trasmissione di malaria, Lyme, dengue, febbre del Nilo occidentale e chikungunya.



Sarca nel lago di Garda - ottobre 2018

foto di Paola Testa

Energia

L'aumento delle temperature atteso in tutte le stagioni e in modo più marcato in estate, dovrebbe favorire uno spostamento della domanda di energia nel settore dei servizi dato che tenderà a diminuire il fabbisogno in inverno per il riscaldamento mentre crescerà quello in estate per il raffrescamento. La variazione di disponibilità idrica connessa ai fenomeni di deglaciazione e all'alterazione dei regimi delle precipitazioni potrebbe avere importanti conseguenze sul sistema di produzione idroelettrico¹³.



¹³ L'impatto dei cambiamenti climatici sulla produzione idroelettrica in Trentino – Progetto ORIENTGATE. AA.VV. (2015).

Turismo

Gli impatti delle variazioni climatiche sul paesaggio e sull'ambiente montano possono essere molteplici e determinare effetti differenti sia per l'offerta che per la domanda turistica. Il turismo invernale, in particolare il settore degli sport legati alla neve, potrebbe risentirne maggiormente per la riduzione della nevosità e della durata della stagione con neve al suolo. L'aumento delle temperature estive potrebbe invece avere un effetto positivo favorendo l'afflusso di turisti verso località di montagna con temperature più fresche. Anche la diversa fruibilità di ambienti rilevanti dal punto di vista paesaggistico e naturalistico, quali ghiacciai e foreste, potrebbe influire sull'offerta turistica. Occorre poi evidenziare come gli eventi meteo estremi possono provocare danni a infrastrutture e paesaggio.



12.4 L'IMPEGNO E L'AZIONE PER IL CLIMA IN TRENTINO

La sfida del cambiamento climatico è diventata una priorità anche della politica dell'Unione Europea, che ha prodotto strumenti legislativi e linee guida da adottare da parte dei governi nazionali e locali nelle rispettive politiche di mitigazione e adattamento.

Il percorso per affrontare il cambiamento climatico e i suoi effetti sulla società e sull'ambiente si sviluppa in due direzioni: quello della mitigazione, volto a ridurre progressivamente le emissioni di gas climalteranti responsabili del riscaldamento globale e quello dell'adattamento che mira a diminuire la vulnerabilità dei sistemi naturali e socio-economici e ad aumentare la loro capacità di resilienza di fronte agli inevitabili impatti di un clima che cambia.

Sul fronte della mitigazione costituiscono un punto di riferimento il "Pacchetto Clima e Energia 2020", una serie di norme vincolanti volte a garantire che l'UE raggiunga i suoi obiettivi in materia di clima ed energia entro il 2020, rafforzato successivamente dal "Quadro 2030 per il clima e l'energia" che comprende obiettivi per il periodo dal 2021 al 2030 che aumentano gli impegni di riduzione

delle emissioni di gas a effetto serra, di investimento in energia rinnovabile e di miglioramento dell'efficienza energetica. Nell'ambito di questo quadro normativo gli stati membri sono stati chiamati ad elaborare un proprio piano nazionale che l'Italia ha tradotto nel Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC). L'UE ha presentato a fine 2019 una nuova strategia, denominata **European Green Deal**, finalizzata a rendere clima neutrale l'Europa entro il 2050 attraverso un ambizioso pacchetto di misure e iniziative vincolanti per ogni paese.

Per quanto riguarda le azioni di adattamento, dopo l'adozione della Strategia europea nel 2013, i singoli paesi sono stati incoraggiati ad elaborare una propria strategia nazionale. L'Italia ha elaborato e adottato nel 2015 la Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (S.N.A.C.), alla cui revisione ha collaborato anche la PAT, che ha assunto il ruolo di riferimento per le azioni di adattamento a livello regionale. Al fine di rendere attuativa la S.N.A.C. è stato avviato un ambito di confronto tra Stato e Regioni, il primo rappresentato dal Ministero

dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e le seconde rappresentate dal Tavolo Interregionale di coordinamento sulla Strategia di adattamento ai cambiamenti climatici e al quale partecipa anche la PAT. Quale risultato di questo percorso è stato elaborato il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (P.N.A.C.) che dovrebbe essere approvato entro la fine del 2020 dopo la necessaria procedura di valutazione ambientale strategica (VAS) al quale è stato sottoposto. Alcune Regioni e anche singole città italiane, hanno nel frattempo elaborato delle proprie strategie locali di adattamento avvalendosi delle linee guida prodotte a livello UE e dalla S.N.A.C.

La strategia generale adottata dalla Provincia di Trento per fronteggiare le conseguenze dei cambiamenti climatici riguarda fino ad ora una serie di azioni che si possono riassumere in alcune aree di intervento: la definizione di strumenti normativi e organizzativi, il monitoraggio e la ricerca, le misure di mitigazione, le misure di adattamento, l'informazione e la sensibilizzazione della cittadinanza.

Le azioni per fronteggiare il cambiamento climatico della Provincia sono disciplinate dalla Legge sulla Valutazione d'Impatto Ambientale (L.P. 17 settembre 2013, n.19) e in particolare dall'art.23: "Strategie e interventi della Provincia per fronteggiare il cambiamento climatico".

La legge in particolare:

- definisce specifici obiettivi da conseguire nel medio e lungo periodo, per ridurre la dipendenza da fonti energetiche non rinnovabili, conservare la biodiversità e aumentare la biomassa, in particolare quella boschiva, per incrementare la capacità di assorbimento della CO₂ e degli altri gas climalteranti da parte degli ecosistemi;
- orienta le attività e gli strumenti di pianificazione e di programmazione provinciali per raggiungere l'autosufficienza energetica entro il 2050, puntando sul contributo delle fonti rinnovabili interne e mira al conseguimento dell'obiettivo "Trentino Zero Emission" (riduzione delle emissioni di CO₂ e degli altri gas climalteranti del 50% rispetto ai livelli del 1990 entro l'anno 2030).

Al fine di attuare gli obiettivi indicati si è provveduto all'"Istituzione del Tavolo provinciale di coordinamento e di azione sui Cambiamenti Climatici e dell'Osservatorio Trentino sul clima" (Delibera di Giunta Provinciale n.1836 di data 5 agosto 2010).

Il Tavolo rappresenta l'ambito di coordinamento delle strutture provinciali per l'individuazione delle misure appropriate di mitigazione e di adattamento e per declinare la strategia complessiva da proporre alla Giunta provinciale per fronteggiare gli impatti derivanti dai cambiamenti climatici.

L'Osservatorio invece è stato disciplinato dall'Accordo di programma sottoscritto da una serie di strutture PAT ed

enti di ricerca (Dip. Protezione Civile, APPA, MUSE, FBK, FEM, UNITN-DICAM, Comitato Glaciologico della SAT) al fine di coordinare le attività di monitoraggio, ricerca e comunicazione relative al clima e ai cambiamenti climatici in Trentino. L'Accordo è rimasto in vigore fino al dicembre 2016.

In attesa di ridefinire una nuova proposta organizzativa e un'eventuale nuovo accordo, sono proseguite alcune attività, tuttora in corso, in collaborazione tra gli enti, in particolare attività di divulgazione e comunicazione e la collaborazione per la realizzazione di progetti e per l'elaborazione di rapporti scientifici.

Nel 2008 è stato istituito il "Fondo per il Cambiamento Climatico" che ha permesso di finanziare una serie di attività mirate sul tema dei cambiamenti climatici e dei loro effetti. Successivamente il Fondo per il cambiamento climatico è stato inserito nel nuovo "Fondo per la promozione dello sviluppo sostenibile e per la lotta ai cambiamenti climatici" attivo dal 2013 (L.P. 17/9/2013, n.19).

Le azioni di mitigazione sono prevalentemente affidate al Piano Energetico-Ambientale Provinciale, in fase di ridefinizione per il successivo periodo di validità, 2021-2030, e che dovrà quindi esprimere i nuovi obiettivi in termini di sviluppo delle fonti rinnovabili, di risparmio energetico e di efficienza, finalizzati anche alla riduzione delle emissioni di gas serra locali.

Sul fronte dell'adattamento non esiste ancora un piano complessivo e strutturato, tuttavia è stato avviato un percorso verso la definizione di una Strategia Provinciale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici finalizzato al recepimento delle linee guida indicate dalla Strategia e dal Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici.

E' cresciuta la consapevolezza che gli effetti dei cambiamenti climatici devono essere il punto di partenza per le azioni di pianificazione futura a tutti i livelli. Alcuni interventi settoriali contemplano di fatto già misure di adattamento. Per esempio la mappatura dei depositi glaciali e delle successive fasi di ritiro dei ghiacciai è stata utilizzata per la redazione della Carta della Pericolosità e quindi per la comprensione e la previsione dei dissesti che potrebbero interessare queste aree delle montagne. Inoltre sono stati effettuati, e sono tutt'ora in corso di svolgimento, diversi studi di impatto dei cambiamenti climatici per differenti settori (es. produzione idroelettrica, agricoltura, viticoltura, turismo, gestione delle foreste).

L'individuazione delle misure di mitigazione e di adattamento ai cambiamenti climatici devono necessariamente essere pensate in un'ottica di multisettorialità e trasversalità. Le azioni individuate devono essere infatti in forte sinergia con la pianificazione in altri settori come ad esempio la Strategia provinciale per lo sviluppo sostenibile, il Piano Energetico Ambientale Provinciale, la Direttiva alluvioni

2007/60/CE, il Piano Gestione Acque e il Piano gestione del rischio alluvioni, il Piano di Sviluppo Rurale (P.S.R.).

Un ruolo di fondamentale importanza riguarda le azioni necessarie per il rafforzamento delle basi scientifiche a supporto della conoscenza del fenomeno dei cambiamenti climatici in atto.

A tal fine sono numerose le strutture interne della PAT e gli enti esterni che effettuano attività di monitoraggio, raccolta e analisi di dati relativi a parametri climatici: meteorologici (es. temperature e precipitazioni), nivologici, idrologici, misure del permafrost e rilievi dei ghiacciai, misure di gas serra, rilievi su fauna, flora, foreste e biodiversità.

Tale patrimonio di dati è alla base delle attività di ricerca e di studio svolte a livello provinciale per poter disporre di informazioni sempre più adeguate ed esaustive per l'intero territorio trentino sia per la situazione in atto che per gli scenari futuri.

La possibilità di un'azione efficace per affrontare le problematiche connesse ai cambiamenti climatici passa infine attraverso la partecipazione e il coinvolgimento della cittadinanza e per questo sono state avviate negli anni numerose iniziative in questa direzione.

In particolare sono stati organizzati diversi eventi pubblici dedicati al clima e ai cambiamenti climatici, seminari scientifici e conferenze divulgative. Un'attenzione particolare è stata rivolta alle attività formative ed educative che APPA propone per le scuole primarie e secondarie, che sono state potenziate proprio per una maggiore diffusione della consapevolezza del problema dei cambiamenti climatici.

Un importante strumento di informazione è stato introdotto sin dal 2012 con l'attivazione del sito www.climatrentino.it, il portale PAT dedicato al clima e ai cambiamenti climatici con informazioni, dati e rapporti a livello Trentino, nazionale e internazionale.



I modelli climatici e gli scenari futuri

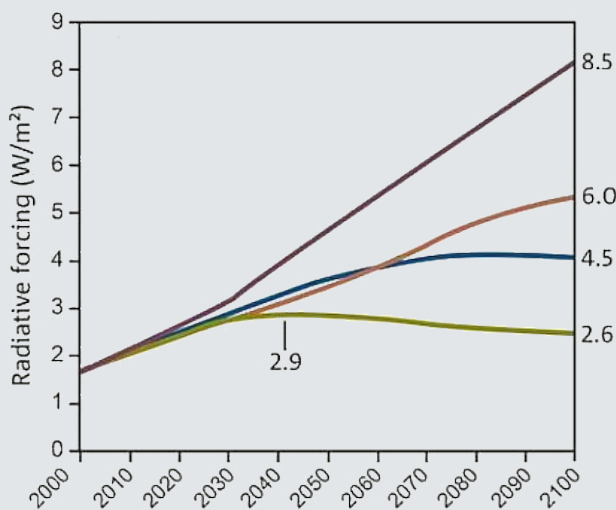
I modelli climatici sono dei programmi estremamente sofisticati per computer che a partire dalle conoscenze scientifiche e dalle osservazioni disponibili simulano il comportamento del sistema climatico e le complesse interazioni tra l'atmosfera, l'oceano, la superficie terrestre, la criosfera, l'ecosistema globale e una varietà di sostanze chimiche e di processi biologici.

Costituiscono oggi lo strumento più importante per studiare la variabilità del clima e l'impatto dei cambiamenti climatici sui sistemi naturali e socio-economici e sono stati messi a punto svariati

modelli climatici, sia globali (Global Climate Models, GCMs) sia regionali (Regional Climate Models, RCMs) ottenuti con operazioni di downscaling dei modelli globali.

La stima dell'andamento futuro dei principali parametri fisici, quali la temperatura e le precipitazioni, viene effettuata ipotizzando diversi scenari di emissione dei gas serra e per consentire un più efficace confronto tra i vari modelli, la comunità scientifica raccolta attorno all'Intergovernmental Panel on Climate Change (Ipcc) ha individuato un insieme condiviso di quattro possibili scenari, definiti Representative Concentration Pathways (RCP).

Grafico 12.9: Scenari RCP (Representative Concentration Pathways) e relativa forzante radiativa stimata nel 2100 rispetto all'era pre-industriale



Fonte: IPCC Fifth Assessment Report (AR5)

Ognuno di questi scenari RCP (grafico 12.9) definisce uno specifico andamento per le emissioni di gas serra ed una relativa forzante radiativa stimata nel 2100 rispetto all'era pre-industriale, e risultante dall'insieme di emissioni antropiche di gas serra che alterano il bilancio di energia totale del sistema terra-atmosfera contribuendo al riscaldamento. Il clima terrestre infatti è frutto del bilancio tra l'energia proveniente dal sole e quella uscente dal sistema terrestre a seguito dell'interazione tra atmosfera, oceani, suolo, vita animale e vegetale. Il clima può variare per cause naturali (es. variazione dell'attività solare o esplosioni vulcaniche) ma dall'inizio dell'era industriale sempre più per cause di origine antropica (es. gas serra per uso di combustibili fossili e deforestazione) che determinano una forzante radiativa (espressa in W/m^2) alterando il bilancio tra energia entrante ed energia uscente nel sistema terra-atmosfera. Una forzante positiva riscalda la superficie terrestre, una negativa la raffredda. La forzante radiativa positiva causata dalle attività antropogeniche nel periodo 1750 – 2011 è pari a $2.29 W/m^2$, molto più grande di quella causata dall'attività solare nel medesimo periodo ($0.05 W/m^2$).

Tutti gli scenari RCP sono positivi e orientati quindi al continuo riscaldamento del pianeta seppur con intensità diverse (grafico 12.10). Lo scenario RCP2.6 prevede una riduzione delle emissioni di gas serra e quindi una forzante radiativa a fine secolo di $2.6 W/m^2$; gli scenari RCP4.5 e RCP6.0 prevedono una stabilizzazione delle emissioni future, seppur in modalità diverse, con una forzante radiativa a fine secolo rispettivamente di 4.5 e $6.0 W/m^2$; lo scenario RCP8.5 prevede una continua crescita delle emissioni di gas serra e una forzante radiativa a fine secolo di ben $8.5 W/m^2$.

Nel grafico 12.10 sono rappresentate le diverse simulazioni dell'andamento della temperatura media annuale globale dal 1950 al 2100 espresse come differenza con la media del periodo 1986-2005¹⁴.

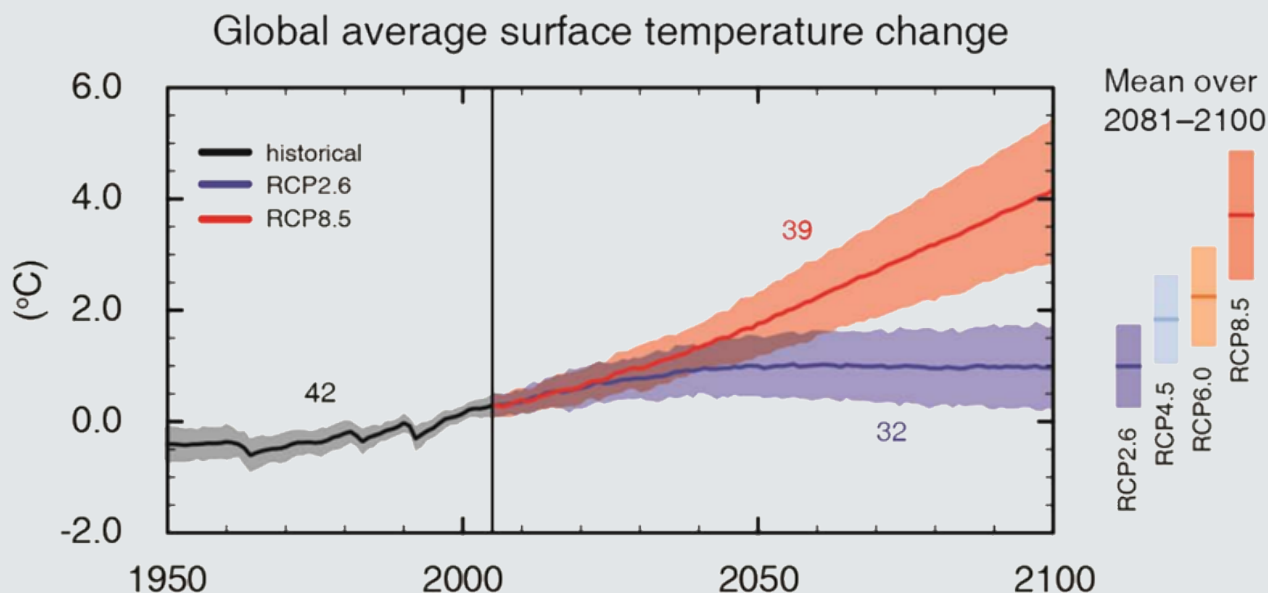
Le proiezioni future e la loro incertezza sono espresse per gli scenari RCP2.6 (blu) e RCP8.5 (rosso) mentre in nero è riportato l'andamento osservato storico.

Per tutti gli scenari futuri i valori medi di temperatura

e le relative incertezze calcolate per il periodo 2081-2100 sono riportate nelle barre colorate verticali. Viene inoltre indicato sulle linee il numero di modelli utilizzati per calcolare il valore medio espresso.

Nell'ipotesi di forte mitigazione (RCP2.6) è atteso quindi un ulteriore aumento medio della temperatura globale a fine secolo di circa 1°C mentre in quella di continue emissioni (RCP8.5) l'aumento medio è di circa 4°C.

Grafico 12.10: Variazione della temperatura superficiale globale dal 2006 al 2100, rispetto al periodo 1986-2005, come determinato da simulazioni multi-modello¹⁵.



Fonte: IPCC Fifth Assessment Report (AR5)

¹⁴ IPCC Fifth Assessment Report (AR5) - Climate Change 2013: The Physical Science Basis.

¹⁵ Sono mostrate serie temporali di proiezioni e una misura di incertezza (ombreggiatura) per gli scenari RCP2.6 (blu) e RCP8.5 (rosso). Le incertezze medie tra il 2081 e il 2100 sono indicate per tutti gli scenari RCP come barre verticali colorate sul lato destro di ciascun pannello. Il numero di modelli utilizzato per calcolare la media è indicato sulle relative linee.



Clima e Agenda 2030

Goal 13: Lotta contro il cambiamento climatico

In tutto il mondo il cambiamento climatico sta mostrando sempre più rapidamente i suoi effetti: riduzione delle barriere coralline, fusione dei ghiacciai, innalzamento del livello del mare, perdita di biodiversità, calo della resa dei raccolti agricoli e aumento dei fenomeni meteorologici estremi. Esso sta sconvolgendo le economie nazionali, con costi alti per persone, comunità e paesi, che saranno ancora più gravi nel prossimo futuro.

Agenda 2030 affronta il tema del cambiamento climatico nel goal 13. La lotta contro il cambiamento climatico non ha confini e coinvolge tutti i paesi del mondo. Devono essere messe in piedi azioni coordinate a livello internazionale che favoriscano il passaggio a un'economia a bassa emissione di carbonio sia per i paesi ricchi che per quelli in via di sviluppo, aiutandoli ad avviare da subito un sistema produttivo a basso impatto ambientale. Questo tuttavia è subordinato al raggiungimento, in tutti i paesi poveri, di un livello di vita dignitoso per tutti, con accesso ai servizi di base, all'istruzione, al lavoro. Affinché le azioni per il contrasto al cambiamento climatico abbiano effetto è necessario agire su più fronti (non solo ambientale ma anche sociale ed economico) e a tutti i livelli.

Nel dettaglio i target specifici sono:

- 13.1 Rafforzare la resilienza e la capacità di adattamento ai rischi legati al clima e ai disastri naturali in tutti i Paesi
- 13.2 Integrare nelle politiche, nelle strategie e nei piani nazionali le misure di contrasto ai cambiamenti climatici;

- 13.3 Migliorare l'istruzione, la sensibilizzazione e la capacità umana e istituzionale riguardo ai cambiamenti climatici in materia di mitigazione, adattamento, riduzione dell'impatto e di allerta precoce;
- 13.a Dare attuazione all'impegno assunto nella Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici per raggiungere l'obiettivo di mobilitare cento miliardi di dollari all'anno entro il 2020 congiuntamente da tutte le fonti, per affrontare le esigenze dei Paesi in via di sviluppo nel contesto delle azioni di mitigazione significative e della trasparenza circa l'attuazione e la piena operatività del "Green Climate Fund" attraverso la sua capitalizzazione nel più breve tempo possibile;
- 13.b Promuovere meccanismi per aumentare la capacità di una efficace pianificazione e gestione connesse al cambiamento climatico nei Paesi meno sviluppati e nei piccoli Stati insulari in via di sviluppo concentrandosi, tra l'altro, sulle donne, i giovani e le comunità locali ed emarginate.

Gli indicatori per il goal 13 mostrano che, fino al 2014, le azioni messe in campo per il contenimento delle emissioni hanno portato a una sensibile riduzione delle stesse, anche probabilmente per effetto della minore produzione dovuta alla crisi economica. Dal 2015 però le emissioni sono nuovamente in aumento.

Processo partecipativo Agenda 2030 - i giovani

All'interno del percorso partecipativo previsto dal progetto Agenda 2030 in Trentino, sul tema "Lotta contro i cambiamenti climatici" è stato chiesto ai giovani (fascia di età 17-30 anni) quali siano gli elementi che potrebbero entrare in crisi nel prossimo futuro e quale sia la visione del Trentino desiderabile nel 2040. Si riporta un breve estratto di quanto emerso.

1. Possibili elementi di crisi del sistema attuale di "riduzione delle emissioni"

Le maggiori criticità nel mettere in campo e perseguire azioni per la riduzione delle emissioni potrebbero derivare da: allevamento

e agricoltura intensivi; turismo di massa in costante aumento e con crescenti emissioni; obsolescenza dei sistemi di riscaldamento/raffreddamento della maggior parte delle abitazioni; continuo uso di imballaggi e prodotti monouso; allungamento delle filiere produttive (con conseguente aumento del trasporto merci); incremento del fabbisogno energetico; crescita continua degli acquisti online di prodotti provenienti dalla Cina o paesi esteri (con forte impatto sul settore trasporti e conseguente crisi delle attività commerciali locali).

Un'ulteriore difficoltà potrebbe provenire dallo scarso utilizzo di mezzi pubblici o condivisi, non essendo ancora competitivi in termini di comodità e flessibilità rispetto all'auto privata. Infine le nuove tecnologie potrebbero costituire un problema se produrranno nuovi tipi di rifiuti per i quali mancano protocolli o metodi di smaltimento non inquinanti (es. batterie delle auto elettriche).

2. Principali elementi di un 2040 desiderabile (visione di futuro a cui puntare)

L'inquinamento dell'aria è ridotto, la produzione di rifiuti cartacei e plastiche è diminuita al pari di una costante crescita del riutilizzo e riciclaggio; il 90% delle case grazie a nuove tecnologie e architetture utilizza energia da fonti rinnovabili (eolico, solare, fotovoltaico), le illuminazioni pubbliche sono ovunque a basso consumo, il 90% dei mezzi di trasporto è elettrico o a idrogeno.

Il cittadino è un consapevole consumatore attento che sceglie prodotti locali (stagionali) in base a loro impatto ambientale e consumo di risorse, riduce gli sprechi, riduce il consumo di carne, adotta uno stile di vita salutare e sportivo. Le città sostenibili, accoglienti e verdi, hanno edifici integrati con il verde urbano in funzione della termoregolazione e assorbimento delle emissioni, con efficienti sistemi di illuminazione naturale, con spazi dedicati all'accoglienza e all'ospitalità (es. di "migranti climatici"), con diffusi spazi ricreativi, orti e agricoltura urbana (es. vertical farming).

Le auto private sono sostituite da servizi trasporto pubblico e/o car/bike sharing. La mobilità ordinaria è ridotta grazie allo smart working e la possibilità di usufruire della didattica a distanza.

L'agricoltura è basata su risorse rinnovabili locali e filiere corte, orientata alla massima biodiversità, più resiliente ai cambiamenti climatici e meno dipendente da risorse esterne (è parte di un'economia circolare). Il turismo orientato alla sostenibilità è distribuito tra i territori e basato su una varietà di attività diversificate e non dipendenti unicamente dagli impianti sciistici (es. sci alpinismo, percorsi con le ciaspole, percorsi/attività per famiglie ecc.).

