



I cambiamenti climatici e le Alpi.

Una relazione specifica.

INDICE

Fatti e dati	2
Il suolo in movimento.....	3
France e precipitazioni estreme	4
Ghiacciai: una specie a rischio.....	6
Turismo invernale – addio?	7
Palme sulle cime dei monti?.....	7
Chi vince e chi perde.....	9
Gli scettici dell'effetto serra	9
Soluzione in vista?	10
Bibliografia	12

I cambiamenti climatici e le Alpi

Elke Haubner, CIPRA International

Fatti e dati

Gli anni Novanta sono stati globalmente il decennio più caldo da quando sono disponibili strumenti di misurazione affidabili, attorno al 1860, e con buona probabilità anche il più caldo dell'ultimo millennio. Con l'aiuto di modelli climatici si cerca di valutare le responsabilità dell'uomo sul riscaldamento del clima e di prevedere i successivi sviluppi.

Diversi studi indipendenti hanno ricostruito la temperatura media dell'emisfero settentrionale nell'ultimo millennio. Come fonti di dati per tali ricostruzioni sono stati utilizzati gli archivi climatici, carotaggi dei ghiacciai, sedimenti e anelli di accrescimento degli alberi, ma anche disegni e dipinti storici e le prime misurazioni strumentali. I risultati indicano che il riscaldamento fatto registrare nel XX secolo è un fenomeno mai riscontrato dall'inizio dell'ultimo millennio¹. L'inizio dell'industrializzazione è coinciso con la conclusione di un periodo freddo. I processi di riscaldamento naturali e indotti dall'uomo si sono così sovrapposti.

Negli ultimi 100 anni i gas serra sono aumentati notevolmente, nello stesso tempo a livello globale le temperature sono aumentate mediamente di 0,3-0,6° C, in Svizzera addirittura di oltre 1° C.

Sulla base degli scenari dei modelli climatici, si stima che entro il 2100 il cambiamento climatico subirà un'ulteriore accelerazione e la temperatura media globale salirà ancora di 1,5 fino a 5° C, mentre il livello del mare crescerà di circa 50 cm.

La complessità del sistema climatico è causata in gran parte dall'elemento acqua e in particolare dal fatto che l'acqua compare nel sistema climatico in una molteplicità di forme di aggregazione: nell'atmosfera come vapore acqueo, gocce di nubi e cristalli di ghiaccio; sulla superficie terrestre come neve, ghiaccio e allo stato fluido nelle acque di superficie; nel sottosuolo come acqua freatica, acqua fossile e permafrost; negli oceani come acqua salata; e nelle regioni polari come mare ghiacciato. Tutte queste diverse forme di apparizione dell'acqua hanno diverse peculiarità, e le loro interazioni sono decisive per l'equilibrio del sistema climatico.

Nonostante il contenuto d'acqua dell'atmosfera sia trascurabile rispetto agli oceani, l'acqua contenuta nell'atmosfera svolge una funzione fondamentale: il vapore acqueo è il principale gas serra dell'atmosfera a causa dell'effetto feedback tra vapore acqueo ed effetto serra. La nuvolosità atmosferica determina l'albedo planetaria dell'atmosfera, cioè la percentuale di insolazione che viene riflessa e quindi respinta dall'atmosfera verso lo spazio: effetto feedback delle nuvole sull'albedo. I territori innevati e gli oceani ricoperti da ghiaccio aumentano l'albedo della superficie terrestre, cioè il feedback di neve e ghiaccio sull'albedo. Le precipitazioni e il deflusso dalle masse continentali, attraverso l'immissione di acqua dolce negli oceani, danno un importante impulso alla circolazione oceanica. Tutti questi processi sono prevalentemente non lineari e richiedono un approccio quantitativo che, nell'ambito di scenari climatici, è possibile solo attraverso modelli numerici. La maggior parte degli scenari climatici derivano perciò attualmente da modelli numerici, addirittura da una vera e propria catena di modelli¹.

Per i paesi alpini i più recenti sviluppi relativi all'idrosfera, al ciclo dell'acqua e alla criosfera, cioè neve e ghiaccio, sono di particolare importanza. Meno neve e più pioggia caratterizzeranno sempre più gli inverni del futuro. Già con un riscaldamento di 1° C la durata media della copertura nevosa si ridurrebbe in alcune regioni di 4-6 settimane².

¹ Christoph Schär, Martin Wild, *Modelle in der Klimadebatte*

² *Die Alpen im Treibhaus*, uno studio di Greenpeace Germania, Austria e Svizzera

I principali gas serra di provenienza antropogenica e la loro origine:

- Anidride carbonica CO₂ (combustibili e carburanti fossili)
 - Metano CH₄ (bestiame produttivo, coltivazione di riso)
 - Gas esilarante = protossido di azoto N₂O (agricoltura, processi di combustione)
 - Idrofluorocarburi HFC (tecnica di refrigerazione, schiume isolanti)
 - Clorofluorocarburi CFC e clorofluorocarburi alogenati (bombolette spray, produzione di materiali espansi, solventi tecnici, tecnica di refrigerazione)
- I CFC sono vietati nei paesi industriali dal 1996 in seguito ai danni alla fascia d'ozono.

Tempo di permanenza del CO₂ nell'atmosfera: 100 anni

Emissione annua di CO₂ in Tonnellate pro capite:

Media mondiale	3,8	1994
Svizzera	6	1996
Austria	7,8	1996
Francia	6,6	1996
Germania	11,1	1996
Italia	7,3	1996
Slovenia	6,5	1990
USA	20,1	1996
Paesi in via di sviluppo	0,9	1990

Il suolo in movimento

Il suolo gelato in permanenza, il cosiddetto permafrost, è un suolo gelato per tutto l'anno, in cui l'acqua gelata salda in un unico blocco detriti e frammenti di roccia sciolti. In alta montagna il permafrost si forma sia su roccia solida, sia su materiali sciolti, conoidi detritiche, morene e terreno in generale. La fascia altimetrica del permafrost si sviluppa al di sotto delle regioni glaciali, approssimativamente a partire da 2600 metri di quota.

Un ulteriore aumento della temperatura provocherebbe a breve termine un aumento dello spessore dello strato di disgelo estivo, a medio e lungo termine lo scioglimento di masse di permafrost a grande profondità e un innalzamento della fascia di permafrost verso quote più elevate.

Negli anni Ottanta i suoli caratterizzati da permafrost si sono riscaldati da 0,5 a 1°C. Negli ultimi cento anni il limite del permafrost si è innalzato da 150 a 200 metri d'altezza. Per i prossimi 50 anni le ricerche del PNR 31³ prevedono, per un riscaldamento compreso tra 1 e 2° C, un ulteriore spostamento in altezza di 200-750 metri.

Per il momento è purtroppo difficile stimare i tempi di reazione delle temperature del permafrost all'aumento delle temperature medie annue. Un continuo aumento delle temperature potrebbe però provocare spostamenti di masse detritiche di proporzioni finora mai verificatisi in tempi storici.

Conseguenze:

Le conseguenze di tale riscaldamento per le regioni alpine non sono ancora valutabili con precisione. Possono essere direttamente coinvolte le fondamenta di edifici e impianti di risalita, che possono essere danneggiate da movimenti di assestamento nel sottosuolo dovuti allo scioglimento del ghiaccio. Come esempio si può citare il rifugio Erzherzog-Johann sul Grossglockner.

Attraverso la modifica dei rapporti idrologici nel sistema di fratture, lo scioglimento del ghiaccio può destabilizzare anche pareti rocciose. Anche conoidi detritiche contenenti ghiaccio, morene ecc. perdono

³ Programma nazionale di ricerca 31 "Cambiamenti climatici e catastrofi naturali", Svizzera

con il ghiaccio il collante che li rende coerenti. Complessivamente la riduzione del permafrost aumenta l'instabilità dei versanti. Finché le temperature del sottosuolo non ritorneranno in equilibrio con quelle dell'atmosfera, si può prevedere una maggior frequenza di frane, smottamenti e colate di fango. Spesso tali eventi potranno interessare anche il fondo valle, minacciando quindi anche i centri abitati e le vie di comunicazione. Un evento provocato probabilmente anche dallo scioglimento del permafrost è la catastrofica frana che ha colpito la Val Pola in Valtellina il 28 luglio 1987.

France e precipitazioni estreme

Gli effetti locali e regionali del cambiamento del clima si manifestano in modo particolarmente drammatico nelle aree ecologicamente più delicate, come per esempio le Alpi, come stanno a dimostrare valanghe e alluvioni. La ricerca scientifica può contribuire a dimostrare le prime relazioni tra i cambiamenti climatici e le modifiche negli ecosistemi alpini.

Accanto all'arretramento dei ghiacciai, l'innalzamento altimetrico del limite del permafrost viene ritenuto responsabile dell'aumento della frequenza delle catastrofi naturali. Temperature più elevate nelle Alpi favoriscono fortemente frane, smottamenti, alluvioni e la caduta di massi, che colpiscono sempre più anche aree finora immuni da tali minacce.

A partire dalla seconda metà degli anni Ottanta si ripetono con maggior frequenza condizioni meteorologiche estreme, per cui un numero crescente di esperti del clima concentra la propria attenzione su questo campo.

Nel territorio alpino le precipitazioni estreme, e le relative conseguenze, rappresentano le catastrofi naturali di maggior rilievo rispetto ai danni arrecati. In Svizzera le precipitazioni estreme provocano danni per circa 200 milioni di franchi all'anno. A prima vista questa cifra può sembrare modesta, ma per interpretarla correttamente occorre considerare due circostanze: ad essere colpiti sono soprattutto Cantoni di montagna, che già versano in difficili condizioni economiche e che, oltre i danni diretti, sono gravati anche da costose misure di prevenzione. In secondo luogo prevalgono danni prodotti da eventi poco frequenti ma di forte intensità: nei 25 anni dal 1972 al 1996, più della metà dei danni indotti da precipitazioni si concentra nei due anni più colpiti da eventi calamitosi, il 1987 e il 1993, nella Reusstal, a Poschiavo in Canto Ticino e a Briga. Nelle regioni coinvolte, le conseguenze economiche di tali catastrofi si fanno ancora sentire dopo anni. Un'analisi dei rilevamenti raccolti in Svizzera dimostra che la frequenza di precipitazioni intense, che mediamente si verificano una volta al mese, è notevolmente aumentata negli ultimi cento anni. Questo aumento si concentra in autunno e in inverno ed è del 20–80%. Le tendenze osservate non sono necessariamente rappresentative per precipitazioni estreme e non dimostrano una connessione causale con il cambiamento climatico antropogeno; indicano però un marcato cambiamento nel lungo periodo nella statistica delle precipitazioni. Insieme a simili osservazioni relative ad altre regioni delle alte e medie latitudini, tali risultati avvalorano la tesi secondo cui il ciclo dell'acqua del sistema climatico potrebbe essere influenzato dal riscaldamento globale finora osservato e dal suo ulteriore accentuarsi atteso per i prossimi decenni.

Questa tesi si basa sul fatto che le precipitazioni estreme richiedono il trasporto e l'afflusso di vapore acqueo da una più vasta area. La quantità d'acqua localmente presente nell'atmosfera alle medie latitudini geografiche, in forma di vapore o nubi, è di 5–30 mm e non è assolutamente sufficiente a provocare le quantità di precipitazioni misurate di oltre 100 mm. Per il versante meridionale delle Alpi, le regioni di gran lunga più spesso colpite da precipitazioni estreme di tutto l'arco alpino, il trasporto atmosferico di acqua dal Mediterraneo svolge un ruolo molto importante. Nell'evento di metà ottobre 2000, per esempio, tale fenomeno è stato particolarmente spettacolare. Attraverso la costa ligure, tra le Alpi Marittime e gli Appennini, sono transitati nell'atmosfera circa 50 milioni di metri cubi d'acqua al secondo, che si sono riversati poi nella Pianura Padana occidentale e contro le Alpi. Tali valori sono paragonabili con la portata media del Congo alla foce (42.000.000 m³/s) e dello Yangtsekiang (35.000.000 m³/s), dopo il Rio delle Amazzoni i più grandi fiumi della Terra. Anche se solo una parte dell'acqua trasportata dall'atmosfera cade sotto forma di precipitazioni, è evidente che il sistema idrico superficiale non è in grado di smaltire simili portate.

Il trasporto di vapore acqueo nell'atmosfera può essere influenzato significativamente solo dal previsto riscaldamento del clima. La pressione di saturazione del vapore dell'aria cresce, secondo la legge di

Clausius-Clapeyron, del 7% all'aumento della temperatura di 1° C. Un'atmosfera più calda può accogliere e trasportare quantità di acqua notevolmente superiori. Oltre al noto riscaldamento compreso tra 1 e 3,5° C a livello globale entro la fine del XXI secolo, i modelli climatici globali, con cui vengono simulati i processi del sistema climatico e le sue modifiche, indicano anche una generale intensificazione del ciclo dell'acqua. Mentre le masse continentali asciutte subtropicali sono colpite, a causa dell'aumento dell'evaporazione, da una crescente aridità, per le medie e alte latitudini i modelli prevedono un maggior trasporto di vapore acqueo dagli oceani verso le masse continentali e un aumento delle precipitazioni medie. Gli effetti dell'intensificarsi del ciclo dell'acqua sulle precipitazioni eccezionali nella regione alpina sono stati studiati con modelli climatici regionali, ottenendo un interessante risultato: supponendo un riscaldamento di 2° C le simulazioni indicano variazioni minime del numero di precipitazioni medio-basse, mentre gli eventi più intensi aumentano del 20–40%. Le simulazioni mostrano un aumento degli eventi piovosi proporzionale alla loro intensità, evidenziando quindi effetti particolarmente marcati sulla frequenza di forti precipitazioni.

Un'intensificazione del ciclo dell'acqua e un aumento di eventi piovosi particolarmente intensi come effetto di una maggior concentrazione di gas serra sono stati intanto evidenziati da numerose simulazioni climatiche globali e regionali ⁴.

Effetti di un riscaldamento climatico sul *bilancio idrico del bacino imbrifero di un torrente di montagna*:

Nel semestre invernale si verifica un maggior deflusso a causa della riduzione delle precipitazioni nevose, in primavera si ha invece una diminuzione delle portate per la mancanza di accumuli nevosi. L'estate e l'autunno sono periodi particolarmente sensibili per il verificarsi di temporali e precipitazioni molto concentrate.

Breve cronaca delle catastrofi naturali:

- 1987 Poschiavo (Grigioni): devastazione della località dovuta ad acqua e materiale detritico
- 1987 Veltlin: valanga catastrofica dopo giorni di precipitazioni di entità record
- 1987 Cantone di Uri: danneggiamento della linea ferroviaria, dell'autostrada del Gottardo e di numerosi edifici in seguito ad un'inondazione
- 1990 Surselva (Grigioni) e cantone di Glarona: disboscamento di estesi pendii montuosi in seguito all'uragano "Vivian"
- 1991 Randa presso Zermatt: masse di roccia e fango scivolano a valle, intasano il torrente, le cui acque inondano mezzo paese
- 1993 Briga (Alto Vallese): devastazione del centro storico in seguito a precipitazioni violente che causano l'uscita dagli argini del torrente di montagna
- 1994 Piemonte: il fiume Po esce dagli argini e distrugge insediamenti abitati sorti, in violazione delle leggi urbanistiche, in zone a rischio di alluvione
- 1999 Svizzera, Francia, Austria (Galtür): diverse valanghe e slavine di proporzioni ingenti dovute ad un eccezionale innevamento
- 1999 Svizzera: in primavera piena record dei corsi d'acqua
- 1999 Francia, Svizzera, Germania: danni devastanti ai boschi delle zone prealpine in seguito all'uragano "Lothar"
- 2000 Vallese, Ticino, Val d'Aosta: a metà di ottobre in cinque giorni si registrano le precipitazioni medie di un trimestre con distruzione di insediamenti, strade e terreni agricoli in seguito a valanghe di fango ed inondazioni
- 2001 Täsch, Alto Vallese: una valanga di fango e detriti danneggia molti edifici della località.

⁴ Christoph Frei, *Extremniederschläge im Wandel?*

Ghiacciai: una specie a rischio

L'arretramento dei ghiacciai è un fenomeno in atto dalla metà dell'Ottocento. I tempi di reazione delle Alpi all'aumento delle temperature fanno sì che noi oggi osserviamo l'arretramento dei ghiacciai provocato alcuni decenni fa. Di fronte alle temperature record fatte registrare negli anni Novanta, anche nei paesi alpini, per i prossimi anni si prevede un ulteriore drammatico arretramento dei ghiacciai.

Le regioni alpine reagiscono in modo diverso ad un riscaldamento del clima. Un ruolo decisivo spetta alla percentuale di superficie ricoperta dai ghiacciai. Se tale percentuale è minima, il volume delle acque di deflusso diminuisce proporzionalmente al riscaldamento del clima. I ghiacciai hanno l'effetto di dilazionare per un certo tempo la diminuzione delle quantità di deflusso e fanno anzi aumentare le quantità di deflusso. Questo è stato verificato da una ricerca⁵.

Finora si supponeva che la quantità di deflusso complessiva diminuisse in caso di aumento delle temperature. La nuova ricerca ha invece dimostrato che in una delle tre aree indagate la quantità di deflusso è in aumento: nel bacino idrografico del Rodano di Sion, un'area dalla forte presenza di ghiacciai. L'aumento delle temperature fa sciogliere una maggior quantità di ghiaccio. A ciò si aggiunge il fatto che diminuiscono anche le precipitazioni nevose, che formano quello strato di neve che, in estate e all'inizio dell'autunno, può proteggere il ghiacciaio dallo scioglimento. Le conseguenze sono un aumento delle portate di deflusso. Ma solo fino ad un certo punto, finché è presente una consistente presenza dei ghiacciai. Dopodiché diminuirà anche qui la quantità di scioglimento. Nell'ambito di questa ricerca non viene però affrontata la questione degli effetti sull'ambiente della riduzione delle acque di deflusso.

L'aumento delle temperature non modifica solo la quantità di acqua di deflusso, ma anche il regime dei deflussi. Fino ad ora in tutte le regioni alpine i corsi d'acqua facevano registrare le portate massime in estate. Con temperature più elevate, aumenta però durante l'inverno la percentuale di precipitazioni in forma di pioggia rispetto alla neve. La pioggia fa aumentare direttamente le portate di deflusso, per cui il regime idrico sarà meno caratterizzato da ridotte portate invernali. Mentre in estate si scioglie meno neve, perché la copertura è inferiore. Inoltre nel periodo estivo le temperature più elevate fanno aumentare l'evaporazione. Da tutto ciò consegue un regime idrico più equilibrato. Un evidente vantaggio per il settore idroelettrico: le centrali ad acqua fluente potrebbero sfruttare meglio i propri impianti e in futuro aumentare addirittura la produzione. Le portate massime estive superavano finora di solito le capacità di utilizzo delle centrali ad acqua fluente, mentre in inverno l'acqua era troppo scarsa⁶.

La diminuzione dei ghiacciai crea nelle Alpi nuovi problemi ecologici e anche economici. Oltre all'importante funzione di serbatoio idrico, con l'arretramento dei ghiacciai va perso anche un importante elemento estetico paesaggistico, da cui il turismo alpino ha tratto vantaggi negli ultimi due secoli⁷.

Casi di ghiacciai minacciati:

Il monte Clapier, alto 3045 metri, è situato nell'area di confine italo-francese delle Alpi Cozie. Compiendo un'escursione sul Col del Chiapous, si può osservare sul versante contrapposto del Mont Clapier una piccola chiazza biancastra, ovvero quanto rimane oggi del ghiacciaio più meridionale delle Alpi. Con il perdurare dell'effetto serra anche questo nevaio ormai ridotto ai minimi termini entro pochi anni sarà del tutto sciolto. E lo stesso destino attende anche molti altri ghiacciai delle Alpi. Se le previsioni degli esperti si avvereranno – e non v'è motivo di dubitarlo – nel giro di pochi decenni tutta la celebre spianata del ghiacciaio Aletsch, che attualmente si può ammirare dalla Riederfurka, non sarà che un lontano ricordo. Ma molto prima di allora, comunque, saranno già rintoccate le campane a morto per buona parte delle distese glaciali delle Alpi orientali. Stando all'opinione degli esperti, infatti, a parte il Pasterze sul Grossglockner e pochi altri ghiacciai d'alta quota, tutti gli altri attualmente esistenti non sopravviveranno al XXI secolo⁷.

⁵ Ricerca di Jesko Schaper nell'ambito di un progetto del Fondo nazionale per lo sviluppo di nuovi metodi di previsione della copertura nevosa dell'ETH di Zurigo

⁶ Fondo nazionale svizzero FNS - Comunicati stampa, 21 marzo 2001

⁷ Dominik Siegrist, *I cambiamenti climatici e le loro tracce nel territorio alpino*, in *2° Rapporto sullo stato delle Alpi*

Fatti relativi alla riduzione dei ghiacciai

- Rispetto al livello massimo di espansione dei ghiacciai nel 1850 sono scomparsi nelle Alpi Svizzere circa 100 ghiacciai.
- Dal 1850 al 1973 l'estensione nei ghiacciai svizzeri è calata in media di 19 metri. Il volume di ghiaccio si è ridotto da 107 km³ a 74 km³ (del 33%).
- In tutta l'Europa i ghiacciai alpini hanno perduto circa la metà del loro volume di ghiaccio ed il 30-40% della superficie originale.

Turismo invernale – addio?

Il limite della neve sicura si attesta attualmente in Svizzera attorno ai 1200 m. Entro il 2050 si porterà a 1500 m. Gli impianti sciistici che danno garanzia di neve sono oggi l'85%, in futuro si ridurranno al 63%. Il numero dei giorni adatti allo sci con più di 30 cm di neve è destinato a diminuire: per esempio a Einsiedeln, a 910 m di altezza, dagli attuali 51 a 24 giorni.

Se le emissioni di gas serra continueranno senza limiti, entro i prossimi 20 anni il turismo invernale nelle regioni alpine di media altitudine potrebbe scomparire quasi completamente. In questa lista rossa si trovano anche importanti stazioni turistiche, come "Les Portes du Soleil" nel Vallese/Alta Savoia, Kitzbühel in Tirolo o Kranjska Gora in Slovenia. Entro 30 anni il turismo invernale potrebbe perdere le sue basi anche al di sopra dei 1500 metri e nelle aree glaciali. Spesso si cerca di arrestare tale processo ricorrendo all'innevamento artificiale.

I danni economici direttamente indotti dal cambiamento climatico sono stimati per la Svizzera in 2,3 miliardi di franchi all'anno, pari a 1,5 miliardi di euro. La mancanza di neve alle quote inferiori ha anche un'altra fatale conseguenza: le grandi società di impianti di risalita, dotate di grandi capitali, cercano già oggi di estendere i loro impianti verso quote più elevate, occupando così le regioni glaciali d'alta montagna e alcuni degli ultimi ambienti naturali ancora intatti delle Alpi.

Il problema è che il turismo invernale nelle Alpi è unilateralmente orientato allo sci, perciò dipende fortemente dalla neve. Una strategia per le aree coinvolte, oltre a sostegni finanziari, sarebbe quindi la riduzione della dipendenza dalla neve e dallo sci, integrando l'offerta turistica da un lato e puntando ad un turismo distribuito nelle quattro stagioni dall'altro.

Palme sulle cime dei monti?

L'area di diffusione di molte specie animali e vegetali è condizionata da parametri climatici. In caso di un cambiamento del clima, si modificano le condizioni di un determinato sito: temperatura, precipitazioni e irradiazione solare. È quindi prevedibile una migrazione di specie.

Gli effetti di un cambiamento climatico sulla vegetazione hanno una componente spaziale e una temporale.

Effetti sulla varietà di specie:

Sulle vette di alcune montagne è oggi presente il doppio delle specie censite dalle ricerche scientifiche del secolo scorso; nelle cime ricche di specie, con un'elevata copertura vegetale, è inferiore il numero dei potenziali "immigrati", così come la capacità di accogliere nuovi venuti rispetto alle vette aperte, più povere di specie, la cui biocenosi non è ancora saturata.

Tali condizioni costituiscono una minaccia per la diversità di specie delle zone d'alta quota, è perciò prevedibile una perdita della biodiversità.

Sono già stati delineati una serie di scenari sulle conseguenze generate dalle modificazioni della vegetazione d'alta montagna. Per la flora d'alta montagna si prevede da più parti l'avvio di una fase di estinzioni. Le specie sommitali saranno soppiantate da quelle più competitive in arrivo dalle quote inferiori. Una migrazione verso l'alto non è possibile per i limiti di altezza delle vette⁸.

⁸ Georg Grabherr, *Il clima sta modificando la flora d'alta quota*, in, 2° Rapporto sullo stato delle Alpi

La vegetazione può inoltre essere minacciata anche da effetti indiretti del cambiamento climatico, come per esempio l'aumento dell'instabilità dei versanti.

Si verificano anche spostamenti geografici della vegetazione:

Nei decenni scorsi si sono modificati una serie di fattori ecologici, che hanno contribuito ad influenzare la diffusione di specie esotiche. Le variazioni climatiche costituiscono uno dei fattori decisivi di questo processo. Nel periodo considerato, sia le temperature minime assolute, che la frequenza dei giorni di gelo sono diminuiti in misura tale, restando invariata la distribuzione delle precipitazioni, da favorire l'insediamento durevole di specie esotiche sempreverdi.

Ad esempio diffusione di palme e latifoglie sempreverdi esotiche, come il lauro, il lauroceraso e trachicarpus (palma originaria del sud est asiatico), all'interno dei boschi di latifoglie nobili del Canton Ticino⁹.

Bosco di montagna:

Ipotizzando un aumento generalizzato delle temperature, la vegetazione potenzialmente naturale cambierebbe in molte aree della Svizzera e la fascia boschiva di latifoglie si potrebbe espandere verso quote più elevate. A questo fenomeno si accompagnerebbe un restringimento dell'attuale fascia occupata dalle conifere. Con un più consistente riscaldamento del clima, la fascia della quercia e del carpino andrebbero gradualmente a sostituire i faggi, in un processo che potrebbe svolgersi nei prossimi 150 o 200 anni. Rimane incerta invece la previsione in merito ad un possibile innalzamento del limite altimetrico del bosco. Questo è quanto si può dire sulla base delle simulazioni, se tuttavia l'intensità di sfruttamento dei pascoli alpini rimanesse elevata ai livelli attuali, ben difficilmente si avrebbe un innalzamento del limite altimetrico del bosco, anche se per motivi climatici il limite di crescita potesse salire verso l'alto. Per i prati alpini è emerso che reagirebbero in modo più sensibile alle variazioni climatiche le regioni con clima continentale, come il Vallese o i Grigioni¹⁰.

Effetti sulla fisiologia:

È opinione diffusa che un aumento della concentrazione di CO₂ nell'atmosfera produca un certo effetto di fertilizzazione: la maggior concentrazione di CO₂ stimola la fotosintesi e le piante possono così sintetizzare una maggior quantità di sostanze organiche, esse crescono cioè più rapidamente e diventano più grandi. Tuttavia l'atteso effetto fertilizzazione della CO₂ non è stato suffragato dalle ricerche condotte sui prati alpini e sul bosco di montagna. A lungo termine le piante non crescono meglio con una maggior concentrazione di CO₂ e non diventano più resistenti nei confronti degli effetti del cambiamento climatico².

La fotosintesi delle piante che crescono in natura viene limitata piuttosto dalle sostanze nutrienti e dalla disponibilità di acqua che non dalla CO₂ nell'atmosfera.

Le piante d'alta montagna nei prati alpini si adeguano alla maggior disponibilità di CO₂ riducendo l'efficienza della fotosintesi. Quanto prodotto dalla fotosintesi rimane perciò pressoché invariato. Un aumento della fotosintesi si verifica solo all'inizio, in particolare nelle aree più fertili.

Rimboschimenti per abbattere la produzione di CO₂?

L'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) considera i rimboschimenti la miglior soluzione per fissare CO₂ nella biomassa. Tuttavia, se la biomassa epigea dei giovani boschi in rapido accrescimento fissa effettivamente più CO₂ di quanta ne emetta con la respirazione, la respirazione degli organismi nel suolo è anch'essa più elevata: gli organismi del suolo proliferano – dal momento che i giovani alberi trattengono in minima parte il sole e la pioggia – e respirano perciò di più. Non è quindi il tasso di fissazione di CO₂ ad essere determinante, quanto piuttosto la durata del periodo in cui essa rimane fissata nella biomassa.¹¹

⁹ Gian-Reto Walther, *Palmen in der Schweiz - ein Indiz?*

¹⁰ Felix Kienast, Otto Wildi, Niklaus Zimmermann, *Che effetto hanno i cambiamenti climatici sulle foreste alpine?*, in *2° Rapporto sullo stato delle Alpi*

¹¹ Martin Läubli, *Klimazank: Jungwald bringt wenig*

I vecchi alberi fissano con il tempo molta CO₂ nel suolo attraverso la lettiera e le radici. I boschi vecchi sono perciò veri riduttori di CO₂, mentre gli interventi di riforestazione liberano in realtà maggiori quantità di CO₂.

Anche uno studio pubblicato dalla rivista "Nature" dimostra che il suolo e lo strato di lettiera sono in grado di immagazzinare solo minime quantità di CO₂ e che l'immagazzinamento di CO₂ negli alberi è limitato a lungo termine dalle sostanze nutritive e dell'acqua.

Chi vince e chi perde

Considerando scenari climatici estremi, i modelli climatici indicano a livello globale consistenti riduzioni della produzione e un forte aumento del prezzo mondiale dei cereali. La forbice tra paesi industrializzati e in via di sviluppo diventa più ampia: i paesi industrializzati si avvantaggiano della loro posizione geografica in regioni temperate. In tali zone si verifica infatti un aumento della produttività per l'effetto fertilizzante della maggior concentrazione di CO₂.

Per la Svizzera tali scenari indicano perdite di produzione per superficie, che vengono però compensate dall'effetto fertilizzante della maggior concentrazione di CO₂, dal prolungamento del periodo vegetativo e dall'innalzamento delle fasce altitudinali. Complessivamente si ha così un aumento della produzione.

Gli scettici dell'effetto serra

Il protocollo sul clima approvato a Kyoto nel 1997 chiede ai paesi industrializzati una riduzione delle emissioni serra entro il periodo 2008-2012 di almeno il 5% rispetto alla situazione del 1990. L'obiettivo della 6^a Conferenza mondiale sul clima di Den Haag del novembre 2000 era di rendere il protocollo sul clima di Kyoto il più concreto possibile nei settori più controversi, così da diventare ratificabile da parte delle principali parti contraenti.

Con l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) – un organo internazionale dell'ONU di circa 2.500 scienziati, per il quale stanno svolgendo lavori preparatori altri 3.000 scienziati – la Convenzione sul clima dispone di un proprio organo scientifico, che elabora e valuta costantemente il più recente stato delle conoscenze.

A questi consulenti scientifici dell'ONU – che nella loro terza relazione sulla situazione prevedono un aumento delle temperature fino a 6° C per il prossimi cento anni e ritengono probabile che il riscaldamento degli ultimi decenni sia stato per la maggior parte provocato dalle attività umane – si contrappongono quelli dell'industria. Questo limitato numero di cosiddetti "esperti del clima", ingaggiati dall'industria petrolifera e del carbone e a capo di diverse organizzazioni come la Global Climate Coalition, contraddice gli scienziati dell'IPCC. Tra gli addetti ai lavori questi "esperti" vengono chiamati "scettici del clima" (climate skeptics) o "scettici dell'effetto serra" (greenhouse skeptics)¹².

Il giornalista americano Ross Gelbspan ha studiato per due anni l'industria petrolifera e del carbone americana e le attività degli scettici del clima da essa finanziati¹³. Gelbspan afferma: "Negli ultimi sei anni il settore petrolifero e del carbone ha speso milioni per una campagna di propaganda volta a minimizzare i rischi dell'incombente catastrofe climatica. Gran parte di queste somme sono state utilizzate per garantire l'apparizione sui media di un pugno di scienziati con posizioni anomale sulla problematica del clima; 'esperti' dal presenzialismo sponsorizzato e dalla credibilità puntellata, che occupano una posizione sui media assolutamente non conforme al loro significato all'interno della comunità scientifica".

I motivi del lento progredire della politica internazionale del clima sono molteplici. Occupano una posizione di primo piano i diversi interessi delle parti contraenti. Nel caso della politica per il clima si tratta di fondamentali interessi degli stati, come l'approvvigionamento energetico, la crescita, l'innovazione, la libera mobilità, i consumi individuali.

Questo diventa particolarmente evidente negli accesi contrasti tra i paesi europei, disponibili ad una politica del clima restrittiva, e il cosiddetto gruppo "ombrello", di cui fanno parte gli USA, il Canada, il

¹² Sito di Greenpeace Österreich

¹³Ross Gelbspan, *The Heat is on*

Giappone, l'Australia e alcuni paesi esportatori di petrolio. Una terza coalizione di interessi è costituita dai paesi in via di sviluppo, che chiedono il mantenimento di quanto promesso a Rio nel 1992, cioè il trasferimento di tecnologie rispettose del clima e aiuti finanziari e tecnologici per adeguarsi al cambiamento del clima¹⁴.

La mancanza di accordo tra gli scienziati sulle conseguenze dell'effetto serra aumenta l'insicurezza dei politici. Tra i soggetti decisionali politici manca invece una metodica per affrontare il modo di procedere senza certezze della ricerca scientifica, caratterizzata da un pensare per modelli, opzioni e probabilità. Per la riduzione delle emissioni di gas serra, per esempio, può risultare decisivo il modo in cui verranno conteggiati i cosiddetti "riduttori", boschi e campi, che sottraggono gas serra all'atmosfera. Questi fattori possono modificare il bilancio dei gas serra di un paese fino al 20%, molte volte di più degli obiettivi di riduzione di Kyoto. In ultima analisi si tratta della questione di quanto i singoli stati dovranno investire per l'abbattimento dei gas serra e in che misura i relativi abitanti dovranno modificare le proprie abitudini di consumo¹⁴.

Hanno incontrato pesanti critiche all'interno dell'ONU le intenzioni del presidente Bush di provvedere all'approvvigionamento energetico degli USA attraverso un massiccio programma di costruzione di nuove centrali a carbone, petrolio e atomiche, invece di varare programmi di risparmio energetico e promuovere l'utilizzo delle energie rinnovabili. Nell'aprile 2001 gli USA sono usciti dalle trattative di Kyoto per la difesa del clima, perché Bush, sulla base delle affermazioni degli scienziati da lui commissionati, ha messo in discussione il riscaldamento climatico e le sue conseguenze. A tal proposito occorre osservare che la campagna elettorale di Bush è stata finanziata in gran parte – rispettivamente per il 25,5% – dall'industria petrolifera e del gas e dal settore bancario e delle carte di credito; oltre che dall'industria farmaceutica, del tabacco, dal settore minerario e delle compagnie aeree.

Ora, tuttavia, anche uno studio dell'Accademia delle scienze americana – appena pubblicato e commissionato dall'Amministrazione Bush (!) – sostiene che per i prossimi cento anni si deve stimare un aumento delle temperature di 1,5-5°C: d'ora in avanti almeno Bush non potrà più mettere in dubbio i fondamenti scientifici della discussione.

Soluzione in vista?

Le politiche energetiche comunali, il crescente ricorso alle energie rinnovabili e la promozione di uno stile di vita e di indirizzi economici sostenibili aprono prospettive di speranza nel dilemma del clima. Si può citare per esempio un progetto finora unico, nell'ambito dell'iniziativa "Energia del futuro" del Land Nordreno-Vestfalia, attualmente in corso di realizzazione da parte del Wuppertal Institut. È prevista la costruzione – per il momento in una scuola pilota – di un impianto fotovoltaico da 40 kW utilizzando investimenti per il risparmio energetico. Al progetto possono partecipare investitori privati con la prospettiva di ottenere utili adeguati. In tal modo la tutela del clima diventa anche un investimento di capitale economicamente attraente.

Ci sono anche approcci come quello dell'Integrated Assessment: nel progetto CLEAR (Climate Change in the Alpine Region) del Fondo Nazionale Svizzero i risultati della ricerca scientifica sono stati elaborati in modelli facilmente comprensibili e messi a confronto (clear.eawag.ch/clear/index.html). Efficaci supporti decisionali sono così messi a disposizione della politica del clima. Poiché le misure restrittive e il cambiamento dei comportamenti da adottare non sono solo questioni della politica, ma riguardano l'intera società, i risultati del progetto CLEAR sono stati sottoposti ad una più ampia cerchia di persone nei cosiddetti "gruppi fokus" per verificare il grado di comunicabilità e l'accettazione delle opzioni proposte. L'Integrated Assessment consente così di soppesare le conoscenze prive di certezze e di valutare le conseguenze di opzioni d'azione alternative¹⁴.

¹⁴ Stephan Kux, *Chancen und Risiken im Klimapoker*

La sfida dei modelli climatici nel futuro consisterà sempre di più nell'offrire previsioni affidabili dell'evoluzione del clima non solo a livello globale, ma anche per regioni specifiche. Inoltre è necessario prevedere, oltre alle condizioni climatiche medie, anche la frequenza di eventi non comuni, come periodi di siccità, inondazioni e altri fenomeni meteorologici eccezionali e svolgere ricerche sulle conseguenze sul nostro ambiente, l'economia, le risorse idriche e la società nel suo complesso¹.

Bibliografia

1. Stefan Bader, Pierre Kunz: Klimarisiken - Herausforderung für die Schweiz, Wissenschaftlicher Schlussbericht NFP 31, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 1998.
2. Stefan Flückiger, Peter Rieder: Klimaänderung und Landwirtschaft, Schlussbericht NFP 31, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 1997.
3. Stefan Flückiger, Peter Rieder, Peter Burri, Thomas Schmid: Klimaänderung und Naturkatastrophen im Berggebiet, Schlussbericht NFP 31, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 1997.
4. Bruno Abegg: Klimaänderung und Tourismus, Schlussbericht NFP 31, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 1996.
5. CIPRA-International (Hrsg.): 2. Alpenreport, 2001.
6. CIPRA-International (Hrsg.): Mögliche ökologische Auswirkungen von Klimaveränderungen in den Alpen. Kleine Schriften 8/91.
7. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Schweiz (Hrsg.): Klima in Gefahr - Fakten und Perspektiven zum Treibhauseffekt, Bern, 1997.
8. Peter Schütt: Bergwald und Klimaänderung, in: Schöne neue Alpen (Hrsg. Sylvia Hamberger, Oswald Baumeister, Rudi Erlacher, Wolfgang Zängl), Raben Verlag von Wittern KG und Gesellschaft für ökologische Forschung e.V., München, 1998, S. 142.
9. Helmut Klein: Die Alpen im Klimastreiß, in: Schöne neue Alpen (Hrsg. Sylvia Hamberger, Oswald Baumeister, Rudi Erlacher, Wolfgang Zängl), Raben Verlag von Wittern KG und Gesellschaft für ökologische Forschung e.V., München, 1998, S. 143.
10. Michael Gottfried, Harald Pauli, Georg Grabherr: Die Alpen im "Treibhaus": Nachweise für das erwärmungsbedingte Höhersteigen der alpinen und nivalen Vegetation, Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt, München, 59 (1994): 13-27.
11. Stephan Kux: Chancen und Risiken im Klimapoker, Bulletin (Magazin der ETH Zürich), Nr. 280, Januar 2001, S. 6.
12. Christoph Schär, Martin Wild: Modelle in der Klimadebatte, Bulletin (Magazin der ETH Zürich), Nr. 280, Januar 2001, S. 18.
13. Christoph Frei: Extremniederschläge im Wandel?, Bulletin (Magazin der ETH Zürich), Nr. 280, Januar 2001, S. 30.
14. Harald Bugmann: Fiebertemperaturen am Gebirgswald, Bulletin (Magazin der ETH Zürich), Nr. 280, Januar 2001, S. 34.
15. Gian-Reto Walther: Palmen in der Schweiz - ein Indiz?, Bulletin (Magazin der ETH Zürich), Nr. 280, Januar 2001, S. 38.
16. Martin Läubli: Klimazank: Jungwald bringt wenig, Tagesanzeiger (7.6.2001)
17. Christian Plüss, Urs Neu: Ändert das Klima?, in: Die Alpen (Hrsg. Schweizer Alpen-Club), 5/2001, S. 46.
18. Climate facts: http://clear.eawag.ch/menu_d.html
19. <http://www.proclim.ch/ClimateFacts.html>
20. Science News: <http://news.swiss-science.ch/news/newsarchive.jsp>
21. <http://www.greenpeace.at/umweltwissen/klima/auswirkungen>
22. <http://www.greenpeace.at/umweltwissen/klima/klimawandel/skeptiker>