

WORKSHOP

Alghero, 21-22 giugno

*Le variazioni climatiche e i processi di desertificazione:
verso piani di monitoraggio e strategie
di riduzione della vulnerabilità e di
adattamento*

Palermo, 27-28 giugno

*Cambiamenti climatici e ambiente
marino-costiero:
scenari futuri per un programma
nazionale di adattamento*

Saint-Vincent, 2-3 luglio

*Cambiamenti climatici e ambienti nivo-
glaciali:
scenari e prospettive di adattamento*

Napoli, 9-10 luglio

*Cambiamenti climatici e dissesto idrogeologico:
scenari futuri per un programma nazionale di
adattamento*

Parma, 16 luglio

*Effetti dei cambiamenti climatici sul bacino
del Po*

CONVEGNI

Roma, 25 giugno

Cambiamenti climatici e salute

Brindisi, 20 luglio

*Inventario emissioni gas serra in Italia
1990-2005*

GLI EVENTI PREPARATORI DELLA CONFERENZA

SINTESI DEI LAVORI

ORGANIZZATO DA



*Ministero dell'Ambiente
e della Tutela del Territorio e del Mare*



APAT
Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

INFORMAZIONI LEGALI

L'AGENZIA PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE E PER I SERVIZI TECNICI O LE PERSONE CHE AGISCONO PER CONTO DELL'AGENZIA STESSA NON SONO RESPONSABILI PER L'USO CHE PUÒ ESSERE FATTO DELLE INFORMAZIONI CONTENUTE IN QUESTO RAPPORTO

APAT - Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici

Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 Roma

Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

www.apat.gov.it

ISBN 978-88-448-0399-5

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

Grafica: Franco Iozzoli, APAT

Grafica di copertina:

Franco Iozzoli e Elena Porrazzo, APAT

Coordinamento tipografico e distribuzione

Olimpia Girolamo, Michela Porcarelli, Simonetta Turco

APAT - Servizio Comunicazione

Settore editoria

Impaginazione e

Stampa

I.G.E.R. s.r.l. - Via Odescalchi, 67/a - 00147 Roma

Stampato su carta TFC

Finito di stampare nel mese di settembre 2007

Testo disponibile sui siti *web internet*:

www.apat.gov.it

www.conferenzacambiamentoclimatici2007.it

www.minambiente.it

Presentazione

I cambiamenti climatici non sono più solo una questione di natura scientifica che attende una risposta, ma diventano sempre più una priorità tra le emergenze globali che devono essere affrontate fin da subito e con tutto l'impegno per limitarne gli effetti indesiderati.

L'ultimo Rapporto IPCC, nel confermare senza più incertezze che il fenomeno è in atto e che l'uomo con un uso insostenibile delle risorse ne è responsabile, ha fornito scenari di surriscaldamento globale allarmanti, con conseguenze sull'ambiente e sulle popolazioni che potrebbero assumere dimensioni difficilmente fronteggiabili, se non si interviene con decisione.

Gli effetti prevedibili, che inizialmente attengono essenzialmente alla sfera fisica, sono destinati a tradursi rapidamente in ricadute sul contesto socio-economico. Tutto ciò determinerà anche un'ulteriore divaricazione della forbice tra i diversi ceti sociali, e più in generale un maggiore *gap* tra paesi ricchi e paesi poveri, che si tradurrà tra l'altro in un aumento dei flussi migratori dai primi verso i secondi.

Le linee di intervento per fronteggiare questo, che si avvia a diventare il problema ambientale per eccellenza, seguono due direttrici principali tra loro complementari.

In primo luogo, si agisce sulle cause antropiche delle alterazioni del clima con una serie di interventi finalizzati a ridurre per tempo e drasticamente le emissioni dei gas serra. In tal senso una transizione rapida verso un'economia mondiale a basse emissioni di carbonio è l'elemento cardine della politica integrata dell'UE, finalizzata a raggiungere l'obiettivo di contenere l'innalzamento della temperatura media mondiale al di sotto di determinati valori.

In secondo luogo, di fronte ai cambiamenti climatici che già avvengono, si deve affrontare anche il problema di adattarsi agli impatti di questo fenomeno, visto che, entro certi limiti, il cambiamento del clima sarà un evento inevitabile in tutto questo secolo e anche oltre, pur se l'impegno per mitigarne gli effetti nei decenni a venire dovesse avere risultati positivi.

Come si diceva, pertanto, le due tipologie di intervento non sono alternative, bensì complementari: maggiore è l'impegno nel contenere l'avanzata del fenomeno, minore è l'entità delle iniziative di adattamento. Questa complementarità non è però valida in assoluto, nel senso che se l'aumento della temperatura non viene contenuto, il rischio che si verifichino mutamenti pericolosi e imprevedibili del clima aumenta in maniera sensibile e i costi di adattamento salgono in maniera esponenziale.

Sebbene, come accennato, gli obiettivi della salvaguardia degli equilibri climatici rappresentino, per tutti i paesi e in primo luogo per quelli industrializzati, un obbligo, non da parte di tutti ne è stata ancora compresa appieno la portata.

Il nostro Paese, che fino a poco tempo fa non aveva preso sul serio nemmeno i moderati obiettivi del Protocollo di Kyoto, si trova ovviamente in condizioni di particolare difficoltà: non è facile passare, in così poco tempo, da un livello di emissioni superiore del 12,1% nel 2005 rispetto ai livelli del 1990, ad una riduzione del 6,5% in media nel 2008-2012, anche se le prime proiezioni dei dati del 2006 forniscono un incoraggiante *trend* in discesa pari a -1,5%.

Se sul versante della mitigazione si segnalano forti ritardi, su quello dell'adattamento l'argomento non è neppure stato ancora affrontato a livello di azione di governo. È vero che in generale questa problematica si è affacciata abbastanza di recente sullo scenario delle politiche ambientali o più in generale territoriali, ma è altrettanto vero che molti paesi si sono già dati una strategia di intervento.

Proprio con l'obiettivo di colmare questi ritardi sono state programmate iniziative cui il Governo e più specificamente il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare conferiscono la massima priorità.

In tale contesto si colloca la *Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici (CNCC)*, quale momento di analisi e discussione su tutti gli elementi conoscitivi disponibili al fine di pervenire, in particolare, alla individuazione degli elementi guida di una strategia nazionale di adattamento.

La manifestazione, che avrà come momento centrale gli incontri del 12 e 13 settembre 2007 a Roma, può essere considerata a tutti gli effetti la prima Conferenza sui cambiamenti climatici in Italia, anche se già nel 1993 si era tenuta una precedente conferenza sul clima organizzata dal Ministero dell'Ambiente in collaborazione con l'ENEA. Quest'ultimo evento, che pure ha rappresentato un'importante occasione a livello nazionale d'incontro e dibattito sullo stato del clima e sulle tendenze in atto, è avvenuto in un contesto quasi esclusivamente tecnico-scientifico, non coinvolgendo adeguatamente attori fondamentali come i decisori pubblici e gli *stakeholder*.

Del resto il dibattito era ancora agli albori e l'esistenza di modificazioni climatiche globali era ancora una questione opinabile tra diverse scuole di pensiero scientifico.

L'attuale manifestazione, al contrario, si svolge in un contesto tecnico-scientifico più maturo e in un contesto socio-economico più consapevole; ma soprattutto si tiene a valle dell'ufficiale presa d'atto, al più alto livello, dell'esistenza del fenomeno e della sua inesorabile evoluzione nei prossimi decenni.

Per la complessità e la molteplicità dei temi da trattare, la Conferenza di settembre è stata preceduta da eventi preparatori, che hanno avuto il compito di predisporre i presupposti tecnici. La trattazione di tali presupposti rappresenta l'oggetto del presente documento.

Giancarlo VIGLIONE
Commissario Straordinario APAT

Contributi e ringraziamenti

La complessità e le dimensioni del programma della manifestazione hanno comportato l'impiego di ingenti risorse di personale per la sua definizione e successiva attuazione. Sono state in particolare coinvolte numerose unità operative dell'Apat e delle Agenzie regionali per la protezione dell'ambiente. Hanno fornito inoltre contributi esperti di altri organismi e amministrazioni.

Per quanto concerne nello specifico la programmazione e la realizzazione dei singoli eventi preparatori della conferenza, le agende dei lavori riportate in Appendice forniscono un quadro abbastanza esaustivo di tutti i contributi, sia con riferimento ai contenuti tecnici e alla presentazione delle relazioni, sia in relazione agli aspetti organizzativi.

Per la stesura del presente documento è stato costituito un comitato di redazione così costituito:

Roberto Caracciolo¹ (Coordinatore)

Francesca Giordano¹

Mariaconcetta Giunta¹

Anna Luise¹

Claudio Maricchiolo¹

Luca Segazzi¹

Stefano Tibaldi².

A tutti i lavori degli eventi preparatori, sia in fase di programmazione sia in fase di attuazione, ha svolto l'importante ruolo di riferimento scientifico Vincenzo Ferrara, Dirigente ENEA e Consigliere del Ministro Pecoraro Scanio per il clima.

La stesura dei singoli capitoli è stata curata da:

Capitoli

Introduzione

La conoscenza del clima per le opzioni di adattamento: stato dell'arte ed esigenze

Desertificazione

Cambiamenti climatici e determinati ambientali di salute

Ambienti marino-costieri

Ambienti nivo-glaciali: scenari e prospettive di adattamento

Dissesto idrogeologico

Il Bacino del Po

Inventario delle emissioni di gas serra

La valutazione economica degli impatti dei cambiamenti climatici e delle strategie di adattamento

Criticità per la definizione di un piano di adattamento in Italia

Autori

Roberto Caracciolo¹

Franco Desiato¹, Andrea Toreti¹

Anna Luise¹, Andrea Motroni³, Maurizio Sciortino⁹, Guido Bonati¹⁰

Luciana Sinisi¹

Stefano Corsini¹, Edi Valpreda⁷, *con il contributo di:* Sergio Marino⁴, Maurizio Ferla¹, Giuliano Fierro¹¹, G. Randazzo¹²

Luca Mercalli¹³, Umberto Morra di Cella⁶, Edoardo Cremonese⁶, Giovanni Agnesod⁶, Sara Tornato⁶, Claudio Piccini¹

Claudio Margottini¹, Daniele Spizzichino¹, Giuseppe Onorati⁵

Martina Bussetini¹, Silvano Pecora²

Riccardo De Lauretis¹, Daniela Romano¹, *con il contributo di:* Giorgio Assennato⁷, Stefano Cesarini⁸, Domenico Gaudioso¹⁷

Carlo Carraro^{14 15}, e Alessandra Sgobbi^{14 16}, *con il contributo di:* Alessio Capriolo¹

Roberto Caracciolo¹, Francesca Giordano¹ *con il contributo di:* Alessio Capriolo¹

Alle fasi di editing finali hanno inoltre fornito contributi: Alessandra Galosi¹ e Paola Sestili¹.

Si rinnova il vivo ringraziamento a quanti hanno reso possibile con il loro contributo la realizzazione della fase preparatoria della Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici 2007.

Questo ringraziamento va a tutti, compreso quanti pur avendo contribuito, non risultano esplicitamente citati. Qualche nominativo può essere sfuggito. A loro desideriamo esprimere le nostre più sentite scuse.

1- APAT, 2- ARPA Emilia Romagna, 3- ARPA Sardegna, 4- ARPA Sicilia, 5- ARPA Campania, 6- ARPA Valle d'Aosta, 7- ARPA Puglia, 8- ARPA Lombardia, 9- ENEA, 10- INEA, 11- GNRAC, 12- EUCC, 13- Comitato Glaciologico Italiano, 14-

INDICE

Presentazione	3
Contributi e ringraziamenti.....	5
I. Introduzione	9
1. La conoscenza del clima per le opzioni di adattamento: stato dell'arte ed esigenze	17
2. Desertificazione	23
3. Cambiamenti climatici e determinati ambientali di salute	43
4. Ambiente marino-costieri	67
5. Ambienti nivo-glaciali: scenari e prospettive di adattamento	81
6. Dissesto idrogeologico.....	103
7. Il Bacino del Po.....	119
8. Inventario delle emissioni di gas serra	135
9. La valutazione economica degli impatti dei cambiamenti climatici e delle strategie di adattamento	153
10. Criticità per la definizione di un piano di adattamento in Italia	183
A1 Agende degli eventi	201

I. Introduzione

I.1 Finalità della Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici

Il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha inserito la questione dei cambiamenti climatici tra le priorità del suo programma di governo.

Nell'ambito di detto programma, con proprio Decreto, ha istituito la Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici (CNCC), quale momento di analisi e di confronto sia a livello tecnico-scientifico, sia sul piano delle ricadute di natura economico-sociale, prevedendo quindi la partecipazione dei principali *stakeholder*, con il fine ultimo di porre le basi per la definizione di una chiara strategia nazionale di contrasto del fenomeno. La manifestazione, che potremmo definire la prima del genere, viene programmata in un contesto conoscitivo e di consapevolezza, sull'intera questione delle mutazioni che stanno intervenendo nel clima globale, molto più maturo che in passato.

Gli eventi che maggiormente hanno contribuito a definire l'attuale contesto concernono sia manifestazioni fenomenologiche di considerevole portata, la cui spiegazione sempre con maggiore evidenza è attribuibile a sostanziali modifiche in atto nelle condizioni climatiche globali, sia l'esito di numerose e impegnative iniziative di studio e ricerche condotte sulla problematica. Tra queste ultime si segnalano:

- il terzo *Assessment Report* dell'IPCC "*Climate Change 2001*", che affronta le basi scientifiche dei cambiamenti climatici (*WG I – The scientific Basis*), gli impatti,

l'adattamento e la vulnerabilità (*WG II – Impacts, Adaptation and Vulnerability*), la riduzione delle emissioni (*WG III – Mitigation*);

- il Rapporto Stern sulle conseguenze economiche dei cambiamenti climatici (2006);
- il recentissimo *IV Assessment Report* dell'IPCC (2007).

Quest'ultimo importante documento, oltre ad aggiornare il quadro delle conoscenze in materia di cambiamenti climatici, fornisce messaggi chiave ai decisori politici, tra i quali si segnalano i seguenti:

- *I cambiamenti climatici sono una realtà innegabile, così come è evidente il contributo delle attività umane a tali cambiamenti.*
- *Anche l'attuazione completa del protocollo di Kyoto non assicura un'inversione di tendenza del fenomeno del riscaldamento globale.*

Con la pubblicazione di questo fondamentale documento, la comunità scientifica internazionale ha quindi espresso la convinzione che i cambiamenti climatici sono un dato di fatto e che, sebbene le azioni per la loro mitigazione siano fondamentali e assolutamente necessarie, non si riuscirà comunque a evitare che i fenomeni già innescati procedano ulteriormente, anche nel caso, del tutto teorico, che diventassero subito operative misure drastiche di taglio delle emissioni antropogeniche di gas serra. Ciò significa, tra l'altro, che accanto alla strategia di mitigazione è quindi necessario dare il via anche a una

strategia che porti ogni paese ad adattarsi a una situazione futura diversa da quella attuale, minimizzando i danni e cogliendo allo stesso tempo opportunità di sviluppo.

Queste valutazioni non possono che confermare la bontà della scelta di conferire alla manifestazione anche l'obiettivo di creare i presupposti per la definizione di una strategia nazionale di adattamento.

Così impostato, l'evento, oltre a prevenire le raccomandazioni IPCC (la conferenza è stata indetta in gennaio e il rapporto IPCC è stato ufficializzato a giugno), è perfettamente coerente con le valutazioni espresse dalla Commissione UE con il Libro Verde su "*L'adattamento ai cambiamenti climatici in Europa*". In tale documento si afferma che i cambiamenti climatici rappresentano oggi una duplice problematica.

Da un lato, infatti si, sottolinea la propedeuticità delle politiche di mitigazione, sostenendo che l'unica forma di prevenzione dei mutamenti del clima e dei conseguenti impatti è costituita da una rapida e drastica riduzione delle emissioni dei gas serra. Dall'altro, coerentemente con quanto emerge dall'ultimo rapporto IPCC la Commissione riconosce, di fronte ai cambiamenti climatici in atto, l'esigenza che le società di tutto il mondo affrontino anche il problema dell'adattamento agli impatti che, entro certi limiti, inevitabilmente ci saranno in futuro.

Adattarsi ai mutamenti del clima non deve significare, come potrebbe far intendere un'accezione letterale e limitata della traduzione in italiano del termine inglese *adaptation*, la sola o semplice azione di difesa o di riduzione del rischio, da perseguire con la realizzazione di interventi sul territorio e di opere ingegneristiche, quanto piuttosto una

nuova e aggiornata programmazione di tutte le attività umane che interagiscono con l'ambiente e le risorse naturali, alla luce dei cambiamenti in corso. Tutto ciò, peraltro, oltre a ridurre gli effetti indesiderati, potrebbe far cogliere nuove opportunità.

Adattarsi deve significare, in altri termini, sviluppare con intelligenza nuove forme di governo del territorio. Si potrebbe addirittura parlare di una sorta di "evoluzionismo": far prevalere alcune forme di uso delle risorse rispetto ad altre (colture meno idroesigenti, attività turistiche in linea con le modificazioni del clima, ecc.).

Proprio la valutazione di queste tematiche saranno l'oggetto centrale della conferenza che, come anticipato, prenderà in esame sia gli aspetti conosciuti, circa gli scenari evoluti del clima e dei potenziali impatti conseguenti, sia gli aspetti di programmazione degli interventi, con la qualificata partecipazione dei rappresentanti dei settori con maggiori responsabilità sulla questione.

Tra i risultati attesi della Conferenza di settembre, c'è la predisposizione di un documento finale ufficiale: una sorta di "decalogo" contenente le linee guida di una strategia di adattamento, sia di livello nazionale che territoriale, nonché una prima *check-list* di questioni e attività più urgenti che potranno essere oggetto già della legge finanziaria per il 2008.

In tal senso sarebbe auspicabile che tra queste ultime vi fosse la istituzionalizzazione della stessa Conferenza nazionale sui cambiamenti climatici, che potrebbe assumere la funzione di sede d'incontro periodico (ogni 3-5 anni) per l'elaborazione delle politiche di adattamento e di monitoraggio dei progressi fatti.

1.2 Articolazione della manifestazione

La complessità e la molteplicità dei temi da trattare, sia per quanto attiene alle tematiche coinvolte, sia in relazione al *taglio* delle analisi e delle correlate discussioni, da un approccio prettamente tecnico-scientifico a uno socio-istituzionale, hanno fatto propendere per una programmazione della manifestazione articolata in più fasi, distribuite su un arco temporale relativamente lungo.

Questa scelta ha consentito di trattare ciascuna tematica, oggetto dell'intera manifestazione, senza dover necessariamente contrarre o semplificare le fasi di analisi e di discussione e consentendone la partecipazione a un congruo numero di esperti e di *stakeholder*.

La CNCC2007, pertanto, non è una manifestazione basata su un singolo momento congressuale, ma un insieme di momenti convegnistici coordinati che comprendono:

- eventi di preparazione della manifestazione centrale (*workshop* tematici e convegni);
- evento congressuale centrale, che comprende la vera e propria Conferenza nazionale sui cambiamenti climatici, la Conferenza Junior e un certo numero di *side event*;
- eventi di *follow-up*.

I *workshop* e *convegni "preparatori"*, come lascia intendere l'attributo, sono stati finalizzati alla predisposizione dei presupposti tecnici per le fasi di valutazione e dibattito finali oggetto del convegno di settembre. A ciascuno di essi è stato assegnato il compito di focalizzare le analisi e le valutazioni su alcune aree particolarmente vulnerabili ai cambiamenti del clima in Italia, nonché sullo stato di attuazione e di successo delle politiche di

mitigazione. Per quanto concerne le tematiche di impatto, una particolare enfasi è stata attribuita a: la deglaciazione, le modificazioni del rischio idrogeologico, la siccità e la desertificazione, l'erosione delle coste, il bacino del Po, gli effetti sulla salute.

Gli eventi preparatori, come meglio sarà precisato nel seguito, si sono svolti nell'arco di un mese, dal 21 giugno al 20 luglio di quest'anno, in sette differenti regioni italiane.

Il programma del 12 e 13 settembre, incentrato sulla vera e propria Conferenza nazionale sui cambiamenti climatici, è esso stesso alquanto articolato pur se limitato a soli due giorni.

L'*evento congressuale centrale* comprende numerose sessioni, alcune delle quali si svolgeranno in parallelo.

Nella prima giornata verranno analizzate le principali criticità per l'Italia, attraverso la descrizione dell'attuale quadro conoscitivo, ivi compresa l'identificazione dei principali *gap* da colmare, delle iniziative già avviate o programmate a livello istituzionale e la presentazione di alcune utili esperienze. Tali analisi saranno poi oggetto di valutazione e discussione da parte dei principali *stakeholder* di settore.

Nella seconda giornata sono programmati più momenti di discussione, a livello tecnico-istituzionale nazionale e sopranazionale e di governo, per l'elaborazione concordata delle prime linee di indirizzo di una strategia nazionale di adattamento.

La giornata si chiude con la presentazione di un documento di proposte, rispetto al quale svolgerà le proprie considerazioni e valutazioni il Presidente del Consiglio e le proprie conclusioni il Ministro dell'ambiente.

In contemporanea con la seconda giornata

della Conferenza, il 13 settembre si svolgerà la *Conferenza Junior*, organizzata dall'APAT in collaborazione con il sistema delle Agenzie ambientali e con il supporto del CTS Ambiente.

L'obiettivo di questa iniziativa è quello di coinvolgere anche i cittadini più giovani nella ricerca di strategie e nella costruzione di un impegno individuale e collettivo per affrontare il problema dei cambiamenti climatici, nelle due prospettive della mitigazione e dell'adattamento.

La Conferenza junior sarà letteralmente "il primo giorno di scuola" per una rappresentanza di circa 100 studenti delle scuole medie di secondo grado, impegnati, sotto la guida di esperti, in un'attività di *game simulation* sulle dinamiche che intercorrono tra le attività umane e i cambiamenti climatici. Tale modalità di lavoro consentirà l'acquisizione di conoscenze complesse attraverso l'esperienza e assicurerà il coinvolgimento razionale ed emotivo da parte dei ragazzi, che potranno poi approfondire la tematica nel corso dell'anno scolastico insieme ai loro docenti, coinvolti anch'essi nelle attività didattiche.

Il programma prevede un'alternanza di attività in plenaria e in gruppi, durante le quali i ragazzi potranno confrontarsi con le personalità scientifiche e politiche presenti alla Conferenza, e un'esposizione di poster e materiali divulgativi, relativi a progetti didattici promossi da alcune Agenzie regionali per la protezione dell'ambiente.

La Conferenza junior s'inquadra nel Decennio ONU dell'Educazione allo Sviluppo Sostenibile e contribuisce in maniera significativa a diffonderne i principi e a realizzarne gli obiettivi.

In contemporanea all'evento convegnistico

centrale, il programma della Conferenza prevede inoltre dieci eventi collaterali (*Side Event*) della durata di un'ora ciascuno, autonomamente gestiti.

Obiettivo dei *Side Event* è favorire l'approfondimento di alcune tematiche complementari a quelle trattate nelle sessioni della Conferenza e di presentare le attività di alcuni centri di eccellenza che operano in ambiti scientifici di interesse dei cambiamenti climatici. I temi che saranno affrontati sono i seguenti:

- cambiamenti del clima e impatti sui comportamenti sociali;
- attività del Centro Euromediterraneo sui Cambiamenti Climatici;
- rapporto APAT "Lo stato e le tendenze del clima in Italia: gli indicatori del 2006";
- Atlante climatico italiano dell'Aeronautica Militare;
- Progetti FISR e Progetto Vector;
- attività dell'Osservatorio per il diritto all'acqua;
- rapporto ENEA sui Cambiamenti climatici e gli agro-ecosistemi;
- Muvita: l'esperienza del primo Science Centre italiano dedicato al tema dei cambiamenti climatici;
- le iniziative del Comune di Roma nell'ambito del progetto "Roma per Kyoto";
- gli effetti dei cambiamenti climatici sulla biodiversità.

1.3 Eventi preparatori

Le variazioni del clima, che in parte si incominciano già ad apprezzare, non solo significheranno un aumento di temperatura, ma una modifica dell'intera struttura dei parametri climatici, tra i quali sono compresi regimi

di precipitazione, venti, frequenza e intensità degli eventi estremi, con variazioni differenti in diverse regioni del mondo. In particolare, anche se il *downscaling* dei risultati, dai modelli globali di circolazione (GCM) ai modelli regionali di circolazione (RCM), non è un procedimento immediato ed è limitato dall'incertezza, è opinione condivisa che si avranno:

- a) un aumento nella temperatura media in tutta Europa;
- b) un aumento nella frequenza delle precipitazioni nell'Europa del Nord e una diminuzione nella frequenza delle precipitazioni al sud;
- c) un aumento nell'intensità delle precipitazioni in Europa del Nord e una diminuzione nell'intensità della precipitazione al sud;
- d) un possibile aumento nella frequenza di eventi con precipitazioni intense in tutta Europa.

La modificazione di questi parametri del clima, che potremmo definire una sorta di impatto primario del surriscaldamento dell'atmosfera per effetto serra, determinerà a sua volta una serie di modificazioni di altre variabili, relative sia alle risorse ambientali che agli ambiti socio-economici, che per analogia potremmo definire impatti secondari.

La stima degli impatti primari e secondari variano molto sia come distribuzione territoriale, sia come modalità di occorrenza. Ad esempio, la variazione della temperatura si presenta abbastanza uniforme su tutto il globo, mentre le modifiche nei regimi di precipitazione possono intervenire con modalità del tutto differenti anche in contesti territoriali contigui.

Peraltro, gli impatti secondari in alcuni conte-

sti possono essere catastrofici, in altri possono anche apportare positività.

Queste considerazioni, seppur molto sintetiche, fanno capire come sia difficile sviluppare scenari validi per vaste aree o come sia poco opportuno basare programmi futuri sulla semplice estrapolazione al contesto nazionale di stime di livello globale o comunque di area vasta. E proprio per questo motivo, nella progettazione della conferenza, si è conferita grande importanza alla determinazione, tra tutti i potenziali effetti secondari, di quelli con maggiore probabilità di evenienza nel nostro contesto territoriale o che addirittura già si presentano con dimensioni non trascurabili.

La scelta è caduta su quattro tipologie di impatto e associati effetti, che di seguito vengono sinteticamente descritti nei loro caratteri principali.

Un importante settore di criticità di impatto per il nostro territorio è senz'altro costituito dal progressivo accentuarsi del fenomeno dell'aridità a causa dell'aumento delle temperature accompagnato dalla diminuzione in alcuni contesti territoriali e dalle mutate modalità delle precipitazioni, nonché dall'ulteriore presenza di zone di intensa urbanizzazione, di degrado delle caratteristiche dei terreni dovute a cause molteplici, fra cui pratiche agricole scorrette, incendi boschivi, salinizzazione della falda, ecc. I cambiamenti climatici in corso stanno inequivocabilmente aumentando il rischio di *desertificazione* in tutto il territorio nazionale, e non solo nelle regioni meridionali tradizionalmente più a rischio.

L'Atlante Nazionale della Desertificazione stima che il 51,8% dell'intero territorio nazionale è a rischio di desertificazione, a causa di fattori climatici e pedologici.

Gli esseri umani sono esposti agli effetti di

mutati schemi climatici e meteorologici e, su periodi temporali variabili, dalle condizioni socio-economiche dipendenti dalle risorse naturali.

Diventano sempre maggiori le evidenze degli *effetti dei cambiamenti climatici sulla salute* umana – sia direttamente, con aumento della temperatura, alluvioni, ecc., sia indirettamente attraverso alterazioni della quantità e qualità di acqua, aria, cibo, ecosistemi – con un aumento del rischio di mortalità e morbilità collegati ad ondate di calore, ma anche con modifiche nella distribuzione di alcuni vettori di malattie infettive, di specie allergeniche di pollini e di nuovi rischi biologici e chimici.

Tali impatti, nel loro complesso impongono un atteggiamento proattivo, ovvero la definizione e messa a punto di piani e programmi di adattamento da parte dei sistemi di prevenzione che vanno a integrarsi con i sistemi di allarme e di risposta al fine di ridurre le conseguenze negative dei cambiamenti climatici. Un altro ambito, in cui più evidente è la criticità di impatto per il nostro Paese, è costituito dagli *ambienti marino-costieri*. L'Italia, infatti, con i suoi oltre ottomila chilometri di costa è di fatto immersa nel mar Mediterraneo e quindi ogni modificazione di questi ambienti si traduce in alterazioni di significative porzioni del territorio nazionale complessivo.

I fenomeni dell'erosione costiera e delle inondazioni generate dalle variazioni del livello medio del mare e dalle mareggiate estreme hanno già oggi un impatto enorme in relazione alla perdita di biodiversità, di patrimonio paesaggistico e ambientale (le pinete costiere, le dune, le stesse spiagge ecc.) e di aree per lo sviluppo di attività e forte impatto economico. Gli scenari che fanno seguito ai cambiamenti

climatici in atto evidenziano incrementi dell'azione delle forzanti che generano tali fenomeni e che indurranno una intensificazione della perdita o della degenerazione delle aree di spiaggia bassa e sabbiosa (quasi il 40%, 1.500 km su 4.000 km, è destinato ad essere eroso) e di conseguenza degli ambienti costieri, con impatti di diversa natura, tra le quali spicca certamente quello relativo al turismo.

Analoghe considerazioni valgono per la presenza sul nostro territorio di importanti porzioni della catena alpina e dell'intera catena appenninica, che conferiscono agli *impatti sugli ambienti nivo-glaciali* un considerevole valore.

Dei circa 4.474 km² di superficie glaciale che ricoprivano le Alpi verso il 1850, nel 2000 ne rimanevano 2.272, pari al 51%. Riduzioni dello stesso ordine di grandezza sono confermate anche sui massicci montuosi italiani, con numerosi piccoli ghiacciai che dal 1957 a oggi si sono estinti.

L'innnevamento è in riduzione dal 1990 su gran parte delle Alpi, sia in termini di quantità, sia in termini di durata. Attorno a quota 2500 m nel periodo 1990-2005 si osserva un anticipo della fusione primaverile di circa 15 giorni rispetto al cinquantennio precedente con riflessi sul regime idrologico (anticipo deflussi primaverili e riduzione di quelli estivi).

I principali impatti derivanti da tali fenomeni sugli ambienti nivo-glaciali sono riconducibili, essenzialmente, alla riduzione di una riserva idrica strategica, alla modifica nei regimi fluviali, alla perdita di biodiversità, all'aumento del rischio di frane e non ultimo a danni alle attività turistiche.

Il territorio nazionale, per la sua conformazione orografica e geologica, è sempre stato interessato da fenomeni idraulici e geomorfo-

logici di notevole intensità.

Tra il 1279 ed il 2002, il catalogo AVI (CNR-IRPI) riporta 4.521 eventi con danni, di cui 2.366 relativi a frane (52,3%), 2.070 ad inondazioni (45,8%), ed 85 a valanghe (1,9%). Nello stesso periodo si hanno 13,8 vittime per anno in occasione di fenomeni franosi e 49,6 per anno per quelli alluvionali (fonte AVI-CNR). Solo nel XX secolo sono stati registrati oltre 10.000 morti, feriti e dispersi, 350.000 senza tetto e sfollati, migliaia di case distrutte o danneggiate, migliaia di ponti distrutti o danneggiati, centinaia di chilometri di strade e ferrovie distrutte o danneggiate.

Sebbene le analisi di correlazione tra cambiamenti climatici e variabilità del *rischio idrogeologico* presentino attualmente un livello di confidenza alquanto basso, è opinione ampiamente diffusa tra gli esperti di settore che gli scenari non siano affatto favorevoli. La significativa modificazione dei *pattern* e delle modalità di precipitazione, in particolare con un aumento delle frequenze dei fenomeni di breve durata ma forte intensità, costituiscono le principali cause dell'incremento di tale fattore di rischio.

Come detto, è difficile e molto complesso prevedere il clima del futuro, specialmente ad una scala spaziale ridotta come quella italiana. Ancor più complesso e difficile appare prevedere le modificazioni che subiranno le variabili idrologiche.

Il problema di un ulteriore depauperamento delle risorse idriche, tuttavia, si pone ugualmente come un probabile rischio per tutta l'area mediterranea, Italia compresa, e i cui primi effetti "visibili" sono le ricorrenti "emergenze siccità" che hanno coinvolto il *bacino del Po* a partire dall'anno 2003.

Il bacino idrografico del fiume Po, influenzato

da una complessità di fattori sensibili al clima, costituisce, infatti, un importante scenario di eventi idro-meteo-climatici e socioeconomici.

Se si considera la densità del territorio, le attività produttive insediate, le infrastrutture e il grado di utilizzazione della risorsa idrica, il bacino del Po rappresenta una realtà eccezionalmente varia e un punto nevralgico dell'economia nazionale. L'elevata quantità di risorse idriche storicamente disponibili nel bacino idrografico del Po, se da un lato ha svolto un ruolo primario nello sviluppo urbano ed economico dell'area, dall'altro ha portato a sovrastimare in generale la capacità di autodepurazione naturale del fiume e soprattutto la disponibilità della risorsa. In tal modo, i diritti di prelievo complessivi superano oggi la disponibilità idrica residua in chiusura bacino.

Sebbene la Conferenza di settembre e l'intero programma di eventi siano stati focalizzati sulle strategie di adattamento ai cambiamenti climatici, non si poteva trascurare del tutto le tematiche relative alla mitigazione.

Per tale motivo si è preso spunto dalla presentazione dell'ultimo aggiornamento predisposto da APAT dell'inventario delle emissioni di gas serra per trattare l'argomento.

L'enfasi è stata posta sull'analisi dei *trend* delle emissioni nel nostro Paese e sui principali fattori determinanti l'attuale stato dell'arte in materia.

1.4 Finalità, contenuti e articolazione di questo documento

La complessità di natura e dimensioni dei fenomeni derivanti dal surriscaldamento dell'atmosfera terrestre e dei conseguenti impatti, come detto, ha suggerito una programma-

zione alquanto articolata delle iniziative per la loro analisi e valutazione sia a livello tecnico che istituzionale.

Tali iniziative rappresentano nelle loro conclusioni i presupposti tecnici su cui costruire il percorso che porterà, in sede di Conferenza, alla predisposizione delle linee-guida per una strategia nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici.

Questo documento nasce dall'esigenza di fornire, a quanti parteciperanno alla manifestazione di settembre senza aver avuto la possibilità di presenziare a tutti gli eventi preparatori, un quadro sintetico, ma al tempo stesso abbastanza esaustivo delle principali considerazioni e valutazioni svolte in sede degli stessi eventi preparatori.

Il documento contiene, pertanto, oltre a un inquadramento generale dell'intera manifestazione CNCC2007, la descrizione dei principali risultati dei lavori di *workshop* e conve-

gni che si sono tenuti, nel corso di un mese, tra il 21 giugno e il 20 luglio u.s.

Nella descrizione si è data priorità al livello conoscitivo ad oggi disponibile, soprattutto in termini di indicatori fisici, con l'evidenziazione di possibili iniziative per colmare i *gap* identificati e di proposte di iniziative di adattamento.

Il documento contiene anche una schematica descrizione del quadro climatico nazionale in termini di *trend* e di potenziali scenari, nonché delle iniziative per rendere più efficace l'azione conoscitiva in materia nel nostro Paese.

Elementi di valutazione economica, sia in termini di stima dei possibili danni, sia di analisi di costi-benefici, e la rassegna delle criticità affrontate o da superare nell'ambito delle iniziative di adattamento a livello nazionale completano il quadro che è emerso dai lavori preparatori.

1. La conoscenza del clima per le opzioni di adattamento: stato dell'arte ed esigenze

Il tema al centro della Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici è quello dell'adattamento ai cambiamenti climatici in corso e futuri. Infatti, sia nell'ambito della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite che delle politiche dell'Unione Europea, si è ormai consolidata e diffusa la consapevolezza che accanto alle misure di riduzione delle emissioni di gas serra (interventi di mitigazione) sia necessario programmare e metter in atto adeguate misure di adattamento, con l'obiettivo di ridurre i rischi e, laddove possibile, trarre vantaggio dagli effetti dei cambiamenti climatici in corso e previsti nel breve, medio e lungo termine. Gli impatti dei cambiamenti climatici in atto sono già ben evidenti in Italia, come nel resto del continente europeo e del mondo, e interessano, come evidenziato in modo esauriente e puntuale dal Quarto Rapporto di Valutazione presentato e pubblicato recentemente dall'IPCC, i più importanti settori socio-economici e produttivi come l'energia e i trasporti, l'agricoltura e il turismo; lo stato e le risorse dell'ambiente naturale, da quello montano alle foreste, agli ecosistemi e alla biodiversità, alle risorse idriche, alle aree costiere e all'ambiente marino; oltre, e in primo luogo, alla salute della popolazione. È evidente che la programmazione e la definizione delle strategie di adattamento sono realizzabili, e ne può esser valutata l'efficacia, solo a condizione che si disponga degli elementi di conoscenza del clima e delle sue variazioni e degli impatti che essi comportano in relazione delle caratteristiche specifiche

del nostro territorio e del nostro ambiente, dei luoghi e degli elementi più sensibili che ne determinano la particolare vulnerabilità ai cambiamenti climatici; e a condizione che tali elementi di conoscenza siano disponibili e diffusi senza limitazioni e siano costantemente aggiornati in modo da consentire la verifica e l'eventuale correzione e ottimizzazione delle azioni di adattamento nel corso del tempo.

Le capacità di previsione, o "proiezione", del clima futuro in Italia risiedono nell'utilizzo di tre categorie di modelli: i modelli climatici globali (GCM) ad alta risoluzione, capaci cioè di risolvere i processi e i fenomeni più importanti alla scala continentale o sub-continentale (*regional*); i modelli climatici "regionali" (RCM), che vengono "innestati" nei GCM al fine di specializzare le previsioni su una certa area ad una risoluzione più elevata rispetto a quella dei GCM; e infine i metodi di discesa di scala empirico/statistici o statistico/dinamici, in cui alle previsioni dei GCM o dei RCM viene affiancato l'utilizzo delle serie temporali di osservazioni dei parametri climatici per derivarne previsioni alla scala locale.

I GCM ad alta risoluzione e i RCM forniscono previsioni per il continente europeo e/o il Mediterraneo, da cui si possono derivare indicazioni e stime specifiche per l'Italia. Ciascun tipo di approccio ha i suoi vantaggi e i suoi limiti, che sono presentati e discussi approfonditamente nei rapporti dell'IPCC.

Le previsioni delle variabili climatiche si rife-

riscono a diversi scenari di emissione che, raggruppati in famiglie e sottogruppi contrassegnati ciascuno da una sigla diversa, rappresentano diversi modelli evolutivi delle emissioni dei gas serra fino alla fine del secolo in corso, corrispondenti a diverse ipotesi di sviluppo socio-economico a livello globale. Ad esempio, lo scenario IPCC A1B rappresenta una crescita economica globale molto rapida, una popolazione globale che raggiunge il massimo a metà secolo per poi diminuire, una rapida introduzione di nuove e più efficienti tecnologie e una distribuzione bilanciata tra diverse fonti di energia.

I modelli numerici forniscono pertanto un insieme di previsioni delle variabili climatiche per ogni scenario e alle incertezze intrinseche dei modelli si aggiungono, quindi, quelle relative alle diverse probabilità di occorrenza dei vari scenari. In sintesi, per ciascuna variabile climatica si ha un intervallo (in genere piuttosto ampio) di valori previsti a una certa scadenza, che comprende le incertezze intrinseche di ciascun modello, lo spettro dei valori previsti da diversi modelli e lo spettro dei valori previsti per i diversi scenari.

La fonte più autorevole, completa e aggiornata di informazioni sulle previsioni delle variabili climatiche a livello globale e continentale è costituita dal *IV Assessment Report* dell'IPCC presentato nel mese di febbraio 2007 e appena pubblicato, e in particolare dal capitolo 11 del primo volume, "Scientific basis". Da esso si possono estrapolare le proiezioni che riguardano il Sud Europa e il Mediterraneo e quindi anche l'Italia. Le variazioni di temperatura e precipitazione previste si riferiscono in modo particolare allo scenario A1B, che rappresenta un scenario intermedio nello spettro delle possibili

diverse evoluzioni delle emissioni medie globali di CO₂ fino alla fine del secolo. In particolare, lo scenario A1B si riferisce a concentrazioni medie di circa 700 ppm al 2100. I GCM prevedono che nello scenario A1B la temperatura media annuale nel Sud Europa dal 1980-1999 al 2080-2099 subirà un aumento compreso tra 2,2 e 5,1 °C (Figura 1.1).

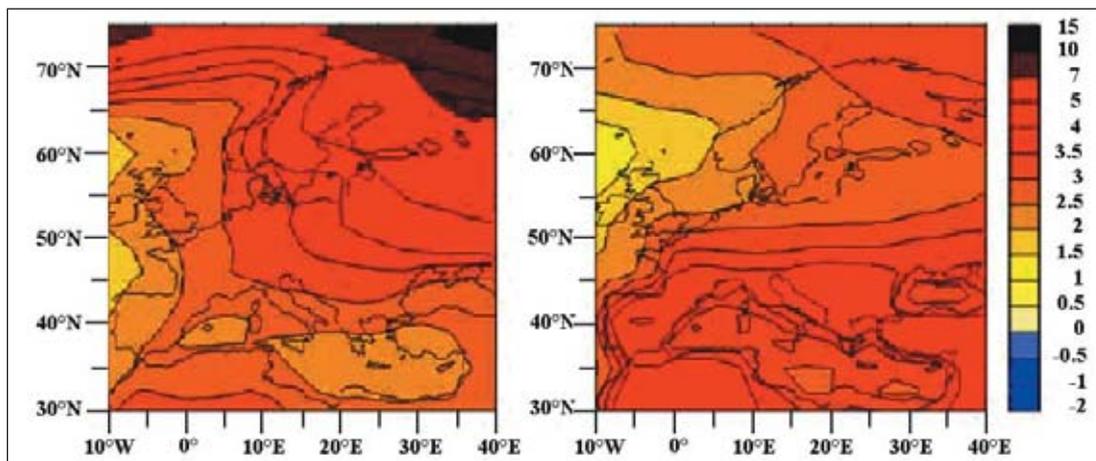
Impiegando scenari di emissione diversi, l'intervallo degli incrementi di temperatura media previsti dai modelli può variare anche sensibilmente. Per esempio, se si includono anche gli scenari B1 e A2, che si collocano all'incirca agli estremi più basso e più alto dell'intervallo di emissioni di CO₂ previste al 2100, l'ampiezza dell'intervallo degli aumenti medi di temperatura previsti dai modelli passa da 3,8 °C a circa 9 - 10 °C. La mediana del valore del riscaldamento rimane invece compresa tra +4 e +5 °C.

Per quanto riguarda le precipitazioni, i GCM prevedono che nello scenario A1B le precipitazioni cumulate annuali nel Sud Europa dal 1980-1999 al 2080-2099 diminuiscano in media di una percentuale compresa tra il 4 e il 27%. La diminuzione più sensibile si prevede nella stagione estiva (Figura 1.2).

Diversamente dalle variazioni di temperatura, che sono piuttosto uniformi nello spazio, le previsioni di precipitazione possono variare sensibilmente su scale orizzontali piuttosto ridotte, in particolare su aree a orografia complessa come la nostra Penisola. Inoltre, specialmente nel Sud Europa, quasi tutti i modelli prevedono variazioni di diversa entità e in qualche caso anche di segno diverso, spostandosi anche soltanto di pochi gradi in latitudine.

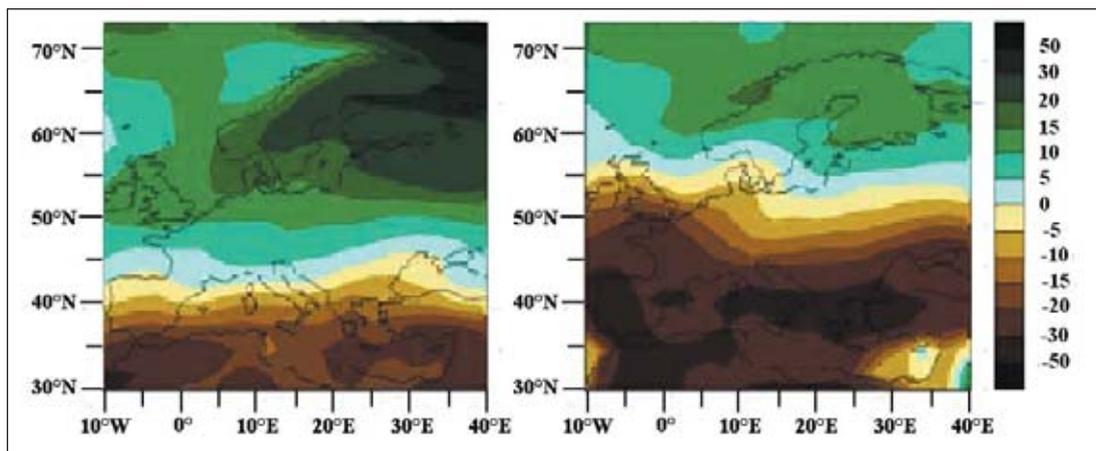
Come per le temperature, con scenari di emissione diversi l'intervallo delle variazioni

Figura 1.1: Variazione della temperatura media nei mesi invernali (sinistra) ed estivi (destra) dal 1980-1999 al 2080-2099. Scenario A1B, media tra 21 modelli.



Fonte: IPCC FAR (2007). Climate Change 2007: WGI, Impacts Adaptation and Vulnerability

Figura 1.2: Variazione percentuale della precipitazione cumulata nei mesi invernali (sinistra) ed estivi (destra) dal 1980-1999 al 2080-2099. Scenario A1B, media tra 21 modelli.



Fonte: IPCC FAR (2007). Climate Change 2007: WGI, Impacts Adaptation and Vulnerability

di precipitazioni previste dai modelli aumenta considerevolmente ma il valore mediano non si discosta sensibilmente da quello dello scenario A1B.

Accanto agli elementi di conoscenza e alle incertezze associate, che derivano dalle pre-

visioni dei modelli dinamici negli scenari a lungo termine, una efficace programmazione e verifica delle azioni di adattamento richiede una approfondita e costante analisi delle tendenze in atto, derivata dalla elaborazione e interpretazione, su solide basi scientifiche,

delle osservazioni delle variabili climatiche. Queste ultime sono inoltre necessarie alla verifica *in progress* delle previsioni e quindi alla eventuale correzione degli indirizzi e delle strategie di adattamento.

Il riconoscimento e la stima dei *trend* delle variabili climatiche vengono effettuati attraverso la elaborazione statistica delle serie temporali di dati rilevati dalle stazioni di monitoraggio presenti sul territorio nazionale. A questo scopo, sia pure con diversi gradi di continuità e completezza temporale, copertura spaziale e controlli di qualità, le serie utili sono quelle relative alle reti del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare (AM), alle reti regionali, che includono le reti dell'ex Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale e fanno riferimento in molti casi alle Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA) e quella dell'Ufficio Centrale di Ecologia Agraria (UCEA) del Ministero dell'Agricoltura. Per poter valutare le tendenze con un buon grado di attendibilità è necessario controllare rigorosamente le serie depurandole dai dati errati, integrare eventualmente i dati mancanti con opportuni metodi statistici e filtrare dalle serie eventuali segnali non climatici, come quelli dovuti allo spostamento della stazione di misura o alla modifica o sostituzione della strumentazione. A questo scopo, le serie di dati vengono sottoposte a opportuni test di omogeneità statistica e vengono rese omogenee qualora vengano rilevati uno o più punti di disomogeneità. Le stime dell'andamento della temperatura media in Italia ottenute dalle serie storiche più lunghe (circa 140 anni) indicano un riscaldamento medio di $+1.0 \pm 0.1$ °C per secolo, con differenze non molto significative tra diverse aree geoclimatiche e tra le quattro

stagioni. L'analisi dettagliata dei dati degli ultimi decenni indica però un aumento molto marcato della temperatura media in Italia a partire dal 1980 circa, con una variazione media fino al 2006 di $+1,54$ °C e indicano il 2006 come il 15° anno consecutivo con anomalia di temperatura positiva rispetto al trentennio di riferimento 1961-1990. Queste stime confermano che l'aumento della temperatura media registrato negli ultimi decenni in Italia, così come nell'area mediterranea e in Europa, è superiore a quello medio globale.

Diversamente dalla temperatura media, non si possono rilevare tendenze marcate né univoche delle precipitazioni cumulate sull'intero territorio italiano. Le stime sulle serie annuali più lunghe indicano una variazione percentuale di -5 ± 3 %/secolo, ma solo due aree (Italia centrale e sud-orientale) mostrano un *trend* statisticamente significativo di riduzione delle precipitazioni (-10 ± 3 %/secolo e -8 ± 5 %/secolo, rispettivamente). Anche l'analisi di serie annuali e stagionali degli ultimi 26 anni indica l'assenza di tendenze statisticamente significative, ad eccezione della stagione invernale al Nord (diminuzione media della precipitazione di -1.47 mm/anno dal 1961 al 2006) e al Centro, dove si osserva un aumento della precipitazione media dal 1989 al 2006. Inoltre, se si focalizza l'attenzione sugli ultimi anni, si nota un andamento molto differenziato delle precipitazioni nelle diverse aree geografiche. Al settentrione l'anomalia annuale di precipitazione è stata negativa negli ultimi quattro anni; nelle regioni meridionali, al contrario, il 2006 è stato il quarto anno consecutivo con precipitazioni annuali superiori alla norma.

L'aumento della temperatura media comporta

anche una variazione della frequenza e dell'intensità degli eventi estremi associati alle onde di calore. Se si prendono in esame alcuni indicatori statistici focalizzati sulle code della distribuzione dei valori di temperatura, si ottiene per esempio che negli ultimi 30 anni in Italia sono aumentati in modo consistente il numero medio di giorni cosiddetti "estivi" (cioè con temperatura massima maggiore di 25 °C) e il numero medio di notti "tropicali" (cioè con temperatura minima maggiore di 20 °C) ed è diminuito il numero medio di giorni con gelo (cioè con temperatura minima inferiore a 0 °C). Per quanto riguarda le precipitazioni, sia le previsioni dei modelli numerici che le osservazioni sembrano indicare una tendenza all'aumento di eventi di precipitazione intensa, indipendentemente dalle variazioni in corso o previste delle precipitazioni cumulate annuali.

Gli elementi conoscitivi del clima italiano e della sua evoluzione, sia a lungo termine che a breve termine e in corso, sono, come si è detto, indispensabili a una corretta ed efficace programmazione e verifica delle azioni di adattamento ai cambiamenti climatici. Se le previsioni del clima futuro nei diversi scenari di sviluppo e di emissioni dei gas climalteranti provengono dalle attività di ricerca e di applicazione dei modelli dinamici a scala globale e regionale, che necessitano senz'altro di un impulso, soprattutto per quanto riguarda la modellistica regionale sul mediterraneo e sull'Italia, di una partecipazione e di un coordinamento sempre più intensi, la verifica delle previsioni stesse e l'analisi costante dell'andamento delle variabili climatiche si basano sulla disponibilità di dati osservativi e informazioni tempestive, complete, affidabili e costantemente aggiornate. In questo campo, esistono in Italia notevoli *gap* da colmare in

termini di tipologia di indicatori climatici, copertura spaziale e risoluzione temporale, che derivano in gran parte dalla difficoltà di reperimento e dalla frammentarietà e disomogeneità delle reti osservative e dei dati. È pertanto necessario effettuare un salto di qualità nella organizzazione complessiva del monitoraggio quantitativo del clima sul territorio nazionale, incrementando tra l'altro di molto la reale disponibilità e la facilità d'accesso a tutti i dati utili o necessari alla determinazione degli indicatori climatici alla scala regionale e locale. L'avvio di un reale processo di riorganizzazione del monitoraggio meteorologico in Italia dovrebbe coinvolgere tutti i soggetti e gli organismi che a vario titolo svolgono una funzione e un ruolo in questo settore, con la finalità di mettere a sistema capacità e attività di servizio che risultano oggi spesso o in parte disarticolate tra di loro, ostacolando anche una piena rappresentatività e partecipazione ai programmi internazionali di monitoraggio e di ricerca sul clima e l'allineamento dell'Italia ai servizi e ai prodotti erogati dai Paesi europei meglio organizzati.

La questione della riorganizzazione di un servizio idro-meteo-climatologico nazionale, da tempo nel dibattito degli addetti ai lavori, motivata da tanti e diversi aspetti che riguardano l'uso civile dei dati e delle previsioni, può e deve trovare una spinta decisiva alla ricerca di una soluzione razionale ed efficace dalla urgenza e dalla ineluttabilità dell'adattamento del paese ai cambiamenti climatici e per questi motivi viene posta all'attenzione del Governo, delle Istituzioni e in particolare del MATM e del Sistema delle Agenzie per la protezione dell'ambiente come un problema grave, urgente e oramai ineludibile.

2. Desertificazione

2.1 Introduzione

La desertificazione è definita come “il degrado delle terre nelle zone aride, semi-aride e sub-umide secche, attribuibile a varie cause, fra le quali le variazioni climatiche e le attività antropiche”. Questa definizione, recepita nell’ambito della Convenzione delle Nazioni Unite sulla lotta alla Siccità e Desertificazione (UNCCD), è considerata innovativa poiché pone al centro del degrado sia la perdita delle caratteristiche bio-chimico-fisiche del suolo, sia la redditività economica, individuando le zone di maggiore vulnerabilità nelle regioni aride, semi-aride e sub-umide secche e enfatizza il sovrapporsi di cause di origine naturale, particolarmente quelle climatiche, e antropiche. Peraltro, l’evolversi della discussione intorno alle strategie di lotta alla desertificazione e delle valutazioni scientifiche della qualità e dell’estensione del fenomeno ha portato alla Decisione 20 della Settima Sessione della Conferenza delle Parti (COP 7, Nairobi 2006) che ha individuato come tema centrale dell’Ottava Sessione (COP 8, Madrid 2007) proprio il tema degli effetti delle variazioni climatiche e attività dell’uomo sul degrado del suolo, con riferimento alla valutazione dei fenomeni connessi, alle esperienze dirette acquisite e alle azioni di adattamento per il miglioramento delle condizioni di vita.

Il concetto di degrado del territorio, che comporta un impoverimento delle qualità del territorio, va distinto da quello di desertificazione. Un’area desertificata perde, infatti, irre-

versibilmente la propria capacità biologica e, di conseguenza, la capacità di sostenere, tra l’altro, la produzione agricola e forestale (sterilità funzionale). Nelle regioni aride, semiaride e sub-umide secche l’indice di aridità oscilla tra 0,05 e 0,65, valore definito in base al rapporto tra le precipitazioni annuali e il potenziale di evapotraspirazione.

I cambiamenti climatici hanno un forte impatto sulle riserve idriche, la cui disponibilità è fondamentale per l’ecosistema e per le attività primarie dell’uomo. Gli eventi siccitosi, di cui negli ultimi anni si stanno registrando mediamente una durata e frequenza maggiore, possono avere un impatto rilevante sia sull’ambiente che sull’economia.

Il Mediterraneo rappresenta una zona di transizione dove le aree desertificate sono intervallate da quelle a rischio di desertificazione. I paesi del bacino del Mediterraneo, infatti, negli ultimi anni sono stati interessati da una notevole riduzione delle precipitazioni. La degradazione del territorio nell’area mediterranea è spesso legata a pratiche agricole povere: in risposta ai pericoli naturali, alla siccità, alle inondazioni, agli incendi boschivi e alle attività umane i suoli diventano salini, aridi, sterili e improduttivi. L’abbandono dei campi, successivo alla crisi agricola del nostro secolo, ha ulteriormente aggravato la situazione e l’economia moderna contribuisce al problema: fertilizzanti, pesticidi, metalli pesanti, agricoltura intensiva e l’introduzione di specie vegetali esotiche invasive stressano fortemente i nostri suoli. Nei paesi del Mediterraneo settentrionale, siccità e desertificazione dipendo-

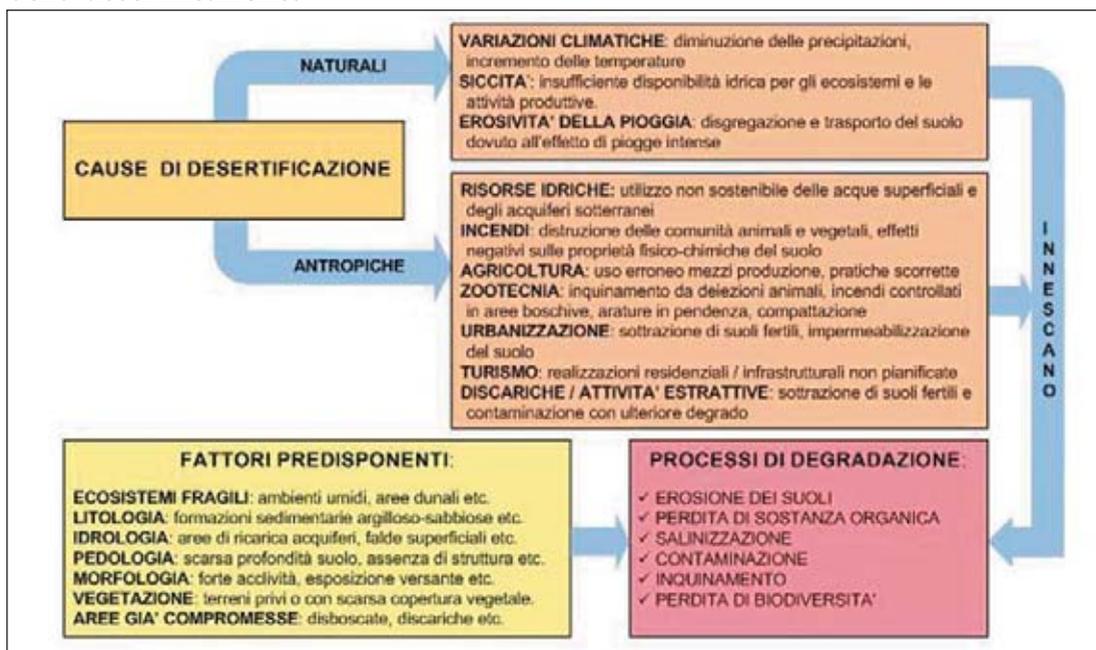
no quindi fortemente dalle variazioni del clima ma sono dovuti anche ad un uso non sostenibile delle risorse naturali, tra cui grande rilievo assumono lo sfruttamento intensivo dei terreni e delle risorse idriche (Figura 2.1).

In Italia, alcune porzioni del territorio presentano caratteristiche climatiche di aridità, con un progressivo accentuarsi del fenomeno a causa dell'aumento delle temperature accompagnato da una diminuzione delle precipitazioni e da una modifica del loro andamento, e con l'ulteriore presenza di zone di intensa urbanizzazione, di degrado delle caratteristiche dei terreni dovute a cause molteplici, fra cui pratiche agricole scorrette, incendi boschivi, salinizzazione della falda, ecc. I cambiamenti climatici in corso stanno inequivocabilmente aumentando il rischio di desertificazione in tutto il territorio

nazionale, e non solo nelle regioni meridionali tradizionalmente più a rischio.

L'Atlante Nazionale della Desertificazione stima che il 51,8% dell'intero territorio nazionale è a rischio di desertificazione, a causa di fattori climatici e pedologici. Rientrano in questa stima le intere aree di Sicilia, Sardegna, Puglia, Calabria, Basilicata e Campania, nonché parte di Lazio, Abruzzo, Molise, Toscana, Marche e Umbria. È importante osservare che, ad oggi, il 4,3% dell'intero territorio nazionale presenta terreni con sterilità funzionale e il 12,3% è vulnerabile alla desertificazione. Secondo quanto riportato nell'Atlante Nazionale, il processo più diffuso è l'erosione idrica del suolo. Frane e alluvioni, diminuzione della sostanza organica, perdita di biodiversità sono processi in buona parte legati all'erosio-

Figura 2.1: Ipotesi di dinamiche ambientali ed antropiche connesse al fenomeno della desertificazione.



Fonte: Elaborazione APAT da Sciortino et al., 2000

ne idrica. L'inaridimento del suolo dovrebbe essere considerato come una minaccia specifica, anche perché potrebbe crescere notevolmente, a seguito dei cambiamenti climatici e di uso del suolo. L'uso di acque di irrigazione può contribuire alla diminuzione di sostanza organica e all'accumulo di sali nel suolo. I processi di salinizzazione, alcalinizzazione e sodificazione sono diffusi non solo nelle aree costiere, ma anche in dipendenza della litologia, dell'uso del suolo e dei processi di erosione del suolo.

2.2 Lo stato delle conoscenze sul Mediterraneo e l'Italia

Il bacino del Mediterraneo rappresenta uno degli *hot spot* per quel che riguarda le variazioni climatiche e i loro impatti sulla desertificazione. Uno degli aspetti più preoccupanti, è dato dal fatto che se anche si smettesse le emissioni di gas serra, a causa dell'inerzia insita nel sistema clima il riscaldamento globale si avrebbe lo stesso.

In particolare, gli scenari climatici presentati nell'ultimo rapporto dell'IPCC e altri scenari al 2100 dei maggiori centri internazionali di ricerca sul clima mostrano per il bacino del Mediterraneo un aumento della temperatura media, una riduzione delle precipitazioni medie annue e una conseguente riduzione delle disponibilità idriche. In Italia tali fenomeni interesseranno principalmente le zone interne, la Sicilia e la Sardegna. Inoltre, anche se difficilmente stimabili nella quantità e frequenza, le informazioni scaturite dall'analisi delle serie storiche di dati meteorologici fanno prevedere un aumento degli eventi estremi, sia nel numero di episodi alluviona-

li, sia nella durata e frequenza di periodi siccitosi.

Come conseguenza, aumenterà la vulnerabilità degli ecosistemi naturali e agrari. Gli incendi estivi e l'alternanza di episodi alluvionali e di periodi fortemente siccitosi, l'innalzamento previsto dei mari e la salinizzazione delle falde e dei terreni prossimi alla costa, aumenteranno il degrado e la perdita di suolo e di vegetazione, portando ad un aumento della sensibilità del territorio italiano ai processi di desertificazione.

Le attività agricole e forestali, ovvero l'insieme delle azioni umane responsabili per l'utilizzo del 40% del suolo e del 70% delle risorse idriche rinnovabili a fini produttivi, giocano un ruolo sia attivo (agenti antropogenici di aumento delle emissioni) che passivo (settori maggiormente a rischio di impatto per le emissioni di gas serra) nell'ambito dei cambiamenti globali. L'agricoltura è responsabile per il 25% delle emissioni di CO₂, per il 50% delle emissioni di CH₄, e per il 75% per il rilascio di N₂O. Se da un lato sarà possibile l'aumento delle aree coltivabili per alcune colture (coltivare il mais in aree a latitudini più alte), l'allungamento del periodo di crescita (specialmente per alcuni vitigni, ecc.), dall'altro si avrà una minore disponibilità idrica e maggiori *stress* termici, e per alcune colture periodi di crescita più brevi.

2.3 I principali indicatori italiani

La valutazione della desertificazione richiede l'identificazione di opportuni indicatori che in riferimento alle varie scale spaziali e temporali forniscano un quadro dello stato e dell'evoluzione dei processi in atto. La UNCCD

ha identificato nell'ambito delle procedure per la valutazione dello stato di attuazione dei Programmi di Azione Nazionale un primo set di indicatori ambientali e socio-economici da utilizzare a scala nazionale. La forte disomogeneità della situazione delle regioni italiane ha reso necessario disaggregare gli indicatori richiesti dalla UNCCD su scala regionale. Gli indicatori richiesti sono relativi a clima, uso del territorio, copertura vegetale, risorse idriche, degrado del suolo, riabilitazione di aree degradate, energia, economia, popolazione e sviluppo umano. Lo stato e l'evoluzione del *clima* è rappresentato in modo efficace dagli indici di aridità e di siccità. Il quadro aggiornato della situazione dell'aridità è basato su dati riferiti al periodo 1951-2000 (Figura 2.2).

Dal quadro della situazione climatica nazionale si evince che le regioni Sicilia, Sardegna e Puglia sono maggiormente interessate dalle condizioni di aridità e che anche altre regioni ed aree costiere sono interessate con minore intensità al fenomeno. L'aridità è aumentata fra il 1951 ed il 2000 su tutto il territorio nazionale con particolare intensità in Sicilia e Sardegna, ma anche nelle zone costiere del centro. La valutazione dell'aridità a scala nazionale¹ fornisce un quadro esauriente ed aggiornato per il contesto della UNCCD. Per una valutazione quantitativa degli impatti a livello territoriale l'utilizzo dei dati a scala regionale e sub-regionale permette di quantificare l'entità delle superfici interessate. Dai dati di *fonte UCEA* relativi alla regione Sicilia riportati in Figura 2.3, si evince che l'e-

Figura 2.2: Distribuzione nazionale delle superfici semi aride e sub-umide e umide



Fonte: Progetto Climagri, UCEA

¹ La valutazione a scala nazionale ha utilizzato i dati di 80 stazioni termo-pluviometriche della rete agrometeorologica nazionale.

stensione delle superfici umide nel periodo 1971-2000 è inferiore al 10% del territorio regionale, le zone sub-umide secche sono superiori al 50% e le zone semi aride circa il 40%.

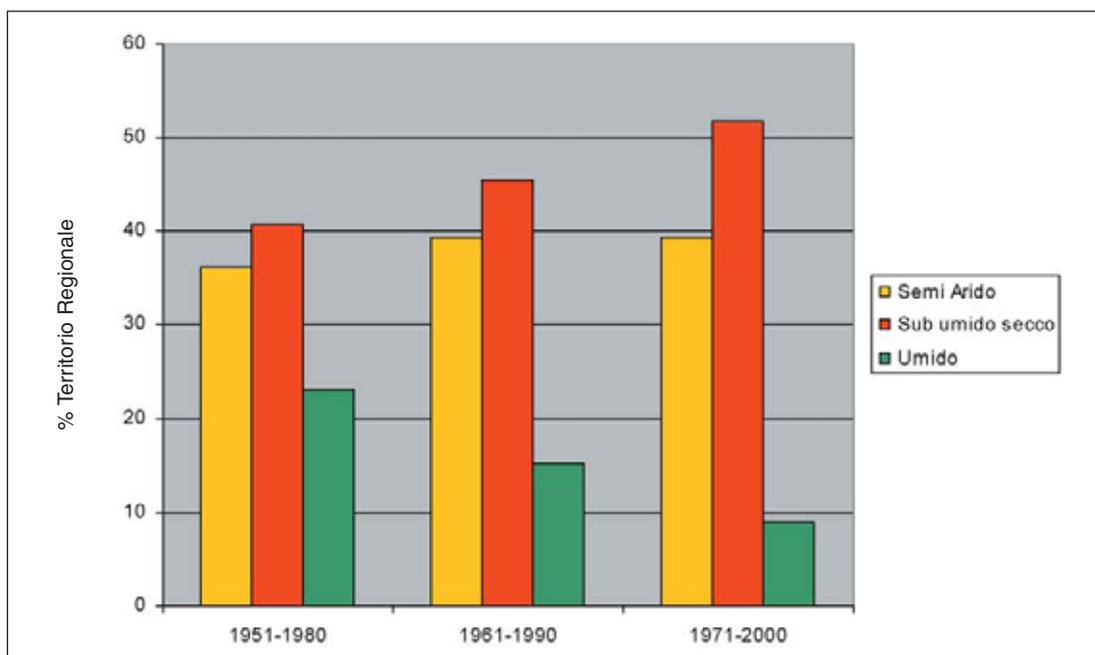
Per la regione Sicilia è stata realizzata una valutazione a scala regionale aggiornata al 2000 (Figura 2.4) basata su dati delle stazioni termo-pluviometriche² del Servizio Idrografico Regionale. La disponibilità di lunghe serie di dati termo-pluviometrici ha consentito di valutare l'evoluzione dell'indice di aridità nel periodo compreso fra il 1930 ed il 2000.

Dal confronto fra la stima dell'aridità della

figura 2.3 e figura 2.4 si desume che le valutazioni effettuate a scala nazionale differiscono da quella realizzate a scala regionale con discrepanze anche dell'ordine del 50%. È evidente quindi la necessità di approfondire lo studio degli indicatori climatici per le stime a scala regionale specialmente per le valutazioni e per le validazioni di previsioni modellistiche applicate a contesti territoriali specifici.

La siccità costituisce un rischio ambientale che interessa tutto il territorio nazionale caratterizzato da un impatto ambientale, economico e mediatico di notevole rilevanza. Nell'ambito della lotta alla desertifica-

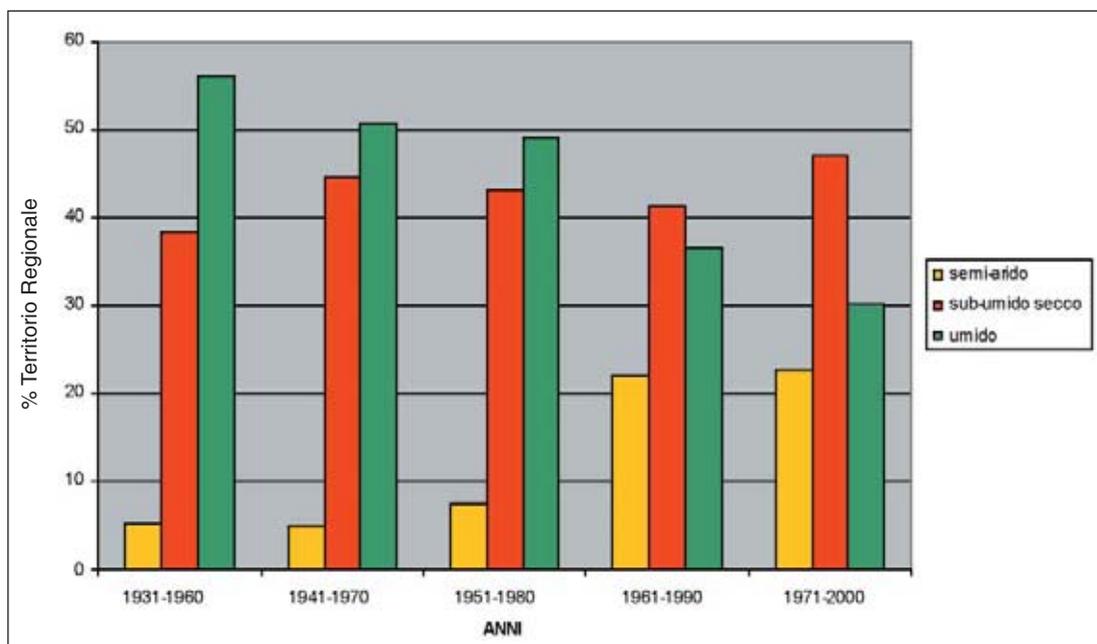
Figura 2.3: Variazioni nella regione Sicilia della percentuale di territorio nelle classi di aridità



Fonte: Progetto Climagri, UCEA

² La valutazione dell'indice di aridità in Sicilia ha utilizzato 47 stazioni termo-pluviometriche utilizzando il metodo di Penmann-Montheith.

Figura 2.4: Variazione della percentuale di territorio della regione Sicilia interessata da condizioni di aridità



Fonte: Elaborazione ENEA sui dati del Servizio Idrografico regionale Siciliano

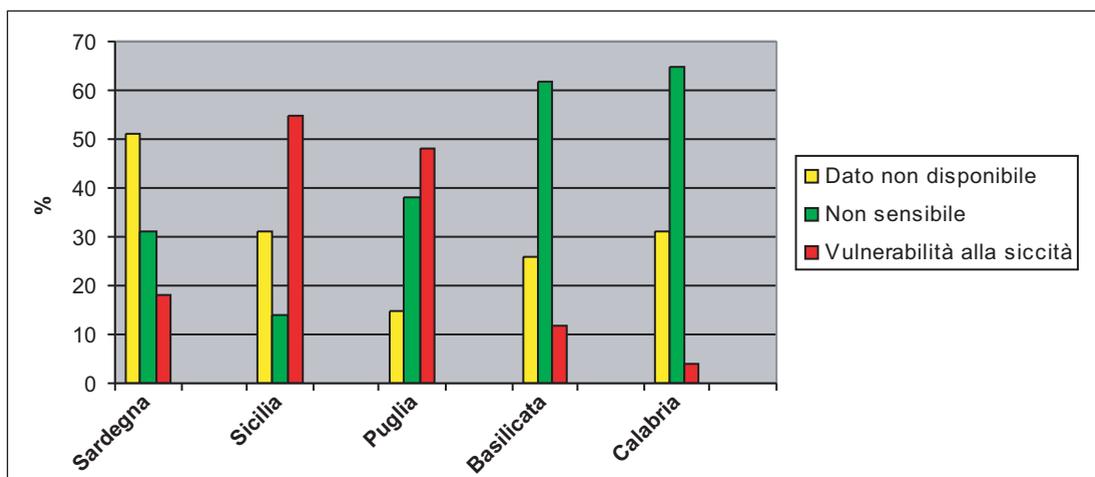
zione la siccità ha una grande rilevanza e anche nella normativa comunitaria si stanno concertando iniziative per prevenire e mitigare gli effetti di questa forma di rischio dopo le crisi che hanno colpito anche paesi del nord Europa. Sulla base di una definizione che assume una soglia di suolo secco superiore a 105 giorni, l'Atlante Nazionale delle aree a rischio di desertificazione ha ottenuto i risultati riportati in Figura 2.5.

Non esistono attualmente valutazioni complete dell'evoluzione temporale di indicatori di siccità a scala regionale per verificare gli indicatori di siccità presentati dall'Atlante Nazionale. Nell'ambito degli studi di climatologia, le analisi realizzate da vari autori (Brunetti, Colacino, Nanni, Maugeri) sulle lunghe serie storiche di precipitazione disponibili sul territorio naziona-

le concordano nella diagnosi di una riduzione delle precipitazioni a scala annuale e mensile.

La copertura del suolo costituisce un dato di natura socio-economica di fondamentale importanza ai fini della valutazione della desertificazione. I dati disponibili per valutare la copertura del suolo provengono dal Corine Land Cover relativamente agli anni 1990 e 2000. Un ulteriore fonte di informazioni è rappresentata dalla banca dati realizzata dall'Istituto Nazionale per Economia Agraria (INEA) nelle regioni ad obiettivo 1, e finalizzata a fornire un quadro conoscitivo sull'utilizzazione delle risorse idriche per scopi irrigui. I dati dell'INEA forniscono un quadro di maggiore dettaglio rispetto a quello realizzato dal progetto Corine in quanto la superficie minima utilizzata arriva sino al dettaglio di 6,25 ha (contro i

Figura 2.5: Percentuale di aree affette da siccità potenziale nel periodo 1961-1990 (> 105 giorni di suolo secco)



Fonte: Istituto Difesa del Suolo, Firenze

25 ha del Corine) e la legenda è maggiormente dettagliata per le coperture del suolo di tipo agricolo e forestale.

Il settore delle *risorse idriche* è caratterizzato dalla frammentazione delle informazioni per settori di utilizzo. I Piani di tutela delle acque istituiti dalla legge 152/99 e successivamente dalla direttiva Quadro sulle Acque 2000/60CE prevedono una pianificazione delle risorse idriche nel contesto territoriale dei bacini idrografici e dei distretti idrografici. In molte regioni l'elaborazione e l'approvazione dei piani di tutela delle acque è ancora in corso.

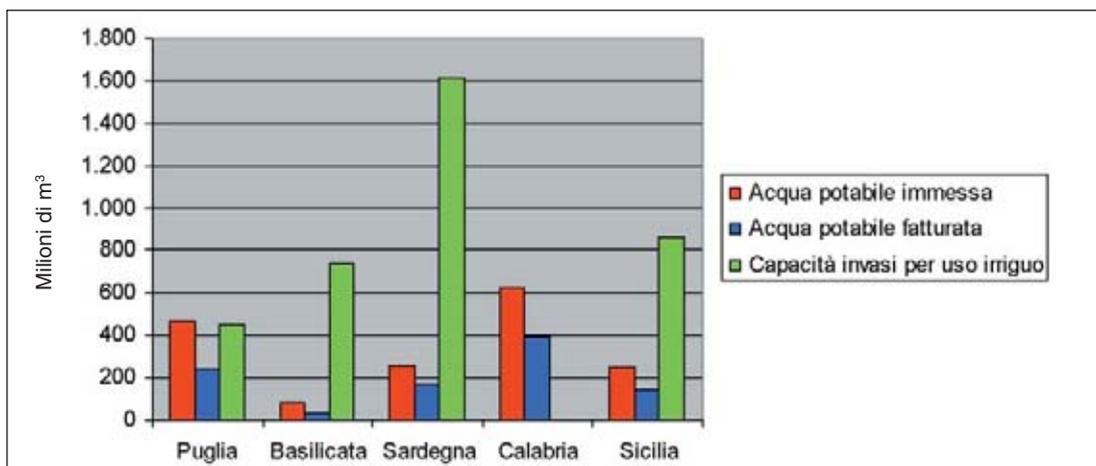
La capacità di accumulo negli invasi è in parte utilizzata anche per approvvigionare il settore civile e specialmente in anni di siccità la quota destinata all'agricoltura viene ridotta dando la priorità all'approvvigionamento potabile. I Consorzi di Bonifica registrano annualmente l'acqua disponibile negli invasi prima della stagione irrigua per la programmazione della distribuzione.

2.4 Gli impatti

La valutazione degli attuali impatti di tipo bio-fisico e socio-economico delle variazioni climatiche e della desertificazione richiede la disponibilità di serie storiche di dati che permettano di *verificare l'entità dei processi in atto*. La disponibilità di dati costituisce spesso un limite alla conoscenza quantitativa dei fenomeni. Fra i possibili indicatori si possono considerare l'indice di vegetazione *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) e l'indice di povertà della popolazione.

Una prima valutazione della variazione temporale dell'indice NDVI è stato ottenuto dai dati del satellite NOAA-AVHRR che ha una risoluzione spaziale di 1,1 km². La superficie regionale coperta dalla vegetazione naturale è stata selezionata, sulla base del CORINE Land Cover 2000, e per ogni regione è stata valutata, su tali superfici, l'evoluzione dell'indice NDVI nel periodo compreso fra il 1986 ed il 2000 sulla base di 105 immagini satel-

Figura 2.6: Stima delle quantità di acqua potabile disponibile ed utilizzata per usi civili



Fonte: ISTAT 1999 e INEA 2000

litari opportunamente selezionate in base all'assenza di copertura nuvolosa.

I risultati mostrano un incremento dell'indice NDVI in tutte le aree oggetto del rilevamento (Figura 2.7). Tale incremento è attribuibile all'effetto combinato della ricolonizzazione della vegetazione naturale delle aree precedentemente utilizzate da attività produttive e all'effetto dell'incremento della concentrazione atmosferica *fertilizzante* dell'anidride carbonica. L'incremento dell'NDVI indica un incremento della biomassa, ma ulteriori analisi sono necessarie per interpretare questo risultato in termini di diagnosi dello stato del territorio nelle aree con vegetazione naturale. Sarà infatti necessario valutare nel dettaglio delle regioni quanto le variazioni dell'NDVI osservate siano correlate ai trend climatici e quanto a variazioni di composizione della vegetazione e dell'uso del suolo.

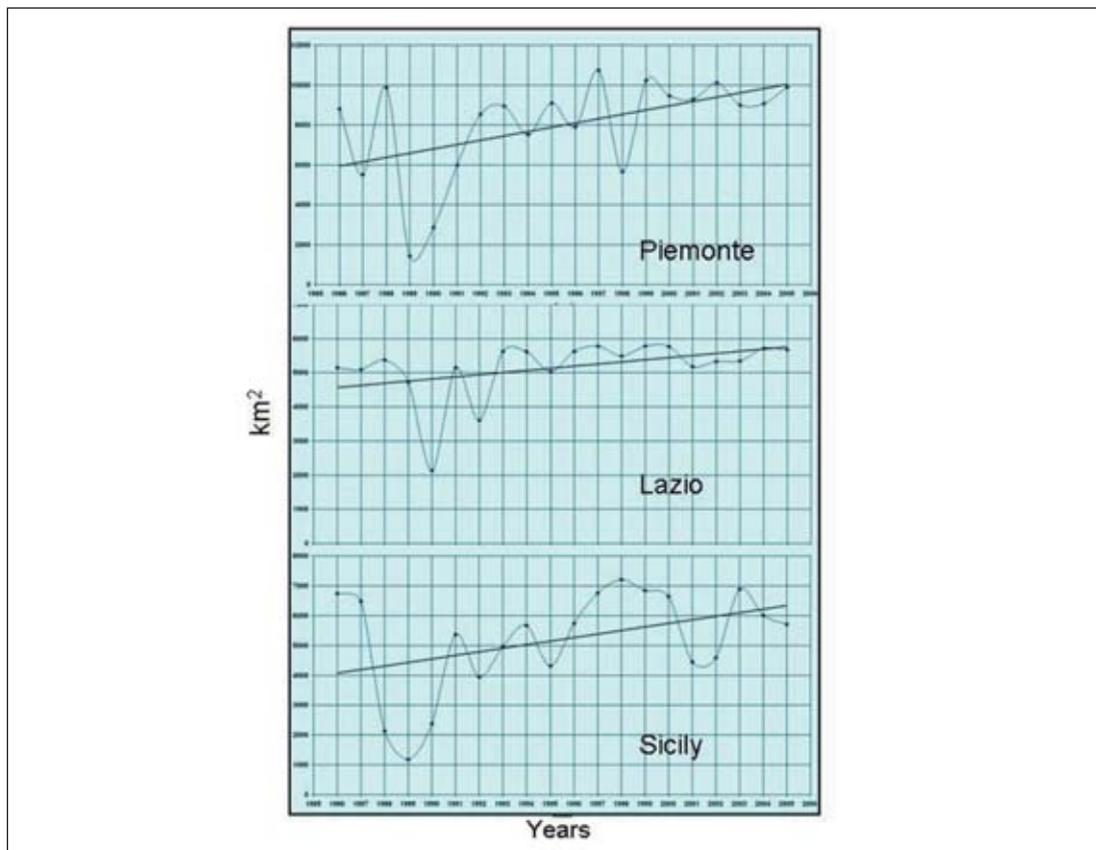
Fra gli indicatori economici di impatto della desertificazione l'UNCCD include il reddito *pro capite* che nel caso italiano ha senso analizzare a scala regionale piuttosto che nazionale. A fronte di un reddito medio *pro capite* nazionale di 20.195,7 euro (valori correnti anno 2000) il reddito *pro capite* delle regioni maggiormente interessate dalla desertificazione è rispettivamente:

– Puglia	13.413,9 €
– Basilicata	14.308,5 €
– Calabria	12.419,9 €
– Sicilia	13.236,0 €
– Sardegna	15.135,1 €

Il forte divario rispetto alla media nazionale è solo in minima parte rappresentativo del disagio sociale delle regioni considerate. Dai dati ISTAT relativi al tasso di povertà³, emer-

³ Per famiglia povera si intende una famiglia di due componenti con spesa media mensile *pro capite* inferiore o pari a 919,98 euro (valori relativi al 2004). Per famiglie di diversa ampiezza vengono applicate opportune scale di equivalenza

Figura 2.7: Variazione dei valori massimi di NDVI dal 1986 al 2000 per tre regioni campione



Fonte: ENEA 2006

ge infatti che il reddito medio è distribuito in modo di gran lunga più disuguale rispetto alla media nazionale. Nel 2002 le famiglie povere in Italia erano l'11%, con forte squilibrio fra regioni del Nord (5%) e Mezzogiorno (22,4%). Nelle regioni prese in esame il tasso di povertà è:

- Puglia 21,4%
- Basilicata 26,9%
- Calabria 29,8%
- Sicilia 21,3%
- Sardegna 17,1%

Ad eccezione della Sardegna, il tasso di pover-

tà di tutte le regioni interessate da processi di desertificazione è prossimo o superiore non solo al valore nazionale ma anche a quello medio delle regioni del Mezzogiorno (22,4%). Dalla lettura incrociata di dati ambientali ed economici, risulta che le Regioni più vulnerabili al fenomeno della desertificazione sono quelle dove la percentuale del PIL regionale prodotto dal settore agricolo ha un peso maggiore. Il fenomeno è evidenziato in Figura 2.8 ottenuta come media del periodo 1995-2002 del Prodotto Interno Lordo regionale a prezzi 95, al netto del contributo della P.A.

La Figura 2.8 evidenzia che l'importanza economica del settore agricolo, comprensivo dell'allevamento nel Meridione è molto più alto rispetto alle media italiana e che pertanto il potenziale impatto dei fenomeni di degrado e desertificazione sull'economia delle regioni meridionali può essere valutato considerando che i redditi medi percepiti in agricoltura nelle regioni meridionali sono la metà di quelli mediamente esistenti nell'agricoltura del resto d'Italia.

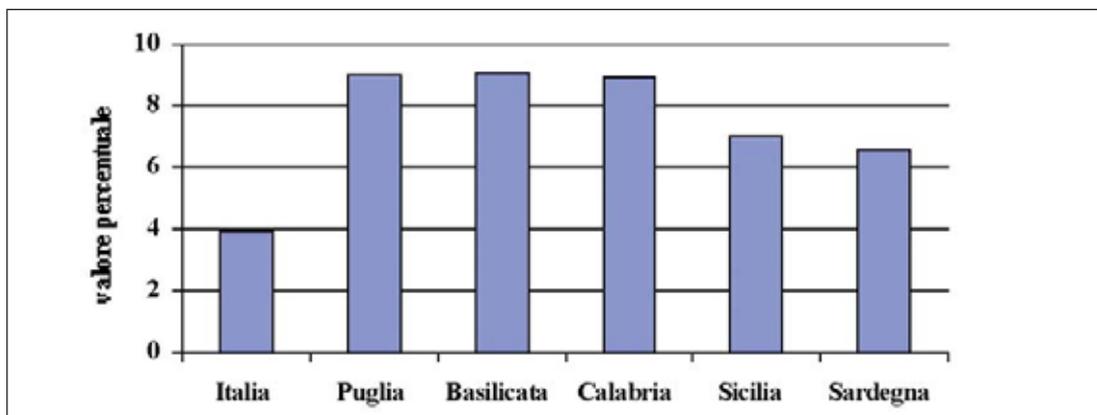
Più del 50% degli occupati complessivi del settore agricolo in Italia si trovano nel meridione a fronte di un valore della produzione che è meno della metà (circa del 40% del totale nazionale). Ciò significa che l'impatto dei fenomeni di degrado sul tessuto sociale ed economico è potenzialmente rilevante e che le aziende agricole non potranno sopportare ulteriori aumenti dei costi di produzione. Una minor produzione agricola, legata a una minor occupazione potrebbe avere ulteriori effetti negativi sul piano distributivo e della povertà, oltre che sul PIL regionale.

Gli studi Istat (2002), mettono in luce che la percentuale di famiglie povere nel meridione è notevolmente più alto rispetto alla media delle altre aree geografiche Italiane (Figura 2.9).

Poiché la percentuale nel Mezzogiorno degli occupati nel settore agricolo in senso stretto è il triplo rispetto al resto d'Italia, riduzioni della produttività avrebbero nel Mezzogiorno un effetto di impoverimento triplo rispetto a quello che avrebbero nel resto d'Italia. In considerazione della circostanza che i redditi agricoli sono i più bassi rispetto a tutti gli altri, è lecito pensare che l'effetto non sarebbe solo rilevante in termini di "povertà relativa", ma anche in termini di povertà assoluta, al di sotto cioè del limite minimo di sussistenza.

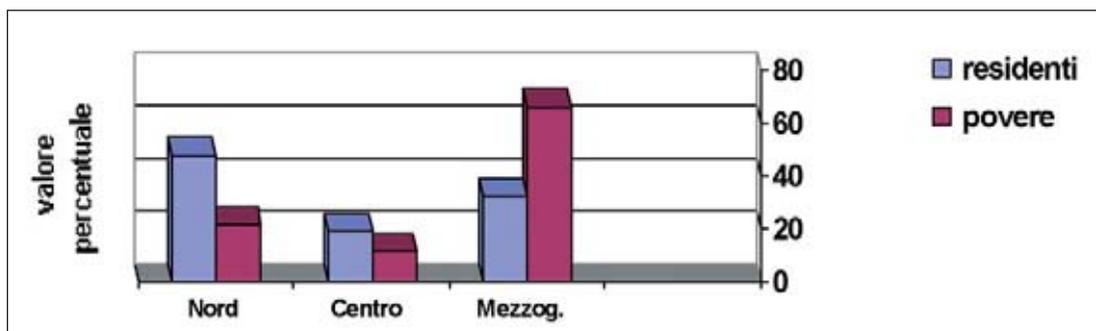
La recente pubblicazione della Strategia tematica per la protezione dei suoli della Commissione dell'UE rappresenta un importante riferimento per la definizione dei processi e degli indicatori più rilevanti nel contesto territoriale italiano. Sebbene i processi di

Figura 2.8: Media percentuale del prodotto agricolo rispetto al PIL in alcune regioni al netto della P.A. (periodo 1995-2002)



Fonte: ISTAT

Figura 2.9: Percentuale delle famiglie residenti e percentuale delle famiglie con spesa inferiore alla media nazionale per grandi ripartizioni geografiche (anno 2002)



Fonte: ISTAT

degrado del suolo siano molteplici quelli ritenuti prioritari dalla Strategia Tematica sono:

- contaminazione locale e diffusa del suolo;
- diminuzione di materia organica;
- erosione.

Relativamente alla contaminazione locale e diffusa del suolo, il DM Ambiente 471/99 ha istituito un sistema di anagrafe regionale dei siti contaminati che è stato avviato in alcune regioni ma non in Puglia, Sicilia, Sardegna, Calabria e Basilicata. Non esiste purtroppo ancora un sufficiente livello di informazione per valutare la reale entità ed estensione delle aree contaminate (Annuario APAT 2002).

Il contenuto di sostanza organica è stato misurato in Italia in 6.679 punti relativi ad aree agricole. Le misure e lo studio realizzato dall'*European Soil Bureau* indicano che i livelli di contenuto di sostanza organica dei suoli in Italia è compreso nell'intervallo 1 e 2% come prevedibile per una zona mediterranea con clima secco e caldo. Nella pianura Padana, in Puglia, Sicilia e Sardegna si riscontrano suoli con contenuto di sostanza organica inferiore all'1% e quindi molto vulnerabili al degrado.

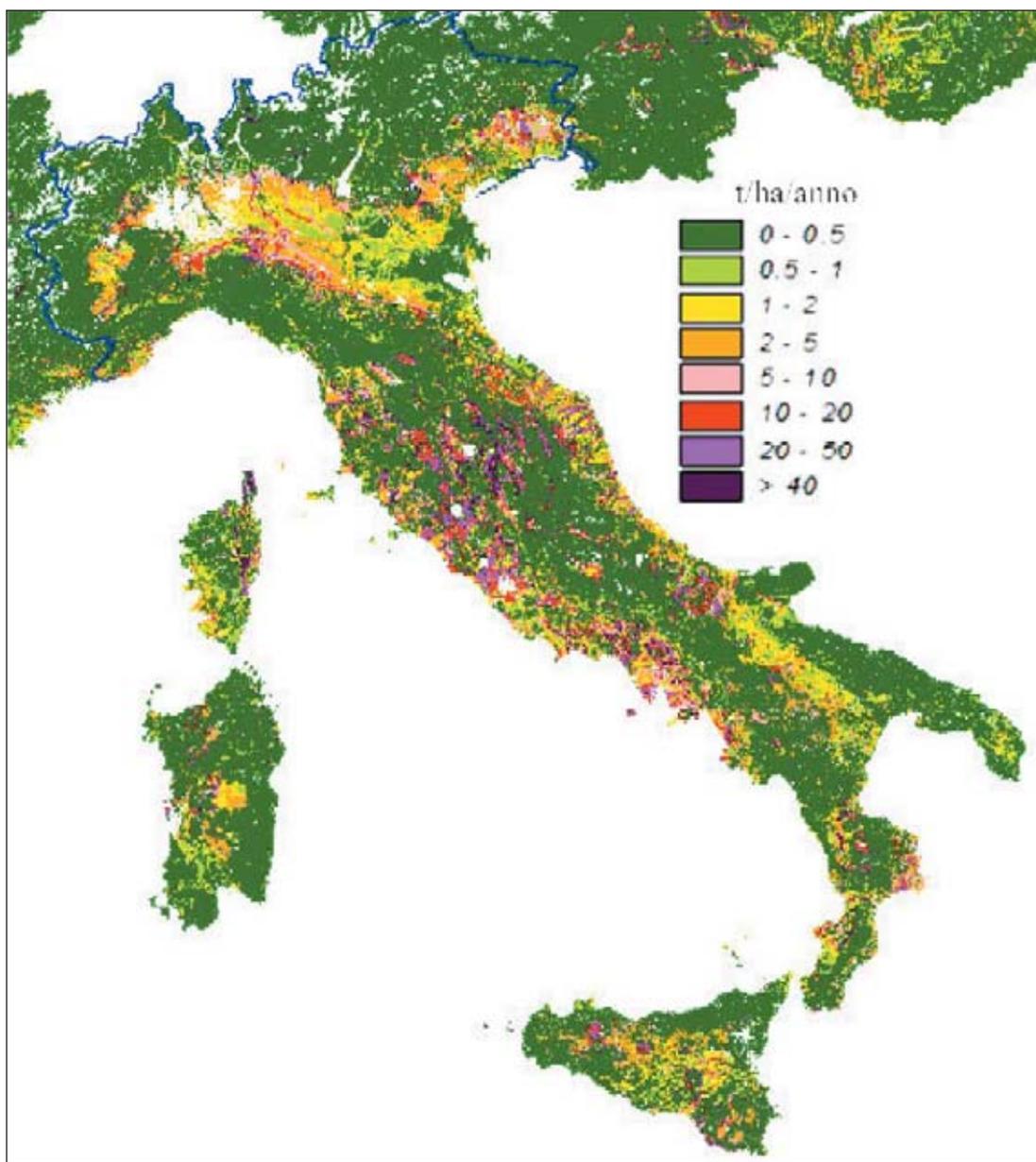
Maggiori informazioni sono attualmente dis-

ponibili sull'intensità e l'estensione dei fenomeni di erosione idrica. Le valutazioni disponibili a scala regionale e nazionale sono il risultato di simulazioni modellistiche realizzate nell'ambito di progetti di ricerca europei. Sono attualmente disponibili le rappresentazioni cartografiche riportate nelle Figure 2.10 e 2.11. La Figura 2.10 riporta i risultati sul rischio di erosione secondo il modello PESERA (*Pan European Soil Erosion Risk Assessment*), metodologia che combina gli effetti topografici, climatici e pedologici in un indice integrato di erosione potenziale; i risultati di questo lavoro evidenziano la presenza di fenomeni erosivi che, seppur lievi, interessano anche aree di pianura.

La Figura 2.11 illustra l'elaborazione prodotta dall'*European Soil Bureau* del Centro di Ricerca di Ispra. Lo studio si è basato sulla determinazione del rischio di erosione potenziale ed effettivo utilizzando la *Universal Soil Loss Equation* (USLE), opportunamente modificata per poterla adattare alle condizioni dell'Italia (climatiche, pedologiche, ecc.).

Le due valutazioni sono molto diverse fra loro. Il modello PESERA (Figura 10) indica la presenza di aree ad alto rischio con perdite di

Figura 2.10: Rischio di erosione in Italia secondo il modello PESERA (European Soil Bureau)

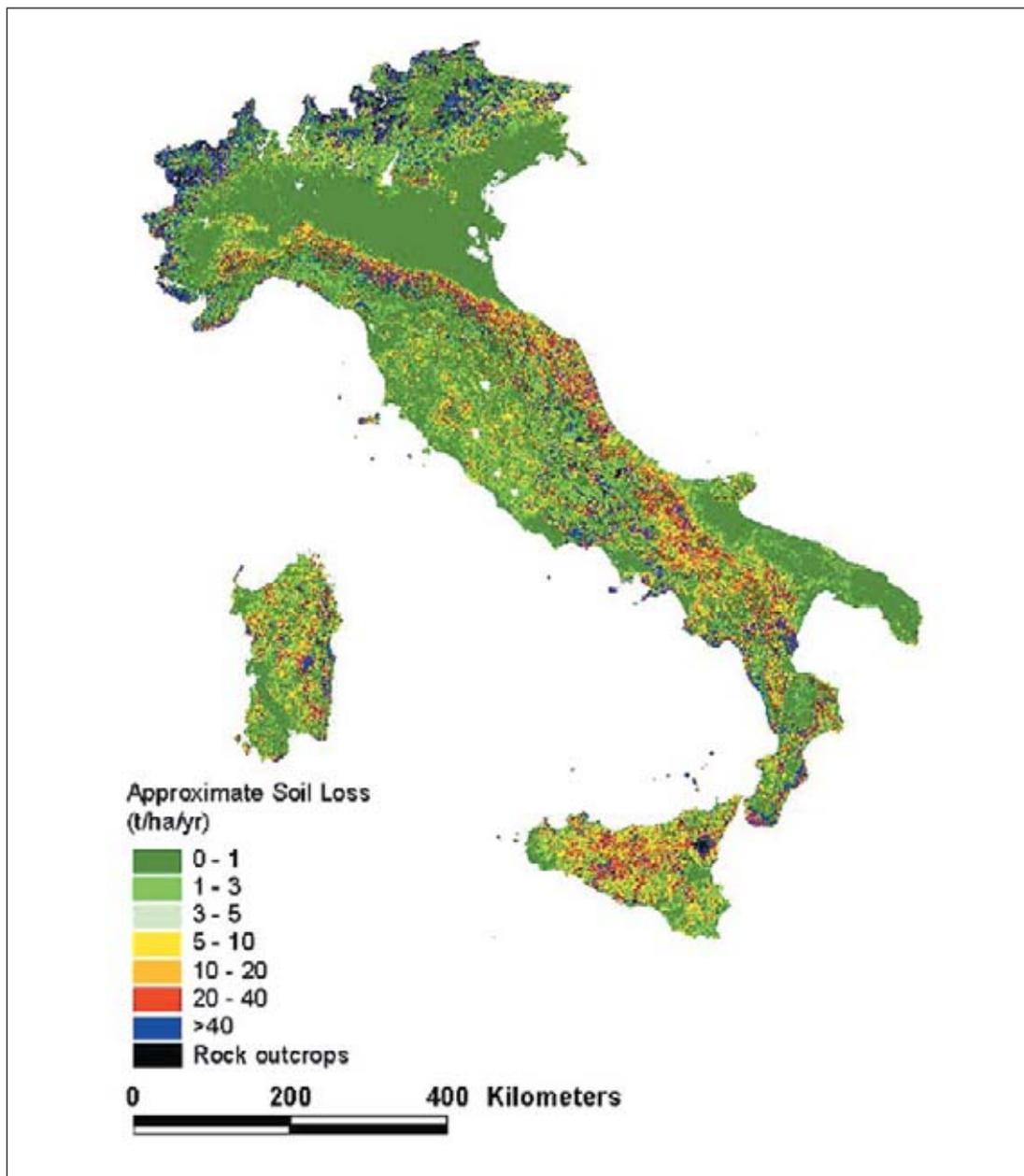


Fonte: European Soil Bureau – JRC Ispra

suolo superiori a 2 ton/ha/anno anche in zone pianeggianti mentre la valutazione dell'European Soil Bureau (Figura 2.11) indica

come zone a rischio maggiore, quelle montane alpine ed appenniniche. La discrepanza fra i due risultati dimostra l'incertezza che ancora

Figura 2.11: Valutazione del rischio di erosione in Italia



Fonte: European Soil Bureau – JRC Ispra

esiste sulla valutazione di questo fenomeno e la necessità di procedere ad una validazione delle valutazioni attualmente disponibili.

Sulla base dei risultati dell'Atlante Nazione della Desertificazione, prodotto da CRA-ISSDS, risulta che almeno il 21.3% della copertura

pedologica nazionale soffre di uno o più processi di degradazione del suolo (41.1% del centro e sud Italia). L'erosione idrica del suolo è il processo più diffuso; frane e alluvioni, diminuzione della sostanza organica, perdita di biodiversità sono processi in buona parte legati all'erosione idrica.

L'erosione è aggravata dall'inacidimento del suolo, e cioè dal numero di giorni in cui il suolo non è bagnato. Il diradarsi delle precipitazioni, accompagnato dalla presenza di eventi intensi e limitati nel tempo e dalla perdita di sostanza organica, aumenta la fragilità del suolo e lo rende più vulnerabile a fenomeni erosivi e alla conseguente desertificazione.

2.5 Strategie e azioni di riduzione della vulnerabilità e di adattamento

I programmi e le azioni di adattamento devono tener conto delle diverse capacità di adattamento di individui e gruppi, in particolare nel caso in cui esistano specifiche condizioni aggiuntive avverse (ambientali, sociali ed economiche). Limiti e barriere all'adattamento sono quindi insiti sia nella capacità degli ecosistemi stessi ad adattarsi al tasso ed all'intensità dei cambiamenti climatici sia ai vincoli a carattere tecnologico, finanziario, economico, sociale e culturale.

La predisposizione di strategie e piani di adattamento naturalmente dovrebbe essere basata su indicatori di vulnerabilità del territorio, nel caso della desertificazione, a scala locale. Solo a tale scala può essere colta la variabilità di gran parte dei fattori di vulnerabilità del suolo che definiscono la desertificazione (perdita di produttività ecologica, per esempio) e solo a scala locale possono essere efficaci pro-

grammi ed azioni di adattamento, purché ovviamente inseriti in un quadro programmatico nazionale ed integrato. La loro efficacia poi è strettamente connessa alle conoscenze disponibili in merito ai fenomeni in atto, agli effetti delle azioni di adattamento ed alla loro evoluzione. Sono pertanto necessari sforzi ed impegni per indirizzare e sostenere la ricerca scientifica e tecnologica verso una continua attenzione, un continuo monitoraggio dei risultati delle azioni di adattamento ed una continua valutazione degli effetti diretti ed indiretti, delle loro eventuali sinergie o sbilanciamenti sia nei sistemi naturali che nella valutazione di costi economici e sociali.

Con riferimento ai fenomeni di desertificazione, le strategie di riduzione della vulnerabilità della desertificazione e quelle di adattamento ai cambiamenti climatici negli impatti sul suolo si intersecano e si sovrappongono, spesso con un effetto sinergico. Comunque, la definizione di opzioni di adattamento deve tener conto delle relazioni tra queste e le opzioni di riduzione della vulnerabilità, con i diversi tipi di interrelazione che possono verificarsi (influenza diretta tra riduzione della vulnerabilità e adattamento, sinergie e vantaggi comuni, ecc.). Le opzioni di adattamento devono quindi comprendere, oltre ad indicazioni tecniche e accordi istituzionali, la possibilità di accedere a strumenti economici che ne incentivino l'adozione per tutti gli attori coinvolti, pubblici e privati. Una politica di adattamento deve considerare la necessità di mettere insieme comportamenti ed azioni individuali di soggetti privati effettivamente e potenzialmente colpiti, accordi sottoscritti da comunità locali colpite e politiche nazionali, opportunamente inserite in un quadro internazionale di accordi.

La principale strategia di riduzione della vulnerabilità e di adattamento alla desertificazione e agli impatti dei cambiamenti climatici sul degrado del territorio è stata finora costituita dall'attuazione del Programma di Azione Nazionale di Lotta alla Desertificazione (PAN), che ha previsto un sistema articolato di azioni tenendo conto dei principi dello sviluppo sostenibile e che attribuisce a Regioni ed Autorità di Bacino, secondo le rispettive funzioni, l'elaborazione e l'attuazione di misure specifiche a carattere agronomico, forestale, civile e sociale, accompagnate e sostenute da specifici piani di informazione, formazione ed educazione, in alcuni settori individuati come prioritari:

- protezione del suolo;
- gestione sostenibile delle risorse idriche;
- riduzione dell'impatto delle attività produttive;
- riequilibrio del territorio.

Il PAN aveva già previsto, in un'ottica integrata di intervento, tra l'altro, interventi nelle aree agricole a produzione intensiva e marginali e in quelle a rischio di erosione accelerata, nelle zone degradate da contaminazione, inquinamento, incendi, nelle aree incolte e abbandonate. Inoltre, sono stati previsti possibili interventi per una maggiore efficienza della rete di distribuzione dell'acqua nonché il controllo e la razionalizzazione dei suoi usi, seguendo gli strumenti individuati dalle nuove direttive europee (adozione dei piani di tutela delle acque e degli strumenti per la pianificazione del bilancio idrico). Per le pratiche agricole, sono stati previsti sistemi agricoli maggiormente compatibili con l'ambiente, con una migliore razionalizzazione dell'uso dell'acqua, il recupero del

valore produttivo, paesaggistico e naturalistico di zone compromesse dalle attività antropiche, attraverso opere di bonifica o l'attuazione di politiche di sistema per le aree limitrofe marginali.

La lotta alla desertificazione viene comunque vista come strettamente connessa alle forme di degrado del suolo e alla gestione delle risorse idriche, individuando congiuntamente i fenomeni conseguenti agli eventi di siccità. Inoltre, si tiene conto della specificità dei fenomeni di desertificazione che assumono caratteristiche diverse a secondo della specifica situazione locale nella quale si manifestano, pur nella sua diffusione a livello globale. Il PAN è stato approvato dal CIPE nel 1999. Alcune azioni pilota sono state avviate per iniziativa del Comitato Nazionale per la lotta alla desertificazione nel 2005 e nel 2006 nelle cinque regioni maggiormente colpite.

La nuova Direttiva sulla protezione del suolo, in fase di elaborazione dall'UE, costituisce una preziosa opportunità per avviare azioni di monitoraggio e protezione dei suoli e quindi di lotta alla desertificazione. In particolare, le misure per la lotta alla desertificazione includono azioni di livello strategico e tecnico da applicare nelle aree che sono affette da processi di desertificazione. Tali misure sono di prevenzione (pratiche gestionali per la protezione e l'uso razionale del suolo, delle risorse idriche, della vegetazione, del territorio e degli ecosistemi), di mitigazione (pianificazione integrata per l'uso del suolo e applicazione di sistemi di uso sostenibile della risorsa suolo) e di ripristino (una volta che alcune soglie sono superate, anche se sono rimosse le cause di degradazione, questa può essere contrastata solo attraverso azioni di ripristino). La reintrodu-

zione di specie di interesse o l'aumento della copertura vegetale sono solo un surrogato dell'obiettivo reale: ripristinare la funzionalità dell'ecosistema, facilitando meccanismi di auto sostentamento.

La Direttiva, pur non definendo le azioni di lotta alla desertificazione in maniera vincolante, indica che per una politica di protezione del suolo mirata ed efficace è necessario sapere dove sta avvenendo il degrado. È risaputo che alcuni processi di degrado come l'erosione, la diminuzione della materia organica, la compattezza, la salinizzazione e le frane si verificano solo in determinate aree che corrono rischi maggiori e per questo è necessario individuare tali aree a rischio e, se occorre, identificare "aree pilota", specie nel caso della perdita di biodiversità del suolo e dell'aridità e siccità che causano desertificazione. Lo stesso approccio dovrebbe essere riservato ai processi relativi all'aridità e alla siccità che possono indurre alla desertificazione.

In riferimento all'acqua, la Commissione Europea dà indicazioni per quanto riguarda la scarsità della risorsa idrica e la siccità. Pur non completamente considerando l'ultimo rapporto IPCC in cui si prevede che circa 1,1-3,2 miliardi di persone soffriranno la *water scarcity* se le temperature saliranno tra 2 e 3°C e che entro il 2050 in alcuni bacini idrografici ci si aspetta una diminuzione dei deflussi medi superficiali del 10-30%, sicuramente le aree affette da siccità aumenteranno. Tra le misure da adottare è necessario stabilire il giusto prezzo dell'acqua, allocare la risorsa in modo più efficiente, migliorare la gestione del rischio di siccità, aumentare la disponibilità (da considerare come vera ultima opzione), migliorare le *performance* delle tecnologie, stimolare una cultura della "water

conservation", aumentare la conoscenza e il flusso di informazione a tutti i livelli.

Oltre alla protezione dei suoli le strategie di adattamento devono infatti riguardare anche il settore delle risorse idriche includendo nei piani di tutela delle acque anche valutazioni relative agli scenari di cambiamento del clima. I piani di tutela delle acque rappresentano uno strumento di pianificazione che potrebbe guidare l'individuazione di strategie di approvvigionamento e utilizzo della risorsa idrica che minimizzino gli impatti della desertificazione e dei cambiamenti climatici. A questo scopo è da enfatizzare il ruolo dell'irrigazione gestita da consorzi di bonifica rispetto ai prelievi da pozzi privati, che possono provocare salinizzazione (se effettuati a ridosso delle coste) e provocano comunque un abbassamento della falda.

A livello regionale sono stati avviati numerosi progetti di monitoraggio e di azioni di lotta alla desertificazione. È da notare che la desertificazione viene percepita come un fenomeno che interessa, con varia intensità, tutte le regioni. Fra queste:

- l'Abruzzo ha predisposto una propria cartografia sulle aree sensibili alla desertificazione e ha individuato una serie di misure da inserire nel Piano di Tutela delle Acque, nel Piano di Sviluppo Rurale 2007-2013 e nel Piano di Assetto idrogeologico;
- la Calabria ritiene prioritaria l'attenzione sull'erosione, in particolare nelle valli percorse da calanchi. Ha inoltre ugualmente sviluppato una propria cartografia sulle aree sensibili alla desertificazione;
- l'Emilia-Romagna pone l'accento sia sulle zone interne (dissesto idrogeologico dei versanti appenninici) che sulle zone costiere (per progressiva intrusione del cuneo sali-

- no). Sono stati avviati numerosi progetti di monitoraggio, focalizzati principalmente su un uso ottimale della risorsa idrica e sull'utilizzo di pratiche agricole corrette;
- la Lombardia ha realizzato una serie di strumenti operativi per la gestione ottimale delle risorse idriche, anche considerato il fatto che le concessioni superano di gran lunga le disponibilità;
 - la Liguria ha realizzato un proprio programma regionale per una prima indicazione delle aree vulnerabili, ponendo l'accento sulla perdita di sostanza organica con conseguente degrado o parziale modifica della struttura del suolo, a seguito di incendi boschivi o degrado dei muretti a secco, che svolgono una importante funzione di lotta al dissesto idrogeologico e di conservazione del paesaggio;
 - il Piemonte ha sviluppato una cartografia di rischio di desertificazione in aree pilota, con l'obiettivo di definire interventi di recupero e riduzione della vulnerabilità soprattutto attraverso interventi di rimboschimento;
 - la Puglia ha in corso, dopo aver prodotto mappature di rischio, la definizione di un piano a vari livelli di pianificazione integrate di risorse idriche e del suolo;
 - la Sardegna è stata interessata nel passato da consistenti fenomeni siccitosi, e pertanto ritiene prioritario il ricorso a strumenti avanzati di previsione e di monitoraggio, nonché il ricorso a infrastrutture regionali di interconnessione delle reti;
 - la Sicilia ha sviluppato numerosi progetti e un sistema di monitoraggio integrato sugli aspetti climatici, irrigui e pedologici connessi alla desertificazione;
 - la Toscana ha utilizzato un approccio multidisciplinare e ha elaborato mappe di

rischio desertificazione, con l'obiettivo anche di calcolare gli assorbimenti di CO₂;

- il Veneto ha predisposto un proprio sistema di consulenza all'irrigazione, tenuto conto della rilevanza dell'agricoltura regionale e della presenza di una evidente situazione di aumento delle temperature che ha interessato l'Italia Nord-orientale.

Gran parte delle mappature sono state basate sulla metodologia ESA (*Environmentally Sensitive Areas*), anche se con variazioni e adattamenti tali da renderle poco confrontabili. In generale, le esperienze delle regioni e delle istituzioni nazionali sono un chiaro indicatore della priorità che viene data alla desertificazione, seppure con modalità diversificate e con specificità locali. Le istituzioni di ricerca italiane hanno avviato numerosi progetti, anche a livello internazionale. Sono stati inoltre realizzati interventi formativi, sia a beneficio dei funzionari regionali che di giovani laureati.

Questo proliferare di iniziative di studio e di indagine soffre la mancanza di un sistema unico di condivisione delle metodologie, degli archivi e della conoscenza, nonché di modalità comuni e concordate di individuazione, descrizione e lotta alla desertificazione. Purtroppo, le iniziative di lotta al fenomeno della desertificazione non hanno finanziamenti specifici, ma sono inserite su altre linee di azione (per le risorse idriche, per l'agricoltura, per il dissesto idrogeologico). Questo rende difficile effettuare una programmazione armonizzata e sinergica degli interventi, che trovano invece riscontro in una pluralità disomogenea di iniziative. La mancanza di un quadro delle conoscenze unificato e di piano specifico rendono anche complesso il calcolo dei costi di inazione, per i quali si dispone al

momento di proposte metodologiche, ma non di una stima, anche approssimativa

La strategia più volte enunciata nell'ambito dei documenti elaborati dalla UNCCD per lottare contro la desertificazione fa appello alla valorizzazione delle tecnologie tradizionali e all'applicazione di nuove tecnologie che si ispirino al principio della conservazione delle risorse naturali. Non esiste ancora un inventario di queste tecnologie ma l'iniziativa del Ministero dell'Ambiente e della Regione Toscana di realizzare un centro di studi internazionale sulle conoscenze tradizionali rappresenta una grande promessa per procedere nella direzione auspicata dalla UNCCD.

Prendendo in esame i diversi ecosistemi naturali nei quali i fenomeni di desertificazione possono manifestarsi, le strategie di adattamento dovranno essere adeguate alle loro diverse caratteristiche. Per esempio, per le aree forestali le azioni dovranno riguardare la protezione delle foreste con la definizione di piani di gestione sostenibile che tengano conto del loro ruolo in relazione al sequestro di carbonio ed alla conservazione della biodiversità in modo tale da raggiungere anche obiettivi di riduzione della vulnerabilità attraverso la valorizzazione del potenziale di sequestro di carbonio (le foreste potrebbero assorbire circa il 70 % delle emissioni italiane, e per Kyoto rappresentano il 10-15% dell'impegno di riduzione). Tali piani si dovranno basare anche sull'allungamento dei turni di utilizzazione e sul loro controllo e sull'incremento della superficie forestale mediante azioni di riforestazione sostenibile. Accanto alle azioni di gestione del patrimonio forestale citate, è indispensabile pervenire alla riduzione degli incendi boschivi con piani di prevenzione e difesa.

Nel caso degli ecosistemi agrari, le strategie di adattamento naturalmente assumono forme assai complesse, sia sul versante delle strategie economiche di settore, dove si può agire attraverso l'orientamento delle dinamiche dei prezzi e quindi, per esempio, adottando *costi agricoli inferiori in funzione delle variazioni a carico delle produzioni*, che di quelle agronomiche.

L'obiettivo primario delle strategie agronomiche di adattamento è quello di evitare totalmente o parzialmente la riduzione delle produzioni agricole attraverso aggiustamenti a breve-termine e adattamenti a lungo-termine. Per quanto riguarda il breve termine, si può ottimizzare la produzione con variazioni minime del sistema agricolo, procedere alla gestione dei sistemi colturali (attraverso, ad esempio, l'impiego contemporaneo di *cultivar* con caratteristiche diverse per ridurre la variabilità della produzione, il cambio delle pratiche agronomiche e delle date di semina, il cambio del tipo e/o delle modalità di impiego di fertilizzanti e pesticidi) e adottando opportune tecniche per la conservazione dell'umidità del suolo (introduzione di tecniche di conservazione dell'umidità con *"no tillage"*, pacciamatura, ecc. e di gestione irrigazione, ottimizzandone l'ammontare e l'efficienza). In altri termini, gli agricoltori/*land manager* molto probabilmente risponderanno ai cambiamenti climatici, intesi sia dal punto di vista delle variazioni nelle medie di temperature e precipitazioni che nella diversa variabilità dei fenomeni meteorologici cercando di adattare le tecniche attuali alle nuove condizioni, per esempio cambiando il *management* delle colture attuali (date di semina; cambio di *cultivar*; modifica delle pratiche di irrigazione e fertilizzazione, etc.) oppure adottando nuovi

sistemi colturali.

Per quanto riguarda, invece, gli adattamenti a lungo-termine, si parla di modifiche strutturali del sistema produttivo agricolo, come:

- il cambio dell'uso del suolo per ottimizzare o stabilizzare la produzione (es. sostituzione di colture con alta variabilità inter-annuale (frumento) con colture a più bassa variabilità (pascoli);
- lo sviluppo di nuove *cultivar* per adattarsi agli *stress* indotti dai cambiamenti climatici più velocemente (miglioramento genetico tradizionale o attraverso l'uso di biotecnologie);
- la sostituzione di colture per conservare meglio l'umidità del suolo (es. mais con sorgo);
- opportune modifiche del microclima per migliorare l'efficienza dell'uso dell'acqua (es. frangivento, colture intercalari, ecc.).

Fino al 2050 esiste una grande flessibilità per ridurre la vulnerabilità degli ecosistemi alle variazioni climatiche. La sfida è capire con quale velocità sapremo adattare conoscenza e tecnologia rispetto alla velocità di mutamento del clima (per esempio, con le opportune scelte di politica economica e di pianificazione del territorio e con le infrastrutture necessarie).

Un aspetto da prendere in considerazione riguarda le sinergie e/o incompatibilità tra scelte/tecniche di adattamento e quelle di mitigazione (si pensi, in campo agricolo, alla riduzione delle lavorazioni).

Comunque, si deve sempre tener conto che il clima è certo un fattore determinante per la vita e l'evoluzione degli ecosistemi naturali; altri fattori esercitano però pressioni rilevanti sulle risorse naturali e, nello specifico, contribuiscono ai fenomeni di desertificazione come

importanti fattori socio-economici (aumento della pressione antropica, spopolamento delle aree marginali, sviluppo economico e tecnologico; scelte di mercato; ecc.) che esercitano ed eserciteranno sempre di più pressioni su suoli e risorse idriche. Le scelte strategiche ne dovranno quindi tener conto, adottando metodi e modelli di valutazione integrata delle variabili ambientali e di quelle socio-economiche. Una sfida per le scelte di oggi che influenzeranno il prossimo futuro è quindi anche quella di individuare dove e come i cambiamenti climatici potranno creare situazioni di rischio significative, in aggiunta alle pressioni già esistenti, in aree cioè già significativamente fragili in ragione delle dinamiche sociali ed economiche (ad esempio, nell'Africa Sub-Sahariana, nel bacino del Mediterraneo, in alcune aree dei paesi asiatici, ecc.).

Per quanto riguarda le valutazioni economiche, non sono disponibili valutazioni o stime specifiche dei costi della desertificazione a livello italiano e ben poche anche a livello globale. In realtà, non sono ancora disponibili metodologie né strumenti operativi capaci di sviluppare un'analisi ed una valutazione integrate dei costi diretti ed indiretti del fenomeno. Sono in via di elaborazione alcuni studi che si basano sulla stima delle perdite dirette del settore agricolo (per esempio, del CNLSD con il supporto dell'Università di Bari) e altre valutazioni centrate sulla perdita di produttività agricola dei suoli in conseguenza, per esempio, di fenomeni di erosione o di incendi. Comunque, non sono disponibili studi e valutazioni che tengano conto degli impatti sul suolo dei cambiamenti climatici e, di conseguenza, ne stimino i costi. Anche le valutazioni complessive del costo delle misure di lotta alla desertificazione realmente messe in atto sono assai carenti.

In Italia, la valutazione economica dell'inazione (ovvero del danno) e delle misure necessarie per la lotta alla desertificazione dovrebbe necessariamente tener conto delle differenze esistenti nel suo territorio e quindi dovrebbe essere affrontata sia a scala almeno regionale che nazionale, tenendo conto dei fattori che, in ciascuna specifica situazione, contribuiscono da una parte alla definizione del rischio e dall'altra all'estendersi dei fenomeni di desertificazione. In tal modo, i risultati raggiunti nel campo della valutazione dei cambiamenti climatici (vedi ad esempio la valutazione dell'incidenza dei cambiamenti climatici sull'erosione o sugli incendi e delle perdite di produttività associate a tali fenomeni), con le opportune cautele e adattati al contesto della desertificazione, potrebbero fornire una stima accettabile.

Si deve comunque tener conto della particolare complessità del tema che impone di operare a livelli di notevolissimo dettaglio spaziale (analisi dei fenomeni di degrado del suolo a scala micro) e di integrare una diversità di approcci tematici/disciplinari caratterizzati invece da una amplissima variabilità di scale sia spaziali (da globale a locale) sia temporali (da quella di singolo evento piovoso a quella decadale e oltre). Inoltre, la diversità dei fenomeni che sono responsabili della desertificazione o che ne sono gli effetti rende indispensabile l'adozione di approcci integrati lungo tutte le fasi delle valutazioni parallelamente all'adozione di politiche integrate.

Bibliografia

United Nations Convention to Combat Desertification, Committee for the Review of the Implementation of the Convention, Reporting Process on Unccd Implementation. Affected country Parties, NATIONAL REPORTS OF ITALY, 2000, 2002, 2006.

United Nations Convention to Combat Desertification, Committee for the Review of the Implementation of the Convention, Fifth session, National Reporting Process of Affected country Parties. Explanatory note and help guide.

Enne G, Luise A, (a cura di), 2006, La lotta alla desertificazione in Italia: stato dell'arte e linee guida per la redazione di proposte progettuali di azioni locali, APAT, Manuali e linee guida - 41/2006.

La vulnerabilità alla desertificazione in Italia: raccolta, analisi, confronto e verifica delle procedure cartografiche di mappatura e degli indicatori a scala nazionale e locale, APAT, Manuali e linee guida - 40/2006 .

Atlante Nazionale delle aree a rischio di desertificazione, 2005, CRA ISSDS- INEA (in corso di stampa).

Salvati L., Ceccarelli T. & Brunetti A. 2005. La vulnerabilità alla desertificazione in Italia. Bollettino Agro-meteorologico Nazionale 13(1): 12-15.

3. Cambiamenti climatici e determinati ambientali di salute

3.1 Introduzione

La vulnerabilità sociale, intesa come impatti e rischi potenziali per sopravvivenza, benessere e salute conseguenti alle alterazioni ambientali indotte da cambiamento e variabilità del clima, è argomento centrale delle politiche di adattamento.

Gli esseri umani sono esposti agli effetti di mutati schemi climatici e meteorologici sia direttamente (aumento della temperatura, alluvioni, etc.), sia indirettamente attraverso cambiamenti della quantità e qualità di acqua, aria, cibo, ecosistemi.

È ormai largamente condiviso a livello internazionale che i cambiamenti climatici contribuiscono al carico globale di malattie e decessi prematuri e che nessuna popolazione delle regioni mondiali è escluso. Sempre maggiori evidenze sugli effetti dei cambiamenti climatici sulla salute umana indicano che questi non hanno solo comportato un aumento del rischio di mortalità e morbilità collegati a ondate di calore, ma anche alterato la distribuzione di alcuni vettori di malattie infettive, di specie allergeniche di pollini e di nuovi rischi biologici e chimici.

Tali impatti, nel loro complesso impongono un atteggiamento proattivo, ovvero la definizione e messa a punto di piani e programmi di adattamento da parte dei sistemi di prevenzione che vanno a integrarsi con i sistemi di allarme e di risposta al fine di ridurre le conseguenze negative dei cambiamenti climatici.

Tali sistemi, pur se tra loro complementari nel governo dei cambiamenti climatici, si differenziano per finalità e obiettivi di settore nonché per strumenti attuativi e di fattibilità, quali la capacità istituzionale di intervenire sulle norme di governo e la capacità tecnica (reti territoriali, disponibilità di laboratori e tecnologie di supporto, tecnici esperti, *network* con la comunità scientifica di interesse). Rispetto al globale rischio sanitario indotto dai cambiamenti climatici un programma di adattamento promosso dalle autorità ambientali deve tener quindi conto, in via prioritaria, dei propri ambiti di capacità istituzionale e tecnica, quali la salvaguardia della qualità delle risorse naturali (acque, suolo e coste, biodiversità, sistemi agroforestali) e la disponibilità delle risorse per garantire lo sviluppo dei settori socio-economici quali turismo, agricoltura, energia e, per la sua fattibilità, anche degli ambiti di gestione delegata agli enti locali.

Negli scenari attuali e futuri indotti dai cambiamenti climatici l'attività di prevenzione ambientale prevedibilmente dovrà riguardare la pianificazione a medio e lungo termine di azioni di adattamento, sia nelle fasi che precedono eventi estremi o disastrosi (mitigazione delle vulnerabilità), sia in quelle successive post evento che possono richiedere interventi di media e lunga (molti anni) durata basandosi su una caratterizzazione di pericolosità e rischio per l'ambiente, salute e benessere sostenibile.

Anche per tale motivo una prima valutazione della questione *ambiente e salute* è stata

parte integrante delle attività preparatorie antecedenti la prima Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici 2007 promossa dal Ministero dell'Ambiente.

Tale processo conoscitivo si è realizzato sia attraverso il perfezionamento del rapporto APAT-OMS⁴ "Cambiamenti climatici ed eventi estremi: rischi per la salute in Italia", sia sugli elementi di riflessione di interesse per le politiche ambientali e territoriali discussi in sede degli specifici *workshop* tematici preparatori organizzati, con l'ausilio di APAT e del Sistema delle Agenzie Ambientali, in coordinamento con il Ministero dell'Ambiente e di esperti di altre istituzioni.

Tra le prime conclusioni, pur in carenza di un'analisi sistematica per tutti i fattori ambientali e di vulnerabilità territoriale, i dati disponibili indicano che gli scenari di rischio sono presenti anche in Italia e, non in ultimo, l'analisi dei *trend* e delle evidenze dei dati europei ed internazionali indica che il fenomeno è in crescita progressiva interessando nuove aree geografiche tra cui l'Europa.

Nell'ottica delle attività preparatorie alla strategia di adattamento nazionale per le politiche ambientali un primo *screening* degli strumenti conoscitivi disponibili di (atteso) supporto ha evidenziato *gap* di conoscenza o di strutturazione *ad hoc* delle informazioni disponibili.

Nell'ambito del vasto capitolo "clima e salute" le incertezze valutative sono ancora molte. L'esposizione meteorologica è un concetto recente che solo negli ultimi dieci anni, grazie all'impegno dell'OMS e della comunità scientifica internazionale ed europea, ha ampliato

sia la sua base conoscitiva che le metodologie per una migliore comprensione del fenomeno e della sua evoluzione futura. Persistono, tuttavia, incertezze nel quantificare gli effetti attribuibili ai cambiamenti climatici, caratterizzare gli impatti attuali, stimare impatti futuri e futuri rischi potenziali. La valutazione implica elementi di scala, specifiche di 'esposizione' e l'elaborazione di percorsi causali spesso complessi e indiretti; molti ricercatori non sono familiari con la scala geografica degli impatti sulla salute associati al clima e con la caratteristica ampia scala temporale. Alcuni impatti sulla salute seguono percorsi indiretti e complessi. Ad esempio, l'effetto degli estremi di temperatura, pur se influenzato da molti fattori, è diretto causando un aumento della mortalità specie per popolazioni vulnerabili; mentre, sempre in ambito urbano, la valutazione dell'effetto dell'aumento della temperatura sugli impatti dell'inquinamento atmosferico è più complesso. Ancora più complesse sono le valutazioni di esposizioni indirette mediate da alterazioni ambientali effetto dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi e malattie da vettori.

Molti settori di studio quali il carico di malattie (morbilità) associata alle alterazioni delle risorse naturali conseguenti a eventi quali ad esempio le alluvioni hanno ricevuto l'attenzione solo di recente. Altri settori, come ad esempio la vulnerabilità dei lavoratori *outdoor*, necessitano ancora di maggiore attenzione e possono essere considerati sostanzialmente emergenti in termini di studio ed analisi.

D'altro canto anche sul piano della cono-

⁴ Il Rapporto, nato da un progetto tra le due istituzioni e realizzato anche attraverso il contributo di numerosi esperti nazionali individuati dall'OMS.

scienza ambientale si registrano ancora criticità sulla validazione nazionale condivisa di scenari ambientali e meteo-climatici futuri, sulla conoscenza degli impatti ambientali e socio-economici osservati (serie storiche) e la caratterizzazione di pericolosità indotta da cambiamenti climatici ed eventi estremi sulla vulnerabilità del territorio (alluvioni, stabilità dei versanti, aree costiere, frane, sistemi agroforestali) e, non in ultimo, di una valutazione integrata degli effetti socio-economici indiretti associati a incidenti sul benessere (specie in scenari di carenza o assenza di ammortizzatori sociali) quali i danni alla produttività, all'occupazione e, in generale, al sistema economico locale e alla competitività nazionale sia allo stato attuale che negli scenari di riferimento.

Ciò ancor più sollecita un'applicazione proattiva del principio di precauzione e dei suoi strumenti d'implementazione conoscitivi, informativi e decisionali, tra questi la promozione della conoscenza (e della consapevolezza) della vulnerabilità sociale nella sua complessità tra gli operatori ambientali.

L'obiettivo ultimo che si propone questa sintesi è quindi quello di dare ulteriore impulso all'integrazione *ad hoc* degli aspetti di valenza sanitaria nelle nuove azioni di monitoraggio, strategie di sviluppo, pianificazione ed interventi sul territorio sollecitate dai nuovi scenari ambientali indotti da cambiamento e variabilità del clima.

La conoscenza di questi nuovi fattori di rischio emergenti può infatti consentire una prevenzione ambientale più mirata e supportare una più consistente valutazione delle priorità nella pianificazione di strategie di adattamento da parte delle autorità ambientali assumendo il proprio ruolo di rilievo nel

vasto capitolo del *management* del rischio da cambiamenti climatici.

La sintesi qui riportata si propone comunque come un lavoro di *review* esclusivamente descrittivo dei fenomeni di valenza sanitaria associati ai cambiamenti climatici ed all'esposizione diretta ed indiretta agli effetti ambientali indotti.

Una valutazione più operativa in termini di azioni specifiche di competenza dei sistemi di prevenzione ambientale sarà oggetto di una prima analisi da parte del *Working Group vulnerabilità ed adattamento - Ambiente e Salute* programmato in ambito della Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici.

La base conoscitiva di questa sintesi deriva da dati ed informazioni sugli impatti sulla salute contenuti nel rapporto APAT-OMS (WHO - APAT) – a cui si rinvia integralmente – nonché in quelli resi successivamente disponibili nei database e *report* internazionali e nazionali d'interesse per un primo *assessment* degli scenari d'esposizione della popolazione:

- ai sempre più frequenti eventi climatici e meteorologici che si realizzano con frequenza ed entità al di fuori della norma, i cosiddetti eventi estremi quali alluvioni, ondate di gelo e di caldo, siccità, tempeste (uragani, cicloni, tifoni, trombe d'aria, tempeste tropicali, etc.), e alla maggiore vulnerabilità del territorio indotta dai cambiamenti climatici (quali ad esempio l'instabilità dei versanti da deglaciazione o le inondazioni costiere progressive da aumentato livello del mare o episodiche da onde anomale) responsabili anche di danni diretti materiali a insediamenti civili, infrastrutture e servizi;

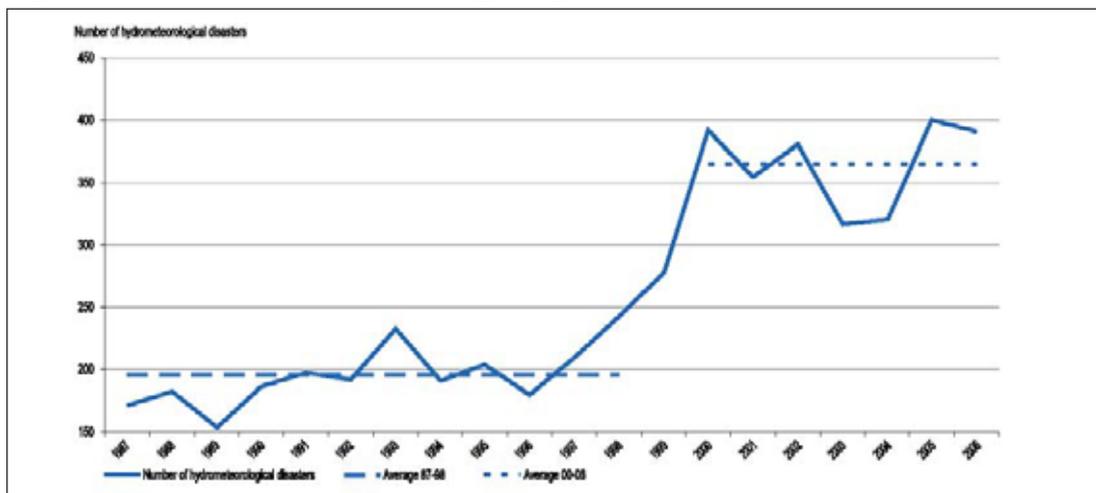
- ai potenziali rischi biologici emergenti per la salute associati alle alterazioni degli equilibri ecosistemici indotti oltre che dagli eventi estremi suddetti anche dall'aumento della temperatura media e dalle alterazione del microclima locale che possono influire su una diversa distribuzione e maggiore incidenza di malattie infettive ed allergiche, sulla tossicità delle acque di balneazione e degli alimenti;
- ai rischi potenziali per effetti a breve e lungo termine derivanti da contaminazione chimica delle acque (alluvioni, carenze idriche) e degli alimenti (es. uso più elevato di pesticidi indotto dall'aumento di insetti infestanti), maggiore tossicità di inquinanti atmosferici in ambiente urbano (aumento temperatura e alterazione microclima).

3.2 Cambiamenti Climatici ed eventi estremi: l'esposizione diretta ai rischi ambientali emergenti osservati

Il contributo del Gruppo di Lavoro I (*Principi Fisici di Base*) al Quarto Rapporto 2007 di Valutazione del Comitato Intergovernativo sul Cambiamento Climatico IPCC ha stabilito che "...Numerosi cambiamenti nel clima sono stati osservati alle scale continentali, regionali e di bacino oceanico. Questi includono cambiamenti nelle temperature e nei ghiacci nell'Artico, estesi cambiamenti nelle quantità di precipitazioni, nella salinità dell'oceano, nelle strutture dei venti e nelle tipologie di eventi estremi come siccità, precipitazioni eccezionali, ondate di calore e nell'intensità dei cicloni tropicali (inclusi uragani e tifoni)..."

Questi dati sono confermati dalle osservazioni

Figura 3.1: Numero di disastri idrogeologici occorsi tra il 1987 e il 2006



Nota: medie per i periodi 1987-1998 e 2000-2006

Fonte: CRED/ ISDR/UCL "Annual disaster statistics review: numbers and trends", Maggio 2007 - Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), Université catholique de Louvain

disponibili nel data base internazionale pubblico (EM-DAT) *Emergency Disaster Data Base* gestito dal CRED⁵. Nella Figura 3.1 è riportato l'andamento degli eventi estremi classificati come "disastri idrogeologici" (valanghe, frane, siccità, ondate di calore e di gelo, alluvioni, incendi, tempeste, uragani cicloni, tifoni, inondazioni e onde anomale) registrati a livello mondiale nel periodo 1987-2006.

Il data base EM-DAT del CRED, centro collaborativo dell'OMS, si avvale per la raccolta dei dati in gran parte dei contributi delle Agenzie delle Nazioni Unite, nonché di istituzioni di ricerca, compagnie assicurative (Lloyds) e agenzie di stampa per la raccolta di dati relativi a disastri naturali e tecnologici, con particolare riferimento agli impatti socio economici.

Le serie storiche costruite descrivono un periodo temporale a decorrere dal 1900 ad oggi: i dati sono aggiornati su base quotidiana e resi disponibili al pubblico con facile consultazione *on-line* con validazione mensile dei dati elementari. Rispetto ad altri data base disponibili a livello nazionale e internazionale o europeo⁶ l'esperienza guadagnata in oltre vent'anni di analisi e risorse per la costruzione del data base, con la collaborazione di esperti della Comunità europea e delle agenzie internazionali, ha consentito la realizzazione di un'informazione aggregata per *trend*, tipo di disastro (naturali comprendenti i geologici e idrometeorologici; tra questi valanghe-frane, siccità, temperature estreme caldo/freddo,

alluvioni, incendi, tempeste, uragani, cicloni, tifoni, inondazioni e onde anomale), tipologia di impatti sociali (decessi, feriti, popolazione colpita cioè che ha richiesto mezzi di sopravvivenza come il cibo, acqua, alloggio e assistenza medica immediata) e stime di danni economici.

Per essere inserito nel data base EM-DAT l'evento disastroso considerato⁷ deve soddisfare uno o più dei seguenti almeno uno dei seguenti criteri:

- a) 10 o più persone riportate come decedute;
- b) 100 o più persone colpite;
- c) dichiarazione di uno stato d'emergenza;
- d) richiesta di assistenza internazionale.

La finalità di questo data base non è solo quella di assistere le organizzazioni impegnate negli aiuti umanitari, ma anche quella di evidenziare la vulnerabilità sociale ai disastri naturali, in modo da consentire una conoscenza integrata per le azioni di risposta, mitigazione e prevenzione.

L'analisi dei dati di cui alla figura 3.1 evidenziano che, rispetto al numero di eventi della decade precedente (195), nel periodo 2000-2006 il numero globale (365) degli eventi estremi disastrosi è aumentato del 187% provocando circa 33.000 decessi e oltre 400 milioni di persone colpite (Figura 3.2).

L'analisi comparata di tutti i disastri naturali complessivi, ovvero non solo idrogeologici, ma anche geologici quali terremoti, eruzioni vulcaniche e tsunami, effettuate nell'ultimo secolo ha visto un notevole *trend* di aumento

⁵ Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) Université catholique de Louvain

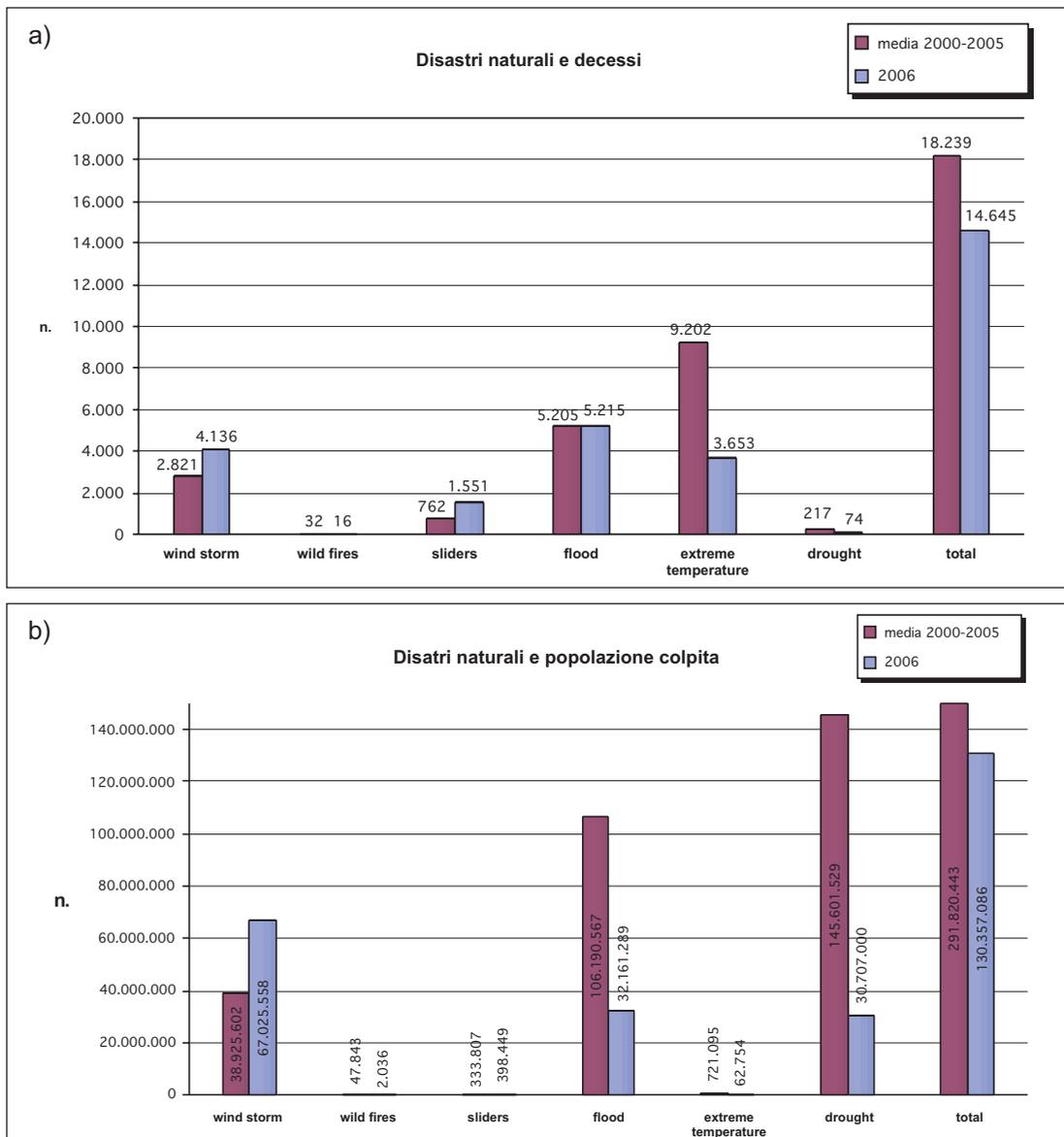
⁶ Quali ad esempio il NatCat della Munich Reinsurance Company, Sigma data base della Swiss reinsurance Company, Canadian e Australian disaster data base, UNPD database, Dartmouth Flood Observatory etc

⁷ (disastro= situazione conseguente all'evento che supera la capacità locale di risposta e che necessita un'assistenza esterna nazionale o internazionale)

non solo quantitativo nell'ultimo decennio, ma anche qualitativo: è stata, infatti, registrata una maggiore frequenza degli eventi alluvionali seguiti da tempeste di varia intensità

ed eventi siccitosi (Figura 3.3). Negli ultimi sei anni le alluvioni e le tempeste di varia intensità sono state la maggiore causa di danni economici: insieme hanno

Figura 3.2: Conseguenze dei disastri naturali in termini di decessi e popolazione colpita



Fonte: APAT adattata da EM-DAT , 2007 - Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), Université catholique de Louvain

determinato danni per oltre \$ 25 miliardi.

L'Europa non è stata risparmiata.

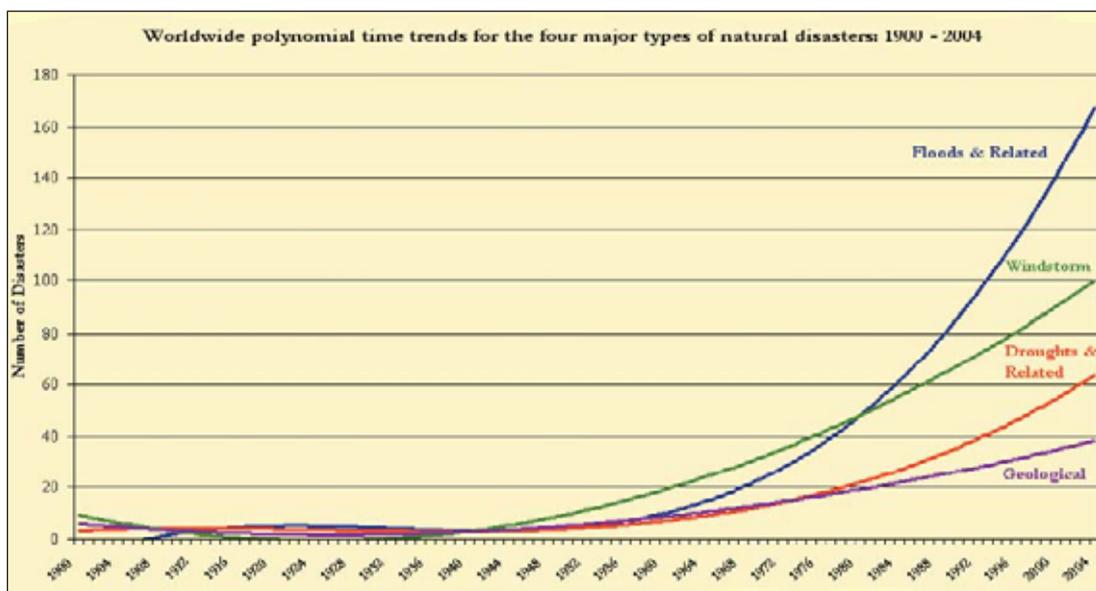
Uno studio condotto dal CRED nel 2003⁸ (Figura 3.4) sull'analisi degli eventi alluvionali nella Macro Regione Europea⁹ delle Nazioni Unite nelle ultime tre decadi (1973-2002) ha evidenziato tra l'altro che:

- nell'Europa occidentale si sono registrate 73 alluvioni disastrose (1973-2002). La Francia risulta il paese più colpito con almeno il 50% delle alluvioni registrate e, metà di queste, sono avvenute negli ultimi quattro anni. Seguono Belgio, Germania,

Svizzera e Olanda;

- il 62% delle 24 alluvioni catastrofiche nell'Europa del Nord ha interessato l'Inghilterra;
- anche l'Europa meridionale non è stata risparmiata: in un totale di 74 alluvioni l'Italia è il paese più colpito (13 alluvioni di cui nove del periodo 1993-2002), seguono la penisola iberica e i paesi baltici;
- l'Europa dell'est è stata la più colpita con 93 disastri alluvionali. Dopo la Russia e le repubbliche indipendenti, la Romania è seconda in frequenza: 15 alluvioni sono

Figura 3.3: Worldwide polynomial time trends for the four major types of natural disaster 1900-2004

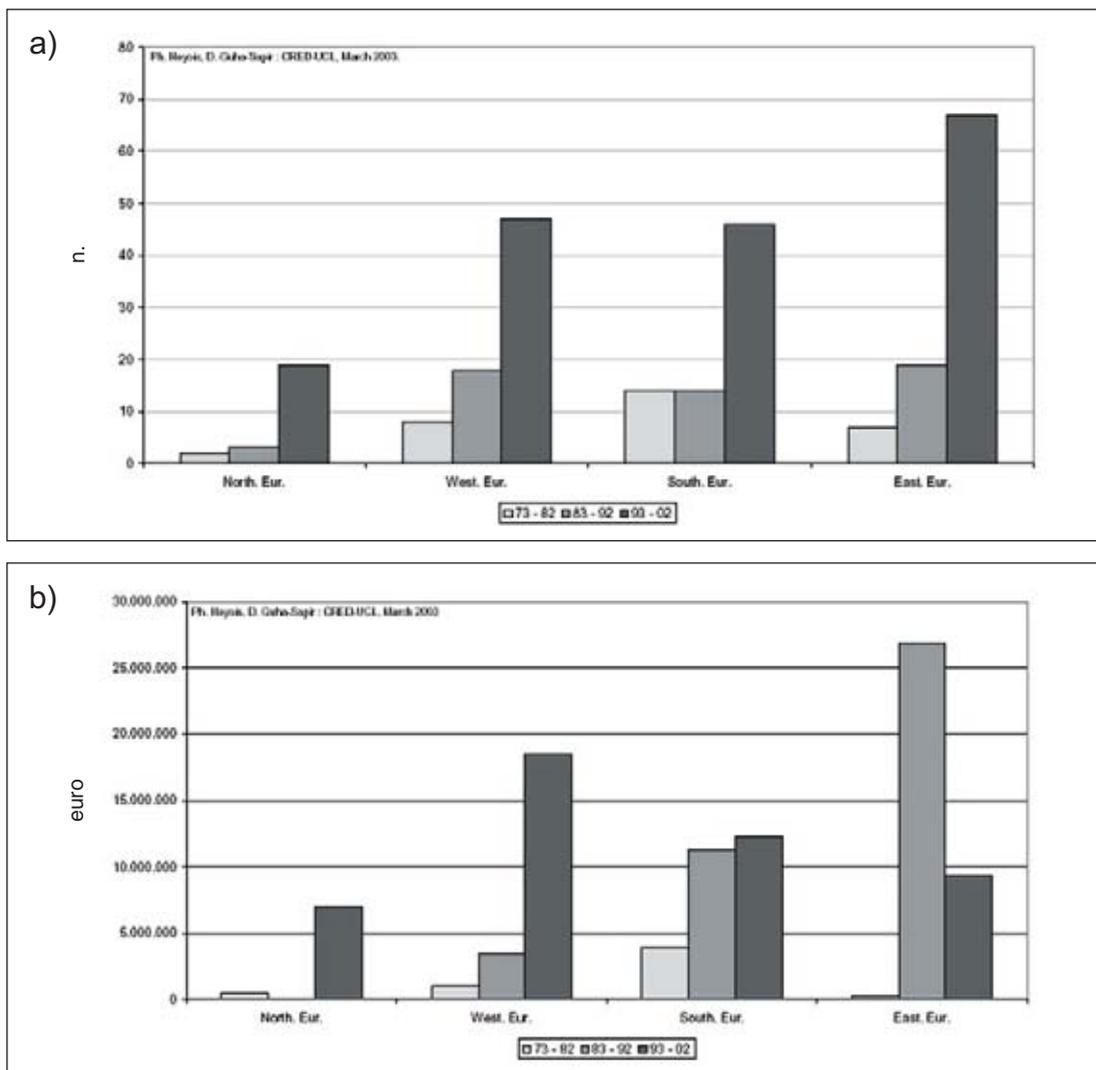


Fonte: CRED CRUNCH "Disaster Data: A Balanced Perspective" Are natural disasters increasing? - August 2005

⁸ HOYOIS Ph. GUHA-SAPIR D. (2003). *Three decades of floods in Europe: a preliminary analysis of EMDAT data. Working paper (draft)*. Brussels, CRED, 2003 [ID n197].

⁹ Macro Regione Europea delle Nazioni Unite: 53 Paesi suddivisi in Europa settentrionale, occidentale, orientale e meridionale.

Figura 3.4: Numero di eventi alluvionali nella regione europea e danni stimati suddivisi per macro aree (1973-2002)



Fonte: HOYOIS Ph. GUHA-SAPIR D. (2003). *Three decades of floods in Europe: a preliminary analysis of EMDAT data. Working paper (draft)*. Brussels, CRED, 2003

state registrate ma, di queste, 13 sono avvenute dopo il 1996. Nel solo anno 2002 l'Europa dell'est è stata colpita da tre eventi alluvionali catastrofici.

I dati raccolti, confluiti nel database, hanno

permesso una stima preliminare e non esaustiva dei danni che ammontano globalmente a oltre € 72 miliardi per le tre decadi di cui circa 50 miliardi solo per l'ultima decade (1992-2002). L'Europa mediterranea solo

nell'ultima decade ha registrato danni per € 12,3 miliardi di cui il 96% sono attribuibili a eventi avvenuti in Italia (Figura 3.4).

Sulla base dei dati disponibili è stato possibile registrare il numero dei decessi per circa la metà degli episodi alluvionali.

Nell'intero periodo considerato 2.626 persone sono decedute con un aumento progressivo negli anni associato all'aumento del numero degli eventi disastrosi; nello stesso periodo circa 9 milioni di persone sono state colpite o danneggiate.

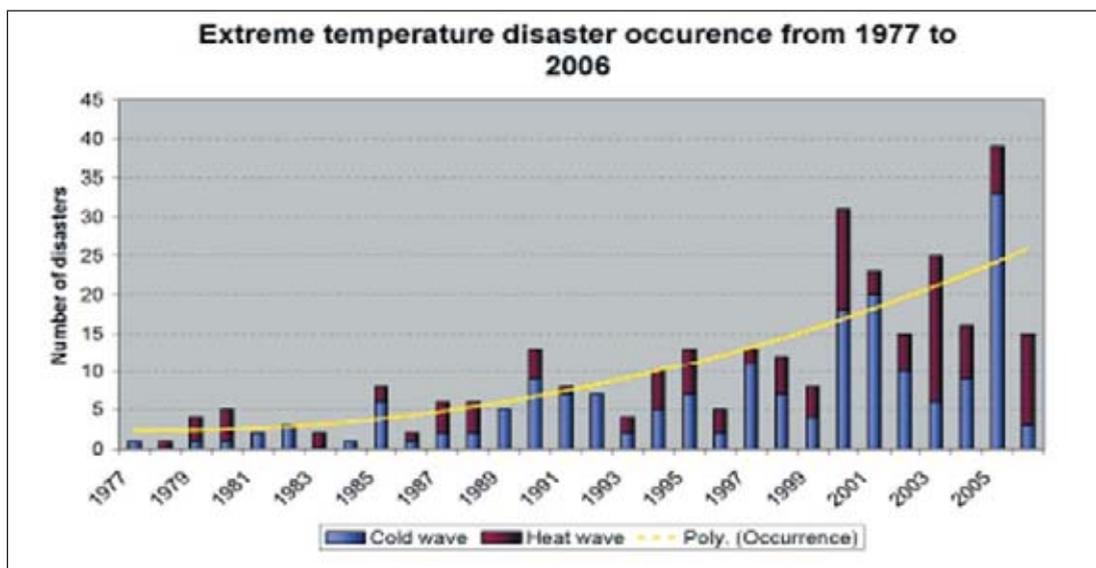
L'Europa dell'est è stata quella più danneggiata (oltre 6 milioni di persone).

Anche gli eventi correlati a ondate di calore e di freddo estremi hanno colpito la regione europea in maniera sostanziale con effetti di mortalità attribuibile rilevata in numerosi studi. Una recente sintesi analitica di tali eventi sono stati riportati dal CRED (*CRED CRUNCH*

Issue No. 9 "Disaster Data: A Balanced Perspective" June 2007) relativamente al periodo 1987-2007 (Figura 3.5).

Globalmente dal 1987 ad oggi si sono registrati 286 eventi disastrosi correlati a temperature estreme di cui 181 ondate di freddo e 105 ondate di calore. La maggioranza di questi eventi (72%) è avvenuta nell'ultima decade. L'analisi dei dati mostra non solo un aumento nella loro ricorrenza ma, anche nella loro magnitudo: sette dei 10 eventi più mortali degli ultimi vent'anni sono avvenuti tra il 2002 e il 2006. L'Europa è risultata la regione mondiale più colpita: 45% delle ondate di gelo e 46% delle ondate di calore. La stima dei dati di mortalità dovute alle temperature estreme evidenzia un carico europeo del 35% di decessi attribuibili al freddo e di circa il 90% di quelli attribuibili agli innalzamenti termici protratti (Figura 3.6).

Figura 3.5: Eventi disastrosi correlati a temperature estreme verificatisi tra il 1977 e il 2006



Fonte: *CRED CRUNCH Issue No. 9 "Disaster Data: A Balanced Perspective" June 2007*

Nei periodi successivi a quelli finora analizzati *trend* e numero di eventi mostrano un andamento crescente.

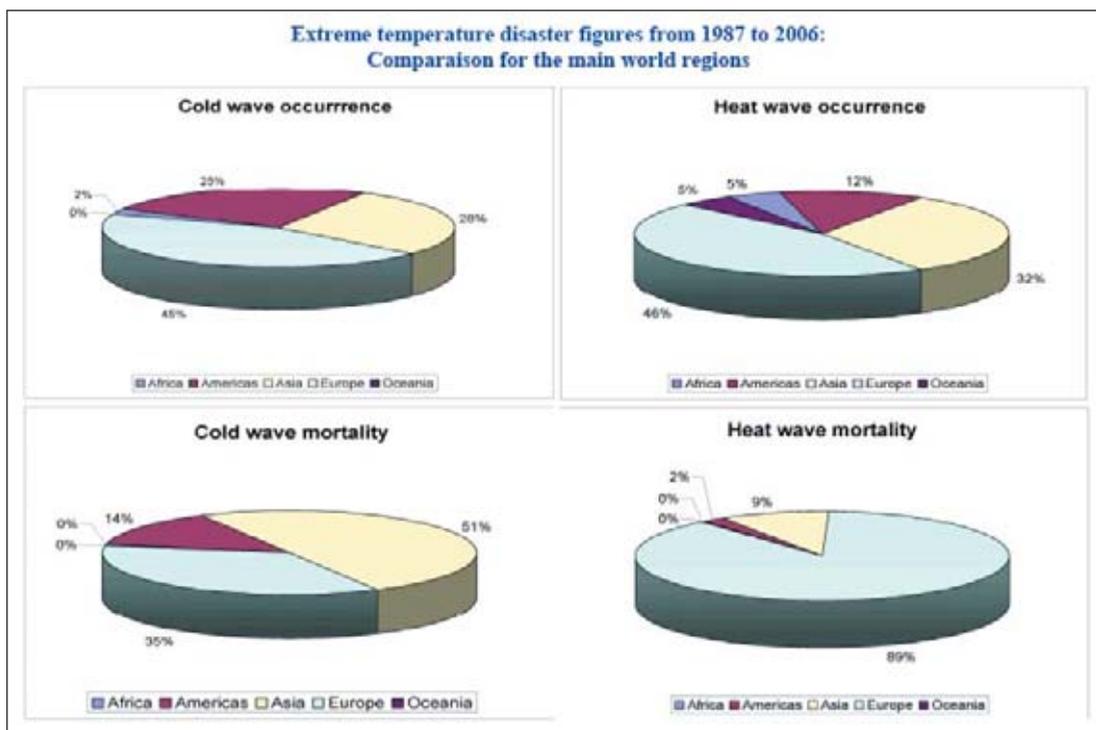
Il *report* di agosto 2007 del WMO relativo ai dati del 1° semestre evidenzia come in gennaio e aprile il surriscaldamento ha raggiunto i valori più alti tra quelli registrati dal 1880. Molte Regioni mondiali sono state colpite da precipitazioni estremamente intense fino ad alluvioni gravi:

- quattro depressioni monsoniche (il doppio rispetto la normale frequenza) hanno causato alluvioni in India, Pakistan e Bangladesh con oltre 500 morti e più di 10 milioni di persone colpite;
- si è documentato il primo ciclone nel Golfo

d'Arabia con venti con velocità pari a circa 150 Km/h che, nell'Oman, ha provocato 50 morti e oltre 20.000 colpite;

- le alluvioni in Cina del 6-10 giugno hanno colpito oltre 13,5 milioni di persone con oltre 150 morti per allagamenti e frane;
- Inghilterra e Galles nel periodo maggio-luglio hanno registrato la stagione più piovosa dal 1766. Almeno 9 persone sono morte e la prima stima dei danni ammonta a oltre 6 miliardi di dollari USA;
- L'Europa del nord è stata anche colpita in gennaio con tempeste e piogge torrenziali le stime iniziali registrano danni per 3-6 miliardi di euro, 47 morti e interruzione dell'elettricità per decine di migliaia di persone;

Figura 3.6: Distribuzione per continente dei disastri da temperature estreme e della mortalità tra il 1987 e il 2006



Fonte: CRED CRUNCH Issue No. 9 "Disaster Data: A Balanced Perspective" June 2007

- in giugno l'esondazione del Nilo ha provocato danni a oltre 16.000 insediamenti;
- in maggio onde di circa 4 metri hanno provocato un'estesa inondazione e danni conseguenti in 68 isole di 16 atolli dell'arcipelago delle Maldive;
- sempre in maggio l'Uruguay ha vissuto la peggiore alluvione dal 1959: oltre 110.000 persone sono rimaste colpite oltre ai danni a infrastrutture e insediamenti;
- le ondate di calore di giugno e luglio hanno superato i 40°C nell'Europa sud orientale; In maggio ondate di calore sono state registrate lungo la Russia centrale e occidentale. I 33°C circa di Mosca il 28 maggio sono stati il record più alto sin dal 1891;
- inusuali fronti di gelo e neve hanno colpito in luglio Sud America (-22°C in Argentina e -18°C in Cile) e Sudafrica (25 cm di neve).

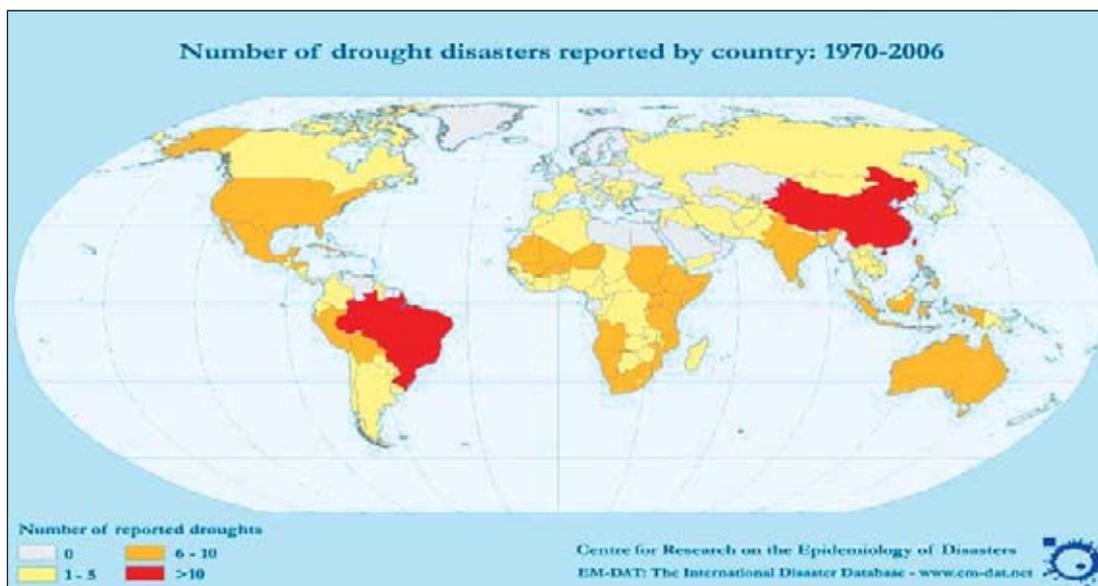
a causalità ambientale multifattoriale e di difficile classificazione condivisa causale (la carenza di piovosità è solo un elemento), il data base CRED (Figura 3.7) ha recentemente rivisto la metodologia di classificazione del disastro assegnando una definizione temporale sulla base di tre criteri: quando l'evento ha determinato la perdita di produttività (e non l'inizio del rischio naturale di per sé), la dichiarazione di uno stato di emergenza o la pubblicazione *report* ufficiali ed assegnando come indicatore d'impatto socio-economico lo stato di carenza di produttività di alimenti.

In altri sistemi la classificazione d'impatto della siccità è basata sulla richiesta supplementare o riduzione dell'erogazione di acqua: vedi tabella 3.1 relativa alla siccità registrata in Portogallo nel 2005.

In tema di siccità, evento estremo complesso

3.3 Eventi estremi e aumento della tem-

Figura 3.7: Numero di disastri dovuti a siccità per Paese dal 1970 al 1990



Fonte: CRED CRUNCH Issue "Disaster Data: A Balanced Perspective" Dicembre 2006

peratura: l'esposizione indiretta a rischi ambientali emergenti

Oltre che in termini di mortalità e impatti di tipo socio-economico di tipo diretto, gli impatti sulla salute si esprimono anche come morbilità, ovvero l'insorgenza di malattie fisiche e/o psichiche correlate ai rischi fisici, chimici e biologici indotti da eventi estremi e dal surriscaldamento correlati ad esposizione indiretta all'alterata qualità delle acque, degli alimenti, della biodiversità e dell'aria causa di potenziale incremento di malattie

infettive e allergiche, nonché di effetti a breve e lungo termine da aumentata tossicità dell'aria in ambiente urbano o contaminazione chimica degli alimenti.

In particolare nel contesto di eventi alluvionali, oltre alle lesioni personali da traumatismo diretto, la letteratura¹⁰ ha evidenziato numerosi effetti negativi associati di rilievo quali:

- infezioni enteriche per l'aumento della densità dei microrganismi patogeni nelle acque di superficie, per l'aumento del deflusso di patogeni microbici dal concime nella terra, sovraccarico delle strutture

Tabella 3.1: Popolazione colpita direttamente o indirettamente dalla siccità in Portogallo (2005)

PERIOD	Affected population	
	With supplemented water	With cuts/reduction in supply
1 st half April	14.175	213
1 st half May	8.395	2.635
1 st half June	26.500	26.781
2 nd half June	23.440	25.217
1 st half July	26.004	26.350
2 nd half July	54.831	53.312
1 st half August	48.500	60.061
2 nd half August	94.372	100.500
1 st half September	73.097	66.127
2 nd half September	69.588	39.429
2 nd half October	48.883	30.083
2 nd half November	11.921	13.354
2 nd half December	10.238	13.445
MAXIMUN	94.372	100.500

Fonte: Istituto di Meteorologia I.P. Portogallo

¹⁰ Vedi ad es. "Global Health Impacts of Floods: epidemiologic evidence" – Mike Ahern et al, Epidemiologic Reviews, vol 27, 2005

- per il trattamento dell'acqua e sistemi di fognatura, traboccamento del liquame non trattato e rifiuti di origine animale dalle fattorie, maggiore risospensione di microrganismi patogeni dai sedimenti, tempi più brevi per la residenza e quindi minor tempo per l'inattivazione dei patogeni; inoltre, le inondazioni possono aumentare le infiltrazioni delle acque di scarico o serbatoi settici e facilitare la contaminazione delle acque sotterranee;
- salute mentale come malattie da stress post-traumatico;
 - malattie trasmesse dai roditori quali la leptospirosi;
 - avvelenamento causato da sostanze tossiche;
 - morsi di rettili che cercano rifugio nelle case per sfuggire all'inondazione;
 - crescite delle muffe e spore nel periodo immediatamente successivo alle inondazioni;
 - malattie infettive trasmesse da vettori (effetto sinergico con le alterazioni del microclima e dell'aumento medio della temperatura).

Quest'ultime rappresentano una delle maggiori preoccupazioni sul piano della salute globale.

Le malattie infettive infatti non riconoscono solo gli eventi estremi come concausalità ambientale ma, in generale, le variazioni del microclima e del surriscaldamento indotte dai cambiamenti climatici.

La trasmissione di una malattia infettiva richiede il passaggio di un agente infettante (virus, batterio, parassita) da una sorgente di infezione ad uno o più individui ricettivi, cioè in grado di contrarre l'infezione. Questo passaggio avviene con modalità che possono

essere differenti a seconda del tipo di microrganismo e della sua diffusione ambientale. La trasmissione può avvenire in modo diretto quando c'è un contatto molto stretto tra la fonte di infezione e il ricevente, per esempio mediante contatto sessuale o per trasmissione aerea. Oppure può avvenire in modo indiretto quando il contatto tra la fonte di infezione e il ricevente è mediato:

- da veicoli o mezzi inanimati quali i mezzi ambientali (suolo, acque e alimenti);
- da vettori di infezioni virali, batteriche e parassitarie quali insetti (zanzare, flebotomi, zecche) o altri animali (roditori).

Va anche ricordato il concetto di serbatoio di infezione che può essere un serbatoio animale (es. uccelli migratori) o vegetale, o ambientale nel quale il microrganismo abitualmente vive e si moltiplica (esempio zone paludose). Le zanzare o il vettore che pungono un serbatoio di infezione si infettano a loro volta e trasmettono il contagio agli animali e agli uomini che pungono in seguito.

Altre considerazioni generali vanno menzionate:

- nel mondo tra le maggiori 96 cause di decessi e malattie individuate dall'OMS, 29 sono rappresentate da malattie infettive;
- 30-40 nuove malattie infettive sono state identificate negli ultimi trent'anni associate a maggiori pressioni antropiche sull'ambiente (urbanizzazione, deforestazione, destrutturazione del territorio e della biodiversità) e a un più ampio ambito ambientale (aumento spostamenti lavoro/mercato/migrazione);
- malattie infettive emergenti o ri-emergenti sono associate ai cambiamenti ambientali globali (Murphy, 1999; Daszak, et al., 2000; Patz et al., 2000; Taylor et al.,

- 2001; Wilson, 2003; IOM, 2003; Molyneux, 2003; Burroughs et al., 2004)¹¹;
- agenti infettivi ed i loro vettori sono tipicamente sensibili alle condizioni ambientali: sopravvivenza, veloce inserimento, riproduzione e moltiplicazione esponenziale;
 - insetti vettori non regolano la loro temperatura interna, sono quindi sensibili a T°C esterna, umidità, piogge e umidità dei suoli.

3.3.1 Le malattie da vettore

Le malattie da vettore riguardano, ogni anno, oltre 700 milioni di persone e sono considerate le più suscettibili ai cambiamenti climatici ed ambientali. Dal 1990, l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha lanciato l'allarme sugli effetti che i cambiamenti climatici potrebbero avere sulla diffusione di malattie trasmesse da vettori (WHO, 1990, 2004).

L'Italia, rappresentando uno dei paesi collocati più a sud del continente europeo e costituendo un ponte ideale verso il continente africano, potrebbe essere particolarmente coinvolto in questo fenomeno. Considerando l'aumento di temperatura sopra menzionato, riportiamo in questa sede e discutiamo il suo possibile impatto sulle malattie da vettore in Italia. Questi effetti possono essere sintetizzati nei 6 seguenti processi:

- ampliamento dell'area di distribuzione dei vettori indigeni;
- riduzione della durata dei cicli di sviluppo dei vettori indigeni;
- riduzione della durata della riproduzione

- del patogeno nell'artropode;
- prolungamento della stagione idonea alla trasmissione degli agenti patogeni;
- importazione e adattamento di nuovi artropodi vettori;
- importazione e adattamento di nuovi agenti patogeni attraverso vettori o serbatoi.

La distribuzione dei vettori è anche influenzata dai moderni modelli sociali di mobilità intercontinentale, ma è il clima che favorisce il loro insediamento in regioni geografiche storicamente indenni.

Gli artropodi vettori ematofagi (zanzare, flebotomi, zecche) sono causa di malattie virali come la Dengue o la malattia del Nilo occidentale, di parassitosi come la malaria, la leishmaniosi o la filariosi e di malattie batteriche trasmesse dalle zecche come la febbre bottonosa o la malattia di Lyme.

In generale è stato registrato a livello globale un aumento di tali infezioni trasmesse da vettori: prima del 1970 solo nove paesi avevano registrati casi di dengue, ad oggi l'OMS stima che i 2/5 della popolazione mondiale sia a rischio di dengue. Nel solo continente americano nel 2001 sono stati più di 600.000 casi registrati di cui oltre 15.000 erano casi di dengue emorragica, un numero doppio rispetto ai casi registrati nel 1995 nelle stesse aree geografiche. L'aumento della diffusione del virus è strettamente correlato alla diffusione incontrollata della zanzara vettore che trova nelle aree stagnanti malsane e, specie nelle grandi aree urbane, un habitat adatto alla propria riproduzione. In

¹¹ Fonte: Global Environmental Change and Human Health – Science Plan and Implementation Strategy – Report n. 4, 2007

Europa la febbre di dengue normalmente non si verifica. Tuttavia negli ultimi decenni sono aumentati i casi di dengue riportati fra espatriati di lunga data, e individui che hanno soggiornato in area a rischio per motivi di lavoro o di piacere. Dal 1999 il *network* europeo per la sorveglianza delle malattie infettive da importazione (TropNetEurop) ha riportato 1.117 casi di dengue fra viaggiatori europei.

Il vettore (*Aedes albopictus* o zanzara tigre) della dengue è lo stesso della filariasi che colpiscono in maniera anche letale cani, gatti, furetti. Ad oggi sono stati registrati in Italia rari casi di Dirofilariasi umana in aree rurali.

I cambiamenti climatici e il conseguente aumento di temperatura influiranno probabilmente sulla diffusione del vettore zanzara tigre (Figura 3.8).

Altre specie di zanzare sono vettori della febbre del Nilo occidentale, malattia provocata da un virus del genere *Flavivirus* (di cui fanno

parte anche il virus della febbre gialla, dell'encefalite di Saint-Louis e dell'encefalite giapponese) colpisce principalmente gli uccelli, i cavalli e l'uomo.

Alcuni casi umani di febbre, legati al virus del Nilo occidentale, sono stati riscontrati in Africa, Medio Oriente, India, Europa (prima epidemia in un'area urbana industrializzata a Bucarest nel 1996; nel 1998 encefalite equina in Italia - Toscana) e, più recentemente, negli Stati Uniti, dove la prima epidemia è stata dichiarata a New York nel 1999 (62 casi, 7 decessi) ed è stato avviato un piano nazionale di monitoraggio.

La prevenzione di queste malattie riguarda principalmente il controllo dei vettori, non esistono infatti per le forme virali terapie specifiche.

Tra le parassitosi si ricordano la malaria e la leishmaniosi. L'area di endemia della leishmaniosi secondo l'OMS si è espansa dal 1993. È oggi endemica in 88 paesi dei cinque continenti con un totale di 12 milioni di malati ed

Figura 3.8: Presenza di *Aedes albopictus* in Italia



Fonte: www.epicentro.iss.it

oltre 350 milioni di persone a rischio. Il 90% dei casi della forma viscerale si manifesta principalmente in cinque paesi il Bangladesh, Brasile, India, Nepal e Sudan; il 90% della forma muco cutanea prevalentemente in sud America. La forma cutanea è presente sia in quest'area che in altri paesi come Afghanistan, Iran, Arabia Saudita e Siria. In tutta l'area mediterranea si riscontra un aumento dei casi nel corso di tutto il decennio 90. Secondo l'Istituto Superiore di Sanità in Italia l'incidenza annuale era di circa 200 casi/anno nel 2000, attualmente mostra un aumento con circa 500 casi all'anno.

La malattia trasmessa da diverse specie di flebotomi (pappataci, sandfly) infetta colpisce oltre all'uomo anche numerosi animali selvatici, come i roditori, e domestici come il cane. La malaria oggi minaccia oltre il 40 per cento della popolazione mondiale, soprattutto quella residente in paesi poveri. Assieme alla tubercolosi e all'Aids, la malaria è oggi una delle principali emergenze sanitarie del pianeta. L'isolamento del *Plasmodium*, il protozoo agente della malattia, risale a fine '800, quando si comprese che la malattia si manifestava in seguito alla puntura della femmina della zanzara *Anopheles*, che trasmette all'uomo il proprio parassita. L'Africa investe sulla malaria più del 40 per cento della spesa pubblica, con un 30-50 per cento di pazienti ricoverati e più del 50 per cento di pazienti visitati a domicilio nelle zone ad alta trasmissione malarica. L'OMS stima che ogni anno il continente africano perda in questo modo oltre 12 miliardi di dollari di PIL. Oltre a essere endemica in molte zone del pianeta, la malaria viene sempre più frequentemente importata anche in zone dove è stata eliminata, grazie ai movimenti migrato-

ri e all'aumento di mobilità. Oggi la malaria è endemica in vaste zone dell'Asia, Africa, America latina e centrale, isole caraibiche e Oceania, con centinaia di milioni di malati ogni anno e quasi un milione di morti.

Nella tabella 3.2, elaborata dall'Istituto Superiore di Sanità sono riassunte le principali malattie trasmesse da vettori d'interesse sul nostro territorio, incluse anche quelle batteriche come la febbre bottonosa e la malattia di Lyme.

3.3.2 Rischi connessi all'uso di acqua e alimenti

Gli effetti ambientali indotti da cambiamento e variabilità del clima stanno facendo emergere o riemergere rischi biologici e chimici associati all'uso di acque e alimenti.

Malattie infettive

Sono stati intrapresi studi epidemiologici all'interno dello studio cCASHh (*Climate Change and Adaptation Strategies for Human Health in Europe*) per descrivere e quantificare l'effetto della temperatura ambientale sulle malattie trasmesse dal cibo. In generale, casi di salmonella aumentano del 5-10% per l'aumento di ogni grado nelle temperature settimanali, per temperature al di sopra di 5 gradi circa. L'effetto della temperatura è più evidente nella settimana precedente alla malattia, mostrando che la preparazione inadeguata del cibo e l'immagazzinamento nel momento del consumo sono più importanti.

Il rischio di malattie infettive dipende anche dall'alterata qualità biologica delle acque. Nell'acqua contaminata si trovano più di 100

Tabella 3.2: Principali malattie da vettore e vettori che potrebbero aumentare in Italia

Malattia	Vettore	Patogeni	Attuale situazione in Italia	Evento causa dei casi	Livello di rischio ¹²
Malaria	Zanzare anofeline	Plasmodia (principalmente <i>P. vivax</i>)	Solo casi di malaria importata. Circa 700 casi/anno, tendenza in riduzione dal 2001. Casi rari di trasfusione della malaria, malaria da importazione; 1 <i>vivax</i> malaria autoctona nel 1997, in Toscana	Casi importati da aree endemiche (portatori di gametociti)	BASSO Solamente aree rurali dell'Italia centro-settentrionale a rischio
Dengue	<i>Aedes albopictus</i> (zanzara tigre)	Flavivirus DEN 1, 2, 3, 4	Solamente casi importati. Circa 40 casi/anno. Tendenza in aumento.	Casi importati da aree endemiche (portatori di virus)	BASSO Aree urbane più a rischio
Dirofilariasi	<i>Aedes albopictus</i> (e altre specie di zanzare)	Dirofilaria immitis e <i>D. repens</i>	Rari casi in aree rurali.		MODERATO Aree urbane più a rischio
Malattia del Nilo Occidentale	<i>Culex pipiens</i> (e altre specie di zanzare)	Flavivirus WNV	Nel 1998, epidemie di encefalite equina in Toscana (14 casi). Nessun caso umano	Arrivo di serbatoi infetti (uccelli migratori)	ALTO In tutte le aree umide del paese
Leishmaniosi viscerale	Flebotomi (<i>P. perniciosus</i>)	Leishmania (<i>L. infantum</i>)	Endemica, principalmente nell'Italia centro-settentrionale. Circa 500 casi/anno. Tendenza in aumento.		ALTO Diffusione verso l'Italia Settentrionale
Virus Toscana della Meningite	Flebotomi (<i>Phlebotomus</i> spp)	Flebovirus Toscana virus	Endemica, principalmente in Toscana e Marche. Pochi casi/anno. Tendenza in aumento.		MODERATO Virus presente nelle regioni centrali
Febbre bottonosa	Zecche Ixodide <i>R. sanguineus</i>	Rickettsiae (<i>R. conorii</i>)	Endemica, principalmente nell'Italia centro-meridionale Circa 1.000 casi/anno. Tendenza in diminuzione.		ALTO Movimento verso l'Italia Settentrionale
Malattia di Lyme	Zecche Ixodide (<i>Ixodes ricinus</i>)	Borreliae (<i>B. burgdorferi</i>)	Endemica, principalmente nelle regioni nord-orientali dell'Italia. Pochi casi/anno. Tendenza in aumento.	Aumento della temperatura con precipitazioni intense.	MOLTO BASSO
Enecefalite trasmessa dalle zecche	Zecche Ixodidi (<i>Ixodes ricinus</i>)	Flavivirus TBE	Endemica, principalmente nelle regioni nord-orientali dell'Italia. <10 casi/anno. Tendenza in aumento		MOLTO BASSO

Fonte: Giancarlo Majori, Roberto Romi, Rapporto APAT-OMS "Cambiamenti climatici ed eventi estremi: rischi per la salute in Italia" 2007

¹² Il livello di rischio è il risultato di una stima qualitativa fatta da esperti e basata su: probabilità, area, popolazione interessata e violenza potenziale dell'impatto (individuabile, curabile)

tipi di batteri, virus e protozoi patogeni. Molti di questi sono implicati in una varietà di malattie trasmesse dall'acqua e dal cibo. Gli agenti microbici possono contaminare per contatto diretto o per consumo di frutti di mare o di frutta e verdura freschi contaminati attraverso le acque irrigue o gli eventi di contaminazione che seguono gli episodi alluvionali. Le precipitazioni e la temperatura sono variabili climatiche chiave.

Le alte precipitazioni accrescono la densità di agenti microbiologici nell'acqua di superficie e, conseguentemente, il rischio associato al loro uso¹³. A titolo esemplificativo, l'incidenza di sintomi gastrointestinali è aumentata durante le inondazioni negli Stati Uniti (Wade et al., 2004) e vi è stata un'associazione significativa, da un punto di vista statistico, tra le precipitazioni e le malattie trasmesse dall'acqua dal 1948 al 1994 (Curriero et al., 2001). Epidemie di criptosporidiosi, giardiasi, campilobatteriosi e altre infezioni sono state innescate da episodi di grandi precipitazioni in Gran Bretagna e Stati Uniti. Il deflusso derivante da eventi alluvionali o piogge intense può espandere la contaminazione oltre che al suolo anche alle acque costiere e di conseguenza nelle aree di raccolta dei frutti di mare. I crostacei bivalve sono animali *filter-feeding* che possono filtrare, ogni giorno, diversi litri di acqua di mare e, se nell'acqua sono presenti microorganismi patogeni, i patogeni possono accumularsi a livelli considerevoli. Secondo il Regolamento Europeo 2003/2005, solo la presenza di salmonella ed il numero di *Escherichia coli* sono utilizzati di solito per saggiare la qualità micro-

biologica dei molluschi bivalve vivi anche se i batteri non sono indicatori affidabili della contaminazione virale nei crostacei. Un ampio numero di epidemie associate a crostacei, sono state attribuite a virus enterici, in modo particolare al *Norovirus* (NoV). In Europa le infezioni da NoV sono tra le più importanti cause di gastroenterite virale negli adulti.

Tra i batteri marini, la presenza del *Vibrio spp* patogeno, compreso *V.cholerae*, mostra una chiara tendenza stagionale nell'ambiente, ove alte concentrazioni di batteri possono essere osservate per temperature alte dell'acqua e per fioritura di zooplancton. Il *Vibrio* patogenico, quale il *V.parahemolyticus* e *V.vulnificus* si trovano nelle acque degli estuari di tutto il mondo e sono presenti in una varietà di frutti di mare e fanno parte della flora naturale di zooplancton, pesce costiero e crostacei. Il loro numero dipende dalla salinità e temperatura dell'acqua e non possono essere rinvenuti in acqua con temperatura inferiore ai 15°C. Ad oggi, sono stati registrati circa 200 serogruppi di *Vibrio cholerae*, di cui solo due (O1 e O139) sono stati associati alle maggiori epidemie. La modifica genetica dell'ambiente consente la nascita potenziale dei nuovi cloni tossigenici. Sebbene siano necessari ulteriori studi, appare che i fattori ambientali stagionali possono influenzare l'acquisizione di geni di virulenza di un livello significativo¹⁴. Con la possibilità di acquisizione del gene della virulenza da specie ambientali associata al cambiamento climatico, l'estensione geografica di questi patogeni può anche mutare, risolvendosi potenzialmente in un aumento dell'esposizione e del rischio di infezioni per gli umani. Inoltre, cambiamenti

¹³ (Eisenreich, 2005). Fonte : Rapporto APAT-OMS

¹⁴ (Lipp, Huq & Colwell, 2002). Fonte: ibidem

nelle popolazioni del plancton e altri ospiti per cui i *vibrio* sono commensali o simbiotici altererebbero analogamente la loro ecologia. Inoltre, accanto a modifiche del clima che possono favorire la sopravvivenza di questi microrganismi l'aumento del commercio internazionale e l'incremento del consumo di crostacei crudi, unitamente ad una crescita del numero delle persone suscettibili, stanno causando preoccupazioni in merito alla possibilità che il numero di infezioni dovute a *vibrio* patogeni aumentino in Europa e anche in Italia. In Italia, diversi studi riportano l'isolamento di *vibrio* patogeni da acqua di mare e crostacei¹⁵. Nella tabella 3.3 sono riassunti i principali rischi sanitari in Italia correlati alle alterazioni della qualità di cibo e delle acque e alla sensibilità del cambiamento climatico.

Oltre alle malattie infettive, le evidenze indicano anche altri rischi, associati all'alterata qualità degli alimenti, delle acque di balneazione e dell'aria indotta dal surriscaldamento.

Alimenti e micotossine

I cambiamenti climatici potrebbero interagire con l'uso di pesticidi e fertilizzanti nell'ambiente modificando la resa dei raccolti, la distribuzione geografica degli insetti infestanti e attraverso una influenza diretta della variabilità climatica sulle malattie trasmesse dal cibo. La colonizzazione e diffusione dei funghi sono spinte da condizioni ambientali e componenti nutrizionali nonché da altri fattori quali attacchi di insetti o di infestanti. I funghi filamentosi microscopici possono svilupparsi

su una grande varietà di piante e possono condurre alla produzione di sostanze chimiche altamente tossiche, comunemente indicate come micotossine. Le *micotossine* più estese e studiate sono metaboliti di alcuni generi di muffa quali *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*. La contaminazione dei funghi può verificarsi in quasi tutti gli stadi della catena alimentare (raccolto, deposito e trasporto). Condizioni alquanto peculiari influenzano la biosintesi della micotossina quali il clima e l'ubicazione geografica delle piante coltivate, le pratiche di coltivazione, il deposito ed il tipo di substrato (Brera et al., 2004).

Un aumento nella contaminazione da *A. flavus* potrebbe essere particolarmente rilevante per il mais, la principale coltura in Italia colpita da queste tossine. Infatti nel 2003, è stata registrata, per l'alta temperatura e l'estrema siccità, un picco eccezionale della contaminazione da aflatossina nel mais. Tonnellate di mais sono state distrutte per un livello inaccettabile delle tossine nel cibo e nei foraggi.

Acque di balneazione: alghe tossiche e cianobatteri

Nei laghi la diminuzione del mescolamento delle acque comporta una riduzione della disponibilità di ossigeno nell'acque profonde. In condizioni anossiche, la mineralizzazione delle sostanze organiche è indebolita o rallentata e aumenta il rischio di processi anaerobici e il rilascio di metano e CO₂. Una mancanza di ossigeno nelle acque profonde aumenta

¹⁵ (Barbieri E et al., 1999) (Crocì et al., 2007, Ripabelli, Sammarco & Grasso, 1999). Fonte: ibidem

Tabella 3.3: Principali rischi derivanti dalle modifiche nella qualità dell'acqua e del cibo in Italia

Malattia	Patogeni	Attuale situazione in Italia	Sensibilità al clima	Mezzo	Livello di rischio ¹⁶
Epatite	Epatite A	L'epatite A è endemica in Italia, con circa 3 casi per 100.000 abitanti. Epidemie legate all'acqua si verificano regolarmente: nel periodo 1998-2005 si sono verificati 33 epidemie derivanti da frutti di mare e dal consumo di acqua potabile	Moderata	Cibo: frutti di mare infetti e acqua	Alto
Malattie diarroiche	Salmonella	La salmonella è endemica. È stata ridotta da 41/100.000 nel 1992 a 6/100.000 nel 2005. Si verificano epidemie regolari. Uno studio epidemiologico dal 1998 al 2005 ha identificato 63 casi originati dal consumo di acqua potabile e 232 casi dal consumo di frutti di mare	Alto	Cibo, acqua potabile e frutti di mare infetti	Alto, dipende dal comportamento e dalle pratiche e processi alimentari
Malattie diarroiche	Campilobatterio	Si verificano epidemie	Basso	Frutti di mare	Moderato
Malattie diarroiche	Criptosporidio	Si verificano epidemie	Alto	Acqua potabile	Moderato
Malattie diarroiche	V.colera	Si sono verificati delle epidemie nel passato	Moderato	Acqua, cibo, in particolare frutti di mare	Basso
Intossicazione acuta	Vibrio paraemolitico	Si verificano epidemie	Moderato	Consumo di frutti di mare	Moderato
Malattie sistemiche	Leptospira	Si verificano epidemie ogni anno	Alto, quando legato ad episodi di precipitazioni estreme	Acqua	Moderato
Reazioni allergiche	Aspergillus, Penicillium e Fusarium		Moderato		
Intossicazioni acute	Micotossine		Moderato		
Intossicazione	Cianobatteri	Aumento del numero delle specie; pochi casi attribuibili all'uomo	Alto; temperatura dell'acqua	Acqua potabile e balneare, pesci di acqua dolce	Moderato
Reazioni cutanee, sistemiche e sindrome di Guillain Barre	<i>Pelagia noctiluca</i>	Fioritura negli anni '80. Relazione sull'avvelenamento da medusa nel Mar Mediterraneo.	Alto; temperatura dell'acqua del mare e alterazioni degli ecosistemi	Acque balneari	Basso
Reazione cutanea	<i>Chrysaora hysoscella</i>	Sono state osservate fioriture costiere primaverili di <i>C. hysoscella</i> nel 1989.	Moderato	Acque balneari	Basso

Fonte: Rapporto APAT- OMS 2007: da "Qualità delle acque e salute" di Enzo Funari, Monica Francesca Blasi, Mario Carere, Valentina Della Bella, Laura Mancini, Stefania Marcheggiani, Francesco Mattered, Mara Stefanelli e "Sicurezza alimentare" di Marina Miraglia e Luciana Croci

anche la mobilitazione di metalli e nutrienti (ad es. fosforo), che conduce a una crescita eccessiva di alghe talora tossiche, cianobatteri e a problemi eutrofici nell'ecosistema del lago. L'aumento della temperatura è causa di aumento della frequenza delle loro fioriture. Infatti, la maggior parte delle fioriture di cianobatteri si verifica durante la stagione estiva. La *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya e Subba Raja, una specie di origine (sub)tropicale, è un cianobatterio che si trova principalmente nelle acque dolci.

In Italia, sono state osservate fioriture massive di *C. raciborskii* per la prima volta nell'estate (da giugno a settembre) 1995, nei laghi di Albano e Trasimeno, quindi nel 2002 nel lago di Albano e alla fine nel 2003 nel lago di Cedrino; sfortunatamente, non sono state eseguite analisi di tossicità. La sua comparsa è stata osservata negli stessi tre laghi italiani nel 2004. L'aumento della temperatura dell'acqua nei laghi temperati sembra costituire, perciò, il fattore chiave nell'area di crescita in espansione della *C. raciborskii*. Il riscaldamento globale è attualmente un fenomeno riconosciuto con conseguenze biologiche, compresi gli effetti nella fisiologia, distribuzione e adattamento delle specie. Nei corpi idrici dell'Europa, i cambiamenti climatici sono legati alla North Atlantic Oscillation (NAO¹⁷), ed in particolare vi sono correlazioni tra le temperature dell'acqua di superficie e NAO. L'influenza della NAO sulle temperature dei laghi, in modo particolare in inverno e all'inizio della primavera, potrebbe essere più significativo. Questo riscaldamento dell'acqua in primavera potreb-

be essere legato alla nascita potenziale del *C. raciborskii akinetes*, che sembra giocare un ruolo chiave nei paesi con clima temperato. Essi consentono a questo cianobatterio di sopravvivere nei mesi freddi e di germinare quando la temperatura dell'acqua o il sedimento raggiungono i 22-23°C.

Nei mari è in aumento il fenomeno delle alghe marine tossiche. Talune specie tropicali hanno colonizzato il Mar Mediterraneo, provenendo da altri mari attraverso il Canale di Suez, lo Stretto di Gibilterra e attraverso l'acqua di zavorra delle navi. Negli ultimi anni, numerosi tratti costieri italiani sono stati interessati dalla comparsa dell'*Ostreopsis ovata*, una specie marina di dinoflagellati. Si tratta di una specie bentica che vive sulle macroalghe rosse e brune nelle regioni tropicali o subtropicali. Alcune varietà di *Ostreopsis* producono palitossine e similari che si possono accumulare nei pesci e sono implicate nell'intossicazione da clupeidi, associata al consumo di pesci clupeidi. Alcune varietà di *Ostreopsis* producono palitossine riconosciute come agenti causa dell'intossicazione mortale umana derivante dal consumo di frutti di mare (Onuma et al., 1999).

Nell'estate 2005, circa 200 persone, che hanno trascorso del tempo sulle o vicino le spiagge nel tratto costiero nord-occidentale italiano, nei pressi della città di Genova, hanno fatto ricorso a trattamenti medici per sintomi quali rinorrea, tosse, febbre, bronco-costrizione con lievi difficoltà respiratorie, dispnea, ed, in pochi casi, congiuntiviti. Per quasi tutte queste persone, i sintomi si sono risolti dopo poche ore e solo 20 persone sono

¹⁶ Il livello di rischio è il risultato di una stima qualitativa fatta da esperti e basata su: probabilità, area, popolazione interessata e violenza potenziale dell'impatto (individuabile, curabile).

¹⁷ Fenomeno climatico che si verifica nell'Atlantico settentrionale.

state ricoverate in ospedale. La *Ostreopsis ovata* è stata ritenuta come la possibile causa, infatti negli stessi giorni era presente una fioritura di questa specie nell'area di spiaggia interessata. È stato ipotizzato che questi sintomi potessero essere dovuti all'inalazione di aerosol contenente frammenti di *Ostreopsis ovata*. L'analisi del contenuto di campioni marini ha mostrato la presenza della palitossina in queste alghe (Penna et al., 2005). Sulla base dell'esperienza del 2005, nel 2006, è stato condotto un efficace programma di monitoraggio allo scopo di prevenire la pericolosa esposizione alla fioritura di *Ostreopsis ovata* (si veda www.arpal.org). Episodi analoghi ma meno intensi sono stati osservati nelle coste laziali e pugliesi nel 2004. Tale fenomeno è simile a quello che si verifica nel Golfo del Messico dove persone esposte ad aerosol marino durante la fioritura della *Karenia brevis* soffrono di difficoltà respiratorie, irritazione e bruciore alle alte vie respiratorie.

3.3.3 Qualità dell'aria e salute

La prevalenza di malattie respiratorie e di allergie attribuibili all'inquinamento urbano e da pollini può aumentare come risultato dei cambiamenti climatici.

Il cambiamento climatico può influenzare la qualità dell'aria a livello locale e regionale attraverso modifiche delle velocità delle reazioni chimiche in atmosfera, delle altezze degli strati di rimescolamento degli inquinanti, e modifiche nelle caratteristiche dei flussi d'aria che regolano il trasporto di inquinanti. Se,

dunque, le condizioni meteorologiche influenzano lo sviluppo, il trasporto, la dispersione e il deposito di inquinanti atmosferici, si può prevedere che il cambiamento climatico condizionerà l'impatto sulla salute associato all'inquinamento da polveri fini e sostanze gassose. Quando si considerano i possibili effetti dei cambiamenti climatici in Italia, sono rilevanti gli studi condotti per valutare gli effetti delle ondate di calore e dell'inquinamento atmosferico. L'analisi dell'impatto dell'ondata di calore e dell'ozono in Gran Bretagna durante l'estate 2003 ha stimato che il 21-38% dell'eccesso di morte era attribuibile a elevati livelli di ozono¹⁸. Sempre alta risulta la proporzione dell'eccesso di morti attribuibile ai livelli elevati di ozono e di polveri durante l'ondata di calore del 2003 nei Paesi Bassi: le stime indicano una quota di 400-600 decessi collegati all'inquinamento atmosferico, quasi la metà dei 1.000-1.400 morti in eccesso osservati durante l'ondata di calore in questo paese¹⁹. La relazione tra clima, inquinamento atmosferico e prevalenza di patologie respiratorie tra i giovani adulti è stata indagata in un interessante studio condotto in Italia²⁰ per valutare in quale misura il clima e l'inquinamento esterno di NO₂ potessero spiegare la variazione geografica della prevalenza di asma e riniti allergiche. I dati sono stati raccolti in uno studio *cross-sectional* (trasversale) condotto tra il 1998 ed il 2000 su giovani adulti di età tra i 20 ed i 44 anni che vivono in 13 aree appartenenti a due regioni climatiche italiane diverse (subcontinentale e mediterranea). Le aree mediterranee avevano una prevalenza signifi-

¹⁸ (Stedman, 2004). Fonte: rapporto APAT-OMS.

¹⁹ (Fischer, Brunekreef & Lebrét, 2004). Fonte: ibidem.

²⁰ (De Marco et al, 2002). Fonte: ibidem.

cativamente più alta di sintomi tipici dell'asma, temperatura media annuale più alta, variazione della temperatura più ridotta e livelli di NO_2 più bassi rispetto a quelle subcontinentali. Il clima mediterraneo era associato ad un aumento del rischio di dispnea, attacchi di asma e altri sintomi respiratori. Dopo l'aggiustamento per i fattori climatici, un aumento dei livelli di NO_2 era associato moderatamente con il rischio di asma e di sintomi tipici dell'asma.

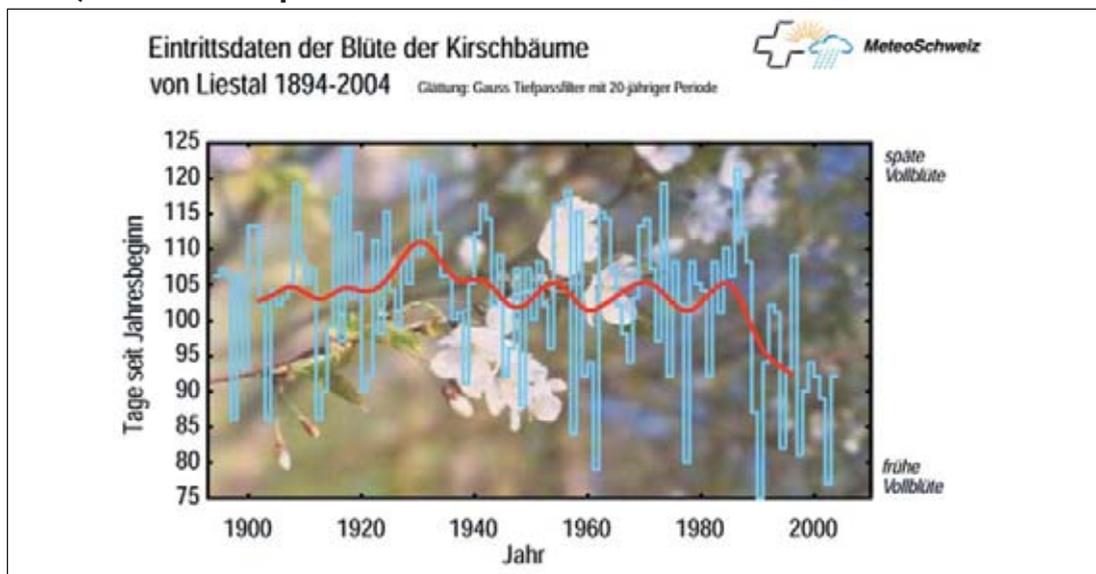
I risultati dello studio hanno indicato che la prevalenza dell'asma aumenta quando la temperatura media annuale cresce e la variazione della temperatura diminuisce. Inoltre, il clima interagisce con l'esposizione esterna di NO_2 , aumentando il rischio di riniti allergiche in persone esposte a temperature stabilmente alte.

L'aumento delle allergie respiratorie è anche comunque correlato agli effetti fenologici

indotti dall'aumento di temperatura specie in ambiente urbano dove nelle isole di calore la temperatura è superiore a quella rurale di alcuni gradi centigradi (Figura 3.9 e 3.10). Studi recenti hanno mostrato l'impatto potenziale del cambiamento climatico su piante allergizzanti e pollini. La durata della stagione dei pollini, la quantità, l'allergenicità degli stessi, la distribuzione delle piante, dipendono dal clima. Nuovi modelli di circolazione atmosferica sull'Europa potrebbero contribuire a mutare la distribuzione spaziale dei pollini, aumentando il rischio di nuove sensibilizzazioni tra la popolazione allergica²¹. Attualmente la durata media della stagione dei pollini è aumentata.

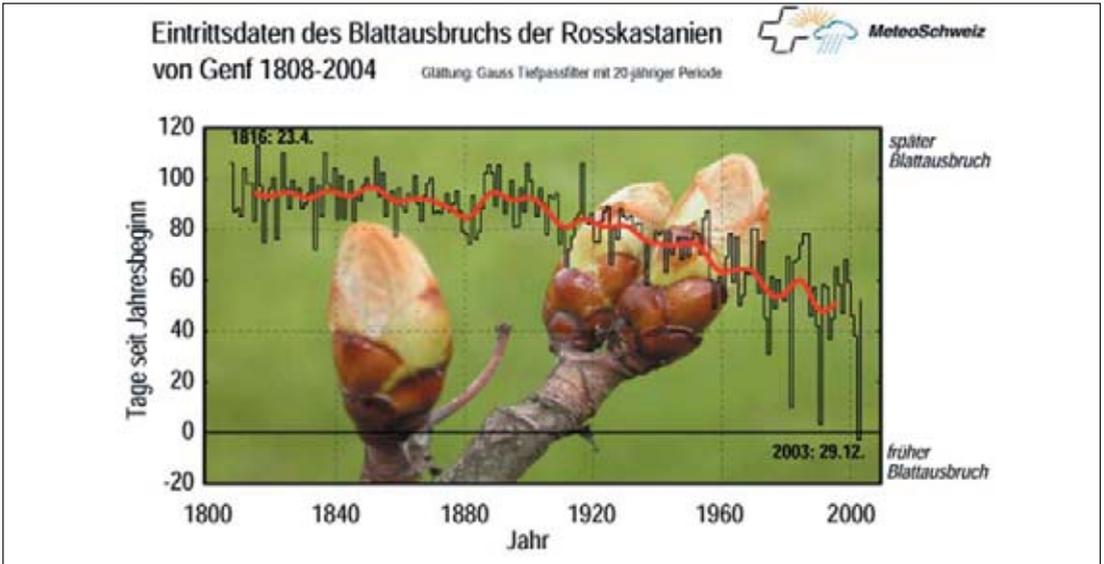
Riguardo la quantità dei pollini, vi è stata una tendenza all'aumento nelle decadi passate, in linea con gli incrementi locali della temperatura. In condizioni sperimentali, aumenti sostanziali della produzione dei pollini derivano dal-

Figura 3.9: Aree rurali - Data di fioritura del ciliegio a Liestal (giorni dopo inizio anno) osservazione periodo 1894-2004



Fonte: Ufficio federale meteorologia e climatologia meteosvizzera

Figura 3.10: Aree urbane - Data dello spiegamento delle piccole foglie dell'ippocastano a Ginevra, (giorni dopo inizio anno) osservazione periodo 1808-2004



Fonte: Ufficio federale meteorologia e climatologia meteosvizzera

l'esposizione all'aumentata concentrazione di CO_2 ²². Vi sono poi alcune evidenze di una maggiore allergenicità dei pollini derivanti da alberi cresciuti a temperature più alte²³.

Bibliografia

APAT -OMS "Cambiamenti climatici ed eventi estremi: rischi per la salute in Italia" 2007
 IPCC Quarto Rapporto 2007 di Valutazione del Comitato Intergovernativo sul Cambiamento Climatico
 CRED Emergency Disaster Data Base
 CRED CRUNCH "Disaster Data: A Balanced Perspective" Are natural disasters increasing?", 2005

CRED *Three decades of floods in Europe: a preliminary analysis of EMDAT data. Working paper (draft)*, Brussels, 2003

CRED CRUNCH Issue "Disaster Data: A balanced perspective" December 2006

CRED CRUNCH Issue "Disaster Data: A balanced perspective" June 2007

Mike Ahern et al "Global Health Impacts of Floods: epidemiologic evidence", *Epidemiologic Reviews*, Vol. 27, 2005

World Health Organization Global Environmental Change and Human Health - Science Plan and Implementation Strategy, Report n. 4, 2007
www.epicentro.iss.it

²¹ (Cecchi et al., 2006). Fonte: ibidem.

²² (Rogers et al., 2006, Wayne et al., 2002, Ziska, L.H. & Caulfield, 2000). Fonte: ibidem.

²³ (Ahlholm, Helander & Savolainen, 1998, Hjelmroos, Schumacher & Van Hage-Hamsten, 1995). Fonte: ibidem.

4. Ambienti marino-costieri

4.1 Introduzione

I fenomeni dell'erosione costiera e delle inondazioni generate dalle variazioni del livello medio del mare e dalle mareggiate estreme hanno già oggi un impatto enorme in relazione alla perdita di biodiversità, di patrimonio paesaggistico e ambientale (le pinete costiere, le dune, le stesse spiagge ecc.) e di aree per lo sviluppo di attività e forte impatto economico (turismo). Con gli eventi attesi a seguito dei Cambiamenti Climatici in atto si attendono incrementi dell'azione delle forzanti che li generano e che indurranno una intensificazione del fenomeno di perdita o degenerazione delle aree di spiaggia bassa e sabbiosa e di conseguenza degli ambienti costieri.

4.2 La conoscenza delle dinamiche del clima meteo-marino e dei relativi scenari. Le necessità della ricerca di base e della disponibilità di informazioni di settore.

La gestione delle coste necessita di informazioni adeguate sull'intensità delle mareggiate, altezza delle onde, livello del mare (sia quello medio, che le temporanee variazioni durante eventi meteorologici avversi). Tali variabili, in genere, non possono essere ricostruite/simulate se non mediante una ricostruzione generale degli eventi meteorologici e dei loro eventuali cambiamenti di regime. La ricostruzione/simulazione del clima costiero

non può pertanto essere disgiunta da quella di processi meteorologici, cicloni e venti.

In tale contesto la ricerca si trova ad affrontare due problemi complementari, entrambi cruciali per la gestione delle coste: 1) la ricostruzione del clima presente, incluse tendenze e variabilità a varie scale temporali; 2) l'identificazione di cambiamenti climatici conseguenti al futuro aumento degli effetti antropici (es. CO₂ e altri gas serra, aerosol, ecc). Per entrambi i problemi, pur essendo disponibili risultati di rilievo e informazioni utili, lo stato delle conoscenze richiede sostanziali progressi per aumentare l'affidabilità e la quantità di informazione disponibile.

La ricostruzione del clima passato non ha a disposizione serie temporali sufficientemente lunghe e ben distribuite geograficamente per caratterizzarne la variabilità e le tendenze. Questo risulta particolarmente vero per le onde marine, le cui misure sono fornite da boe ondametrische e rilievi satellitari. Le boe ondametrische forniscono serie temporali che sono generalmente disponibili al più dalla seconda metà degli anni '80 (le serie di maggiore lunghezza sono rilevate dalla Rete Ondametrica Nazionale -RON-, gestita dall'APAT e attiva dal 1989 e alla piattaforma CNR nel Nord Adriatico) e in un numero limitato di posizioni isolate. I dati satellitari sono disponibili solo a partire dalla prima metà degli anni '90. La conoscenza di quanto avvenuto in precedenza è basata su simulazioni con modelli che risentono dell'imprecisione presente nei campi di vento. L'indicazione attualmente disponibile mostra durante

la seconda metà del 20° secolo una diminuzione dell'intensità media delle mareggiate nei mesi invernali e anche una riduzione degli eventi estremi, sia pure limitata a una fascia centrale del Mediterraneo che interessa l'Italia meridionale. È necessario uno sforzo nella modellistica per migliorare la qualità delle ricostruzioni delle passate mareggiate e della loro climatologia e migliorare l'informazione attualmente disponibile. La situazione è meno critica per il livello del mare, che comunque nel Mediterraneo non presenta per ora l'evoluzione indicata negli scenari dell'IPCC, perché, sia pure in un numero limitato di località, che comunque corrispondono alle situazioni meglio note per la loro criticità, sono disponibili serie temporali sufficientemente lunghe. Le serie di maggiore lunghezza sono rilevate dalla Rete Mareografica Nazionale (RMN), gestita dall'APAT e con stazioni in 26 dei maggiori porti italiani, e soprattutto dalle stazioni di Genova (IIM), Punta della Salute (APAT Venezia) e Trieste (CNR-ITS) che sono caratterizzate da serie temporali più che centenarie.

Sia per livello del mare che per onde e mareggiate è fondamentale un salto soprattutto quantitativo (ma anche qualitativo) nella simulazione di scenari futuri. Queste si basano su di una cascata di modelli che a partire da scenari climatici globali riescono a simulare quello della regione mediterranea con sufficiente dettaglio e successivamente a calcolare dagli scenari regionali la climatologia di onde e livello del mare (anche in questo caso sia per quel che riguarda il valore medio che le sue variazioni temporanee). Il numero limitato di simulazioni che ricoprono con sufficiente dettaglio la regione Mediterranea ha impedito fino ad ora di svolgere un

numero di simulazioni di onde e livello del mare che affrontino in modo soddisfacente i problemi della variabilità interdecadale e delle differenze imputabili ai diversi modelli disponibili. Le simulazioni esistenti suggeriscono una diminuzione media dell'intensità delle mareggiate, ma lasciano aperta la possibilità di eventi estremi di maggiore intensità, in particolare in relazione ad inondazioni costiere nel Nord Adriatico. Questa condizione insoddisfacente si aggiunge a quella sulla variazione futura del livello medio del mare nel Mediterraneo, dove la presenza di forzanti termiche e saline con effetti contrastanti, rende difficile la definizione di scenari futuri.

A fronte dell'inadeguatezza dell'informazione attualmente disponibile è giusto nominare alcune iniziative attualmente in atto: il progetto VECTOR del PNRC, il progetto CIRCE dell'FP6-EU, il programma ESF MedCLIVAR, e, anche, in generale, il progetto EU-FP6 ENSEMBLE per la modellistica del clima a scala regionale. Tuttavia, il programma complessivo costituito dalle interrelazioni tra questi progetti non risulta essere ancora sufficiente a causa della mancanza di una specifica focalizzazione alla gestione delle coste italiane anche nei più recenti progetti/programmi nazionali di ricerca (es: CIRCE, MedCLIVAR, ENSEMBLE). Ciò evidenzia l'esigenza di un coordinamento nazionale di settore. I dati delle serie storiche non sono sufficienti allo stato attuale a sostenere le valutazioni necessarie per confrontarsi con le criticità introdotte dal Cambiamento Climatico, e nemmeno semplicemente per discriminare la componente di impatto dovuta al cambiamento climatico rispetto alla naturale variabilità statistica dei fenomeni in questione.

Appare evidente che, in attesa di incrementare la estensione temporale, la qualità e la distribuzione territoriale delle serie storiche di parametri fisici utili, è indispensabile basarsi sulla elaborazione di scenari con associati livelli di probabilità.

La pianificazione di un'adeguata gestione delle coste su scale multidecadali necessita di una riduzione delle attuali incertezze ed è pertanto necessario sostenere la ricerca di settore al fine di produrre una serie di simulazioni affidabili (attualmente non disponibili) con cui esplorare un intervallo sufficientemente ampio di forzanti in campo marino (onde, vento, livello del mare), costiero e della dinamica sedimentaria costiera e di bacino, e della loro variabilità.

È inoltre indispensabile consolidare sia dal punto di vista della omogeneità qualitativa e spaziale a livello nazionale, sia della durata temporale delle acquisizioni, compatibile con la scala delle centinaia di anni, le attività di monitoraggio fisico del moto ondoso, del livello del mare, degli altri parametri utili di meteorologia marittima e di bacino continentale:

- assicurando per il livello del mare la continuità di rilevamento della RMN e delle stazioni con serie storiche secolari, le necessarie livellazioni periodiche, l'installazione di GPS co-localizzati nei siti di interesse al fine di depurare dalle misure i movimenti crostali, recuperando i dati storici su supporto cartaceo (es: archivi di APAT Venezia) ed analizzarli. Il coordinamento dell'attività nazionale di settore e il compito di assicurare la disponibilità di un DB nazionale potrà essere assunto dall'APAT;
- assicurando per il moto ondoso la continuità di rilevamento della RON e completan-

do lo schema delle reti regionali in corso di implementazione, assicurandone la continuità. Attuando il coordinamento del sistema nazionale RON con le reti regionali, che favorirà anche la creazione di un data base nazionale;

- assicurando il sostegno ai sistemi di rilevamento di dati oceanografici a supporto dello sviluppo e gestione di sistemi di modellistica operativi e di scenario in ambito marino. Ciò potrà trovare attuazione attraverso il coordinamento di APAT di tali sistemi con quelli istituzionali di cui al punto precedente;
- implementando l'organizzazione omogenea a livello nazionale e assicurando il sostegno e la continuità per un programma di misura delle portate e del trasporto solido fluviale, specie di fondo, attività che si è quasi definitivamente interrotta con il trasferimento alle Regioni delle competenze del Servizio Idrografico Nazionale.

4.3 Gli impatti e la vulnerabilità dei territori costieri rispetto agli scenari di cambiamento climatico: lo stato delle conoscenze e le azioni da intraprendere

L'erosione e l'allagamento delle aree costiere sono fenomeni già presenti con una rilevanza notevole nel nostro territorio. Dagli anni '70 ad oggi si è evidenziata una generale tendenza all'arretramento delle coste sabbiose italiane. Questa tendenza è in aumento anche senza considerare gli effetti dei cambiamenti climatici a causa:

- della riduzione di apporto solido fluviale alle spiagge dovuto alle opere di stabiliz-

zazione dei versanti, di regimazione fluviale e alle opere di sbarramento o prelevato in alveo (a dominanza antropica più che naturale);

- di effetti di mareggiata concomitanti con eventi alluvionali, che comportano fenomeni parossistici di erosione nelle zone di foce in cui l'ondata di piena giunge al mare provocando una continua perdita di territorio litorale;
- dell'aumento relativo del livello del mare a causa degli effetti concomitanti di abbassamento del suolo per subsidenza naturale ed antropica e gli altri movimenti geologici.

Sono già in erosione e a rischio allagamento 1.500 dei circa 4.000 km di coste basse italiane, piane costiere comprese, (ovvero quasi il 20% del totale dei circa 8.300 km di coste italiane).

Anche nell'attuale impossibilità di quantificare queste negli scenari di cambiamento climatico a 50-100 anni da oggi (mancando anche una valutazione specifica sulla perdita sino ad oggi avvenuta a scala nazionale), è però evidente che questa perdita interesserà le attività e i «beni» presenti nell'area litorale.

Già oggi le categorie di «beni» vulnerabili sono rappresentate da:

- le attività economiche connesse al turismo balneare;
- le molte aree SIC costiere e aree naturali protette;
- le dune costiere, le pinete e le specie florofaunistiche pregiate presenti lungo una consistente parte del litorale italiano;
- le infrastrutture viarie (strade e autostrade) e ferroviarie, le zone urbanizzate a ridosso della riva attuale;
- l'acqua, che risulta una delle risorse indi-

rettamente già più impattate a causa del processo di salificazione delle falde acquifere nelle aree alluvionali costiere.

A questi elementi a rischio si aggiunge la presenza di attività agricole nelle piane costiere (localmente già oggetto di stime del costo della loro possibile perdita come ad esempio la Piana di Fondi, nel Lazio) e di allevamenti ittici tipicamente collocati nelle zone di transizione (es: Sacca di Goro in Emilia Romagna) che hanno un indotto economico non indifferente (stimato in circa 265 milioni di Euro).

A questa tendenza «di fondo» si sommeranno, secondo gli scenari IPCC, gli effetti indotti dai cambiamenti climatici che implicano per l'area costiera oltre alla risalita del livello marino:

- variazioni di direzione e magnitudo nelle correnti litoranee;
- frequenza e intensità degli eventi meteorologici;
- variazioni nell'altezza delle onde;
- variazioni nella direzione media delle onde.

Come effetto di questi scenari le risorse e le attività già oggi impattate dall'erosione e dai fenomeni di alluvione verranno certamente danneggiati in modo ancora più consistente o definitivamente perduti.

Tutte queste considerazioni sono però solo qualitative e non supportate da quei parametri quantitativi indispensabili per le necessarie valutazioni costo benefici che supportano le politiche territoriali di settore.

È però già possibile affermare che:

- gli scenari di variazione di vulnerabilità delle aree costiere all'erosione e allagamento per l'Italia propongono un quadro in cui i processi dominanti saranno molto

- probabilmente gli stessi di oggi;
- si può prevedere un incremento degli impatti nella nostra area costiera soprattutto per effetto degli eventi meteo climatici marini (mareggiate) che si presenteranno con delle frequenze irregolari e con maggiore intensità. Le correnti litoreanee e il regime ondometrico saranno meno intensi e il trasporto solido litoraneo (già oggi scarsissimo) sarà ulteriormente ridotto;
 - l'effetto del sollevamento del mare nel Mediterraneo viene previsto attorno a valori di circa 35 cm negli scenari IPCC (in conseguenza alla sola dilatazione termica). Gli studi specifici nel contesto italiano-mediterraneo indicano che il nostro mare non è attualmente in sollevamento e questo principalmente per effetto combinato dell'aumento di salinità che controbilancia l'effetto di dilatazione termica.

Questi scenari climatici dominati dagli eventi di mareggiata individuano scenari di impatto in cui le zone di maggiore suscettibilità saranno le spiagge sabbiose meno ampie e con apparati dunari retrostanti assenti o fortemente degradati.

Il sollevamento del mare non sembra quindi essere attualmente, nell'area mediterranea, il parametro principale di un aumento – a tempi brevi – della vulnerabilità delle aree costiere ai cambiamenti climatici (a differenza di quanto avviene negli scenari del Nord Europa), tranne che in settori in cui la subsidenza antropica e naturale amplifica il fenomeno nella sua manifestazione attuale e futura.

Il sollevamento del livello del mare, infatti, non produce solo una variazione del rapporto tra terra e mare ma, ad esempio, per ogni centimetro di sollevamento del mare nelle

aree costiere si verifica un innalzamento del cuneo salino dell'ordine di 40 volte.

Questo fenomeno dovrà quindi essere contestualizzato geograficamente differenziandone la rilevanza al fine dell'elaborazione degli scenari di impatto nel contesto italiano.

Considerato quanto sopra, risulta ancora più critica la carenza di risultati a scala nazionale, in termini di scenari degli impatti attesi (oltre che di quelli attuali) a scala cinquantennale - centennale, utili a supportare con sufficiente dettaglio spaziale la valutazione degli impatti del fenomeno dell'erosione e degli allagamenti delle aree costiere, anche in relazione a intervalli temporali ben più brevi di quelli con cui ci si deve confrontare tenendo conto del contributo dei Cambiamenti Climatici.

Nessuna esperienza, infatti, ad oggi ottempera ad entrambe le seguenti condizioni:

- copertura nazionale omogenea della valutazione;
- capacità di valutare quantitativamente e con un sufficiente grado di attendibilità le implicazioni del fenomeno di erosione/allagamento in relazione agli scenari di cambiamento climatico proposti dall'IPCC.

Gli studi esistenti costituiscono, infatti, esempi di analisi di rilevanza scientifica, ma:

- pur con interessanti spunti metodologici hanno il limite della incompleta copertura del territorio costiero. Propongono valutazioni di rischio attuale e non su scenario e inoltre le valutazioni sono qualitative e basate sul concetto di presenza di possibili beni, senza una analisi socioeconomica vera e propria (Mappa del rischio nazionale- GNRAC);
- risultano qualitative, in quanto la valuta-

zione di condizioni di vulnerabilità all'allagamento (Vulnerabilità delle Piane costiere- ENEA), è limitata dalla qualità dei dati altimetrici disponibili in Italia al momento dell'elaborazione. I risultati in termini di km² "allagabili" non sono quindi tanto da considerare quantitativi *sic est*, quanto indicativi di aree critiche in cui il fenomeno potrebbe avere effetti significativi.

Dal punto di vista metodologico l'analisi della tendenza evolutiva della costa italiana (APAT) propone un approccio semplice ed utilizzabile con alcuni riallineamenti metodologici per giungere rapidamente alla valutazione quantitativa delle zone impattate sinora dall'erosione marina a scala nazionale. Può rappresentare, la base di partenza per una metodologia condivisa con la comunità scientifica nazionale per la valutazione dell'impatto attuale e futuro ai cambiamenti climatici per le aree litorali italiane. Anche in questo caso l'elaborazione, pur essendo stata concettualmente impostata su criteri quantitativi di valutazione del fenomeno della "perdite", risente fortemente della qualità dei dati di base nella disponibilità degli AA. Occorrerà poter disporre di dati di base di migliore accuratezza e soprattutto omogenei a scala nazionale, dati che peraltro, come è stato evidenziato nel *workshop*, sono già esistenti per l'Italia, dove si ha una teorica disponibilità di informazioni cartografiche maggiore che in altri paesi. Ciò che manca è una consuetudine all'accesso e alla condivisione di questi dati. È quindi necessario coordinare le tecniche e i prodotti del rilevamento e assicurare la condivisione incondizionata di basi cartografiche e elaborati tematici "strategici" tra i diversi Enti e ambiti amministrativi centrali,

regionali e locali.

La valutazione del rischio costiero (applicazione della metodologia EUROSION alle coste italiane - APAT) applica alla situazione italiana il metodo di valutazione proposto in ambito europeo. I risultati pongono in evidenza la necessità di una presenza di maggiore impatto scientifico dell'Italia nei programmi europei su temi strategici come il rischio costiero.

I risultati ottenuti per l'Italia non hanno sempre evidenziato un buon riscontro con i risultati delle altre analoghe elaborazioni basate più sulle osservazioni dirette e si può attribuire loro solo un valore di prima approssimazione, anche se utile per fare valutazioni di confronto a scala comunale. La criticità è da attribuirsi in parte ai valori di separazione delle classi di attribuzione dei livelli di pericolosità e vulnerabilità e dal peso che si conferisce a certi parametri, e in parte al livello comunale di aggregazione spaziale dell'informazione statistica sulla urbanizzazione e la popolazione utilizzato, sull'uso e le caratteristiche ambientali del suolo e della biodiversità terrestre e marina derivabili dal CORINE LAND COVER. Il metodo, opportunamente integrato con dati di dettaglio maggiore di quelli utilizzati, potrà rappresentare certamente una base per mettere a punto una metodologia semplice e specifica per la situazione italiana di valutazione del rischio da erosione ed allagamento su scenari di cambiamento climatico.

La banca dati delle Dune Costiere (GNRAC - ENEA) che affronta il tema della resilienza morfologica in relazione alla tendenza evolutiva costiera ha il limite di essere datata al 1999 e di avere una copertura di circa il 70% del territorio. Risulta al momento l'unico caso di risultato di un progetto nazionale della

comunità scientifica italiana che attraverso un accordo con il MATTM viene reso disponibile nei formati GIS tramite protocolli *web* e in applicazione degli standard Europei di produzione e scambio di informazione geografica. Alcuni studi (ad esempio i progetti in corso VECTOR e BEACHMED-e) propongono sviluppi metodologici sugli impatti da CAMBIAMENTI CLIMATICI in area costiera teoricamente applicabili a scala vasta ma che saranno applicati solo nel contesto locale delle aree campione.

Anche gli studi effettuati dalle amministrazioni regionali, basandosi su metodologie diverse, propongono risultati che pur interessanti come indicazione qualitativa di presenza e rilevanza del fenomeno, non sono applicabili su scala nazionale. Al *workshop* sono state presentate le esperienze di: LAZIO; MARCHE; EMILIA ROMAGNA; SARDEGNA; ABRUZZO; SICILIA; BASILICATA; TOSCANA.

Premesso che la conoscenza degli scenari di impatto dei cambiamenti climatici nelle aree costiere non presenta ancora caratteristiche tali da sostenere le scelte di priorità di intervento a scala nazionale, bisognerà investire nella produzione in tempi brevi di tale conoscenza, utile alla valutazione seppur sommaria di costi e benefici delle azioni di adattamento che faranno parte del piano nazionale. A questo proposito nel convegno si è convenuto sull'opportunità di attivare un tavolo tecnico interdisciplinare per la individuazione di indici e metodi, che consentano di definire i necessari scenari di impatto quantitativi dell'erosione/allagamento nel territorio costiero italiano, nonché la messa a punto di un piano di monitoraggio che ne assicuri l'aggiornamento.

Del piano di aggiornamento della conoscenza

e monitoraggio faranno parte:

- le azioni per il coordinamento delle tecniche e dei prodotti del rilevamento, per integrare le esperienze regionali con le esigenze nazionali, assicurare il rilevamento a scala nazionale dei parametri minimi per l'elaborazione degli indici/indicatori individuati, attuare la condivisione incondizionata di cartografiche e elaborati tematici "strategici" tra i diversi Enti ed ambiti amministrativi centrali, regionali e locali;
- l'attivazione di un coordinamento nazionale delle azioni di ricerca dei giacimenti strategici di sabbie per rinascimento e opportuni interventi legislativi per regolare la controversa materia dello sfruttamento di questi giacimenti. A supporto di questa iniziativa si propone la creazione in collaborazione tra MATTM, APAT e ICAM di una banca dati GIS delle riserve di sabbia a mare conosciute;
- l'attivazione di un coordinamento nazionale con eventuali azioni di integrazione/aggiornamento delle attività di rilievo batimetrico costiero (dalla riva fino a 10-20 m di profondità) e di mappatura sedimentologica superficiale al fine di ottenere una copertura omogenea a livello nazionale.

4.4 Le opzioni di mitigazione e di adattamento: problematiche e proposte.

Le opzioni di adattamento o di riduzione della vulnerabilità per le aree costiere italiane partono dal presupposto che non è economicamente sostenibile immaginare interventi di difesa indiscriminati su tutti gli oltre 4.000

km di coste basse sabbiose italiane, tutte interessate in teoria dagli effetti dei cambiamenti climatici. Anche solo intervenire sugli attuali circa 1.500 km di coste già in erosione, richiederebbe investimenti iniziali enormi (dell'ordine di 2 Miliardi di Euro) e ripetuti nel tempo, nonchè l'impiego di quantitativi di sedimenti per ripascimento dell'ordine di 150-200 milioni di metri cubi iniziali, senza contare i quantitativi necessari alla conservazione degli interventi. Tali quantitativi, del resto, con le necessarie caratteristiche fisiche e di qualità, sarebbero anche difficilmente reperibili in tutte le zone interessate dai fenomeni, stante anche l'attuale normativa di settore.

Sul tema delle azioni di adattamento agli scenari di vulnerabilità da cambiamento climatico delle zone costiere è emerso che: le esigenze di uso e di sviluppo economico di queste aree hanno di fatto già condotto la comunità scientifica a sperimentare soluzioni per la mitigazione degli effetti dell'erosione e degli allagamenti. Dagli anni '70 questi fenomeni assumono nel nostro paese una certa rilevanza e quindi sin da quegli anni si sono sperimentate soluzioni che nel tempo hanno avuto un'evoluzione tecnica e verifiche della loro efficacia in termini ingegneristici attraverso i risultati ottenuti. Ne sono state, quindi, evidenziate potenzialità e limiti, ponendo in risalto ai fini della loro idonea attuazione l'esigenza di linee guida omogenee a livello nazionale per la progettazione, esecuzione, manutenzione e monitoraggio.

Le soluzioni possibili per attuare le strategie di adattamento sono state enunciate in:

- l'abbandono di aree alla loro evoluzione naturale;
- la conservazione/ricostruzione di zone

naturali di interfaccia "morbida" tra terra e mare che contemplino anche il ripristino degli ecosistemi dunali e del sistema di scambio sedimentario dune-spiaggia;

- la conservazione/ricostruzione delle dune costiere assolve anche al ruolo di barriera naturale al fenomeno dell'intrusione del cuneo salino a protezione delle risorse idriche sotterranee in area costiera: questi sistemi naturali contengono, infatti, serbatoi di acque di falda sospese il cui carico idraulico può efficacemente contrastare l'intrusione d'acqua salata dal mare;
- la messa in atto di strategie di pianificazione territoriale per evitare ulteriori compromissioni in termini di vulnerabilità territoriale anche attraverso vincoli di pianificazione (ad esempio la Regione Sardegna, con la Legge Regionale 8/2004 e il successivo PPR, ha previsto un vincolo di futura inedificabilità fino alla distanza di 2 chilometri dalla linea di riva);
- la difesa o stabilizzazione della posizione relativa terra-mare con opere morbide (ripascimenti) piuttosto che rigide;
- la diminuzione della vulnerabilità all'erosione e l'allagamento attraverso l'aumento della resilienza morfologica delle spiagge emerse (dune) e sommerse (barre, ecc);
- gli interventi normativi volti a sovraordinare ai piani regolatori comunali PRC le indicazioni dei piani di adattamento ai cambiamenti climatici in area costiera e alla introduzione della VAS nel processo di valutazione dei piani costieri, includendovi gli aspetti connessi all'impatto dei cambiamenti climatici. Il sistema di valutazione deve essere indipendente dal soggetto che elabora il piano.

La prima e la seconda strategia elencata richiamano il principio di rinunciare alla guerra di posizione tra terra e mare aprendo alle opzioni che prevedono una modalità diversa di convivenza nelle aree costiere in cui gli insediamenti abitativi e produttivi trovano un nuovo equilibrio con i valori e le dinamiche naturali. Assolvono a questo ruolo le zone di transizione (lagune, stagni costieri, dune) caratterizzate da una elevata biodiversità (spesso anche classificate come Siti di Importanza Comunitaria (SIC), che oggi sono sottoposte a una crescente pressione antropica e messe in crisi a causa di porti e villaggi turistici.

Questo implica una azione di pianificazione di area vasta (almeno regionale se non a scala di versanti marini) e l'introduzione di "regole comuni condivise" nei diversi livelli della pianificazione territoriale che non consideri solo l'impatto dell'opera nell'immediato territorio limitrofo, ma anche la sua interazione con il sistema costiero e risponda al principio che "non vengano più finanziati interventi che inducono erosione".

Per le opere di difesa: è stato evidenziato che si dovrà tenere conto degli effetti dei cambiamenti climatici sulla distribuzione statistica dei valori di ritorno di progetto (ad esempio il lavoro di Kropp-Shelnhuber del 2007 stima una variazione dell'ordine del 20% in meno del tempo di ritorno). È, inoltre, stato a più voci messo in evidenza il concetto che si debba andare verso un maggiore impiego di opere morbide avendo anche il coraggio di rimuovere, ove possibile, le opere di difesa tradizionali che con i cambiamenti climatici vedranno diminuire la loro efficacia.

Le aree agricole in fascia costiera sono esse stesse oggetto di pressione e quindi di impac-

ti negativi. Peraltro il valore economico di una loro potenziale perdita non è paragonabile al valore di altre tipologie di utilizzo del territorio. La possibilità di "perdere" suolo agricolo rappresenta, quindi, una opzione strategica di adattamento plausibile soprattutto nelle aree di bassa pianura che possono essere soggette a riallagamento. Ciò tenendo conto anche che i costi ambientali, energetici, ed infrastrutturali per l'adeguamento dei sistemi di regimazione delle acque superficiali nelle piane costiere depresse in conseguenza ai cambiamenti climatici non saranno sempre commisurabili con il valore del "bene" protetto.

La scelta delle più adeguate opzioni di adattamento dovrebbe essere basata anche su valutazioni economiche (costi-benefici). Tuttavia gli esempi di applicazione di modelli di valutazione economica alla comparazione di opzioni di adattamento ai cambiamenti climatici illustrati nel *workshop*, sono stati sviluppati in ambiti costieri limitati. Inoltre, hanno preso in considerazione solo aree di piana costiera, con le loro specificità. Quindi tali valutazioni non sono esportabili *tout court* alla scala nazionale, come peraltro messo in evidenza dai relatori stessi, anche per la considerevole quantità e dettaglio di dati di *input* che tali modelli richiedono e che non è sostenibile rilevare a scala nazionale.

Viceversa, la valutazione presentata del valore degli arenili sfruttati ad uso turistico balneare, propone un esempio di indicatore semplice per la valutazione attendibile dei costi associati a una possibile perdita in una tipologia di costa molto diffusa in Italia.

Quindi lo sforzo dovrà essere rivolto a mettere in sinergia le diverse esperienze oggi disponibili, individuando un approccio metodo-

logico semplice e applicabile a scala nazionale in tempi brevi che contempli le caratteristiche di tutte le coste italiane.

4.5 Esigenze normative e di governo del territorio: stato e prospettive

L'ambito costiero risulta attualmente soggetto a una pianificazione in cui molti soggetti possono intervenire con soluzioni tra loro non coordinate.

In molti paesi la zona a contatto con il mare è di proprietà pubblica (in Italia, il demanio marittimo), ed è caratterizzata da una serie di vincoli e di prescrizioni molto più cogenti che nel resto del territorio. L'evoluzione giuridico-istituzionale del demanio marittimo aiuta anche a comprendere l'evoluzione socio-economica della fascia costiera: sessanta anni fa tutte le funzioni amministrative venivano esercitate dallo Stato attraverso il Corpo delle capitanerie di porto; via via si sono sovrapposte le competenze di altre amministrazioni, preposte ai vincoli progressivamente imposti, per arrivare oggi all'attribuzione di quasi tutti i poteri agli enti locali, a riconoscere la funzione di risorsa per lo sviluppo economico locale rivestita dalla fascia costiera.

La proliferazione delle utilizzazioni, cui ha fatto seguito la proliferazione dei vincoli e, quindi, delle competenze, è l'indicatore più rilevante della necessità di operare per la fascia costiera scelte di politica integrata, dove i vari interessi ivi gravitanti siano ben temperati.

La stessa pianificazione a scala di bacino attuata attraverso le Autorità di Bacino si è concretizzata nelle zone costiere con momen-

ti separati e distinti dalla pianificazione dell'entroterra: i Piani Stralcio della costa. Anche nell'approccio ordinario allo studio delle aree costiere la modellistica e le simulazioni di norma non propongono un approccio integrato a comprendere le zone marine, litorali e continentali come parte di un unico sistema. La recente normativa europea (*Green Paper Towards a future Maritime Policy for the Union: A European vision for the oceans and seas*, 2006) insiste, invece, proprio su questa esigenza dell'interconnessione tra strategie di monte e di valle di un bacino idrografico e della consapevolezza delle relazioni causa effetto di queste opzioni anche con la zona di mare antistante. La scala di bacino, rappresenta in realtà un ambito non sufficiente per la pianificazione costiera, specie se oltre allo sviluppo di attività o insediamenti si tiene conto del principio di adattamento ai cambiamenti climatici. Questa opzione implica, infatti, scelte sia di riduzione della vulnerabilità, sia di cambiamento nei modelli di sviluppo socio-economico, sia di recupero di ambienti costieri non antropizzati. Il sistema costiero è per sua natura controllato da dinamiche che agiscono almeno su dimensione di unità fisiografica e che spesso sono riferibili a tendenze a scala di versante marittimo. Appare evidente che queste suddivisioni, che hanno un significato dinamico, non hanno invece nessuna corrispondenza nelle suddivisioni amministrative attuali. Lo sviluppo di iniziative di ICZM nasce proprio da questa esigenza: l'intervento di difesa coinvolge quasi sempre amministrazioni diverse da quelle da cui l'intervento è stato deciso e progettato.

Il concetto di gestione integrata della fascia costiera, lungi dall'aver immediati riflessi

applicativi, si configura come un processo astratto finalizzato a orientare relazioni istituzionali e tra strumenti normativi, interventi strutturali e comportamenti sociali ed economici, al perseguimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile in ambito costiero.

Tale attuale indeterminazione agli effetti pratici già si riscontra nell'indeterminazione tutt'ora esistente della definizione dell'ambito fisico di applicazione, ove per area costiera si intende, nelle definizioni internazionali, quella parte di territorio terrestre e marino influenzata dai processi fisici e biologici di terra e di mare e delimitata in linea di massima allo scopo di gestire l'uso delle risorse naturali, mentre per zone costiere si intendono quelle frazioni di area costiera oggetto dell'implementazione di programmi di gestione integrata.

A livello nazionale l'*Integrated Coastal Zone Management (ICZM)*, come politica comunitaria per la gestione delle aree costiere, non è stata ancora strutturata adeguatamente in risposta alla Racc (2002)/413/EU.

Diverse Regioni hanno iniziato a lavorare ai piani di gestione integrata delle aree costiere, senza avere alla base una struttura omogenea cui riferirsi e, anche se varie iniziative rappresentano ottimi esempi di come si debba impostare una politica di ICZM, nella sostanza si rischia di incorrere in forme di implementazione della gestione integrata diverse da nord a sud, con la conseguente negazione del concetto stesso di *integrated coastal management*.

Invece l'Unione Europea chiede a tutti gli Stati membri di promuovere iniziative, studi, e programmi dedicati all'*integrated coastal management*, per organizzare una politica comunitaria che possa realisticamente preservare l'ambiente costiero da ulteriori

depauperamenti, garantire lo sviluppo della comunità sociale, promuoverne la crescita economica.

La *Recommendation of the European Parliament and of the Council, concerning the implementation of Integrated Coastal Zone Management in Europe* del 30 maggio 2002 sollecita la definizione, da parte degli Stati membri, di strategie nazionali per l'applicazione concreta dei principi di gestione integrata delle aree costiere.

La delibera CIPE 2 agosto 2002, n. 57, sottolinea la necessità di definire linee guida per lo sviluppo sostenibile delle aree costiere, che si basino sulla legislazione della protezione del mare e delle risorse naturali, in modo da fornire ai centri istituzionali decisionali strumenti operativi che garantiscano omogeneità nella trattazione delle problematiche e tematiche nazionali, strumenti utili a recepire prescrizioni e obiettivi contenuti in direttive e raccomandazioni comunitarie.

A conclusione del *summit* di Johannesburg, svoltosi dal 26 agosto al 4 settembre 2002, sono stati ratificati 3 documenti importanti, uno dei quali è il *Johannesburg Plan of Implementation*, che contiene molte argomentazioni interessanti per la gestione integrata delle aree costiere.

In modo particolare il documento sottolinea il fatto che la difficoltà di diffusione della politica di gestione integrata è in molti casi dovuta alla mancanza di linee guida o di un coordinamento di livello nazionale. Infatti il *Johannesburg Plan of Implementation* raccomanda "To promote integrated, multidisciplinary and multisectoral coastal and ocean management at the national level and encourage and assist coastal States in developing ocean policies and mechanisms on integrated

coastal management”.

La materia rappresenta il futuro del nostro governo del territorio, in quanto il *trend* evolutivo della politica di gestione delle aree costiere a livello europeo va verso l'*integrated coastal management* e la *Recommendation of the European Parliament and of the Council, concerning the implementation of Integrated Coastal Zone Management in Europe* del 30 maggio è solo l'ultima di una serie di iniziative intraprese dall'Unione Europea in questo settore (Comunicazione 511 del 1995, Programma dimostrativo 1997-1999, Comunicazione 547/2000 fino alla suddetta Raccomandazione 30 maggio 2002).

Alla luce di quanto fin qui detto, è urgente intervenire per adeguarsi alle raccomandazioni della CE elaborando linee guida nazionali condivise con le amministrazioni e gli enti che hanno attualmente le competenze della pianificazione. Ciò ai fini dell'implementazione dei principi dell'ICZM tenendo conto degli effetti e delle esigenze di adattamento ai cambiamenti climatici. Sono altrettanto urgenti interventi di definizione normativa del "Piano Coste" introducendo in questo il concetto di cambiamento climatico, definendone la minima estensione in base a criteri di dinamica costiera e non amministrativi e prevedendo la sua sovra-ordinazione rispetto ai piani regolatori comunali.

Considerando l'entità degli investimenti che, come già illustrato, si renderanno necessari per la pianificazione costiera alla luce delle tendenze evolutive in atto e della loro accelerazione conseguente ai cambiamenti climatici, sarà indispensabile attuare una sinergia tra investimenti pubblici e privati attraverso strumenti legislativi che favoriscano gli inve-

stimenti privati funzionali anche alle esigenze dell'adattamento.

È emersa dal *workshop* la richiesta di una forma di coordinamento nazionale sul tema delle coste (ricerca, monitoraggio, metodologie, criteri di pianificazione, ecc) in modo che chi opera a livello locale non sia isolato rispetto al contesto generale, che le esperienze oggi limitate ad alcune realtà diventino effettivamente patrimonio della collettività nazionale e che si valorizzino i risultati dei progetti di ricerca. Il contributo dei progetti interregionali EU non ha colmato questa carenza. Si propone pertanto l'istituzione di forme di aggregazione a livello centrale delle iniziative, progetti e programmi da avviare nell'ambito costiero attraverso ad esempio un comitato nazionale sulle coste con la partecipazione di rappresentanti istituzionali, delle regioni e del mondo accademico.

Un ulteriore strumento potrebbe essere un Osservatorio nazionale da costituirsi ad esempio presso la stessa APAT (analogamente a quanto già avviene per Osservatorio per il rischio idrogeologico) finalizzato al monitoraggio dello stato di attuazione della normativa e pianificazione di settore e degli interventi di adattamento e riduzione della vulnerabilità.

Al di là di tutto quanto fa riferimento alle esigenze di conoscenza e di adattamento ai cambiamenti climatici, è necessario considerare che dovrà modificarsi la percezione del rapporto tra l'uomo ed il territorio costiero in particolare nell'area mediterranea dove maggiori sono le pressioni e le aspettative di fruizione economica e sociale.

L'adeguamento ai cambiamenti climatici comporta uno spostamento nella percezione temporale degli effetti delle scelte di sviluppo

che dovranno avere un orizzonte di decenni. Inoltre, la percezione delle zone costiere come risorsa sfruttabile staticamente nel tempo confligge con le caratteristiche intrinseche di dinamicità e instabilità del sistema che sinora si è teso a rendere stabile artificialmente.

Un cambiamento di aspettative implica un cambiamento sociale e culturale che passa attraverso la promozione di uno scambio efficace e stabile tra gli operatori della scienza, dell'amministrazione e i cittadini. Lo stesso mondo dell'informazione è più interessato a proporre notizie che non a diffondere conoscenza anche attraverso un dialogo organico con il mondo scientifico.

Una proposta emersa nel corso del *workshop* è la costituzione di un canale televisivo dedicato alle tematiche ambientali, incluse quelle relative ai cambiamenti climatici, che proponga un approccio semplice ma rigoroso ed in cui la comunità scientifica si senta efficacemente rappresentata e che stimoli la crescita di una nuova generazione giornalistica.

4.6 Conclusioni

Le esigenze di adeguamento della conoscenza, del modo di pensare e pianificare gli ambienti costieri al fine di tenere conto degli effetti dei cambiamenti climatici, implicano profondi mutamenti di approccio negli ambiti della ricerca, della pianificazione, della comunicazione e della percezione stessa del rapporto tra uomo e ambiente costiero. Questo principio, che in modo generico vale per tutti gli ambiti interessati dai *workshop* preparatori alla Conferenza nazionale sui Cambiamenti Climatici, nell'ambito costiero

appare ancora più pertinente, perché questi territori uniscono ad una altissima dinamicità evolutiva e fragilità, un enorme aspettativa di fruizione.

È evidente che nessuna azione di adattamento strategico ai cambiamenti climatici potrà realizzarsi senza che avvengano questi mutamenti di approccio.

L'adattamento ai cambiamenti climatici non si basa solo sull'impiego di tecnologie di difesa degli attuali equilibri di utilizzo del territorio. Oggi il 40% della popolazione mondiale vive entro un raggio di 60 chilometri dalle coste e nel *workshop* è stato messo in evidenza che il 65% della popolazione europea va in vacanza al mare. L'adattamento ai cambiamenti climatici implica di inserire nelle ipotesi di sviluppo e pianificazione il concetto di dinamicità, anche immaginando valori sociali e culturali e aspettative diverse da quelle attuali. Bisogna, quindi, prevedere forme di sostegno e di indirizzo affinché questo mutamento avvenga e rinsaldare al più presto gli ambiti della conoscenza con gli ambiti della decisione.

Bibliografia

ESF- Impacts of Climate Change on the European Marine and Coastal Environment Ecosystems Approach – Position Paper 9 – March 2007.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES- GREEN PAPER Towards a future Maritime Policy for the Union: A European vision for the oceans and seas - SEC(2006) - 689.

IPCC - Climate Change 2001 - Coastal zones and Marine Ecosystems - WG II: impacts, Adaptation and Vulnerability.

Northeast Climate Impacts Assessment (NECIA) - Confronting Climate Change in the U.S. Northeast: Climate, Impacts, and Solutions, 2007. Chapt. 3 :Adapting to the impacts of climate Change in UK.

Ashton D. A., Donnelly J. and Evans R., 2007 - A discussion of the potential impacts of climate change on the shorelines of the northern USA.

UNFCCC Application of environmental sound technologies for adaptation to climate change Techn. Paper, 2007.

Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, A. Shvidenko, 2007: Europe. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 541-580.

"STRATEGIES FOR ADAPTION TO SEA LEVEL RISE: Adaptive responses", Intergovernmental Panel On Climate Change, Response Strategies Working Group, November, 1990.

A. Speranza, A. Delitala, R. Deidda, S. Corsini, G. Monacelli, B. Bonaccorso, A. Buzzi, A. Cancelliere, M. Fiorentino, G. Rossi, P. Rifi, F. Siccardi: "Estremi nelle scienze ambientali", Sintesi del dibattito nel Simposio "Gli eventi estremi: alla ricerca di un paradigma scientifico condiviso", Alghero 24-26 settembre 2003 J. F. Eichner, J. W. Kantelhardt, A. Bunde, S. Havlin: "Statistics of return intervals in long-term correlated records", The American Physical Society 2007.

M. Kallache, H.W. Rust, H. Lange and J. Kropp: "Extreme Value Analysis considering Trends: Methodology and Application to Runoff Data of the River Danube Catchment", Potsdam Workshop, December 12.-13, 2005.

5. Ambienti nivo-glaciali: scenari e prospettive di adattamento

5.1 La conoscenza dei fenomeni di deglaciazione

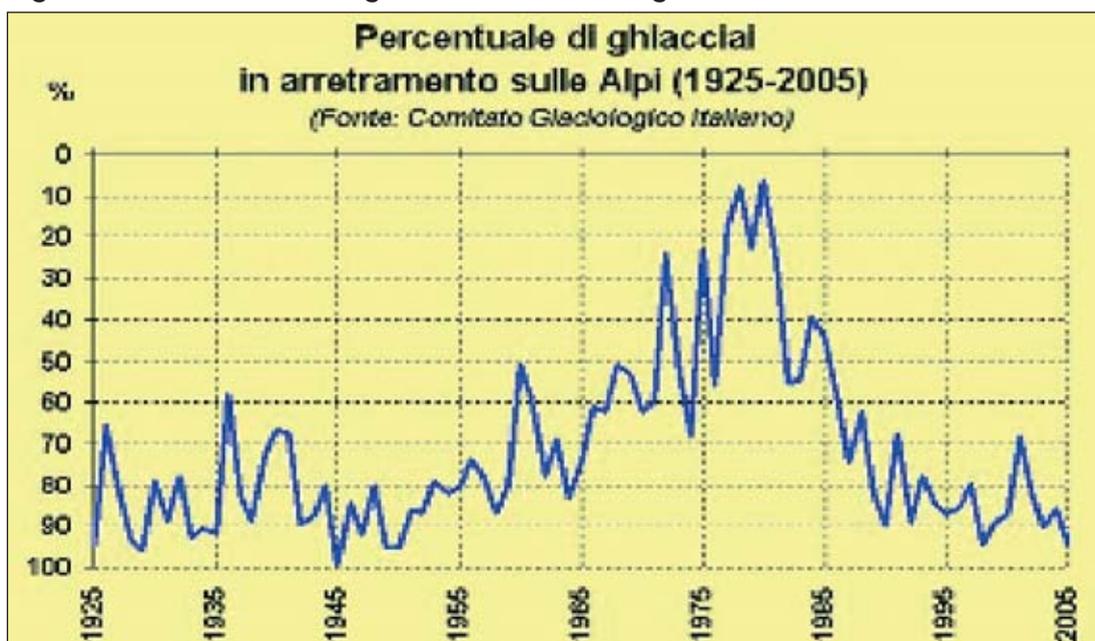
5.1.1 Il glacialismo in Italia

Dei circa 4.474 km² di superficie glaciale che ricoprivano le Alpi verso il 1850, nel 2000 ne rimanevano 2.272, vale a dire il 51% (Zemp et al., 2007). Valori analoghi, con riduzioni perfino più rilevanti, sono confermati anche da analisi su massicci montuosi italiani: i ghiacciai del versante piemontese del Gran Paradiso avevano perso il 50% della loro area ottocentesca già nel 1991 (Mercalli & Cat Berro, 2005),

e in seguito si sono ulteriormente contratti. Attualmente, la superficie glaciale italiana ammonta a poco meno di 500 km², circa un quinto del totale alpino. Tale copertura è pressoché per intero concentrata sulle Alpi, fatta eccezione per il piccolo ghiacciaio appenninico del Calderone, sul versante Nord del Gran Sasso, ora ridotto a esili placche di glacionevato con notevole copertura detritica. Quasi la totalità degli apparati glaciali italiani è in arretramento dal 1990; una forte accelerazione del fenomeno è osservabile dal 2003 (Figura 5.1).

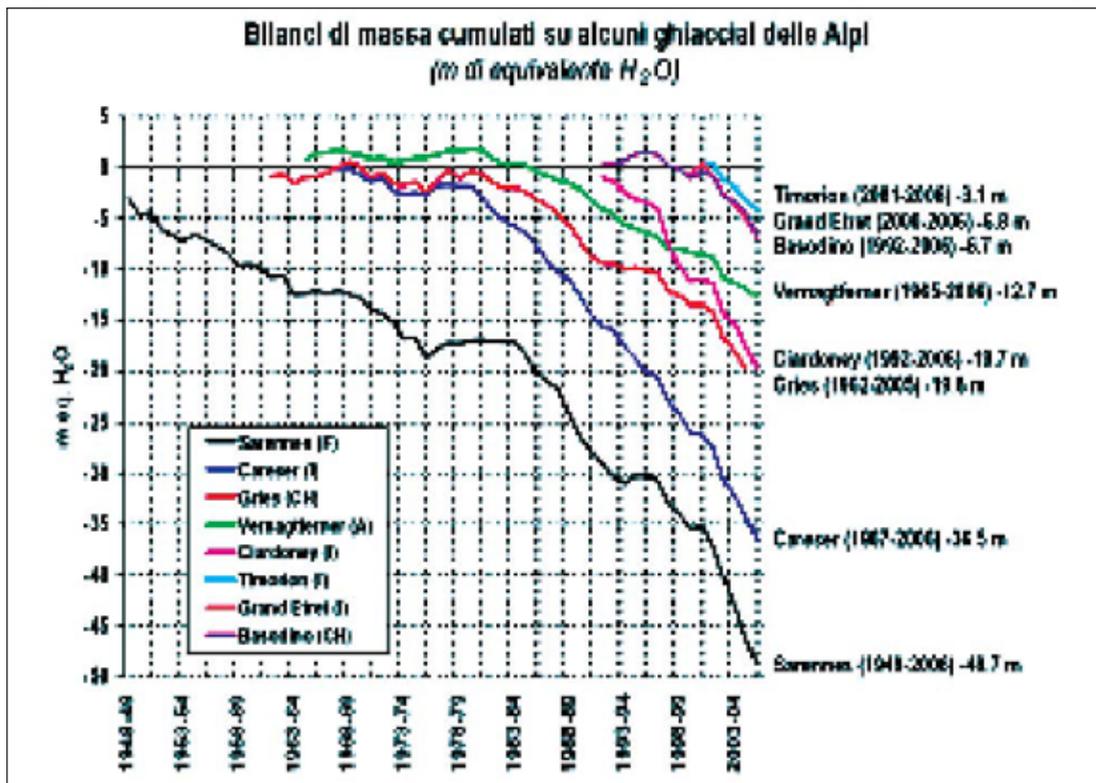
Sul versante meridionale delle Alpi, il

Figura 5.1: Percentuale di ghiacciai italiani in regresso dal 1925 al 2005



Fonte: Comitato Glaciologico Italiano

Figura 5.2: Confronto tra i bilanci di massa cumulati su alcuni ghiacciai delle Alpi



Fonte: Comitato Glaciologico Italiano et al.

ghiacciaio con la più lunga serie di osservazioni delle variazioni frontali è quello del Lys, sul Monte Rosa (Gressoney-La Trinité): fin dal 1812 se ne conosce l'evoluzione, con misure via via più frequenti e continue dal 1911 (Mercalli et al., 2006). Dal 1860 (termine dell'ultima pulsazione della Piccola Età Glaciale) fino al 2006 la sua fronte si è ritirata di circa 1.600 m. Serie pluridecennali sono disponibili anche per numerosi altri ghiacciai, variamente distribuiti sull'arco alpino: tutti hanno evidenziato intensi ritiri dai primi decenni del XX secolo ad oggi, compresi fra oltre 1,5 km e 400 m.

Le misure di variazione di volume dei ghiac-

ciai, effettuate attraverso la determinazione del bilancio di massa annuale, hanno una storia più recente, e interessano, in Italia, solo una decina di ghiacciai: Ciardoney, Timorion (Cremonese et al., 2006) e Grand Etret sul Gran Paradiso, Scalino nel Gruppo del Bernina, Dosedò Orientale, Sforzellina e Careser nel gruppo del Cevedale, Vedretta Pendente e Malavalle in Val Ridanna (Alto Adige) (Franchi & Rossi, 2001) e Fontana Bianca in Val d'Ultimo (Alto Adige).

La più lunga serie di misure di bilancio di massa effettuate con regolarità è iniziata nel 1967 ed è relativa al Careser: in 40 anni l'apparato ha perso uno spessore medio di ghiaccio equivalente a una lama d'acqua di

quasi 35 m di altezza, omogeneamente distribuita su tutta la superficie (Zanon, 1992). Sugli altri ghiacciai tali misure, pur essendo cominciate più tardi, forniscono già dati significativi: sul Ciardoney (Gran Paradiso), uno degli apparati più esposti a forte fusione a causa della posizione prossima alla pianura padana e della quota relativamente bassa (tra 2.850 m e 3.150 m), il bilancio cumulato dal 1992 al 2006 ha raggiunto un valore negativo di 19,7 m di equivalente d'acqua.

La riserva idrica totale dei ghiacciai italiani è modesta in quantità. In mancanza di misure estensive di spessore, applicando alla superficie glacializzata una stima di spessore medio di 30-50 m, si ottengono circa 15-25 km³ d'acqua, corrispondenti al 40-68 % del volume del Lago Maggiore. Essa è però rilevante per qualità e per la sua disponibilità nel periodo estivo, proprio quando la richiesta idrica è maggiore.

Le dinamiche glaciali sono fortemente influenzate dalla quantità e dalla distribuzione stagionale delle precipitazioni nevose, nonché dalla permanenza della neve al suolo. I *trend* della superficie innevata rilevati nelle aree alpine europee, secondo i dati riportati nel *Fourth Assessment Report* dell'IPCC (2007), sono caratterizzati da una rilevante variabilità regionale e altitudinale. Le recenti riduzioni della *Snow Covered Area* (SCA), indicate dal 1990 su gran parte delle Alpi, sono state documentate per la Svizzera (Scherrer et al., 2004) e la Slovacchia (Vojtek et al., 2003), ma non trovano riscontri, ad esempio, in Bulgaria nel periodo 1931-2000 (Petkova et al., 2004). Tale riduzione, maggiore nei settori a quote inferiori, è attribuita prevalentemente all'aumento delle temperature nel periodo primaverile. Nei settori alpi-

ni occidentali, infatti, attorno a quota 2.500 m, è stato osservato nel periodo 1990-2005 un anticipo della fusione primaverile di circa 15 giorni rispetto al cinquantennio precedente (www.regione.vda.it/territorio/varclim/) con riflessi sul regime idrologico (anticipo dei deflussi primaverili e riduzione di quelli estivi) e con ripercussioni importanti anche sulle dinamiche di accumulo e ablazione sulle lingue terminali degli apparati glaciali posti a quote inferiori.

5.1.2 Gli scenari per il versante meridionale delle Alpi

Per quanto riguarda l'evoluzione futura dei ghiacciai alpini, le simulazioni effettuate da Zemp et al. (2006) per la Svizzera indicano verosimili perdite areali del 70% rispetto alle condizioni attuali, nell'ipotesi di un ulteriore riscaldamento di 2 °C, entro il 2060. Per le aree glacializzate del versante italiano delle Alpi, con riferimento a queste stime, stante la mancanza di simulazioni specifiche e complessive, si può ritenere che, data la posizione geografica maggiormente esposta ad un elevato soleggiamento e all'influenza delle ondate di caldo di matrice africana, la riduzione possa essere ancor più drastica. I settori sommitali dei grandi ghiacciai del Monte Bianco, del Monte Rosa e dell'Ortles-Cevedale potranno conservarsi, ma il destino degli apparati minori posti sotto quota 3.500 m, sembra essere l'estinzione, anche in relazione alla ridotta potenza della copertura glaciale che non supera, alle medie altitudini (2.800 – 3.200), i 30-50 m. Nelle attuali condizioni, non passeranno forse più di 10 anni prima della scomparsa di modesti ghiacciai marginali come quelli delle Alpi

Marittime, dell'alta Valle di Susa e delle Alpi Orobie.

Tali indicazioni sono supportate dagli esiti dei monitoraggi condotti su alcuni apparati alpini: in Valle d'Aosta, ad esempio, sulla fronte del Ghiacciaio di Pré de Bard (Val Ferret, gruppo del Monte Bianco), posta a 2.100 m di quota, il tasso di ablazione giornaliero, che misura l'abbassamento della superficie dovuta alla fusione di ghiaccio, si è attestato attorno ai 10 cm/giorno nell'agosto del 2005, ed ha raggiunto i 14 cm/giorno nel caldo luglio del 2006. Nello stesso anno l'elevata temperatura di agosto e settembre ha determinato una perdita media di ghiaccio di circa 5 cm/giorno ai 3.200 m del Ghiacciaio di Tsa de Tsan (Valle d'Aosta, alta Valpelline). Un elemento importante, anche se poco appariscente, degli ambienti nivo-glaciali, è il *permafrost*, definito come la porzione di terreno permanentemente gelato per più di due anni consecutivi. Il progressivo riscaldamento, interferendo direttamente con i fattori che determinano il bilancio energetico della superficie del suolo, induce variazioni sulla localizzazione e le caratteristiche del *permafrost*. Benché negli ultimi anni siano stati avviati studi in tale campo, è necessario aumentare la conoscenza sulla distribuzione e le dinamiche di scioglimento del *permafrost*, sia in terreno che nelle pareti rocciose. A tale fenomeno sono infatti riconducibili eventi catastrofici quali frane e crolli.

Anche per quanto riguarda l'innnevamento manca un quadro complessivo di scenario. Serie storiche sono localmente disponibili, per lo più in postazioni di monitoraggio meteorologico di bacini idroelettrici (Figura 5.3). Simulazioni territoriali per la Valle d'Aosta sono contenute nel rapporto "Cambiamenti

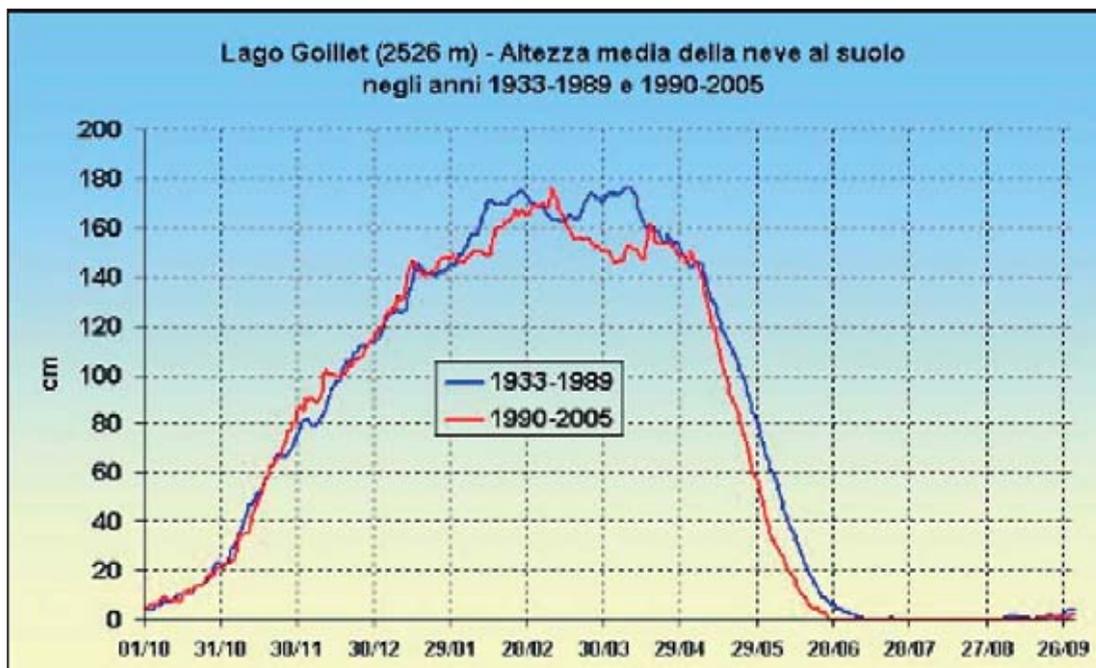
climatici in Valle d'Aosta. Opportunità e strategie di risposta" (www.regione.vda.it/territorio/varclim/), unico lavoro di indirizzo e programmazione climatica condotto per iniziativa di un'Amministrazione del governo locale in Italia. È necessario acquisire una più completa conoscenza di tale elemento e migliorare la capacità previsionale dei relativi *trend*, anche tenendo conto che nell'ambiente alpino gli effetti di un aumento della temperatura globale sono in genere più evidenti rispetto alle pianure temperate: un aumento di temperatura media di pochi decimi di grado riduce la frazione di precipitazioni che cade sotto forma di neve e di conseguenza l'altezza dell'accumulo di neve al suolo. Inoltre risulta anticipata e accelerata la fusione primaverile del manto nevoso.

Sulla base delle elaborazioni effettuate da Mercalli et al. (2006) emerge chiaramente come un clima più caldo rispetto agli ultimi decenni avrebbe, nelle aree di montagna, conseguenze vistose a quote inferiori ai 1.400 m circa, abbattendo drasticamente lo spessore del manto nevoso e riducendo la durata annuale dell'innnevamento del 35% circa per ogni °C di aumento della temperatura media. Effetti meno eclatanti, ma comunque presenti, si produrrebbero a quote superiori, con una perdita nello spessore medio del manto pari al 15% a 1.850 m e al 12% a circa 2.300 m per ogni °C in più nella temperatura dell'aria.

La riduzione della durata dell'innnevamento parrebbe essere dovuta esclusivamente all'anticipo in primavera dell'inizio e del completamento della fusione, mentre la formazione autunnale del manto durevole non ritarderebbe neppure con aumenti di 2°C nella temperatura media.

L'anticipo dell'inizio dell'ablazione primave-

Figura 5.3: Variazioni dell'andamento medio giornaliero dello spessore nevoso al Lago Goillet (2.526 m, Valle d'Aosta), confronto tra i periodi 1933-89 e 1990-2005



Fonte: MERCALLI et al., 2006.

rile è risultato contenuto in 4 giorni per °C di aumento a quota 1.800 m e più marcato (8÷15 giorni/°C) alla quota più elevata.

I risultati ottenuti sono confrontabili con quanto indicato da Beniston et al, (2003), secondo il quale per ogni °C di incremento termico nella media delle temperature invernali la durata del periodo di permanenza di copertura nevosa al suolo si ridurrebbe mediamente di circa 15÷20 giorni. Sulle vicine Alpi svizzere, un incremento di 4 °C nelle medie invernali delle temperature minime entro il trentennio 2071-2100 (risultati modello regionale HIRHAM4, scenario IPCC-A2) potrebbe comportare una riduzione della quantità di neve caduta dell'ordine del 90% intorno a quota 1.000 m, del 45÷60% a quota 2.000 m (a seconda di come evolverà

il regime delle precipitazioni) e del 30÷40% a quota 3.000 m. Inoltre, la scomparsa primaverile del manto anticiperebbe di 50÷60 giorni sopra i 2.000-2.500 m. La riduzione della stagione nevosa sarebbe più manifesta alla sua fine (primavera), che non al suo inizio (autunno), con conseguente accelerazione e anticipo dei deflussi primaverili.

Per quanto riguarda alcuni dei principali parametri idrologici, connessi alle dinamiche nivo-glaciali, gli scenari determinati a livello globale prevedono i seguenti effetti sugli ambienti montani:

Precipitazioni:

- modifiche della struttura degli eventi, del regime, degli estremi, superiori all'incertezza associabile alle previsioni in stato

stazionario;

- aumento del rischio (volumi più elevati a parità di durata), maggiore per eventi rari;
- riduzione della piovosità estiva e aumento di quella invernale, ma con riduzione delle precipitazioni nevose (Figura 5.4).

Deflussi:

- anticipazione, intensificazione e prolungamento della fusione nivoglaciale;
- aumento e maggiore variabilità nei mesi invernali, diminuzione nei mesi estivi e autunnali, effetti sulla durata delle portate;
- diminuzione generale dei deflussi, riduzione della ricarica delle falde, aumento del deficit idrologico, riduzione dell'evapotraspirazione effettiva (riduzione del contenuto idrico dei suoli).

Piene:

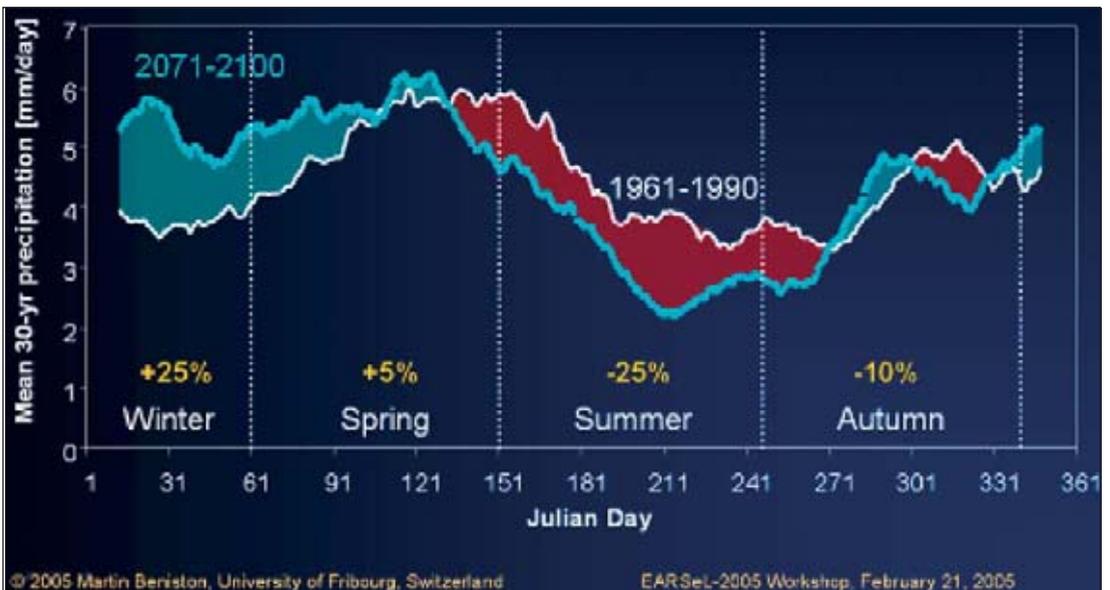
- generale aumento del pericolo di piena, con aumento dei colmi di piena;
- significativo incremento dei volumi, delle durate e dei colmi di piena sopra una determinata soglia, soprattutto per frequenze medie (tempo di ritorno tra 3 e 20 anni);
- maggiore variabilità dei futuri regimi di piena.

5.2. Gli impatti dei cambiamenti climatici in ambiente alpino

5.2.1 Gli impatti sul turismo

Gli impatti delle forzanti climatiche e delle relative conseguenze ambientali gladio-nivologiche sulla domanda e offerta turistica nelle

Figura 5.4: Variazioni della stagionalità delle precipitazioni simulate per il periodo 2071-2100 rispetto al periodo 1961-1990 nelle Alpi svizzere



Fonte: BENISTON M., 2005.

regioni alpine sono molteplici.

È evidente che le caratteristiche delle precipitazioni (neve piuttosto che pioggia, umidità, temperatura percepita) sono un elemento fondamentale dell'attrattiva turistica delle località montane, soprattutto in inverno.

Ogni cambiamento in queste variabili può alterare la propensione dei turisti a visitare quella specifica località.

Vi sono poi altre variabili di immediata rilevanza, sia per l'offerta che per la domanda turistica delle stazioni alpine, sensibili al cambiamento climatico. Si pensi per esempio alla disponibilità e affidabilità della copertura nevosa in inverno, così come alla lunghezza stessa delle stagioni estiva e invernale, direttamente collegate alla possibilità di praticare attività sportive e ricreative.

Un altro elemento determinante della domanda e offerta delle stazioni turistiche alpine è la possibilità di visitare specifici ecosistemi come foreste o ghiacciai le cui caratteristiche, se non l'esistenza stessa, sono legate al clima: sono un esempio i numerosi sentieri glaciologici realizzati nei diversi settori alpini allo scopo di consentire la fruizione di ambienti rilevanti dal punto di vista paesaggistico e naturalistico.

Infine, l'andamento di domanda e offerta turistiche è legato anche all'aumento di intensità e frequenza negli eventi climatici estremi. Un associato incremento di rischio di frane, valanghe e alluvioni può sottoporre a *stress* addizionale le strutture turistiche (villaggi turistici e impianti di risalita) aumentandone i costi di manutenzione e le spese per le attività di prevenzione/protezione. Il flusso turistico, invece, potrebbe contrarsi come conseguenza della più difficoltosa accessibilità alle destinazioni turisti-

che di montagna se gli eventi estremi più frequenti e intensi portassero a una deteriorazione delle vie di comunicazione e delle altre infrastrutture, o se, in ogni caso, venisse percepita una minore sicurezza della località.

Di notevole rilevanza per gli effetti sul turismo invernale è la variazione indotta dai cambiamenti climatici sulla fruizione invernale dei comprensori sciistici riferibile alla disponibilità di innevamento sufficiente alla pratica dello sci.

A tal proposito due recenti contributi analizzano gli impatti del cambiamento climatico sul turismo invernale dell'area alpina Italiana (OECD, 2007; EURAC, 2007) basandosi sull'ipotesi di innalzamento della linea di innevamento e della Linea di Affidabilità della Neve (LAN- altitudine oltre la quale le precipitazioni garantiscono una copertura nevosa di almeno 30 cm per almeno 100 giorni) di 150 m per ogni °C di aumento della temperatura.

Impiegando gli scenari precedentemente descritti un aumento della temperatura di 2 °C e 4 °C implicherebbe rispettivamente un innalzamento della LAN di 300 m e 600 m. Va considerato che una stazione sciistica si può ritenere "affidabile" se per almeno metà della sua estensione si situa al di sopra della LAN.

Le aree sciistiche italiane si situano in generale a elevate altitudini, anche per la presenza nel territorio, specialmente nel Nord-Ovest, dei più alti massicci delle Alpi, (il Monte Bianco e il Monte Rosa). Tuttavia, anche queste caratteristiche favorevoli non le mettono al riparo da sostanziali impatti dovuti al cambiamento climatico (Tabella 5.1).

5.2.2 Gli impatti sull'agricoltura

Gli effetti della deglaciazione sull'agricoltura passano principalmente, e in maniera critica, attraverso le variazioni nella disponibilità della risorsa idrica.

Non vanno però trascurati altri fattori quali l'aumento medesimo della temperatura, il correlato aumento di CO₂ nell'atmosfera e nei cicli biogeochimici, nonché i danni prodotti da eventi climatici estremi.

Nel caso particolare delle colture alpine, sembra che, per moderati scenari di incremento della temperatura, almeno nel medio periodo, non si avranno particolari problemi di scarsità idrica. Questo, connesso all'effetto fertilizzazione della CO₂ per la stimolazione della fotosintesi, dovrebbe condurre, in controtendenza rispetto al dato nazionale, ad un possibile aumento della produttività dei suoli di montagna, elemento che potreb-

be essere fonte di vantaggi.

I pericoli più grandi per le colture alpine sembrano piuttosto essere rappresentati dagli eventi climatici estremi, in particolare dall'aumento della frequenza di episodi di precipitazioni intense e dal conseguente incremento del rischio idrogeologico che può mettere in pericolo determinate coltivazioni collocate in aree instabili e/o esposte.

Precipitazioni più intense possono anche condurre all'erosione degli strati fertili superficiali (Williams et al. 2001) tanto più accentuata quanto più acclivi sono i terreni, con conseguente impoverimento di nutrienti. Esse possono anche indurre periodici fenomeni di eccesso di saturazione d'acqua nei suoli che possono danneggiare le colture per la conseguente riduzione della presenza di ossigeno, aumentarne la vulnerabilità alle malattie e rendere difficoltose le normali operazioni di

Tabella 5.1: Numero delle stazioni sciistiche delle Alpi Italiane con copertura nevosa affidabile (più del 50% del comprensorio ad altitudine > LAN) a seconda di diversi scenari di aumento della temperatura

Altitudine LAN →	> 1.500m (situazione attuale)	> 1.650m (+1°C)	> 1.800m (+2°C)	> 2.100m (+4°C)
Valle d'Aosta	22	20	16	5
Piemonte	30	22	16	6
Lombardia	21	14	11	6
Veneto	14	12	8	2
Trentino	25	17	14	4
Alto Adige	54	46	23	7
Friuli Venezia Giulia	1	0	0	0
Italia	167	131	88	30

Fonte: EURAC (2007)

coltivazione, con rilevanti perdite economiche per gli addetti.

Al di sopra di una certa soglia, l'aumento di temperatura avrebbe effetti negativi diretti anche sulle colture alpine, comprese le colture foraggere e le aree a pascolo. Ciò comporterebbe impatti negativi sull'allevamento, una delle attività tradizionali più radicate sul territorio e nella cultura alpina.

Le variazioni nella disponibilità della risorsa idrica conseguente agli effetti dei cambi climatici sulla nivo-glaciologia non riguardano solo le zone alpine e montane, ma si estendono a interessare l'agricoltura delle zone di pianura, la cui idrologia dipende dalle riserve idriche delle terre alte circostanti. Basti pensare alla tradizionale diffusione e affermazione della coltura del riso nella pianura piemontese e lombarda, collegata alla ricchezza d'acqua dei fiumi discendenti dal versante interno della catena alpina, che potrebbero risentire negativamente dell'evoluzione attuale della situazione.

5.2.3 Gli impatti sulla biodiversità e sul patrimonio forestale

Gli ambienti alpini e quelli montani più in generale, sono altamente vulnerabili e molto sensibili ai cambiamenti climatici anche rispetto alla biodiversità. In tali ambienti è frequente la presenza di *habitat* protetti, di specie protette, di specie rare ed endemiche, di specie che presentano una nicchia ecologica ristretta e che hanno sviluppato particolari adattamenti morfologici e fisiologici all'ambiente in cui vivono. Ciò giustifica la frequenza di specie e *habitat* protetti.

Anche per la biodiversità il principale fattore di impatto è l'incremento di temperatura,

senza però trascurare altri fattori quali: l'incremento di CO₂ in atmosfera, e conseguentemente nei cicli biogeochimici, nonché l'aumento di eventi estremi.

Gli effetti riconosciuti dei cambiamenti climatici sulla biodiversità in alta quota riconducibili all'aumento di temperatura sono lo *shift* altitudinale delle specie e la contrazione di *habitat* idonei per specie a elevata specializzazione.

È presente già da ora un concreto rischio di perdita di biodiversità d'alta quota, soprattutto nivale (Guisan and Theurillat 2000; Walther, 2004), dal momento in cui le specie sommitali si troveranno a competere con le più adattabili specie in arrivo dalle quote inferiori. Si prevede ad esempio che la linea boschiva potrebbe spostarsi verso l'alto di alcune centinaia di metri nel corso del prossimo secolo (Badeck et al., 2001).

Anche la fenologia è destinata a mutare: si è già evidenziato (CONECOFOR) un anticipo medio di 3 giorni ogni 10 anni di tutte le fasi vitali (emissione delle foglie, fioritura e fruttificazione) delle principali specie forestali che, se destinato a continuare, può provocare gravi danni all'equilibrio tra le componenti vegetali, animali e del suolo delle foreste.

Altri effetti riconducibili all'incremento di CO₂ riguardano l'aumento dei nutrienti che favorisce una competizione sfavorevole per le specie vegetali adattate ad ambienti molto poveri.

Rischi elevati per il patrimonio boschivo e forestale alpino sono rappresentati, inoltre, dall'aumento della frequenza di episodi siccitosi, in via diretta per le conseguenze negative indotte dalla scarsità idrica, ma anche per la relazione di questi con il rischio incendi. Periodi secchi e aumento nella forza dei

venti, entrambi legati al cambiamento climatico, configurano infatti condizioni più favorevoli alla loro insorgenza (OECD 2007).

Gli eventi estremi causano incremento dei fenomeni erosivi e quindi riduzioni di *habitat* o soppressioni di stazioni di specie rarissime, ma anche il superamento, per siccità prolungata, delle soglie di adattamento delle specie. Per il patrimonio forestale alpino gli eventi climatici estremi costituiscono un elemento di grande stress. Le tempeste causano già oggi 1/3 degli abbattimenti non pianificati di alberi (Brassel e Brandli, 1999). Gli alberi schiantati risultano particolarmente vulnerabili agli insetti e funghi infestanti e quindi, se non rimossi, aumentano la vulnerabilità di tutta la zona forestale, comprese quelle aree che non hanno subito eccessivi danni "meccanici".

Il possibile incremento nella diffusione di particolari insetti patogeni è legato anche al semplice aumento delle temperature. È già stato osservato che alcuni insetti infestanti come la processionaria del pino mostrano una tendenza allo spostamento altitudinale, più pronunciato in particolare nei pendii meridionali delle montagne italiane.

Infine, un altro effetto negativo legato all'interazione tra clima, foreste e periodi eccezionalmente caldi riguarda l'osservata trasformazione delle foreste da *carbon sink* a emettitori di carbonio (Ciais et al. 2005).

Agli effetti diretti dei cambiamenti climatici sulla biodiversità si accompagnano effetti indiretti che possono essere altrettanto importanti. Essi derivano dalle risposte connesse al clima di agricoltura, forestazione, gestione delle acque, pianificazione territoriale, ecc.

5.2.4 Impatti sul territorio alpino di eventi estremi e dissesto idrogeologico

Il ritiro dei ghiacciai e il progressivo riscaldamento delle zone soggette a *permafrost* liberano e/o mobilitano grandi masse di sedimenti morenici aumentando l'instabilità geologica nelle zone interessate dal fenomeno, soprattutto quelle caratterizzate da versanti particolarmente scoscesi, e nelle zone morfologicamente connesse a queste. La degradazione del *permafrost*, in particolare, è riconosciuta come elemento responsabile dell'intensificazione di fenomeni franosi e di colate di fango, (che si associa agli altri elementi di rischio quali valanghe (Martin et al., 2001) e slavine (Haeberli e Burn, 2002).

Anche le variazioni del ciclo idrico hanno un impatto diretto sul rischio geologico. Queste sono determinate congiuntamente dall'andamento delle precipitazioni e dalle dinamiche dei ghiacciai.

In una fase iniziale, almeno fino a che la presenza dei ghiacciai rimane consistente, si stima che l'aumento della temperatura abbia un effetto equilibrante sul regime idrico alpino. Infatti, le maggiori precipitazioni a carattere piovoso d'inverno e le minori precipitazioni estive, comunque parzialmente bilanciate da un maggior scioglimento del ghiaccio, attenueranno le ridotte portate invernali e gli eccessi di portata estivi. Beniston (2006), per esempio prevede un aumento del deflusso invernale del 90% e una riduzione di quello estivo del 45%. Infine, è necessario considerare il ruolo della variazione nell'intensità delle precipitazioni. Questo aspetto è di particolare rilevanza per il versante meridionale delle Alpi che presenta le aree maggiormente colpite da precipitazioni estreme di tutto l'arco alpino a causa del trasporto atmosferico di acqua dal Mediterraneo. Nell'evento estremo dell'ottobre 2000, per esempio,

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 alla portata media alla foce di grandi fiumi come il Congo (42 milioni di m³/s) o lo Yangtsekiang (35 milioni m³/s). Anche se solo una parte dell'acqua trasportata dall'atmosfera è caduta e cade sotto forma di precipitazioni, è evidente che di fronte a fenomeni di tale intensità il sistema idrico superficiale non sarà in grado di smaltire simili portate.

I modelli di simulazione climatica regionale concordano nel prevedere, a seguito di un intensificarsi del ciclo dell'acqua, un parallelo intensificarsi delle precipitazioni eccezionali nella regione alpina: per un aumento della temperatura di 2° C le simulazioni indicano, a fronte di variazioni minime del numero di precipitazioni di medio-bassa intensità, un aumento del 20–40% di quelle estreme con evidenti impatti sulla stabilità geologica della regione (CIPRA, 2002b).

Il cambiamento climatico nelle zone alpine si configura, quindi, come un elemento ulteriore di dissesto geologico suscettibile di aumentare lo stress su strutture abitative, infrastrutture turistiche e di trasporto, rischio per l'incolumità delle popolazioni residenti e fonte di crescenti perdite economiche.

5.2.5 Gli impatti sul sistema idroelettrico delle variazioni nella disponibilità della risorsa idrica

La variazione della disponibilità di risorsa idrica connessa ai fenomeni di deglaciazione e all'alterazione dei regimi delle precipitazioni deve essere accuratamente considerata

nella analisi della risorsa idroelettrica in relazione alla sempre maggiore importanza di questa nel panorama energetico nazionale e alla necessità di provvedere in misura sempre maggiore alla riduzione dell'impiego dell'energia termoelettrica a vantaggio delle fonti rinnovabili.

Gli impatti attesi sul sistema idroelettrico alpino prevedono una perdita netta di producibilità specifica, da attribuirsi principalmente alla diminuzione delle precipitazioni nevose nel periodo considerato. Per quanto attiene alle piogge si registrano, negli ultimi 100 anni, *trend* medi solo in modesto decremento. Il possibile effetto equilibrante sul regime idrico alpino per l'aumento della temperatura, citato al paragrafo precedente, potrebbe rappresentare un certo vantaggio per il settore idroelettrico che avrà la possibilità di gestire in modo più efficiente le proprie centrali. Esso però, oltre ad essere transitorio, configura un aumento del rischio alluvione in inverno ed in primavera in tutti quei bacini alimentati dallo scioglimento dei ghiacci.

Le società di gestione di impianti per la produzione di energia idroelettrica sono oggi fortemente impegnate nelle attività di stima delle variazioni della risorsa idrica nei bacini di alimentazione, in connessione ai cambiamenti climatici in atto. Tali stime vengono effettuate attraverso l'uso di strumenti modellistici, che tengono conto delle caratteristiche morfologiche e climatologiche dei bacini. Le stime, su base cartografica satellitare georeferenziata, sono validate con rilievi puntuali di spessore del manto nevoso.

Si è stimato (Rapporto GEN21 IDROUSI 4122- CESI 2005) che i volumi utili di deflusso a scopo idroelettrico in bacini del versante meridionale delle Alpi (Oglio, Lys), per

effetto dell'aumento della temperatura media, delle variazioni delle precipitazioni, delle maggiori perdite per evotraspirazione, potrebbero diminuire del 3-4 % nel 2050 e dell'11-13 % nel 2090.

5.3 Gli adattamenti ai cambiamenti climatici nelle aree alpine e montane

5.3.1 Strategie di adattamento del turismo alpino al cambiamento climatico

Diverse strategie sono a disposizione del settore turistico per far fronte a variazioni della domanda di turismo alpino in generale e invernale in particolare.

Anzitutto vi sono le cosiddette strategie tecniche che consistono nell'apportare opportune modifiche alla morfologia delle aree sciistiche allo scopo di renderle sciisticamente più affidabili.

Il primo tipo di strategia tecnica raggruppa quegli interventi volti a ridurre lo spessore del manto nevoso necessario a permettere la pratica dello sci e di conseguenza anche l'entità dell'innevamento artificiale eventualmente richiesto. Gli interventi di questo tipo sono tra i più vari: vanno dalla progettazione di particolari tipi di tracciato, all'installazione di parapetti "cattura neve" (*snow farming*), alla posa di alberi che proteggano le piste, al drenaggio dei terreni particolarmente umidi che potrebbero ritardare l'accumularsi della neve ed anticiparne lo scioglimento. Importanti sono anche gli interventi di protezione delle piste dal vento, la creazione di aree ombreggiate e gli interventi di "pulitura" delle piste che ne innalzano l'albedo. È stato stimato che i tre tipi di intervento possano prolungare la permanenza del manto nevoso di 15, 30 e 7

giorni rispettivamente (OECD, 2007). Questi interventi, condotti prevalentemente con scavatrici e *bull-dozer* sono altamente invasivi e nella maggioranza dei casi comportano un impatto altamente negativo sulla vegetazione con aumento dei processi erosivi. Infatti, nonostante i terreni spianati dimostrino una maggior presenza di nutrienti ed esposizione alla luce solare, i loro strati superficiali risultano fortemente danneggiati con conseguente minore copertura, biodiversità e produttività vegetale. Il risultato finale è un fattore di erosione cinque volte maggiore rispetto ai terreni non spianati. D'altro lato le operazioni di rinfoltimento risultano particolarmente difficoltose con ridotte percentuali di attecchimento. Infine, bisogna considerare l'impatto sull'amenità e gradevolezza del paesaggio che può risultare fortemente alterato con perdita di attrattiva per altre forme di turismo come quello estivo.

Il secondo tipo di intervento consiste, invece, nel cambiare la collocazione/estensione delle piste spostandole in zone più affidabili dal punto di vista della copertura nevosa e cioè più in alto o in zone più fredde (a Nord o su ghiacciai). Anche in questo caso importanti limitazioni ambientali ed economiche sono da considerare. Anzitutto non tutte le aree sciistiche offrono altitudini sufficienti per l'espansione. Con l'altitudine le condizioni ambientali divengono via via più rigide e quindi possono scoraggiare gli appassionati. Gli eco-sistemi sommitali sono "fragili" e quindi l'estensione ad alta quota degli impianti può risultare estremamente dannosa. Inoltre, costruire a quote elevate è molto costoso per tutta una serie di problemi ingegneristico-logistici.

Il terzo tipo di intervento consiste nello sviluppo di impianti sui ghiacciai dove la neve dovrebbe permanere. Tuttavia, oltre agli ovi

problemi di impatto ambientale su ecosistemi particolarmente fragili, questa strategia rischia di non essere sostenibile nel medio periodo, dal momento che tutti i ghiacciai alpini sono a concreto rischio scomparsa entro il prossimo secolo²⁴.

Il quarto tipo di intervento tecnico, che è anche quello maggiormente adottato, consiste nella produzione di neve artificiale. La tabella 5.2 riporta la percentuale di comprensori sciistici nelle Alpi italiane dotati di dispositivi per la produzione di neve artificiale.

Come si può notare, questo particolare tipo di pratica è largamente diffuso: in tutto l'arco alpino Italiano circa il 77% delle aree sciistiche è dotato sistemi per la produzione di

neve artificiale, percentuale che raggiunge addirittura il 100% in Friuli Venezia Giulia e Alto Adige.

Essere dotati di impianti per la produzione di neve artificiale non è però sufficiente a garantire una effettiva copertura nevosa. Anzitutto è necessario disporre delle appropriate condizioni di umidità e soprattutto di temperatura dell'aria: la maggior parte dei cannoni "spara neve", infatti, funziona a temperature comprese tra i -2 °C e gli 0 °C con additivi. Pertanto temperature crescenti possono rendere comunque inutilizzabili i dispositivi esistenti. In secondo luogo ingenti risorse idriche sono indispensabili. Con buona approssimazione, 1 m³ di acqua equivale a circa a 2 - 2,5 m³ di

Tabella 5.2: Impianti sciistici dotati di dispositivi per la produzione di neve artificiale nelle Alpi italiane.

Regioni	n. di comprensori sciistici con mezzi di innevamento artificiale	n. totale di comprensori sciistici	% di comprensori sciistici con innevamento artificiale
Valle d'Aosta	20	25	80,0
Piemonte	37	54	68,5
Lombardia	22	33	66,7
Veneto	24	46	52,2
Trentino	31	34	91,2
Alto Adige	54	54	100
Friuli Venezia Giulia	5	5	100
Totale (No. / %)	193	251	76,9

Fonte: EURAC (2007)

²⁴ Una particolare tecnica di preservazione dei ghiacciai consiste nella posa di particolari "lenzuola" bianche, solitamente in poliestere a protezione del manto. Il costo delle "lenzuola" è relativamente ridotto (4 franchi Svizzeri per m²) e queste sembrano efficaci tanto che sono correntemente adottate in Svizzera e nel Tirolo Austriaco dove coprono il 3% della superficie totale sciabile in ghiacciaio. Tuttavia anche questo intervento può contribuire a ritardare la scomparsa dei ghiacciai, ma non a evitarla.

neve. Pertanto sono necessari dai 70 ai 120 litri d'acqua per m² per produrre un manto nevoso dello spessore di 20 – 35 cm, che consenta la pratica sciistica. Una copertura nevosa completa di 30 cm necessita quindi di 1.000 – 1.200 m³ di acqua per ha. Un aumento del ricorso all'innevamento artificiale è quindi suscettibile di esercitare forti pressioni sulle risorse idriche di alta quota con possibili riduzioni nelle portate degli invasi anche in periodi diversi da quello invernale e ripercussioni negative sugli ecosistemi acquatici o su altre attività umane ad alta intensità di acqua come quelle agricole o i consumi normali delle famiglie. Se le risorse idriche necessarie fossero convogliate da altre aree ci sarebbero problemi di costo anche ingenti²⁵. I costi sono l'altro fattore determinante nel limitare le possibilità di ricorso all'innevamento artificiale. Anzitutto è necessario considerare che un sistema di innevamento richiede oltre ai cannoni, serbatoi per l'acqua, connessioni elettriche lungo le piste, sistemi di pompaggio ad aria compressa, sistemi di monitoraggio e controllo remoti e in generale un elevato dispendio energetico (che in condizioni normali costituisce il 40% dei costi totali). Investimenti, costi operativi e di manutenzione sono molto elevati. Produrre 1 m³ di neve costerebbe tra i 3 e i 5 euro (CIPRA, 2004), mentre l'installazione di un sistema di innevamento artificiale si aggirerebbe tra i 25.000 - 100.000 Euro/ha (in Austria) o i 650.000 Euro/Km (in Svizzera) con un costo medio di 136.000 Euro/ha (CIPRA, 2004). I costi operativi annuali in Svizzera si aggirano tra i 19.000 e i 32.000

Euro/ha, e si stima che circa l'8,5% dei ricavi venga in media speso dagli operatori per gli interventi di manutenzione. In caso di innalzamento della temperatura tutti questi costi sono destinati ad aumentare in modo consistente dato che non solo più neve artificiale dovrebbe essere prodotta, ma anche in condizioni di temperatura più elevata. Questo è valido soprattutto per i costi associati al consumo energetico.

Vi sono poi le strategie comportamentali incentrate sulla differenziazione dell'offerta turistica.

Anzitutto l'apertura e la durata della stagione invernale può in parte essere adattata all'effettiva disponibilità di neve.

In secondo luogo è possibile ampliare la gamma di attività ricreative praticabili durante l'inverno. Questa strategia può essere particolarmente percorribile considerando che solo il 30,1% dei turisti italiani e il 32,8% dei turisti stranieri che visita le località montane italiane dichiara di farlo per praticare uno sport specifico (Unioncamere, 2006). Indirizzarsi verso attività differenti come il turismo congressuale, o l'offerta di percorsi culturali e periodi *relax* con trattamenti *fitness* o *spa* (che in Italia costituiscono rispettivamente la seconda e la quinta voce di spesa turistica per volume d'affari -Unioncamere, 2006-) potrebbe essere quindi particolarmente efficace. È comunque molto difficile che questa diversificazione consenta di compensare completamente l'eventuale forte contrazione della domanda turistica invernale, sia perché questa costituisce il volume d'affari più rilevante

²⁵ In certi casi l'acqua convogliata non può essere usata direttamente, ma deve essere raffreddata e purificata, elementi che aumentano ulteriormente i costi dell'intero processo. Altrettanto costoso è la costruzione di serbatoi artificiali in quota.

(ad esempio nel 2000 il turismo invernale costituiva il 64% del fatturato totale del turismo montano in Italia -TCI, 2002-), sia perché anche l'attrattiva delle alternative tipologiche di offerta è strettamente legata alle caratteristiche paesaggistiche cui la neve contribuisce in maniera determinante.

In terzo luogo gli operatori possono contrarre o ritirarsi dall'offerta invernale riconvertendosi con ampliamento e potenziamento dell'offerta turistica nelle altre stagioni. Questa strategia deve però tenere conto che il clima può influenzare anche l'attrattiva delle zone turistiche montane durante l'estate. Se da un lato le temperature estive montane più confortevoli rispetto a quelle di pianura possono attrarre un numero maggiore di turisti, dall'altro fenomeni come la maggior incidenza degli eventi naturali estremi potranno scoraggiarli.

Per finire vi sono le strategie volte a limitare i rischi di una stagione insoddisfacente. Possono essere strategie industriali, come fusioni, conglomerazioni, creazione di consorzi tra imprese atte ad ampliare la dimensione dei comprensori sciistici e diversificare il rischio scarsità di neve, oppure "finanziarie" come il ricorso ai "weather derivatives" o a particolari forme di assicurazione. Anche queste ultime strategie non permetteranno una totale copertura dal rischio, soprattutto le strategie assicurative che si basano su una diversità di agenti disposti a scambiare rischio su uno stesso indice climatico potrebbero non trovare un numero di attori sufficienti data l'alta variabilità locale del clima alpino.

In conclusione, la risorsa economica turismo è fondamentale in tutto l'arco alpino (nelle Alpi si concentra il 12% del turismo mondiale, in Italia 250.000 persone vivono sull'indotto degli impianti a fune per sport invernali),

ma i cambiamenti climatici la stanno fortemente condizionando, tanto che quello che è considerato l'innnevamento minimo per la "sciabilità" (secondo studi OCSE: almeno 30 cm di neve per almeno 3 mesi all'anno) attualmente sulle Alpi è posto a circa 1.500 metri di quota, ma si sta progressivamente innalzando. Per le Alpi si delinea una sorta di "appenninizzazione", caratterizzata da un'offerta sciistica ridotta nel periodo annuo e frammentaria.

Data anche la modificazione del tipo di domanda, non più legata soltanto allo sci, anche l'offerta dovrà adeguarsi affiancando allo sci l'offerta di altri prodotti e servizi (culturali, ricreativi, gastronomici, dei prodotti tipici, ecc.).

Negli impianti di innnevamento artificiale si deve cercare di usare nuove tecnologie che consentano minori consumi di acqua e di energia, anche se già oggi gli investimenti non si ripagano, e richiedono sovvenzioni pubbliche. È sconsigliabile la costruzione di nuovi impianti a quote inferiori a 2.000 m. Vanno inoltre considerate con attenzione gli adattamenti all'offerta turistica nella stagione estiva, che potrebbe avvantaggiarsi dell'appetibilità delle località in quota relativamente fresche rispetto ad aree di pianura sempre più afose.

5.3.2 Strategie di adattamento per l'agricoltura alle variazioni nella disponibilità della risorsa idrica in aree montane

L'agricoltura, a dispetto di una connotazione di tradizionalità nella percezione collettiva, non è un comparto economico statico, ma, al contrario, cambia e si adegua al modificarsi

delle condizioni economiche e ambientali in modo relativamente rapido.

I possibili adattamenti in campo agricolo riguardano:

- aspetti ingegneristici (nuovi invasi da gestire oculatamente senza esaurirli completamente in estate; interconnessione delle reti idriche tale da consentire una migliore distribuzione geografica dell'acqua; riutilizzo delle acque reflue e delle acque di drenaggio);
- aspetti aziendali (sostituzione dei sistemi di irrigazione con quelli a più basso consumo; impiego di nuove tecnologie quale il telerilevamento per l'individuazione dei momenti di carenza idrica; coltivazione di specie meno esigenti in termini idrici);
- aspetti istituzionali (miglioramento della gestione idrica, accorpendo la frammentazione delle competenze e accentrando i livelli decisionali nella convinzione che le problematiche legate alla gestione sono più importanti di quelle legate alla carenza in sé).

Le principali strategie di adattamento dei settori agricoli, valide anche per l'agricoltura di montagna, sono di varia natura, e sono riassunte nella tabella 5.3. Esse possono avere una rilevanza di breve o di lungo periodo e possono altresì essere intrapresi a livelli diversi: di impresa, regionale o nazionale.

5.3.3 Strategie di adattamento per la biodiversità

Tra le azioni più utili al fine dell'adattamento dell'ambiente-ecosistema ai cambiamenti climatici nelle aree alpine e montane in generale si possono ricordare quelle volte a operare per una rete ecologica efficiente che non

ostacoli le migrazioni delle specie, l'integrazione della problematica dei cambiamenti climatici nei processi di programmazione e pianificazione territoriale e quindi anche di VAS, la riduzione delle sinergie tra impatti allo scopo di rafforzare la resilienza, la sorveglianza dello sviluppo delle specie più competitive e, se necessario, interventi capillari per le specie a rischio effettivo di estinzione. Inoltre le aree protette dovrebbero avere un nuovo ruolo con indirizzi di tutela attiva. Tutto ciò presuppone un sistema di conoscenze che riduca l'elevato margine di approssimazione dei modelli previsionali degli impatti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi e quindi resta fondamentale dotarsi di strumenti idonei relativi all'adeguamento normativo, al monitoraggio e controllo, allo sviluppo della base di informazioni, al trasferimento delle conoscenze e alla comunicazione.

In ambito conoscitivo devono essere studiati e conosciuti meglio i meccanismi e i sistemi di funzionamento. In questo senso l'ambiente alpino e glaciale, ricco di biodiversità e meno disturbato da altri agenti esterni (meno "rumore"), può costituire un ottimo laboratorio dove studiare i fenomeni e gli effetti dei cambiamenti climatici sulla biodiversità.

5.3.4 Adattamento a eventi naturali estremi e dissesti idro-geologici collegati ai fenomeni di deglaciazione

Emergenza di nuovi fenomeni, come frane e crolli in roccia per l'alterazione del *permafrost* e svuotamento improvviso di laghi subglaciali; scarsa prevedibilità dei fenomeni medesimi, maggior esposizione al pericolo anche da parte del pubblico turistico: per tutti

Tabella 5.3: Strategie di adattamento al cambiamento climatico nel settore agricolo

Strategie di adattamento di breve periodo	
	Variazione nel tipo e nel periodo delle coltivazioni
	Variazioni negli input utilizzati
	Modifica nell'uso dei fertilizzanti e dei pesticidi
Tecniche per la preservazione del suolo	
	Tecniche per la conservazione dell'acqua: conservation tillage e più efficiente gestione dei processi di irrigazione
Strategie di adattamento di lungo periodo	
	Modifica dell'uso del suolo
	Selezione delle specie coltivate
	Utilizzo di tecniche tradizionali o genetiche per sviluppare/introdurre varietà resistenti al caldo e alla scarsità idrica
	Sostituzione delle specie coltivate
	Utilizzo di tecnologie più efficienti
	Migliorare l'efficienza delle tecniche di irrigazione e l'utilizzo delle risorse idriche
Gestione delle risorse nutritive	
	Adattata alle modificate condizioni di crescita e produttività delle coltivazioni, ma anche alla presenza di nutrienti nel suolo
	Modifica nei sistemi di coltivazione
Livelli di implementazione delle strategie di adattamento	
Impresa agricola	
	Sviluppo di sistemi di diversificazione/gestione del rischio
	"Coltivazione opportunistica" – più consona alle condizioni ambientali
	Costituzione banche dati su condizioni meteorologiche, produttive, danni, malattie e invasione di agenti infestanti
	Sviluppo di strumenti e training per l'accesso e l'interpretazione di dati climatici e l'analisi delle diverse possibilità gestionali
	Apprendimento imitazione delle tecniche adottate nelle aree meno produttive
	Selezione delle varietà dalle caratteristiche biofisiche appropriate che garantiscano la maggiore adattabilità alle nuove condizioni
	Miglioramento dei sistemi di previsione meteo e sviluppo di sistemi di allerta in riferimento a episodi eccezionali di caldo o rischio erosione

segue

(segue) **Tabella 5.3: Strategie di adattamento al cambiamento climatico nel settore agricolo**

Regione	
	Integrazione degli elementi di cambiamento climatico nelle politiche di sviluppo regionali riguardanti l'uso del suolo
Nazione	
	Coordinare le diverse strategie esistenti per migliorare la resilienza dell'intero sistema
	Promuovere interventi di sostegno per gestire le fasi di transizione ai nuovi sistemi
	Sviluppare lo scambio di informazioni tra imprese e tra regioni
	Investire in R&D e formazione in adattamento
	Sviluppare strumenti modellistici integrati per interpretare e anticipare i cambiamenti
	Costruire e mantenere data base da supporto per le strategie di adattamento
	Migliorare e diffondere i dati sulle previsioni meteo
	Sostenere programmi per la conservazione della diversità genetica
	Migliorare le attività e i sistemi di prevenzione della diffusione delle malattie ed agenti infestanti
	Migliorare i sistemi di gestione delle risorse idriche, aumentare l'efficienza nell'uso e nella distribuzione dell'acqua, sviluppare nuove tecnologie
	Sostenere programmi di cambiamento nell'uso del suolo

Fonte: Bosello et al., (2007)

questi aspetti è fondamentale l'informazione e l'educazione al rischio. È fondamentale la presenza sul territorio di persone (es. guide alpine e gestori di rifugi) che in qualche modo lo presidiano e che possono integrare con le loro osservazioni e conoscenze i dati ricavati dal monitoraggio strumentale. L'imprevedibilità puntuale di molti eventi estremi richiede informazione più che divieti.

In Italia la risposta al rischio è sempre stata di tipo emergenziale (protezione civile). La difesa del suolo e dal rischio non è sostenibile, anche economicamente, se non è accompagnata da pianificazione, controllo e previsione. Dato che i cambiamenti climatici allargheranno l'area di

rischio la pianificazione futura dovrà tenere conto sempre più del fattore rischio. È necessario definire gli impatti locali e mediare tra rischio residuo, abbandono e protezione.

Nell'impostare la programmazione e la pianificazione occorre avere come riferimento il bacino o il distretto, non i confini amministrativi dei comuni o delle province. I fenomeni ambientali non conoscono confini amministrativi. Eppure dal 2003 non viene più finanziata la programmazione territoriale delle Autorità di Bacino. Una buona e corretta pianificazione di lungo periodo sconta pesantemente le difficoltà a sintonizzarsi sui tempi e sulla scala spaziale delle dinamiche ambientali di sistema,

spesso diversi da quelli abituali alla politica. Ciò detto, alla luce degli elementi di particolare vulnerabilità idrogeologica delle aree alpine è lecito attendersi un aumento del grado di rischio in quelle zone coerente con il panorama delineato a livello mondiale e europeo. Proprio per questo risulta necessario predisporre una serie di interventi di adattamento preventivo e reattivo pianificati per ridurre al minimo i danni potenziali. Tali interventi devono però essere basati su di una approfondita analisi costi benefici che ne massimizzi efficacia ed efficienza. Si dovrà privilegiare in generale la manutenzione delle opere esistenti destinate alla protezione dal rischio rispetto alla costruzione di nuove opere.

Metodologicamente tale analisi dovrebbe portare, con riferimento ai benefici attesi, in termini di danni evitati/bili:

- a costruire delle mappe di rischio. Queste dovrebbero non solo considerare elementi geologici ambientali, ma anche sociali ed economici. Risulta, infatti, fondamentale capire quali aree incorporino il maggior valore economico/sociale per avere una visione globale del rischio e dare priorità agli interventi. A tal fine è necessario una stretta collaborazione tra geologi, tecnici della protezione civile, ingegneri ed economisti;
- a includere esplicitamente e separatamente la componente climatica del rischio, accanto alle altre determinanti, con considerazione specifica dell'incremento di rischio dovuto alle variazioni climatiche. È opportuno costruire scenari probabilistici di cambiamento climatico in modo da considerare in modo esplicito la presenza dell'incertezza, elemento pervasivo in questo tipo di analisi. Tali scenari di cambiamento climatico dovranno essere confrontati con scena-

ri futuri senza cambiamento climatico alla cui costruzione dovrà essere posta particolare cura in quanto è solo dal confronto con questi ultimi che potrà essere ragionevolmente isolata la componente di costo prettamente climatica.

5.3.5 Strategie di adattamento del settore idroelettrico al cambiamento climatico

Circa il 17% della produzione elettrica in Italia proviene dal settore idroelettrico; contributo importante dei deflussi nivali, con riduzione della disponibilità negli ultimi anni. I possibili adattamenti riguardano il miglioramento dell'efficienza del parco idroelettrico (per il quale sono prevedibili miglioramenti dell'ordine del 3-5%), la diffusione delle tecniche di ripompaggio e di impianti mini idro, nonché la realizzazione di nuovi bacini che raccolgano acqua da pioggia. Va anche tenuta presente la possibilità di migliorare la gestione dei bacini esistenti.

Non vanno trascurate situazioni di potenziale conflitto tra la gestione ottimale della risorsa idrica per la salvaguardia dell'integrità ecosistemica degli ambienti fluviali e le esigenze di massimizzazione del profitto sulla borsa dell'energia, imposte dalle logiche di mercato.

La produzione di energia dal settore idroelettrico è comunque strategica perché rappresenta un metodo consolidato, semplice, a basso livello di emissioni e che consente, inoltre, l'accumulo di energia da parte delle fonti rinnovabili intermittenti, come l'energia eolica e l'energia solare.

5.4 Considerazioni conclusive

In un contesto generale e mediatizzato a cui manca una visione profonda delle cose che vada oltre la durata della vita umana e l'orizzonte ristretto degli interessi contingenti e personali, è fondamentale conoscere e far conoscere. Sono quindi decisive le attività di ricerca, di raccolta ed elaborazione dei dati, la produzione e lo scambio di informazioni e il trasferimento delle conoscenze alla collettività. La consapevolezza che le leggi della fisica hanno la priorità rispetto a convenzioni e regole, riti e miti della società contemporanea, è necessaria per la nostra sopravvivenza.

Gli ambienti alpini e montani in generale rivelano nella situazione attuale di cambiamenti climatici una nota specifica di sensibilità. Tale vulnerabilità e fragilità richiede particolare attenzione in relazione sia agli ambienti alpini medesimi, che alle aree geografiche e alle attività collegate, in maniera non sempre consapevole, alle dinamiche e alle risorse della montagna. Inoltre l'osservazione dei processi in atto e delle dinamiche di adattamento nell'ambiente montano può anticipare e costituire un utile riferimento anche rispetto a contesti territoriali differenti. È necessaria un'elevata capacità di risposta ai fenomeni di riduzione dei ghiacciai, alla diminuzione dell'innevamento e in generale all'evoluzione in atto in questi ambienti. Questo è particolarmente significativo per l'Italia, un paese costituito prevalentemente da montagne.

Bibliografia

APAT (2007), "Annuario APAT 2005-2006"
Badeck, F.-W., A. Bondeau, K. Bottcher, D.

Doktor, W.Lucht, J. Schaber, and S. Sitch (2004), "Responses of spring phenology to climate change", *New Phytol.*, 162, 295-309.

Beniston M., 2005 - Changes In Alpine Snow And Ice: A Key To Future Hydrological Regimes In Europe. EARSeL – 2005 Workshop, February 21, 2005 (dalla rete)

Beniston M., Keller F., Koffi B., Goyette S., 2003 - Estimates of snow accumulation and volume in the Swiss Alps under changing climatic conditions. *Theor. Appl. Climatol.*, 76:125-140.

Beniston, M. (2003), "Climatic change in mountain regions: A review of possible impacts", *Climatic Change*, 59, 5-31.

Beniston, M., (2006), "Climatic Change in the Alps: perspectives and impacts", OECD – Wengen 2006 workshop: Adaptation to the impacts of climate change in the European Alps, Wengen, Switzerland, October 4-6.

Bosello, F., Kuik, O., Tol, R.S.J. and P. Watkiss (2007), "Costs of Adaptation to climate change: a review of assessment studies with a focus on methodologies used", EEA report, 6th Specific Agreement No 3602/B2005.EEA under the Framework Contract No. EEA/AIR/04/004.

Bosello, F., Marazzi, L. e P.A.L.D. Nunes (2007), "Le Alpi Italiane e il cambiamento climatico: elementi di vulnerabilità ambientale ed economica e possibili strategie di adattamento", documento tecnico preparatorio alla Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici - Roma, 12/13 settembre 2007.

CESI, 2005 – GEN 21 IDROUSI 4122 – Indagine sull'esistenza ed accessibilità dei dati meteorologici degli effetti dei cambiamenti climatici attesi sull'idrologia e sulla produttività idroelettrica in due bacini campio-

ne. Rapporto finale.

Chiarle M., Iannotti S., Mortara G., Deline P., 2007 – Recent debris flow occurrences associated with glaciers in the Alps. *Global and Planetary Change*, 56:123-136.

Ciais, P., M. Reichstein, N. Viovy, A. Granier, J. Oge, and et al., (2005), "Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003", *Nature*, 437(7058), 529-534.

Cremonese E., Morra di Cella U., 2005 – Bilancio di massa dei ghiacciai. In ARPA Valle d'Aosta "Terza relazione sullo stato dell'ambiente".

Cremonese E., Morra di Cella U., Burlando P., Pellicciotti F., 2006 – Applicazione del modello di fusione nivo-glaciale ETI - Enhanced Temperature Index al settore glacializzato dell'alta Valpelline per la simulazione della fusione nivo-glaciale della stagione 2006. Rapporto tecnico interno. ARPA Valle d'Aosta.

Dutto F., Mortara G., 1992 – Rischi connessi con la dinamica glaciale nelle Alpi Italiane. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 13:85-99.

EEA (2005), "Vulnerability and adaptation to climate change in Europe", Technical Report, 7/2005.

EURAC (2007), "Impacts of Climate Change on winter tourism in the Italian Alps" Clim-Chalp Report.

Franchi G.L., Rossi G.C., 2001 - La Vedretta Pendente (Hargenderferner): misure di bilancio di massa nell'anno idrologico 1995/96. In: "Bilanci di massa dei ghiacciai italiani. Esperienze e confronti" (a cura di A. Carton & M. Zurli), *Archivio del Comitato Glaciologico Italiano*, 4, 33-38.

Guisan, A. and J.-P. Theurillat (2001), "Assessing alpine plant vulnerability to climate change, a modeling perspective", *Int. Ass.*, 1, 307-320.

Haeberli, W. and Beniston, M. (1998), "Climate change and its impacts on glaciers and permafrost in the Alps", *Ambio*, Vol. 27, pp. 258-265.

Haeberli, W. and C. R. Burn (2002), "Natural Hazards in Forests: Glacier and Permafrost Effects as Related to Climate Change", *Environmental change and geomorphic Hazards in Forest*, IUFRO Research Series, R. C. Slide, Ed., CABI Publishing, Wallingford/New York, 167-202.

IPCC, 2007: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

Martin, E. and P. Etchevers (2005), "Impact of climatic change on snow cover and snow hydrology in the French Alps", In: *Global Change and Mountain Regions (A State of Knowledge Overview)*.

Martin, E., G. Giraud, Y. Lejeune, and G. Boudart (2001), "Impact of climate change on avalanche hazard", *Ann. glaciol.*, 32, 163-167.

Mercalli L., Acordon V., Cat Berro D., Di Napoli G., 2006 – Cambiamenti climatici in Valle d'Aosta. Opportunità e strategie di risposta. Ed. SMS, Bussoleno. X+159 pp. Versione web del 91. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 15: 215-220.

Zemp M., Paul F., Hoelzle M., Haeberli W., 2007 - Alpine glacier fluctuations 1850-2000: An overview and spatio-temporal analysis of available data and its representativity. In: Orlove, B., Wiegandt, E. and Luck-

- man, B. (eds.): *The Darkening Peaks: Glacial Retreat in Scientific and Social Context*. University of California Press.
- Zemp, M. et al. (2006), "Alpine glaciers to disappear within decades?" *Geophysical Research Letters*, Vol. 33, L13504.
 rapporto: <http://www.regione.vda.it/territorio/varclim/>.
- Mercalli L., Cat Berro D., 2005 – *Climi, acque e ghiacciai tra Gran Paradiso e Canavese*. Ed. SMS, Bussoleno. XII + 756 pp. Sintesi su www.nimbus.it/articoli/2004/040428ClimaOrco.htm.
- Morra di Cella U., Barbero S., Bellingeri D. Cagnati A., Cordola M., Cremonese E., Salandini A., Serra R., Tremolada L., Zini E., 2007 – *Il monitoraggio degli ambienti nivo-glaciali nelle attività delle agenzie per la protezione dell'ambiente. Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici 2007 – "Cambiamenti climatici e ambienti nivo-glaciali: scenari e prospettive di adattamento"* Workshop, July, 2-3, 2006, Saint-Vincent (AO).
- OECD (2007), "Climate Change in the European Alps: Adapting Winter Tourism and Natural Hazards Management", Agrawala, S. (ed.), Paris, France.
- Petkova, N., E. Koleva, V. Alexandrov, 2004: *Snow cover variability and change in mountainous regions of Bulgaria, 1931-2000*. *Meteorol. Z.*, 13(1), 19–23.
- Piccini P., 2007 – *Ghiacciai in Valsesia*. Ed. SMS, Bussoleno. X + 134 pp.
- Scherrer, S.C., C. Appenzeller, M. Laternser, 2004: *Trends in Swiss alpine snow days – the role of local and large scale climate variability*. *Geophys. Res. Lett.*, 31, L13215.
- TCI (2002), "Turismo e montagna: un'analisi regionale", *La Rivista del Turismo*, 2/2002, Unioncamere (2006), "L'impatto Economico del Turismo in Italia", a cura di Istituto Nazionale Ricerche Turistiche, Roma.
- Vojtek, M., P. Faško, and P. Šťastný 2003: *Some selected snow climate trends in Slovakia with respect to altitude*. *Acta Meteorologica Universitatis Comenianae*, 32, 17–28.
- Walther, G.-R. (2004), "Plants in a warmer world" *Perspective in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 6, 169-185.
- Williams, W.D. (2001), "Anthropogenic salinisation of inland waters" *Hydrobiologia*, 466, 329-337.
- Zanon G., 1992 – *Venticinque anni di bilancio di massa del ghiacciaio del Careser, 1966-67/1990*.

6. Dissesto idrogeologico

6.1 Introduzione

La struttura del *workshop* (evidenziata nella Figura 6.1), è stata sviluppata attraverso un percorso metodologico che, partendo dalla comprensione delle forzanti propedeutiche all'insorgere dei fenomeni di dissesto, ha cercato di analizzare lo stato della conoscenza nel settore sino a pervenire alla definizione di nuove politiche per l'uso e gestione del territorio per quelle aree in cui il rischio da eventi franosi ed alluvionali potrebbe essere sen-

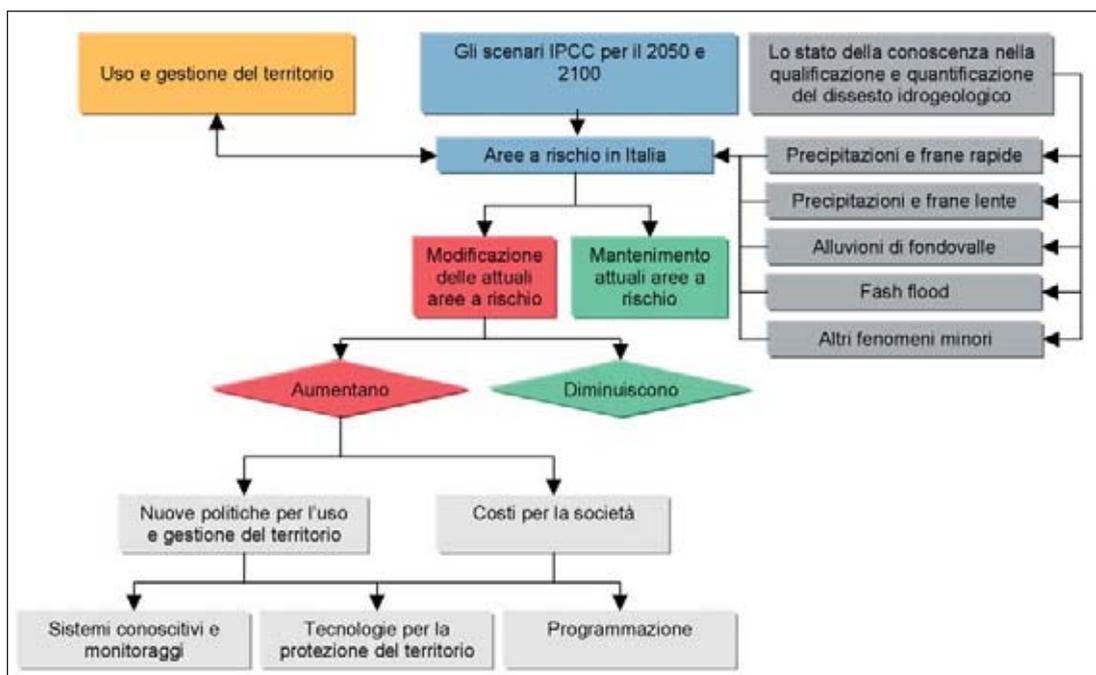
sibilmente alterato in conseguenza dei cambiamenti climatici.

6.2 Inquadramento generale

Il territorio nazionale, per la sua conformazione orografica e geologica, è sempre stato interessato da fenomeni idraulici e geomorfologici di notevole intensità.

Tra il 1279 ed il 2002, il catalogo AVI (CNR-IRPI) riporta 4.521 eventi con danni, di cui

Figura 6.1 – Schema metodologico e scientifico del *workshop* “Cambiamenti climatici e dissesto idrogeologico: scenari futuri per un programma nazionale di adattamento”



Fonte: APAT

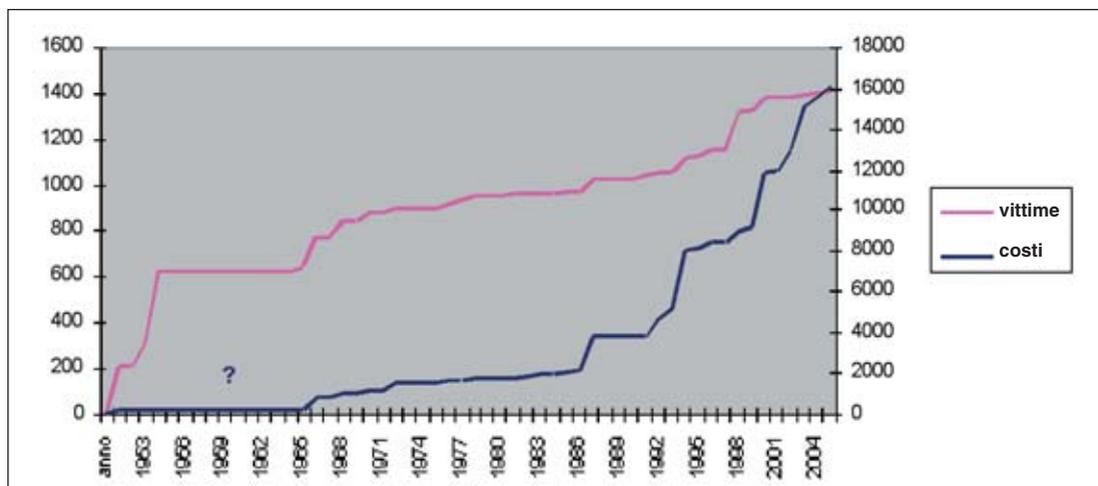
2.366 relativi a frane (52,3%), 2.070 ad inondazioni (45,8%), ed 85 a valanghe (1,9%). Nello stesso periodo si hanno circa 14 vittime per anno in occasione di fenomeni franosi e circa 50 per anno per quelli alluvionali (fonte AVI-CNR). Negli ultimi 50 anni le vittime conseguenti a fenomeni idraulici sono diminuite (31 vittime-anno), aumentando però, con crescita esponenziale, i costi economici associati (APAT, 2006). Solo nel XX secolo sono stati registrati oltre 10.000 morti, feriti e dispersi, 350.000 senza tetto e sfollati, migliaia di case distrutte o danneggiate, migliaia di ponti distrutti o danneggiati, centinaia di chilometri di strade e ferrovie distrutte o danneggiate. Eventi quali l'alluvione del Piemonte nel settembre 1994 (69 vittime), l'alluvione e le frane del giugno 1996 in Versilia (13 vittime), le frane del maggio 1998 in Campania (161 vittime), l'alluvione del 2000 a Soverato (Calabria), e quella del novembre 2000 in Val d'Aosta e Piemonte,

ed i fenomeni del 2003 in varie aree del Paese, rappresentano soltanto gli episodi più recenti di una situazione generale di incompatibilità tra le politiche di sviluppo socio-economico fino ad oggi adottate e le dinamiche proprie dell'ambiente naturale.

Le catastrofi idrogeologiche sembrano inoltre registrare un forte incremento a livello globale (Figura 6. 2 da CRED EM-DAT). Lo stesso *trend* sembrerebbe essere riscontrabile nelle serie storiche italiane dove, ad esempio, si registrano 4 eventi ultrasecolari in Piemonte negli ultimi 10 anni (APAT, 2006).

Le indagini effettuate dalle Autorità di Bacino in attuazione del D.L. 180 e s.m.i. (c.d. Legge Sarno) hanno evidenziato la presenza, in Italia, di circa 13.000 aree a rischio elevato e molto elevato per alluvioni, frane e valanghe. Queste aree sono pari a 29.517 km² e rappresentano il 9,8% (4,1 alluvioni; 5,2 frane; 0,5 valanghe) del territorio nazionale, coinvolgendo 6.352 comuni (81,9%), con centri urbani ed

Figura 6.2: Numero delle vittime e dei costi e degli eventi catastrofici idrogeologici negli ultimi cinquanta anni

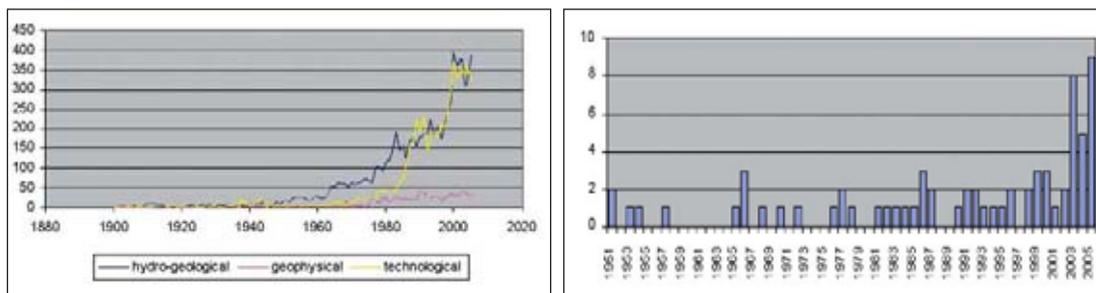


Fonte: APAT

importanti infrastrutture e aree produttive, strettamente connessi con lo sviluppo sociale ed economico del Paese (Fonte MATTM).
 Il progetto IFFI dell'APAT ha realizzato, invece, un quadro completo ed omogeneo sulla

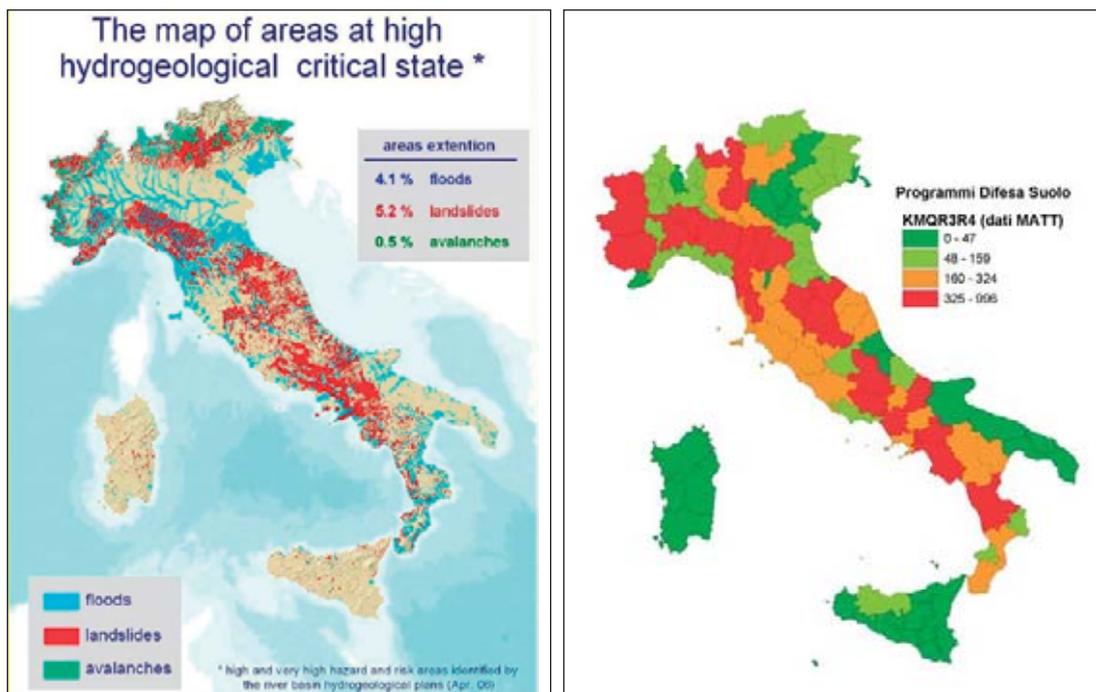
distribuzione delle frane sul territorio nazionale, anche quando non pericolose per le infrastrutture urbane e territoriali in genere (aree a rischio). Si identificano ad oggi 461.083 fenomeni di versante, in media 153

Figura 6.3: Incremento numero degli eventi estremi a livello mondiale (a sinistra) e numero di eventi negli ultimi cinquanta anni in Italia (a destra)



Fonte: CRED, EM-DAT, APAT

Figura 6.4: Aree ad elevata criticità idrogeologica (sinistra), densità delle aree R4 sul territorio nazionale (destra)



Fonte: MATTM, APAT

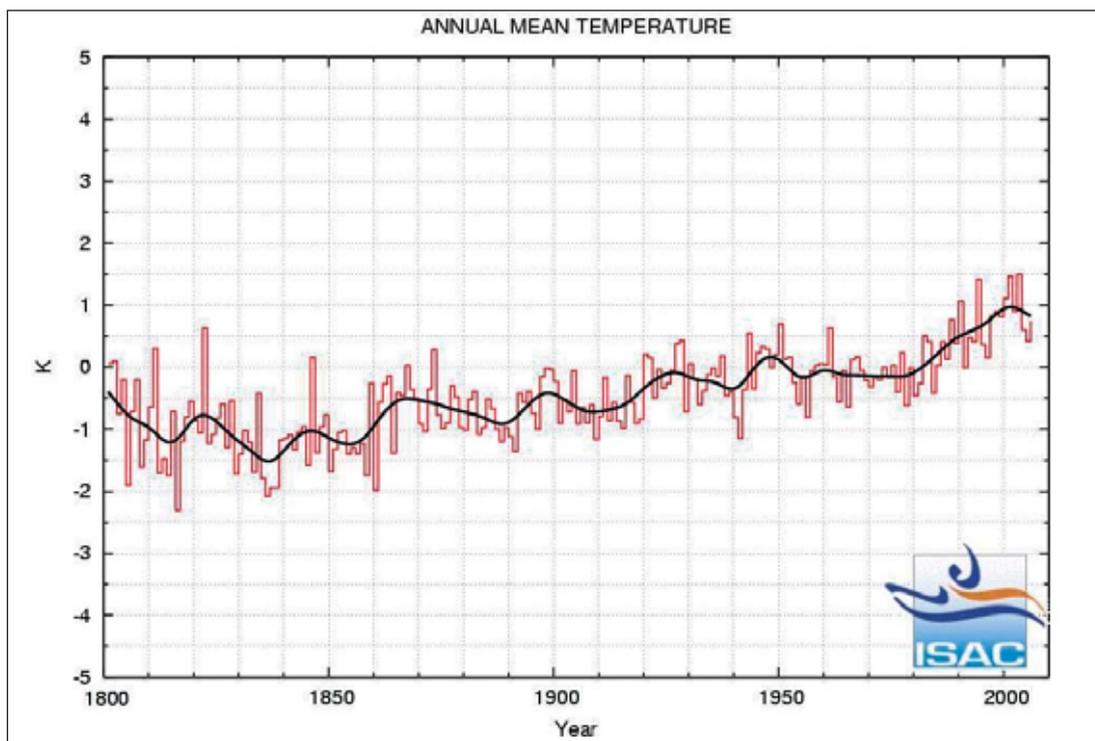
eventi ogni 100 km², per un totale di 19.686 km² di territorio in dissesto, pari al 6,5% dell'intero territorio nazionale.

I costi economici e sociali sostenuti dallo Stato italiano per sopperire ai danni conseguenti alle calamità naturali sono ancora poco chiari: nel periodo 1968 al 1992 sono stati stimati in 75 Miliardi €, con un valore medio di 3 Miliardi €/anno (fonte Gazzetta Ufficiale del Senato, 1992; costi attualizzati al 1992). Limitatamente ai fenomeni alluvionali, l'Annuario dei Dati Ambientali dell'APAT riporta un totale di 16 Miliardi € nel periodo 1951-2005, con una media annuale pari a 0,293 Miliardi €/anno che diventano 0,773 Miliardi €/anno nel periodo 1990 - 2005. Ancora meno chiari sono i costi per la prevenzione: la distribuzione delle opere pubbliche in Italia, nel periodo 2000 - 2005, evidenzia per la Categoria N04 (protezione dell'ambiente, difesa del suolo e risorse idriche) appalti pubblici per € 9.338.928.387, seconda solo alla categoria N01 (strade) (fonte Autorità per la Vigilanza sui Contratti Pubblici). Limitatamente alle leggi di finanziamento relative ad opere per il risanamento del dissesto idrogeologico (D.L. 180/98 e s.m.i. e L. 179/02) gestite dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, si evidenziano, nel periodo 1998-2005, stanziamenti pari a € 1.491.538.585,00 relativi a 1.959 interventi (Fonte APAT, Progetto RENDIS).

I dati sopra riportati rendono evidente la mancanza di data base certi e di riferimento per l'intera collettività, informazioni socio-economiche carenti e, contemporaneamente, la notevole dimensione del dissesto idrogeologico in Italia a cui si accompagnano risorse economiche decisamente insufficienti. Per quanto

attiene alle tendenze meteo-climatiche in atto, sono state evidenziate le seguenti considerazioni (T. Nanni, CNR-ISAC). La serie media italiana delle temperature mostra valori piuttosto bassi fino al 1860 circa, con il 1816 identificabile come l'anno più freddo dell'intero periodo. Successivamente si nota una tendenza graduale verso valori via via crescenti il cui contributo maggiore proviene dagli anni '60 e '90 del XIX secolo e dagli anni '20 e '40 del XX secolo. Dopo il massimo relativo raggiunto intorno al 1950 (il più rilevante dell'intera serie, eccettuati gli ultimi due decenni) si ha una lieve tendenza negativa fino agli anni '70, seguita da un nuovo periodo di forte crescita che culmina nell'anno 2003, il più caldo dell'intera serie. È anche interessante osservare che vi sono significative differenze tra le diverse stagioni. In particolare, il forte riscaldamento che ha caratterizzato gli ultimi due decenni è evidente in primavera ed estate, ma non in autunno ed inverno, stagioni in cui la tendenza a un aumento della temperatura è più blanda. Anche il massimo relativo riscontrato nella serie annuale intorno al 1950 è principalmente dovuto alla stagione estiva e a quella primaverile, durante le quali si sono avute temperature confrontabili con quelle degli anni '90. È ancora interessante notare come i due estremi della serie, ossia i valori del 1816 e del 2003, siano principalmente legati alla stagione estiva; essi corrispondono a due eventi ben noti ed ampiamente studiati, ossia la prolungata ondata di calore del 2003 e l'estate fredda dell'anno 1816, noto anche come "anno senza estate": esso seguì un periodo di quattro anni segnato da forti eruzioni vulcaniche, la più violenta delle quali fu quella del vulcano indonesiano Tambora nell'Aprile 1815. La serie media italiana di precipitazioni

Figura 6.5: Evoluzione della temperatura media annuale per l'Italia per il periodo 1800-2006



Nota: i dati sono espressi in termini di anomalie rispetto al periodo 1961-1990. Viene anche mostrata la serie che si ottiene filtrando i dati mediante un filtro gaussiano passa basso.

Fonte: Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima del CNR.

annuali presenta una sequenza di massimi e minimi relativi con una tendenza lievemente negativa. I valori più alti si sono raggiunti attorno al 1800, tra gli anni '40 e gli anni '50 del XIX secolo, intorno al 1900, al 1960 ed al 1980. I periodi più secchi si sono riscontrati intorno al 1990 e negli anni '20 e '40 del XX secolo, mentre altri minimi relativi di minore entità si sono avuti tra gli anni '20 e gli anni '30 del XIX secolo ed intorno al 1860.

I valori dei *trend* delle precipitazioni stagionali ed annuali sono generalmente negativi e di lieve entità, anche se raramente significa-

tivi. In particolare, a livello nazionale, si osserva una tendenza alla diminuzione delle precipitazioni annuali dell'ordine del 5% per secolo, fenomeno principalmente dovuto alla stagione primaverile, caratterizzata da un *trend* negativo del 9% per secolo. La regione che presenta il *trend* più marcato nelle precipitazioni annuali è il Centro, con un calo del 10% per secolo, mentre, tra le altre regioni, solo il Sud-Est mostra un *trend* significativo dell'ordine dell'8% per secolo. La tendenza negativa è sostanzialmente di lungo periodo, ovvero è significativa solo su scale temporali

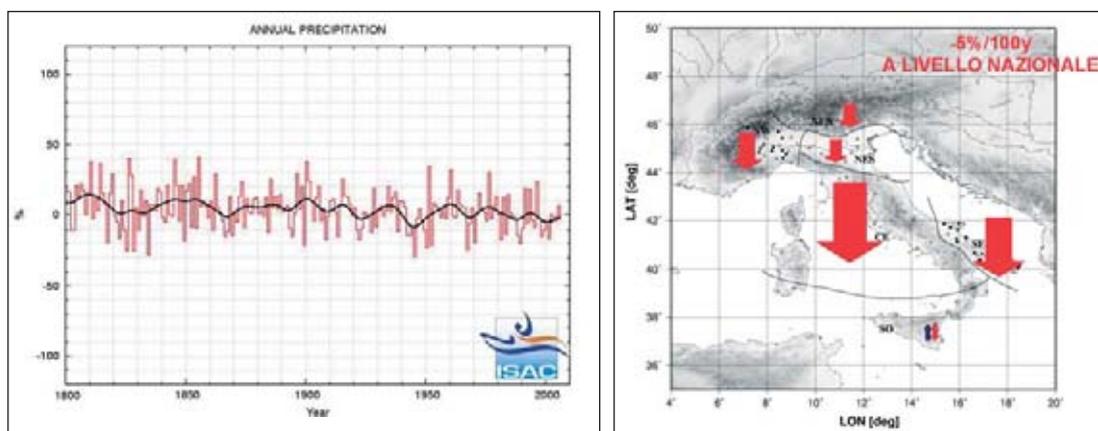
ultrasecolari. È interessante notare anche come il *trend* negativo negli ultimi 50 anni diventi più marcato, soprattutto in inverno, anche se in genere non è significativo se si considera solo questo periodo temporale. Fa eccezione la stagione autunnale per la quale la tendenza negli ultimi decenni è opposta: presenta infatti in tutte le regioni un aumento della precipitazione, anche se questo non raggiunge livelli statisticamente significativi. Oltre all'andamento delle precipitazioni totali è di estrema importanza anche la conoscenza dell'evoluzione della frequenza e dell'intensità delle stesse che si può dedurre analizzando le serie giornaliere (Brunetti et al., 2004).

Per l'Italia, per gli ultimi 120 anni, accanto ad una lieve diminuzione delle precipitazioni totali, si è osservata una forte diminuzione del numero di giorni piovosi al quale è associata una significativa crescita dell'intensità (Figura 6.7). Da un'analisi più dettagliata, basata sulla classificazione degli eventi in un set di

categorie di varia intensità, si è notato un chiaro aumento del contributo relativo alle precipitazioni totali dato dalle categorie di eventi più intensi e un calo di quello dato dalle categorie di eventi meno intensi. Il segnale risulta ancora più chiaro se, anziché il contributo relativo alle precipitazioni totali, si studia la frequenza degli eventi appartenenti ad ogni categoria: tutto il territorio italiano è caratterizzato da una forte diminuzione del numero di eventi di bassa intensità e solo alcune regioni dell'Italia settentrionale (il Nord-Est in particolare) mostrano un aumento significativo della frequenza degli eventi di forte intensità. Ovvero, soprattutto nell'Italia peninsulare, l'aumento del contributo relativo alle precipitazioni totali dato dagli eventi più intensi è principalmente legato ad una diminuzione del numero di giorni con piogge deboli, mentre l'aumento dei giorni con piogge intense è meno evidente.

È importante comunque osservare come, per

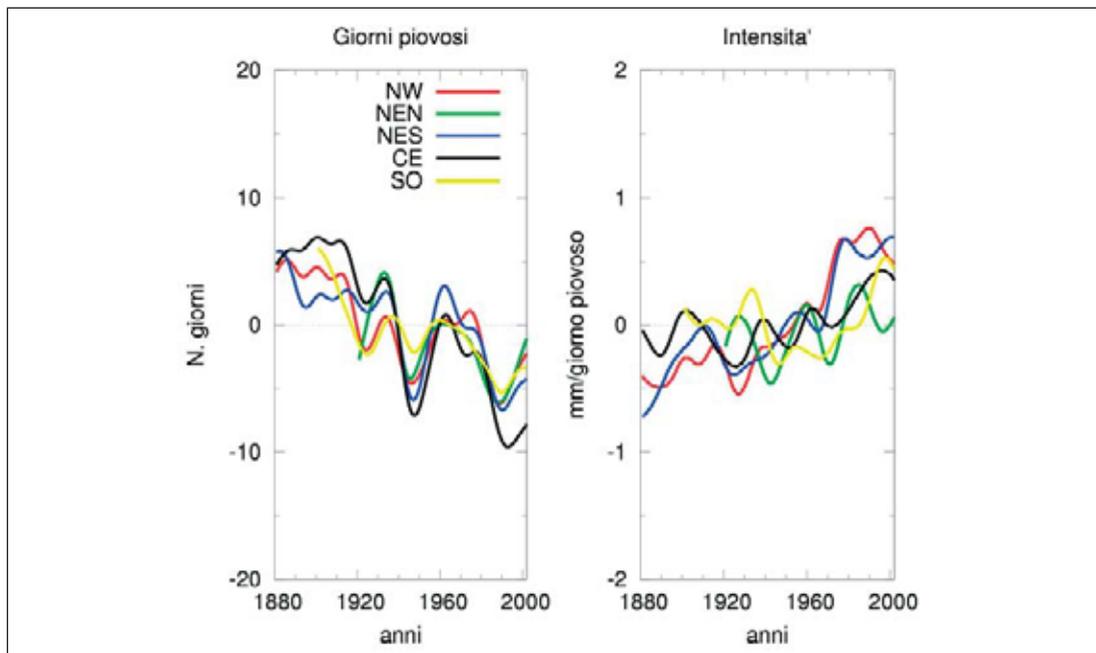
Figura 6.6: Serie annuale media italiana delle precipitazioni per il periodo 1800–2006



Nota: i dati sono espressi in termini di deviazioni percentuali rispetto ai valori medi del periodo 1961-1990. Per una più efficace visualizzazione degli andamenti a lungo termine, essi sono stati filtrati mediante un filtro gaussiano passa basso

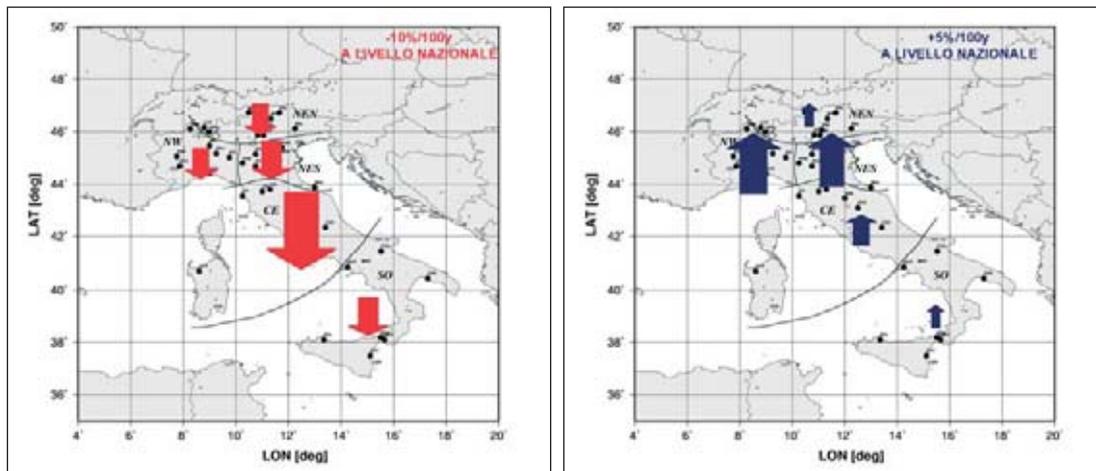
Fonte: Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima del CNR.

Figura 6.7: Andamento dei giorni piovosi e variazione dell'intensità giornaliera (mm/giorno piovoso) in Italia, dal 1800 al 2006.



Fonte: Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima del CNR.

Figura 6.8: Distribuzione spaziale delle riduzioni di giorni di pioggia e di incremento delle intensità giornalieri



Fonte: Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima del CNR

quanto estremamente importanti per documentare l'evoluzione delle temperature e delle precipitazioni sul territorio italiano, le serie storiche italiane presentano ancora molti limiti che le rendono spesso di difficile utilizzo nel contesto di ricerche volte a valutare il potenziale impatto delle variazioni termometriche e pluviometriche. Essi possono essere riassunti nei seguenti punti principali:

- per molte serie è impossibile ottenere aggiornamenti in tempo reale;
- il numero di serie disponibili non è ancora sufficientemente elevato e ciò obbliga a esprimere i valori in anomalie (o in rapporti) rispetto alle medie di un periodo di riferimento e non in valori assoluti.

Infine, i recenti dati dell'IPCC evidenziano, per la fine di questo secolo e relativamente ai parametri che direttamente ed indirettamente possono influire sul dissesto idrogeologico, le seguenti informazioni:

- temperature medie, minime e massime tutte in deciso aumento;
- precipitazioni totali in lieve diminuzione, anche se non risulta ben chiara la differenziazione tra Nord e Sud. Gli attuali modelli posizionano, al 2100, una fascia di separazione tra Nord Africa (più siccitosa) ed Europa (più piovosa) nel Mediterraneo settentrionale e che sembrerebbe dividere l'Italia in due macro regioni;
- un aumento dell'intensità delle precipitazioni durante gli eventi intensi (tropicalizzazione dei regimi precipitativi);
- un aumento dell'intensità e della durata delle "ondate di calore" (*Heat Waves*);
- qualche aumentato rischio di periodi siccitosi estivi, anche della durata di qualche anno, con fabbisogni irrigui, sempre in aumento;
- ghiacciai alpini in decisa diminuzione, sia

per l'aumento della temperatura che per la diminuzione della precipitazione, anche se la prima causa sembrerebbe essere più rilevante;

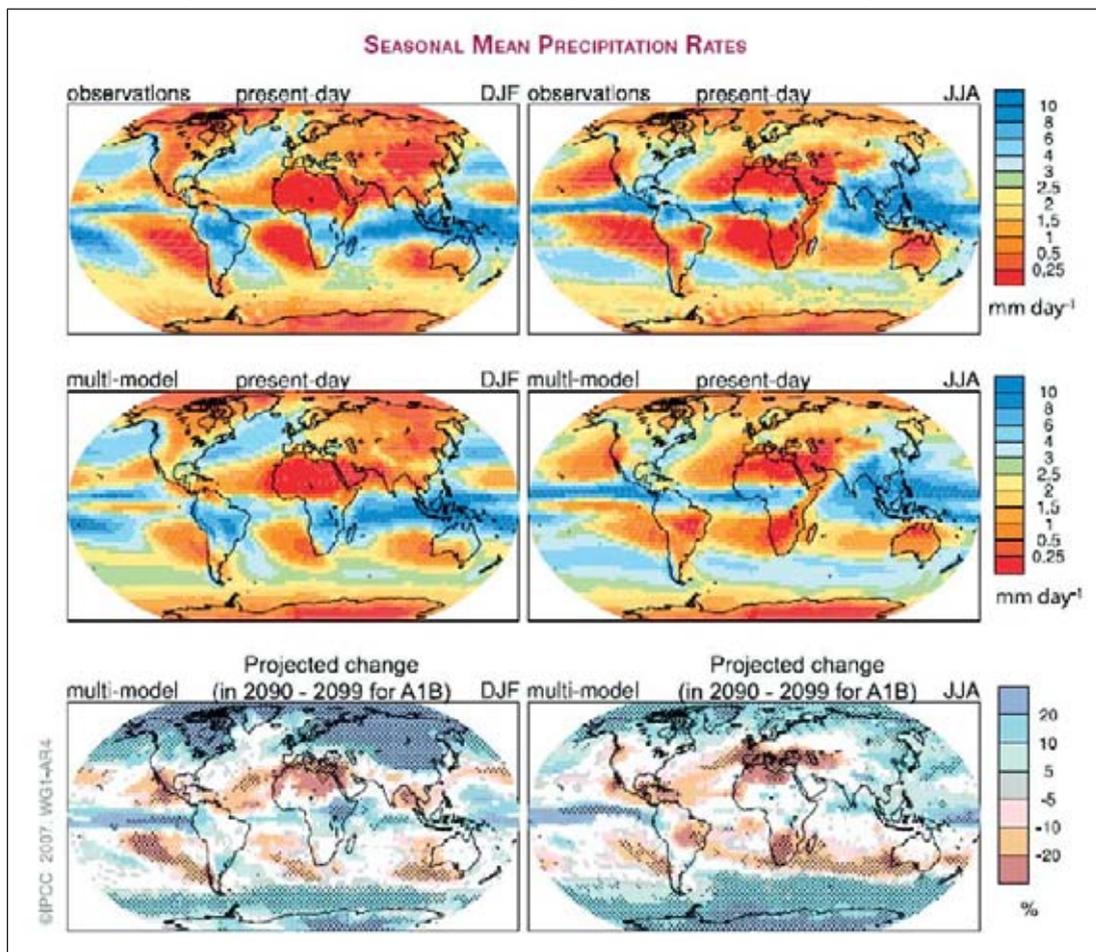
- diminuzione del numero di giorni di gelo.
- Si ritiene comunque opportuno segnalare che oggi in Italia non si è in grado di valutare con sufficiente certezza statistica e dettaglio spaziale il clima idro-meteorologico nei suoi valori medi ma ancor meno nei suoi valori estremi. Inoltre, l'adozione di modelli generali, non ancora adeguatamente implementati, seppur al meglio della conoscenza, potrebbe portare ad indicazioni non correttamente scalabili al territorio nazionale.

6.3 Natura e dimensione degli impatti del cambiamento climatico sul dissesto idrogeologico

Per la definizione degli impatti riguardanti i fenomeni idraulici e geomorfologici, si è partiti dall'analisi delle osservazioni della distribuzione spaziale e temporale del dissesto idrogeologico in Italia, dei *trend* meteo-climatici in atto e degli scenari meteorologici dell'IPCC al 2050 e 2100 opportunamente contestualizzati al territorio nazionale; relativamente a questi ultimi sono stati valutati i contributi all'innesco e/o le variazioni dei caratteri attuali del dissesto idrogeologico. In particolare è stato evidenziato:

- un ulteriore aumento della temperatura (con una tendenza costantemente crescente già nell'ultimo ventennio) con incremento dei periodi siccitosi ed ondate di calore;
- un generale decremento delle precipitazioni medie;
- una diminuzione dei giorni piovosi;

Figura 6.9: Andamenti generali del tasso di precipitazione medio osservato (in alto) e media *multi-model* (figura di mezzo) dal 1979 al 1993 e la media "*multi-model*" stimata per il periodo 2090 -2099 relativa al periodo 1980-1999 (% di variazione) basata sullo scenario SRES A1B (Figura in basso). Le medie da dicembre a febbraio sono indicate nella parte di sinistra; le medie da giugno ad agosto nella parte di destra.



Fonte: IPCC 2007

– un aumento di intensità delle precipitazioni (pochi, ma intensi, nubifragi). Tali tendenze sembrerebbero più marcate nell'Italia meridionale. Le principali conseguenze sui fenomeni franosi e alluvionali sono di seguito sintetizzate. L'attuale *trend* delle precipitazioni meteori-

che, positivo per quanto riguarda la loro intensità e negativo in termini di quantitativi totali annuali comporta una variazione delle modalità di sollecitazione dei versanti da parte degli eventi meteorologici. In particolare l'aumento dei fenomeni estremi di tipo meteorico potrebbe causare un incre-

mento degli eventi di frana del tipo colate rapide di fango/detrito, unitamente a fenomeni di erosione del suolo quale conseguenza dell'aumento delle temperature e dell'indice di aridità.

I fenomeni franosi rapidi in questo scenario debbono essere sempre più caratterizzati attraverso nuove procedure che accanto alla perimetrazione di tipo essenzialmente geomorfologica affianchino la caratterizzazione di indicatori e parametri geotecnici e geomeccanici con nuovi sistemi di allerta e preavviso basati non solo sulla variazione dell'input pluviometrico ma sulla variazione di questo *input* in termini di liquefazione potenziale all'interno delle coltri potenzialmente instabili.

Per quanto riguarda invece i fenomeni franosi lenti, la diminuzione dei totali annui delle precipitazioni suggerisce che le frane attivate da piogge abbondanti e prolungate possano andar incontro in futuro a periodi di quiescenza; si è inoltre evidenziata l'inadeguatezza delle soglie pluviometriche singole, e di come i sistemi interferometrici e satellitare a scala nazionale possano sopperire al *gap* scientifico tra *input* meteorico e cinematica dei fenomeni.

L'incremento dei fenomeni di precipitazione a elevata intensità potrebbe causare nelle fasce montane e pedemontane alpine e appenniniche un incremento dei fenomeni di piena improvvisa (*flash-floods*).

La riduzione delle precipitazioni medie annue sembrerebbe condurre ad una generale diminuzione delle portate medie dei corsi d'acqua.

L'aumento progressivo della temperatura e la conseguente riduzione del *permafrost* e delle aree glaciali nelle aree alpine, potrebbe cau-

sare un aumento delle deformazioni di versante anche a forzante pluviometrica inalterata e in particolare:

- l'aumento di frane di crollo in aree oggi sostanzialmente stabili in quanto al disopra della linea del *permafrost*;
- l'aumento di frane lente nelle zone oggi interessate da *permafrost*;
- i crolli e le colate di detrito per svuotamento di bacini lacuali che si formano durante le fasi di ritiro dei ghiacciai;
- le colate rapide nelle morene glaciali che si vengono a scoprire per arretramento dei ghiacciai;
- i crolli per termoclastismo;
- i fenomeni di tipo *Air blast*.

Le trasformazioni antropiche del territorio risultano, insieme agli eventi meteorici ed alle sollecitazioni sismiche, la principale causa scatenante dei fenomeni franosi; rispetto a ciò, la restrizione nello sviluppo edilizio ed urbano delle zone suscettibili da frana, l'introduzione di norme specifiche ancora più restrittive, la protezione del patrimonio urbano esistente con interventi fisici di mitigazione, lo sviluppo ed attuazione di sistemi di monitoraggio ed allerta e l'introduzione di incentivi per interrompere l'abbandono della pratica agricola sui versanti, sembrano essere ancora le uniche risposte valide. Viene, infine, segnalato, come particolarmente preoccupante in molte regioni del Mezzogiorno, il fenomeno dell'abusivismo edilizio che, favorito dai periodici condoni, ha portato a edificare abitazioni private in aree potenzialmente suscettibili di colate di frango e frane rapide a veloce innesco.

Anche per quanto riguarda i fenomeni idraulici, alcuni dati sulle portate dei fiumi emilia-

ni evidenziano una riduzione dei tempi di propagazione delle onde di piena, lasciando ipotizzare un contributo dell'antropizzazione (innalzamento delle golene, confinamento dei corsi d'acqua in aree sempre più ristrette), alla capacità di ruscellamento dei bacini. In particolare, si verificherebbe una forte canalizzazione delle acque, specialmente dei torrenti pedemontani e pedalpini, i quali, riducendo il potere di laminazione dei colmi di piena innescherebbero una conseguente accelerazione della corsa verso valle con forti pericoli per le città ed i vari insediamenti urbani.

Infine, l'aumento delle temperature e i lunghi periodi siccitosi potrebbero portare a forti "ritiri" dei terreni più tipicamente argillosi con danni agli edifici ivi costruiti.

6.4 Necessità criticità conoscitive fisiche ed economiche, emerse nel settore della ricerca di base e nella disponibilità di informazioni (dati di base)

L'analisi degli impatti ha evidenziato l'estrema difficoltà nel comprendere le risposte del sistema ambientale, in termini di dissesto idrogeologico, a fronte di forzanti meteo-climatiche che hanno subito modificazioni e che, presumibilmente, ne subiranno di ulteriori ancora più intense. Ne consegue la necessità di sviluppare la conoscenza nei settori della ricerca di base, da cui far scaturire i corretti elementi previsionali, in grado di condizionare le politiche pianificatorie e di adattamento del prossimo futuro. I settori principali da sviluppare sono di seguito descritti.

6.4.1 Dati di base e conoscenza

È di primaria importanza la creazione di un database climatologico nazionale ragionevolmente completo, validato ed opportunamente trattato, ma anche veramente accessibile alla comunità scientifica ed a quella agenziale e dei servizi.

Attualmente, il numero di serie disponibili non è ancora sufficientemente elevato e ciò obbliga ad esprimere i valori in anomalie (o in rapporti) rispetto alle medie di un periodo di riferimento e non in valori assoluti. Per molte serie inoltre è impossibile ottenere aggiornamenti in tempo reale.

Per i fenomeni di piene improvvise emerge una cronica mancanza di dati storici per quanto riguarda i volumi, le intensità e la distribuzione spaziale delle precipitazioni sia per quanto attiene ai livelli idrici nei corsi d'acqua sia per i fenomeni di collasso dei versanti.

In questo scenario, si ritiene necessario recuperare tutta l'informazione storica (es. rapporti di evento) prodotta all'epoca degli eventi, da cui, soprattutto per gli ultimi decenni e per il futuro, implementare un *dataset* ad alta risoluzione dei fenomeni alluvionali a scala nazionale.

È emersa in particolare, la necessità del recupero dell'informazione idrologica a scala oraria contenuta nelle registrazioni pluviometriche cartacee del Servizio idrografico e mareografico nazionale per diversi motivi tra cui la possibilità di effettuare analisi di evoluzione strutturale degli eventi in funzione dei cambiamenti climatici e di utilizzare le lunghe serie del passato per calibrare in maniera estensiva i modelli afflussi-deflussi.

È stata altresì evidenziata, la mancanza di un quadro univoco della suscettibilità idraulica a

scala nazionale (IFFI per le alluvioni) che permetterebbe di ottenere in maniera rapida una visione sinottica a scala nazionale su cui poter sviluppare un Database per la raccolta, l'analisi e la classificazione degli elementi esposti, soprattutto in termini di vulnerabilità. Ultimo *gap* conoscitivo, ma non per questo meno importante, riguarda la necessità a fini previsionali di ricostruire la storia dell'ambiente, del clima e dell'uomo durante il periodo storico in modo da evidenziare la storia climatica degli ultimi 150 anni (periodo con dati strumentali).

6.4.2 Modelli

Le conoscenze e le esperienze scientifiche e tecnico-applicative di climatologia degli eventi estremi in una situazione non stazionaria sono scarse e disperse tra comunità scientifiche che soltanto da poco hanno iniziato a dialogare in modo efficace.

In particolare, la modellazione meteo climatica necessita di un efficace *downscaling* dei dati relativi agli scenari IPCC, ai contesti nazionali, anche attraverso il trasferimento dei *Global Circulation Model (GCM)* a scala regionale/locale.

Vanno inoltre implementate tecniche univoche e condivise, da applicare all'analisi di serie temporali.

Per quanto riguarda la modellazione dei fenomeni franosi, i modelli di correlazione tra precipitazioni e fenomeni di dissesto geomorfologico, specialmente per ciò che riguarda i fenomeni lenti necessitano di :

- incorporare, nei modelli correnti di analisi, gli effetti dei cambiamenti climatici sulle variabili climatiche e meteorologiche che regolano l'insorgere dei fenomeni;

- definire gli effetti al suolo dei cambiamenti climatici.

6.4.3 Aspetti socio-economici

Manca una specifica analisi economica dei costi che dovranno essere sostenuti senza e con adeguate politiche di adattamento (equivalente del rapporto Stern per il contesto italiano). Tale analisi dovrebbe contenere oltre ai costi relativi a tali politiche, anche i riferimenti relativi ai costi di inazione.

6.5 Necessità emerse nella valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici sul dissesto idrogeologico (modelli fisici, sociali ed economici)

L'analisi della conoscenza nella valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici sul dissesto idrogeologico, evidenzia la notevole difficoltà di comprensione degli effetti sul suolo dei cambiamenti climatici (tipologia dei fenomeni, frequenza, intensità, rischio) e una comunità scientifica frammentata nelle varie componenti disciplinari, che non ha ancora raggiunto quella maturità culturale richiesta dalla complessità e multidisciplinarietà delle problematiche in discussione. Tale atteggiamento è tipico delle aree scientifiche di frontiera, quale quella dei cambiamenti climatici, dove si rende necessario una nuova integrazione multidisciplinare delle competenze ed un riallineamento della filiera della conoscenza verso un obiettivo che si discosta da quelli tradizionali della difesa del suolo. Inoltre, la mancanza di dati di base sufficientemente estesi temporalmente e geograficamente e opportunamente validati pone serie limitazioni alla valutazione di impatti dei cambiamenti cli-

matici al suolo.

Ne consegue che:

- esiste una notevole difficoltà di valutazione dell'effetto dei cambiamenti climatici sulla distribuzione spaziale e temporale degli eventi estremi, probabilmente per la loro rarità; alla tendenza all'aumento dell'intensità pluviometrica media e delle piogge superiori ad alcune soglie rilevanti, osservata in molte serie pluviometriche dell'Italia settentrionale, non corrisponde spesso un *trend* altrettanto significativo relativo agli eventi estremi;
- la mancanza dei dati e modelli di cui al paragrafo 6.4 impedisce una previsione e uno scenario più stabile, robusto e coerente di incremento/decremento dei fenomeni geologici e idraulici sia in termini spaziali che temporali;
- è necessario ridurre l'incertezza sugli impatti dovuti al cambiamento climatico attraverso lo sviluppo di modelli idrologici a scala locale di bacino che tengano conto di tutti gli elementi influenzanti;
- la valutazione degli impatti futuri dei cambiamenti climatici sul dissesto idrogeologico, e quindi le progettazioni da essi dipendenti (in special modo per i fenomeni idraulici), devono seguire una filiera concettuale che abbandona il cosiddetto "periodo di ritorno" basato su serie storiche stazionarie non rappresentative delle modificazioni in atto, e devono identificare gli eventi attesi in termini di scenari, derivati da un insieme integrato di informazioni multidisciplinari, anche se non esaustive della complessità dei processi in atto;
- la mancanza di un quadro economico univoco dei costi della difesa del suolo (inazione, costi emergenziali, costi di manutenzione, costi di messa in sicurez-

za, costi di monitoraggio.) e la mancanza di un data base nazionale rimane una barriera importante alla definizione dei costi di inazione del Paese.

Risulta necessario sviluppare un sistema di indicatori, se possibile quantitativi, in grado di quantificare gli andamenti in atto, sia in termini meteo climatici sia per quanto attiene all'impatto di questi in termini di dissesti e avviare una migliore cooperazione e sinergia fra i diversi "attori", pubblici e privati, per comprendere, anche su base storica, il ruolo dell'antropizzazione nell'incremento dei fenomeni di dissesto.

È inoltre necessario sviluppare modelli di vulnerabilità fisica, sistemica, sociale ed economica, in grado di descrivere le relazioni tra evento estremi e danno atteso che abbiano come scopo quello di comprendere l'efficacia delle misure per la mitigazione, strutturale e non-strutturale, alla luce dei cambiamenti climatici in atto.

6.6 Proposte di riduzione della vulnerabilità del territorio ai cambiamenti del clima e conseguenti opzioni di adattamento. L'uso e la gestione del territorio.

Sono di seguito riportate le principali proposte finalizzate alla riduzione della vulnerabilità territoriale in relazione ai cambiamenti climatici. In particolare le conseguenti opzioni di adattamento fanno riferimento a quattro *items* principali, relativi alle politiche di informazione e produzione legislativa e documentale, a quelle di uso e gestione del territorio, all'implementazione di nuovi sistemi di allarme e monitoraggio e al dialogo interistituzionale.

6.6.1 Informazione, legislazione e documentazione

Dovranno essere prodotte mappe di pericolosità e di rischio ridisegnate con criteri molto più cautelativi, considerando sia i regimi meteo climatici attuali, sia quelli futuri.

Le zonazioni delle aree a rischio devono essere basate su criteri rigorosamente scientifici e perfettamente riproducibili.

Dovrà essere implementata e diffusa, una continua e capillare attività di Didattica Ambientale (differenziata in relazione alle caratteristiche ambientali e mirata a fare apprendere quali siano le risorse e i problemi del territorio nel periodo di cambiamento climatico), propedeutica, ma non sufficiente, a evitare interventi di "abuso ambientale".

Dovranno essere implementati studi di analisi multi-rischio a scala idonea per la comprensione degli effetti del dissesto idrogeologico e altre tipologie di dissesto correlate. Dovrà essere effettuato un trasferimento della conoscenza sul tema CC/Dissesto idrogeologico nella pianificazione del territorio (da strategica a locale) arrivando a definire una normativa che indirizzi la progettazione per scenario di riferimento e non per tempi di ritorno.

6.6.2 Politiche di uso e gestione del territorio

Vanno definite delle strategie per un uso del suolo consapevole, utile alla difesa dalle catastrofi geo-idrologiche.

Per i fenomeni franosi rapidi che sembrano destinati ad aumentare secondo gli scenari meteo climatici futuri, una possibile strategia di adattamento e di riduzione della vulnerabilità del territorio deve tendere, all'utilizzo dell'uso del suolo come difesa con riconversioni, trasformazioni produttive, rinaturaliz-

zazioni e finanche le delocalizzazioni insediative, permettendo, di attuare politiche di difesa attiva finalizzate alla riduzione degli elementi esposti a danneggiamento. Devono essere prese senza deroga delle restrizioni dello sviluppo urbano in zone ad elevata suscettibilità.

Le azioni di gestione dell'uso del suolo, che costituisce uno dei fattori preponderanti sulla stabilità dei versanti, devono:

- favorire interventi "non strutturali" per la riduzione della vulnerabilità;
- assecondare l'evoluzione naturale sia in termini di miglioramento delle caratteristiche meccaniche del suolo sia in termini di controllo dell'idrologia;
- prediligere lo sviluppo di sistemi non-strutturali per la mitigazione degli impatti (es. recupero aree abbandonate e conservazione di quelle esistenti);
- promuovere gli interventi di difesa attiva tipo ingegneria naturalistica mirati ad eliminare le situazioni di innesco più frequenti delle colate rapide di fango.

Vanno abbandonate le strategie di intervento basate sulla difesa passiva di mero contenimento delle piene con il conseguente incremento delle portate di progetto, producendo nella maggior parte dei casi un sovra-dimensionamento generalizzato delle opere di difesa passiva.

Vanno contestualmente elevate le soglie di ammissibilità per la realizzazione di nuovi insediamenti perché aree oggi relativamente sicure, in un futuro potranno trovarsi in condizioni non accettabili di rischio. Per quanto riguarda gli interventi strutturali di difesa antincendio, le condizioni climatico-ambientali previste nel prossimo futuro saranno sfavorevoli alla conservazione del patrimonio

boschivo collinare e montano; al fine di limitare al massimo i danni occorrerebbe realizzare una capillare rete di laghetti e piccoli bacini di riserva idrica.

6.6.3 Sistemi di allarme e monitoraggio

Alle scale spazio-temporali con le quali si presentano i fenomeni di *flash floods* le convenzionali reti di monitoraggio idrometeorologico sono poco idonee a coglierne le caratteristiche essenziali. Si ritiene opportuno lo sviluppo di nuovi sistemi di allerta e monitoraggio, sia a scala nazionale (satellitare etc. per le frane lente) sia a scala locale, per i fenomeni rapidi, basate sull'accoppiamento di soglie idrologiche di innesco tarate su intensità di pioggia da serie storiche a modelli di evoluzione dei pendii, oppure a dati ottenuti mediante misurazioni in sito della suzione delle coltri potenzialmente mobilizzabili. In questa ottica va sicuramente implementato il ruolo dell'Osservazione della Terra (ASI, ESA, altri) con tecniche satellitari e terrestri, quali, ad esempio, le nuove tecniche di monitoraggio interferometrico.

6.6.4 Dialogo interistituzionale

Andrà incentivato il coordinamento tra soggetti detentori di dati di base e utilizzatori della conoscenza attraverso un valido Coordinamento delle attività istituzionali: Stato, Regioni, Autorità di Bacino, ATO, ecc. In ultima istanza andrà migliorata la cooperazione e sinergia fra i diversi "attori", pubblici e privati che operano nella difesa del suolo, attivando una "Consulta Permanente" per la difesa del suolo in Italia dove siano rappresentati tutti gli attori operanti nel set-

tore.

Bibliografia

- Borga, M. e G. Dalla Fontana, 2006: HYDRATE: Hydrometeorological data resources and technologies for effective flash flood forecasting. Dip. TeSAF - University of Padova, 235 pp.
- Brunetti, M., Maugeri, M., Monti, F., Nanni, T. 2006. Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series. *Int. J. Climatol.*, 26, 345-381.
- Calcaterra D., Parise M., Strumia A., Mazzella E. (2007) - Relations between fire, vegetation and landslides in the heavily populated metropolitan area of Naples, Italy. *Proc. 1st North American Conf. on Landslides*, Vail, Colorado, A.E.G. Special Publ. n. 23, 1448-1461.
- Catani, F., Casagli, N., Ermini, L., Righini, G., Menduni, G., 2005. Landslide hazard and risk mapping at catchment scale in the Arno River Basin. *Landslides: Journal of the International Consortium on Landslides*. Springer. 2(4), 329-343.
- CC-HYDRO, 1999. Impact of Climate Change on River Basin Hydrology under different Climatic Conditions, ENV4-CT95-0133 Final Report to the European Union.
- Cornellini P., Sauli G., (2006) "Manuale di Indirizzo delle scelte progettuali per interventi di difesa del suolo con tecniche di Ingegneria Naturalistica". PODIS Ministero dell' Ambiente.
- Delmonaco G., Leoni G., Margottini C., Puglisi C. (2002): La propensione del territorio italiano ai fenomeni franosi. *Italian Journal of Engineering Geology and Environment*

- Quaderni di Geologia Applicata, serie AIGA, n.1, 2002.
- De Roo A., Barredo J., Lavalle C., Bodis K. and Bonk R. Potential flood hazard and risk mapping at pan-European scale. European Commission – Joint Research Centre DESIREE - DEcision Support system for Inundation Risk Evaluation and Emergencies management – Progetto Finanziato da UE 1998-2000.
- Fattorelli, S., 2004: A sustainable objective for land protection: risk mitigation. *Interpraevent 2004*, - Congress Proc., Riva del Garda, Italy, 1, 1-9.
- Institute of Hydrology, 1999. *Flood Estimation Handbook*, 5 volumes, ISBN 0 948540 94 X
- IPCC, (2007b). *Climate Change 2007: The Physical Science*. Chapter 3 (Trenbeth, K.E., Ph.D. Jones et al.: Observations: Surface and atmospheric Climate Change); Chapter 5 (Bindoff, N.; Willebrand, J. et al.: Observations: Oceanic Climate Change and Sea level); Chapter 10 (Meehl, G.A.; Stocker, Th. F.: Climate Change Projections). IPCC in press.
- IPCC (2007c), *Climate change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Working Group II Contribution to the IPCC. IPCC Fourth Assessment Report.
- Liu Z. and Todini E., 2002. Towards a comprehensive physically based rainfall-runoff model. *Hydrology and Earth System Sciences (HESS)*, 6(5):859–881.
- Oliver Eds. "The Role of Water and the Hydrological Cycle in Global Change". NATO-ASI Series Vol. I-31:317-347.
- Picarelli L., Olivares L., Comegna L. e Damiano E. (2007a). Mechanical aspects of flow-like movements in granular and fine-grained soils. *Rock Mechanics and Rock Engineering*.
- Todini E., 1995. *New Trends in Modelling Soil Processes from Hillslope to GCM Scales*, in H. R. Oliver and S. A.

7. Il Bacino del Po

7.1 Introduzione

Il cambiamento climatico è una realtà con la quale occorre confrontarsi a tutti i livelli; prevenirne e/o contrastarne i possibili effetti negativi è un problema che si pone già ora. La vulnerabilità dell'area mediterranea ai cambiamenti del clima, in particolare del territorio italiano, delle sue risorse naturali e delle sue attività economiche, appare essere la più elevata in Europa, secondo i più recenti scenari delle Nazioni Unite (IPCC) e le più recenti valutazioni della UE (progetto Peseta). Se la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra rappresenta la priorità internazionale per rallentare i cambiamenti del clima, combattere le conseguenze negative del cambiamento climatico e procedere verso l'adattamento rappresenta una priorità nazionale per molti contesti ambientali e territoriali italiani sensibili alle variazioni climatiche come, ad esempio, la disponibilità d'acqua e l'agricoltura.

Quantunque sia difficile e molto complesso prevedere il clima del futuro, specialmente a una scala spaziale ridotta come quella regionale italiana, ancor più complesso e difficile appare prevederne le conseguenze sul ciclo idrologico quali: i regimi pluviometrici, le portate dei corpi idrici superficiali e sotterranee, ecc..

Il problema di un ulteriore depauperamento delle risorse idriche, tuttavia, si pone ugualmente come un probabile rischio per tutta l'area mediterranea, Italia compresa, e i cui primi effetti "visibili" sono le ricorrenti anna-

te di magra che hanno coinvolto il bacino del Po nell'ultimo quindicennio, ma in particolare le più recenti "emergenze siccità", particolarmente evidenti nell'ultimo quinquennio.

Il bacino idrografico del fiume Po, influenzato da una complessità di fattori sensibili al clima, costituisce, infatti, un importante scenario di eventi idro-meteo-climatici e socio-economici.

Se si considera la densità del territorio, le attività produttive insediate, le infrastrutture e il grado di utilizzazione della risorsa idrica, il bacino del Po rappresenta una realtà eccezionalmente varia e un punto nevralgico dell'economia nazionale. In quest'area, infatti, si forma il 40% del prodotto interno lordo, il 37 % dell'industria nazionale, che sostiene il 46 % dei posti di lavoro, il 55 % della zootecnia in sole 5 province, il 35% della produzione agricola. Il consumo di energia elettrica è pari al 48 % del consumo nazionale, le emissioni di CO₂ costituiscono il 40% del totale nazionale.

L'elevata quantità di risorse idriche storicamente disponibili nel bacino idrografico del Po, se da un lato ha svolto un ruolo primario nello sviluppo urbano ed economico dell'area, dall'altro ha portato a sovrastimare in generale la capacità di autodepurazione naturale del fiume e soprattutto la disponibilità complessiva della risorsa. In tal modo, i diritti di prelievo complessivi superano oggi la disponibilità idrica media residua in chiusura bacino.

L'influenza del cambiamento climatico sulle variabili idrologiche ha sottolineato, ancor di

più durante gli ultimi anni, la necessità di una *governance* di bacino capace di assorbire le potenziali tensioni sociali nell'utilizzo competitivo delle acque e nel controllo delle piene fluviali e di valorizzare e mettere a sistema la cooperazione tra le amministrazioni territorialmente interessate.

L'esperienza del Po costituisce il primo esempio operativo di gestione degli usi concorrenziali delle risorse idriche e del controllo delle piene a scala di bacino, attraverso un processo partecipato tra le amministrazioni territoriali, gli enti tecnici del bacino, i concessionari e tutti gli attori del processo produttivo.

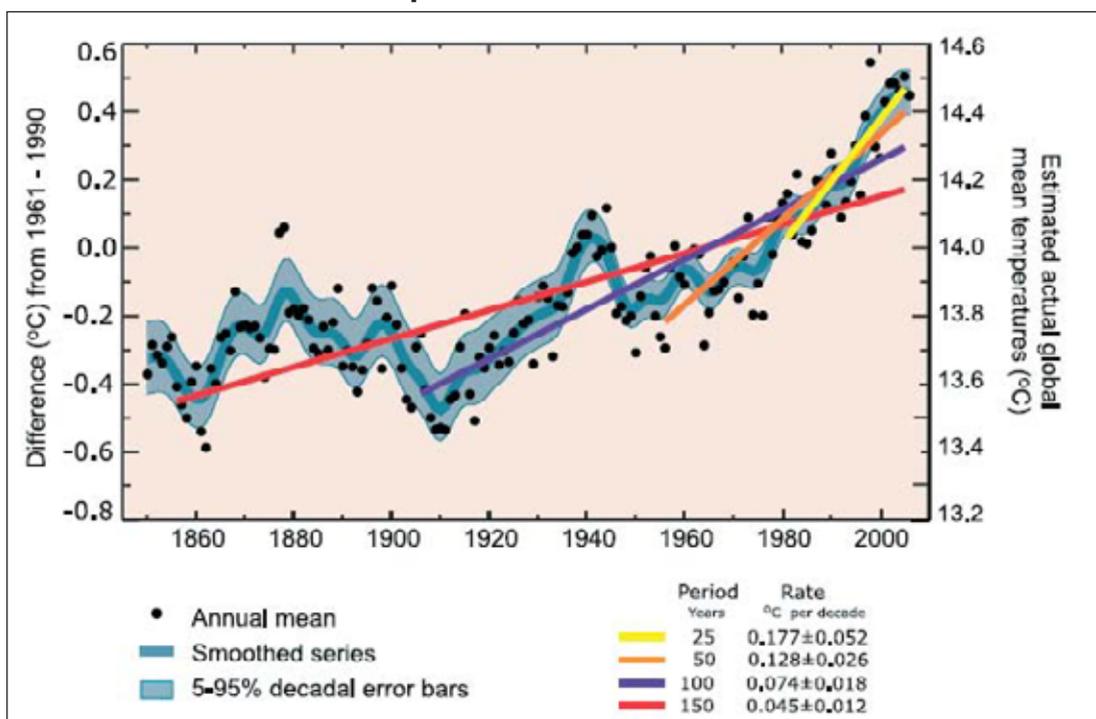
Il *workshop* ha trovato pertanto nel bacino del Po il contesto migliore ove affrontare il

tema dell'adattamento al cambiamento climatico in atto, con particolare attenzione al monitoraggio delle grandezze idrologiche, alla pianificazione dello sviluppo del bacino idrografico, ad una più efficiente e sostenibile gestione delle risorse idriche, all'ecosistema acquatico e a tutte le realtà socio-economiche influenzate dagli effetti del clima.

7.2 La conoscenza del cambiamento climatico nel Bacino Padano: gli impatti primari

Gli interventi al *workshop* da parte delle Agenzie ambientali dell'Emilia-Romagna, della Lombardia, del Piemonte, della Valle

Figura 7.1: Andamento delle temperature medie globali dal 1850 ad oggi e possibili trend lineari calcolati su periodi diversi



Fonte: IV REPORT IPCC (2007) – WG1 AR4

d'Aosta e del Veneto hanno confermato e specificato a livello regionale quanto pubblicato dall'IPCC (*Intergovernmental Panel for Climate Change*) mediante l'analisi di dati ambientali.

Premesso che le analisi climatiche sono fortemente condizionate dalle scale temporali e spaziali cui si riferiscono a causa della non stazionarietà dei fenomeni e della loro alta disomogeneità spaziale, nell'ultimo trentennio si osserva un aumento delle temperature medie annue ad un ritmo molto rilevante (circa 2°C dal 1960 ad oggi, che potrebbero arrivare a 3 o 4°C alla fine del secolo), con *trend* lineari in costante crescita man mano che ci si avvicina al presente.

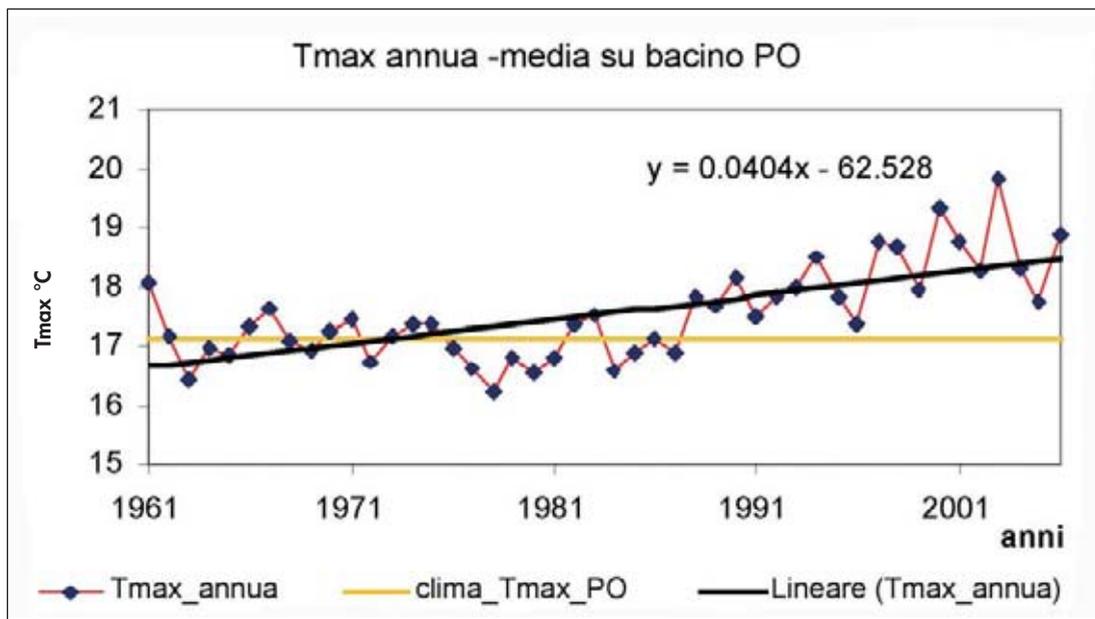
Il cambiamento del regime pluviometrico, nei valori medi annui, appare meno immediato da cogliere; in generale si rileva un aumento

dell'intensità dei singoli eventi piovosi, ma una riduzione complessiva del numero di eventi col risultato di un rilevante calo delle precipitazioni medie annue di circa il 20% nell'ultimo trentennio. Il calo è più evidente in primavera e in estate (sino al 50%) e molto meno in autunno, stagione durante la quale le precipitazioni medie non diminuiscono, ma aumenta molto la variabilità interannuale.

Le proiezioni climatiche per il secolo in corso suggeriscono, per l'area del bacino del Po, essenzialmente un proseguimento dei *trend* in atto, con ulteriori aumenti della temperatura a fine secolo di qualche grado e precipitazioni in ulteriore calo, ma con variabilità interannuale e interstagionale in aumento.

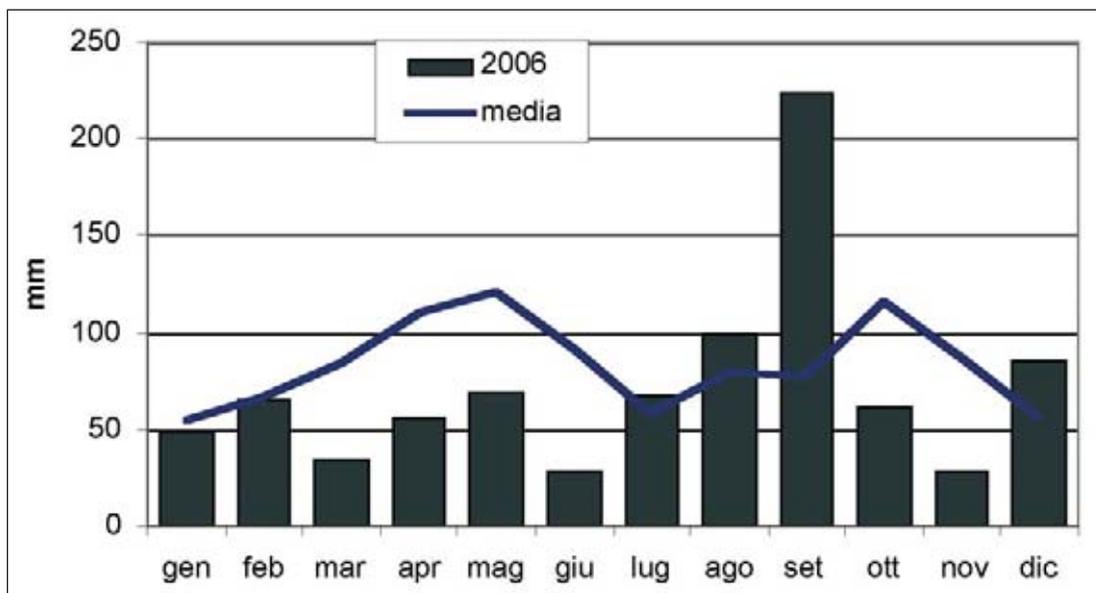
Anche le precipitazioni nevose e il volume dei ghiacciai alpini risultano essere in forte calo. La copertura nevosa, che rappresenta

Figura 7.2: Temperatura media annua sul bacino del Po



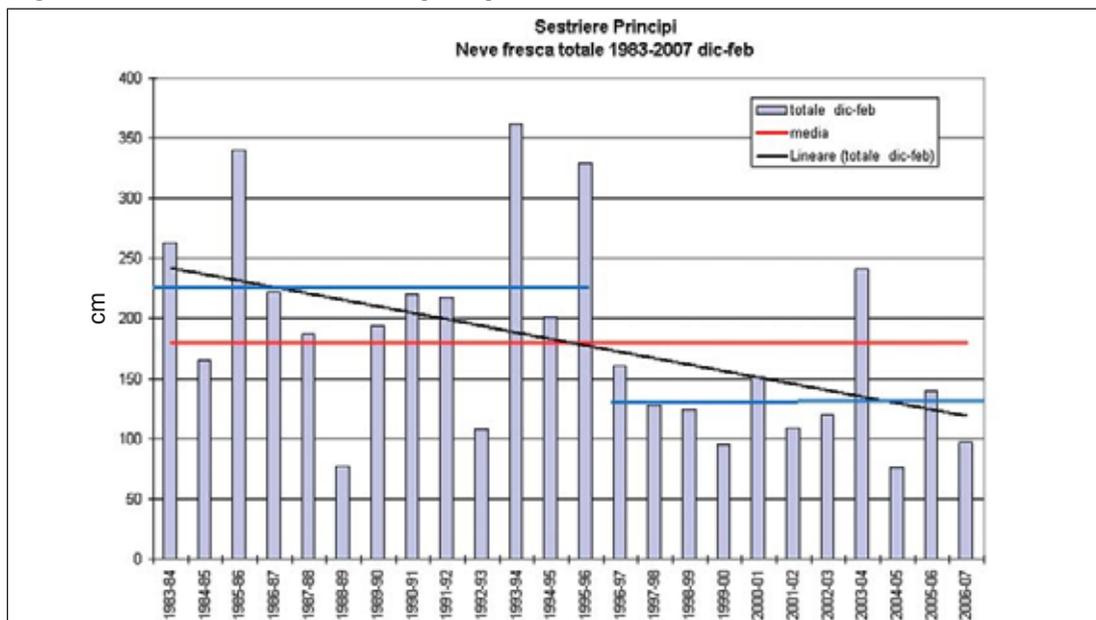
Fonte: ARPA Emilia Romagna

Figura 7.5: Distribuzione delle precipitazioni nel bacino del Po a confluenza Ticino nel 2006



Fonte: ARPA Piemonte

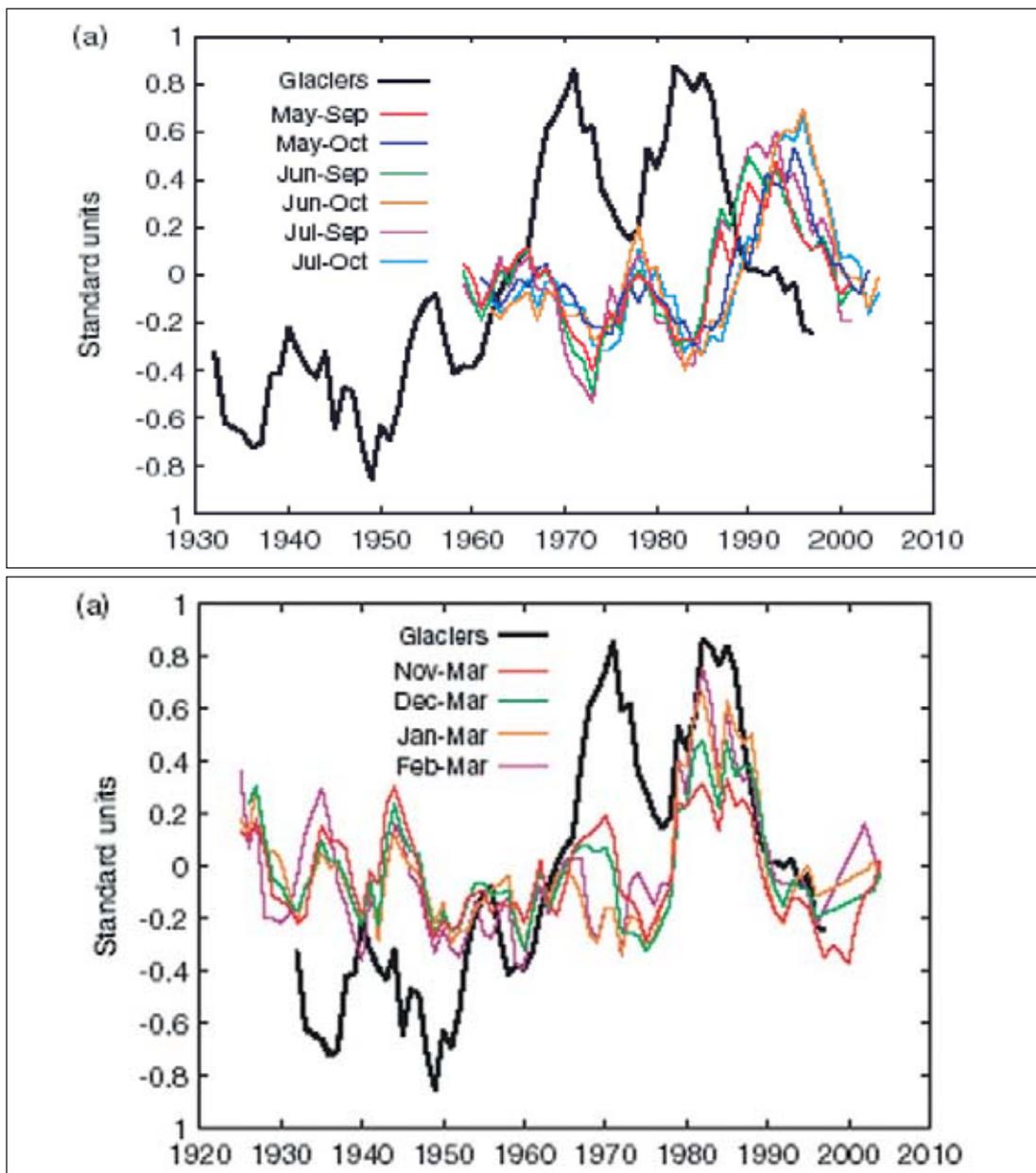
Figura 7.6: Distribuzione delle precipitazioni nevose a Sestriere



Fonte: ARPA Piemonte

una risposta integrata alle variazioni di temperatura e precipitazioni, subisce le maggiori riduzioni in primavera e nel passaggio autunno-inverno, poiché la stagione di accu-

Figura 7.7: Relazione tra ritiro dei fronti glaciali (linea nera), diminuzione delle precipitazioni invernali e aumento della temperatura estiva



Fonte: ARPA Piemonte

mulo della neve al suolo è ritardata, mentre quella di fusione è anticipata.

A causa della forte correlazione negativa della copertura nevosa con la temperatura dell'aria, le proiezioni per il XXI secolo ne danno una diminuzione distribuita su vaste aree del pianeta. Contestualmente ci si attende anche un costante proseguimento dell'arretramento dei principali ghiacciai alpini: i dati delle variazioni frontali confermano che la loro attività dal 1860 ad oggi è stata generalmente omogenea, eccetto un breve intervallo alla fine del XIX secolo in cui la variabilità di precipitazione a scala regionale può aver causato accumuli differenti; quantitativamente tale deglaciazione ha portato, sino ad oggi, alla perdita di circa il 40% della superficie dei ghiacciai.

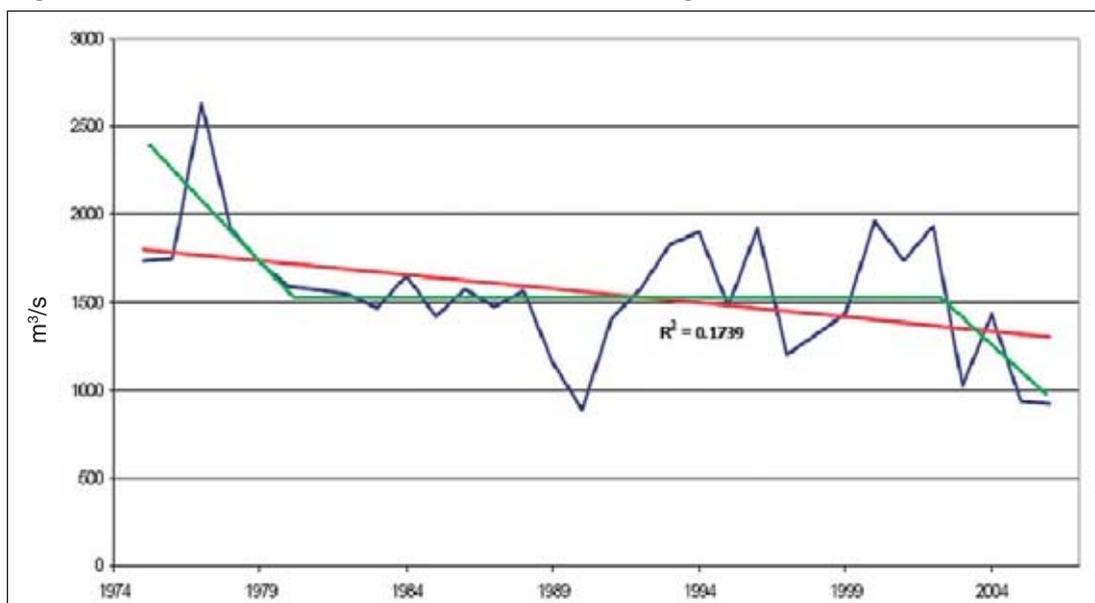
7.3 Impatti secondari

Durante il *workshop* particolare attenzione è stata rivolta non soltanto agli afflussi sul bacino, evidenziando una riduzione del 20% su base annua e del 35% nei mesi di gennaio-agosto nel periodo 1975-2006, ma anche ai *trend* in atto sui deflussi.

Alla diminuzione progressiva degli afflussi nell'ultimo trentennio e all'aumento della domanda idrica, fa riscontro un decremento significativo della portata media relativa agli ultimi anni in chiusura del bacino (sezione di Po a Pontelagoscuro) di circa il 20% su base annua e del 45% nella stagione estiva nel periodo 1975-2006.

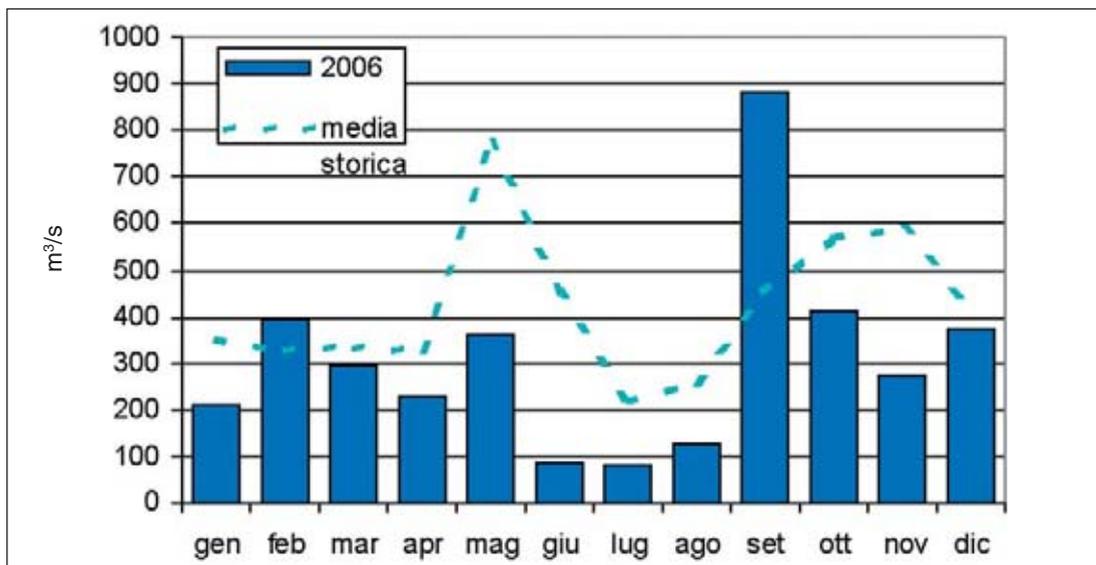
Va sottolineato che la stima dell'impatto del cambiamento climatico sulle portate è affetta dalle incertezze legate alla mancanza e/o incompletezza delle informazioni relative ai prelievi effettuati a monte delle sezioni di misura, con conseguente difficoltà nella rico-

Figura 7.8: Portata media annua del Po a Pontelagoscuro (1975 - 2006)



Fonte: ARPA Emilia Romagna

Figura 7.9 Portata media annua del Po a Isola S. Antonio



Fonte ARPA Piemonte

struzione dei deflussi naturali e quindi disomogeneità delle portate oggetto di comparazione temporale.

Analoga considerazione va fatta per quanto riguarda lo studio degli impatti sui laghi naturali ed artificiali, per i quali alle incertezze sui prelievi si aggiunge quella sugli schemi gestionali adottati.

Altro aspetto da considerare riguarda la stima dei tempi di ritorno. Negli ultimi anni le portate minime (estive) a Pontelagoscuro hanno fatto segnare tempi di ritorno (calcolati sui valori climatici storici) superiori a 200 anni, mentre gli stessi tempi di ritorno calcolati in sezioni più a monte mostravano valori tra 5 e 10 anni. Ciò implica da una parte la necessità di rivedere le procedure applicative dei metodi statistici classici a situazioni non stazionarie perchè soggette a un rapido cambiamento climatico; dall'altra sottolinea che la percezione della rarità di un evento meteo-

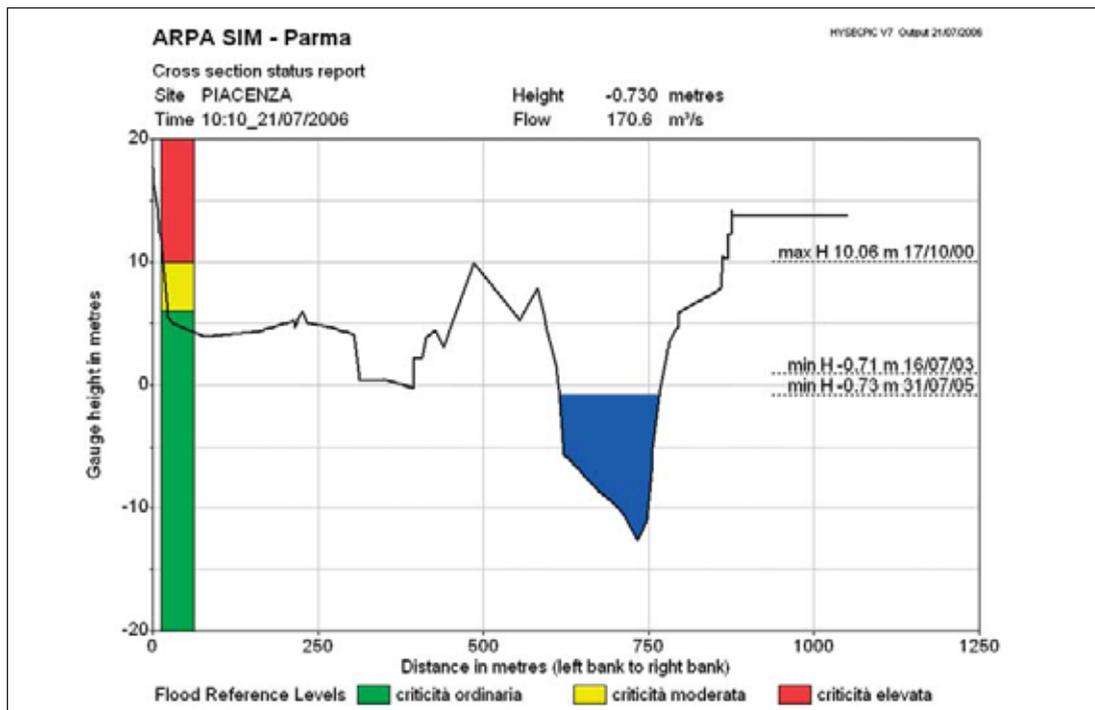
climatico che riguarda l'intero bacino cambia radicalmente se il tempo di ritorno viene calcolato alla chiusura del bacino montano piemontese (prima di tutti i grandi prelievi idrici effettuati sull'asta di Po) o alla foce, cioè quando tutti i prelievi sono stati effettuati.

È chiaro quindi che ai forti *trend* climatici in atto si sono sommati, negli ultimi decenni, altrettanto forti *trend* (in crescita) della domanda di risorsa idrica e dei conseguenti prelievi sull'asta del Po e sui suoi principali affluenti.

Alle modificazioni significative della distribuzione, durata e intensità delle precipitazioni liquide e nevose fanno seguito rilevanti modificazioni del regime dei deflussi superficiali e sotterranei con:

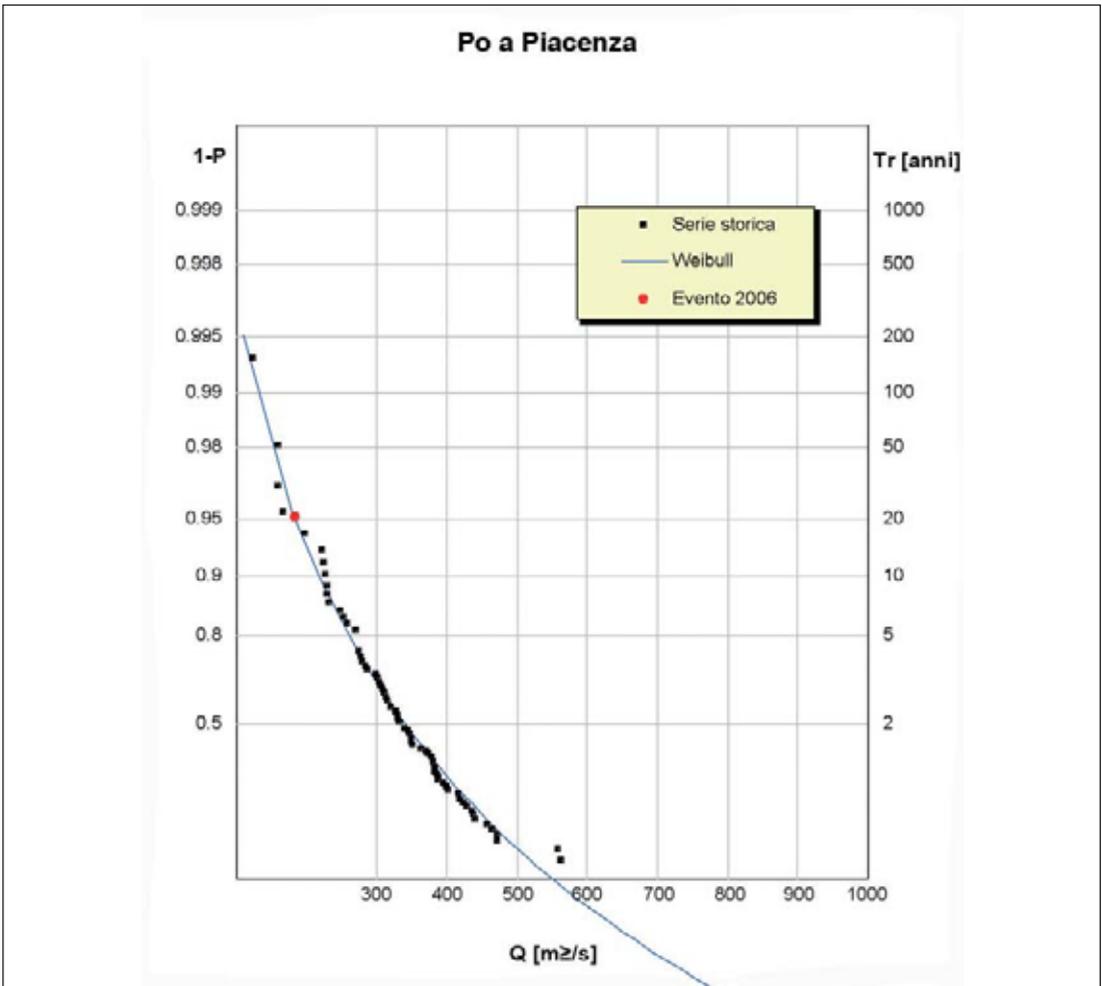
- aumento dei periodi di esposizione al rischio di siccità ed alluvioni. Va ricordato che negli ultimi dieci anni il Piemonte ha dovuto affrontare almeno tre eventi di

Figura 7.10: Sezione idrometrica del Po a Piacenza durante la magra del 2006



Fonte: ARPA Emilia Romagna

Figura 7.11: Portata del Po a Piacenza: tempi di ritorno



Fonte: ARPA Emilia Romagna

- piena che le statistiche correnti indicherebbero come ultracentenarie;
- diminuzione della durata e della capacità di ritenzione idrica del suolo e di ricarica delle falde;
 - aumentata probabilità e intensità degli episodi di intrusione del cuneo salino;
 - deterioramento della qualità dell'acqua (minore diluizione, maggiore temperatura e contenuto di nutrienti) e degli ecosistemi

associati;

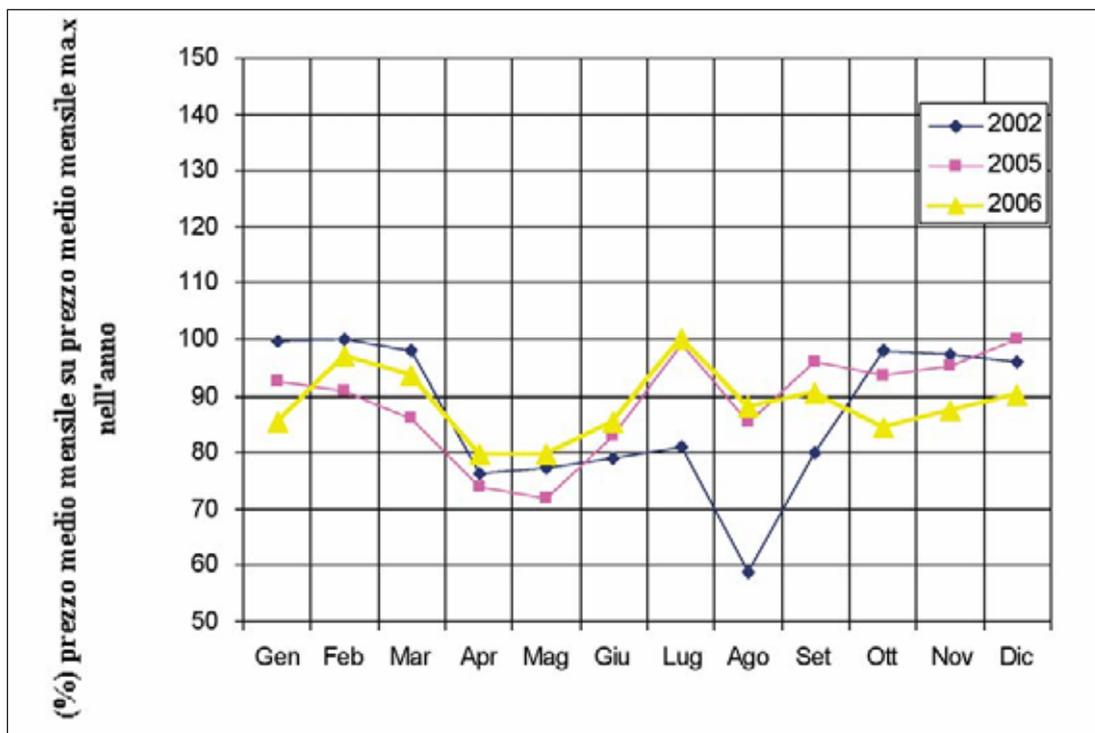
- maggiore esposizione al rischio idraulico, di desertificazione e sanitario;
- conseguente progressiva inadeguatezza/insufficienza di alcune opere idrauliche.

Nel bacino padano tali modificazioni sono amplificate e immediatamente riscontrabili nel delicato sistema deltizio, che può pertanto essere considerato un indicatore di sintesi

dello stato dell'intero bacino. A un aumento del livello marino (sinora in verità piuttosto contenuto, ma in probabile aumento sia in valore assoluto che nella rapidità del *trend*) e alla diminuzione delle portate fluviali corrisponde una risalita dell'Adriatico nella pianura padana che oggi si attesta sui 20 km contro i circa 2 km degli anni '70. La frequente riduzione di portata al di sotto dei 250 m³/s, minima per contrastare l'intrusione salina, mette in sofferenza circa 30.000 ettari di territorio, causando la salinizzazione delle falde, l'interruzione dell'approvvigionamento idrico, del funzionamento dell'irrigazione, del prelievo per il raffreddamento delle centrali termoelettriche di Sermide e Ostiglia e l'inari-

dimento delle zone litoranee, con pesanti effetti sugli ecosistemi associati e *in primis* a quelli sostenuti dal corpo idrico deltizio. La ridotta disponibilità delle risorse indotta dal nuovo regime climatico inasprisce la concorrenza tra gli usi e mette in crisi tutti i settori in quanto direttamente o indirettamente dipendenti dalle risorse stesse: idropotabile, agricoltura (per i minori apporti per lo sfasamento delle stagioni colturali rispetto alle disponibilità naturali), energia (impianti idroelettrici; maggiore richiesta di energia per il prelievo e la distribuzione di acqua; raffreddamento centrali termiche), turismo (minor apporto nevoso, deterioramento dello stato dei corpi idrici superficiali), industria e infra-

Figura 7.12: Rapporto tra prezzi medi e massimi mensili dell'energia



Fonte: ARPA Veneto

strutture (inadeguatezza delle opere di difesa/invaso e degli impianti di trattamento).

In questo contesto giocano un ruolo cruciale le riserve idriche dei grandi laghi e dei serbatoi montani: per quelli a scopo idroelettrico, gli schemi gestionali hanno subito una variazione importante dopo la liberalizzazione del mercato dell'energia (borsino elettrico dal 2004), con aumento dei volumi invasati nella stagione primaverile e dei prezzi durante la stagione estiva proporzionalmente alla domanda e con conseguente aumentata competizione dell'uso idroelettrico con quelli irriguo e idropotabile.

7.4 Il Monitoraggio, i Dati, i Modelli

Il monitoraggio idrologico, sul quale si basano le conoscenze e le previsioni relative ai cambiamenti climatici e ai loro impatti, viene oggi attuato dagli enti regionali che hanno ereditato le funzioni del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (ARPA/APPA, Centri Funzionali di Protezione Civile, Assessorati, Direzioni Generali).

La tradizione ed esperienza maturate nel bacino del Po in materia di monitoraggio e analisi idrologica consentono di tracciare un quadro abbastanza chiaro dei fenomeni in corso, ancorché nei limiti imposti da una divisione amministrativa del bacino e della gestione delle reti di monitoraggio e dalle tecnologie in campo non sempre al passo con gli sviluppi tecnologici. Va detto che queste criticità sono oggi in fase di parziale superamento a seguito di una serie di iniziative a livello regionale, interregionale e di Autorità di Bacino: la revisione e l'adeguamento delle reti di monitoraggio e integrazione dei sistemi infor-

mativi (progetto DPC-Centri Funzionali e più di recente progetto RE.MO a cura di AdBPo); l'implementazione di modellistica numerica idrologica e idraulica per la previsione delle piene fluviali (progetto MODPO, realizzato dalle ARPA del bacino, su iniziativa di AIPo e con la collaborazione di ADBPo e del DPC della PCM); l'implementazione di modellistica per la gestione delle risorse idriche ottimizzata separatamente per le situazioni di magra fluviale (progetto PEDRO, realizzato dalle ARPA del bacino e da AIPo su iniziativa di AdBPo); il potenziamento del rilievo dei corsi d'acqua e in particolare campagne di misura della salinità nel tratto deltizio e rilievi topografici delle sezioni fluviali, campagne di misura di portata, taratura e aggiornamento delle scale di deflusso; i servizi operativi regionali per la valutazione delle condizioni di innevamento.

Passando dal bacino del Po alla scala nazionale, alla necessità di integrazione delle informazioni alla scala di bacino si associa quella di completare il livello nazionale di riferimento e sintesi delle informazioni (ad esempio gli Annali idrologici di Bacino, con il completamento dei lavori mancanti pregressi), ancora frazionate e incomplete a causa della aumentata complessità e numerosità dei soggetti preposti al monitoraggio e alla gestione delle risorse idriche.

Per quanto riguarda le conoscenze e la valutazione degli impatti, le maggiori criticità riguardano:

- scarsa fruibilità e disponibilità dei dati nel loro complesso, anche a causa della molteplicità dei soggetti preposti al monitoraggio idrologico, soprattutto quando si tratti degli enti concessionari (gestori invasi, consorzi, etc);

- incompletezza delle serie idrologiche storiche e difficoltà nell'aggiornamento del pregresso;
- necessità di recuperare i dati storici alle aggregazioni temporali più basse (scale orarie);
- riduzione e/o interruzione delle attività di monitoraggio dei corsi d'acqua (sezioni, portate, livelli, scale di deflusso);
- scarsità di dati e conoscenze sull'idrologia sotterranea;
- continuità (soprattutto nel rilievo sistematico delle caratteristiche idrologiche dei corsi d'acqua) e conformità agli *standard* internazionali a seguito della regionalizzazione del servizio idrografico;
- scarsità e talvolta impossibilità di sufficiente conoscenza dei dati di pressione sia quantitativa (prelievi superficiali e sotterranei) sia qualitativa (scarichi);
- scarsità di dati sugli usi e sugli schemi gestionali della risorsa;
- necessità di nuovi strumenti di valutazione economica degli impatti e delle misure (contabilità ambientale, analisi economica).

Alcune di queste criticità hanno natura organizzativa, mentre altre hanno natura economico-finanziaria. Tutte potrebbero essere affrontate a livello del Sistema Nazionale delle Agenzie Ambientali.

In ogni caso tutto ciò comporta:

- incertezze nella stima della disponibilità e distribuzione spazio-temporale delle risorse idriche, nel bilancio idrologico e idrico di bacino e quindi grande difficoltà nel quantificare i *trend* delle quantità derivate;
- difficoltà conseguente nell'implementazione di modelli di gestione delle risorse e di modelli idrometeorologici che consenta-

- no di valutare gli impatti e di prevedere i possibili scenari con un adeguato grado di affidabilità;
- ulteriore difficoltà nella pianificazione a lungo termine dell'uso della risorsa in maniera sostenibile.

Pertanto, è necessario potenziare l'intera attività di monitoraggio per le nuove finalità, rivedendo la consistenza e conformità delle reti, recuperando i dati storici e integrando i sistemi informativi, soprattutto dove il monitoraggio non è a carico delle Agenzie ambientali, potenziando, se del caso, la disponibilità finanziaria complessiva del Sistema e la struttura centrale di riferimento nelle sue funzioni di indirizzo, controllo, accentramento e distribuzione dei dati e dell'informazione.

7.5 Adattamento

I cambiamenti climatici stanno già determinando conseguenze significative sulla disponibilità delle risorse idriche e vanno ad aggravarne lo stato già compromesso dalle crescenti pressioni antropiche e soprattutto dall'assenza di una vera politica di gestione integrata dell'acqua a livello di bacino.

Gli impatti sulle risorse condizioneranno pesantemente lo stato dei sistemi naturali e antropici. Perciò, oltre alle azioni di mitigazione è necessario implementare strategie di adattamento alle mutate condizioni idrologiche che siano coerenti con le stesse azioni di mitigazione, per evitare che queste ultime impattino negativamente sulla resilienza dei sistemi idraulici. Ad esempio, l'incentivo alla produzione di energia alternativa, ad esempio idroelettrica, dovrebbe essere rivalutato

sulla base degli impatti ambientali sulle risorse idriche, sugli ecosistemi associati, sull'esposizione al rischio idraulico. A scala del bacino del fiume Po, quanto sopra detto si traduce nella necessità/richiesta di una *governance* coordinata di acqua e aria (con le misure di riduzione delle emissioni di CO₂). In particolare, vi è sia la necessità che l'opportunità di integrare le strategie di adattamento all'interno delle politiche di tutela e gestione delle acque già esistenti (Direttiva Quadro Acque e direttive "figlie": Direttiva Acque Sotterranee, proposta direttiva per la valutazione e la gestione dei rischi di alluvione, piano di azione per la scarsità idrica, ecc.) in coordinamento con le altre strategie di sviluppo (energetico, territoriale, agricolo, etc.) e secondo un piano direttore nazionale di sviluppo sostenibile.

La Direttiva Quadro Acque, in fase di recepimento all'interno della revisione del D. Lgs. 152/06, si prefigge la tutela integrata delle acque e degli ecosistemi associati, l'uso sostenibile e solidale delle risorse idriche e la mitigazione degli effetti di inondazioni e siccità a scala di distretto idrografico (bacino o aggregazione di bacini idrografici), attraverso un processo di pianificazione partecipata che porti al raggiungimento del buono stato ecologico per i corpi idrici entro il 2015. Il primo Piano di Gestione di Bacino dovrà essere redatto entro il 2009 e revisionato/aggiornato ogni sei anni.

La Direttiva, col suo approccio iterativo e ciclico, consente di inserire le strategie di adattamento agli impatti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche all'interno del Programma di Misure per raggiungere gli obiettivi fissati. Essa introduce l'obbligo, entro il 2010, di politiche incentivanti l'uso efficiente delle

risorse e del recupero dei costi dei servizi idrici, comprendendovi anche quelli ambientali, a carico dei vari settori di utilizzo.

Le norme nazionali (L.183/89, D. Lgs 152/99, L.36/94) già prevedevano un approccio alla pianificazione e gestione integrata delle risorse idriche (piani di assetto idrogeologico e piani stralcio, piani di tutela delle acque) e coordinata con gli altri settori (un ottimo esempio è costituito dai piani di conservazione della risorsa idrica per la produzione agricola e zootecnica) che hanno consentito di raggiungere un livello di eccellenza:

- dell'attività dell'Autorità di bacino del fiume Po nella conoscenza e pianificazione alla scala di bacino;
- delle attività delle Regioni territorialmente interessate al bacino del fiume Po nella pianificazione e gestione regionale delle risorse idriche, con l'introduzione di misure e leve economiche (es. il nuovo metodo tariffario della Regione Emilia-Romagna) conformi alla Direttiva.

I limiti di competenza e potestà delle norme suddette hanno di fatto causato una impossibilità di governo idrico alla scala sovra-regionale e reso necessario il ricorso a strumenti emergenziali (es. cabine di regia, commissariati straordinari, etc.). Infatti, in sede di cabina di regia del Po, sono stati concordati un piano di rilascio dagli invasi e uno di riduzione/ottimizzazione dei prelievi per uso irriguo finalizzati ad assicurare la portata minima a Pontelagoscuro necessaria a garantire gli usi primari e contrastare la risalita del cuneo salino, senza i quali la crisi idrica dell'estate 2007 avrebbe potuto avere conseguenze ben più gravi di quelle che si sono avute.

Per superare l'*impasse* e garantire una effettiva *governance* di bacino efficace occorre:

- ricollocare le azioni ai livelli appropriati per darvi soluzione e quindi superare le visioni localistiche e amministrative. La dimensione globale, il ruolo dell'Europa, la scala di bacino sono le risposte più efficaci ai problemi posti ed esacerbati dai cambiamenti climatici;
- integrare tra loro rispettivamente le politiche settoriali e gli attori istituzionali e sociali.

La soluzione offerta dalla Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE, l'Autorità di Distretto idrografico, consente di ricondurre a un unico soggetto:

- il coordinamento della pianificazione e gestione sostenibili delle risorse e del territorio;
- il governo unitario dei dati di monitoraggio;
- gli strumenti di previsione e governo delle crisi interagendo con il Dipartimento della Protezione Civile per le azioni in tempo reale;
- il controllo dell'efficacia delle misure concordate nei piani e programmi che gli enti territoriali gestiscono e/o realizzano.

Durante il *workshop* sugli effetti dei cambiamenti climatici sul bacino del Po, si è evidenziata la necessità strategica di una *governance* a scala di bacino e si è individuato nel Distretto idrografico, previsto dall'WFD 2000/60/CE, l'istituzione che può avere ruolo forte di indirizzo, controllo strategico e gestione degli obiettivi, per dar vita a una nuova gestione della risorsa idrica, del suolo e degli aspetti territoriali coerenti con i dettami comunitari e con gli interessi in gioco da parte di tutti gli *stakeholder*.

Nel Distretto, l'Autorità ed il Governo centrale si pongono obiettivi condivisi e coordinati con il piano direttore generale che sovrintende ai piani di gestione di distretto.

Nel governo dei distretti lo Stato non potrà limitarsi solo all'indirizzo alle Regioni, ma dovrà partecipare con i diversi settori: ambiente, politiche agricole, sviluppo economico.

La Conferenza nazionale sui cambiamenti climatici può così costituire il contesto ove recuperare e ricollocare i temi della *governance* di bacino ed in particolare di quello del bacino idrografico del fiume Po.

8. Inventario delle emissioni di gas serra

8.1 Introduzione

Il convegno sull'inventario nazionale delle emissioni di gas serra ha avuto lo scopo di presentare la serie storica delle emissioni, dal 1990 al 2005, comunicata ufficialmente al Segretariato della Convenzione sui Cambiamenti Climatici. Nel corso del convegno è stato anche presentato il primo inventario delle emissioni della Regione Puglia.

Nel corso della tavola rotonda sono state discusse e condivise le metodologie necessarie per la ripartizione degli obiettivi di riduzione nazionale a livello regionale e l'identificazione dei settori dove è possibile e necessario il coinvolgimento diretto delle autorità locali nel monitoraggio e nella attuazione delle politiche e misure di riduzione dei gas serra e l'interazione con i Piani di risanamento della qualità dell'aria.

8.2 Inventario nazionale delle emissioni

Nell'ambito degli strumenti e delle politiche per fronteggiare i cambiamenti climatici un ruolo fondamentale è svolto dal monitoraggio delle emissioni dei gas climalteranti.

In particolare l'APAT realizza ogni anno l'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera che è correntemente utilizzato per verificare il rispetto degli impegni che l'Italia ha assunto a livello internazionale sulla protezione dell'ambiente atmosferico, come la Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC), la Convenzione di Gine-

vra sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero (UNECE-CLRTAP), le Direttive europee sulla limitazione delle emissioni.

Per quel che riguarda la Convenzione sui Cambiamenti Climatici la comunicazione ufficiale avviene attraverso la compilazione di un formato di trasmissione dei dati (*Common Reporting Format*) e la redazione di un rapporto esplicativo relativo all'inventario (*National Inventory Report*).

Ogni Paese che partecipa alla Convenzione, infatti, oltre a fornire annualmente l'inventario nazionale delle emissioni dei gas serra secondo i formati richiesti, deve documentare in un *report (National Inventory Report)* la serie storica delle emissioni. La documentazione prevede una spiegazione degli andamenti osservati, una descrizione dell'analisi delle sorgenti principali di emissione (*key sources*) e dell'incertezza ad esse associata, un riferimento alle metodologie di stima e alle fonti dei dati di base e dei fattori di emissione utilizzati per le stime, l'illustrazione del sistema di *Quality Assurance/Quality Control* a cui è soggetto l'inventario e delle attività di verifica effettuate sui dati.

Il *National Inventory Report* facilita, inoltre, i processi internazionali di verifica cui le stime di emissione dei gas serra sono sottoposte al fine di esaminarne la rispondenza alle proprietà di trasparenza, consistenza, comparabilità, completezza e accuratezza nella realizzazione, qualità richieste esplicitamente dalla Convenzione suddetta. L'inventario delle emissioni è, infatti, sottoposto ogni anno ad un processo di verifica da parte di un

organismo nominato dal Segretariato della Convenzione che analizza tutto il materiale presentato dal Paese e ne verifica in dettaglio le qualità su enunciate per poi stilare un rapporto, reso disponibile su *web*, che contiene tutte le osservazioni e proposte di modifica o di miglioramenti da effettuare nell'inventario e relative sia alle stime di emissione che alla documentazione allegata.

In particolare il documento "*Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2005. National Inventory Report 2007*" (APAT, 2007) descrive la comunicazione annuale italiana dell'inventario delle emissioni dei gas serra dal 1990 al 2005 in accordo con quanto previsto nell'ambito della Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici delle Nazioni Unite (UNFCCC) e del Meccanismo di Monitoraggio dei Gas Serra dell'Unione Europea. L'inventario nazionale viene aggiornato ogni anno per includere le eventuali revisioni relative alle metodologie e l'utilizzo dell'informazione e dei dati di base più recenti.

Nel caso in cui, durante il processo di *review*, siano identificati eventuali errori nel formato di trasmissione o stime non supportate da adeguata documentazione e giustificazione nella metodologia scelta, il Paese viene invitato ad una revisione delle stime di emissione. I dati di emissione dei gas-serra, così come i risultati dei processi di *review*, sono pubblicati sul sito *web* del Segretariato della Convenzione sui Cambiamenti Climatici <http://www.unfccc.int>.

L'inventario delle emissioni comprende la stima dei sei gas serra previsti dal Protocollo di Kyoto, (anidride carbonica, metano, protossido di azoto, idrofluorocarburi, perfluorocarburi, esafluoruro di zolfo) che contribuiscono direttamente ai cambiamenti climatici in relazione al loro effetto radiattivo e quat-

tro gas ad effetto serra indiretto (ossidi di azoto, ossidi di zolfo, monossido di carbonio e composti organici volatili non metanici).

I dati di emissione della serie storica italiana sono disponibili sul sito *web* http://www.sinanet.apat.it/it/sinanet/serie_storiche_emissioni.

L'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera, oltre a quantificare i livelli di emissione, identifica le fonti principali degli inquinanti ed è strumento indispensabile di supporto nelle politiche riguardanti la qualità dell'aria. L'analisi della significativa serie storica disponibile consente di monitorare l'andamento delle emissioni a livello settoriale e di identificare gli strumenti e le politiche che possono contribuire maggiormente alla riduzione delle emissioni di gas serra nazionali e regionali.

La realizzazione dell'inventario nazionale necessita della continuità nella disponibilità delle risorse dedicate sia economiche che umane, in considerazione sia dei tempi necessari per la formazione di esperti nella produzione delle stime che garantiscano la qualità ed il miglioramento del prodotto, sia degli obblighi e delle scadenze annuali della trasmissione dell'informazione a livello internazionale.

8.3 Dati e tendenze delle emissioni nazionali di gas serra

Da un'analisi di sintesi della serie storica dei dati di emissione dal 1990 al 2005, si evidenzia che le emissioni nazionali totali dei sei gas serra, espresse in CO₂ equivalente, sono aumentate del 12,1% nel 2005 rispetto l'anno base (corrispondente al 1990), a fronte di un impegno nazionale di riduzione del 6,5% entro il periodo 2008-2012.

Tabella 8.1: Emissioni Nazionali di gas serra

GREENHOUSE GAS EMISSIONS	Base year (1990)	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005
CO ₂ emissions including net CO ₂ from LULUCF	354.789,8 ₃	342.380,0 ₇	366.169,8 ₈	359.431,3 ₈	357.133,4 ₇	374.369,9 ₅	386.088,1 ₈	383.195,2 ₉
CO ₂ emissions excluding net CO ₂ from LULUCF	434.781,9 ₅	445.712,1 ₅	463.607,3 ₆	469.298,4 ₃	471.144,2 ₂	486.618,1 ₁	490.932,6 ₀	493.371,5 ₃
CH ₄ emissions including CH ₄ from LULUCF	41.711,64	44.085,64	44.367,40	43.331,00	41.744,14	41.089,10	39.910,98	39.755,62
CH ₄ emissions excluding CH ₄ from LULUCF	41.568,75	44.058,27	44.280,40	43.275,81	41.713,21	41.024,13	39.876,37	39.721,46
N ₂ O emissions including N ₂ O from LULUCF	38.039,53	38.813,20	41.111,00	41.233,89	40.700,76	40.407,91	42.563,97	40.498,32
N ₂ O emissions excluding N ₂ O from LULUCF	38.008,60	38.730,01	40.881,17	41.228,29	40.697,62	40.401,32	41.693,71	40.366,05
HFCs	351,00	671,29	1.985,67	2.549,75	3.099,90	3.795,82	4.515,13	5.267,21
PFCs	1.807,65	490,80	345,85	451,24	423,74	497,63	350,00	361,23
SF ₆	332,92	601,45	493,43	794,96	737,65	464,69	491,57	460,17
Total (including LULUCF)	437.032,5₈	427.042,4₆	454.473,2₂	447.792,2₁	443.839,6₆	460.625,1₁	473.919,8₄	469.537,8₆
Total (excluding LULUCF)	516.850,8₉	530.263,9₉	551.593,8₇	557.598,4₇	557.816,3₄	572.801,7₀	577.859,3₈	579.547,6₆
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	Base year (1990)	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1. Energy	419.419,2	432.499,6	452.771,9	457.442,0	459.394,0	474.122,0	477.768,7	480.113,7
2. Industrial Processes	36.544,50	34.589,69	34.959,49	36.993,23	37.001,79	38.153,57	40.630,85	40.792,17
3. Solvent and Other Product Use	2.394,46	2.179,77	2.284,53	2.210,51	2.219,20	2.166,67	2.114,18	2.097,80
4. Agriculture	40.577,10	40.349,16	39.939,48	39.428,43	38.249,50	38.098,97	37.892,35	37.214,06
5. Land Use, Land-Use Change and Forestry ⁽⁵⁾	-79.818,31	103.221,53	-97.120,65	109.806,26	113.976,68	112.176,59	103.939,54	110.009,81
6. Waste	17.915,56	20.645,71	21.638,43	21.524,26	20.951,77	20.260,43	19.453,27	19.329,84
7. Other	NA							
Total (including LULUCF)⁽⁵⁾	437.032,5₈	427.042,4₆	454.473,2₂	447.792,2₁	443.839,6₆	460.625,1₁	473.919,8₄	469.537,8₆

Fonte: APAT

Nella tabella 8.1 sono riportate le emissioni comunicate ufficialmente al Segretariato della Convenzione sui Cambiamenti Climatici.

In particolare, le emissioni complessive di CO₂ sono pari all'85,1% del totale e risultano nel 2005 superiori del 13,5% rispetto al 1990, mentre le emissioni relative al solo settore energetico sono aumentate del 14,5%. Le emissioni di metano e di protossido di azoto sono pari rispettivamente a circa il 6,9% e 7,0% del totale e presentano andamenti in diminuzione per il metano (-4.4%) e in aumento (+6.2%), per il protossido di azoto. Gli altri gas serra, HFC, PFC e SF₆, hanno un peso complessivo intorno all'1% sul totale delle emissioni; le emissioni di questi ultimi gas sono in forte crescita per quanto riguarda gli HFCs ed in diminuzione per i PFC e l'SF₆. Anche se al momento non rilevanti ai fini del raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni, il significativo *trend* di crescita li renderà sempre più importanti nei prossimi anni.

Il settore energia contribuisce maggiormente alle emissioni complessive di gas serra. Infatti, nel 2005, le emissioni energetiche sono pari all'82,8% del totale e sono cresciute, rispetto al 1990, del 14,5%. Gli incrementi maggiori in questo settore si sono osservati nei trasporti, principalmente quelli su strada, nel settore civile e nella produzione di energia, rispettivamente 26,5%, 21,8% e 19,2% di incremento delle emissioni nel periodo. D'altro canto questi settori insieme rappresentano quasi l'81% delle emissioni dell'energia.

Per quel che riguarda il settore dei processi industriali, che rappresentano il 7% delle emissioni complessive, le emissioni sono aumentate nel 2005 del 11,6% rispetto al 1990. Tale crescita si riferisce principalmente all'incremento delle emissioni di N₂O nel set-

tore, emissioni relative alle industrie chimiche, che sono aumentate del 16,2% rispetto al 1990, alle emissioni da processo di CO₂ relative alla produzione di cemento (+13%) e alle emissioni dei gas fluorurati che sono aumentate del 145% nel periodo. In particolare l'incremento di queste emissioni è dovuto all'aumento dei consumi dei gas utilizzati per la refrigerazione e per l'aria condizionata.

Le emissioni di gas serra dovute dall'uso dei solventi e di altri prodotti sono pari allo 0,4% del totale delle emissioni di gas serra e si sono ridotte dell'12,4% tra il 1990 ed il 2005 in considerazione, prevalentemente, di un minor uso di solventi nelle vernici.

Le emissioni dal settore agricoltura sono pari al 6,4% del totale delle emissioni e sono diminuite del 8,3% tra il 1990 ed il 2005. La riduzione principale si è ottenuta nelle emissioni dovute alla fermentazione enterica (-11%) ed a quelle relative alle deiezioni animali (-7,4%) in considerazione della diminuzione del numero di capi allevati in particolare per quel che riguarda i bovini e le vacche da latte.

Infine per quel che riguarda il settore rifiuti, che rappresenta il 3,3% del totale delle emissioni di gas serra, le emissioni sono cresciute del 7,9% principalmente per l'aumento delle emissioni di metano dalle discariche che sono pari al 75% delle emissioni del settore.

Il rapporto "National Inventory Report 2007" (APAT, 2007) riporta in dettaglio per ciascun settore e sotto-settore le metodologie seguite per realizzare le stime e le fonti bibliografiche di riferimento, gli andamenti delle emissioni e la spiegazione di tali andamenti, le modifiche apportate all'inventario nell'ultimo anno e quanto sono stati rilevanti in relazione alle quantità totali stimate, e tutte quelle informazioni qualitative e quantitative che

consentono ai revisori la riproducibilità della stima e quindi di valutarne l'affidabilità.

Per ogni settore, infine, sono riportati anche le attività programmate per ridurre l'incertezza sulla stima attraverso l'acquisizione di maggiori informazioni di dettaglio ad esempio sulle tecnologie impiegate, anche attraverso il finanziamento di specifiche attività di ricerca. In generale nel documento si riscontra e si evidenzia la necessità di interazione e collaborazione tra gli Enti pubblici, le Amministrazioni centrali e locali dello Stato, gli istituti ed enti di ricerca coinvolti a diverso titolo nella realizzazione dell'inventario nazionale al fine di migliorare la qualità dell'informazione prodotta ed essere in regola con gli obblighi di trasmissione e comunicazione dei dati previsti dal Protocollo di Kyoto. Si sottolinea che senza tali requisiti l'Italia sarebbe esclusa dalla partecipazione ai meccanismi flessibili previsti dallo stesso Protocollo come il mercato delle quote di emissioni, il trasferimento delle tecnologie (TT), l'implementazione di progetti con i paesi in via di sviluppo (CDM) e l'implementazione di progetti congiunti con i paesi delle economie in transizione (JI).

I dati preliminari del 2006 indicano che le emissioni di gas serra diminuiscono dell'1,5% rispetto al 2005, con andamenti contrastanti nei vari settori. Tale risultato sembra dovuto principalmente all'andamento delle emissioni nel settore civile con una riduzione pari circa al 18% delle emissioni di CO₂, riduzione dovuta a fattori prevalentemente congiunturali, di tipo meteorologico. Il miglioramento riguarda anche l'agricoltura, con i gas serra in diminuzione dell'1,5%, mentre le emissioni dei trasporti sono stazionarie. Le emissioni del settore della produzione di energia sono aumentate di circa il 5%.

8.4 Obiettivi nazionali e obiettivi regionali di riduzione delle emissioni nell'ambito del Protocollo di Kyoto

Ampio spazio nel convegno è stato dedicato all'interazione esistente tra l'inventario nazionale, gli inventari realizzati a scala locale e gli scenari di riduzione delle emissioni, sia con riferimento ai gas serra che agli altri inquinanti, e come gli obiettivi di riduzione nazionali possano essere ripartiti a livello regionale e locale.

La necessità di elaborare inventari di gas serra a livello regionale consistenti con gli inventari delle altre sostanze e con l'inventario nazionale è determinata dall'avere un'informazione confrontabile soprattutto in considerazione della necessità di valutazione e attuazione congiunta di politiche di riduzione dei gas serra e di inquinanti atmosferici tradizionali tramite politiche da implementare nell'ambito dei Piani di risanamento regionali per il raggiungimento degli obiettivi di Qualità dell'Aria.

È stato evidenziato, infatti, una forte interazione tra politiche e misure previste nei piani di risanamento regionali e quelle possibili previste a livello nazionale per ridurre i gas serra. A fronte di una riduzione delle emissioni prevista per un insieme di misure pari a circa 14 milioni di tonnellate di gas serra (circa il 3% delle emissioni nazionali del 2005), corrisponde una riduzione delle emissioni di PM₁₀ primario pari a circa 4.000 tonnellate annue (circa il 3% del totale nazionale del 2005)(De Lauretis et al, 2006). Nella tabella 8.2 sono riportate le stime di riduzione delle emissioni di PM₁₀ e CO₂ per le misure di riduzione dal settore trasporti previste nella Delibera CIPE del 2002.

Inoltre, per la maggior parte delle politiche e

misure adottate ai fini della riduzione delle emissioni di gas serra, il ruolo delle autorità locali nel raggiungimento di obiettivi di riduzione nazionali dovrebbe manifestarsi come fondamentale sia nel monitoraggio delle poli-

tiche adottate, sia nella adozione delle stesse soprattutto nei settori del trasporto su strada, in particolare a livello locale è demandata l'attuazione di misure relative al traffico in aree urbane, e nel settore del riscaldamento

Tabella 8.2: Riduzione PM₁₀ e CO₂ relativa alle misure nel settore trasporti		
	PM₁₀	CO₂
	kt	Mt
Autoveicoli e veicoli privati con carburanti a minor densità di carbonio (GPL, metano)	0,19	0,64
Sistemi di trasporto collettivo: car pooling	0,15	0,50
Sistemi di trasporto collettivo: car sharing	0,15	0,50
Sistemi di trasporto collettivo: taxi collettivi	0,09	0,30
Rimodulazione dell'imposizione sugli oli minerali	0,12	0,42
Attivazione sistemi informatico-telematici	0,19	0,64
Potenziale complessivo di riduzione	0,88	2,99
	PM₁₀	CO₂
Misure tecnologiche/fiscali	kt	Mt
Sostituzione auto circolanti con auto a 120 g/Km	0,94	3,19
Incentivazione alla sostituzione con auto efficienti (<51/100km)	0,47	1,60
Miscelazione del gasolio per autotrazione con biodisel al 5%	0,38	1,28
Revisione del metodo di calcolo della tassa di proprietà dei veicoli	0,17	0,57
Estensione al territorio nazionale della campagna "Bollino blu"	0,12	0,42
Promozione campagne di sensibilizzazione sulle modalità di guida	0,02	0,06
Misure infrastrutturali		
Riorganizzazione traffico urbano (car pricing, taxi bus, estensine ZTL)	0,12	0,40
Piani Urbani della Mobilità (PUM)	0,89	3,00
Soluzioni informatiche e telematiche	0,05	0,16
Potenziale complessivo di riduzione	3,16	10,68
Fonte: APAT		

civile, con riferimento all'adozione di procedure che favoriscano le misure di incentivazione delle fonti rinnovabili, la riduzione dei consumi energetici e il controllo degli impianti esistenti. Le interazioni delle emissioni di gas serra e di sostanze che condizionano la qualità dell'aria sono sostanzialmente concentrate sulla riduzione dei consumi energetici e sulla adozione di tecnologie che aumentano l'efficienza energetica e la riduzione delle emissioni nocive. Il riconoscimento di tali interazioni e il risultato degli scenari sono gli strumenti principali dei decisori politici per individuare e definire le politiche e le misure da adottare per ridurre l'inquinamento sia su scala nazionale, sia su quella locale.

L'eventualità della ripartizione degli obiettivi nazionali di riduzione delle emissioni di gas serra previsti dal Protocollo di Kyoto a livello regionale comporta delle considerazioni necessarie per attribuire correttamente gli obiettivi nazionali alle singole regioni. L'analisi dei dati di emissione dei gas serra regionali sia assoluti che relativi alle variabili socio-economiche come la popolazione, l'estensione territoriale e il valore aggiunto, indicano che le emissioni di gas serra per regione sono condizionati alla presenza o meno di grandi impianti di produzione di energia elettrica che industriali come gli impianti siderurgici, le raffinerie e gli impianti petrolchimici, impianti spesso ad alto impatto ambientale e basso valore aggiunto. Tali impianti continuano a essere comunque di interesse nazionale e il ruolo delle regioni nel programmarne le riduzioni emissive potrebbe essere limitato.

Nella figura 8.1 sono messe in relazione gli indicatori delle emissioni di gas serra per valore aggiunto e del valore aggiunto regio-

nale per abitante nell'anno 2000; i valori regionali sono confrontati con i valori medi nazionali. Il grafico mette in evidenza il peso emissivo di quelle regioni come la Puglia, la Sicilia e la Sardegna dove è concentrata la presenza di complessi industriali dall'elevato impatto ambientale.

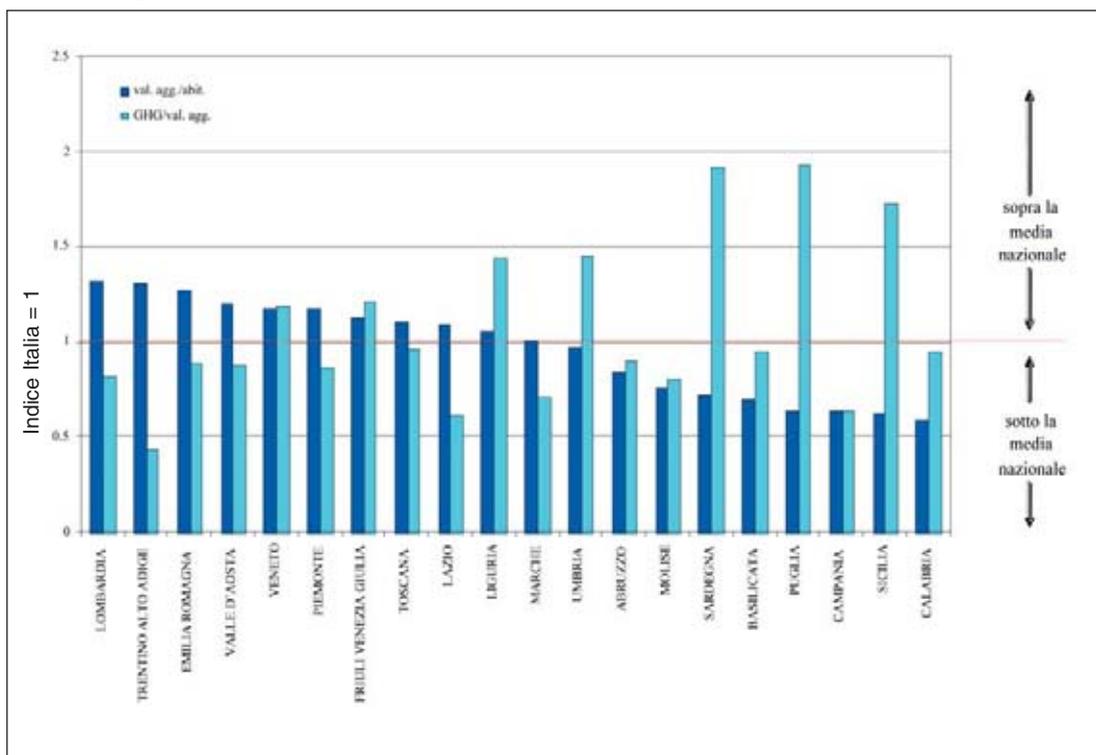
La dislocazione di tali impianti negli anni dello sviluppo industriale è stata determinante per lo sviluppo economico delle regioni, ma tale sviluppo ha comportato un impatto ambientale che ora necessita di essere riportato su livelli di sostenibilità, come ricordato nel convegno dal Presidente della Regione Puglia l'on.Vendola. Per Vendola «ci sono aree stupende del Mezzogiorno distrutte da complessi industriali estremamente inquinanti», e in proposito ha citato «la bellezza ormai sciupata di Gela, Taranto e Bagnoli». La risposta a questi problemi, per il presidente della Regione, è quella «di far partire l'industria della bellezza come dato politico ed economico, non solo contemplativo», visto che non si può proseguire con l'attuale «sviluppo insostenibile», invece sarebbe «doveroso chiedere ad apparati e cicli industriali un processo di disinquinamento e abbattimento dei fattori inquinanti».

8.5 Inventari regionali delle emissioni: esperienze della Lombardia e della Puglia

Gli inventari regionali delle emissioni sono necessari, specificatamente per:

- impostare politiche regionali per il risanamento della qualità dell'aria e dei gas serra;
- verificare l'andamento delle emissioni in

Figura 8.1: Emissioni regionali di gas serra per valore aggiunto. Quantità normalizzate rispetto alla media nazionale (Anno 2000)



Fonte: APAT

- seguito all'entrata in vigore di provvedimenti per la riduzione delle emissioni;
- approfondire le stime delle emissioni su alcune tipologie di sorgenti critiche locali (ad esempio legna, combustione stoppie, ecc);
 - supportare il livello nazionale con dati e studi di valenza sovra regionale;
 - disaggregare le emissioni sul territorio e condividere le stime con Province e Comuni;
 - fornire informazione al pubblico (ad esempio nella regione Lombardia i dati di emissione sono stati scaricati da centinaia di utenti).

In particolare gli inventari regionali di gas serra se da un lato possono essere utili a far sentire più vicino l'inventario nazionale delle emissioni di gas serra ai diversi livelli dell'amministrazione pubblica (comuni, province e regioni) e al cittadino, dall'altro sono stati riscontrati problemi metodologici e di scala che ne mettono in discussione alcuni utilizzi a livello regionale e a maggiore ragione a livello provinciale e comunale. I principali problemi riscontrati nella realizzazione dell'inventario della Regione Lombardia (Caserini et al., 2005) sono riconducibili principalmente alla disponibilità di dati di base relativi ai consumi energetici a livello

provinciale per i trasporti stradali. Le vendite provinciali pubblicate nel Bollettino Petrolifero dal Ministero dello Sviluppo Economico possono essere molto diverse da quelle stimate sulla base delle informazioni sui flussi di traffico, così come le vendite di combustibili sulle autostrade in relazione ai consumi stimati.

La precisione delle stime di emissioni di gas serra decresce tanto più si riduce la scala spaziale e temporale, in considerazione di una minore disponibilità dei dati necessari alla realizzazione delle stime; l'aumento dell'incertezza sulle stime a livello territoriale può pregiudicarne l'utilizzo ai fini della verifica degli obiettivi di riduzione.

Va considerato inoltre che le emissioni su un territorio non sono necessariamente le emissioni dei soggetti fiscalmente residenti nel territorio. Scaturisce quindi la necessità di valutare le emissioni "ombra", ossia quelle derivanti da consumi effettivamente svolti nel territorio, ma che ricadono come emissioni di CO₂ su un altro territorio; ad esempio per ciò che riguarda la produzione di energia elettrica si possono riscontrare situazioni paradossali: l'aumento del *deficit* energetico di una regione porta a riduzione delle emissioni di CO₂ o un territorio con impianti soggetti all'*emissions trading* più efficienti potrà avere maggiori emissioni, poiché c'è convenienza a produrre e acquistare quote di CO₂ sul mercato.

La realizzazione di inventari locali dei gas serra al fine di verificare il rispetto di obiettivi di riduzione a livello territoriale locale è quindi condizionata ad un congruo investimento in sistemi di acquisizione ed elaborazione dei dati necessari a livello dettagliato. In alternativa a livello locale sembra più

opportuno valutare l'effetto delle politiche di mitigazione su singoli settori attraverso l'uso di indicatori semplici e ben definiti, come ad esempio il numero delle abitazioni certificate classe B o la percentuale di persone che usano i mezzi pubblici per spostamenti lavorativi, o utilizzano quotidianamente la bicicletta. Seguendo le esperienze di altri Paesi l'impiego di valutatori delle emissioni a livello individuale può essere utile allo scopo di sensibilizzare l'opinione pubblica anche attraverso la comunicazione, diffusione e condivisione delle misure e dei comportamenti sostenibili in collaborazione con il mondo della formazione.

Nella realizzazione dell'Inventario della Regione Puglia la metodologia adottata è quella CORINAIR con approccio misto *bottom-up* (le informazioni disponibili a livello locale vengono aggregate per ottenere informazioni a livelli più ampi) per alcuni settori di particolare rilevanza per l'area in oggetto, e riservando alle altre attività l'approccio *top-down* (le informazioni sulle emissioni, disponibili su scala spaziale più grande, es. nazionale, vengono disaggregate a livello inferiore, regionale – provinciale, comunale, utilizzando specifiche variabili di disaggregazione).

Per facilitare la realizzazione e la confrontabilità dell'inventario della Regione Puglia con gli inventari delle altre regioni, nel 2006, l'Assessorato all'Ambiente della Regione Puglia ha stipulato una Convenzione con la Regione Lombardia, Regione Piemonte, ARPA Emilia Romagna, ARPA Friuli Venezia Giulia e ARPA Veneto per la condivisione e l'utilizzo del sistema INEMAR (INventario delle EMissioni in ARia), sviluppato da Regione Lombardia e ARPA Lombardia, con l'o-

biettivo di realizzare un inventario comune relativo al 2005.

L'adozione del sistema INEMAR (Regione Lombardia, 2005) e la partecipazione alle attività di elaborazione e condivisione dei vari moduli con le altre Regioni e ARPA coinvolte ha consentito di disporre di un utilissimo materiale di partenza (metodologie di calcolo/stima, fattori di emissioni, fonti di informazioni, ecc.) per l'allestimento dell'Inventario delle Emissioni, anche se non sempre è stato possibile applicare le metodologie a causa della carenza delle fonti informative e dei dati richiesti.

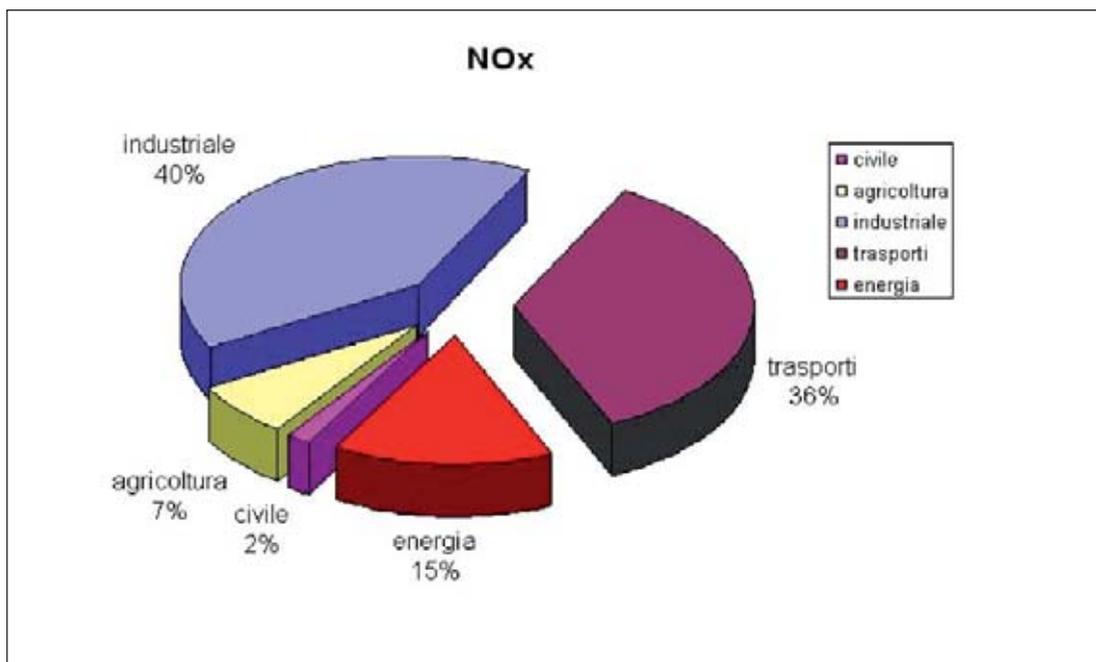
Per le aziende industriali titolari degli impianti più rilevanti sul territorio regionale, soggetti ad autorizzazione ai sensi dell'ex DPR 203/88 e rientranti nella competenza

dell'IPPC, le emissioni sono state censite puntualmente. A tal fine, è stato sviluppato il database informatizzato CET (Catasto informatizzato delle Emissioni Territoriali) accessibile attraverso il sito di ARPA Puglia, nel quale le aziende hanno introdotto i dati relativi alle proprie emissioni in aria.

Il database è composto da diverse componenti: CET per la raccolta dei dati; CETGIS per la gestione dei dati e delle informazioni georeferenziate e la visualizzazione come mappe tematiche; CETGE che integra CET con Google Earth™.

Nelle Figure 8.2 e 8.3 si riportano i risultati dell'inventario regionale per l'NO_x e il biossido di carbonio. La Figura 8.2 evidenzia che il contributo maggiore alle emissioni di NO_x in Puglia è determinato dal comparto indu-

Figura 8.2: Ripartizione emissioni NO_x della Regione Puglia (2005)



Fonte: ARPA Puglia

striale (combustione nell'industria, processi produttivi e uso di solventi) e dai trasporti (traffico veicolare, aeroporti e ferrovie). Risulta, inoltre, rilevante il contributo del settore energia che con il 15% rappresenta la terza fonte di emissione di NO_x .

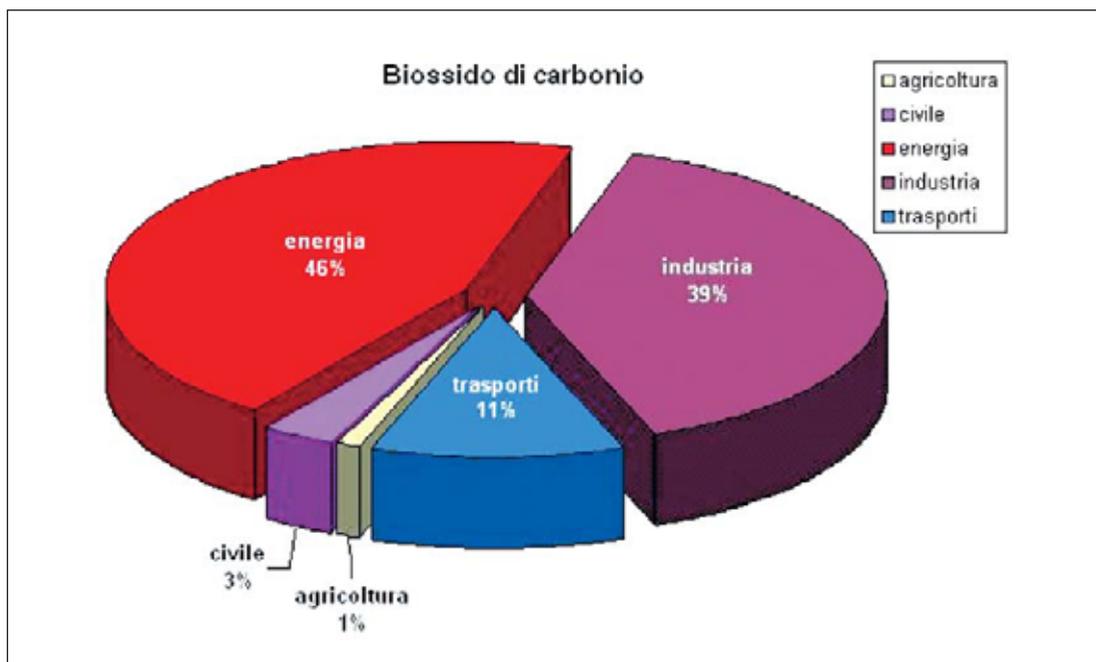
Il contributo maggiore alle emissioni di CO_2 è, invece, determinato dal comparto produzione di energia, seguito dall'industria (combustione nell'industria, processi produttivi e uso di solventi) e dai trasporti (traffico veicolare, aeroporti e ferrovie).

In conclusione, la realizzazione dell'inventario regionale ha messo in evidenza che è necessario mantenere le professionalità e le sinergie di competenze sviluppate per consentire tale risultato e continuare l'aggiornamento dell'inventario.

In particolare, al fine di superare le difficoltà incontrate nella raccolta dei dati necessari per la stima delle emissioni a livello regionale, si è manifestata la necessità di avviare studi di settore specificamente nelle seguenti materie:

- traffico stradale (con particolare riferimento ai dati di flusso stradali e autostradali);
- combustioni di biomasse (per determinare le quantità bruciate nelle attività domestiche, artigianali, ecc.);
- la raccolta organizzata di dati relativi alla movimentazione in ambito portuale;
- informazioni di dettaglio sugli incendi di stoppie (sia accidentali che volontari).

Figura 8.3: Ripartizione emissioni CO_2 della Regione Puglia (2005)



Fonte: ARPA Puglia

8.6 Obiettivi energetici e ambientali nazionali e condivisione degli impegni a livello regionale

Sono, di seguito, descritte le politiche intraprese per la riduzione complessiva delle emissioni di gas serra. Si evidenzia, inoltre come gli obiettivi nazionali di riduzione in campo energetico ambientale possano essere più facilmente raggiunti se condivisi e ridistribuiti a livello regionale.

Gli obiettivi a livello nazionale in materia di emissioni di gas-serra, efficienza energetica e fonti rinnovabili che devono essere raggiunti nel medio termine possono essere riassunti nei seguenti punti:

- riduzione del 6,5% delle emissioni di gas-serra nel 2008-2012 rispetto ai livelli del 1990 (Protocollo di Kyoto e *burden-sharing* europeo);
- riduzione del 9% dei consumi energetici tra il 1° gennaio 2008 e il 1° gennaio 2017 (direttiva 2006/32/CE sull'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici);
- contributo del 25% delle fonti energetiche rinnovabili al consumo interno lordo di elettricità nel 2010 (direttiva 2001/77/CE sulla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili);
- quota del 2% al 31 dicembre 2005 e del 5,75% al 31 dicembre 2010 dei biocarburanti sul totale della benzina e del gasolio immessi sul mercato (direttiva 2003/30/CE sulla promozione dell'uso dei biocarburanti).

Nella Figura 8.4 si sintetizza il *burden-sharing* europeo che ridistribuisce la riduzione delle emissioni di gas serra dell'8% stabilita

dal Protocollo di Kyoto per l'Unione Europea (EU-15) nel periodo 2008-2012.

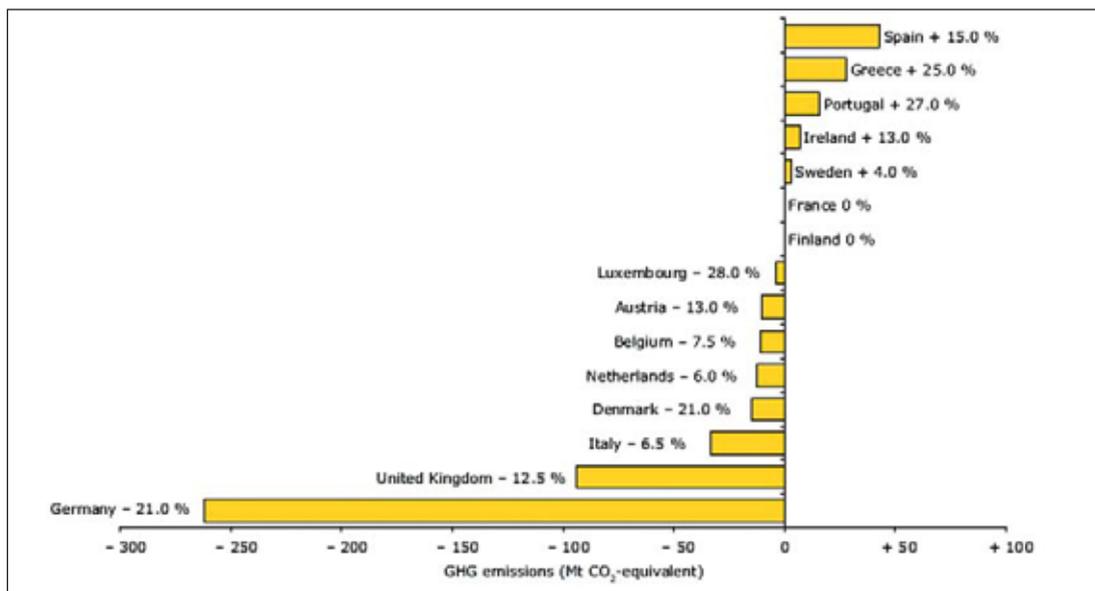
Oltre a quanto già stabilito dal Protocollo di Kyoto le conclusioni del Consiglio Europeo dell'8-9 marzo 2007 fissano i seguenti obiettivi per l'UE:

- riduzione del 30% delle emissioni di gas-serra entro il 2020 rispetto ai livelli del 1990, a condizione che gli altri Paesi industrializzati facciano altrettanto, con un impegno indipendente dell'UE a raggiungere almeno il 20%;
- riduzione dei consumi energetici di almeno il 20% rispetto alle proiezioni per il 2020;
- quota del 20% del contributo delle fonti energetiche rinnovabili rispetto al consumo energetico complessivo per il 2020;
- quota minima del 10% di biocarburanti rispetto al totale dei consumi di benzina e gasolio per il 2020.

Tornando alla realtà nazionale, per il raggiungimento degli obiettivi sopra specificati sono state introdotte nell'ultima finanziaria diverse misure finalizzate al risparmio energetico tra cui:

- rottamazione di autoveicoli, autocarri e motocicli e incentivi ai veicoli a GPL e metano;
- detrazione fiscale del 55% per riqualificazione energetica degli edifici;
- detrazione fiscale del 20% per motori ad alta efficienza, *inverter* e frigoriferi classe A+ e A++;
- detrazione fiscale del 36% per illuminazione ad alta efficienza nel settore commerciale;
- promozione di nuovi edifici ad alta efficienza (15 milioni di euro l'anno per il triennio 2007-09);
- istituzione del fondo per la competitività e

Figura 8.4: Ripartizione impegno di riduzione dei gas serra tra i Paesi dell'UE



Fonte: EEA

lo sviluppo, destinato, tra l'altro, all'efficienza energetica;

- fondo per la mobilità sostenibile (90 milioni di euro l'anno per il triennio 2007-09).

In particolare, per i biocarburanti sono state specificate le seguenti misure:

- innalzamento degli obiettivi al 5,75% dei consumi di benzina e gasolio al 2010;
- introduzione della quota minima obbligatoria di biocarburanti in benzina e gasolio all' 1% nel 2007 e il 2% nel 2008;
- contingentamento di 250.000 ton/anno di biodiesel con accisa ridotta dell'80% fino al 2010;
- 73 milioni di euro l'anno fino al 2010 per riduzione al 50% accisa su bietanolo ed ETBE;
- esenzione dall'accisa dell'olio vegetale puro utilizzato a fini energetici nel settore agricolo.

Per capire qual è il ruolo dello Stato e quello

delle Regioni in campo energetico ambientale è importante evidenziare che l'energia è materia di legislazione concorrente Stato-Regioni. Infatti, mentre le competenze in materia di sicurezza energetica, tutela della concorrenza e tutela dell'ambiente restano a livello statale, con il decreto 112/98 le Regioni hanno assunto nuove e impegnative responsabilità nell'attuazione dei processi di decentramento.

Le competenze regionali in materia energetica riguardano principalmente:

- localizzazione e realizzazione degli impianti di teleriscaldamento;
- sviluppo e valorizzazione delle risorse endogene e delle fonti rinnovabili;
- rilascio delle concessioni idroelettriche;
- certificazione energetica degli edifici;
- garanzia delle condizioni di sicurezza e compatibilità ambientale e territoriale;
- sicurezza, affidabilità e continuità degli approvvigionamenti Regionali.

Pur essendo il coordinamento tra i diversi soggetti istituzionali ancora carente e in dubbio se il decentramento energetico sia compatibile con le priorità relative alla sicurezza energetica e alla tutela dell'ambiente, quasi tutte le Regioni hanno predisposto ed in gran parte attuato un piano energetico nazionale (PEAR). Obiettivo principale di questi piani è quello di determinare le condizioni più favorevoli di incontro della domanda e dell'offerta di energia ottimizzando l'efficienza energetica e l'impiego delle fonti rinnovabili, attraverso il ricorso a tecnologie innovative di produzione energetica talvolta anche promuovendo la sperimentazione di sistemi locali di produzione-consumo. Molte Regioni hanno tradotto gli obiettivi nazionali di contenimento delle emissioni di CO₂ in indirizzi di Piano Energetico-Ambientale come si può osservare nella tabella 8.3 preparata dall'ENEA (ENEA, 2007).

Inoltre, con il Protocollo di Torino (5 giugno 2001), le Regioni e le Province Autonome si impegnano a garantire:

- l'orientamento delle diverse politiche alla riduzione, quanto più possibile, dei gas serra;
- il coordinamento degli interventi e dei finanziamenti sia statali sia locali per il prioritario obiettivo della sostenibilità;
- l'individuazione, nell'ambito dei Piani di Tutela e Risanamento della Qualità dell'aria, delle strategie ottimali per la riduzione dei gas serra;
- l'elaborazione entro l'anno 2002 di un Piano Energetico Ambientale, sulla base dei singoli bilanci energetici, che privilegi sia le fonti rinnovabili che l'innovazione tecnologica, razionalizzi la produzione elettrica e i consumi energetici, con particolare riguardo al settore civile, anche

attraverso l'introduzione della Certificazione Energetica;

- il raccordo dei diversi settori di programmazione ai fini della sostenibilità complessiva;
- la valorizzazione del ruolo delle politiche di sostegno dell'innovazione tecnologica nonché degli strumenti macroeconomici fiscali, tariffari ed incentivanti;
- la promozione nel settore produttivo dell'eco-efficienza e della cooperazione internazionale.

Naturalmente sono necessarie delle metodologie condivise da applicare per definire la ripartizione degli oneri regionali. Al momento l'ENEA ha proposto una metodologia (ENEA, 2007) di ripartizione per i settori dei trasporti, domestico e terziario commerciale basata sui dati dei Bilanci Energetici Regionali e su alcuni indicatori settoriali, quali la densità abitativa per il settore dei trasporti, il consumo energetico primario *pro capite*, corretto per i gradi giorno, per il settore domestico ed il valore aggiunto settoriale, corretto per i gradi giorno, per il settore terziario commerciale. Risultato di tale metodologia è l'ipotesi di *burden sharing* regionale riportata dall'ENEA nella Figura 8.5 dove sono indicate per ciascuna regione sia la percentuale di riduzione che le quantità assolute previste.

In conclusione, l'introduzione di meccanismi di *burden-sharing* potrebbe risultare utile per indirizzare la programmazione energetica a livello regionale. Rimangono però da superare alcune criticità relative alle seguenti considerazioni:

- la disponibilità di dati energetici e di emissione a livello regionale non è ancora adeguata, in particolare per quanto attiene alla coerenza delle metodologie e all'aggiornamento periodico dei dati;

Tabella 8.3: Stato di approvazione del Piano Energetico Ambientale

Regione	Stato di approvazione
Abruzzo	In fase di progettazione
Basilicata	Approvato nel 2000
Bolzano (Provincia Autonoma)	Approvato nel 1997
Calabria	Approvato nel 2002
Campania	In fase di definizione
Emilia Romagna	Approvato nel 2002
Friuli	Approvato dalla GR nel 2007
Lazio	Approvato nel 2001
Liguria	Approvato nel 2004
Lombardia	Approvato nel 2003
Marche	Approvato nel 2005
Molise	Approvato nel 2006
Piemonte	Approvato nel 2002
Puglia	Adottato dalla GR nel 2007
Sardegna	Approvato nel 2003
Sicilia	In fase di definizione
Toscana	Approvato nel 2000
Trento (Provincia Autonoma)	Approvato nel 2003
Umbria	Approvato nel 2004
Valle d'Aosta	Approvato nel 2003
Veneto	Approvato nel 2005

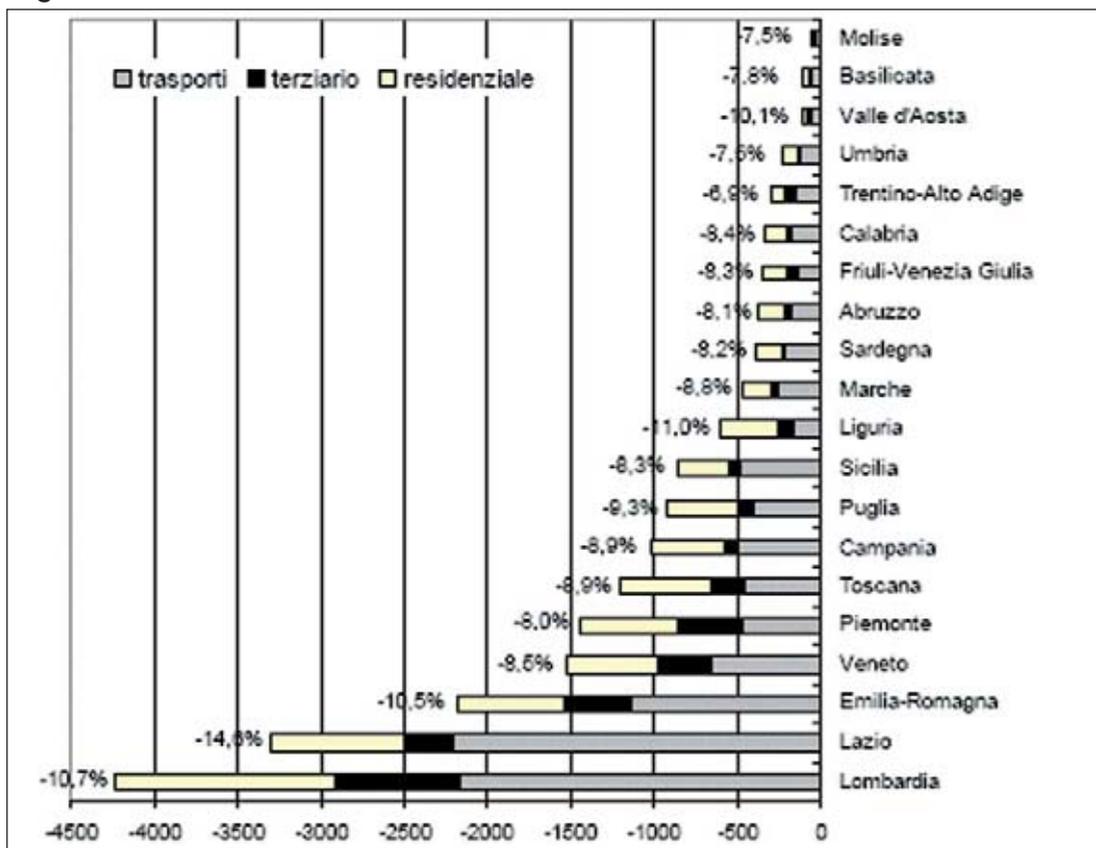
Fonte: ENEA

- la distribuzione dei consumi energetici e delle emissioni regionali di gas serra è disomogenea e condizionata dalla presenza sul territorio di grandi impianti di interesse nazionale;
- la ripartizione degli impegni di riduzione potrebbe essere individuata per specifici settori e/o misure (trasporti, domestico, terziario commerciale) nei quali le Regioni e le Autorità Locali hanno maggiori responsabilità di attuazione e/o di monitoraggio delle politiche.

8.7 Potenzialità dell'introduzione del mercato dei crediti di carbonio e dei mercati volontari come incentivo alla applicazione delle misure

Per mercato del carbonio si intende un sistema regolato in cui crediti/diritti/permessi di emissione di gas ad effetto serra sono scambiati per mezzo di strumenti di mercato. Lo scambio può avvenire per un interesse dell'acquirente, mosso ad esempio da finalità etiche o di *marketing*, oppure per un vincolo

Figura 8.5: Ipotesi di ripartizione dell'impegno di riduzione dei gas serra a livello regionale



Fonte: ENEA

nel compensare le emissioni prodotte, vincolo reso stringente da una sanzione.

Nell'ambito del convegno è stato sottolineato come l'economia del carbonio, nata nell'ambito del Protocollo di Kyoto, sia un meccanismo virtuoso in grado di autofinanziare gli interventi di riduzione delle emissioni richieste dallo stesso Protocollo di Kyoto migliorando al contempo l'efficienza e la sicurezza energetica del Paese.

I crediti, oltre ad avere un valore "ambientale" nella contabilità del protocollo di Kyoto e

di conseguenza dell'*Emissions Trading* europeo, hanno un valore finanziario nel mercato del carbonio e, soprattutto, un valore economico. Infatti, la necessità di ridurre le emissioni, e in ogni caso di compensarle con i crediti, rappresenta un costo addizionale per i sistemi industriali poco efficienti ed un vantaggio per i sistemi industriali molto efficienti. Rappresentano, inoltre, un volano per la riconversione dell'intero sistema verso l'ideazione e produzione di tecnologie più efficienti per la produzione di energia, tecnologie e

prodotti che fanno un uso più efficiente dell'energia.

Per il sottosegretario all'Economia, Paolo Cento, che ha partecipato al convegno, «un grave e frequente errore» è quello di considerare i cambiamenti climatici «come una questione esclusivamente ambientale, tralasciando le notevoli implicazioni economiche e finanziarie del problema», ad esempio il fatto che se non si arriva agli obiettivi di Kyoto, entro il 2012, l'Italia dovrà pagare una multa pari a 12,5 milioni di euro.

Appare evidente che l'esistenza di un mercato nazionale delle emissioni garantirebbe una massa di risorse finanziarie per un tempo sufficiente a far nascere e sostenere un'industria nazionale delle tecnologie per la produzione di energia rinnovabile e per l'efficienza energetica con innegabili impatti positivi sul prodotto interno e sulla competitività del sistema.

È vero, però, che al di là degli aspetti economici il mercato del carbonio deve rappresentare un'occasione per convogliare risorse verso le energie rinnovabili e l'efficienza nell'uso dell'energia, due argomenti di fondamentale importanza per un Paese, come il nostro, quasi totalmente dipendente dall'estero per le forniture energetiche.

La piena fungibilità del mercato domestico con il mercato del Protocollo di Kyoto e dell'EU-ETS farebbe nascere sinergie positive in grado di dare una forte spinta alla nascita di un'industria nazionale delle tecnologie per le energie rinnovabili e l'efficienza energetica. Infatti, ad esempio, forte sarebbe l'interesse per la produzione di energie rinnovabili se

queste dessero benefici al produttore grazie al mercato dell'EU-ETS, al consumatore grazie a un mercato domestico ed allo Stato grazie ai meccanismi di mercato previsti dal Protocollo di Kyoto.

Bibliografia

APAT, 2007. Romano D., Condor R., Contaldi M., De Lauretis R., Di Cristofaro E., Gaudioso D., Gonella B., Vitullo M.. Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2005. National Inventory Report 2007. Agenzia Protezione per l'ambiente e per i servizi tecnici, luglio 2007.

Caserini S., Fraccaroli A., Monguzzi A.M., Moretti M., Giudici A., Angelino E., Fossati G., 2005. L'inventario delle emissioni in atmosfera in Lombardia: stato dell'arte e prospettive, *Ingegneria Ambientale* vol. XXXIV n. 5 maggio 2005.

De Lauretis R., Gonella B., Gaudioso D., Romano D., 2006. Inventario delle emissioni di PM10 e strategie di riduzione. In *Atti del Convegno Nazionale sul Particolato Atmosferico PM2006*, Firenze 13 settembre 2006. Società Chimica Italiana. 2006.

ENEA, 2007. Rapporto Energia e Ambiente 2006. Ente per l'Innovazione tecnologica, l'energia e l'ambiente. Aprile 2007.

Regione Lombardia, 2005. Inventario delle emissioni della Regione Lombardia. Regione Lombardia, Fondazione Lombardia Ambiente, ARPA Lombardia.

(Sito web www.ambiente.regione.lombardia.it/inemar/inemarhome.htm).

9. La valutazione economica degli impatti dei cambiamenti climatici e delle strategie di adattamento

9.1 La valutazione economica dei cambiamenti climatici

Il cambiamento climatico è già una realtà e le sue conseguenze non potranno che accentuarsi in futuro. Il quarto rapporto dell'IPCC (IPCC, 2007a,b), a conferma di molte conclusioni del terzo rapporto (IPCC, 2001), sottolinea come il cambiamento climatico non significherà solo un aumento di temperatura, ma una modifica dell'intero sistema climatico, ivi compresi precipitazioni, venti e la frequenza e l'intensità degli eventi estremi, con modalità diverse nelle differenti regioni del mondo.

L'area Mediterranea è una delle più sensibili ai possibili cambiamenti climatici futuri. Secondo le simulazioni più recenti, infatti, la zona del Mediterraneo vedrà un riscaldamento maggiore della media globale (specialmente in estate), un sensibile aumento delle ondate di calore, e una marcata diminuzione delle precipitazioni²⁶.

Il rapporto dell'IPCC sottolinea inoltre che, anche se le emissioni di gas serra fossero stabilizzate oggi, si osserverebbe comunque nei

prossimi decenni un aumento della temperatura media globale, con una serie di effetti a essa associati. La mitigazione non può dunque essere l'unica risposta al cambiamento climatico: anche a livello europeo è stata recentemente riconosciuta la necessità di affrontare il tema dell'adattamento al cambiamento climatico, e ciò ha portato al *Green Paper on Climate Change and Adaptation*, presentato dalla Commissione Europea il 3 luglio 2007²⁷.

Per poter definire delle appropriate strategie di adattamento è necessario disporre di una quantificazione dei loro costi e dei loro benefici. I costi sono dati dal valore monetario delle opere o delle iniziative o delle politiche che producono l'adattamento al cambiamento climatico. I benefici sono definiti dall'ammontare di danno da cambiamento climatico che si è potuto evitare grazie all'adattamento. Per valutare i benefici di una strategia di adattamento è quindi necessario conoscere il valore del danno totale prodotto dal cambiamento climatico (detto anche costo di inazione) e quanto di questo danno è evitabile grazie alla strategia di adattamento.

²⁶ I cambiamenti sul livello medio del Mar Mediterraneo appaiono anomali rispetto alle medie globali, in quanto negli ultimi 30 anni il livello del mare ha mostrato di essere stazionario o addirittura in calo. Secondo l'ENEA, nel Mediterraneo l'innalzamento del livello del mare dovrebbe essere contenuto a 18-30 cm entro il 2090, senza considerare però i fattori di subsidenza naturali importanti per le coste italiane. I problemi principali per le zone costiere si avranno dunque in termini di erosione e instabilità dei litorali, soprattutto nell'Alto Adriatico e nel Tirreno.

²⁷ Maggiore enfasi è stata posta sull'adattamento anche nella *UN Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC), per esempio attraverso un programma di lavoro di cinque anni sugli impatti, la vulnerabilità e l'adattamento al clima.

Per conoscere il valore del danno totale prodotto dal cambiamento climatico è necessario conoscere l'impatto fisico del cambiamento climatico e assegnare quindi un valore economico a tale impatto. Questa operazione risulta sovente difficile per due motivi: non esistono spesso proiezioni degli impatti fisici dei cambiamenti climatici, soprattutto su scala nazionale o regionale (le scale su cui si sviluppano in pratica le politiche di adattamento); non esiste un valore monetario per tutti i danni fisici prodotti dal cambiamento climatico.

Al primo problema dovrebbero ovviare gli scienziati, costruendo modelli che permettano il *downscaling* degli scenari globali degli impatti dei cambiamenti climatici. Ad oggi questo è fatto in modo molto limitato (per l'Italia in particolare) e soggetto a grandi incertezze. Esistono studi sulle conseguenze osservate di variazioni della temperatura, per esempio sulla produzione agricola e sulla salute umana, o di incrementi osservati del livello del mare sull'erosione costiera, ma non ci sono ancora sufficienti e affidabili proiezioni del valore futuro di questi impatti fisici a seguito di variazioni climatiche future.

Al secondo problema dovrebbero ovviare gli economisti, mettendo a punto delle tecniche di valutazione che permettano di assegnare un valore monetario anche a quelle grandezze, ad esempio la biodiversità o il patrimonio storico/artistico o un paesaggio, che non hanno un valore di mercato. Su questo piano sono stati fatti alcuni progressi importanti attraverso lo sviluppo di nuove tecniche di valutazione. Come detto, l'obiettivo principale delle metodologie di valutazione è quello di fornire indicazioni su come degli specifici scenari futuri, corrispondenti a specifiche combinazioni di opzioni (strategie di adattamento e scenari di

cambiamento climatico) possono essere quantificati in termini monetari. Ridurre gli impatti ad una dimensione unica – quella monetaria – può essere utile perché semplifica l'identificazione della risposta "ottimale" ai cambiamenti climatici rendendo possibile una analisi costi-benefici delle diverse strategie di adattamento. Le metodologie di valutazione economica possono essere suddivise in due categorie generiche. Da un lato, ci sono gli approcci *bottom-up* (detti anche di equilibrio parziale). Queste tecniche vengono utilizzate per stimare il valore economico degli impatti dei cambiamenti climatici su singoli settori, o per singoli impatti, indipendentemente dal sistema di cui fanno parte. Metodi che invece si basano su modelli di equilibrio generale (o *top-down*) tengono invece conto di tutti gli effetti a catena che uno specifico impatto ha su altre variabili o settori economici. La scelta tra un approccio di equilibrio parziale e generale è strettamente determinato dai dati disponibili, dalla dimensione e dallo scopo dell'analisi. Ad esempio un'analisi circoscritta ad una realtà locale ristretta o a un fenomeno limitato (es. una frana) deve/può essere ragionevolmente trattata con strumenti di equilibrio parziale, mentre l'analisi di un fenomeno importante come il turismo (la principale industria italiana) richiede un approccio di equilibrio generale per le sue ripercussioni su tutti i settori economici nazionali.

Tuttavia non si deve necessariamente considerare analisi parziale e generale come contrapposte. Se da un lato a volte non è possibile o addirittura opportuno estendere un'analisi dal parziale al generale, dall'altro ogni analisi di equilibrio economico generale vede il suo primo passo necessario nella quantificazione degli effetti settoriali. Quanto

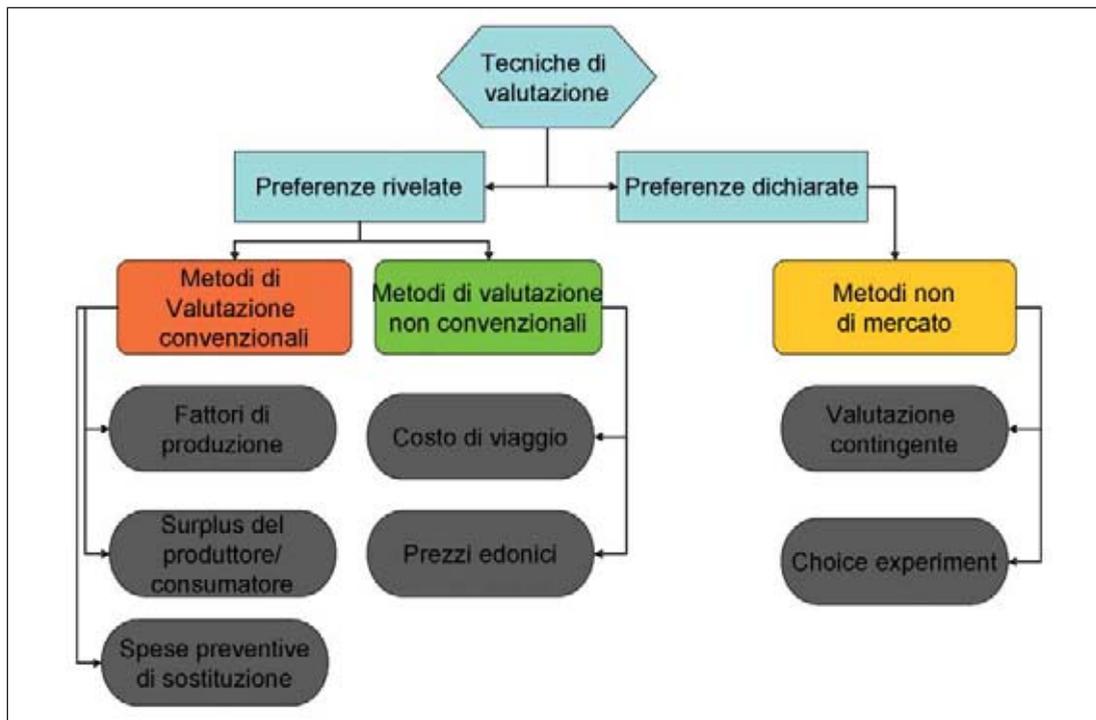
fatto nelle ricerche descritte in questa sintesi segue proprio queste direttrici metodologiche. Si è partiti da una quantificazione degli impatti fisici; a questi è stato assegnato poi un valore economico attraverso una analisi di equilibrio parziale; infine è stato aggregato il valore dei vari impatti parziali attraverso un modello di equilibrio generale dell'economia mondiale.

La valutazione di equilibrio parziale è solitamente effettuata con metodologie di "direct costing". Queste tecniche, che sono tuttora largamente utilizzate – vedi ad esempio gli studi di Nicholls et al. (1995) per l'innalzamento del livello del mare o Viscusi e Aldy (2003) sulla salute umana – quantificano il danno totale moltiplicando la differenza tra la

quantità di bene o servizio a disposizione in una situazione con cambiamento climatico e la quantità di bene o servizio a disposizione in una situazione senza cambiamento climatico per il valore unitario del bene/servizio.

Le tecniche di equilibrio parziale sono solitamente semplici da applicare e di facile comprensione. L'assunzione di fondo è che il cambiamento nella variabile di interesse imputabile al cambiamento climatico non abbia ripercussioni tali da causare cambiamenti a catena in altri settori o per altre variabili. L'impatto del cambiamento climatico da valutare è quindi considerato marginale, senza impatti sul resto dell'economia. Queste tecniche di valutazione economica sono generalmente classificate in due categorie: tecniche conven-

Figura 9.1: Le tecniche di valutazione bottom-up



Fonte: CMCC

zionali basate sul mercato e tecniche che, invece, si basano su mercati di beni surrogati o mercati ipotetici (Carson, 1991). Entrambi i gruppi si basano sull'ipotesi che gli individui siano disposti a pagare per ottenere un bene o un servizio ambientale e, d'altro canto, che essi siano disposti ad accettare un indennizzo per la perdita di alcuni beni o servizi. Le tecniche di valutazione *bottom-up* stimano il valore che una popolazione di riferimento attribuisce ai cambiamenti ambientali in base alla disponibilità a pagare o disponibilità ad accettare un indennizzo degli individui (Hanemann, 1991).

Indipendentemente dal modo in cui il "prezzo" viene determinato, elemento caratterizzante degli approcci di equilibrio parziale è quello di trascurare sia gli effetti su tutto l'indotto settoriale, che in molti casi ha valore comparabile a quello del valore diretto dell'attività in questione, sia gli effetti sul sistema economico nel suo complesso. Alcuni approcci di equilibrio parziale arrivano a modellare almeno gli impatti sul settore economico colpito nel suo complesso, andando a quantificare gli effetti sull'indotto, ma anche questi trascurano gli effetti più generali sul sistema economico.

In linea di principio qualsiasi settore produttivo non può essere considerato isolatamente, ma si trova inserito in un contesto più vasto caratterizzato da interdipendenze tra mercati nazionali e internazionali. Pertanto una "perturbazione" di un particolare settore attiva una serie di reazioni che coinvolgono mercati differenti e che possono alla fine (a) determinare un effetto finale sul sistema grandemente diverso da quello iniziale e (b) amplificare o ridurre l'impatto iniziale sullo stesso settore originariamente colpito. Ad esempio, un paese la cui produzione agricola risulti particolarmente penaliz-

zata potrebbe rivolgersi alla produzione di beni meno *land intensive* e più *capital intensive*, e questo potrebbe aumentare i rendimenti del capitale e attrarre flussi di capitali esteri. Questi possono beneficiare il sistema economico nel suo complesso incluso il settore agricolo. I movimenti internazionali di capitale in questo esempio fungono da ammortizzatori dell'impatto negativo iniziale.

Queste interdipendenze possono essere descritte e quantificate con un approccio di equilibrio economico generale per mezzo di modelli particolari, definiti di "*Computable General Equilibrium (CGE)*", caratterizzati da una "alta" disaggregazione settoriale e geografica. I modelli rappresentano il sistema economico come un insieme di interazioni tra produttori e consumatori rappresentativi. Dalle loro scelte si originano domanda e offerta di beni e fattori produttivi che si confrontano sul "mercato". I prezzi agiscono come elemento equilibratore e, variando in modo da annullare tutti gli eccessi di domanda o di offerta, portano tutti i mercati in equilibrio. Comportamento ottimizzante e mercati perfettamente concorrenziali fanno sì che tutte le risorse vengano impiegate nel modo più efficiente. La caratteristica principale dei modelli CGE è che tutti i mercati sono resi interdipendenti dalla mobilità intersettoriale e/o internazionale di fattori produttivi e prodotti finiti; pertanto essi risultano particolarmente adatti a evidenziare i meccanismi di trasmissione – nella forma di variazioni di prezzo e quantità – attivati da un particolare "*shock*" in una parte del sistema a tutto il resto. Un approccio di equilibrio generale, in altre parole, aiuta a quantificare i meccanismi di "adattamento autonomo" al cambiamento climatico, diversi da quelli "pianificati" che richiedono l'intervento esplicito dell'autorità pubblica.

Uno dei vantaggi principali dei CGE è la loro capacità di catturare gli effetti che *shock* esterni – quali il cambiamento climatico – o di specifiche politiche hanno sull'economia nella sua interezza, piuttosto che su singoli settori. I CGE possono quindi essere usati con due obiettivi principali nell'analisi economica degli impatti dei cambiamenti climatici e delle strategie di adattamento: per esaminare gli impatti di equilibrio generale di una specifica conseguenza del cambiamento climatico, stimando così l'adattamento autonomo; oppure per ottenere un indicatore sintetico macroeconomico della somma delle conseguenze di vari impatti settoriali del cambiamento climatico, integrando così i risultati di metodologie di valutazione *bottom-up*.

Infine va segnalato che in alcuni casi è praticamente impossibile stimare tutte le relazioni esposizione-risposta o il valore di tutte le dimensioni ambientali potenzialmente esposte agli effetti del cambiamento climatico, nei diversi siti interessati, poiché questo richiederebbe risorse cospicue e tempi decisamente lunghi. Per superare queste difficoltà, riuscendo comunque a pervenire a una stima degli impatti del cambiamento climatico, recentemente si sono elaborate delle metodologie che si basano sui dati di studi già condotti, anche relativi a regioni e contesti di studio diversi. Si utilizzano cioè delle tecniche di *benefit transfer* (si veda a tal proposito Navrud, 1994, e Bergland, Magnussen et al., 1995). L'idea è quella di trasferire i risultati di uno o più studi già condotti (i così detti *primary studies*) al nuovo contesto di interesse. In questo caso, ovvia-

mente, la qualità dei risultati forniti dagli studi di riferimento e la qualità del metodo utilizzato per il trasferimento del valore sono fondamentali per garantire l'affidabilità delle stime degli impatti. Sono disponibili diverse tecniche di *benefit transfer*, più o meno complesse, tra cui la più recente (e rigorosa) combina i risultati di meta-analisi con il successivo esercizio di trasferimento del valore.

Il *benefit transfer* richiede: la conoscenza di un certo numero di casi studio e/o di rassegne di valutazione (autori, *sponsor*, ipotesi, metodologie, risultati, etc.), in maniera tale da disporre di fonti il più possibile affidabili in relazione alle finalità d'indagine; l'individuazione dei migliori valori monetari unitari applicati in tali studi; l'applicazione di idonei criteri di trasferibilità dei valori di danno tratti dalla letteratura (spesso riferiti a contesti territoriali di altri Paesi) al contesto di riferimento.

In questo studio, stante la carenza di valutazioni dei futuri impatti fisici dei futuri cambiamenti climatici, è stata ampiamente utilizzata, la tecnica del *benefit transfer* in modo da poter applicare all'Italia informazioni provenienti da studi relativi ad altri paesi o a scale geografiche sovra-nazionali (in particolare relativi all'Unione Europea).

La sintesi che seguirà riassume quindi il lavoro fatto per quantificare il valore economico dei costi dei cambiamenti climatici su quattro aree ad alta vulnerabilità: quelle alpine, quelle costiere, quelle a rischio di desertificazione e a rischio idrogeologico²⁸. Per ciascuna area si è cercato, sulla base della letteratura esistente (assai insufficiente, soprattutto per l'Ita-

²⁸ Per maggiori dettagli si vedano: Bigano e Pauli (2007) per il rischio idrogeologico; Bosello et al. (2007) per le zone alpine; Breil et al. (2007) per le zone costiere; e Gambarelli et al. (2007) per il rischio desertificazione.

lia) di identificare le principali conseguenze “fisiche” dei cambiamenti climatici futuri e di dare loro un valore economico. Si è cercato di quantificare poi il valore delle conseguenze di possibili strategie di adattamento. Infine, attraverso un modello settoriale dell’economia mondiale, sono stati aggregati i vari effetti del cambiamento climatico in modo da valutare la risposta autonoma in termini di adattamento del sistema economico nazionale e il costo netto residuale del cambiamento climatico (utilizzando la variazione del prodotto interno lordo come indicatore macroeconomico aggregato).

9.2 Gli impatti dei cambiamenti climatici in Italia

Le tendenze climatiche in atto avranno una serie di conseguenze per l’Italia, sia positive che negative. L’identificazione degli impatti attesi è dunque il primo passo per arrivare a una quantificazione monetaria dei danni così come per l’identificazione di strategie di adattamento che possano essere efficienti ed efficaci. Nei paragrafi che seguono, vengono presentati i principali effetti indotti dai cambiamenti climatici per le quattro aree di riferimento – zone alpine, sistema idrogeologico, zone costiere e ambiente marino, e aree a rischio di desertificazione.

Va però evidenziato come la quantificazione fisica degli impatti futuri – e di conseguenza una sua stima monetaria – sia limitata dalle poche informazioni oggi disponibili, soprattutto in termini di proiezioni locali del clima futuro. Come ampiamente discusso in letteratura e già sottolineato nell’introduzione a questa sintesi, mancano dei modelli climatici

accurati su scala nazionale o regionale: il *downscaling* dei risultati dai modelli globali di circolazione (GCM) ai modelli regionali di circolazione (RCM) non è un procedimento immediato ed è soggetto a molte incertezze.

9.2.1 Le zone alpine italiane

L’ambiente alpino è soggetto a forti pressioni antropiche, che interagiscono con le pressioni climatiche nei confronti delle quali criosfera ed ecosistemi montuosi sono particolarmente sensibili; di conseguenza è verosimile che il cambiamento climatico nelle zone alpine conduca all’estremizzarsi di conflitti tra le istanze di sviluppo economico e quelle della sostenibilità ambientale (Diaz et al., 2003). Sebbene non esistano studi specifici per le alpi italiane, ci si attende un aumento della frequenza ed entità delle perdite economiche associate ai fenomeni climatici estremi, con conseguente aggravio del rischio idrogeologico. Beniston (2006), per esempio prevede un aumento del *runoff* invernale del 90% e una riduzione di quello estivo del 45%. I modelli di simulazione climatica regionale concordano nel prevedere, per un aumento della temperatura di 2° C, a fronte di variazioni minime del numero di precipitazioni di medio-bassa intensità, un aumento del 20–40% di quelle estreme con evidenti impatti sulla stabilità geologica della regione. Questo aspetto è di particolare rilevanza per il versante meridionale delle Alpi che presenta le aree maggiormente colpite da precipitazioni estreme di tutto l’arco alpino a causa del trasporto atmosferico di acqua dal Mediterraneo. Gli eventi alluvionali che hanno colpito le regioni dell’arco alpino italiano, hanno, da soli, causato nel periodo 1966 - 2005 un totale di 379 vit-

time per un ammontare di danni complessivo pari a 7,55 miliardi di euro (6.6 miliardi solo dal 1980), con una media di quasi 200 milioni di euro all'anno.

I principali impatti attesi nelle zone alpine sono riassunti nella Tabella 9.1.

I costi del cambiamento climatico sulle zone alpine italiane

Non esistono ancora stime monetarie comprensive ed esaustive degli impatti dei cambiamenti climatici nelle zone alpine italiane. Esistono tut-

Tabella 9.1: Gli impatti dei cambiamenti climatici sulle zone alpine

Settore colpito	Impatti attesi
Turismo	Un aumento della temperatura e delle precipitazioni potranno diminuire l'attrattività delle località turistiche in inverno, ma la potranno aumentare nella stagione estiva. Una minor disponibilità e affidabilità della copertura nevosa in inverno e la lunghezza della stagione fredda diminuiranno il turismo invernale. L'aumento degli eventi estremi e del rischio idrogeologico diminuirà la domanda turistica, ed aumenterà il costo di manutenzione e le spese per le attività di prevenzione/protezione per le infrastrutture turistiche.
Agricoltura	Vi potrà essere un effetto positivo in termini di aumento della produttività, purchè a fronte di una disponibilità idrica costante (Calanca et al., 2006). L'aumento degli eventi estremi e del rischio idrogeologico può mettere in pericolo determinate coltivazioni collocate in aree instabili e/o esposte.
Ecosistemi naturali	I cambiamenti climatici comporteranno una perdita di biodiversità d'alta quota, soprattutto nivale (Guisan and Theurillat 2000; Walther, 2004). Alcune ricerche stimano una possibile perdita di specie vegetali per le zone montane Mediterranee e Lusitane nell'ordine del 62% entro il 2080 per lo scenario A1 dell'IPCC (Thuiller et al., 2005). Le fasi vitali della vegetazione saranno ulteriormente anticipate (già si è osservato un anticipo medio di 3 giorni ogni 10 anni), provocando gravi danni all'equilibrio tra le componenti vegetali, animali e del suolo delle foreste. La distribuzione delle specie muterà, con un progressivo spostamento ad altitudini maggiori delle specie vegetali (Kullman 2002; Körner, 2003; Egli et al., 2004; Sandvik et al., 2004; Walther, 2004); si prevede ad esempio che la linea boschiva potrebbe spostarsi verso l'alto di alcune centinaia di metri nel corso del prossimo secolo (Badeck et al., 2001). Alcuni insetti patogeni potranno aumentare il loro <i>range</i> di distribuzione. I dati relativi a quest'ultimo tipo di fenomeno scarseggiano, tuttavia è già stato osservato che alcuni insetti infestanti come la processionaria del pino (<i>Thaumetopoea pityocampa</i>) mostrano una tendenza allo spostamento altitudinale, più pronunciato in particolare nei pendii meridionali delle montagne italiane. Vi sarà un probabile aumento di incendi a seguito di episodi siccitosi, che metterà a serio rischio il patrimonio boschivo e forestale alpino. L'osservata trasformazione delle foreste da <i>carbon sink</i> a emettitori di carbonio potrà essere esacerbata (Ciais et al. 2005).

Fonte: CMCC

tavia delle stime per il settore turistico, anche se quantificare economicamente tutti gli effetti combinati del cambiamento climatico sul turismo nelle zone alpine è di per sé molto complesso, soprattutto se si considera la possibilità di adattamento a disposizione dei turisti e degli operatori turistici.

La possibilità di praticare attività sportive e ricreative è direttamente collegata alla disponibilità e affidabilità della copertura nevosa in inverno così come della lunghezza stessa delle stagioni estiva e invernale. Se la "linea di affidabilità della neve"

(LAN) attualmente situata tra i 1200-1300 metri s.l.m. è destinata ad elevarsi di circa 150 m per °C di aumento di temperatura (Föhn 1990, and Haeberli and Beniston 1998), si assisterebbe con buona probabilità alle perdite economiche indicate nelle Tabelle 9.2 e 9.3.

In generale gli studi disponibili che offrono una valutazione economica degli impatti del cambiamento climatico sul turismo nelle aree alpine italiane sono pochi e recenti, e raramente considerano in maniera integrata gli elementi di stagionalità (turismo estivo e inver-

Tabella 9.2: Stazioni sciistiche delle Alpi italiane con copertura nevosa affidabile a seconda di diversi scenari di aumento della temperatura

Altitudine LAN à	> 1.500 (UCC)	> 1.650 (+1°C)	> 1.800 (+2°C)	> 2.100 (+4°C)
Valle d'Aosta	22	20	16	5
Piemonte	30	22	16	6
Lombardia	21	14	11	6
Veneto	14	12	8	2
Trentino	25	17	14	4
Alto Adige	54	46	23	7
Friuli Venezia Giulia	1	0	0	0
Italia	167	131	88	30

Fonte: Eurac, 2007.

Tabella 9.3: Perdita economica (milioni di euro) derivante dall'uscita dal mercato delle stazioni sciistiche prive di copertura nevosa affidabile

	> 1.650 (+1°C)	> 1.800 (+2°C)	> 2.100 (+4°C)
Valle d'Aosta	4.706	13.977	39.861
Piemonte	10.666	18.667	32.000
Lombardia	Na	Na	Na
Veneto	Na	Na	Na
Trentino	Na	Na	Na
Alto Adige	23.762	92.081	139.607
Friuli Venezia Giulia	13.625	13.625	13.625

Fonte: Elaborazione da dati EURAC (2007) e Progetto HERMES (2005)

nale dovrebbero essere trattati assieme) e soprattutto le strategie di adattamento dal lato dell'offerta a disposizione degli operatori con particolare enfasi sui costi di adattamento. Tuttavia, almeno in assenza di strategie di adattamento, le diverse ricerche esistenti concordano nell'evidenziare la possibilità di severi impatti negativi per il turismo alpino come conseguenza dei cambiamenti climatici.

In una lavoro recente, Bigano e Bosello (2007) propongono uno dei primi tentativi di trasporre i risultati delle metodologie applicate ad altre entità geografiche nazionali, alla realtà più specifica del territorio alpino italiano. La ricerca evidenzia come il cambiamento climatico possa avere un impatto considerevolmente negativo per l'industria turistica alpina. La contrazione dei volumi di spesa si aggira in media tra il -10.2% nel 2030 e il -10.8% nel 2090. La situazione è però altamente differenziata per

provincia, come mostra la Tabella 9.4. Le differenze interprovinciali in particolare sono determinate soprattutto dalla diversa composizione della domanda turistica. Volendo, infine,, dare un ordine di grandezza delle quantità economiche coinvolte, supponendo ad esempio che la perdita media stimata dai diversi scenari al 2030 si fosse manifestata nell'anno 2006, questo avrebbe comportato una riduzione del fatturato diretto del turismo alpino stimabile in -2.4 milioni di Euro nel Veneto e in ben -587 milioni di Euro in Trentino Alto Adige.

9.2.2 Il sistema idrogeologico italiano

Esiste un'ampia gamma di problemi e di vulnerabilità idrogeologiche in tutta Europa, che riflettono differenze notevoli nelle proiezioni del cambiamento climatico e situazioni idrogeologiche diverse, come le estati lunghe e

Tabella 9.4: Contrazione del fatturato diretto turistico

	Contrazione % rispetto al 2030 (*)	Milioni di Euro (**)
Piemonte	-10,2	-33,12
Valle d'Aosta	-4,0	-14,30
Lombardia	-7,1	-29,11
Trentino Alto Adige	-14,1	-587,05
Veneto	-0,3	-2,46
Friuli - Venezia Giulia	-15,7	-28,91

Fonte: CMCC

Note:

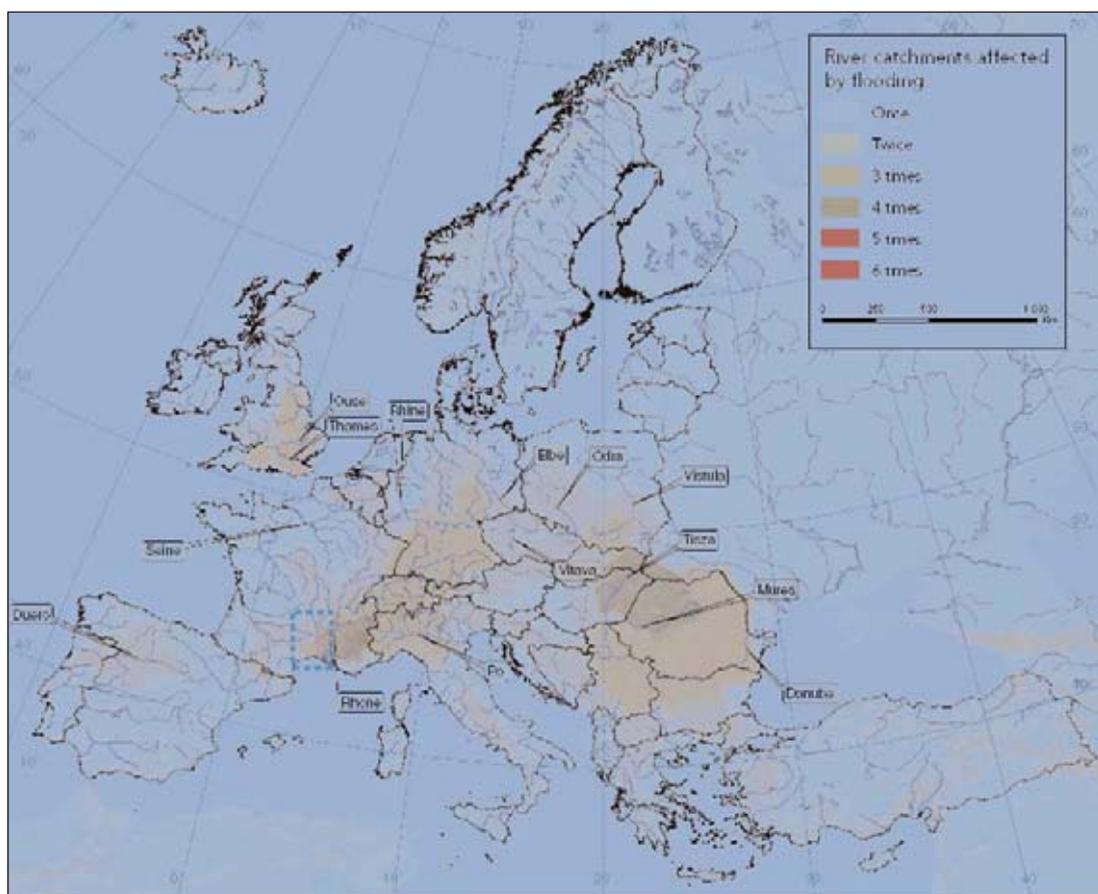
(*) Valore medio dei quattro scenari A1, A2, B1, B2 espresso come variazione percentuale rispetto al caso di "non cambiamento climatico"

(**)Perdita calcolata trasponendo i valori di colonna 2 al fatturato alpino regionale per il 2006 da stima Unioncamere (2006)

secche al sud, minori variazioni a ovest e periodi di acqua alta nei fiumi del nord in seguito al disgelo. La Figura 9.2 illustra l'attuale esposizione dell'Europa al rischio d'inondazione. In una prospettiva europea, l'esposizione dell'Italia a questo rischio è notevole, in particolare nella valle del Po, ma inferiore a quella di alcuni paesi dell'Europa orientale e di alcune aree confinanti come la Francia sud-orientale.

Singolarmente, nella letteratura sulla valutazione degli impatti del cambiamento climatico, le frane hanno ricevuto meno attenzione rispetto alle inondazioni e agli altri effetti collegati all'acqua, forse per i loro effetti più localizzati o forse perché sono talvolta considerate insieme alle inondazioni, come effetti collaterali di catastrofi più vaste causate dalle precipitazioni.

Figura 9.2: Attuale esposizione dei bacini europei alle inondazioni: ricorrenza delle inondazioni nel periodo 1998-2005. La figura riporta i bacini che hanno subito da una (color avorio) a sei (rosso scuro) inondazioni nel periodo considerato



Fonte: EEA, ETC/TE, 2003

I costi del cambiamento climatico come conseguenza del rischio idrogeologico

Allo stato dell'arte attuale, non esistono proiezioni per l'Italia relative a costi di inazione e costi di adattamento per l'impatto del cambiamento climatico sui rischi idrogeologici. Esistono solo informazioni relative al passato. In Italia, ad esempio, le 28 grandi inondazioni avvenute tra il 1939 e il 2004 hanno provocato 694 vittime, lasciando 1,5 milioni di senzatetto, colpendo 2,85 milioni di persone e provocando 23,7 miliardi (US\$) di danni. Ci sono state oltre 12.000 frane tra il 1991 e il 2003: le 13 frane più devastanti sono costate la vita a 2.584 persone, 3,7 volte il numero di vittime delle principali inondazioni. Secondo il database EM-DAT, i danni provocati dalle frane più gravi avvenute in Italia

ammontano a circa 1,2 miliardi di dollari, anche se il costo in vite umane è ovviamente il più elevato. Secondo APAT (2006) le misure preventive urgenti finanziate in Italia fino al 2006 ammontavano a 447,36 milioni di Euro per il rischio inondazioni e a 667,88 milioni di Euro per il rischio frane.

Almeno per quanto riguarda l'impatto sulla terra adibita all'uso agricolo, presentiamo nella Tabella 9.6 una prima valutazione del valore della terra attualmente a rischio in Lombardia, Lazio e Calabria.

9.2.3 Le zone costiere e ambiente marino

Le aree costiere italiane rappresentano una risorsa economica fondamentale per lo sviluppo socio-economico nazionale, ospitando attività quali l'agricoltura, il turismo, l'indu-

Tabella 9.5: Gli impatti dei cambiamenti climatici derivanti dal rischio idrogeologico (inondazioni e frane)

Settore colpito	Impatti attesi
Infrastrutture	Danni fisici a case, installazioni industriali, attività commerciali e infrastrutture pubbliche.
Agricoltura	Devastazione dei raccolti, perdita di bestiame e erosione del suolo nelle zone coltivate.
Trasporti	Interruzioni nei trasporti e danni alle relative infrastrutture.
Turismo	Danni alle località turistiche e alle aree ricreative con una conseguente limitazione delle attività turistiche, fino al ripristino delle normali condizioni operative
Ecosistemi naturali	Le aree naturali e gli ecosistemi possono essere danneggiati dallo sconvolgimento del suolo, dall'alterazione dei bacini d'acqua e dal rilascio di sostanze inquinanti trasportate dall'acqua.
Beni culturali	Devastazione di monumenti e edifici storici e artistici, capolavori d'arte e altri beni con un valore culturale intrinseco, come nell'alluvione di Firenze del 1966.

Fonte: CMCC

Tabella 9.6: Valori dei terreni agricoli esposti ad alto rischio idrogeologico in Lombardia, Lazio e Calabria.

	FRANE		
Valori terreni a rischio (Migliaia di Euro)	LOMBARDIA	LAZIO	CALABRIA
seminativi	9.805,7	14.278,1	4.256,2
prati stabili	4.762,6	195	197,6
frutteti	51.121,7	2.445,5	642,8
aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota	3.193,3	5.911,5	583,2
sistemi colturali e particellari complessi	11.237,6	8.413,8	5.460,9
colt. agrarie (25<S<75%) + spazi naturali importanti	9.048,6	12.377,1	4.972,7
vigneti	9.151,6	1.072,5	23,9
uliveti	97	7.614,2	20.148,5
TOTALE	98.418,1	52.307,6	36.285,9
	ALLUVIONI		
	LOMBARDIA	LAZIO	CALABRIA
seminativi	12.848,2	36.850,8	5.914,4
risaia	205,2		
frutteti	14,4	766,4	22.067,1
prati stabili	1.195,5	340	37,5
aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota	30,1	137,3	176,6
sistemi colturali e particellari complessi	998,4	1.617,6	1.809,9
colt. agrarie (25<S<75%) + spazi naturali importanti	983	2.093,9	1.942,6
vigneti		265,8	202,7
uliveti		244,5	12.386,7
TOTALE	16.274,8	42.316,1	44.537,6

Fonte: Elaborazione dei dati CORINE, APAT, INEA e EU-FEDN.

stria, la pesca e acquicoltura. La pressione antropica esercitata sulle coste italiane causa un notevole incremento della vulnerabilità e della sensibilità agli impatti dei cambiamenti climatici - in particolare all'innalzamento del livello del mare (SLR) e all'intensificarsi di eventi climatici estremi - riducendo drasticamente la capacità di resilienza naturale degli ambienti costieri.

La perdita di suolo per inondazione e allagamenti, e per un incremento nelle attività erosive del mare sono degli impatti principali dei cambiamenti climatici. Assumendo una quota di innalzamento tra i 20 e i 30 cm al 2100, (e senza tenere conto dei movimenti tettonici specifici, isostatici e di subsidenza) uno studio NASA-GISS quantifica l'area a rischio di inondazione in Italia in circa

4.500 chilometri quadrati di aree costiere e pianure. L'ENEA (2007), tenendo conto anche dei movimenti tettonici e di subsidenza, afferma che le 33 pianure costiere italiane a potenziale rischio per la loro elevazione attuale sono ubicate per la maggior parte in zone stabili o in sollevamento. Rimangono invece presumibilmente dei problemi in un prossimo futuro per la Pianura Padano-Veneta, La Versilia, e le pianure di Fondi e Pontina che, oltre a presentare parecchi chi-

lometri quadrati a quote inferiori allo zero, mostrano abbassamenti tettonici di notevole entità.

I costi del cambiamento climatico su zone costiere ed ambiente marino

Anche per le zone costiere non esistono per il momento stime a livello nazionale dell'entità complessiva dei costi indotti dai futuri cambiamenti climatici. Negli ultimi anni sono stati

Tabella 9.7: Gli impatti dei cambiamenti climatici sulle zone costiere e sull'ambiente marino

Settore colpito	Impatti attesi
Tutti	Perdita di terreno ed infrastrutture costiere, causata dall'incremento dei fenomeni di erosione, eventi estremi, e dall'innalzamento del livello medio del
Ecosistemi naturali	Perdita di importanti zone umide e costiere, con conseguente diminuzione della biodiversità. Il riscaldamento del mare e delle acque costiere porterà all'estinzione di specie locali e all'intrusione di specie esotiche e/o invasive e riduzione della biodiversità. L'innalzamento delle temperature delle acque marina ha già portato a cambiamenti nella biodiversità marina, per esempio nel Mediterraneo e nell'Adriatico, dove l'establishment di specie nuove potrebbe essere stata favorita (EEA, 2005).
Pesca e piscicoltura	<i>Northward shift</i> e estinzione (EEA, 2005) per specie specifiche (es. salmone e merluzzo), che però non sono di primaria importanza per il mediterraneo. Non esistono studi specifici per quel che riguarda le specie ittiche sfruttate commercialmente. Rallentamenti di crescita per l'acquicoltura, dovuti a una minore disponibilità di siti con acque di superficie sufficientemente fresche e dalla crescente suscettibilità verso malattie nel clima più caldo.
Turismo	Perdita di terreno per l'innalzamento del livello del mare e conseguente scomparsa di aree costiere e di infrastrutture di rilevanza per le attività turistiche (spiagge, porticcioli ecc.). L'innalzamento delle temperature e la maggiore frequenza di onde di calore (<i>heat waves</i>) estive renderanno meno amene le località turistiche italiane. Graduale spostamento delle destinazioni turistiche verso zone più temperate, in Europa verso nord e verso zone più alte nelle montagne. I flussi turistici verso il bacino mediterraneo si sposteranno gradualmente verso mesi in cui il vantaggio verso i paesi principali di provenienza (Regno Unito, Germania, Paesi Bassi ecc.) in termini di temperatura dell'aria e soprattutto dell'acqua è maggiore, e cioè verso i mesi di ottobre e novembre (Madisson 2001; Perry, 2003). La riduzione delle risorse idriche a disposizione potrà ridurre l'attrattiva di alcune destinazioni turistiche.

Fonte: CMCC

effettuati degli studi per valutare gli impatti dell'innalzamento del livello del mare in alcune aree specifiche. Esse si basano su una valutazione dello *stock at risk*. Uno studio condotto dalla Fondazione Eni Enrico Mattei in collaborazione con l'ENEA a partire dal 2002, ad esempio, stima il valore monetario degli impatti diretti del cambiamento climatico in due aree costiere Italiane, la piana di Fondi (Lazio) e la piana del fiume Sangro (Abruzzo)²⁹. Ad esempio, l'esercizio di valutazione per la piana del fiume Sangro produce stime del danno da cambiamento climatico per lo scenario di riferimento al 2100 pari a circa 14 milioni di euro (Breil et al., 2007). Sommando però il rischio idrogeologico all'innalzamento del livello del mare, il danno dovuto alla perdita del suolo ammonterebbe a circa 73 milioni di euro.

Esistono poi alcuni studi che stimano l'impatto economico dei cambiamenti climatici sul settore turistico costiero in Italia. I risultati del progetto WISE (Galeotti, Gorla et al. 2004), basato sui dati di letti/notte e numero di arrivi in Italia dal 1986 al 1995, evidenziano che estati estremamente calde riducono i flussi turistici estivi dell'1,22% nella media delle regioni, ma per le zone costiere si verifica un lieve incremento (Gambarelli e Gorla 2004). Al di là della perdita di clienti, le località turistiche dovranno fare fronte anche ai problemi secondari connessi all'innalzamento delle temperature, come maggiore consumo di energia e maggiore concorrenza con altre

attività economiche e domestiche per l'uso delle riserve idriche, che si tradurranno in maggiori costi di produzione per servizi turistici.

9.2.4 Le zone a rischio desertificazione

In Italia le aree identificate sulla base di appropriati indicatori come maggiormente sensibili alla desertificazione risultano pari a circa 16.500 km², corrispondenti a circa il 5,5% del territorio nazionale, e risultano essere situate nel Sud, in particolare in Puglia (60% della superficie totale della regione), Basilicata (54%), Calabria (stima non disponibile), Sicilia (47%) e Sardegna (31,2%)³⁰. Quindi, gli impatti attesi dai cambiamenti climatici contribuiranno ad aggravare un fenomeno già in atto in vaste zone del nostro Paese.

Oltre agli impatti economici diretti derivanti dalla perdita di servizi non più fornibili dai suoli degradati, i processi di desertificazione possono portare a tutta una serie di impatti socio-economici indiretti, che ovviamente dipenderanno dalle caratteristiche locali. Tra questi si annoverano danni all'indotto agricolo e altri settori economici (tra cui il turismo), aumento della disoccupazione nel settore agricolo nelle zone non più idonee alla coltivazione e conseguenti fenomeni migratori dalla campagna alla città, conflitti sull'uso delle risorse idriche, danni a proprietà e persone in seguito a smottamenti e incendi,

²⁹ Il lavoro prende in considerazione il cambiamento nel flusso di reddito a seguito di uno specifico scenario di innalzamento del livello medio del mare causato dai cambiamenti climatici, ma rappresenta un valore minimo in quanto non stima il valore d'uso e non uso delle spiagge e degli habitat naturali.

³⁰ *Linee-Guida del Programma di Azione Nazionale di lotta alla siccità e desertificazione*, Comitato Nazionale per la Lotta per la Desertificazione (CNLD), 22 luglio 1999, pubb. Ministero Ambiente e Territorio.

impatti sulla biodiversità e quindi sui servizi che da essa vengono per la ricerca scientifica in diversi campi, compreso quello medico.

I costi del cambiamento climatico derivanti dalla desertificazione

Nel convegno UNCCD tenutosi a Roma nel mese di dicembre 2006 è stata sottolineata la mancanza di studi economici sui costi della desertificazione, motivata in parte dalla difficoltà di sviluppare una metodologia integrata per l'analisi dei costi diretti e indiretti del fenomeno a scala regionale e anche globale. In assenza di studi specifici sul contesto italiano, per arrivare a una stima approssimativa del costo della desertificazione in Italia è possibile considerare le stime disponibili a livello globale o ottenute per altri Paesi. Ad esempio, uno studio sui costi della desertificazione a livello globale (Dregne and Nan-Ting Choud, 1992), basato sull'approccio geografico, stimava, con riferimento al 1990, il costo annuale per degrado di terra da pascolo nell'intorno di 7 US\$ per ettaro, per terreno non-irrigato nella misura di 38 US\$ per ettaro, per terreno irrigato nella misura di 250 US\$ per ettaro. Partendo da queste stime il costo annuale della desertificazione a livello mondiale sarebbe pari a 42 miliardi di US\$ (di cui 11 imputabili alla perdita di terreno irrigato, 8 di terreno non-irrigato, e 23 di terreno da pascolo). Uno studio più recente arrivava a stime più alte, calcolando un costo di ca. 36 miliardi di US\$ all'anno, per la sola America Latina, considerando perdite di acqua e suolo (54 miliardi di US\$ se si include anche la perdita di biodiversità) negli 11 Paesi Latino Americani considerati. Se si applicassero queste stime all'Italia si otterreb-

be un costo complessivo (relativo ai 16.500 km² vulnerabili) compreso tra i 60 e i 412 miliardi di dollari per anno.

9.3 Adattarsi ai cambiamenti climatici: strategie, costi e benefici

Il complesso funzionamento del sistema climatico e la natura dell'inquinamento atmosferico causa dei cambiamenti climatici di origine antropica fanno sì che il rischio e i danni derivanti dai cambiamenti climatici stessi non possano essere eliminati del tutto. Le strategie di adattamento ai cambiamenti climatici si rendono quindi necessarie come strategie complementari alla mitigazione (che mira invece alla riduzione delle emissioni di gas serra).

L'IPCC, dall'anno del suo insediamento nel 1988, ha prodotto diverse definizioni che si sono man mano evolute nel tempo. La più citata ad oggi è quella del TAR (IPCC, 2001), che definisce l'adattamento come: *aggiustamenti nei sistemi ecologici, sociali ed economici in risposta a stimoli climatici attuali o previsti, ai suoi effetti o ai suoi impatti. Questo termine si riferisce a cambiamenti in processi, pratiche, o strutture per moderare o bilanciare eventuali danni o approfittare di eventuali opportunità derivanti dai cambiamenti climatici.*

Il glossario dell'UNFCCC definisce l'adattamento come *le azioni intraprese per aiutare le comunità e gli ecosistemi a fare i conti con i cambiamenti climatici, come la costruzione di muri di contenimento per proteggere le proprietà da forti temporali e precipitazioni intense, o piantare determinate specie vegetali adatte a temperature più alte e a condi-*

zioni del suolo più secche.

L'EEA ha pubblicato sin dal 2004 diversi rapporti che mostrano come il cambiamento climatico sia già largamente una realtà (EEA, 2004, 2005, 2007) e definisce l'adattamento come *Politiche, pratiche e progetti con l'effetto di moderare i danni o approfittare delle opportunità associate ai cambiamenti climatici*.

Infine, la comunicazione n°35 del 2005 dell'UE ("Vincere il cambiamento climatico planetario" Febbraio 2005) oltre a dedicare un capitolo specifico all'adattamento chiede esplicitamente alla Commissione Europea di esplorare il ruolo che l'UE debba rivestire nella riduzione della vulnerabilità e nella promozione dell'adattamento. La Commissione ha quindi istituito un Gruppo di lavoro dedicato a questo scopo che ha recentemente prodotto il già citato "*Green Paper on Climate Change and Adaptation*", presentato al pubblico il 3 luglio 2007.

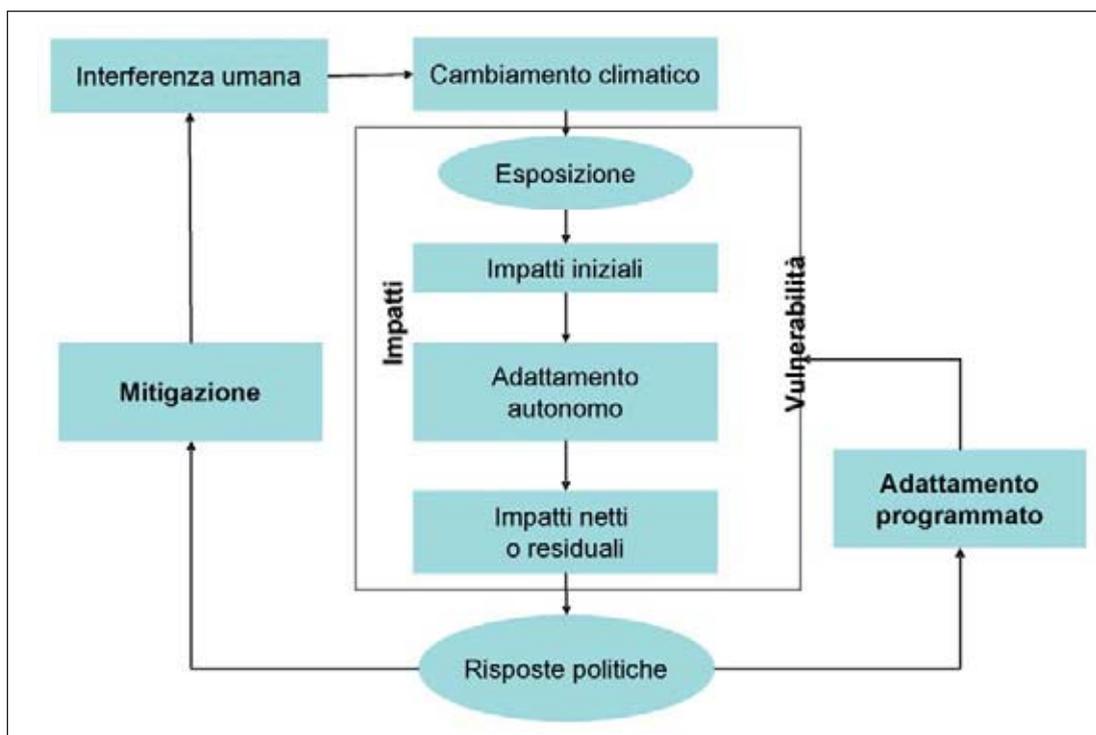
Nonostante non esista una definizione univoca di adattamento (si veda ad esempio EEA, 2007), si possono distinguere due principali forme di adattamento: l'adattamento 'programmato', vale a dire realizzato tramite enti pubblici o privati, e l'adattamento 'autonomo' dei sistemi naturali e umani. Mentre il primo consiste in misure messe in atto esplicitamente per mitigare o annullare gli impatti negativi del cambiamento climatico, il secondo si riferisce alle condizioni di resilienza del sistema. Le strategie di adattamento pianificato prendono le mosse dalle analisi degli impatti e dei futuri scenari degli impatti stessi. Dunque il livello e la tipologia di adattamento dipendono dalla vulnerabilità del sistema, ovvero dal suo grado di suscettibilità agli effetti negativi dei cambiamenti climatici. Questa vulnerabilità influenza sia il pro-

cesso di adeguamento del sistema ad una nuova situazione, sia le condizioni stesse che consentono al sistema di adattarsi (Ferrara e Farruggia, 2007).

L'adattamento può, inoltre, essere realizzato a diverse scale: individuale, regionale o nazionale. Il ruolo principale di una strategia di adattamento a livello regionale è quello di impedire che diverse strategie di adattamento a livello locale entrino in conflitto tra loro o addirittura diventino controproducenti. L'adattamento a livello nazionale è soprattutto volto a promuovere un generale aumento della capacità adattiva del sistema nel suo complesso. Si compone di un insieme di iniziative che necessitano l'intervento di un'autorità pubblica in quanto sia l'incertezza connessa al cambiamento climatico che il grado di coordinamento ed *enforcement* richiesti possono essere deterrenti per l'agente privato. Infine, deve essere menzionato il funzionamento stesso delle forze di mercato che configura situazioni di adattamento autonomo. Uno "*shock*" climatico che colpisca un settore economico si propaga a tutto il sistema attraverso le variazioni nei prezzi relativi che determinano variazioni nella domanda e offerta di tutti i fattori produttivi e beni di consumo. Questi processi di sostituzione intra e internazionali possono essere negativi per alcuni settori e positivi per altri, possono colpire maggiormente alcune economie e favorirne altre.

L'adattamento ha chiaramente un costo, che deve essere confrontato con i benefici come il danno evitato o i benefici accumulati in seguito all'adozione e all'applicazione delle misure di adattamento. Se, al netto dei costi di adattamento, le conseguenze negative indotte dallo stimolo climatico sono ridotte, o se

Figura 9.3: Relazione tra adattamento e mitigazione (da *Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique*)



Fonte: Elaborazione a cura dell'ONERC (*Observatoire National sur les Effets Du Réchauffement Climatique*, 2006).

aumentano le conseguenze positive, l'adattamento comporta un beneficio. In caso contrario, si ottiene un possibile mal-adattamento. I paragrafi seguenti riassumeranno alcune strategie di adattamento ai cambiamenti climatici – e, laddove possibile, il loro costo di implementazione – per le quattro tipologie di area sopra considerate.

9.3.1 Adattamento nelle zone alpine e relativi costi

Diverse strategie sono a disposizione del settore turistico per far fronte a variazioni della domanda di turismo alpino in generale ed

invernale in particolare. Ad esempio, la scarsità di neve in inverno può essere parzialmente contrastata producendo neve artificiale, usando intensivamente gli impianti più in quota, spostando le piste ad altitudini più elevate o cambiando la progettazione delle piste. Diversificare la tipologia di attività turistiche offerte (es.: proponendo trattamenti di benessere, percorsi d'arte o gastronomici) o la loro tempistica annuale (es. prolungando la "stagione estiva" anticipandone l'apertura in primavera e posticipando la chiusura in autunno) possono costituire altre strategie di adattamento. Alcuni esempi delle diverse strategie di adattamento sono riportati nella

Tabella 9.8.

Il tipo di intervento tecnico maggiormente adottato consiste nella produzione di neve artificiale: in tutto l'arco alpino Italiano circa il 77% delle aree sciistiche è dotato sistemi per la produzione di neve artificiale, percentuale che raggiunge addirittura il 100% in Friuli Venezia Giulia e Alto Adige. Investimenti, costi operativi e di manutenzione sono però molto elevati. Produrre 1 m³ di neve costerebbe tra i 3 e i 5 euro (Bosello et al., 2007), mentre il costo di installazione di un sistema di innevamento artificiale si aggirerebbe tra i 25.000 - 100.000 Euro/ha (in Austria) o i 650.000 Euro/Km (in Svizzera) con un costo medio di 136.000 Euro/ha (Bosello et al., 2007). I costi operativi annuali in Svizzera si aggirano tra i 19.000 e i

32.000 Euro/ha, e si stima che circa l'8.5% dei ricavi venga in media speso dagli operatori per gli interventi di manutenzione. In caso di innalzamento della temperatura tutti questi costi sono destinati ad aumentare in modo consistente dato che non solo più neve artificiale dovrebbe essere prodotta, ma anche in condizioni di temperatura più elevata. Questo è valido soprattutto per i costi associati al consumo energetico.

Un'altra strategia che potrebbe risultare vincente per le località turistiche alpine in Italia è di tipo comportamentale, considerando che solo il 30.1% dei turisti italiani e il 32.8% dei turisti stranieri che visita le località montane italiane dichiara di farlo per praticare uno sport specifico (Unioncamere, 2006). Indirizzarsi verso attività differenti come il turismo

Tabella 9.8: Strategie di adattamento al cambiamento climatico nel settore turistico per le zone alpine

Aumento della copertura nevosa	Innevamento artificiale
Riduzione del manto nevoso necessaria a permettere la pratica dello sci	Progettazione di particolari tipi di tracciato Installazione di parapetti "cattura neve" Posa di alberi per proteggere le piste Protezione delle piste dal vento Drenaggio di terreni umidi
Spostamento delle piste da sci	Spostamento delle piste da sci nelle zone più elevate Potenziare/concentrare l'attività sciistica nella parte più elevata di un impianto già esistente Sviluppo di impianti sui ghiacciai
Strategie comportamentali	Ampliamento della gamma di servizi offerti (ad es. turismo congressuale, <i>fitness</i> , terme,...) Potenziamento dell'offerta turistica al di fuori della stagione invernale, soprattutto turismo estivo (<i>climbing</i> , <i>trekking</i> , <i>sport</i> ,...) Riduzione del rischio – fusioni, conglomerazioni, <i>weather derivatives</i> ,...

Fonte: CMCC

congressuale, o l'offerta di percorsi culturali e periodi *relax* con trattamenti *fitness* o *spa* (che in Italia costituiscono rispettivamente la seconda e la quinta voce di spesa turistica per volume d'affari (Unioncamere, 2006) potrebbe essere quindi particolarmente interessante. È comunque molto difficile che questa diversificazione consenta di compensare completamente l'eventuale forte contrazione della domanda turistica invernale, sia perché questa costituisce il volume d'affari più rilevante, ad esempio nel 2000 il turismo invernale costituiva il 64% del fatturato totale del turismo montano in Italia (TCI, 2002), sia perché anche l'attrattiva delle alternative tipologiche di offerta è strettamente legata alle caratteristiche paesaggistiche cui la neve contribuisce in maniera determinante.

9.3.2 Adattamento per il sistema idrogeologico e relativi costi

In Italia, lo strumento normativo principale che obbliga all'implementazione della protezione idrogeologica è la legge 267/98, conosciuta come la "Legge Sarno", in quanto emessa in seguito alla tragica inondazione di fango che distrusse il paese di Sarno nel maggio del 1998. Questa legge impone alle autorità responsabili della gestione dei bacini idrici di identificare le zone a rischio, redigere dei piani di prevenzione di catastrofe ed emettere un regolamento specifico per evitare ulteriori aumenti del rischio a causa di fattori antropogenici. La stessa legge ha fornito la base legale per l'identificazione e il finanziamento di misure preventive urgenti.

In Italia (APAT, 2006) le misure preventive urgenti finanziate con i fondi pubblici nel-

l'ambito della legge quadro 267/98, dal 1998 al 2006, ammontavano a 447,36 milioni di Euro per i rischi d'inondazione e 667,88 milioni di Euro per i rischi di frane. Il costo totale della protezione completa delle aree ad alto rischio idrogeologico in Italia supera invece i 43 miliardi di Euro (Ministero dell'Ambiente, 2002), di cui 9,9 miliardi di euro per interventi urgenti e/o già approvati (al 2006, solo 1,15 miliardi di Euro risultavano finanziati). Queste cifre danno già un'idea dell'entità del costo di salvaguardia del territorio italiano dai pericoli presi in esame. Tuttavia non rappresentano in alcun modo il costo della protezione del territorio in considerazione dall'aumento di questi rischi in seguito al cambiamento climatico.

Lo scenario è preoccupante anche per il settore assicurativo: l'alluvione del 2000 ha comportato per le compagnie di assicurazione italiane, indennizzi 3 volte più elevati di quella del 1994 (300 milioni di Euro contro 100 milioni - Swiss Re). Il trend crescente è comune a tutto il mondo. Se i trend attuali persistono, i danni annuali si avvicineranno ai 150 miliardi di dollari USA nel prossimo decennio, dei quali una parte significativa sarà assicurata (EEA, 2007). Alcune stime preliminari dell'ABI (Association of British Insurers, 2005) indicano che in Europa le perdite annuali in seguito alle inondazioni potrebbero arrivare a 100 - 120 miliardi di euro.

Per specifici paesi europei, esistono alcune stime sui costi di inazione e di adattamento per l'impatto del cambiamento climatico sui rischi idrogeologici. Il progetto europeo PESETA stima che per il bacino dell'Alto Danubio, l'ammontare totale dei danni previsti per le sole inondazioni

con tempo di 100 anni passi da 46.25 a 64.75 miliardi di Euro a causa del cambiamento climatico, con una crescita del 40% circa della stima totale dei danni (pari a un aumento di 18,5 miliardi di euro) per lo scenario SRES IPCC A2. Infine, occorre puntualizzare che i costi di adattamento per i singoli cittadini sono raramente oggetto di valutazione. Qualche indicazione si può ricavare dal lavoro di Chiabai e Nunes (2006) per il caso dell'acqua alta a Venezia. L'indicazione non è precisa perché le stime comprendono in maniera non disaggregabile *ex-post* i costi di adattamento e alcuni costi di ripristino. Per le attività commerciali di Venezia, i costi diretti per l'acqua alta, comprese le misure di protezione, per un anno eccezionale (il 2002, che può esser preso in prima approssimazione come esempio di effetto del cambiamento climatico) assommano a 29 milioni di euro.

9.3.3 Adattamento nelle zone costiere

e ambiente marino e relativi costi

Le strategie di adattamento ai cambiamenti climatici sono numerose e estremamente diversificate. Esse comprendono azioni puramente tecnologiche (es. difese rigide costiere), misure "comportamentali" (modificare alcune scelte, per esempio ricreative), interventi gestionali (es. modificare le pratiche agricole in zone a rischio di inondazione) e decisioni politiche (es. regolamentazione per la pianificazione).

Valutazioni economiche relative all'adattamento nelle zone costiere in Italia sono quasi inesistenti, ad eccezione di studi legati a problematiche molto specifiche (ad esempio il Mose a Venezia). A livello internazionale, tuttavia sono stati prodotti numerosi studi che possono dare indicazioni di massima sui costi dell'adattamento al SLR per l'Italia, come esemplificato nei Box 1 e Box 2.

9.3.4 Adattamento nelle zone a rischio

Tabella 9.9: Strategie di adattamento nelle zone costiere

Ritiro (" <i>Retreat</i> ")	Abbandono dell'area costiera.
Accomodamento (" <i>Accomodation</i> ")	Si continua ad usare il territorio a rischio, senza tentare di prevenire possibili inondazioni.
Protezione (" <i>Protection</i> ")	Costruzione di infrastrutture rigide, come barriere o dighe; Sviluppo di soluzioni protettive più flessibili, come la creazione di dune o di vegetazione, per difendere il territorio dal mare, e mantenere l'attuale tipologia di uso del suolo.
Difesa assicurativa	Suddivisione e condivisione dei danni tramite meccanismi solidali di risarcimento, come l'istituzione di un fondo comune o di polizze di assicurazione.
Modifiche alla morfologia costiera	Permettendo o incoraggiando modifiche nella linea di costa per affrontare le cause forzanti.
Incrementare la resilienza del sistema	Interventi di modifica delle infrastrutture e degli edifici esistenti, più esposti agli impatti, e sulla riduzione della vulnerabilità socio-economica.

Fonte: CMCC

di desertificazione e relativi costi

La desertificazione in senso stretto corrisponde a uno stato di degrado del suolo tale da superare la capacità adattativa dello stesso, che nei sistemi naturali dipende sostanzialmente dalla vulnerabilità del sistema stesso e dalla sua capacità di resistenza e resilienza. Le politiche di lotta alla desertificazione possono solo parzialmente definirsi politiche di adattamento ai cambiamenti climatici. Infatti, la desertificazione è il risultato di diversi fattori di pressione, che includono ma non si esauriscono nei cambiamenti climatici. Di

conseguenza, misure che combattono il degrado del suolo costituiscono un tentativo di adattamento a tutta una serie di pressioni ambientali di origine sia naturale che antropica, fra cui anche i cambiamenti climatici. In Italia è stato predisposto un Programma di Azione Nazionale per la Lotta alla Siccità ed alla Desertificazione (PAN) con Delibera CIPE n. 229 del 21 dicembre 1999. Il PAN prevede un insieme coerente di interventi, nel rispetto dei principi che governano lo sviluppo sostenibile e contiene misure specifiche e finalizzate di carattere agronomico, forestale, civile e sociale, nonché specifiche attività

Box 1: Alcuni esempi di stime del costo di adattamento all'innalzamento del livello medio del mare

Bosello et al (2006), partendo dalle stime di Tol (2002) stimano che il costo totale di adattamento per un innalzamento di 25 cm del livello del mare al 2050, sia compreso in un intervallo tra lo 0,01% del PIL per gli Stati Uniti, e lo 0,8% del PIL per gli altri Paesi sviluppati. Nicholls e Klein (2003) concentrano, invece, il loro studio su alcuni Paesi europei (Olanda, Germania, Polonia, Estonia, Irlanda), ed individuano costi più alti di adattamento, il 14% del PIL, per la Polonia.

Fankhauser et al. (1998) stimano un costo dello 0,02% del PIL per i Paesi della parte nord del Mediterraneo per un innalzamento di 1 metro del livello del mare, rispetto ad una media mondiale dello 0,056% del PIL. Soltanto pochi studi provano a stimare gli impatti di "livello superiore" (*high-order impacts*) dell'adattamento costiero. In altre parole, significherebbe unire le strategie di adattamento esplicitamente pianificate con l'aggiustamento socio-economico autonomo generato da tali strategie, per identificarne gli effetti finali in termini di benessere o di PIL.

Darwin e Tol (2001) usano un modello statico di equilibrio generale, considerando gli investimenti in protezione costiera come una perdita generale di capitale produttivo. In uno scenario al 2100 di crescita di 50 cm del livello del mare e protezione ottima, i costi diretti sono relativamente ridotti, soprattutto nei Paesi sviluppati, dove raggiungono un massimo di 0,009% delle spese totali nel 1990.

Box 2: Il progetto PESETA

I risultati preliminari del recente progetto europeo PESETA, riportati nel *Green Paper* della Commissione Europea sull'adattamento contengono una valutazione economica degli impatti dovuti all'innalzamento del livello del mare, in presenza e in assenza di adattamento, per l'Europa. Gli scenari di riferimento sono lo scenario A2 e B2 dell'IPCC. Emergono danni significativi, in particolare in assenza di misure di adattamento (tra i 9 e 42 miliardi di Euro /all'anno). L'adattamento è in grado di ridurre i costi totali nel medio periodo, tra il 7 e il 50% e fino al 70% nel lungo periodo.

Scenario "low sea-level rise" (B2)	Time	Residual damage € billion /year	Adaptation cost € billion /year	Total cost € billion /year
No adaptation	2020	4.4	0.0	4.4
	2050	9.3	0.0	9.3
With Adaptation	2020	1.0	1.3	2.3
	2050	0.9	1.3	2.2
Scenario "high sea-level rise" (A2)	Time	Residual damage € billion /year	Adaptation cost € billion /year	Total cost € billion /year
No adaptation	2020	5.9	0	5.9
	2050	42.5	0	42.5
With Adaptation	2020	1.4	4.0	5.4
	2050	1.8	9.3	11.1

di informazione, formazione ed educazione. Va rilevato il fatto che, nella proposta di strategie di lotta alla desertificazione, si cerca sempre di privilegiare un approccio multi-obiettivo, nel quale la lotta al degrado della risorsa suolo viene generalmente vista nel contesto più ampio che ingloba anche altre dimensioni, prima fra tutte la gestione delle risorse idriche.

Gli studi relativi al costo delle diverse strategie di adattamento affrontando la desertifi-

cazione solo in modo indiretto, concentrandosi prevalentemente sul settore agricolo. Nella stragrande maggioranza dei casi l'adattamento che viene preso in considerazione dai modelli è di tipo autonomo (ossia implementato dai privati senza l'intervento pubblico), mentre molti governi si stanno già mobilitando per adattarsi agli impatti attesi in diversi settori (EEA 2007). Nel caso della desertificazione, come abbiamo già detto l'adattamento invece deve essere general-

mente pianificato. Ad esempio, studi condotti sui sistemi agricoli dei paesi sviluppati nel loro complesso quantificano il potenziale di riduzione delle perdite indotte dal cambiamento climatico dell'adattamento in un *range* che va dal 40% (Rosenzweig et al., 1994) al 70% (Reilly et al., 1994). In uno studio per gli USA Southworth et al. (2002) concludono che la semplice variazione nel "timing" di coltivazione della soia in risposta alle variazioni climatiche abbia consentito di ottenere una resa del 120% più alta che altrimenti, Stuczynski et al. (2000) stimano che l'adattamento in Polonia consenta di ridurre le perdite dal -25%, al -5% o addirittura trasformarle in un guadagno del 5%.

9.4 Stima degli impatti macroeconomici del cambiamento climatico per l'Italia

Le valutazioni economiche brevemente analizzate sono relative a specifiche aree di impatto dei cambiamenti climatici e a specifiche tipologie di attività economica (turismo, ad esempio, o agricoltura). È quindi importante tentare di aggregare tutti questi impatti per pervenire ad una stima dei costi dei cambiamenti climatici su tutto il territorio italiano e per tutti i settori economici (tenendo conto che l'economia italiana è strettamente interconnessa con quella delle altre regioni del mondo).

Ciò può essere fatto utilizzando un modello di equilibrio generale dell'economia mondiale, all'interno del quale viene enucleato il sistema economico italiano. Introducendo nel modello le variazioni nelle grandezze economiche (*stocks* e flussi) indotte dai cambiamenti climatici è possibile derivare alcune stime

degli impatti economici dei cambiamenti climatici per l'Italia (Roson, 2007). Tali stime possono essere effettuate per uno o più anni futuri e non quindi solo in modo retrospettivo. Va sottolineato come tali stime considerino gli impatti al netto delle capacità endogene di adattamento dei sistemi economici. Infatti, a fianco di specifiche politiche di adattamento, che possono essere intraprese da governi e organizzazioni pubbliche o private, esistono meccanismi di adattamento che passano normalmente attraverso modifiche dei prezzi, e che inducono variazioni nelle strutture di consumo e produzione. Il modello economico mondiale che consideriamo (una evoluzione del modello GTAP predisposta dalla FEEM) stima il valore economico aggregato per l'Italia degli impatti dei cambiamenti climatici dopo che i sistemi economici si sono autonomamente adattati. Non si tratta, quindi, della somma degli effetti di incremento della temperatura, livello del mare, precipitazioni, eccetera. Ma della valutazione di qual'è il costo residuo indotto dai cambiamenti climatici dopo che a livello nazionale e internazionale le risorse economiche si sono ridistribuite tra i vari settori e le varie aree geografiche in base ai segnali provenienti da prezzi e mercati. Prima di presentare i risultati è importante tenere a mente il significato che le diverse variabili macroeconomiche assumono in questo contesto. Ad esempio, una spesa per adattamento, forzata dal cambiamento del clima, rappresenta pur sempre un flusso di reddito per altri individui presenti nel sistema economico, e come tale induce sul Prodotto Interno Lordo (PIL) effetti di segno opposto a quelli dei danni da cambiamenti climatici. Oppure, una variazione di prezzo indotta da una maggiore scarsità di una risorsa può avere effetti positivi sul PIL. La

variazione del PIL come indicatore aggregato di costo dei cambiamenti climatici non è quindi una misura esente da critiche. Tuttavia è quella usata dall'IPCC e da quasi tutti gli studi in materia. Sarà usata anche in questo studio, ricordando tuttavia che i costi in termini di PIL possono essere relativamente più bassi poiché si tiene conto dell'adattamento autonomo. E, infatti, i risultati preliminari del modello indicano che gli impatti macroeconomici del cambiamento climatico in presenza di adattamento autonomo (non di quello programmato) sono essenzialmente effetti di natura distributiva. Alcuni settori perdono molto (agricoltura e turismo) altri meno o addirittura ottengono dei benefici. Il dato macroeconomico aggregato, nella sua natura di sommatoria di microeffetti e delle loro interazioni e ripercussioni, può celare in realtà impatti anche molto rilevanti, che si verificano su scala inferiore.

Anche se non tutti gli impatti del cambiamento climatico sono stati considerati, per mancanza di dati o di evidenza scientifica sugli impatti fisici, per l'Italia è stato calcolato il valore economico del costo dei cambiamenti climatici al netto dell'adattamento autonomo tenendo conto degli impatti sulla salute umana (e quindi sulla forza lavoro e la sua produttività), sull'agricoltura, sul turismo, sull'energia, sulle zone costiere (a seguito di incremento del livello del mare) e sulle zone a rischio desertificazione. Si tratta quindi dei principali impatti e la stima può quindi essere considerata interessante.

Sono state considerate le conseguenze degli impatti fisici ora menzionati sia sull'economia nazionale (disaggregata in 17 settori) sia sulle altre regioni del mondo, in modo da tener conto delle ricadute sulle ragioni di scambio e sul commercio internazionale e quindi, retroattivamente, sull'economia nazionale.

Si è preso in considerazione il 2050 come anno di riferimento per valutare le conseguenze del cambiamento climatico e si sono considerati due scenari, sulla base dell'ultimo rapporto IPCC. Nel primo la variazione di temperatura nel 2050 è di 0,93 °C, nel secondo è di 1,2°C. Se la temperatura salisse di 0,93 °C nel periodo 2001-2050 (con le conseguenti variazioni di livello del mare, salute umana, produttività in agricoltura, eccetera) si avrebbe una perdita annua di Prodotto Interno Lordo compresa tra lo 0,12% e lo 0,16%. Se la temperatura salisse di 1,2°C nel periodo 2001-2050, il costo salirebbe tra lo 0,16% e lo 0,20% del PIL.

Nel 2050 si registrerebbe quindi una perdita di benessere equivalente alla riduzione di reddito nazionale di circa 20-30.000 milioni di euro a prezzi correnti. Si tratta di una cifra rilevante, pari a una importante manovra finanziaria. Va nuovamente sottolineato che la stima è al netto dell'adattamento autonomo (che può avere a sua volta dei costi redistributivi importanti che il modello non quantifica). E non considera i costi "non di mercato", ovvero che influenzano realtà non soggette a scambio e quindi che non hanno un prezzo (ad esempio, la biodiversità o il patrimonio artistico e architettonico). Infine, un indicatore macroeconomico aggregato nasconde impatti settoriali importanti, come quelli su turismo e agricoltura, che sono compensati dall'espansione di altri settori economici. Gli effetti dei cambiamenti climatici in Italia saranno infatti, essenzialmente distributivi con fasce della popolazione e del sistema economico che subiranno danni importanti e altre che non saranno probabilmente toccate o potranno più facilmente adattarsi.

9.5 Alcuni commenti conclusivi

Esiste ormai una vasta letteratura sui com-

plexi fenomeni riguardanti i cambiamenti climatici, sia per quel che riguarda gli aspetti climatologici, che quelli socio-economici e ambientali. In generale, la letteratura si è concentrata su alcuni impatti (salute umana, si veda il Box 3, ed innalzamento del livello del mare) trascurandone altri (ad esempio gli impatti sul sistema idrogeologico).

Se negli ultimi decenni vi è stato un progresso significativo riguardo la teoria e le metodologie a disposizione per la stima economica degli impatti dei cambiamenti climatici, la

loro applicazione a livello nazionale è tuttora carente. Mancano quindi per l'Italia molte valutazioni economiche degli impatti in caso di inazione e delle alternative in termini di adattamento.

Questa lacuna trova le sue origini negli strumenti finora utilizzati per determinare gli scenari futuri di cambiamento climatico – che necessariamente devono sottendere ogni studio di valutazione degli impatti e di efficacia delle strategie di adattamento. Esistono dunque alcuni *gap* fondamentali che valgono per tutti i settori analizzati, e questi riguardano la

Box 3: Le ondate di calore in Italia

È stato stimato che l'ondata di calore che ha interessato l'Italia nel giugno-agosto 2003 abbia causato 1.094 vittime nella sola città di Roma. Utilizzando delle stime già esistenti in letteratura riguardo alla disponibilità a pagare per un clima meno avverso (ad es., Maddison e Bigano, 2003), Alberini et al (2005) e Alberini e Chiabai (2007) stimano i benefici associati a politiche di adattamento per ridurre gli impatti sulla salute delle ondate di calore. Maddison e Bigano (2003) stimano che per una famiglia di Roma il valore marginale dell'evitare un aumento di un grado nella temperatura media nel mese di luglio sia di circa 367 all'anno. Considerando che, nel luglio 2003, la temperatura media era di 2,8° al di sopra della temperatura media normale per quel mese (25,1 °C), e che il numero totale di famiglie a Roma è stimato a 1.038.461, il valore del danno causato a Roma dalla variazione di temperatura è stato stimato in € 1.067.123.077.

Un altro esempio di valutazione dei benefici associati a politiche di adattamento utilizza i dati di Kovats (2003), che stima i rischi di mortalità connessi ai cambiamenti nella temperatura media in Italia, e l'adattamento fisiologico a temperature più calde (senza programmi di adattamento pubblici). I suoi calcoli implicano che dal 2000 al 2020 il rischio di morire per cause cardiovascolari e respiratorie durante le ondate di calore aumenterebbe da 0,71 a 0,91 su 10.000 per le persone fino ai 65 anni e da 9,19 a 11,70 su 10.000 per i più anziani (più di 65 anni). Utilizzando due stime del Valore di una Vita Statistica (€1,784 milioni e €1,657 milioni), si arriva ad una stima dei danni delle ondate di calore in assenza di strategie di adattamento che si attesta sui €281 milioni per l'anno 2020 (in Euro correnti) per la sola città di Roma.

parte climatica e idrogeologica. È cruciale migliorare l'affidabilità della modellistica del meccanismo di trasmissione degli effetti del cambiamento climatico dagli scenari globali a quelli su scala nazionale e locale. Ciò comporterà un impegno notevole di ricerca sia nel *downscaling* dei modelli climatici, sia nella modellistica dei fattori d'innescio di origine climatica di eventi quali frane, alluvioni, desertificazione ecc. In assenza di modelli che permettano di quantificare gli impatti fisici di scenari futuri dei cambiamenti climatici ad una scala utile per l'Italia, non sarà possibile quantificare il costo del cambiamento climatico, né tanto meno identificare le migliori strategie di adattamento da perseguire.

Per quel che riguarda, invece, la valutazione degli impatti economici, esistono delle metodologie ben consolidate in letteratura. Queste però raramente sono state applicate per valutazioni a scala nazionale o, ancor più rilevante nel caso delle strategie di adattamento, a scala sub-nazionale e locale (una importante eccezione è il progetto Kyoto-Lombardia realizzato dalla Fondazione Lombardia Ambiente). Oltre alle incertezze relative agli scenari di cambiamento climatico a una scala geografica appropriata, l'analisi economica degli impatti richiede informazioni e dati che spesso non sono disponibili, o la cui raccolta implicherebbe un dispendio notevole di risorse umane e finanziarie. Così, se da un lato alcuni danni vengono stimati rutinariamente (in particolare danni alle infrastrutture), altri non sono ancora stati affrontati, in particolare i danni agli ecosistemi e il valore economico della perdita di biodiversità.

Lo studio dei costi e benefici di diverse strategie di adattamento per l'Italia dovrebbe pro-

cedere a livello regionale piuttosto che nazionale, soprattutto considerate le grandi differenze topografiche, climatiche e socio-economiche esistenti fra diverse Regioni. Le zone più vulnerabili dovrebbero rappresentare il punto di partenza degli esercizi di valutazione e identificazione di strategie di adattamento, laddove le regioni più a rischio saranno identificate in base all'impatto che si vuole affrontare – così, per l'innalzamento del livello del mare, le regioni più vulnerabili saranno quelle costiere depresse, mentre per i problemi legati alla desertificazione bisognerà intervenire con priorità nelle regioni del sud, quali Puglia, Basilicata, Calabria, Sicilia e Sardegna.

Va evidenziato però che, se i casi di studio esistenti costituiscono un buon punto di partenza, notevoli miglioramenti sono necessari, soprattutto per quel che riguarda la stima degli impatti su settori specifici quali gli ecosistemi naturali.

Si ribadisce, infine, l'importanza di condurre questi studi, che toccano aspetti disciplinari diversi, con un approccio interdipendente o integrato in modo che tra evoluzione degli scenari climatici, degli impatti fisici e quella degli impatti economici sia garantita la massima coerenza e si minimizzi il rischio di trascurare aspetti fondamentali di un quadro altamente complesso.

Bibliografia

ABI - Association of British Insurers, (2005), "Financial Risks of Climate Change –Summary" Report, June 2005, Londra: Association of British Insurers.

<http://www.abi.org.uk/Display/File/Child/>

- 552/Financial_Risks_of_Climate_Change.pdf
- Alberini, A., Chiabai, A. (2007), Quali sono i costi ed i benefici dell'adattamento rispetto ai rischi per la salute dell'uomo dovuti ai cambiamenti climatici?, Report prepared for the APAT Workshop on "Cambiamenti climatici ed eventi estremi: rischi per la salute in Italia", Roma, 25 giugno 2007.
- Alberini, A. Chiabai, A., Nocella, G. (2006), "Valuing the Mortality Effects of Heat Waves," in Bettina Menne and Kristie L. Ebi (eds.), *Climate Change Adaptation Strategies for Europe*, WHO, Springer.
- APAT (2006), *La vulnerabilità alla desertificazione in Italia: raccolta, analisi, confronto e verifica delle procedure cartografiche di mappatura e degli indicatori a scala nazionale e locale*, Manuali e linee guida - 40/2006.
- Badeck, F.-W., A. Bondeau, K. Bottcher, D. Doktor, W.Lucht, J. Schaber, and S. Sitch (2004), "Responses of spring phenology to climate change", *New Phytol.*, 162, 295-309
- Beniston, M., (2006), "Climatic Change in the Alps: perspectives and impacts", OECD - Wengen 2006 workshop: *Adaptation to the impacts of climate change in the European Alps*, Wengen, Switzerland, October 4-6.
- Bergland, O., K. Magnussen, et al. (1995). *Benefit Transfer: Testing for Accuracy and Reliability*. Ås, Norway.
- Bigano, A. and F. Bosello (2007), "Impacts of Climate Change on Tourism in the Italian Alps: An Economic Assessment", report for the ClimChalp Project.
- Bigano, A., Pauli, F. (2007), *Dimensioni socio-economiche, costi dell'inazione e strategie di adattamento per l'impatto del cambiamento climatico sul sistema idrogeologico italiano*, Report prepared for the APAT Workshop on "Cambiamenti climatici e dissesto idrogeologico: scenari futuri per un programma nazionale di adattametno", Napoli, 9-10 luglio 2007.
- Bosello, F., Marazzi, L., Nunes, P. A. L. D. (2007), *Le Alpi italiane e il cambiamento climatico: elementi di vulnerabilità ambientale ed economica, e possibili strategie di adattamento*, Report prepared for the APAT Workshop on "Cambiamenti climatici e ambienti nivo-glaciali: scenari e prospettive di adattamento", Saint-Vincent, 2-3 luglio 2007.
- Bosello, F., Roson, R., and Tol, R.S.J. (2006), "Economy-Wide Estimates of the Implications of Climate Change: Human Health", *Ecological Economics*, vol.58(3), pp.579-591.
- Breil, M., Catenacci, M., Trivisi, M. (2007), *Impatti del cambiamento climatico sulle zone costiere: Quantificazione economica di impatti e di misure di adattamento - sintesi di risultati e indicazioni metodologiche per la ricerca futura*, Report prepared for the APAT Workshop on "Cambiamenti climatici e ambiente marino-costiero: scenari futuri per un programma nazionale di adattamento", Palermo, 27-28 giugno 2007.
- Calanca PL, Roesch A, Jasper K, Wild M (2006) *Global warming and the summertime evapotranspiration regime of the Alpine region*. *Clim Change*, 79.
- Carson, R. T. (1991), *Constructed Markets, in Measuring the demand for environmental quality*, edited by Braden, J. B. and Kolstad, C. D.
- Chiabai, A. Nunes, P. A. L. (2006), "Exploring the use of alternative econometric model specifications so as to assess the economic value of high water events in the city of Venice, Italy." Mimeo, FEEM.
- Ciais, P., M. Reichstein, N. Viovy, A. Granier,

- J. Oge, and et al., (2005), "Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003", *Nature*, 437(7058), 529-534.
- Darwin, R. F. and R. S. J. Tol (2001). "Estimates of the Economic Effects of Sea Level Rise." *Environmental and Resource Economics* 19: 1-12.
- Diaz, H. F., M. Grosjean, and L. Graumlich (2003), Climate variability and change in high elevation regions: past, present and future. *Climatic Change*, 59, 1-4.
- Dregne, H. and Nan-Ting C. (1992), "Global Desertification Dimensions and Costs" in H. Dregne (ed.) *Degradation and Restoration of Arid Lands*, pp. 249-282, Texas Tech University, Lubbock.
- EEA (2004), "Impacts of Europe's Changing Climate", European Environment Agency, Copenhagen.
- EEA (2005). Vulnerability and adaptation to climate change in Europe, Technical Report No. 7/2005, EEA (European Environmental Agency), Copenhagen.
- EEA (2007), Technical Report (2007) 'Costs of Adaptation to climate change: a review of assessment studies with a focus on the methodologies used', Technical Report, European Environment Agency, Copenhagen. Preparato da F. Bosello, O. Kuik, R. Tol, P. Watkiss.
- Egli, M., C. Hitz, P. Fitze, and A. Mirabella, (2004), "Experimental determination of climate change effects on above ground and below-ground organic matter in alpine grasslands by translocation of soil cores", *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 167, 457-470.
- ENEA (2007). ENEA per lo Studio dei Cambamenti Climatici e dei loro Effetti. Workshop ENEA per lo Studio dei Cambamenti Climatici e dei loro Effetti, Roma.
- EURAC (2007), "Impacts of Climate Change on winter tourism in the Italian Alps" Clim-Chalp Report.
- Fankhauser, S., R. S. J. Tol, et al. (1998). "Extensions and alternatives to climate change impact valuation: on the critique of IPCC Working Group III's impact estimates." *Environment and Development Economics* 3(1): 1-12.
- Ferrara, V., Farruggia, A. (2007), *Clima: istruzioni per l'uso. I fenomeni, gli effetti, le strategie*, Edizioni Ambiente, Isola del Liri (Fr).
- Föhn, P. (1990), "Schnee und Lawinen. In: Schnee, Eis und Wasser der Alpen in einer wärmeren Atmosphäre.", *Internationale Fachtagung, Mitteilungen VAW ETH Zurich* No. 108, pp. 33-48.
- Galeotti, M., A. Gorla, et al. (2004). *Weather Impacts on Natural, Social and Economic Systems (WISE) Part I: Sectoral Analysis of Climate Impacts in Italy*. Milan.
- Gambarelli, G. and A. Gorla (2004). *Economic Evaluation of Climate Change Impacts and Adaptation in Italy*. Milan.
- Gambarelli, G., Giupponi, C., Gorla, A. (2007), *La desertificazione, i costi dell'inazione e la valutazione delle opzioni di adattamento al cambiamento climatico*, Report prepared for the APAT Workshop on "Le variazioni climatiche e i processi di desertificazione: verso piani di monitoraggio e strategie di riduzione della vulnerabilità e di adattamento", Alghero, 21-22 giugno 2007.
- Guisan, A. and J.-P. Theurillat (2001), "Assessing alpine plant vulnerability to climate change, a modeling perspective", *Int. Ass.*, 1, 307-320.
- Haeberli, W. and Beniston, M. (1998), "Climate change and its impacts on glaciers and permafrost in the Alps", *Ambio*, Vol. 27, pp. 258-265.
- Hanemann, W. M. (1991), *Willingness to*

- Pay and Willingness to Accept: how much can they differ? *American Economic Review*, 81, 635-647.
- IPCC (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge, Cambridge University Press.
- IPCC, (2007a). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policy-makers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- IPCC, (2007b). *Climate Change 2007: The Physical Science. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- IPCC (2007c), *Climate change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the IPCC*.
- Körner, C. (2003), *Alpine Plant Life*. 2nd Ed., Springer Verlag, Heidelberg.
- Kovats RS, Ebi K, Menne B (2003) *Methods of assessing human health vulnerability and public health adaptation to climate change*. WHO, Health Canada, UNEP, WMO, Copenhagen. (Health and Global Environmental Change Series, No. 1).
- Kullman, L. (2002), "Rapid recent range-margin rise of tree and shrub species in the Swedish Scandes" *J. Ecol.*, 90, 68-77.
- Maddison, D., Bigano, A. (2003), "The Amenity Value of the Italian Climate", *Journal of Environmental Economics and Management*, 45: 319-332.
- Madisson, D. (2001). "In search of warmer climates? The impact of climate change on flows of British tourists." *Clim. Change* 49: Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (2002), "Terza Comunicazione Nazionale dell'Italia Alla Convenzione Quadro Sui Cambiamenti Climatici".
- Navrud, S. (1994). *Economic Valuation of External Costs of Fuel Cycles: Testing the Benefit Transfer Approach. Model for Integrated Electricity Resource Planning*. A. T. de Almida. Dordrecht, NL, Kluwer Academic Publishers.
- Nicholls, R. J. and R. J. T. Klein (2003). *Climate change and coastal management on Europe's Coast*. EVA Working Paper No.3.
- Nicholls, R. J., S. P. Leatherman, et al. (1995). "Impacts and Responses to Sea-Level Rise: Qualitative and Quantitative Assessments." *Journal of coastal Research*.
- Perry, A. (2003). *Impacts of Climate Change on Tourism in the Mediterranean: Adaptive Responses*. In Giupponi, C., and Schecheter, M. (eds) *Climate Change in the Mediterranean. Socio-economic Perspectives of Impacts, Vulnerability and Adaptation*. Cheltenham, Edward Elgar: 279 - 289.
- Reilly, J., Hohmann, N. and Kane, S. (1994): *Climate Change and agricultural trade: who benefits, who loses?* *Global Environmental Change* 4(1), 24-36.
- Rosenzweig, C. and Parry, M. L, (1994). *Impacts of climate change on world food supply*. *Nature*, 367: 133-138.
- Roson, R. (2007), *Gli impatti macroeconomici del cambiamento climatico sui vari settori economici e sul commercio internazionale con un modello di equilibrio generale*. Report prepared for the "Conferenza nazionale sui cambiamenti climatici 2007", Roma, 12-13 Settembre 2007.
- Sandvik, S.M., E. Heegaard, R. Elven, and V. Vandvik, (2004), "Responses of alpine snow-

- bed vegetation to long-term experimental warming" *Ecoscience*, 11, 150-159.
- Southworth, J, Pfeifer, R. A. , Habeck, M., et al (2002), Changes in Soybean Yields in the Midwestern United States as a Result of Future Changes in Climate, Climate Variability, and CO2 Fertilization, *Climatic Change*, 53(4), pp. 447-475.
- Stuczyński, T., G. Demidowicz, T. Deputat, T. Gorski, S. Krasowicz, and J. Kus, 2000: Adaptation scenarios of agriculture in Poland to future climate changes. *Environ. Monit. Assess.*, 61, 133-144.
- TCI (2002), "Turismo e montagna: un'analisi regionale", *La Rivista del Turismo*, 2/2002
- Thuiller, W., S. Lavorel, M.B. Araujo, M.T. Sykes, and I.C. Prentice, (2005), "Climate change threats to plant diversity in Europe" *Proceedings of the National Academy of Science USA*, 102, 8245-8250.
- Tol, R.S.J. (2002), "Estimates of the Damage Costs of Climate Change - Part 1: Benchmark Estimates.", *Environmental and Resource Economics*, vol. 21(2), 47-73.
- Unioncamere (2006), "L'impatto Economico del Turismo in Italia", a cura di Istituto Nazionale Ricerche Turistiche, Roma.
- Viscusi, W.K. and Aldy, J.E. (2003), 'The value of a statistical life: A critical review of market estimates throughout the world', *Journal of Risk and Uncertainty*, 27 (1), 5-76.
- Walther, G.-R. (2004), "Plants in a warmer world" *Perspective in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 6, 169-185.
- Zanetti, G., Piacenza, M. and D. Vannoni (2005), "Studio per la riorganizzazione degli impianti di risalita in Valle d'Aosta", HERMES Documento di Ricerca, Marzo

10. Criticità per la definizione di un piano di adattamento in Italia

10.1 Introduzione

Tutti gli elementi resi disponibili nelle fasi di preparazione della Conferenza di settembre, sia come esito dei lavori (workshop e convegni) che si sono svolti nell'ambito del programma della manifestazione, sia attraverso la consultazione dell'abbondante bibliografia prodotta finora sull'argomento, convergono sull'esigenza, ormai indifferibile e urgente, di definire una strategia nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici. Infatti, da tali elementi emerge che, in tutto il globo, gli effetti dei cambiamenti climatici sono già notevoli e quantificabili e incideranno pesantemente sull'ambiente naturale e su quasi tutte le fasce sociali e i settori economici.

L'Italia, in particolare, risulta tra i paesi più vulnerabili dell'Unione Europea. Secondo quanto riportato nel *Green Paper* di recente pubblicato dalla Commissione Europea in materia di cambiamenti climatici, infatti, le principali forme di impatto si manifesteranno:

- *nell'Europa meridionale e in tutto il bacino del Mediterraneo, dove si sommano il forte aumento delle temperature e una riduzione delle precipitazioni in zone che già soffrono di carenza idrica;*
- *nelle zone di montagna, soprattutto le Alpi, dove le temperature aumentano rapidamente causando lo scioglimento diffuso delle nevi e dei ghiacci, che a sua volta modifica la portata dei fiumi;*
- *nelle zone costiere, a causa dell'innalzamento del livello del mare abbinato ai maggiori rischi di precipitazioni violente;*
- *nelle pianure alluvionali ad alta densità di popolazione, perché aumenta il rischio di precipitazioni forti e violente e di alluvioni improvvise, che causano vasti danni alle zone edificate e alle infrastrutture;*
- *in Scandinavia, dove sono previste precipitazioni molto maggiori, sempre più spesso sotto forma di pioggia e non di neve;*
- *nella regione dell'Artide, dove l'aumento della temperatura sarà più elevato rispetto ad altre zone della Terra.*

E non v'è dubbio che, tra i 6 ambiti sopra elencati, i primi 4 siano ampiamente riferibili a contesti del nostro territorio.

A fronte di tali impatti, vari settori di attività, pubblici e privati, ma anche i singoli cittadini si troveranno ad affrontarne le conseguenze, in alcuni casi anche di entità molto importante, e potranno svolgere un ruolo fondamentale per quanto riguarda le misure di adattamento. Secondo la CE, le azioni che si possono concretamente adottare variano enormemente e comprendono:

- *misure "morbide", relativamente poco costose, come la conservazione delle risorse idriche, la variazione delle rotazioni delle colture e delle date di semina, l'uso di colture resistenti alla siccità, la pianificazione pubblica e la sensibilizzazione;*

- *misure costose, di difesa e rilocalizzazione delle attività, come l'innalzamento degli argini, lo spostamento di porti, industrie e intere città e paesi dalle zone costiere e le pianure alluvionali più basse e la costruzione di nuove centrali elettriche in sostituzione delle centrali idroelettriche.*

Il settore pubblico deve intervenire, ad esempio adeguando la pianificazione territoriale e l'uso del suolo in base ai rischi di alluvioni improvvise, adeguando le norme edilizie in vigore per garantire che le infrastrutture con un lungo ciclo di vita resistano ai futuri cambiamenti climatici, aggiornando le strategie di gestione delle calamità e i sistemi di allarme rapido in caso di alluvioni e incendi di boschi e foreste.

Gli interventi di adattamento potranno aprire anche nuove opportunità economiche, tra cui nuovi posti di lavoro e nuovi mercati per prodotti e servizi innovativi.

L'adattamento è però un'operazione complessa, perché la gravità degli impatti non sarà la stessa in ogni regione e dipenderà dalla vulnerabilità fisica delle varie zone, dal grado di sviluppo socioeconomico, dalla capacità di adattamento dell'ambiente naturale e delle persone, dai servizi sanitari e dai meccanismi di sorveglianza nei confronti delle calamità.

Le esperienze e le competenze a livello di formulazione di strategie efficaci di adattamento e di attuazione delle politiche sono ancora limitate e non omogeneamente distribuite. Iniziative finalizzate a favorire la massima collaborazione a tutti i livelli, ad esempio attraverso la condivisione delle informazioni sulle misure di adattamento potrebbe ridurre notevolmente i costi di stu-

dio, programmazione e di formazione delle figure professionali ai diversi livelli di governo del territorio, dalle nazioni alle regioni, ai comuni, coinvolgendo nella cooperazione anche la collettività.

Se la necessità di intervento è ormai condivisa quasi a livello unanime, è altresì opinione largamente diffusa, e ciò viene esplicitamente ribadito nello stesso *Green Paper*, che se si interviene subito vi saranno evidenti benefici economici, perché sarà possibile anticipare i danni potenziali e ridurre al minimo i rischi per gli ecosistemi, la salute umana, lo sviluppo economico, i beni e le infrastrutture.

A questo scopo, al momento di definire le priorità, è però importante disporre di conoscenze sufficienti sugli scenari di impatto. L'entità esatta dell'aumento delle temperature è un dato incerto, che dipenderà anche dagli interventi di mitigazione adottati nel mondo nei prossimi decenni. Questa considerazione è particolarmente vera in una prospettiva di lungo termine, dove le incertezze sono maggiori.

In base a queste considerazioni, per una corretta ed efficace impostazione delle iniziative di adattamento è necessario innanzitutto definire un adeguato quadro conoscitivo che metta in evidenza le criticità, sia in termini di natura e dimensione degli impatti che presentano le più elevate probabilità di occorrenza nel nostro Paese, sia in relazione al livello di confidenza che è possibile attribuire agli elementi di valutazione alla base della definizione degli impatti stessi.

Proprio la definizione di questo quadro ha costituito una delle principali finalità degli eventi preparatori che si sono svolti tra giu-

gno e luglio.

Pertanto in quel che segue, verrà riportata un sintetica descrizione del quadro conoscitivo, soprattutto in termini di:

1. criticità riferite alle aree di impatto con maggiore probabilità di occorrenza;
2. criticità riferite al livello di confidenza che caratterizza lo stesso quadro conoscitivo.

10.2 Le aree di impatto del contesto nazionale

Come anticipato, la finalità perseguita attraverso i lavori degli eventi preparatori è stata la definizione dei presupposti tecnici alla base delle iniziative da avviare fin da subito per pervenire in tempi congrui alla stesura di linee-guida di una strategia nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici e per la programmazione e attuazione di primi interventi.

I presupposti riguardano innanzitutto la caratterizzazione delle principali conseguenze che ci si possono attendere per il nostro contesto territoriale a fronte dei possibili diversi scenari di cambiamento climatico, anche al fine di associare a ciascuna di tali tipologie possibili misure di adattamento.

A tale proposito, come è stato altresì ampiamente argomentato, è opportuno ribadire che tale operazione oggi si presenta complessa e che difficilmente si potranno definire scenari con un adeguato livello di confidenza. Ciò significa che quanto di seguito riportato deve essere inteso come un primo passaggio obbligato di un processo ben più articolato e com-

plesso che deve essere programmato e attuato per rendere ottimali i rapporti di costo-beneficio delle prossime iniziative.

Ciò significa altresì che nell'ambito della strategia nazionale di adattamento una certa priorità di intervento deve riguardare la messa a punto, a livello di Paese, di un'adeguata capacità di analisi predittiva e di monitoraggio dei mutamenti delle condizioni climatiche e dei conseguenti impatti.

D'altra parte questo tipo di approccio è ampiamente coerente con le prime indicazioni e raccomandazioni formulate in materia dal citato *Green Paper* della CE, laddove afferma che ridurre l'incertezza ampliando la base di conoscenze mediante attività integrate di studio, ricerca e monitoraggio sul clima, rappresenta il terzo dei quattro pilastri della strategia di adattamento della UE.

Fatte queste necessarie premesse, vengono di seguito riportate le prime indicazioni ricavabili sulla base delle analisi sin qui condotte, con particolare riferimento alle aree di maggior impatto, alle diverse forme in cui gli effetti si manifestano in tali aree e alle possibili contromisure da adottare per ridurre la portata di quelli negativi e ottimizzare i benefici che si potrebbero ricavare da effetti che si dovessero presentare con risvolti positivi per il nostro contesto territoriale.

Per pervenire a una prima determinazione delle aree di impatto potenzialmente più probabili è stato adottato un processo empirico-qualitativo, schematicamente riportato nella tabella a doppia entrata di Figura 10.1.

Come si può notare dalla figura, le ordinate di questa tabella sono rappresentative

delle tipologie di aree di impatto, così come individuate ormai nella maggior parte della bibliografia relativa ai cambiamenti climatici e in particolare nei documenti IPCC.

Le ascisse individuano la fonte delle valutazioni per poter attribuire a ciascuna tipologia di impatto uno specifico valore di probabilità di occorrenza per il nostro contesto. Ovviamente, tra le fonti si è data priorità ai lavori degli eventi preparatori, estrapolando le variabili climatiche primarie (temperatura e precipitazioni) da quelle di carattere tematico specifico.

Per quanto concerne invece i valori di probabilità di occorrenza degli effetti di una specifica area di impatto, visto il carattere assolutamente empirico-qualitativo del metodo di selezione adottato, si è scelto di limitarli a tre casi:

1. evento molto probabile (++);
2. evento probabile (+);
3. evento poco probabile (-).

Come era peraltro prevedibile, la selezione mette in evidenza per il nostro Paese quali aree critiche di impatto le risorse idriche, la biodiversità e le *foreste, i suoli e gli ambienti marino costieri*, sul fronte delle matrici ambientali. Con riferimento invece ai settori produttivi, vengono evidenziati i casi *dell'agricoltura e del turismo* come principali bersagli di effetti negativi dei cambiamenti climatici.

Una citazione a parte merita l'area di impatto *Salute*, che apparentemente secondo quanto riportato nello schema di Figura 10.1 sembrerebbe meno critica. In realtà, come ampiamente argomentato durante i lavori dell'evento preparatorio dedicato a questo argomento e sintetizzato al terzo

capitolo di questo stesso documento, tutti gli effetti che investono ciascuna delle aree di impatto riportate nello schema di fatto si traducono, con minore o maggiore entità, in effetti sulla salute.

In quel che segue, come anticipato, si riporta una breve descrizione delle problematiche afferenti alle aree di impatto critiche, con l'indicazione di possibili misure di adattamento.

Principali ricadute nelle varie aree di impatto

Come previsto dagli scenari IPCC, le zone costiere, già oggi minacciate dall'erosione di mareggiate estreme e dalle inondazioni, verranno certamente danneggiate in maniera ancora più consistente dai mutamenti climatici in atto, con conseguente perdita di suolo. Sebbene sia attualmente difficile stimare l'impatto quantitativo di tali scenari evolutivi di cambiamento climatico a 50 e 100 anni, è però evidente che questa perdita interesserà le attività e i beni presenti nell'area litorale. Fra questi le risorse idriche ne rappresentano uno particolarmente vulnerabile. Il processo di intrusione del cuneo salino nelle falde acquifere delle aree alluvionali costiere provoca infatti il deterioramento della qualità dell'acqua. A questo si aggiunge che il cambiamento climatico produce cambiamenti stagionali nei flussi fluviali in quanto la sensibile riduzione della ritenzione invernale dei ghiacciai, in costante crescente scioglimento, innalza i tassi di *run-off* invernali dei fiumi. Il disgelo primaverile prematuro tenderà a modificare invece i picchi dei livelli di flusso. In seguito alla

Figura 10.1: Schema relativo a una prima individuazione delle aree di impatto potenzialmente più probabili

AREE DI IMPATTO	Variabili climatiche		Workshop Desertificazione	Workshop Deglaciazione	Workshop R. Idrogeologico	Workshop A. Marino-Costiero	Workshop Bacino del Po
	Temperature	Precipitazioni					
Risorse idriche	++	++	++	++	++	++	++
Sistemi marini e costieri	++	++	++	+	+	++	++
Ambiente montano e criosfe-	++	++	-	++	+	-	-
Aree umide ed ecosistemi acquatici	++	++	-	-	+	++	++
Biodiversità e foreste	++	++	++	++	++	++	++
Agricoltura e pesca	++	++	++	+	++	++	++
Energia	++	++	-	++	-	-	++
Turismo	++	+	-	++	++	++	+
Salute	++	++	-	+	++	-	-
Insedimenti urbani	-	++	-	+	++	++	+
Infrastrutture e trasporti	-	++	-	-	++	++	-
Patrimonio artistico	-	++	-	-	++	++	-

Legenda: ++ impatto molto probabile; + impatto probabile; - impatto poco probabile

Fonte: APAT

riduzione delle riserve di neve, al disgelo precoce e alla diminuzione generale delle precipitazioni estive, si potranno osservare periodi estivi prolungati di bassi flussi fluviali in diverse aree del territorio nazionale. Un incremento del *run-off* invernale pari al 90% e una diminuzione del 45% del *run-off* estivo nelle Alpi centrali può portare, rispettivamente, a periodi di maggior

rischio di inondazione e di siccità. La variazione della disponibilità di acqua connessa ai fenomeni di deglaciazione e all'alterazione dei regimi delle precipitazioni deve essere accuratamente considerata sia in quanto la risorsa idrica è destinata alla produzione di energia idroelettrica (in relazione alla sempre maggiore importanza di questa nel panorama ener-

getico nazionale come fonte di energia rinnovabile), sia per il raffreddamento delle centrali termiche, e, più in generale, per la maggiore richiesta di energia necessaria per il prelievo e la distribuzione di acqua. La ridotta disponibilità delle risorse inaspresce la concorrenza tra gli usi conflittuali e mette in crisi tutti i settori in quanto direttamente o indirettamente dipendenti dalle risorse stesse: non solo l'idropotabile e l'energetico ma anche il settore agricolo, per i minori apporti di risorsa idrica e lo sfasamento delle stagioni colturali rispetto alle disponibilità naturali, e la funzionalità degli ecosistemi degli ambienti fluviali.

Fenomeni di dissesto idrogeologico possono inoltre determinare la contaminazione della risorsa idrica, come nel caso di straripamento delle fogne durante grandi inondazioni o di travaso di sostanze inquinanti trasportate dall'impeto delle acque (le sostanze tossiche possono sedimentarsi e liberarsi in quantità notevoli durante un'inondazione e il volume d'acqua può rivelarsi insufficiente per bilanciare l'aumentata concentrazione delle sostanze inquinanti).

Il caso del fiume Po è emblematico per descrivere le dinamiche in corso: ai forti trend climatici in atto che hanno determinato una diminuzione progressiva degli afflussi nell'ultimo trentennio si sono sommati, negli ultimi decenni, altrettanto forti trend (in crescita) della domanda di risorsa idrica con conseguenti prelievi sull'asta del fiume e sui suoi principali affluenti. Si è assistito a modificazioni del regime dei deflussi superficiali e sotterranei con diminuzione della durata e della capacità di ritenzione idrica del suolo e di ricarica

delle falde, intrusione del cuneo salino, deterioramento della qualità dell'acqua (minore diluizione, maggiore temperatura e contenuto di nutrienti) e degli ecosistemi associati, maggiore esposizione al rischio idraulico, di desertificazione e sanitario.

Tra gli impatti dei cambiamenti climatici, la riduzione della disponibilità idrica e la diversa distribuzione delle precipitazioni (minor numero di eventi, ma spesso con quantità di pioggia molto rilevanti fino all'aumento dei cosiddetti "eventi estremi") rappresentano una minaccia principalmente per i suoli, soprattutto dal punto di vista della fertilità e della variazione dei rendimenti dei raccolti, con importanti implicazioni anche sull'estensione dei fenomeni di desertificazione e sulle conseguenze che ne derivano in termini di capacità di ritenzione idrica e produttività della vegetazione.

In linea di principio un leggero aumento della temperatura e della concentrazione di CO₂ costituiscono un fattore positivo per la crescita delle piante. La maggior concentrazione di CO₂ stimola la fotosintesi, le piante sintetizzano una maggior quantità di sostanze organiche e crescono di più e più rapidamente. Diversi sono gli studi che quantificano tale effetto positivo in termini di produttività, anche se la modellizzazione delle risposte bio-chimiche naturali rimane uno dei campi circondati da maggior incertezza.

La disponibilità di CO₂ tuttavia non è da sola sufficiente a garantire una maggiore produttività agricola: è necessario anzitutto che vi siano risorse idriche e nutritive sufficienti, ed una temperatura compatibile con le esigenze di crescita delle colture. I

potenziali problemi di scarsità idrica indotti dal cambiamento climatico sono i maggiori determinanti delle rese agricole previste per il futuro in Italia.

Nel caso particolare delle colture alpine, sembra che, per moderati scenari di incremento della temperatura, almeno nel medio periodo, non si assisteranno a particolari problemi di scarsità idrica. Questo, connesso al previsto effetto fertilizzazione della CO₂, dovrebbe condurre, in controtendenza rispetto al dato nazionale, ad un possibile aumento della produttività e della produzione dei suoli di montagna, elemento che potrebbe essere fonte di vantaggi economici e offrire opportunità per la diversificazione del rischio.

Il resto del territorio nazionale è destinato a registrare una riduzione delle rese di alcune tipologie agricole imputabile all'aumento di temperatura e alla riduzione del periodo di accrescimento che comporta una maturazione precoce. Mutamenti radicali del clima indurranno spostamenti geografici delle colture verso latitudini più alte, con ciò determinando anche un possibile effetto spiazzamento dei prodotti nazionali sui mercati internazionali per la presenza di nuovi competitori.

I pericoli significativi per le colture agricole sembrano piuttosto essere rappresentati dagli eventi climatici estremi, in particolare l'aumento degli eventi di precipitazione intensa, e dal connesso incremento del rischio idrogeologico che può mettere in pericolo determinate coltivazioni collocate in aree instabili e/o esposte. Fenomeni di dissesto idrogeologico impongono all'agricoltura danni per la devastazione dei raccolti, per la perdita momentanea o definiti-

va della terra sottratta alla produzione (questo è anche il caso di inondazioni e allagamenti prodotti da innalzamento del livello medio del mare), e per la possibile perdita di bestiame. Precipitazioni più intense possono anzitutto condurre all'erosione degli strati fertili superficiali, tanto più accentuata quanto più pendenti sono i terreni, e quindi impoverirli di nutrienti. In secondo luogo inducono periodici fenomeni di eccesso di saturazione d'acqua nei suoli che possono danneggiare le colture per la conseguente riduzione della presenza di ossigeno, aumentarne la vulnerabilità alle malattie, rendendo difficoltose se non impossibili per qualche tempo le normali operazioni di coltivazione con rilevanti perdite economiche per gli addetti. Dove i cambiamenti climatici e le condizioni di temperatura e di precipitazioni dovessero poi eccedere determinate soglie ed assumere connotazioni estreme, come per esempio durante l'estate 2003, quando si sono verificate ingenti perdite di produttività e conseguenti danni economici, i problemi connessi alle ondate di calore e alla siccità diverrebbero rilevanti per l'agricoltura italiana nel suo complesso.

Oltre a subire una contrazione dei volumi, sia le specie vegetali che quelle animali, cambieranno la loro distribuzione sul territorio nazionale in risposta alle mutevoli sollecitazioni climatiche. Nel corso del secolo si è già assistito ad un progressivo spostamento ad altitudini maggiori delle specie vegetali - quantificabile in 0,5 - 4 m per decennio - al quale, assieme a fattori antropici, ha sicuramente contribuito il cambiamento climatico. Questo *trend* è destinato sicuramente a continuare; si prevede ad esempio

che la linea boschiva potrebbe spostarsi verso l'alto di alcune centinaia di metri nel corso del prossimo secolo.

Alla luce degli intrinseci limiti fisici a questo movimento verso l'alto, si evidenzia anche il rischio estinzione al quale sono esposte molte specie montane qualora il cambiamento climatico si protragga nel tempo. E' presente comunque, e già da ora, un concreto rischio di perdita di biodiversità d'alta quota, dal momento in cui le specie sommitali si troveranno a competere con le più adattabili specie in arrivo dalle quote inferiori.

Anche la fenologia è destinata a mutare: si è già evidenziato un anticipo medio di 3 giorni ogni 10 anni di tutte le fasi vitali (emissione delle foglie, fioritura e fruttificazione) delle principali specie forestali che, se destinato a continuare, può provocare gravi danni all'equilibrio tra le componenti vegetali, animali, del suolo delle foreste. Rischi elevati per il patrimonio boschivo e forestale sono rappresentati inoltre dall'aumento della frequenza di episodi siccitosi, in via diretta per le conseguenze negative indotte dalla scarsità idrica, ma anche per la relazione di questi con il rischio incendi. Periodi secchi e aumento nella forza dei venti, entrambi legati al cambiamento climatico, configurano infatti condizioni più favorevoli alla loro insorgenza.

Gli eventi estremi causano poi un incremento dei fenomeni erosivi e quindi una riduzione di *habitat* o soppressione di stazioni di specie rarissime, ma anche il superamento per siccità prolungata delle soglie di adattamento delle specie. Per il patrimonio forestale alpino gli eventi climatici estremi costituiscono un elemento di grande stress, le tem-

peste causano già oggi un terzo degli abbattimenti non pianificati di alberi.

Anche nelle aree costiere la biodiversità e il patrimonio forestale sono minacciati dal rischio di erosione e di allagamento. Le aree che appaiono particolarmente vulnerabili sono le numerose aree SIC costiere e le aree naturali protette, le dune costiere, le pinete e le specie floro-faunistiche pregiate presenti lungo una consistente parte del litorale italiano. Le aree umide nelle zone costiere rappresenta inoltre un altissimo valore in termini di biodiversità a livello locale (specie endemiche), ma anche di portata più ampia, visto il significato di zone costiere mediterranee nell'ambito della migrazione degli uccelli.

Tra i settori economici di possibile impatto delle forzanti climatiche e delle relative conseguenze ambientali vi è sicuramente quello turistico. Innanzitutto, la temperatura percepita, poi l'umidità e le caratteristiche delle precipitazioni di una determinata destinazione turistica contribuiscono a determinarne l'attrattività o il "comfort"; di conseguenza, ogni cambiamento di queste variabili (es. maggiore frequenza di onde di calore estive) può alterare la propensione dei turisti a visitare quella specifica località. Nel caso poi della regione alpina in particolare, vi sono altre variabili, sensibili al cambiamento climatico, di immediata rilevanza sia per l'offerta che per la domanda turistica. E' questo il caso ad esempio della disponibilità e affidabilità della copertura nevosa in inverno così come della lunghezza stessa delle stagioni, estiva e invernale, direttamente collegate alla possibilità di praticare attività sportive e ricreative.

Un altro elemento determinante della domanda e offerta turistica è la possibilità di visitare specifici ecosistemi come foreste o parchi, le cui caratteristiche, se non l'esistenza, sono legate al clima.

Infine l'andamento di domanda e offerta turistica è legato anche all'aumento di intensità e frequenza negli eventi climatici estremi. Un associato incremento di rischio di frane, valanghe e alluvioni può sottoporre a *stress* addizionale le strutture turistiche (villaggi turistici e impianti di risalita), aumentando i costi di manutenzione e le spese per le attività di prevenzione/protezione. Il flusso turistico potrebbe invece contrarsi come conseguenza della più difficoltosa accessibilità alle destinazioni turistiche di montagna se le vie di comunicazione e le altre infrastrutture venissero deteriorate da eventi estremi più frequenti e intensi.

I cambiamenti climatici attesi da considerare rilevanti per il turismo costiero riguardano la perdita di territorio litorale (pinete, dune, spiagge ecc.), imputabile all'innalzamento del livello del mare o anche a mareggiate concomitanti con eventi alluvionali, e la conseguente scomparsa di aree costiere, zone urbanizzate a ridosso della riva attuale e di infrastrutture per le attività turistiche come porticcioli, infrastrutture viarie (strade e autostrade) e ferroviarie, ecc. Già da diversi decenni assistiamo a fenomeni di erosione e allagamento delle aree costiere su buona parte del territorio nazionale, che hanno prodotto in un tempo relativamente breve una generale tendenza all'arretramento delle coste sabbiose italiane.

Anche la riduzione delle risorse idriche è destinata a causare impatti diretti sul turi-

smo costiero, a causa della loro crescente scarsità e per l'intrusione di acque saline nelle riserve idriche costiere, tra l'altro già sotto pressione per intensi usi antropici in quelle stesse zone. A questo si aggiunga un aumento del rischio d'incendio, in particolare un aumento della frequenza e severità degli incendi, attribuibile ad incrementi di temperatura importanti.

Nel settore energetico, i principali impatti attesi sono:

- la diminuzione della domanda di consumi energetici per il riscaldamento invernale, con l'aumento, invece, di quella per il raffreddamento estivo: questo implica anche una influenza diretta sul picco della domanda di energia, soprattutto elettrica, spostandola alla stagione estiva e portandola al di là della capacità massima dei sistemi di trasmissione (con rischi di black out elettrico);
- la diminuzione della capacità di produzione idroelettrica per la diminuzione complessiva delle precipitazioni atmosferiche e la riduzione delle riserve nivo-glaciali;
- la diminuzione della capacità complessiva di produzione termoelettrica per quegli impianti dotati di sistemi di raffreddamento a ciclo aperto dipendenti da corsi d'acqua e bacini idrici interni, per la diminuzione delle disponibilità di risorse idriche.

Opzioni di adattamento

Fra le misure di adattamento finalizzate all'attenuazione dell'impatto da erosione costiera, è possibile prevedere interventi di accomodamento come la riconversione di

destinazione economica o lo sviluppo di coltivazioni più tolleranti al rischio di inondazioni, come anche azioni di protezione come lo sviluppo di soluzioni protettive flessibili (creazione di dune o di vegetazione) o l'innalzamento di strumenti più rigidi di difesa costiera (barriere fisiche, dighe, ecc.), per bloccare il cuneo salino e impedire l'intrusione di acqua salata nel sottosuolo e nelle falde acquifere. Tuttavia la gestione del ciclo dell'acqua può essere ottimizzata anche attraverso una gestione integrata dei bacini idrici esistenti, anche tramite la realizzazione di nuovi bacini che raccolgano acqua da pioggia, o ancora passando per una riduzione degli sprechi (perdite nella rete di distribuzione idrica, captazioni abusive, ecc.) e dei consumi idrici, e un miglior raccordo fra qualità della risorsa e destinazione d'uso.

Le principali strategie di adattamento dei settori agricoli possono avere una rilevanza di breve o di lungo periodo. Al primo tipo appartengono quelle attività volte a ottimizzare la produzione in presenza delle mutate condizioni climatiche senza però dover necessariamente stravolgere i sistemi produttivi. Queste possono essere definite anche come autonome nel senso che non necessitano del supporto di altre realtà come quella tecnologica o politica. Al secondo tipo appartengono invece quelle strategie che comportano cambiamenti strutturali e sono solitamente accompagnate/governate da interventi pianificati ad alti livelli decisionali. Fra queste è possibile prevedere una modifica nell'uso dei fertilizzanti e dei pesticidi, l'adozione di tecniche per la conservazione dell'acqua e più una efficiente gestione dei processi di irrigazione,

l'utilizzo di tecniche tradizionali o genetiche per sviluppare/introdurre varietà resistenti al caldo e alla scarsità idrica, il miglioramento dell'efficienza delle tecniche di irrigazione e dell'utilizzo delle risorse idriche, l'adattamento alle modificate condizioni di crescita e produttività delle coltivazioni, ma anche alla presenza di nutrienti nel suolo.

Diverse strategie sono a disposizione del settore turistico per far fronte a variazioni della domanda di turismo in generale, sia estivo che invernale. A protezione delle aree costiere interessate da attività turistiche le opzioni di adattamento sono pressoché identiche a quelle previste per il contenimento dell'impatto sulle risorse idriche localizzate in quelle stesse porzioni di territorio, e fanno principalmente riferimento alla difesa o stabilizzazione delle spiagge con opere morbide di ripascimento piuttosto che l'innalzamento di barriere di altra natura.

Poi vi sono le cosiddette strategie tecniche che consistono nell'apportare opportune modifiche alla morfologia delle aree allo scopo di renderle più affidabili.

In un contesto di turismo sciistico una strategia di questo tipo raggruppa quegli interventi volti a ridurre lo spessore del manto nevoso necessario a permettere la pratica dello sci e di conseguenza anche l'entità dell'innevamento artificiale eventualmente richiesto (progettazione di particolari tipi di tracciato, installazione di parapetti "cattura neve" *snow farming*, posa di alberi che proteggano le piste, drenaggio dei terreni particolarmente umidi che potrebbero ritardare l'accumularsi della neve e anticiparne lo scioglimento). Importanti sono anche gli interventi di protezione delle piste dal vento, la creazione

di aree ombreggiate e gli interventi di "pulitura" delle piste che ne innalzano l'albedo.

Un secondo tipo di intervento consiste invece nella delocalizzazione ovvero nel cambiare la collocazione/estensione delle piste spostandole in zone più affidabili dal punto di vista della copertura nevosa o nel potenziare/concentrare l'attività sciistica nella parte "più elevata" di un impianto esistente. Anche in questo caso sono da considerare le importanti limitazioni ambientali ed economiche. L'intervento tecnico più conosciuto e che è anche quello maggiormente adottato, consiste infine nella produzione di neve artificiale.

A queste opzioni di intervento si aggiungono le strategie "comportamentali" incentrate sulla differenziazione dell'offerta turistica. Anzitutto l'apertura e la durata della stagione invernale può in parte essere adattata all'effettiva disponibilità di neve, mentre i flussi stagionali di turismo costiero possono essere spalmati su un profilo temporale più esteso di quello tradizionalmente dedicato alle vacanze estive, riconvertendosi su un ampliamento e potenziamento dell'offerta turistica nelle altre stagioni. E' possibile ampliare la gamma di attività ricreative praticabili, indirizzarsi verso attività differenti come il turismo congressuale, o l'offerta di percorsi culturali e periodi relax con trattamenti fitness.

Tra gli interventi considerati più efficaci al fine dell'adattamento dell'ecosistema ai cambiamenti climatici si possono prevedere quelli indirizzati allo sviluppo di una rete ecologica efficiente che non ostacoli le migrazioni delle specie, l'integrazione della problematica dei cambiamenti clima-

tici nei processi di programmazione e pianificazione territoriale, la sorveglianza dello sviluppo delle specie più competitive e, se necessario, interventi capillari per le specie a rischio effettivo di estinzione.

Le opzioni di adattamento nel campo dell'energia possono essere così riassunte:

- riduzione della domanda di energia (in particolare nel periodo estivo) attraverso la diffusione di processi, tecnologie e dispositivi efficienti;
- diffusione di piccoli impianti e microgeneratori diffusi sul territorio dotati di micro reti che diminuiscono la vulnerabilità complessiva del sistema di produzione di energia elettrica e delle reti di trasmissione elettrica;
- diffusione di pompe di calore;
- realizzazione di impianti dotati di sistemi di raffreddamento a ciclo chiuso;
- predisposizione di sistemi di accumulo dell'energia (utilizzando per esempio vettori elettrici);
- incremento della utilizzazione della geotermia;
- incremento della utilizzazione della fonte solare.

La promozione dell'efficienza energetica e delle fonti rinnovabili, rappresenta, peraltro, una priorità per le politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici.

10.3 Le criticità conoscitive e possibili contromisure

Nell'introdurre questo capitolo sulle criticità che vanno affrontate in via prioritaria nell'ambito delle iniziative di adattamento, si è più volte ribadito che l'attuale quadro

conoscitivo si presenta con più zone d'ombra che con certezze.

Si è a tal proposito citato un passaggio del *Green Paper* della CE che pone le iniziative per ridurre l'incertezza, ampliando la base di conoscenze sugli scenari e conseguenti impatti dei cambiamenti climatici, tra le massime priorità della strategia di adattamento dell'UE.

In tale importante documento, di riferimento per i fini che qui si vogliono perseguire, si afferma infatti che *disporre di risultati scientifici attendibili è un fattore di capitale importanza per la politica sul clima e che, nonostante i notevoli progressi realizzati nella comprensione del sistema Terra-clima, permangono ancora molte incertezze, soprattutto in relazione alla possibilità di ottenere previsioni più accurate e dettagliate sugli impatti dei cambiamenti climatici a livello locale e regionale e sui costi e sui benefici delle misure di adattamento per orizzonti temporali più ravvicinati, ad esempio il 2020-2030.*

Le criticità di natura conoscitiva riguardano, pertanto, più fattori.

Innanzitutto un fattore determinante nella definizione degli scenari futuri è costituito dall'esito delle politiche di mitigazione che al momento si presentano con ampi margini di incertezza.

Un altro fattore è costituito dalle attuali prestazioni dei modelli climatici che, al di là della complessità degli algoritmi da implementare e della notevole interdipendenza di fenomenologie, devono fare i conti con una scarsa, ovvero poco organica, disponibilità di dati di base e con una statistica non stazionaria.

Un ulteriore importante fattore di criticità è rappresentato dalla difficoltà di traduzione

degli elementi di valutazione fisica degli impatti, anche se ottenuti con un buon livello di confidenza, in stime di carattere economico. Tali stime, che devono attenersi sia ai costi dell'inazione (danni prevedibili per effetto dei cambiamenti climatici), sia ai costi dei piani di adattamento, rappresentano il presupposto imprescindibile delle analisi costi-benefici per la programmazione degli interventi.

Il riconoscimento e la stima dei *trend* delle variabili climatiche vengono effettuati attraverso la elaborazione statistica delle serie temporali di dati rilevati dalle stazioni di monitoraggio presenti sul territorio nazionale. A questo scopo, le serie utili sono quelle relative alle reti del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare (AM), alle reti regionali, che includono quelle dell'ex Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale e fanno riferimento in molti casi alle Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA), e all'Ufficio Centrale di Ecologia Agraria (UCEA).

Per poter valutare le tendenze con un buon grado di attendibilità è necessario controllare rigorosamente le serie depurandole dai dati errati, integrare eventualmente i dati mancanti con opportuni metodi statistici e filtrare dalle serie eventuali segnali non climatici, come quelli dovuti allo spostamento della stazione di misura o alla modifica o sostituzione della strumentazione. A questo scopo, le serie di dati devono essere sottoposte a opportuni test di omogeneità statistica, e rese omogenee qualora vengano rilevati uno o più punti di disomogeneità.

A fronte di queste esigenze, i database esistenti sono sparsi tra numerosi soggetti e

sensibilmente disomogenei, dalle modalità di accesso alle frequenze temporali alla copertura spaziale, ma soprattutto alle modalità di verifica e controllo di qualità dei dati.

Gli standard di controllo di qualità sono particolarmente importanti per i *record* di lunga durata disponibili. Pochissimi *record* lunghi che sono stati omogeneizzati dalla comunità scientifica e accademica non sono veramente e completamente accessibili.

Inoltre non si è in grado di valutare i *trend* laddove non ci sia una stazione di misura (difficoltà di spazializzazione di quantità derivate) e le stazioni non sono distribuite in modo razionale e omogeneo, mentre sono evidenti gradienti importanti nei *trend* osservati da nord a sud, da pianura a montagna e da zone costiere a zone interne.

Si hanno, poi, difficoltà a valutare le incertezze sui pochi trend stimati e le incertezze e l'incapacità a valutarle aumentano enormemente se ci si allontana dai pochi punti di misura che possiedono record lunghi.

Non ci sono tecniche consolidate per la valutazione dei *trend* su quantità derivate di ordine superiore (per esempio i tempi di ritorno) e/o in presenza di serie temporali fortemente non stazionarie; occorre coinvolgere robusti *team* di matematici e statistici per innalzare il livello della conoscenza su queste problematiche.

Per quanto concerne gli strumenti di calcolo, soprattutto di natura prognostica, nel nostro Paese c'è una forte carenza di attività di studio, ricerca e sviluppo in materia di modellistica climatica ad area limitata a scala mediterranea o italiana. Le poche esperienze di applicazioni di tali modelli al

nostro territorio sono riferibili a organismi sopranazionali.

Se le previsioni del clima futuro nei diversi scenari di sviluppo e di emissioni dei gas climalteranti provengono dalle attività di ricerca e di applicazione dei modelli dinamici a scala globale e regionale, che necessitano di un impulso, di una partecipazione e di un coordinamento sempre più intensi, la verifica delle previsioni stesse e l'analisi costante dell'andamento delle variabili climatiche si basano sulla disponibilità di dati osservativi e informazioni tempestive, complete, affidabili e costantemente aggiornate.

I notevoli *gap* da colmare in Italia in termini di tipologia di indicatori climatici, copertura spaziale e risoluzione temporale, che derivano in gran parte dalla difficoltà di reperimento e dalla frammentarietà e disomogeneità delle reti osservative e dei dati, rendono necessario effettuare un salto di qualità nella disponibilità, nella organizzazione e nell'accesso a tutti i dati utili o necessari alla determinazione degli indicatori climatici alla scala regionale e locale. L'avvio di un processo di riorganizzazione del monitoraggio meteorologico in Italia dovrebbe coinvolgere tutti i soggetti e gli organismi che a vario titolo svolgono una funzione e un ruolo in questo settore, con la finalità di mettere a sistema capacità e attività di servizio che risultano oggi spesso o in parte disarticolate tra di loro, ostacolando anche una piena rappresentatività e partecipazione ai programmi internazionali di monitoraggio e di ricerca sul clima e l'allineamento dell'Italia ai servizi e ai prodotti erogati dai Paesi europei meglio organizzati.

La questione dell'organizzazione di un servizio idro-meteo-climatologico nazionale, da tempo nel dibattito degli addetti ai lavori, motivata da tanti e diversi aspetti che riguardano l'uso civile dei dati e delle previsioni, può e deve trovare una spinta decisiva alla ricerca di una soluzione razionale ed efficace, dalla urgenza e dalla ineluttabilità dell'adattamento ai cambiamenti climatici, e per questi motivi viene posta all'attenzione del Governo, delle Istituzioni e in particolare del MATM e del sistema delle Agenzie per la protezione dell'ambiente.

Se la definizione di efficaci scenari di cambiamento del clima pone una serie di difficoltà, sia di natura tecnica che organizzativo-istituzionale, più complessa si mostra l'attività per migliorare la nostra capacità di costruire realistici scenari di impatto, sia in relazione ai fattori fisici che in termini di costi.

Negli ultimi decenni, in effetti, vi è stato un progresso significativo riguardo la teoria e le metodologie a disposizione per la stima economica degli impatti dei cambiamenti climatici, ma a livello nazionale la loro applicazione è tuttora carente. Mancano in particolare per l'Italia adeguate valutazioni economiche degli impatti in caso di inazione e delle alternative in termini di adattamento.

Esistono alcuni *gap* fondamentali che valgono per tutti i settori analizzati, e questi riguardano la parte climatica e idrogeologica. Essendo cruciale migliorare l'affidabilità della modellistica del meccanismo di trasmissione degli effetti del cambiamento climatico, dagli scenari globali a quelli su scala nazionale e locale, sarà necessario

un impegno notevole di ricerca sia nel *downscaling* dei modelli climatici, sia nella modellistica dei fattori d'innescio di origine climatica di eventi quali frane, alluvioni, desertificazione, ecc. In assenza di modelli che permettano di quantificare gli impatti fisici di scenari futuri dei cambiamenti climatici ad una scala utile per l'Italia, non sarà possibile quantificare il costo del cambiamento climatico, né tanto meno identificare le migliori strategie di adattamento da perseguire.

Pur esistendo in letteratura metodologie ben consolidate per la valutazione degli impatti economici, raramente sono state applicate a scala nazionale o, ancor più rilevante nel caso delle strategie di adattamento, a scala sub-nazionale e locale.

Le analisi costi-benefici delle strategie di adattamento dovrebbero essere svolte a livello territoriale piuttosto che nazionale, per tener conto delle specificità topografiche, climatiche e socio-economiche. Le zone più vulnerabili dovrebbero rappresentare il punto di partenza degli esercizi di valutazione e identificazione di strategie di adattamento. Così per l'innalzamento del livello del mare, le regioni più vulnerabili saranno quelle costiere depresse, mentre per i problemi legati alla desertificazione si darà priorità alle regioni del sud.

Le analisi necessarie a una corretta impostazione delle politiche di adattamento, che toccano aspetti disciplinari diversi, vanno condotte con un approccio interdipendente o integrato in modo che tra evoluzione degli scenari climatici, degli impatti fisici e quella degli impatti economici sia garantita la massima coerenza e si minimizzi il rischio di trascurare aspetti fonda-

mentali di un quadro altamente complesso. Che queste operazioni presentino significative difficoltà è avallato anche dallo stesso *Green Paper CE*, laddove afferma che *occorre promuovere un approccio integrato, intersettoriale e olistico, oltre all'internazionalizzazione dei costi ambientali del degrado fisico e biologico*. Si afferma, altresì, che *le attività di ricerca dovrebbero approfondire la complessità delle interrelazioni tra fattori che non possono essere analizzati indipendentemente gli uni dagli altri*.

Queste indicazioni, peraltro, trovano piena rispondenza nel programma quadro di ricerca dell'UE 2007-2013, nel quale viene attribuita grande enfasi ai cambiamenti climatici e alla capacità di sviluppare adeguati strumenti per la definizione delle strategie di adattamento. In particolare tale piano individua attività di ricerca finalizzate a:

- *elaborare metodi globali e integrati di valutazione degli impatti, dei punti deboli e dell'efficacia dei costi dell'adattamento e predisporre indicatori per quantificare la riuscita degli interventi di risposta; migliorare la valutazione del rischio, dell'impatto e del rapporto costi-benefici, su scala europea, degli interventi di risposta di adattamento rispetto all'assenza di interventi, oltre che comparare le risposte integrate a livello dell'UE con gli approcci settoriali, compresa l'analisi dei costi e dei benefici sotto il profilo socioeconomico; perfezionare la valutazione integrata e lo sviluppo e l'utilizzo di strumenti finalizzati a dimostrare i benefici economici, ambientali e sociali dell'adattamento per le regioni europee transfrontaliere;*
- *migliorare le conoscenze di base e la previsione degli impatti in Europa, compresi l'Atlantico settentrionale, l'Artide, il Mediterraneo e il Mar Nero; ridurre la scala dei modelli climatici e migliorare la previsione degli impatti potenziali a livello regionale e locale, tenendo conto anche delle possibili ripercussioni sul settore delle acque, dell'energia (in particolare la minore capacità di raffreddamento per le centrali elettriche, gli effetti sugli impianti idroelettrici, l'aumento della domanda di climatizzazione negli edifici), sulle infrastrutture di trasporto, sulle industrie e sulle imprese, sulla pianificazione dell'uso del suolo, sull'agricoltura e la salute umana;*
- *istituire, su scala europea, set di dati e modelli completi, di lungo termine e che presentino un'alta risoluzione e migliorare il coordinamento tra i centri di dati, i sistemi d'informazione e le reti;*
- *migliorare l'accesso ai dati già disponibili e integrare i dati utili ai fini dell'adattamento in sistemi quali INSPIRE (Infrastruttura per l'informazione territoriale in Europa), SEIS (Sistema comune di informazioni ambientali) e GMES (Monitoraggio globale per l'ambiente e la sicurezza), compresi i dati ricavati da un monitoraggio in loco notevolmente più perfezionato e di lungo termine degli aspetti qualitativi e quantitativi delle risorse naturali, della biodiversità e dei servizi ecosistemici;*
- *incentivare il ricorso ai sistemi d'informazione finanziati dalla Comunità, come il Sistema europeo di allarme*

inondazioni (EFAS), il Sistema europeo di informazione sugli incendi boschivi (EFFIS), il Centro di monitoraggio e informazione (CMI) per la protezione civile e il sistema comunitario di previsione delle rese, che devono sviluppare tutte le loro potenzialità;

- *predisporre, ogni 4-5 anni, rapporti sintetici e aggiornati sugli impatti dei mutamenti climatici, sull'adattamento e sui punti deboli; tali rapporti dovrebbero essere approntati dall'Agenzia europea dell'ambiente e dal Centro comune di ricerca, ad esempio sulla base dei risultati conseguiti dai programmi quadro di ricerca comunitari e dalle attività di ricerca svolte in ambito nazionale;*
- *finanziare, con la collaborazione del settore privato, ricerche sull'adattamento per le imprese, i servizi e le industrie e avviarne altre per lo sviluppo di tecnologie e prodotti per l'adattamento, che possano incentivare l'innovazione in vari settori (come l'agricoltura, la silvicoltura, le acque, l'energia, la costruzione, la pesca e l'acquicoltura);*
- *avviare studi di portata europea sui piani, presenti e futuri, ideati dalle regioni costiere per rafforzare la difesa delle coste, sui relativi costi economici ed ambientali, sugli effetti che tali piani potrebbero avere sul bilancio comunitario e sull'economia delle regioni costiere;*
- *incentivare la cooperazione, la costituzione di partenariati e la messa in rete all'interno della comunità scientifica dei paesi dell'UE e dei paesi terzi, soprattutto quelli in via di sviluppo, i paesi vicini e i partner principali, per condividere i risultati delle ricerche, i modelli*

climatici e altri strumenti metodologici, in particolare nell'ambito del programma di lavoro quinquennale sull'adattamento previsto dalla convenzione UNFCCC;

- *assistere i professionisti fornendo indicazioni sui dati scientifici disponibili e sulle misure di adattamento, sulle varie soluzioni possibili corredandole delle rispettive analisi costi-benefici; promuovere reti di scala europea per lo scambio e la messa in comune delle conoscenze, esperienze e iniziative di adattamento disponibili in Europa e, infine, agevolare la diffusione delle conoscenze dai ricercatori ai professionisti sul campo.*

Le criticità conoscitive sopra evidenziate richiedono energici interventi che devono avere carattere di propedeuticità se si vuole impostare correttamente una strategia di adattamento a livello nazionale.

In tal senso le iniziative di studio e ricerca, indicate nel piano comunitario, devono vedere il nostro Paese in prima fila, sia per quanto riguarda una significativa partecipazione a iniziative di livello comunitario, sia in relazione a iniziative che possono essere condotte a livello nazionale, con articolazioni territoriali.

È importante che tutte le iniziative siano programmate all'interno di un contesto coordinato, tenuto conto della più volte ricordata interdipendenza dei fattori causali in gioco. In questo contesto devono anche essere valorizzate le opportunità offerte dalle politiche di mitigazione in termini di incremento della capacità adattiva dei sistemi naturali e umani (in particolare

per quel che riguarda il settore agricolo e forestale), attraverso l'incremento della loro resilienza.

In definitiva occorre un Piano-Progetto Clima Nazionale finanziato, controllato e valutato a livello di Governo nazionale e gestito da un soggetto che garantisca la piena integrazione di tutte le potenzialità e le capacità presenti nel nostro Paese in grado di contribuire alla definizione e successiva attuazione di un programma di adattamento nazionale ai cambiamenti climatici.

A tal fine si potrebbe istituire, sulla falsariga di quanto già realizzato in altri paesi, presso una struttura tecnico-istituzionale di livello nazionale, un Centro di competenza cui affidare, tra gli altri i seguenti specifici compiti:

- assicurare la predisposizione e il continuo aggiornamento delle necessarie basi di conoscenza a supporto della strategia nazionale di adattamento, attraverso il più efficace coinvolgimento della comunità scientifica e accademica italiana e dei vari soggetti titolari di attività di monitoraggio e garantire il continuo collegamento con le analoghe iniziative che si programmano e attuano in altri contesti nazionali e sopranazionali;
- accelerare i processi di programmazione e attuazione delle iniziative di adattamento, attraverso la corretta ed efficace predisposizione delle informazioni rilevanti sui cambiamenti climatici, sui conseguenti impatti e le possibili opzioni di adattamento alle diverse scale territoriali;
- favorire l'interscambio di informazioni e la cooperazione tra tutti i soggetti con competenze in materia;

- assicurare, anche attraverso la costruzione di idonee batterie di indicatori, il continuo monitoraggio dei progressi compiuti nella programmazione e attuazione degli interventi, e la predisposizione periodica (3-5 anni) di un progress report sull'argomento;
- supportare le iniziative di formazione finalizzate allo sviluppo delle nuove figure professionali che si rendono necessarie per fronteggiare l'intera questione dei cambiamenti climatici.

Come anticipato già esistono prime esperienze in questa direzione. In Germania, in particolare, attraverso il progetto KomPass è stato istituito presso l'UBA, l'Agenzia federale tedesca per la protezione dell'ambiente, il *Competence Centre on Climate Change Impacts and Adaptation*.

Nel nostro contesto istituzionale, l'Apat, per attribuzioni, competenze tecniche ed esperienze operative, nonché per le sue funzioni di coordinamento dell'articolato Sistema di Agenzie regionali e delle province autonome per la protezione dell'ambiente, possiede tutti i requisiti per ospitare un simile Centro.

La realizzazione in Italia di un simile Centro di competenze e l'organizzazione del Servizio distribuito idro-meteo-climatologico nazionale, cui si è fatto cenno sopra, consentirebbero sia un'accelerazione del processo di costruzione di una strategia di adattamento, sia una più efficace partecipazione alle iniziative che si stanno programmando a livello europeo.

Appendice

A.1 AGENDE DEGLI EVENTI PREPARATORI ALLA CONFERENZA³¹

WORKSHOP

Le variazioni climatiche e i processi di desertificazione: verso piani di monitoraggio e strategie di riduzione della vulnerabilità e di adattamento

Alghero, 21-22 giugno 2007

GIOVEDÌ 21 GIUGNO

ORE 9,00

Apertura dei Lavori

Bruno Dettori, Sottosegretario di Stato Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
Cicito Morittu, Assessore Regionale della Difesa dell'Ambiente della Regione Autonoma della Sardegna
Carla Testa, Direttore Generale dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna

Presentazione della Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici

Giancarlo Viglione, Commissario Straordinario dell'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici

ORE 9,30

OBIETTIVI E CONTESTO

Verso una strategia di adattamento ai cambiamenti climatici

Vincenzo Ferrara, Dirigente ENEA – Consigliere del Ministro dell'Ambiente per il clima

Contro la siccità, contro la sete

Le strategie della UNCCD dopo i primi dieci anni di attività: risultati raggiunti e definizione delle priorità. I risultati e le indicazioni dello IYDD

Valerio Calzolaio, Consulente United Nations Convention to Combat Desertification

ORE 10,00

LE BASI CONOSCITIVE PER LA SITUAZIONE ITALIANA. INDICATORI DI STATO E DI IMPATTO

Presiede e coordina Guido Bonati, Istituto Nazionale di Economia Agraria

Il Quarto Rapporto IPCC: variazioni climatiche ed impatti sul suolo e sulla disponibilità di risorse idriche

Francesco Nicola Tubiello, Center For Climate Systems Research, Columbia University-IIASA-NA-SA-GISS

L'impatto delle variazioni climatiche sui sistemi agro-forestali nelle aree a rischio desertificazione

Riccardo Valentini – Donatella Spano, Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici

L'impatto delle variazioni climatiche in campo floristico e vegetazionale

Carlo Blasi, Università di Roma "La Sapienza"

Indicatori di stato, impatto e risposta nei sistemi di degradazione dei suoli italiani

Edoardo Costantini, Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura - Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo

Il contributo della ricerca scientifica e tecnologica a supporto delle azioni di lotta alla desertificazione

Massimo Iannetta, Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente

Approcci e strategie comunitarie in materia di gestione della siccità e lotta alla desertificazione

Giorgio Pineschi, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

ORE 12,40

Dibattito e interventi liberi

³¹ Le informazioni riportate sono riferite all'atto della preparazione dell'evento e pertanto potrebbero non tener conto di modifiche intervenute successivamente in fase di svolgimento dei lavori.

ORE 14,30

LE AZIONI SUL TERRITORIO ED IL CONTRIBUTO DI REGIONI E ISTITUZIONI DI RICERCA

Coordina Giuseppe Bianco, Servizio Agrometeorologico Regionale per la Sardegna.

Interventi di rappresentanti delle Regioni e delle istituzioni di ricerca con esperienze di lotta alla siccità ed ai fenomeni di desertificazione. Gli interventi dovranno descrivere lo stato dell'arte in merito alla conoscenza dei fenomeni nel territorio di riferimento, gli interventi operativi realizzati, le opzioni strategiche e di policy.

Si prevede la partecipazione di rappresentanti delle Regioni maggiormente affette e di altre Regioni con esperienza nel campo nonché di istituzioni di ricerca nazionali che hanno realizzato studi a scala nazionale o regionale, tra cui:

Ivan Bevilacqua, Igor Boni, IPLA Piemonte; Lucio Botarelli, ARPA Emilia Romagna; Renzo Castello, Regione Liguria; Alessandro Chiaudani, ARPA Veneto; Tommaso Piacentini, Università degli Studi "G. D'Annunzio" Chieti-Pescara; Antonio Di Gennaro, consulente PPR Campania; Andrea Freschi, Regione Basilicata; Ramona Magno, CNR-IBIMET; Massimo Perniciaro, Osservatorio delle Acque della Regione Sicilia; Giosuè Loj, Osservatorio Pedologico Nazionale; Ciro Pignatelli, ISSI; Nicoletta Sannio, Roberto Silvano, Regione Sardegna; Andrea Toreti, APAT; Mauro Valentini, ARPA Lombardia; Domenico Vento, CRA – UCEA; Carmen Barbalace, ARPA Calabria; Gaetano Ladisa, ARPA Puglia.

Dibattito e interventi liberi

È stato invitato ad intervenire Renato Soru, Presidente della Regione Autonoma della Sardegna

ORE 20,00

Chiostro San Francesco

Parole d'acqua su versi di sabbia

Reading poetico a cura di Neria De Giovanni, Presidente dell'Associazione Salpare

Letture di Pierluigi Alva

Partecipa Marcia Theophilo con "Amazzonia madre d'acqua"

VENERDÌ 22 GIUGNO

ORE 9,30

LA SOCIETÀ, L'ECONOMIA, LE ISTITUZIONI

Coordina Anna Luise, Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici

Aspetti metodologici nella valutazione dei costi d'inazione e dell'adattamento nel caso della desertificazione

Gretel Gambarelli, Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici

Degrado socio-economico del territorio: modelli interpretativi e politiche per le aree rurali del Mediterraneo

Giovanni Quaranta, Università della Basilicata

La proposta di direttiva quadro per la protezione del suolo e il suo contributo alla lotta alla siccità ed alla desertificazione.

"Stato dei lavori e prospettive"

Maria Grazia Cotta, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

Scenari di rischio e determinanti ambientali di salute nel contesto nazionale: considerazioni e riflessioni per le policy ambientali

Luciana Sinisi, Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici

L'uso innovativo delle conoscenze tradizionali nella lotta alla siccità ed alla desertificazione

Pietro Laureano, IPOGEA – UNESCO

ORE 11,30

TAVOLA ROTONDA

Proposte e indicazioni per piani di monitoraggio, tecnologie per la lotta alla siccità ed alla desertificazione ed interventi di policy

Presiede: Bruno Dettori, Sottosegretario di Stato Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

Partecipano: Valerio Calzolaio, consulente UNCCD
Romualdo Coviello, Presidente CRA

Giuseppe Enne, Università di Sassari

Vincenzo Ferrara, coordinatore CN2007

Carlo Giupponi, Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici

Anna Luise, APAT

Maurizio Sciortino, ENEA

Sessione poster a invito

Chiusura lavori.

ORGANIZZATO DA MATTM, APAT, ARPA SARDEGNA IN COLLABORAZIONE CON IL SISTEMA DELLE AGENZIE AMBIENTALI

**CON IL PATROCINIO DI:
RAPPRESENTANZA IN ITALIA COMMISSIONE EUROPEA**

**REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
PROVINCIA DI SASSARI
CAMERA DI COMMERCIO, INDUSTRIA,
ARTIGIANATO E AGRICOLTURA DI SASSARI
COMUNE DI ALGHERO**

COORDINAMENTO SCIENTIFICO

Anna Luise, APAT
Andrea Motroni, ARPAS
Maurizio Sciortino, ENEA
Guido Bonati, INEA

SEGRETERIA ORGANIZZATIVA

Salvatorina Sechi, ARPAS
wsdesertificazione@arpa.sardegna.it
tel. 079/258624

SUPPORTO AMMINISTRATIVO

Italo Cicalò, Rosanna Loi, ARPAS
tel. 070/67881203

COMUNICAZIONE

Romina Canu, ARPAS
tel. 079/258603 - 335/5917288

Il workshop è una delle "100 iniziative contro la siccità e la desertificazione" promosse dal Ministero dell'Ambiente, con la collaborazione del Comitato Nazionale per la Lotta alla Siccità e alla Desertificazione (CNLS), in occasione della Giornata Mondiale della Lotta alla Desertificazione del 17 giugno.

WORKSHOP

Cambiamenti climatici e ambiente marino-costiero: scenari futuri per un programma nazionale di adattamento

Palermo, 27-28 giugno 2007

MERCOLEDÌ 27 GIUGNO

ORE 9,00

Benvenuto e presentazione del workshop e della Conferenza Nazionale 2007 sui Cambiamenti Climatici.

Interventi di saluto degli amministratori locali.

Diego Cammarata, Sindaco di Palermo
Salvatore Cuffaro, Presidente della Regione Siciliana
Giulia Adamo, Presidente della IV Commissione dell'ARS Ambiente e Territorio

Mario Parlavecchio, IV Commissione dell'ARS Ambiente e Territorio

Bartolo Fazio, Componente della XIII Commissione Permanente Territorio Ambiente e Beni Ambientali del Senato

Presentazione della Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici

R. Caracciolo, APAT

Presentazione del workshop

S. Corsini, APAT

ORE 10,00 – 11,10

SESSIONE I - Le forzanti

Presiede M. Ferla, APAT

La climatologia del moto ondoso

S. Morucci, APAT

Gli eventi estremi di moto ondoso

F. Arena, Università Mediterranea di Reggio Calabria

Il contesto meteomarinario e i cambiamenti climatici

P. Lionello, Università di Lecce

ORE 11,30

Scenari di Cambiamento nel regime delle precipitazioni e conseguenze sulla dinamica sedimentaria bacino-coste

V. Lucarini, R. Deidda, CINFAI

ORE 11,50

Scenari di sea level rise nel Mediterraneo

F. Raicich, ISMAR

ORE 12,10

Cambiamenti del ciclo idrologico del Mediterraneo e conseguenze sulla valutazione degli scenari di innalzamento del livello del mare

Nadia Pinardi, INGV – GNOO

ORE 12,30

Presentazione questionario

GdL APAT

ORE 14,00 – 15,10

SESSIONE II - Andare oltre l'attuale conoscenza

Presiede G. Fierro, GNRAC

Trend e mappatura del rischio lungo le coste italiane secondo la metodologia del progetto Euro-sion

C. Vicini, APAT

Rischio per erosione dei litorali italiani: l'esperienza del progetto nazionale

U. Simeoni, Università di Ferrara

Risalita relativa del mare e vulnerabilità delle piane costiere italiane

Fabrizio Antonioli, ENEA

Valutazione del rischio costiero da inondazione dovuta al moto ondoso

G. Benassai, Università degli Studi di Napoli Parthenope

ORE 15,50

Strategie di adattamento e mitigazione sostenibili: le dune costiere nazionali

E. Valpreda, ENEA

ORE 16,10

Strategie ed interventi di protezione costiera in relazione ai cambiamenti climatici

L. Franco, Università degli Studi Roma Tre - P. Contini, MODIMAR

ORE 16,30

Dibattito

Moderatore: G. Pepi,

Condirettore responsabile: Giornale di Sicilia

Partecipanti: C. Cavarretta (CNR), S. Costabile (MATM), T. D'Aponte (Società Geografica Italiana), D. Fontana (Legambiente Sicilia), S. Greco (ICRAM), S. Marino (D.G. ARPA Sicilia), G. Merlo (Compagnia Generale Riprese Aeree - Parma), A. Rinaldi (ARPA Emilia Romagna), U. Simeoni (Università di Ferrara), A. Speranza (CINFAI), S. Tibaldi (ARPAER)

Temi di discussione:

- L'esigenza di ricerca e sviluppo a scala nazionale dei dati ambientali e dei programmi di monitoraggio. Valutazione della vulnerabilità in area costiera e della capacità di discriminazione degli effetti dei cambiamenti climatici rispetto all'azione dell'uomo.
- Proposte per migliorare la capacità nazionale di produrre conoscenza in grado di sostenere l'attuazione dei piani strategici di adattamento agli scenari di cambiamento climatico di fine secolo.

ORE 18,30

Conclusioni giornata e aggiornamento lavori

GIOVEDÌ 28 GIUGNO

ORE 9,00 – 10,05

SESSIONE III - Opzioni e strategie di adattamento

Presiede G. Randazzo, EUCC

Presentazione programma giornata e apertura lavori

Strategie nazionali di adattamento agli scenari di cambiamento climatico nelle aree costiere italiane

P. Campostrini, CORILA

Risorse strategiche nello scenario di variazione di vulnerabilità delle aree costiere.

La risorsa sabbia: conoscenza, disponibilità e strategie a lungo termine

S. Cappucci, ICRAM

Esempi di valutazioni su scala locale/regionale delle opzioni di adattamento per le aree costiere rispetto agli scenari di cambiamenti climatici a lungo termine: casi di studio di metodologie e i risul-

tati conseguiti

Lazio - Marche

C. M. Traversi, CMCC

Emilia Romagna

U. Simeoni, Università di Ferrara

Sardegna

S. De Muro, Università degli Studi di Cagliari, ARPA Sardegna

Abruzzo

G. Venturini, Regione Abruzzo

Sicilia

G. Arnone, Regione Siciliana-Dip.to Territorio ed Ambiente, Servizio 04

ORE 12,20 –13,00

Opzioni di adattamento per le aree costiere agli scenari di Cambiamento Climatico a lungo termine - la mitigazione della vulnerabilità nell'interazione tra bacino e costa - Possibilità e conflittualità

M. Vita, AdB Basilicata

Nuove politiche per l'uso e gestione del territorio: Master Plan e GIZC in Italia

G. Bortone, R. Emilia Romagna

ORE 14,00-15,30

SESSIONE IV - Proposte per una strategia italiana di adattamento agli effetti dei cambiamenti climatici nelle aree costiere

Presiede G. Bortone, R. Emilia Romagna

Scenari di adattamento ai cambiamenti climatici negli usi della risorsa idrica in ambito costiero

G. Gabbianelli, UNIBO

Impatti del cambiamento climatico sulla biodiversità delle aree umide in zona costiera

R. Imburgia, WWF

Impatti del cambiamento climatico sulle zone costiere: quantificazione economica di impatti e di misure di adattamento - sintesi di risultati e indicazioni metodologiche per la ricerca

M. Breil, FEEM

Ripascimenti dei litorali e valore economico delle spiagge: adattamento ai cambiamenti climatici e riqualificazione urbanistico - ambientale delle aree costiere

D. Paltrinieri - Osservatorio sull'Erosione Costiera

per il Recupero e la Valorizzazione dei Litorali
ORE 15,30

Tavola rotonda

Moderatore: G. Bortone, R. Emilia Romagna

Partecipanti: G. Benedetto (MATTM), M. Breil (FEEM), P. Caputi (Reg. Abruzzo), G. La Loggia (UNIPA, Fac. Ingegneria), B. De Bernardinis (DPC), G. Menduni (Segr. Gen. AdB Arno), A. Povellato (INEA), G. Randazzo (UNIMESSINA), G. Ricca (Segr. Gen. AB Calabria), B. Rossi Doria (UNIPA, Fac. Architettura), L. Sinisi (APAT), A. Zitelli (IUAV)

TemI di discussione:

- Strategie di adattamento agli scenari di evoluzione della vulnerabilità costiera determinati dai cambiamenti climatici.
- La pianificazione strategica del territorio.

ORE 17,30

Conclusione lavori

SESSIONE POSTER

27-28 giugno 2007, ore 9:00 - 17:30, in apposito spazio espositivo.

ORGANIZZATO DA MATTM, APAT, ARPA SICILIA IN COLLABORAZIONE CON IL SISTEMA DELLE AGENZIE AMBIENTALI

CON IL PATROCINIO DI:

REGIONE SICILIANA

RAPPRESENTANZA IN ITALIA COMMISSIONE EUROPEA

COORDINAMENTO SCIENTIFICO

Stefano Corsini, Apat

Edi Valpreda, Enea

Antonino Granata, Arpa Sicilia

SEGRETERIA ORGANIZZATIVA

Giovanni Cappello, ARPA SICILIA

Servizitalia Turismo e Congressi

COMUNICAZIONE

Giovanna Segreto, ARPA SICILIA

WORKSHOP

Cambiamenti climatici e ambienti nivo-glaciali: scenari e prospettive di adattamento

Saint-Vincent, 2-3 luglio 2007

LUNEDÌ 2 LUGLIO

ORE 9,00

Iscrizione partecipanti e accoglienza

ORE 9,30

Apertura lavori e saluti delle autorità

Edmondo Nocerino, Direttore generale Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Valle d'Aosta

Luciano Caveri, Presidente della Regione Autonoma Valle d'Aosta

Alberto Cerise, Assessore territorio, ambiente e opere pubbliche della Regione Autonoma Valle d'Aosta

Roberto Caracciolo, Direttore Dipartimento stato dell'ambiente e metrologia ambientale dell'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici

ORE 10,00

FORZANTI CLIMATICHE: LA DIMENSIONE TERRITORIALE DEGLI SCENARI CLIMATICI GLOBALI PROPOSTI DA IPCC

Introduce i lavori Roberto Caracciolo, APAT

Scenari IPCC e vulnerabilità degli ambienti montani al cambiamento climatico

Paolo Burlando, Politecnico Federale di Zurigo

La dimensione territoriale degli scenari globali IPCC: il versante meridionale della catena alpina e gli Appennini

Luca Mercalli, Società Meteorologica Italiana

Dibattito

ORE 11,20

I POSSIBILI EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SUGLI AMBIENTI NIVO-GLACIALI

Introduce i lavori Giovanni Agnesod, ARPA Valle d'Aosta

Il monitoraggio degli ambienti nivo-glaciali nelle attività delle Agenzie per la protezione dell'ambiente

Umberto Morra di Cella, ARPA Valle d'Aosta

Integrazione di scenari e modelli per il monitoraggio e la simulazione dei deflussi nivo-glaciali in bacini alpini. La conoscenza a supporto delle strategie di adattamento

Francesca Pellicciotti, Politecnico Federale di Zurigo
Gli effetti della deglaciazione e dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi naturali alpini e sulla biodiversità

Ramona Viterbi, Parco Nazionale Gran Paradiso
I rischi naturali legati alle dinamiche di cambiamento globale in ambiente glaciale

Gianni Mortara, Comitato Glaciologico Italiano
Cambiamenti climatici e degradazione del permafrost: possibili effetti e misure di adattamento nelle zone alpine di alta quota

Wilfried Haeberli, Università di Zurigo

Cambiamenti climatici ed eventi estremi: determinanti ambientali e rischi per la salute

Luciana Sinisi, APAT

Dibattito

ORE 14,30

STRATEGIE DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI: LE ESPERIENZE DI OGGI E LE IPOTESI FUTURE

Introduce i lavori Paolo Burlando, Politecnico Federale di Zurigo

Le zone alpine italiane: implicazioni economiche dei cambiamenti climatici e strategie di adattamento

Francesco Bosello, Centro Euro Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici

Conservazione della biodiversità e adattamento ai cambiamenti climatici: un dilemma da gestire

Chantal Trèves, Naturalista

Gli indirizzi regionali per la tutela della risorsa idrica: l'esperienza del Piano di Tutela delle Acque della Valle d'Aosta

Raffaele Rocco, Regione Autonoma Valle d'Aosta
Il ruolo e le attività delle autorità di bacino nella risoluzione dei conflitti per l'impiego della risorsa idrica in una prospettiva di progressiva riduzione

della risorsa

Filippo Dadone, Autorità di Bacino del Fiume Po
La strategia futura dei produttori di energia idroelettrica per l'ottimizzazione della risorsa in un quadro di riduzione complessiva

Stefano Pastori, Edipower SpA

I possibili adattamenti ai cambiamenti climatici del sistema turistico delle Alpi e relativi elementi per l'adeguamento futuro della normativa

Sjipela Prelc, Segretariato Permanente della Convenzione delle Alpi

La riduzione della disponibilità di risorsa idrica sui sistemi agricoli di montagna: effetti, possibili adattamenti e elementi normativi

Mauro Bassignana, Institut Agricole Régional della Valle d'Aosta

Dibattito

ORE 17,30

Chiusura lavori

MARTEDÌ 3 LUGLIO

ORE 9,30

TAVOLA ROTONDA

Quali scenari di adattamento

Moderatore: Luca Mercalli, Società Meteorologica Italiana

Partecipano: Rappresentanti delle Pubbliche Amministrazioni, Autorità di Bacino, Società di produzione di energia elettrica, Società di gestione di comprensori turistici, Enti regionali per la prevenzione dei rischi territoriali, Ricercatori ed esperti in campo ambientale, Associazioni ambientaliste, Rappresentanti delle organizzazioni sindacali

ORE 12,00

CONCLUSIONI

Verso il Rapporto per la Conferenza Nazionale sul Clima 2007

ORGANIZZATO DA MATTM, APAT, ARPA VALLE D'AOSTA IN COLLABORAZIONE CON IL SISTEMA DELLE AGENZIE AMBIENTALI

CON IL PATROCINIO DI:

RAPPRESENTANZA IN ITALIA DELLA COMMISSIONE EUROPEA, REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA, COMUNE DI SAINT-VINCENT

COORDINAMENTO SCIENTIFICO

Claudio Piccini, APAT

Giovanni Agnesod, ARPA VdA

Umberto Morra di Cella, ARPA VdA

SEGRETERIA ORGANIZZATIVA

Sara Tornato, ARPA VdA

s.tornato@arpa.vda.it

ws_deglaciazione@arpa.vda.it

tel. 0165/278510

SUPPORTO AMMINISTRATIVO

Sara Favre, ARPA VdA

s.favre@arpa.vda.it

tel. 0165/278521

WORKSHOP

Cambiamenti climatici e dissesto idrogeologico: scenari futuri per un programma nazionale di adattamento

Napoli, 9-10 luglio 2007

LUNEDÌ 9 LUGLIO

ORE 14,00

Registrazione e accoglienza partecipanti

ORE 15,00-16,30

APERTURA DEI LAVORI

Giancarlo Viglione, Commissario Straordinario APAT

Luciano Capobianco, Direttore Generale ARPAC
Intervengono:

Rosa Iervolino Russo, Sindaco di Napoli

Dino Di Palma, Presidente Provincia di Napoli

Luigi Nocera, Assessore alle Politiche Ambientali
Giunta Regionale Campania

Tommaso Sodano, Presidente Commissione Ambiente Senato

Pietro De Paola, Presidente Ordine Nazionale dei Geologi

Lucio Umbertini, Direttore CNR - IRPI

Eugenio Pugliese Carratelli, Direttore CUGRI

ORE 16,30-18,30

ESPERIENZE SUL RAPPORTO TRA DISSESTO IDROGEOLOGICO – FRANE E ALLUVIONI – E CAMBIAMENTI CLIMATICI

Chairman: Claudio Margottini, APAT

Rapporteur: Franco Ortolani, Università Federico II di Napoli

Sono previsti interventi selezionati e case study significativi a cura di:

Autorità di Bacino

Centri di Ricerca

Dipartimenti Universitari

Regioni

Interverranno i Segretari Generali A.d.B. Regionali:
Carlo Camilleri, Giuseppe Catenacci, Stefano Sorvino

MARTEDÌ 10 LUGLIO

ORE 9,00-11,00

STATO DELLE CONOSCENZE SULLA RELAZIONE TRA DISSESTO IDROGEOLOGICO E CAMBIAMENTI CLIMATICI – PRIMA SESSIONE

Chairman: Roberto Caracciolo, APAT

Rapporteur: Daniele Spizzichino, APAT

Lo stato delle conoscenze nella caratterizzazione e distribuzione del dissesto idrogeologico in Italia

Claudio Margottini, APAT

Gli scenari IPCC e la contestualizzazione nazionale in termini di elementi significativi per l'insorgenza di fenomeni idraulici e geomorfologici estremi

Stefano Tibaldi, SIM ARPA Emilia Romagna

Ricostruzione del clima e delle sue variazioni in Italia durante gli ultimi 200 anni

Teresa Nanni, ISAC-CNR

Cambiamenti climatici, meccanismi di innesco dei fenomeni geomorfologici e perimetrazione delle aree a rischio: le frane "rapide"

Luciano Picarelli, Seconda Università degli Studi di Napoli

Cambiamenti climatici, meccanismi di innesco dei fenomeni geomorfologici e perimetrazione delle aree a rischio: le frane "lente"

Nicola Casagli, Università degli Studi di Firenze

Uso/abuso del territorio e connesse implicazioni sulla perimetrazione delle aree a rischio frana

Domenico Calcaterra, Università degli Studi di Napoli Federico II

ORE 11,20-13,00

STATO DELLE CONOSCENZE SULLA RELAZIONE TRA DISSESTO IDROGEOLOGICO E CAMBIAMENTI CLIMATICI – SECONDA SESSIONE

Chairman: Giuseppe Onorati, ARPAC

Rapporteur: Giovanni Braca, APAT

Flash floods e cambiamenti climatici

Sergio Fattorelli, Università degli Studi di Padova

Cambiamenti climatici ed eventi estremi: possibilità e strumenti necessari per affrontarne la valutazione

Ezio Todini, Università di Bologna

Le modificazioni dell'uso del suolo e il rischio di alluvione

Pasquale Versace, Università della Calabria

Scenari di cambiamento futuro per le aree a rischio idrogeologico

Jurgen Kropp, Potsdam Institute

Strategie di difesa del suolo in funzione di cambiamenti climatici e modificazioni dell'assetto del territorio

Alfonso De Nardo, ARPAC

ORE 13,00-13,30

DISCUSSIONE

ORE 14,30-16,30

COSTI, STRATEGIE DI ADATTAMENTO E NUOVE POLITICHE PER L'USO, LA GESTIONE E PIANIFICAZIONE DEL TERRITORIO A FRONTE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI E DEI RISCHI CONSEGUENTI

Chairman: Leonello Serva, APAT

Rapporteur: Fausto Guzzetti, CNR-IRPI

Costi dei cambiamenti climatici per le aree a rischio idrogeologico

Andrea Bigano, CMCC - FEEM

Tecniche di ingegneria naturalistica nella difesa e stabilizzazione del suolo a livello di bacino

Giuliano Sauli, AIPIN

Nuovi approcci per migliorare la capacità di resilienza agli eventi estremi

Giuseppe Onorati, ARPAC

Pianificazione di bacino e cambiamenti climatici

Giovanni Menduni, Autorità di Bacino del Fiume Arno

Misure di adattamento nella protezione dei bacini: l'uso del suolo come difesa

Giuliano Cannata, MATTM - CTS & Università di Pisa

La gestione delle acque e la riduzione della pericolosità idraulica

Roberto Passino, Comitato Vigilanza sull'Uso delle Risorse Idriche

ORE 16,40-17,30

RELAZIONI DEI RAPPOREUR DELLE SESSIONI

Chairman: Vincenzo Ferrara, ENEA

Esperienze sul rapporto tra dissesto idrogeologico – frane e alluvioni – e cambiamenti climatici

Franco Ortolani, Università Federico II di Napoli

Stato delle conoscenze sulla relazione tra dissesto idrogeologico e cambiamenti climatici – prima sessione

Daniele Spizzichino, APAT

Stato delle conoscenze sulla relazione tra dissesto idrogeologico e cambiamenti climatici – seconda sessione

Giovanni Braca, APAT

Costi, strategie di adattamento e nuove politiche per l'uso, la gestione e pianificazione del territorio a fronte dei cambiamenti climatici e dei rischi conseguenti

Fausto Guzzetti, CNR-IRPI

Sessione poster

Giuseppe Delmonaco, APAT

ORE 17,30-18,30

DISCUSSIONE CONCLUSIVA

Interventi liberi finalizzati alla stesura del report "Cambiamenti climatici e dissesto idrogeologico" in preparazione della Conferenza Nazionale Cambiamenti Climatici 2007 di Roma

SESSIONE POSTER

Rapporteur: Giuseppe Delmonaco, APAT

In parallelo per tutta la durata del workshop, con la presenza degli autori in orari prefissati.

ORGANIZZATO DA MATTM, APAT, ARPA CAMPANIA IN COLLABORAZIONE CON IL SISTEMA DELLE AGENZIE AMBIENTALI

SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA

CON IL PATROCINIO DI:

SENATO DELLA REPUBBLICA

CAMERA DEI DEPUTATI

RAPPRESENTANZA IN ITALIA DELLA COMMISSIONE EUROPEA

MINISTERO PER LE POLITICHE EUROPEE

MINISTERO DEI TRASPORTI

MINISTERO DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA

CONFERENZA DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE

AUTONOME
REGIONE CAMPANIA
COMUNE DI NAPOLI
IAEG (International Association for Engineering Geology and the Environment) Italia

COORDINAMENTO SCIENTIFICO

Claudio Margottini, APAT
Giuseppe Onorati, ARPAC
Daniele Spizzichino, APAT
segreteria.wsdissesto@arpacampania.it
081 2326330 - 06 50074087

SEGRETERIA ORGANIZZATIVA

Cristina Abbrunzo e Savino Cuomo, ARPAC
info@arpacampania.it
081 2326401 - 419

SUPPORTO AMMINISTRATIVO

Antonio Brandi, ARPAC
comunicazione@arpacampania.it

COMUNICAZIONE

Silvana Del Gaizo, ARPAC
comunicazione@arpacampania.it

WORKSHOP

Effetti dei cambiamenti climatici sul bacino del Po

Parma, 16 luglio 2007.

LUNEDÌ 16 LUGLIO

ORE 9,00

Registrazione e accoglienza dei partecipanti

ORE 9,30

Saluti delle Autorità Locali

ORE 10,00

Intervento di apertura

Alessandro Bratti, Direttore Generale Arpa Emilia-Romagna

ORE 10,30 - ORE 11,50

I SESSIONE

Presiede Vincenzo Coccolo, Direttore Generale Arpa Piemonte

Il quarto report dell'IPCC: impatto del cambiamento climatico sul ciclo idrologico

Silvio Gualdi, Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia e Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici

LA CONOSCENZA DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO NEL BACINO PADANO

Contributi integrati delle Agenzie per l'Ambiente di Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Veneto, Emilia-Romagna

Il cambiamento climatico nel bacino del Po: variabilità e trend

Relazione presentata da Stefano Tibaldi, Direttore Servizio IdroMeteoologico Arpa Emilia-Romagna

Il cambiamento climatico e la risorsa nivo-glaciale del bacino del Po

Relazione presentata da Stefano Bovo, Responsabile Area Previsione e Monitoraggio Ambientale Arpa Piemonte

Il cambiamento climatico e le risorse idriche del bacino del Po

Relazione presentata da Roberto Serra, Responsabile Unità Operativa Idrologia Arpa Lombardia

Il delta del Po nel cambiamento climatico

Relazione presentata da Alberto Luchetta, Direttore Dipartimento regionale per la sicurezza del territorio Arpa Veneto

ORE 12,10 - 13,10

II SESSIONE

Presiede Giuseppe Zavaglio, Direttore Generale Arpa Lombardia

Evoluzione del servizio di piena e della gestione delle risorse idriche nel bacino del fiume Po e adattamento al cambiamento climatico

Bruno Leonardo Brunetti, Direttore Agenzia Interregionale per il fiume Po

Gli effetti del cambiamento climatico sulla pianificazione dell'utilizzo delle risorse idriche e del rischio idrogeologico nel bacino del fiume Po

Michele Presbitero, Segretario Generale Autorità di bacino del Po

Una nuova governance per il Po nel cambiamento climatico

Lino Zanichelli, Assessore Ambiente e Sviluppo Sostenibile Regione Emilia-Romagna

ORE 14,10 - 16,10

III SESSIONE

Presiede Sandro Boato, Direttore Tecnico Arpa Veneto

L'impatto del cambiamento climatico sull'ecosistema fluviale

Pierluigi Viaroli, Dipartimento di Scienze Ambientali Università di Parma

Effetti delle anomalie climatiche sulle interazioni tra Po e Adriatico

Attilio Rinaldi, Direttore Struttura Oceanografica Daphne ARPA Emilia-Romagna

Clima, crisi ed emergenze: il caso del bacino del Po

Bernardo De Bernardinis, Dipartimento Protezione Civile Presidenza del Consiglio dei Ministri

L'evoluzione climatica e la disponibilità di risorse idriche per l'agricoltura

Salvatore Vera, Consorzio della Bonifica Parmigiana Moglia-Secchia, Rappresentante Associazione Nazionale Bonifiche, Irrigazioni e Miglioramenti Fondiari

Sicurezza del sistema elettrico e disponibilità idrica

David Sapora, Responsabile Analisi e Programmi Terna SpA - Rete Elettrica Nazionale

La navigazione fluviale del Po

Ivano Galvani, Direttore Azienda Regionale per la Navigazione Interna

ORE 16,10

Dibattito

ORE 16,40

Intervento di Giancarlo Viglione, Commissario Straordinario Apat

ORE 17,00

Intervento conclusivo

Gianni Piatti, Sottosegretario di Stato Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

ORE 17,30

Chiusura dei lavori

Durante il workshop è prevista una sessione poster a invito

ORGANIZZATO DA MATTM, APAT, ARPA EMILIA-ROMAGNA IN COLLABORAZIONE CON IL SISTEMA DELLE AGENZIE AMBIENTALI

SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA

CON IL PATROCINIO DI:

SENATO DELLA REPUBBLICA

CAMERA DEI DEPUTATI

RAPPRESENTANZA IN ITALIA DELLA COMMISSIONE EUROPEA

MINISTERO PER LE POLITICHE EUROPEE

MINISTERO DEI TRASPORTI

MINISTERO DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA

CONFERENZA DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME

REGIONE EMILIA-ROMAGNA

COMUNE DI PARMA

PROVINCIA DI PARMA

CAMERA DI COMMERCIO DI PARMA

SEGRETERIA ORGANIZZATIVA

Sully Briskomatis

Tel. 051 6223846 - Fax 051 543255 - comunicazione@arpa.emr.it

COORDINAMENTO SCIENTIFICO

Martina Bussetti, APAT

Stefano Tibaldi, ARPA Emilia-Romagna

Silvano Pecora, ARPA Emilia-Romagna

Stefano Bovo, ARPA Piemonte

Umberto Morra di Cella, ARPA Valle d'Aosta

Mauro Valentini, ARPA Lombardia

Italo Saccardo, ARPA Veneto

AMMINISTRAZIONE

Giulia Gaddi

Tel. 051 6223836 - Fax 051 543255 - ggaddi@arpa.emr.it

COMUNICAZIONE

Mauro Bompani

Tel. 051 6223894 - mbompani@arpa.emr.it

CONVEGNI

Cambiamenti climatici e salute

Roma, 25 giugno 2007

LUNEDÌ 25 GIUGNO

ORE 09,30 – 10,00

REGISTRAZIONE

ORE 10,00

APERTURA DEI LAVORI

Giancarlo Viglione, Commissario Straordinario APAT

Intervento di saluto del Ministero della Salute

Liana Gramaccioni, Segreteria Tecnica Ministro della Salute

ORE 10,15 – 11,00

INTRODUZIONE E PRESENTAZIONE DEI RISULTATI DEL RAPPORTO APAT-OMS

Introduzione al Rapporto APAT-OMS - Luciana Sinisi, APAT

Rischi per la salute in Italia da cambiamento e variabilità del clima, Roberto Bertolini, OMS

ORE 11,00 – 12,30

TAVOLA ROTONDA

Modera Alessandro Farruggia (giornalista)

Sono stati invitati a partecipare alla discussione:

Anna Alberini, FEEM-CMCC (Fondazione Eni Enrico Mattei - Centro Euromediterraneo per i Cambiamenti Climatici)

Guido Bertolaso, Capo Dipartimento della Protezione Civile della Presidenza del Consiglio dei Ministri.

Gianfranco Bologna, Direttore Scientifico WWF Italia ONG - Onlus

Roberto Della Seta, Presidente Nazionale Legambiente

Fabrizio Fabbri, Capo Segreteria Tecnica Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

Enrico Garaci, Presidente Istituto Superiore di Sanità

Antonio Navarra, Presidente CMCC (Centro Euro-mediterraneo per i Cambiamenti Climatici)

Simone Orlandini, Direttore CIBIC (Centro interdi-

partimentale di bioclimatologia, Università di Firenze)
Carlo Perucci, Direttore Dipartimento di epidemiologia ASL RME Roma

ORE 12,30 – 12,40

CONCLUSIONI E RINGRAZIAMENTI

Alfonso Pecoraro Scanio, Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

ORGANIZZATO DA MATTM, APAT IN COLLABORAZIONE CON IL SISTEMA DELLE AGENZIE AMBIENTALI

CON IL PATROCINIO DI: RAPPRESENTANZA IN ITALIA COMMISSIONE EUROPEA

COORDINAMENTO SCIENTIFICO

Luciana Sinisi, APAT
luciana.sinisi@apat.it

SEGRETERIA ORGANIZZATIVA

Silvia Bacchiocchi, Sabrina Farris – APAT
Climasalute 2007@apat.it

COMUNICAZIONE

Renata Montesanti, Cristina Pacciani - APAT
renata.montesanti@apat.it
cristina.pacciani@apat.it

CONVEGNI

Inventario emissioni gas serra in Italia 1990-2005

Brindisi, 20 luglio 2007

VENERDÌ 20 LUGLIO

ORE 9,00

Saluti delle autorità

Domenico Mennitti, Sindaco di Brindisi
Michele Errico, Presidente della Provincia di Brindisi
Domenico Lomelo, Assessore Diritto allo Studio Regione Puglia
Nichi Vendola, Presidente Regione Puglia

ORE 9,30

Apertura lavori

Alfonso Pecoraro Scanio Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
Giancarlo Viglione, Commissario Straordinario APAT

ORE 10,00

Presentazione del rapporto APAT

Presiede: Michele Losappio, Assessore Ecologia Regione Puglia

Inventario emissioni gas serra in Italia 1990-2005

Riccardo De Lauretis, APAT

Inventario Emissioni Regione Puglia

Giorgio Assennato Direttore Generale ARPA Puglia

ORE 11,30

Tavola rotonda

Modera: Roberto Caracciolo, APAT

Partecipano:

Stefano Camerini, ARPA Lombardia
Paolo Cento, Sottosegretario di Stato Ministero Economia
Corrado Clini, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

Domenico Gaudioso, Ministero Sviluppo Economico

Temi di discussione:

- Inventario emissioni gas serra nazionale e regionali, strumenti metodologici da condividere, gruppi esperti nei settori dell'agricoltura e dei rifiuti;
- Ripartizione degli obiettivi di riduzione delle emissioni a livello regionale, complessivi o per singoli settori;
- Monitoraggio delle politiche di riduzione delle emissioni a livello nazionale e a livello locale;
- Riduzione delle emissioni a livello locale ed incentivazione economica, sistema dei crediti;
- Scenari emissivi, processi di negoziazione per il Post-Kyoto e metodologie di stima delle emissioni (2006 IPCC *Guidelines*).

ORE 14,30

Adattarsi ai cambiamenti climatici nei settori della pesca e dell'agricoltura: il contributo della Regione Puglia

Presiede: Giorgio Assennato, Direttore Generale ARPA Puglia

Modera: Cosimo Lacirignola, Direttore Istituto Agronomico Mediterraneo di Bari

Apertura lavori: Enzo Russo, Assessore Risorse Agroalimentari Regione Puglia

ORE 14,45

EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SUL SETTORE DELLA PESCA

Variabilità a lungo termine delle caratteristiche del Mediterraneo e influenza sulla pesca

Giuseppe Manzella, ENEA

I cambi climatici nel Mediterraneo: modificazioni della struttura della pesca e possibili adattamenti

Antonio Di Natale, Fondazione Acquario di Genova Onlus

Cambiamenti climatici e impatto sull'ambiente marino: il caso del Basso Adriatico

Nicola Ungano, ARPA Puglia

Il ruolo della ricerca e della sperimentazione

Gianfranco D'Onghia, Università degli Studi di Bari

ORE 15,45

Cambiamenti climatici e agricoltura

Gli impatti dei cambiamenti climatici sull'agricoltura: dal contesto europeo al contesto regionale

Giuliana Trisorio Liuzzi, Università degli Studi di Bari e CIHEAM - Istituto Agronomico Mediterraneo di Bari

Gaetano Ladina, ARPA Puglia

Adapt or die: le scelte dell'agricoltura di fronte ai cambiamenti climatici

Marco Bindi, Università di Firenze

Giampietro Maracchi, Istituto di Biometeorologia di Firenze

L'analisi della variabilità climatica in Valle d'Itria e possibili impatti sulla viticoltura

Fabio Pastore, CRSA di Locorotondo (BA)

Dibattito

ORE 16, 45

Il ruolo della ricerca e le indicazioni per i decisori politici

Lorenzo Ciccarese, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

Vito Felice Cricchio, CNR

Vincenzo Ferrara, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

È prevista la partecipazione del Sen. Tommaso Sodano, Presidente della Commissione Ambiente del Senato

ORE 17,15

Conclusioni

Laura Marchetti, Sottosegretario di Stato Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

Chiusura dei lavori

ORE 9:00-17:30

Sessione poster

ORGANIZZATO DA MATTM, APAT e ARPA PUGLIA IN COLLABORAZIONE CON IL SISTEMA DELLE AGENZIE AMBIENTALI

**CON L'ALTO PATRONATO DEL PRESIDENTE DELLA
REPUBBLICA**

CON IL PATROCINIO DI:

SENATO DELLA REPUBBLICA

CAMERA DEI DEPUTATI

**RAPPRESENTANZA IN ITALIA DELLA COMMISSIO-
NE EUROPEA**

MINISTERO PER LE POLITICHE EUROPEE

MINISTERO DEI TRASPORTI

MINISTERO DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA

**MINISTERO PER GLI AFFARI REGIONALI E LE AU-
TONOMIE LOCALI**

**CONFERENZA DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE
AUTONOME**

REGIONE PUGLIA

PROVINCIA DI BRINDISI

COMUNE DI BRINDISI

COORDINAMENTO SCIENTIFICO

Lucia Bisceglia, ARPA Puglia

Francesco Bruno, MATTM

Lorenzo Ciccarese, MATTM

Riccardo De Lauretis, APAT

Vincenzo Ferrara, MATTM

Giuliana Ranieri, Assessorato Ecologia Regione
Puglia

Vito Felice Uricchio, CNR

SEGRETERIA ORGANIZZATIVA E COMUNICAZIONE

Maria Spartera, ARPA Puglia

Barbara Bartoli, Assessorato Ecologia Regione Pu-
glia

Luigi Carrino, ARPA Puglia

sfi@arpa.puglia.it

Tel. +39 080 5460350

SUPPORTO AMMINISTRATIVO

Fabiana Ferrara, ARPA Puglia

f.ferrara@arpa.puglia.it

Tel. +39 080 5460352

