

**ANALISI DI SOSTENIBILITÀ DI POLITICHE E PROGRAMMI CON
RIFERIMENTO A SPECIFICI AMBITI TERRITORIALI:
LE AREE COSTIERE NEL CONTESTO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI**

Dr. Alessandro Martini

Tutor: Ing. Claudio Maricchiolo

Sommario

La tematica dello sviluppo sostenibile e quindi l'integrazione degli aspetti economici, sociali ed ambientali in un unico sentiero di sviluppo è profondamente attuale in questi ultimi anni. Assieme a questa, un altro problema è fondamentale per il nostro pianeta: quello dei cambiamenti climatici, come dimostra la recente Conferenza, organizzata a Roma dall'APAT e finanziata dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. L'argomento di questa tesina nasce proprio dall'esigenza di evidenziare questo problema, raccogliendo tutti i documenti più importanti presenti in letteratura, e mettere in risalto le sue possibili soluzioni. Le possibili soluzioni prospettate saranno analizzate in particolar modo dal punto di vista economico, con un focus particolare ad un preciso ambito territoriale: le zone costiere. La tesina consta di tre parti, nella prima si analizzano le evidenze principali concernenti il cambiamento climatico. Il riscaldamento del pianeta è inequivocabile, come dimostrano le osservazioni dell'incremento delle temperature globali dell'aria e delle temperature degli oceani, dello scioglimento diffuso di neve e ghiaccio, e dell'innalzamento globale del livello del mare. Questi problemi impatteranno su diversi settori e le conseguenze sugli stessi saranno analizzate. Successivamente, nella seconda parte, si evidenzieranno i benefici dell'adattamento (in particolare dal punto di vista economico) e le sue determinanti. Le caratteristiche dei CC corrispondono a quelle dell'analisi economica: essa, infatti, deve essere globale, deve trattare con orizzonti temporali lunghi, vi è un alto grado di rischio ed incertezza ed, infine, esamina la possibilità di cambiamenti non marginali. Gli impatti del cambiamento climatico sono variabili ed interagiscono con altri fallimenti del mercato ed altre dinamiche economiche, creando numerosi problemi politici. L'ampiezza, la grandezza e la natura di questi impatti implicano una maggior attenzione alla prospettiva etica del problema, specialmente per quegli aspetti che riguardano il benessere, l'equità, la giustizia, la libertà ed i diritti. Lo studio prenderà in esame tutti i più recenti studi in materia di cambiamenti climatici, e tutti i documenti concernenti la valutazione degli impatti ed il collegamento che questi possono avere con l'economia. Tra i documenti più importanti possiamo sicuramente citare il Rapporto Stern, (sull'economia dei Cambiamenti Climatici, che evidenzia perdite di Benessere globale consistenti nel lungo periodo, se non verranno intraprese opportune azioni di mitigazione e d'adattamento) ed il Progetto PESETA (finanziato dalla Comunità Europea, sui costi d'inazione in Europa, che analizza gli impatti su diversi settori chiave, quali l'agricoltura, le coste il rischio inondazione la salute ed il turismo). L'adattamento è un processo cruciale per contrastare i danni inevitabili dei Cambiamenti Climatici. È

importante sottolineare che l'adattamento può mutare gli impatti, ma non può, da solo, risolvere il problema, occorre anche integrare delle opportune politiche di mitigazione e riduzione dei gas-serra, da sviluppare a livello internazionale. Questo processo è importantissimo per limitare gli impatti negativi e la vulnerabilità dei sistemi, ed un ritardo nella messa in opera di opportune misure potrebbe portare a costi considerevoli.

Lo scopo di questa tesina è quello di sviluppare uno strumento di analisi di politiche e programmi, cercando di includere in questi ultimi anche i cambiamenti climatici e le opzioni d'adattamento da prendere in considerazione. Il tutto riferito a particolari ambiti territoriali. Per questo motivo la terza parte analizza le peculiarità delle zone costiere. L'ambiente costiero è uno dei più dinamici del pianeta, al limite tra mare e terra, esso supporta molti habitat diversi e produttivi. Questi habitat includono sia ecosistemi naturali, sia ecosistemi non-naturali quali settori economici e importanti centri urbani. Quindi l'ambiente costiero, gli insediamenti e le infrastrutture sono esposti a rischi naturali di grande rilievo come tempeste (inclusi cicloni tropicali), le onde associate, tsunami, inondazioni, erosione della linea costiera ed inquinamento delle acque. Bisogna notare comunque che, data la enorme varietà degli ambienti costieri, le differenze locali e regionali sono enormi e queste differenze si riflettono nella resistenza e nella capacità adattiva degli ecosistemi, dei settori e delle nazioni. Una sezione è anche dedicata al recente workshop sull'adattamento delle zone costiere, svoltosi a Palermo il 27 e il 28 Giugno 2007. La descrizione e la quantificazione dei fenomeni rilevanti per lo studio dei cambiamenti climatici (CC) richiede l'uso sistematico di indicatori. Lo strumento usato per la valutazione della sostenibilità è il modello D.P.S.I.R. ["Determinanti- Pressioni-Stato-Impatto-Risposte"], modello concepito nel 1995 dall'Agenzia Europea dell'Ambiente. L'importanza di questo modello sta nel fatto che la cruciale interazione tra stato dell'ambiente, cause del degrado ed azioni intraprese, può essere meglio compresa se gli indicatori vengono selezionati rispetto alle problematiche ambientali che destano maggiore preoccupazione a livello internazionale, europeo e nazionale e vengono organizzati secondo modelli concettuali in grado di esplicitare relazioni ed interdipendenze tra i fenomeni analizzati. Le interdipendenze e le relazioni tra i diversi settori economici, i principali *stakeholder* e le soluzioni prospettate, sono varie in un contesto di cambiamenti climatici. Esse saranno organizzate in uno schema concettuale, secondo il classico modello D.P.S.I.R, che terrà anche in considerazione sia le possibili misure di mitigazione sia quelle d'adattamento. Sarà anche proposto un set di indicatori, simile a quello utilizzato per la valutazione ambientale strategica, arricchito da alcuni parametri particolarmente

sensibili ai cambiamenti climatici e da una matrice delle opzioni d'adattamento, che costituisce uno strumento semplice ed efficace che può essere utile ai politici al momento di prendere le decisioni. Si accennerà anche alla valutazione economica degli impatti, con una carrellata dei possibili metodi di valutazione dei beni, in particolare di quelli non di mercato. Questo è ancora un campo ai suoi primissimi studi, data la difficoltà di cogliere tutte le interdipendenze ed i *feedback* che intercorrono tra i sistemi e l'impossibilità di costruire un modello di equilibrio economico generale. Data la complessità del problema, la presenza di notevole incertezza e di evidenti gap conoscitivi, la valutazione degli impatti dovrà sicuramente essere uno dei campi maggiormente impegnati nella ricerca, in uno sforzo conoscitivo che dovrà vedere impegnati gli economisti, i meteorologi i decisori politici, perché soltanto affrontando il problema in maniera sinergica si potranno limitare i danni a questo nostro pianeta.

Abstract

The theme of sustainable development, as well as the integration of economic, social and environmental aspect in a unique path of development, is a living-matter these days. Along with this, another problem is fundamental for our planet: the climate change, as proved by the recent Conference, organized by APAT and financed by the Italian Ministry of Environment (Rome, 12-13 September 2007). The topic of this stage thesis follows the need for underlining this problem, gathering the most important studies of the matter, in order to point out the possible solutions. The solutions will be analysed mainly by the economic point of view, with a particular focus on a precise territorial area: the coastal zone. The stage thesis is made of three sections: in the first, there will be analysed the principal evidence about climate change. The warming of Earth is unequivocal, as shown by the observation of air-temperature, ocean water temperature, the melting of snow and glaciers and the sea-level rise. These problems will impact over different sectors and the consequences will be analysed. Afterwards, in the second part, the benefit of adaptation (in particular by economic point of view) and its determinant will be underlined. The features of climate change correspond to that of economic analysis: in fact, it must be global, it deals with long time horizons, with a high grade of risk and uncertainty, and with the possibility of non marginal change. Climate change impacts are variable and interact with market failure, creating numerous political problems. The nature and the size of these impacts implies greater attention to the ethic perspective of the problem, especially for those aspect that concern welfare, equity, justice, freedom and human rights. The

document will examine all the recent studies, state of art, about climate change and all the studies on impacts evaluation and the connection that they can have with economy. Among these documents, the most important we can cite are “The Stern Review”, on economics of climate change, that shows consistent loss of global welfare in long period, if would not be taken the necessary adaptation and mitigation actions, and the PESETA project, financed by European Community, on costs of inaction in Europe and impacts on different key sectors, such as agriculture, coastal zone, flood risk, health and tourism. Adaptation is a crucial process to avoid damages from climate change. Is important to note that adaptation can change impacts but can't, alone, solve the problem, but adequate mitigation and greenhouse gasses reduction policies are required at the international level. This process is most important to minimize negative impacts and vulnerability systems, and a delay in finding suitable policies could bring to considerable costs.

The scope of this stage thesis is to develop an instrument analysis of policies and programmes, trying to include climate change and adaptation options, all referred to particular areas. For this reason, the third part analyses the feature of coastal zones. The coastal zone is one of the most dynamic area of the planet, at the edge between earth and sea, it supports most of habitat. These include both natural and non natural ecosystems, like economic sectors and important urban settlement. So the coastal zone, the settlement and the infrastructures are exposed to the most important natural risks, such as storms (include tropical cyclone) and associated waves, tsunami, flooding, erosion and water pollution. It's important to note, however, that because of the great variety of coastal zone, local and regional differences are huge and these differences reflect into resilience and adaptive capacity of ecosystems, sector and nations. A section is dedicated to the recent workshop about adaptation of coastal zone (Palermo 27-28 June 2007). The description and quantification of relevant facts about climate change requires the systematic use of indicators. The instrument used for evaluation of sustainability is the D.P.S.I.R. model, conceived in 1995 by the European Environment Agency. The importance of the model is that interactions between state of environment, cause of degradation and action undertaken could be better understood if organised into conceptual scheme that explains links and connections of analysed phenomena. Links and connections between different economic sectors, stakeholders and solutions, are diverse in a climate change context. They are organised into a D.P.S.I.R. scheme that will take into consideration also possible mitigation and adaptation measures. A new set of indicators will be proposed with new parameters sensible to climatic change, as well as a matrix of options adaptation, useful for

politic decisions. The last topic addressed is the economic evaluation of impacts, with particular focus on non-market goods. This is a new field of studies, for the difficulty of catching all connections and feedback between different sectors and impossibility of create a general equilibrium model. For the complexity of the problem, the presence of uncertainties and lack of knowledge, impacts evaluation will be for sure a field for future research. A research that should include, in a synergic way, economist, meteorologist, politician, scientist and so on, in an effort to limit the damages to our planet.

INDICE

Sommario	2
Abstract.....	4
INDICE.....	7
1. INTRODUZIONE E METODOLOGIA	8
1.1 LO SVILUPPO SOSTENIBILE NELLA STRATEGIA EUROPEA.....	8
1.2 IL CAMBIAMENTO CLIMATICO	10
1.2.1 CONTRIBUTI NATURALI E ANTROPICI AL CAMBIAMENTO CLIMATICO	12
1.2.2 OSSERVAZIONE DIRETTA DI CAMBIAMENTI CLIMATICI RECENTI	12
1.3 ECONOMIA, ETICA E CAMBIAMENTI CLIMATICI.....	14
1.4 I BENEFICI DELL'ADATTAMENTO.....	19
1.5 COME SI PREPARA LA COMUNITÀ EUROPEA AL CAMBIAMENTO CLIMATICO: THE PESETA STUDY.....	26
2. VULNERABILITÀ AI CAMBIAMENTI CLIMATICI	34
2.1 I MODELLI ECONOMICI DEL RAPPORTO STERN.....	35
2.2 ADATTAMENTO E VULNERABILITÀ.....	41
2.2.1 LA CAPACITÀ D'ADATTAMENTO E LE SUE DETERMINANTI	42
3. ZONE COSTIERE ED ECOSISTEMI MARINI.....	46
3.1 DEFINIZIONE DI COSTA	46
3.1.1 LIMITI AMMINISTRATIVI IN ITALIA.....	49
3.2 L'IMPORTANZA DEL SISTEMA COSTIERO	49
3.3 GLI IMPATTI SULLE ZONE COSTIERE.....	52
3.3.1 IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SUL SISTEMA SOCIO-ECONOMICO COSTIERO.....	53
3.3.2 IMPATTI SOCIO-ECONOMICI COME PARTE DELLA VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ	55
3.3.3 L'IMPATTO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SUL SETTORE TURISTICO.....	58
3.4 L'ADATTAMENTO NELLE ZONE COSTIERE	72
3.4.1 EVOLUZIONE DELLE OPZIONI DI ADATTAMENTO COSTIERO.....	72
3.4.2 RESILIENZA E VULNERABILITÀ	73
3.4.3 ADATTAMENTO NELLE ZONE COSTIERE	74
3.4.4 ADATTAMENTO DEGLI ECOSISTEMI MARINI	75
3.4.5 I RISULTATI DEL WORKSHOP DI PALERMO.....	76
3.5 IL MODELLO D.P.S.I.R APPLICATO ALLE ZONE COSTIERE PER LA VALUTAZIONE DI SOSTENIBILITÀ	84
4. CONCLUSIONI.....	95
BIBLIOGRAFIA.....	97

1. INTRODUZIONE E METODOLOGIA

Passiamo adesso in rassegna le evidenze principali riguardanti i cambiamenti climatici, gli impatti sui diversi settori ed i principali scenari IPCC. Successivamente, verranno analizzati i concetti principali riguardanti l'adattamento e le sue determinanti, evidenziando le sue connessioni con l'analisi economica e mostrando i risultati dei principali studi in materia di costi d'inazione. La parte finale prenderà in esame l'economia costiera e gli impatti dei cambiamenti climatici su di essa. Saranno evidenziate, tramite il modello D-P-S-I-R, le connessioni e le interdipendenze tra i settori, con particolare attenzione alle possibili Risposte di mitigazione e d'adattamento da intraprendere.

Non è stata utilizzata alcuna metodologia particolare tranne quella di fare una panoramica di tutti i più recenti studi in materia di cambiamenti climatici per mettere in evidenza lo stato dell'arte e le connessioni tra i diversi documenti. I documenti principali analizzati sono il Third Assessment Report dell'IPCC, la Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (ed il successivo Protocollo di Kioto che da essa discende) (UNFCCC) il Rapporto Stern sull'economia dei CC ed il progetto PESETA. Per quanto riguarda gli impatti sul settore turistico, studiati tramite il TCI (Tourist Climate Index), è chiaramente esplicitata la metodologia da utilizzare per intraprendere uno studio simile, ma la mancanza di dati meteorologici e di serie storiche consistenti, non ha permesso un'analisi precisa della realtà italiana ma ha comunque messo in evidenza la replicabilità di tale studio. Per quanto riguarda la parte sugli indicatori, sono stati presi in esame i lavori precedenti dell'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e dei Servizi Tecnici), in particolare quelli del gruppo di lavoro coste.

1.1 LO SVILUPPO SOSTENIBILE NELLA STRATEGIA EUROPEA

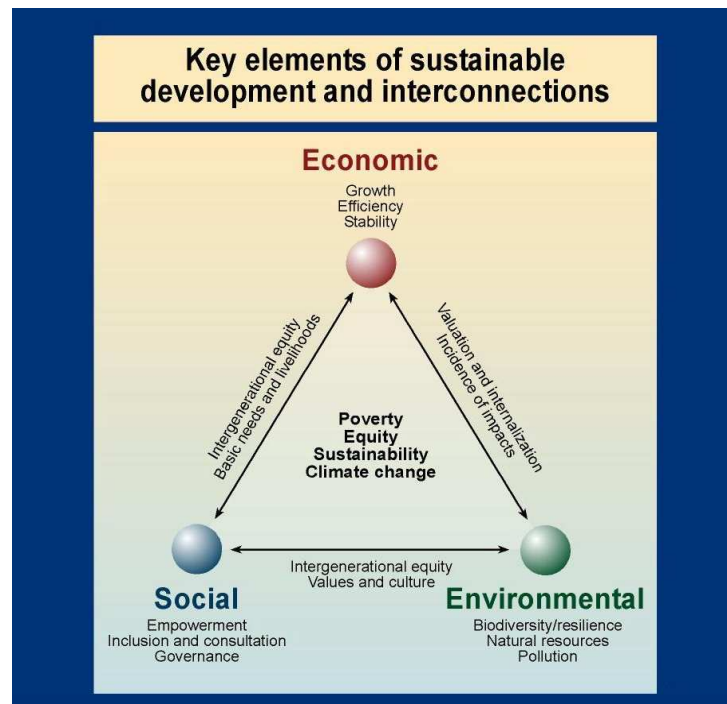
La tematica dello sviluppo sostenibile è profondamente attuale in questi ultimi anni. Per sviluppo sostenibile si intende la necessità di soddisfare i bisogni dell'attuale generazione senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i loro. Lo sviluppo sostenibile è un obiettivo trasversale dell'Unione europea enunciato nel trattato, che determina tutte le politiche e attività dell'Unione. Esso mira a salvaguardare la capacità del nostro pianeta di sostenere la vita in tutta la sua diversità e si basa sui principi della democrazia, della parità di genere, della solidarietà, dello stato di diritto e del rispetto dei diritti fondamentali, comprese libertà e pari opportunità per tutti. Esso è volto al costante

miglioramento della qualità della vita e del benessere sul nostro pianeta per le generazioni attuali e future (Figura 1). A tal fine esso promuove un'economia dinamica caratterizzata dalla piena occupazione e da un livello elevato di istruzione, protezione della salute, coesione sociale e territoriale e tutela dell'ambiente in un mondo pacifico e sicuro, nel rispetto della diversità culturale (Consiglio dell'Unione Europea, 26/06/2006). Il Consiglio europeo di Göteborg (2001) ha adottato la prima strategia dell'UE in materia di sviluppo sostenibile (SSS). Tale strategia è stata completata nel 2002 dal Consiglio europeo di Barcellona con una dimensione esterna nella prospettiva del vertice mondiale sullo sviluppo sostenibile di Johannesburg (2002). Permangono tuttavia tendenze non sostenibili in relazione a cambiamenti climatici e consumo energetico, minacce per la salute pubblica, povertà ed esclusione sociale, pressione demografica e invecchiamento della popolazione, gestione delle risorse naturali, perdita di biodiversità, utilizzazione del suolo e trasporti, mentre si profilano nuove sfide. Dato che tali tendenze negative creano un senso di urgenza, è necessario agire a breve termine conservando nel contempo una prospettiva a più lungo termine. La sfida principale consiste nel modificare progressivamente i nostri modelli attuali di consumo e di produzione non sostenibili e l'appoggio non integrato all'elaborazione delle politiche.

In questo contesto, al termine del riesame dell'SSS dell'UE avviato dalla Commissione nel 2004 in base alla "Comunicazione sul riesame dello sviluppo sostenibile - Una piattaforma d'azione" del dicembre 2005 e tenuto conto dei contributi del Consiglio, del Parlamento europeo, del Comitato economico e sociale europeo e di altri organismi, il Consiglio europeo ha adottato una nuova SSS ambiziosa e globale destinata ad un'UE allargata, basata su quella adottata nel 2001. L'SSS dell'UE stabilisce un approccio all'elaborazione delle politiche che si basa sul miglioramento della regolamentazione e sul principio che lo sviluppo sostenibile deve essere integrato nell'elaborazione delle politiche a tutti i livelli. Ciò richiede che tutti i livelli di governo si sostengano reciprocamente e cooperino, tenendo conto delle differenze istituzionali e culturali e delle situazioni specifiche degli Stati membri. A questo proposito, tutte le istituzioni dell'UE devono garantire che le principali decisioni politiche si basino su proposte che sono state sottoposte ad una valutazione d'impatto ambientale (VIA) di alta qualità, soppesando in modo equilibrato le dimensioni sociali, ambientali e economiche dello sviluppo sostenibile e tenendo conto della sua dimensione esterna e dei costi dell'inazione. Altri strumenti di migliore elaborazione delle politiche sono la valutazione ex post dell'incidenza di ciascuna politica e la partecipazione pubblica e dei soggetti interessati. Gli Stati membri dovrebbero ricorrere

più spesso a tali strumenti, in particolare alla valutazione d'impatto, quando assegnano fondi pubblici ed elaborano strategie, programmi e progetti.

Figura 1: Elementi chiave dello sviluppo sostenibile



Fonte: Climate Change 2001: Synthesis Report, 2002

1.2 IL CAMBIAMENTO CLIMATICO

L'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change - Comitato Intergovernativo per i Cambiamenti Climatici), è la più importante autorità scientifica e tecnica, nel campo degli studi sul cambiamento climatico. Le sue valutazioni forniscono una base essenziale per le trattative della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC) e del Protocollo di Kyoto. L'IPCC è stato istituito nel 1988 dalla World Meteorological Organisation (WMO) e dallo United Nations Environment Programme (UNEP) allo scopo di fornire ai decisori politici una valutazione scientifica della letteratura tecnico-scientifica e socio-economica disponibile in materia di cambiamenti climatici, impatti, adattamento, mitigazione. E' un organo intergovernativo (e non di ricerca diretta) aperto a tutti i Paesi membri della WMO e dell'UNEP. Ogni governo ha un Focal Point IPCC che coordina le attività relative all'IPCC nel proprio paese. Partecipano al lavoro dell'IPCC anche le rilevanti Organizzazioni internazionali, intergovernative e non-governative. Il ruolo principale dell'IPCC è quello di valutare scientificamente l'informazione tecnico-

scientifica e socio-economica rilevante per comprendere il fenomeno del cambiamento climatico, i suoi possibili impatti e in particolare i rischi per l'uomo ad essi associati, nonché le eventuali misure di risposta di adattamento e mitigazione da mettere in atto. Per quanto riguarda la sua struttura organizzativa, L'IPCC ha tre gruppi di lavoro (Working Group - WG) e una Task Force:

- il Gruppo di lavoro I (WG I) sul sistema clima e sui cambiamenti climatici;
- il Gruppo di lavoro II (WG II) sulla vulnerabilità dei sistemi naturali e socio-economici, gli impatti dei cambiamenti climatici e le opzioni di adattamento;
- il Gruppo di lavoro III (WG III) sulla mitigazione dei cambiamenti climatici (vale a dire la riduzione delle emissioni dei gas effetto serra (Green House Gas - GHG);
- la Task force sugli Inventari Nazionali dei gas effetto serra, responsabile del programma IPCC sugli Inventari Nazionali dei gas effetto serra.

Il pannello si riunisce una volta l'anno in sessione plenaria, dove adotta tutte le decisioni ufficiali riguardo l'approvazione dei rapporti, la definizione dei piani di lavoro dei WG e della Task force, e le disposizioni sul mandato, le procedure ed il budget. Il Presidente dell'IPCC, responsabile della pianificazione, coordinazione e monitoraggio del lavoro dell'IPCC, si avvale della collaborazione di un Bureau IPCC che si incontra due o tre volte l'anno, più un Bureau per la Task force. I tre WG e la Task force ricevono a loro volta assistenza da apposite Unità di Supporto Tecnico (Technical Support Units - TSU) finanziate da un governo del Paese industrializzato co-presidente ed ospitate in un Istituto di Ricerca in quel Paese. Infine, un vasto numero di altri Enti ed Istituzioni contribuisce al lavoro dell'IPCC. L'attività principale dell'IPCC consiste nel produrre periodicamente Rapporti di Valutazione scientifica sullo stato delle conoscenze nel campo del clima e dei cambiamenti climatici (Assessment Reports). L'IPCC redige anche Rapporti Speciali (Special Reports) e Articoli Tecnici (Technical Papers) su argomenti ritenuti di particolare interesse scientifico e necessità. In questo modo fornisce anche supporto scientifico alla Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC). Il Primo rapporto IPCC uscì nel 1990, mentre il Secondo nel 1996 (First and Second Assessment Reports). Questi rapporti forniscono una descrizione aggiornata e dettagliata del sistema climatico globale basata sul parere e sulle pubblicazioni dei maggiori esperti internazionali in materia di cambiamento climatico¹.

1.2.1 Contributi naturali e antropici al cambiamento climatico

I cambiamenti nell'atmosfera delle quantità di gas e aerosol a effetto serra, della radiazione solare e delle proprietà della superficie terrestre alterano il bilancio energetico del sistema climatico. Questi cambiamenti sono espressi in termini di forzante radiativo², che viene usato per valutare come i fattori antropici e naturali influenzino la tendenza al riscaldamento o al raffreddamento del clima globale. Rispetto al Terzo Rapporto di Valutazione (TAR), nuove osservazioni e modelli che includono gas ad effetto serra, attività solare, proprietà della superficie terrestre e in parte l'effetto degli aerosol hanno portato a miglioramenti nella stima quantitativa del forzante radiativo. Le concentrazioni globali in atmosfera del biossido di carbonio, del metano e dell'ossido di azoto sono notevolmente aumentate come risultato dell'attività umana dal 1750 e attualmente superano i valori pre-industriali, come dimostrato dall'analisi delle carote di ghiaccio che rappresentano molte migliaia di anni. L'incremento globale della concentrazione di biossido di carbonio è principalmente dovuto all'uso di combustibile fossili e ai cambiamenti nell'utilizzo dei suoli, mentre gli incrementi di metano e ossido di azoto sono principalmente dovuti all'agricoltura (Figura 2).

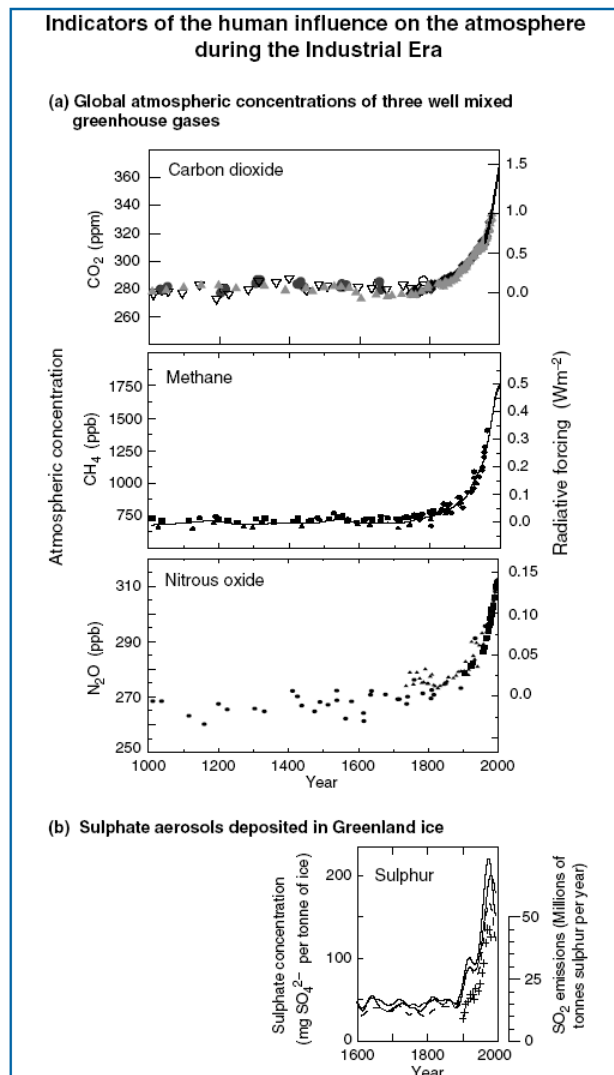
1.2.2 Osservazione diretta di cambiamenti climatici recenti

Dalla presentazione del TAR, sono state ottenuti notevoli progressi nella comprensione di come il clima cambi nello spazio e nel tempo, attraverso il miglioramento e l'incremento di numerosi dataset e analisi di dati, estendendo la copertura geografica, comprendendo più in dettaglio le incertezze, avendo a disposizione una maggiore varietà di misurazioni. Sono disponibili un numero sempre maggiore di osservazioni complete per i ghiacciai e la copertura nevosa a partire dagli anni sessanta, e per il livello del mare (Tabella 1) e la

¹ *Cambiamento Climatico*, per lo standard IPCC, si intende qualsiasi cambiamento del clima nel tempo, dovuto alla variabilità naturale o come risultato di attività umane. Questo significato differisce da quello usato nel Framework Convention on Climate Change, dove per cambiamento climatico si intende un cambiamento attribuito direttamente o indirettamente all'attività umana che alteri la composizione globale dell'atmosfera e che si aggiunga alla variabilità naturale osservata del clima per periodi di tempo comparabili.

² Il forzante radiativo è la misura dell'influenza che un fattore ha nell'alterare il bilancio di energia in entrate e in uscita nel sistema terra e atmosfera ed è un indice dell'importanza del fattore stesso come un potenziale meccanismo di cambiamento climatico. I forzanti positivi tendono a riscaldare la superficie mentre quelli negativi tendono a raffreddarla. In questo rapporto i valori dei forzanti radiativo sono relativi al 2005 rispetto alle condizioni pre-industriali stimate al 1750 e sono espressi in $W m^{-2}$.

Figura 2: Indicatori dell'influenza umana sull'atmosfera, durante l'era industriale.



Fonte: Climate Change 2001: Synthesis Report, 2002

calotta glaciale relativamente alla scorsa decade. Tuttavia, la copertura dei dati rimane ancora limitata in alcune regioni. Il riscaldamento del sistema climatico è inequivocabile, come è ora evidente dalle osservazioni dell'incremento delle temperature globali dell'aria e delle temperature degli oceani, dello scioglimento diffuso di neve e ghiaccio, e dell'innalzamento globale del livello del mare.

Tabella 1: Tassi di innalzamento del livello del mare osservati e contributi stimati di diverse cause.

Cause di innalzamento del livello del mare	Tasso di innalzamento del livello marino (m per secolo)	
	1961 – 2003	1993 – 2003
Espansione termica	0.042 ± 0.012	0.16 ± 0.05
Ghiaccio e calotte di ghiaccio	0.050 ± 0.018	0.077 ± 0.022
Calotte di ghiaccio in Groenlandia	0.05 ± 0.12	0.21 ± 0.07
Calotte di ghiaccio in Antartide	0.14 ± 0.41	0.21 ± 0.35
Somma dei contributi individuali all'innalzamento del livello del mare	0.11 ± 0.05	0.28 ± 0.07
Innalzamento totale osservato del livello del mare	0.18 ± 0.05^a	0.31 ± 0.07^a
Differenza (osservato meno la somma dei contributi climatici stimati)	0.07 ± 0.07	0.03 ± 0.10

Nota:

^a I dati antecedenti al 1993 provengono da mareografi e dopo il 1993 da dati di altimetria da satellite.

Fonte: IPCC WGI Quarto Rapporto di Valutazione, sintesi per i decisori politici, Parigi, Febbraio 2007.

1.3 ECONOMIA, ETICA E CAMBIAMENTI CLIMATICI

Il cambiamento climatico è il risultato di esternalità associate all'emissione di gas serra, il che significa che i costi non sono pagati da coloro che emettono le emissioni. Il cambiamento climatico ha una serie di caratteristiche che la distinguono dagli altri tipi di esternalità:

- è globale nelle cause e nelle conseguenze;
- gli impatti del cambiamento climatico sono persistenti ed a lungo termine;
- rischi ed incertezze negli impatti economici sono penetranti;
- esiste un serio rischio di un cambiamento irreversibile con effetti economici non marginali.

Gli Scenari di Emissione dell'IPCC Special Report on Emission Scenarios (SRES)

A1. La famiglia di scenari A1 descrivono un molto futuro con una crescita economica molto rapida, la popolazione globale avrà un massimo a metà secolo per poi declinare, e vedrà una rapida introduzione di nuove e più efficienti tecnologie. I temi dominanti sono le convergenze regionali, il capacity building e l'aumento delle interazioni culturali e sociali, con una sostanziale diminuzione delle differenze regionali di reddito pro capite. La famiglia di scenari A1 si sviluppa in tre gruppi che descrivono direzioni alternative nei cambiamenti tecnologici del sistema energetico.

I tre gruppi si distinguono dalla loro enfasi tecnologica: fossile intensivo (**A1FI**), risorse di energia non fossile (**A1T**) o un bilancio di tutte le risorse (**A1B**) (dove bilancio è definito come la non eccessiva dipendenza da un solo tipo di risorsa energetica, presumendo che un simile tasso di miglioramento sia applicabile a tutte le scorte energetiche e alle tecnologie finali).

A2. La famiglia di scenari A2 descrivono un mondo molto eterogeneo. Il tema dominante è l'auto-sufficienza e la preservazione delle identità locali. La natalità fra le regioni converge molto lentamente, e di conseguenza si ha un continuo aumento di popolazione. Lo sviluppo economico è essenzialmente orientato su base regionale e la crescita economica pro capite e i cambiamenti tecnologici sono molto frammentati e più lenti rispetto alle altre narrative.

B1. La famiglia di scenari B1 descrivono a un mondo convergente con la stessa popolazione globale, che, come per la trama A1, avrà un massimo a metà secolo per poi declinare, ma con un rapido cambio nella struttura economica verso un'economia di informazione e servizi, con una riduzione dell'intensità dei materiali e l'introduzione di tecnologie per le risorse efficienti e pulite. Viene data molta importanza alle soluzioni globali per l'economia, alla sostenibilità sociale ed ambientale, includendo un miglioramento dell'equità, ma senza ulteriori iniziative climatiche.

B2. La famiglia di scenari B2 descrivono un mondo in cui l'enfasi è sulle soluzioni locali per la sostenibilità economica, sociale e ambientale. E' un mondo in cui la popolazione globale cresce continuamente, con un tasso minore dell'A2, dove lo sviluppo economico ha livelli intermedi e i cambiamenti tecnologici sono meno rapidi e più diversificati rispetto alle trame di B1 e A1. Si focalizza sui livelli locali e regionali, anche se lo scenario è orientato verso la protezione ambientale e l'equità sociale.

Uno scenario illustrativo è stato scelto per ognuno dei sei gruppi di scenari **A1B, A1FI, A1T, A2, B1 e B2**.

Tutti dovrebbero essere considerati allo stesso livello.

Gli scenari SRES non includono ulteriori iniziative climatiche, il che significa che nessuno scenario include gli effetti dell'implementazione della convenzione quadro delle Nazioni Unite per i Cambiamenti Climatici o degli obiettivi di emissione del Protocollo di Kyoto.

Queste caratteristiche corrispondono a quelle dell'analisi economica: essa, infatti, deve essere globale, deve trattare con orizzonti temporali lunghi, vi è un alto grado di rischio ed incertezza ed, infine, esamina la possibilità di cambiamenti non marginali. Gli impatti del cambiamento climatico sono molto variabili ed interagiscono con altri fallimenti del mercato ed altre dinamiche economiche, creando numerosi problemi politici. L'ampiezza,

la grandezza e la natura di questi impatti implicano una maggior attenzione alla prospettiva etica del problema, specialmente per quegli aspetti che riguardano il benessere, l'equità, la giustizia, la libertà ed i diritti. Questo comporta che gli esiti delle politiche inerenti al cambiamento climatico devono riguardare gli impatti che si produrrebbero sui consumi, sulla salute, sull'educazione e sull'ambiente. Il problema dell'equità inter-generazionale ed intra-generazionale è centrale. Il cambiamento climatico è in grado, infatti, di creare diversi problemi sia alle generazioni presenti che a quelle future. La severità delle possibili conseguenze spinge verso una forte ed urgente azione globale di riduzione delle emissioni dei gas-serra combinata con una serie di azioni di adattamento a questa situazione, che adesso non può essere evitata.

Il cambiamento climatico è anche dovuto alle emissioni di gas-serra associate alle attività economiche quali energia, industria, trasporti e uso del suolo. Il cambiamento climatico indotto dall'uomo è un tipico caso di esternalità negative: coloro che inquinano impongono dei costi al mondo intero ed alle future generazioni, senza fronteggiarli direttamente, né attraverso il mercato e né tramite altre vie. Molte attività umane producono emissioni di gas-serra, che, accumulandosi nell'atmosfera, inducono un aumento delle temperature con conseguenti cambiamenti climatici. Il problema da sottolineare è che i costi totali e sociali di queste emissioni non sono immediati o immediatamente riconducibili a chi le emette, quindi, non esistono incentivi economici immediati per ridurle. Il clima è un bene pubblico: ciò implica che esso viene goduto simultaneamente da un numero elevato di individui senza che si abbia rivalità nel consumo e non vi è la possibilità di escludere qualcuno dal consumo del bene stesso³.

Il mercato non è in grado di determinare autonomamente il giusto tipo e la giusta quantità di beni pubblici, in quanto, in assenza di una politica pubblica, non ci sono motivi che inducano i privati ad inquinare di meno: per questo, i mercati più importanti di beni e servizi (energia, uso del suolo, industria ecc.) non contemplano fra le loro scelte di consumo e di investimento quella relativa al cambiamento climatico. Per questi motivi il cambiamento climatico è un tipico esempio di fallimento del mercato che comprende esternalità negative e beni pubblici. Le speciali caratteristiche delle esternalità riguardanti il cambiamento climatico pongono enormi difficoltà nello scegliere un corretto approccio alla politica del benessere. Infatti gli effetti del cambiamento climatico sono globali, intertemporali e profondamente iniqui. In generale le persone ed i Paesi più poveri soffriranno di più il cambiamento climatico, rispetto ai Paesi sviluppati, in quanto hanno

³ Samuelson (1954)

una minore capacità di adattamento (senza contare che le emissioni maggiori provengono proprio dai Paesi “ricchi”). Queste caratteristiche, insieme al fatto che gli impatti si riflettono su molte dimensioni del benessere dell’uomo, implicano che si dovrà porre estrema attenzione sui presupposti ed i giudizi etici contenuti nell’analisi politica. In un corretto approccio, l’obiettivo deve essere quello di generare delle politiche che agiscano in nome della comunità e tendano a massimizzare il benessere sociale collettivo. Il benessere sociale collettivo è la somma del benessere dei singoli individui di una comunità. La teoria economica standard si concentra sul flusso di beni e servizi nel tempo e la sua distribuzione tra gli individui. Nella lista dei beni e servizi vanno inclusi anche il consumo (di solito espresso in termini monetari ma anche in termini equivalenti) di beni quali l’educazione, la salute e l’ambiente (di solito sono questi gli argomenti su cui si basano i confronti tra gli standard di vita tra i paesi come ad esempio *World Development Indicators* della World Bank, *Human Development Index* dell’UNDP, o i *Millennium Development Goals* (MDGs) concordati alle Nazioni Unite al passaggio del secolo). In questo modo “stock” di salute, infrastrutture, educazione, ambiente naturale ecc. entrano a far parte dell’analisi economica in termini della loro influenza sui flussi. Molte strutture concettuali, generalmente usate nelle analisi politico-economiche, hanno rilevanza per gli economisti interessati al cambiamento climatico: in particolare quelle riguardanti partecipazione e sostenibilità, che sono concentrate su questioni ecologiche. Le analisi economiche ordinarie valutano le conseguenze degli impatti sull’utilità degli individui. In questo approccio, chiamato utilitaristico, non c’è spazio per valutazioni riguardanti questioni etiche, ambientali o sociali. Ma, come abbiamo visto, queste sono di vitale importanza per la nostra analisi, in quanto, il cambiamento climatico è un’externalità globale (sia nelle sue cause che nelle sue conseguenze) che provoca delle disuguaglianze che sono molto rilevanti a livello politico. L’impatto incrementale delle emissioni di gas-serra, è indipendente dal luogo in cui esse sono prodotte, ma coinvolge poi tutto il pianeta. In più le emissioni non sono uniformi, ma provengono la maggioranza dai Paesi più industrializzati. Ma anche se tutti i Paesi sono affetti dal cambiamento climatico, lo sono in differenti modi. I Paesi in via di sviluppo saranno quelli più colpiti, per la loro geografia, per la loro forte dipendenza dall’agricoltura e per il fatto che le loro risorse hanno un alto grado di vulnerabilità⁴.

La valutazione del benessere sociale è di vitale importanza. L’approccio migliore sembra essere quello della creazione di una funzione (quindi di una curva) di benessere sociale

⁴ Per la definizione di vulnerabilità si rimanda ad un capitolo successivo.

ottenuta aggregando le utilità sociali individuali e massimizzare tale formula. In questo approccio, è possibile aggregare nella funzione di consumo anche beni e servizi che includono l'educazione, l'ambiente e la salute. La relazione che intercorre tra la misura del benessere sociale (in questo caso la somma delle utilità dei singoli individui) e i beni/servizi consumati da ciascun individuo è proprio la funzione di benessere sociale. Per costruire questa funzione, dobbiamo fare espliciti giudizi di valore circa la distribuzione dei consumi tra gli individui. Questo approccio non è esente da problemi, in quanto differenti giudizi di valore portano a differenti funzioni di benessere sociale, ma sembra essere l'approccio migliore per chiarezza e semplicità in quanto permette di testare la sensibilità della scelta politica fatta basandosi su certe assunzioni. La sfida più grande è proprio quella di esprimere in valori monetari o in termini di reddito la salute, l'educazione o l'ambiente, molti tentativi sono stati fatti, ma il problema è lontano dall'essere risolto. Ad esempio, una persona che vive in un Paese in via di sviluppo potrebbe non avere interesse a firmare un'assicurazione sulla vita (la sua propensione al consumo è alta e quindi la maggior parte del reddito è spesa in generi di prima necessità), non per questo la sua vita vale meno di quella di una persona che vive in un Paese sviluppato. Un'altro problema di importanza fondamentale per studiare gli effetti economici del cambiamento climatico, è quello del tasso di sconto e delle scelte intertemporali (abbiamo visto che i gas-serra rimangono in atmosfera molti anni prima di essere assorbiti ed è quindi un problema che riguarda il futuro e più generazioni).

I rischi e le incertezze circa i costi ed i benefici di una politica climatica sono molti, anche se il nostro approccio dovrebbe essere in grado di maneggiarli con semplicità. L'incertezza è inerente a qualsiasi anello della catena, sul volume delle emissioni future di gas-serra, sull'aumento delle temperature conseguenti ad esse, sul tasso di crescita economica ecc. Quindi si tratta di un problema di scelte intertemporali in condizioni di incertezza. Ad ogni evento futuro è assegnata una probabilità di accadimento scelta accuratamente in base a studi scientifici ed economici (in quanto le incertezze attorno i cambiamenti climatici non possono essere osservate e quantificate in maniera precisa). Il modello concettuale proposto, che implica l'adozione dei concetti di avversione al rischio e del principio di precauzione, associato all'assunzione che l'utilità sociale marginale del reddito diminuisce quando il reddito aumenta, implica che la società sarà disposta a pagare adesso solo se può evitare il rischio di maggiori perdite in futuro. Dato che, le perdite potenziali dovute ai cambiamenti climatici (specialmente quelle dovute ad eventi climatici estremi) sono molto grandi rispetto ai costi di mitigazione ed adattamento a tali cambiamenti, esse dovrebbero

essere intraprese. Esiste un serio rischio che, senza azioni di prevenzione verso i cambiamenti climatici, gli impatti saranno disastrosi per l'economia globale.

1.4 I BENEFICI DELL'ADATTAMENTO

Presentiamo brevemente le principali linee guida dell'IPCC in materia di mitigazione ed adattamento, specificandone la differenza. I principi d'azione sono i seguenti:

- Principio di precauzione (prevenzione del rischio cambiamento climatico);
- Principio della responsabilità comune ma differenziata (suddivisione degli impegni);
- Principio dell'equità (ripartizione dei costi e dei benefici).

L'obiettivo delle azioni è la stabilizzazione delle concentrazioni atmosferiche dei gas serra ad un livello tale da prevenire pericolose interferenze delle attività umane con il sistema climatico. Tale livello deve essere raggiunto in un periodo di tempo tale da permettere agli ecosistemi di adattarsi in modo naturale ai cambiamenti del clima, tale da assicurare che la produzione alimentare non venga minacciata e tale, infine, da consentire che lo sviluppo socio economico mondiale possa procedere in modo sostenibile. Le implicazioni sono:

- Identificazione del livello di stabilizzazione;
- Periodo di tempo necessario per raggiungere tale livello;
- Condizioni necessarie per raggiungerlo.

Le strategie d'azione sono di due tipi (mitigazione ed adattamento) vediamo la differenza:

- **STRATEGIA DI MITIGAZIONE** dei cambiamenti climatici (agire sulle cause);
- **STRATEGIA DI ADATTAMENTO** ai cambiamenti climatici (agire sugli effetti).

Le finalità della mitigazione riguardano la stabilizzazione delle concentrazioni in aria dei gas serra ad un livello non pericoloso per il sistema climatico e per i sistemi umani. Tali finalità si perseguono tramite diverse opzioni:

- **Diminuire le emissioni:**
 - Uso razionale energia ed efficienza energetica;
 - Sequestro carbonio;
 - Fonti rinnovabili;
 - Nuovi vettori energetici;
 - Fonte nucleare.
- **Aumentare gli assorbimenti:**
 - Forestazione, riforestazione, afforestazione;
 - Riduzione degrado suoli;
 - Ottimizzazione gestione agroforestale.

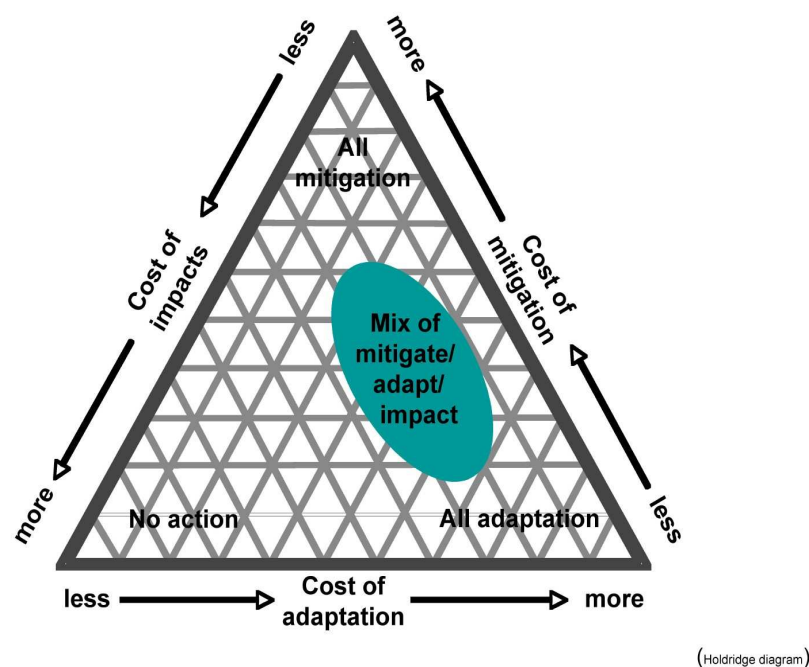
Vediamo perchè è importante l'adattamento. L'adattamento è un'azione di modifica che un dato sistema (ambientale o socio economico) effettua, o è in grado di effettuare, per fronteggiare l'impatto o le conseguenze di una perturbazione e riequilibrare il sistema alle mutate condizioni, o agli effetti di tali mutate condizioni. La vulnerabilità di un sistema (ambientale o umano) ai cambiamenti del clima è definita come la probabilità di essere danneggiato perché non sufficientemente capace a resistere alla causa del possibile danno (il cambiamento del clima). E tale incapacità deriva da due fattori essenziali: dalla sensibilità che è troppo elevata alla potenziale fonte di danno, e dalle capacità d'adattamento che è troppo bassa per rendere minimi gli effetti del danno. Le finalità dell'adattamento sono:

- **Minimizzare le conseguenze negative prevedibili:** ridurre la vulnerabilità ambientale e socio economica ai cambiamenti del clima;
- **Prevenire i danni futuri prevedibili:** pianificare la protezione ambientale e lo sviluppo socio-economico in relazione al clima futuro e non al clima passato;
- **Combattere le possibili nuove emergenze:** predisporre le azioni di risposta in relazione alla variazione dei rischi di catastrofi derivanti dai cambiamenti del clima.

Metodologie per affrontare il problema:

- **Metodo top-down**
 - Scenari clima, impatti, conseguenze ambientali, vulnerabilità ambientale;
 - Scenari socio economici, conseguenze ambientali, danni sociali, ai settori produttivi, infrastrutture, ecc.;
 - vulnerabilità socio economica.
- **Metodo bottom-up**
 - Vulnerabilità ambientale attuale, capacità di adattamento, evoluzione futura vulnerabilità ambientale futura;
 - Vulnerabilità socio economica attuale, evoluzione socio economica, vulnerabilità socio economica futura.
- **Integrazione fra i due metodi** (Figura 3)
 - Valutazione delle variazioni di vulnerabilità;
 - Opzioni di adattamento.

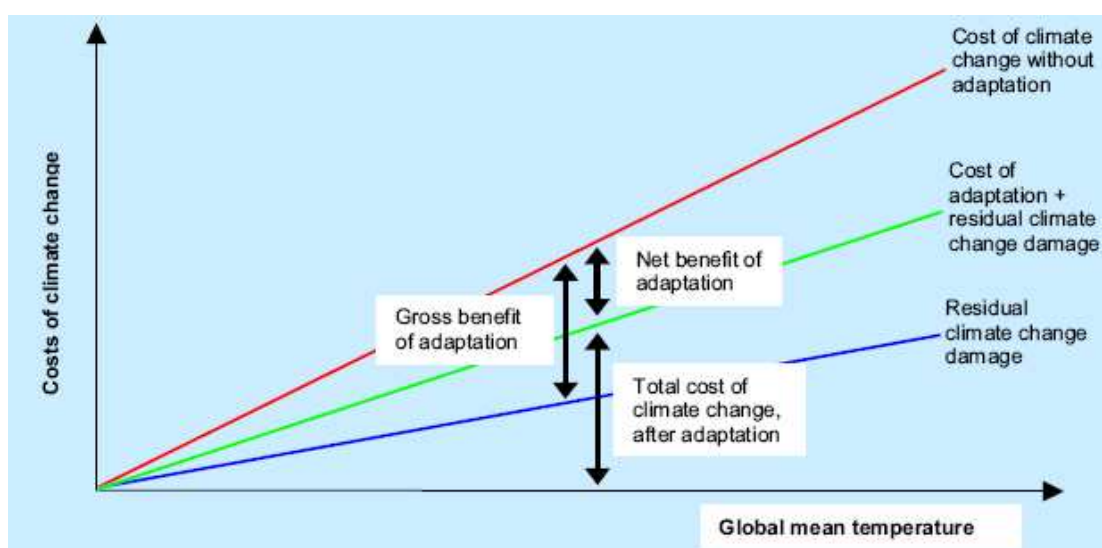
Figura 3: Interconnessione tra impatti, mitigazione e adattamento Climate Change 2001: Synthesis Report, 2002



L'adattamento è un processo cruciale per trattare i danni inevitabili del CC. È importante

sottolineare che l'adattamento può mutare gli impatti, ma non può, da solo, risolvere il problema del CC. Ma questo processo è importantissimo per limitare gli impatti negativi e la vulnerabilità dei sistemi, anche se mano a mano che cresce la forza e la velocità dei CC, la relativa efficacia dell'adattamento diminuirà costantemente. Ovviamente l'adattamento non è né semplice né senza costi, esistono comunque dei limiti sia per moderati livelli di aumento delle temperature (per gli ecosistemi e per le regioni più povere), sia in presenza di aumenti della temperatura più alti per il resto del mondo. I paesi in via di sviluppo sono quelli più a rischio per la loro vulnerabilità geografica (sono situati in regioni dove un semplice cambiamento climatico ha gli impatti più negativi) e per la loro limitata capacità di adattamento. L'adattamento è una parte vitale per le risposte al CC. È l'unica via per fronteggiare gli impatti negativi che già stanno coinvolgendo diverse parti del mondo e offre l'opportunità di aggiustare le attività economiche nei settori più vulnerabili. Per l'IPCC l'adattamento è ogni aggiustamento nei sistemi umani o naturali in risposta agli attuali o previsti stimoli climatici, per moderare i danni o sfruttarne gli effetti benefici⁵. L'obiettivo dell'adattamento è quello di ridurre la vulnerabilità al CC e la variabilità, riducendo di conseguenza i loro impatti negativi. L'adattamento dovrebbe anche aumentare la capacità del sistema a catturare qualsiasi beneficio dei CC. Per questo l'adattamento, ma anche la mitigazione, sono due importanti strategie di risposta. Senza una forte e precoce strategia di mitigazione, i costi dell'adattamento saliranno, e la capacità d'adattamento verrà meno.

Figura 4: : Il ruolo dell'adattamento nel ridurre i danni del cambiamento climatico



Fonte: Rapporto Stern, 2007

⁵ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2001), Capitolo 18

L'adattamento può operare su due livelli⁶:

- **costruire la capacità d'adattamento:** creare le informazioni e le condizioni (normative, istituzionali, manageriali) necessarie a supportare l'adattamento. Queste misure vanno dallo studio dei potenziali impatti e delle potenziali opzioni per adattarsi ai CC, allo svolgimento di specifiche azioni accumulando le risorse necessarie per implementarle;
- **sviluppare azioni adattive:** intraprendere azioni che aiutano a ridurre la vulnerabilità ai rischi climatici ed a sfruttarne le opportunità. Ad esempio: piantare raccolti differenti o differenziare il tempo per piantare i raccolti, oppure investire in infrastrutture per difendersi contro specifici rischi climatici, come ad esempio la costruzione di difese costiere o di nuove riserve d'acqua.

È opportuno ricordare che alcuni adattamenti avvengono autonomamente, in quanto gli individui sono in grado di rispondere ai cambiamenti fisici o di mercato in cui si trovano. Altri aspetti, invece, richiedono una più accurata pianificazione e progettazione come, ad esempio, la costruzione d'infrastrutture. L'adattamento differisce dalla mitigazione perchè, in alcuni casi, fornisce dei benefici locali e questi benefici sono visibili senza dover aspettare lunghi periodi di tempo. L'adattamento "autonomo" avviene quando gli individui, le famiglie, le imprese adottano azioni "naturali" in risposta agli attuali o previsti CC (quindi nel settore privato maggiormente). Al contrario di queste, molte azioni d'adattamento sono il risultato di specifiche politiche nazionali⁷.

La distinzione tra adattamento di breve e di lungo periodo è legata alla flessibilità delle opzioni d'adattamento. Nel breve periodo, la risposta dei decisori politici ai CC è legata ad un dato stock di capitale fisico "fisso" (ad esempio le infrastrutture sono date), per questo motivo, le principali opzioni possibili sono ristrette esclusivamente a cambiamenti dei fattori di produzione (input). Ad esempio, il contadino può cambiare la produzione, o posticiparla/anticiparla a seconda dei CC. D'altra parte investimenti nel sistema d'irrigazione non possono essere eseguiti in questa scala temporale. Tali investimenti sottendono un'analisi costi-benefici prolungata nel tempo. Rispondere ai CC (ad esempio la comparsa di più frequenti e più violenti temporali) è spesso il primo passo

⁶ UKCIP (2005) Measuring progress, Capitolo 4

⁷ In letteratura ci si riferisce a queste come "adattamento pianificato"

dell'adattamento. Bisogna, infatti, prestare la dovuta attenzione a questi primi segnali di CC. Variabilità climatica, aumento degli eventi estremi (ondate di calore improvvise, ecc.) sono i primi importanti segnali di CC. Le decisioni circa il tempo e l'ammontare dell'adattamento richiede un'attenta analisi costi-benefici. Bisogna comparare i benefici, cioè i danni evitati dovuti ai CC, con i costi, appropriatamente scontati nel tempo, dell'adattamento (es. infrastrutture). L'opzione d'adattamento migliore sarà quella che ha i benefici netti più alti, tenendo in dovuta considerazione i rischi e le incertezze del clima ()

Tabella 2: Costi e benefici dell'adattamento

Tipo di adattamento	Clima esistente (T_0)	Clima alterato (T_1)
Adattamento al clima esistente (A_0)	Clima esistente. La società si adatta al clima esistente: $[T_0, A_0]$	Clima alterato. La società si adatta al clima esistente: $[T_1, A_0]$
Adattamento al clima alterato (A_1)	Clima esistente. La società si adatta al clima alterato: $[T_0, A_1]$	Clima alterato. La società si adatta al clima alterato: $[T_1, A_1]$

Fonte: Rapporto Stern, 2007

Prendiamo in considerazione 2 scenari, uno con ed uno senza cambiamento climatico (T_0 e T_1 rispettivamente). Poi prendiamo 2 opzioni d'adattamento per i due scenari (A_0 ed A_1 rispettivamente). Il primo riquadro in alto a sinistra rappresenta la situazione iniziale (la società si adatta al clima esistente $[T_0, A_0]$), il riquadro in basso a destra rappresenta invece la situazione in cui la società si adatta (da A_0 ad A_1) al clima che cambia (da T_0 a T_1). Il riquadro in alto a destra, invece, rappresenta una situazione in cui la società fallisce l'adattamento al clima che cambia, mentre l'ultimo riquadro descrive una situazione in cui l'adattamento è stato compiuto, ma il clima resterà inalterato. In conclusione:

- **Il danno del CC** è la perdita di benessere associata muovendosi da un clima base (T_0, A_0) a una situazione di clima mutato ma senza adattamento: (T_1, A_0): $W(T_1, A_0) - W(T_0, A_0)$.
- **I benefici netti dell'adattamento** sono rappresentati dalla riduzione del danno raggiunta adattandosi al clima che cambia: $W(T_1, A_1) - W(T_1, A_0)$.

- **Il danno del cambiamento climatico dopo l'adattamento** è la differenza tra il benessere sociale raggiunto nel riquadro in basso a destra e quello in alto a sinistra:
 $W(T_1, A_1) - W(T_0, A_0)$.

Per alcuni settori specifici, come l'agricoltura o la difesa delle coste, molti studi indicano che un'efficiente politica d'adattamento è in grado di ridurre i danni del CC sostanzialmente. Come spiegato in precedenza, l'adattamento è un importante componente degli IAMs, anche se è un po' sottovalutata all'interno dei modelli che stimano i costi dei CC. Comunque, per quei settori particolarmente vulnerabili sono stati intrapresi alcuni studi pilota. Le assunzioni circa la popolazione e la crescita economica sono fondamentali per valutare i futuri costi e benefici dell'adattamento espressi in termini di danni evitati.

Per la protezione delle coste, ad esempio, i danni evitati a causa del CC, possono essere valutati calcolando il valore della terra, delle infrastrutture, delle attività, ecc. protette ad es. da una diga marittima. Anche il costo della diga può essere facilmente calcolato tramite la stima dei costi di costruzione. In teoria, quindi, la difesa delle coste potrebbe essere intrapresa fino al punto in cui un'unità aggiuntiva di costi di protezione è uguale ai benefici. Gli studi più recenti in questo campo dimostrano che alti livelli di protezione possono essere economicamente efficienti e ridurre il costo delle terre perse sostanzialmente⁸. In accordo con analisi recenti, l'efficacia dell'adattamento diminuisce all'aumentare del livello d'innalzamento delle acque, ma per un aumento del livello del mare di 0,5 metri i costi dei danni sarebbero ridotti dell'80-90% se si intraprendono adeguate politiche d'adattamento potenziando la difesa costiera. In caso di aumento del livello del mare di 1m i costi dei danni sarebbero ridotti solo del 10-70%⁹. Per la maggior parte dei Paesi i costi di protezione, calcolati in questo modo, rappresentano circa lo 0,1 del PIL (per un innalzamento di 0,5m). Per livelli d'innalzamento maggiori, la percentuale dei costi sale a circa 1% del PIL, mentre nei paesi meno sviluppati, la percentuale può raggiungere qualche punto del PIL.

⁸ Fankhauser (1995) assume nessuna crescita di PIL o popolazione e trova che con un adeguato adattamento circa il 95% delle coste dei paesi OECD sarà protetto. In caso di crescita secondo gli scenari IPCC Nicholls and Tol (2006) hanno stimato che la percentuale scende al 70%.

⁹ Anthoff *et al.* (2006) analizzando i dati da Nicholls and Tol (2006) per gli anni 2080 - 2089. I costi sono calcolati con US\$ a base 1995.

1.5 COME SI PREPARA LA COMUNITÀ EUROPEA AL CAMBIAMENTO CLIMATICO: THE PESETA STUDY

Metodologie scientifiche incomplete e mancanza di dati non permettono ancora un'analisi economica, sistematica e completa, circa i costi d'inazione in Europa, in particolare quando si integrano delle misure d'adattamento. Il Progetto PESETA (che è tuttora in corso), coordinato dal Joint Research Centre of the European Commission (DG JRC), cerca di colmare questi "gap" di conoscenza. Il progetto beneficia dei passati DG Research Projects che hanno sviluppato dei modelli d'impatto (ad esempio il DIVA model) e degli scenari climatici futuri ad alta risoluzione per l'Europa (ad esempio il PRUDENCE project). Questi progetti, coordinati dal JRC/IPTS, coinvolgono numerosi istituti di ricerca¹⁰. L'obiettivo del Progetto PESETA (Projection of Economic impacts of climate change in Sectors of the European Union based on bottom-up Analysis) è quello di ottenere una valutazione degli impatti, inclusa una stima monetaria, del cambiamento climatico in Europa (EU25, incluse, quindi, Romania, Bulgaria e Turchia) con orizzonte temporale 2011-2040 e 2071-2110, basandosi su una metodologia bottom-up. La valutazione è ottenuta usando un modello quantitativo per la valutazione degli impatti in alcuni settori chiave: agricoltura, salute, turismo, bacini idrici e sistema costiero. Come scenari di base per il cambiamento climatico, il PESETA Study, utilizza gli scenari A2 e B2 dell'IPCC:

- lo scenario A2 disegna un mondo molto eterogeneo. Il tema principale è la preservazione delle identità locali. I parametri di fertilità portano ad una crescita continua della popolazione mondiale. Altre assunzioni sono:
 1. concentrazioni di CO₂ triplicate a fine secolo
 2. aumento globale di temperatura di 3°C a fine secolo
 3. Agricoltura: basso livello di salute e disparità regionali
 4. Vulnerabilità: in aumento
- Lo scenario B2 disegna un mondo in cui la crescita è più sostenibile. Il tasso di crescita della popolazione è minore che in A2.
 1. concentrazioni di CO₂ raddoppiate a fine secolo

¹⁰ JRC/IES, ICIS-Maastricht University, AEA Technology, FEDEA, University of Southampton, FEEM, and Politechnical University of Madrid). Il progetto beneficia inoltre della collaborazione del Rossby Center che ha fornito i dati climatici.

2. aumento globale di temperatura di 2,2°C a fine secolo
3. Agricoltura: basso livello di salute e disparità regionali
4. Vulnerabilità: stress ambientali a livello globale ma resistenza locale.

Vediamo brevemente le analisi settoriali presenti nello studio PESETA:

1. Agricoltura

Nello studio PESETA sull'agricoltura, gli impatti del CC sono modellati per il periodo di tempo 2020-2080 in nove zone agroclimatiche. I raccolti di grano decresceranno nel Sud dell'Europa (contrazione del periodo di crescita) mentre aumenteranno in produttività e abbondanza nel Nord Europa. I modelli prevedono aumenti da +2,8 a +70% e diminuzioni comprese tra -1,9 a 22,4%. I prossimi studi PESETA cercheranno di dare un valore monetario a tali perdite/aumenti.

2. Salute

Gli effetti sulla salute sono una delle chiavi del CC. Gli studi PESETA in questo campo si sono concentrati soprattutto sugli effetti della mortalità provocati da ondate di gelo o di calore. I risultati preliminari indicano che l'aumento di mortalità dovuta all'incremento delle temperature supereranno di gran lunga quelli da ondate di gelo per il 2080. Per lo scenario A2 le morti nette saranno 86.000 (rispetto agli anni 1961-1990), mentre per lo scenario B2 saranno 36.000.

3. Protezione coste

I modelli preliminari indicano danni significativi soprattutto in assenza di strategie di adattamento. Questo settore risulta più avanti degli altri nei risultati, avendo quantificato monetariamente i danni.

L'adattamento può ridurre i costi di almeno il 70%. Si vedano le seguenti tabelle per chiarimenti.

Tabella 3: Innalzamento del livello del mare, per diversi gradi di sensibilità climatica (bassa, media ed alta), per gli scenari socio-economici A2 e B2 (IPCC)

Innalzamento livello del mare (scenari)	A2	B2
Basso	0,22	0,17
Medio	0,47	0,36
Alto	0,96	0,74

Opzioni d'adattamento considerate nello studio PESETA

No adattamento	Nessun incremento nella costruzione di opere di difesa da inondazione Nessun ripascimento delle spiagge
Adattamento – basato su analisi costi-benefici	Incremento nella costruzione o nell'altezza delle dighe Applicazione del ripascimento spiagge

Fonte: PESETA - Projections of economic impacts of climate change in sectors of Europe based on bottom-up analysis, Gennaio 2007

Le analisi mostrano i benefici potenziali di un adattamento fatto in tempo usando i metodi tradizionali del rinascimento delle spiagge o delle dighe. Nonostante ciò, i costi anche con l'adattamento sono sempre alti.

4. Rischio d'inondazione

Il numero dei grandi disastri dovuti ad inondazione nel periodo 1990-1998 sono stati più alti che nel periodo 1950-1985. Lo studio PESETA si è concentrato sul bacino dell'alto Danubio, per quest'area il danno totale di 100 anni d'inondazioni sotto lo scenario A2 aumenta da 47,5 a 66 miliardi di euro, con un aumento del 40% circa. Per lo scenario B2 il danno stimato è +19%. Per quanto riguarda le persone colpite esse aumenteranno dell'11% per A2 (242.000 persone) e del 6% per B2 (135.000 persone). Le proiezioni per le precipitazioni estreme e le temperature indicano che altre aree d'Europa saranno soggette agli stessi rischi.

Tabella 4: Danni alle coste europee con o senza adattamento, per gli scenari considerati

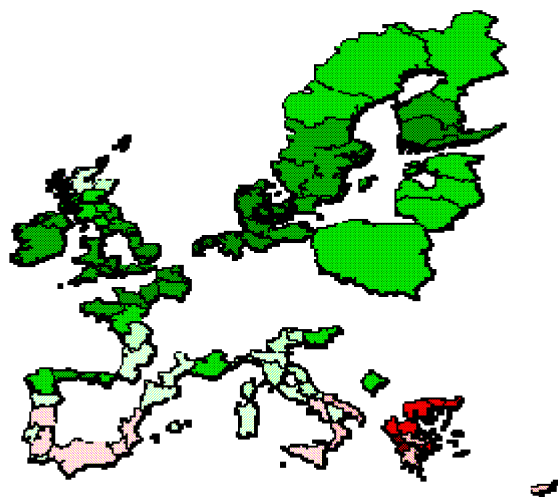
Scenario B2	Tempo	Danno residuo (mld euro l'anno)	Costi d'adattamento (mld euro l'anno)	Costi totali (mld euro l'anno)
Senza adattamento	2020	4,4	0,0	4,4
	2080	9,3	0,0	9,3
Con adattamento	2020	1,0	1,3	2,3
	2080	0,9	1,3	2,2
Scenario A2				
Senza adattamento	2020	5,9	0	5,9
	2080	42,5	0	42,5
Con adattamento	2020	1,4	4,0	5,4
	2080	1,8	9,3	11,1

Fonte: PESETA - Projections of economic impacts of climate change in sectors of Europe based on bottom-up analysis, Gennaio 2007

5. Turismo

La migrazione annuale degli europei dalle regioni del Nord alle coste del mediterraneo è uno dei maggiori flussi turistici globali contando per 1/6 di tutti i viaggi turistici del 2000. Questo flusso turistico, circa 100 milioni di persone l'anno, spende 100 miliardi di euro l'anno. Per questo motivo ogni CC che coinvolge queste zone avrà notevoli ripercussioni sull'economia delle destinazioni. Il caso-studio PESETA sul turismo si concentra su quei segmenti turistici più sensibili e più dipendenti dal CC. Le zone che oggi sono in eccellenti condizioni, localizzate sostanzialmente lungo il mediterraneo, si sposteranno lentamente verso nord, probabilmente nel mare del Nord o nel Mar Baltico. Allo stesso tempo miglioreranno le condizioni autunnali e primaverili. Molto dipenderà dalla risposta dei turisti a questi cambiamenti, che a sua volta dipende dalle preferenze, dagli affari, dalla capacità d'adattamento del turista stesso. L'effetto di redistribuzione delle mete vacanzieri sarà fondamentale per capire gli impatti dei CC. L'impatto globale sull'economia turistica sarà maggiore se il turista opterà per altre destinazioni.

Figura 5: Vulnerabilità del settore turistico nelle zone costiere europee. In verde le “opportunità positive” in rosso le “opportunità negative”.



Green Paper

L'Europa ha visto aumentare le sue temperature di circa 1° C nell'ultimo secolo, più della media mondiale. Un'atmosfera più calda contiene una maggiore quantità di vapore acqueo, ma i nuovi andamenti delle precipitazioni variano molto da una regione all'altra. Le precipitazioni piovose e nevose sono aumentate fortemente nell'Europa settentrionale, mentre sono sempre più frequenti gli episodi di siccità nell'Europa meridionale. I recenti picchi di temperatura, come l'ondata di caldo record dell'estate del 2003, sono fenomeni compatibili con il mutamento del clima indotto dall'uomo. Le regioni europee più vulnerabili sono le seguenti:

- l'Europa meridionale e 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;
- le 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;
- le zone costiere, a causa dell'innalzamento del livello del mare abbinato ai maggiori rischi di precipitazioni violente;
- le 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;
- la Scandinavia, dove sono previste precipitazioni molto maggiori, sempre più spesso sotto forma di pioggia e non di neve;
- la regione dell'Artide, dove le variazioni della temperatura saranno più elevate rispetto ad altre zone della Terra.

Molti settori economici dipendono enormemente dalle condizioni climatiche e risentiranno direttamente delle conseguenze del mutamento del clima a livello di attività e di imprese: si pensi, ad esempio, all'agricoltura, alla silvicoltura, alla pesca, al turismo estivo e invernale e alla sanità. Una minore disponibilità di acqua, i danni prodotti dal vento, temperature sempre più elevate, l'aumento degli incendi e le sempre maggiori pressioni esercitate dalle malattie causeranno danni alle foreste. L'aumento della frequenza e dell'intensità di eventi estremi come le tempeste, le forti precipitazioni, le inondazioni del mare e le alluvioni

improvvisi, la siccità, gli incendi di boschi e foreste e gli smottamenti danneggiano gli edifici, le infrastrutture industriali e di trasporto e, di conseguenza, incidono direttamente sui settori dei servizi finanziari e assicurativi.

- Nelle regioni dove diminuiranno le precipitazioni e dove le estati secche saranno più frequenti, risulterà ridotto l'afflusso di acqua necessaria per il raffreddamento delle centrali termiche e delle centrali nucleari e per la produzione di energia idroelettrica. Diminuirà anche la capacità di raffreddamento dell'acqua, a causa del riscaldamento generale dell'acqua stessa e non si potrà escludere il superamento delle portate.
- Le portate dei fiumi saranno alterate dal diverso andamento delle precipitazioni e, nelle zone di montagna, dalla minore copertura di ghiaccio e neve. Il fenomeno dell'interrimento delle dighe potrebbe essere accelerato a causa dei maggiori rischi di erosione.
- La domanda di riscaldamento scenderà, ma aumenterà il rischio di interruzioni della fornitura di energia elettrica poiché il calore estivo incrementerà la domanda di condizionamento e, dunque, il fabbisogno di elettricità.
- Il rischio più elevato di tempeste e alluvioni potrà danneggiare le infrastrutture energetiche.
- L'innalzamento del livello dei mari ridurrà l'effetto di difesa dei frangiflutti e dei muri di sponda.
- Dovrebbero aumentare i rischi di danni e distruzione causati da tempeste e alluvioni, ma probabilmente anche quelli prodotti da ondate di calore, incendi e smottamenti

Quando procedere all'adattamento?

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. Inoltre, le imprese europee all'avanguardia delle strategie e tecnologie di adattamento potrebbero ricavarne un vantaggio competitivo. In questo senso, al momento di definire le priorità, è importante disporre di conoscenze sufficienti sulle dimensioni temporali degli impatti. 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 assenza di una risposta politica tempestiva, l'UE e gli Stati membri potrebbero essere costretti ad adottare provvedimenti di adattamento non pianificati, magari all'improvviso per affrontare crisi e catastrofi sempre più frequenti, con costi molto più elevati e con possibili rischi per i

sistemi sociali ed economici dell'Europa e per la sua stessa sicurezza. Per gli impatti di cui disponiamo previsioni affidabili l'adattamento deve cominciare subito.

Primo pilastro: Intervento immediato nell'UE

L'intervento immediato comprende diverse politiche finalizzate a:

- integrare l'adattamento in sede di attuazione e modifica della legislazione e delle politiche vigenti e future;
- integrare l'adattamento nei programmi di finanziamento comunitari esistenti;
- elaborare nuove risposte strategiche.

Secondo pilastro: integrare l'adattamento nelle azioni esterne dell'UE

La crescente preoccupazione per gli impatti dei cambiamenti climatici e la necessità di adattarvisi influenzeranno le relazioni che l'UE intrattiene con i paesi terzi. Occorre avviare un dialogo e dei partenariati al riguardo con i paesi in via di sviluppo, i paesi vicini e con i paesi industrializzati. Le diverse situazioni economiche, politiche, sociali e ambientali dei partner richiedono senza dubbio delle strategie di adattamento specifiche, ma molti interventi di adattamento sono analoghi a tutti i paesi e sotto questo profilo c'è ampio margine di cooperazione.

Terzo pilastro: ridurre l'incertezza ampliando la base di conoscenze mediante attività di ricerca integrate sul clima

Disporre di risultati scientifici attendibili è un fattore di capitale importanza per la politica sul clima. 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. Occorre promuovere un approccio integrato, intersettoriale e olistico, oltre all'internalizzazione dei costi ambientali del degrado fisico e biologico. Le attività di ricerca dovrebbero approfondire la complessità delle interrelazioni tra fattori che non possono essere analizzati indipendentemente gli uni dagli altri. Il Settimo programma quadro di ricerca dell'UE (2007-2013) riserva notevole spazio ai cambiamenti climatici, sotto il profilo delle capacità di previsione, della modellizzazione e delle strategie di adattamento.

Quarto pilastro: coinvolgere la società europea, le imprese e il settore pubblico nella preparazione di strategie di adattamento coordinate e complete

La necessità di adattarsi ai cambiamenti climatici potrebbe causare importanti ristrutturazioni in alcuni settori economici particolarmente dipendenti dalle condizioni atmosferiche come l'agricoltura, la silvicoltura, le energie rinnovabili, le acque, la pesca e il turismo, o in comparti esposti specificatamente ai cambiamenti climatici, come i porti, le infrastrutture industriali e gli insediamenti urbani situati lungo le zone costiere, nelle pianure alluvionali e nelle zone montane. Occorre aprire un dialogo strutturato con le parti interessate e la società civile per studiare sistematicamente tutte queste problematiche, e scambiare opinioni e fornire consulenze in merito a strategie complete e coordinate, anche su eventuali misure di ristrutturazione e di accompagnamento.

2. VULNERABILITÀ AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

2.1 UNA STRADA VERSO LA SOSTENIBILITÀ: COME UNA CORRETTA STRATEGIA DI ADATTAMENTO PUÒ FAR DECRESCERE LO STATO DI VULNERABILITÀ AGLI STRESS AMBIENTALI

La parte II del Rapporto Stern considera come il cambiamento climatico interesserà la vita delle persone, l'ambiente ed i prospetti per la crescita e lo sviluppo nelle differenti parti del mondo. Tutte e tre le dimensioni sono fondamentali per capire come il cambiamento climatico interesserà il nostro futuro. Anche se alcune parti del mondo trarrebbero beneficio da aumenti modesti nella temperatura, più la temperatura aumenta, più la maggior parte dei paesi soffrirà e lo sviluppo globale sarà influenzato sfavorevolmente. Per alcuni dei più poveri paesi c'è un rischio reale di spinta verso il basso in una spirale di vulnerabilità e povertà crescenti. Aumenti globali medi di temperatura soltanto di 1-2°C (sopra i livelli pre-industriali) potrebbero portare il 15-40% delle specie all'estinzione. Se l'aumento delle temperature sarà superiore a 2-3°C, come molto probabilmente accadrà verso la fine di questo secolo, i rischi di danni su larga scala saranno crescenti ed i costi associati al cambiamento climatico cresceranno anch'essi molto rapidamente. In termini matematici, la funzione di danno globale è convessa. Ogni regione sarebbe toccata da non cambiamenti di questa grandezza, anche se, ovviamente i paesi in via di sviluppo sarebbero influenzati in maniera ancora più negativa. Il Rapporto Stern suggerisce che i rischi ed i costi del cambiamento climatico durante i prossimi due secoli potrebbero essere equivalenti ad una riduzione media pro-capite del consumo globale di almeno il 5%.

Questo paragrafo esamina gli effetti sempre più seri che l'aumento delle temperature ha sulla vita delle persone e sui suoi aspetti basilari (rifornimento idrico, produzione alimentare, salute, disponibilità di terra ed ecosistemi). Il cambiamento climatico è in problema serio ed urgente. La temperatura terrestre è già aumentata di 0.7°C dal 1900 ed è previsto che aumenti ancora. In base alle tendenze correnti, le temperature globali medie potrebbero aumentare di 2-3°C nei prossimi cinquanta anni, e addirittura di parecchi gradi per la fine del secolo, se le emissioni non verranno drasticamente abbattute. La teoria suggerisce che gli effetti in parecchi settori chiave aumenteranno col crescere della temperatura, anche se non ci sono abbastanza prove quantitative dirette. L'effetto congiunto degli impatti sui diversi settori potrebbe essere molto dannoso ed amplificare ulteriormente le conseguenze del cambiamento climatico. Pochi studi sono stati realizzati

per quantificare queste interazioni, ma le conseguenze potenziali potrebbero essere notevoli. Per esempio, in alcune regioni tropicali, l'effetto congiunto della perdita degli impollinatori, di malattie quali la peste, il rifornimento idrico ridotto e l'incidenza maggiore delle ondate di calore potrebbero condurre a diminuzioni molto più grandi nella produzione alimentare, di quelli previsti.

Le conseguenze del cambiamento climatico dipenderanno da come gli effetti fisici interagiscono con i fattori socioeconomici. Il movimento e lo sviluppo della popolazione accentueranno gli effetti aumentando l'esposizione della società agli stress ambientali (per esempio, più gente che vive sulle coste) e riducendo la quantità di risorse disponibili pro-capite (per esempio, meno alimenti a persona e carenza di scorte). Al contrario uno sviluppo economico maggiore riduce, spesso, la vulnerabilità al cambiamento climatico (per esempio, alimentazione o sanità migliori) e aumenta la capacità della società di adattarsi agli effetti del cambiamento (per esempio, disponibilità di tecnologia per rendere i raccolti più tolleranti alla siccità, ecc.). La mette a fuoco gli scenari che calcolano gli effetti del cambiamento del clima sovrapponendoli ad uno sviluppo economico e sociale.

2.1 I MODELLI ECONOMICI DEL RAPPORTO STERN

Il Rapporto Stern (Stern Review: The Economics of Climate Change) cerca di analizzare attraverso dei modelli il costo dei cambiamenti climatici. Questi modelli non sono solo modelli monetari ma multidimensionali, in quanto tengono in considerazione non solo il reddito/consumo ma anche la salute e l'ambiente. Un approccio multidimensionale allo sviluppo è fondamentale anche se per comodità di ragionamento le dimensioni vengono analizzate singolarmente. Modellizzare gli impatti monetari del cambiamento climatico è una grande sfida, per affrontarla gli economisti del Rapporto Stern hanno utilizzato come strumento uno IAMs (Integrated Assessment Models). Lo IAM simula il processo di un cambiamento climatico indotto dall'uomo, dalle emissioni agli effetti socio-economici. I modelli forniscono una stima monetaria dei costi del cambiamento climatico, questa stima è vista in termini di crescita del reddito con o senza cambiamento climatico. Il reddito nello scenario senza cambiamento climatico è misurato in termini di PIL (Prodotto Interno Lordo). Il problema è che gli effetti negativi del cambiamento climatico attualmente portano ad un incremento delle spese (ad esempio spese di protezione o per l'aria condizionata) che aumentano l'output economico. Queste spese andrebbero sottratte dal calcolo del PIL in quanto rappresentano dei costi del cambiamento climatico. Il risultato è che la misura monetaria dei costi è una misura di reddito perso piuttosto che di output perso, come convenzionalmente è misurato dal PIL. In pratica si produce uno scenario

BAU (Business As Usual) che ci dice quali sono i costi totali del cambiamento climatico (misurati in termini di perdita di PIL) nel caso in cui non si prendessero adeguate contromisure per contrastarlo.

Passiamo brevemente in rassegna i maggiori effetti che il cambiamento climatico potrebbe avere sull'accesso all'acqua, al cibo, alla terra, sulla salute e sull'ambiente.

- *Acqua*: le persone sentiranno l'impatto del cambiamento climatico attraverso cambiamenti nella distribuzione dell'acqua nel globo e nella sua variabilità annuale e stagionale. Globalmente circa il 70% di tutte le forniture d'acqua fresca è usata per l'industria e l'energia, mentre solo l'8% è usata direttamente dalla comunità. Il cambiamento climatico potrebbe modificare la distribuzione dell'acqua alterandone il ciclo di vita e rendendo più frequenti siccità ed inondazioni. Appena il ciclo dell'acqua si modifica, miliardi di persone guadagneranno o perderanno questa preziosa risorsa. Già adesso 1/3 della popolazione mondiale vive in regioni sottoposte a carenza d'acqua e circa 1 miliardo non ha accesso all'acqua potabile. Anche senza cambiamenti climatici la sola crescita della popolazione potrebbe mettere in serio pericolo la vita di persone che vivono in aree con scarsità d'acqua. La Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. mette in evidenza il numero di persone sottoposte a *water stress* con l'aumento delle temperature.
- *Cibo*: nelle regioni tropicali, anche piccoli aumenti delle temperature porteranno ad un declino dei raccolti. A medie-alte latitudini un modesto aumento potrebbe inizialmente sostenere i raccolti che però, poi, declineranno. La produzione di cibo è sensibilissima al cambiamento climatico, in quanto i raccolti dipendono in larga misura dalla temperatura e dalle precipitazioni. Il settore agricolo, oggi, fornisce il 22% dell'output globale, fornisce lavoro al 22% della popolazione e occupa circa il 40% del suolo globale. Il 75% della popolazione dei paesi in via di sviluppo conta esclusivamente sull'agricoltura per condurre la propria esistenza¹¹. L'impatto del cambiamento climatico sull'agricoltura dipenderà in maniera cruciale dalla grandezza della "fertilizzazione del carbonio". Il diossido di carbonio è un elemento base per la crescita delle piante. Crescenti concentrazioni in atmosfera potrebbero accrescere i benefici iniziali di un modesto aumento delle

¹¹ FAO World Agriculture report (Bruinsma 2003 ed.)

temperature ed anche compensare le riduzioni dovute a calore ed a scarsità d'acqua. Questo avviene per modesti aumenti delle temperature (2-3 C°), i raccolti cadranno se l'aumento sarà maggiore (4-5 C°).

- *Salute*: Il cambiamento climatico aumenterà in tutto il mondo le morti per malnutrizione e eccesso di calore. Alcune malattie, come la malaria ed alcuni tipi di febbre, potrebbero diffondersi molto velocemente se non si prestano adeguate contromisure. La sensibilità della salute al cambiamento climatico potrebbe aumentare in importanza specialmente nei Paesi più poveri dove la popolazione ha un accesso più limitato all'acqua potabile. In alcune aree tropicali le temperature sono già al limite della tolleranza umana. Per non parlare delle aree urbanizzate. Al contrario, alcune aree situate ad alte latitudini potrebbero beneficiare di questi effetti (le morti dovute al freddo diminuirebbero). Il cambiamento climatico amplificherà le disparità tra Paesi ricchi e poveri nel campo della sanità. La World Health Organisation (WHO) ha stimato che il cambiamento climatico dal 1970 è già responsabile di circa 150.000 morti all'anno per l'incidenza di diarrea, malaria e malnutrizione, principalmente in Africa (si veda la *Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.*). L'aumento di circa 1 °C nelle temperature, d'accordo con il WHO, raddoppia il numero dei morti annuali dovuti al cambiamento climatico. Nei Paesi con temperature elevate il tasso di mortalità aumenterebbe in maniera esponenziale.
- *Terra*: l'incremento del livello del mare aumenta le inondazioni costiere ed i costi per la protezione delle coste, porta all'erosione costiera, alla perdita di terre umide e incrementa l'intrusione di acqua marina in superficie e nelle acque sotterranee. Al giorno d'oggi¹² circa 200 milioni di persone vivono in aree soggette ad allagamenti, con circa 2 milioni di km² di terreno e infrastrutture per 1 mille miliardi situate a meno di 1 metro sopra il livello del mare. Molte delle più importanti città del mondo (22 su 50) sono a rischio allagamento (Tokyo, Shanghai, Hong Kong, Mumbai, Calcutta, Karachi, Buenos Aires, Sanpietroburgo, New York, Miami e Londra¹³). Le case di 10 milioni di persone sono a rischio inondazione sia da tempeste che da aumento del livello delle acque. Le persone più a rischio sono

¹² È recente la tragedia di New Orleans travolta dall'uragano Katrina

¹³ Munich Re (2005)

quelle del sud-est asiatico, Africa e coloro che vivono su piccole isole. Alcuni modelli stimano che circa 150-200 milioni di persone abbandoneranno le loro case in seguito ad un aumento del livello del mare, più frequenti inondazioni ed una più intensa siccità

- *Infrastrutture*: i danni alle infrastrutture dovuti a tempeste aumenteranno anche in presenza di piccoli cambiamenti nell'intensità degli eventi (gli uragani ed i cicloni tropicali aumentano esponenzialmente all'aumentare della velocità del vento e della temperatura). Cambiamenti nelle condizioni del suolo (dalla siccità alle terre ghiacciate) influenzeranno anche la stabilità degli edifici. Uragani e inondazioni sono sicuramente tra gli eventi disastrosi più costosi al giorno d'oggi (rappresentano, infatti, circa il 90% delle perdite totali dovute a catastrofi naturali nel 2005: 184 miliardi di \$ solo da uragani e tifoni). Le zone ad alte latitudini stanno già sperimentando gli effetti dell'aumento delle temperature su terreni in precedenza ghiacciati. Il disgelo peggiora le condizioni del suolo causando fenomeni di subsidenza edifici ed infrastrutture costruiti su permafrost.
- *Ambiente*: il cambiamento climatico è probabilmente troppo rapido per permettere l'adattamento di moltissime specie. Vari studi stimano che circa il 15-40% delle specie andrà in estinzione con un aumento delle temperature di 2 C°. Gli ecosistemi sono molto sensibili al cambiamento climatico. Molte specie migreranno, ma la migrazione sarà molto difficile con l'aumento delle temperature. La perdita di specie in via d'estinzione potrebbe essere irreversibile.

Tabella 5: Caratteristiche socio-economiche degli scenari IPCC

Scenari IPCC	A1 FI	A2	B1	B2
Crescita popolazione	Bassa (7 miliardi)	Alta (15 miliardi)	Bassa (7 miliardi)	Media (10 miliardi)
Crescita PIL globale	Molto alta, 3,5% anno	Media, 2% anno	Alta, 2,75% anno	Media, 2% anno
Grado di convergenza (rapporto PIL pro-capite nazioni ricche vs. nazioni povere)	Alto (1,6)	Basso (4,2)	Alto (1,8)	Medio (3,0)
Emissioni	Alte	Mediamente alte	Basse	Mediamente basse

Fonte: Rapporto Stern 2007

Il primo passo dello IAM è il calcolo dei settori economici per i quali esiste un prezzo di mercato (agricoltura, industria, energia, ecc.). Ovviamente esistono degli impatti, sulla salute o sull'ambiente, che non hanno un prezzo di mercato ma sono altrettanto importanti. Questi tipi di impatti sono chiamati impatti non di mercato, e per loro gli economisti hanno creato varie tecniche per calcolarne i costi ed i prezzi, anche se eticamente queste assunzioni si basano su delle semplificazioni a dir poco eroiche per gli economisti. Nel TAR (IPCC Third Assessment Report 2001) sono tre i modelli usati per stimare i costi del CC (Cambiamento Climatico): Mendelson Model, Tol Model e Nordaus Model (vedere appendice II). Il Rapporto Stern, dopo aver passato in rassegna questi modelli precedenti, ne elabora uno nuovo che cerca di comprendere anche gli impatti sociali contingenti o l'amplificazione di certi feedback nel lungo periodo ecc. Il modello usato si chiama PAGE2002 IAM¹⁴ (Policy Analysis of the Greenhouse Effect). L'approccio del modello è di tipo probabilistico, ogni scenario è simulato molte volte (anche 1000) ed ogni volta scegliendo un set di parametri diversi ma contenuti in un range di valori predeterminati. In questo modo, il modello genera una distribuzione probabilistica di risultati piuttosto che la stima di un singolo punto. I parametri usati sono calibrati basandosi su tutti gli studi scientifici ed economici sul CC. Questo modello ha alcune caratteristiche positive quali quella di includere sia effetti di mercato che impatti non di mercato, come anche quella di includere la possibilità di catastrofi (se le temperature aumentano di 5C° o più) si intravede la possibilità di perdite consistenti di PIL (5-20%). Allo stesso tempo, condivide molte limitazioni degli altri modelli, come quella di non includere effetti sociali contingenti. I risultati sono presentati sotto due dimensioni: primo, quanto rapidamente aumenta la temperatura per effetto dei gas-serra e secondo, le differenti categorie di impatti economici.

- **Risposta del sistema climatico alle emissioni di gas-serra:** nel modello vi sono 2 livelli di risposta, il primo è il “baseline climate scenario” del TAR (IPCC Third Assessment Report 2001), mentre il secondo è un “high climate scenario” che considera anche il rischio di feedback negativi amplificati dal sistema stesso. Il “baseline scenario” produce un aumento di temperatura di 3,9°C (rispetto ai livelli pre-industriali) al 2100, con un intervallo di confidenza del 90% di 2,4-5,8 °C (in linea con un aumento di 4,1°C dello scenario A2). Lo scenario “high” è disegnato per esplorare gli impatti possibili se la temperatura aumentasse di parecchi gradi

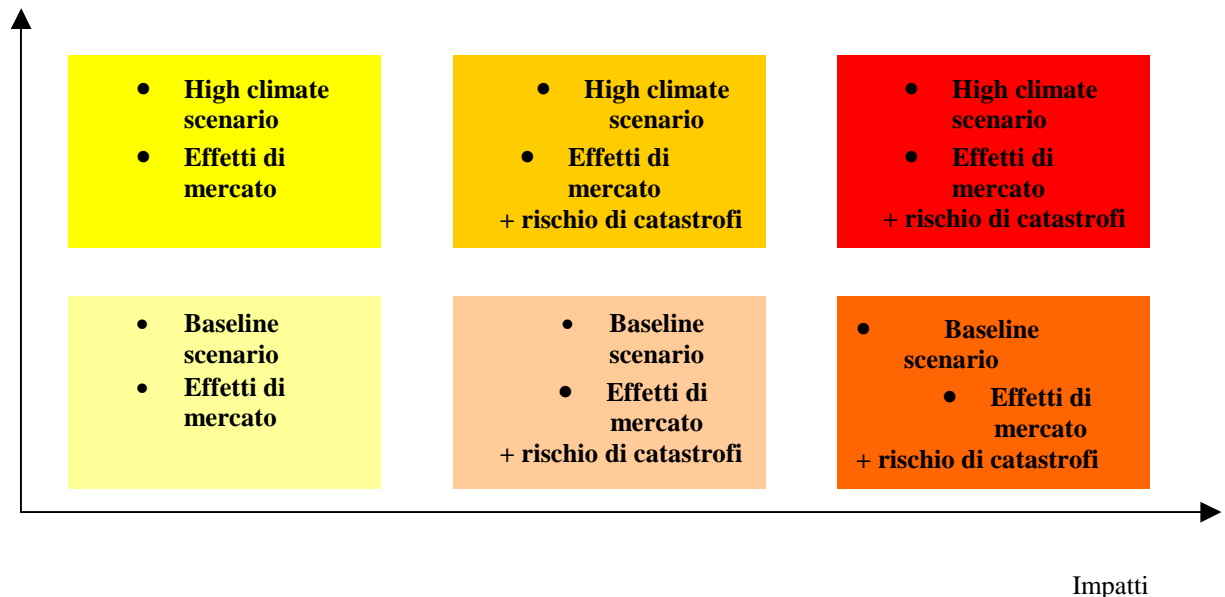
¹⁴ Hope, 2003

attraverso l'azione amplificante dei feedback negativi del sistema climatico. In particolare sono 2 i feedback amplificanti presi in osservazione quello dell'assorbimento del carbonio (preso già in esame precedentemente) e quello dell'incremento del metano rilasciato in atmosfera, ad esempio attraverso lo scioglimento dei terreni ghiacciati.

- **Categorie d'impatto economici:** sono studiati attraverso una matrice 2x3 (si veda Figura 6). La prima colonna comprende solo gli effetti di mercato (combinati con lo scenario "baseline" e "high"), la seconda comprende il rischio di catastrofi naturali, mentre la terza colonna contempla anche gli impatti non di mercato diretti sulla salute e l'ambiente. Da questa matrice si ottengono poi le stime di perdita di PIL, che per comodità sono riassunte nella Figura 6

Figura 6: Matrice degli impatti 2x3

Scenario climatico

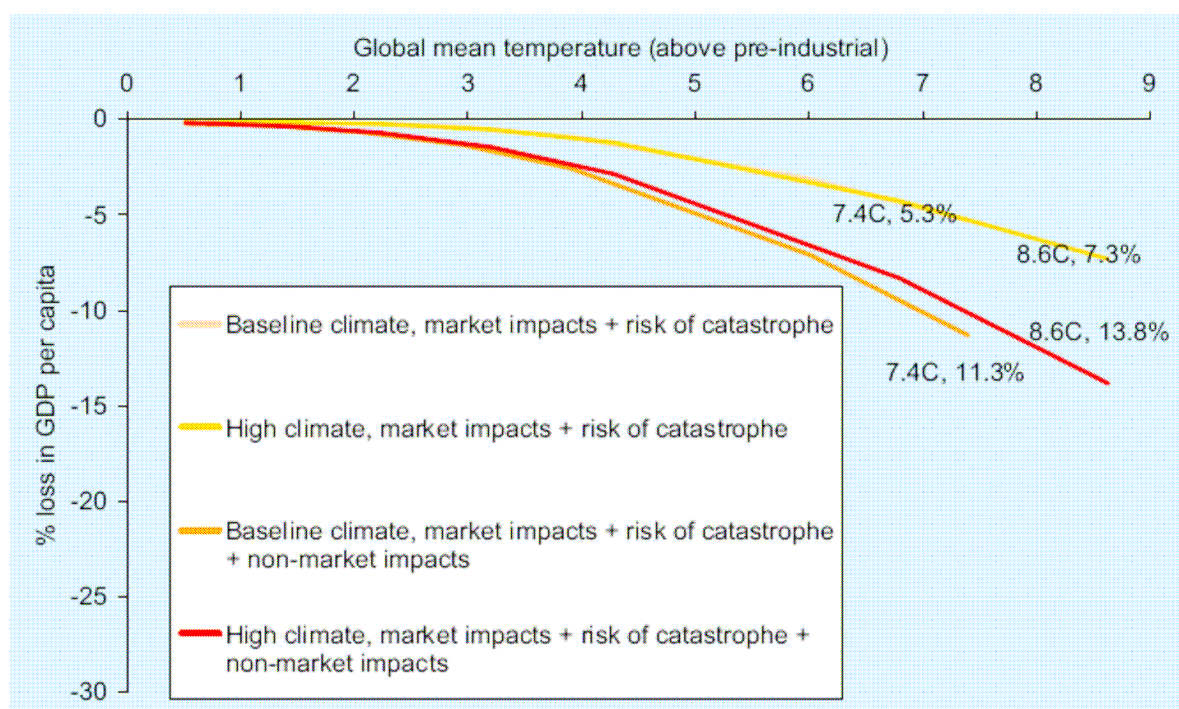


Fonte: Stern Report, 2007

Queste stime non catturano tutta la gamma degli impatti possibili. I costi del CC potrebbero essere maggiori. Ad esempio recenti studi dimostrano che la sensibilità del sistema climatico potrebbe essere molto superiore a quella usata nei parametri degli scenari di PAGE2002. Gli effetti d'amplificazione potrebbero far aumentare i costi

considerevolmente. In più, i risultati riflettono il metodo d'aggregazione tra i Paesi del mondo, ma non si può aggregare semplicemente sommando i PIL dei diversi Paesi. Nordhaus e Boyer¹⁵, ma anche Tol¹⁶ hanno dimostrato che dando più peso agli impatti sui Paesi in Via di Sviluppo, che sono più vulnerabili, i costi del CC sarebbero maggiori (in tutti gli scenari gli impatti maggiori sono in Africa, Medio-Oriente, India e Sud-Est asiatico). A questo punto è utile ricordare che anche se le emissioni di gas-serra smettessero domani il sistema climatico è già compromesso, da oggi al 2050 solo una piccola parte dei costi del CC sarebbe evitabile, a causa dell'inerzia del sistema climatico. Gli impatti sono relativamente modesti solo perché il rischio di catastrofi, cambiamenti su larga scala o feedback amplificanti sono limitati.

Figura 7: Perdita di PIL pro-capite all'aumentare delle temperature globali.



Fonte: Rapporto Stern, 2007

2.2 ADATTAMENTO E VULNERABILITÀ

L'adattamento è un aggiustamento nei sistemi ecologici, sociali ed economici in risposta agli stimoli climatici, attuali e futuri, ed ai loro impatti. Il termine si riferisce ad un

¹⁵ Nordhaus e Boyer, 2000

¹⁶ Tol, 2002

cambiamento nei processi, nelle pratiche o nelle strutture per moderare i potenziali danni dei CC. La capacità adattiva di un sistema è il potenziale o l'abilità di un sistema, di una regione o di uno Stato, di adattarsi agli effetti o agli impatti del CC. Aumentare questa capacità rappresenta un pratico mezzo per fronteggiare le incertezze del clima, incluse la variabilità e gli eventi estremi. L'adattamento si riferisce sia al *processo*, sia alle *condizioni* di essere adattato. Comunque, è un termine relativo, indipendentemente da quale sistema si sta analizzando, esso implica un alterazione *di qualcosa* (il sistema interessato, il settore di riferimento, un ecosistema, una particolare attività, ecc.) *rispetto a qualcos'altro* (gli stress ambientali dovuti ai CC). La descrizione di una strategia d'adattamento richiede la specificazione di chi o cosa si sta adattando, dello stimolo che causa l'adattamento e del processo da intraprendere. L'adattamento può avere una grande varietà di forme. Le *opzioni* d'adattamento sono state differenziate rispetto ad un notevole numero di attributi (Carter *et al.*, 1994; Stakhiv, 1994; Bijlsma *et al.*, 1996; Smithers and Smit, 1997; UNEP, 1998; Leary, 1999; Bryant *et al.*, 2000; Reilly and Schimmelpfennig, 2000). Di solito le distinzioni si fanno in base allo scopo o al tempo. L'adattamento autonomo o spontaneo è considerato come quello che prende luogo senza il diretto intervento dell'uomo o di un organismo pubblico. Le stime dell'adattamento autonomo sono ora usate nelle valutazioni degli impatti e della vulnerabilità. L'adattamento pianificato, invece, può essere sia anticipatorio (cioè intrapreso prima che l'evento avvenga) che reattivo. Oppure l'adattamento può essere a breve o a lungo termine, localizzato od esteso e può assumere varie forme e funzioni (si veda

Tabella 6). Per quanto riguarda le opzioni di adattamento esse si distinguono in “*bear losses*,” “*share losses*,” “*modify threats*,” “*prevent effects*,” “*change use*,” e “*change location*” (Burton *et al.*, 1993; Rayner and Malone, 1998). La tipologia di scelte comprende il ruolo delle politiche pubbliche e delle organizzazioni istituzionali (Downing *et al.*, 1997; UNEP, 1998;).

2.2.1 La capacità d'adattamento e le sue determinanti

Una attenzione considerevole è dedicata a quelle caratteristiche dei sistemi che influenzano la propensione o l'abilità di adattamento (come parte della valutazione sulla vulnerabilità)

Tabella 6: Tipi di adattamento

General Differentiating Concept or Attribute	Examples of Terms Used	
Purposefulness	Autonomous Spontaneous Automatic Natural Passive	Planned Purposeful Intentional Policy Active Strategic
Timing	Anticipatory Proactive <i>Ex ante</i>	Responsive Reactive <i>Ex post</i>
Temporal Scope	Short term Tactical Instantaneous Contingency Routine	Long term Strategic Cumulative
Spatial Scope	Localized	Widespread
Function/Effects	Retreat - Accommodate - Protect Prevent - Tolerate - Spread - Change - Restore	
Form	Structural - Legal - Institutional - Regulatory - Financial - Technological	
Performance	Cost - Effectiveness - Efficiency - Implementability - Equity	

Fonte: Climate Change 2001: WGII Impacts, Adaptation and Vulnerability, 2002.

e/o la priorità per le misure d'adattamento (come base per lo sviluppo di decisioni politiche). Queste caratteristiche si chiamano *determinanti dell'adattamento*. Esse possono essere caratteristiche naturali o socioeconomiche. Una panoramica dei termini, provenienti dalla letteratura scientifica, che descrivono le caratteristiche dei sistemi e che sono pertinenti all'adattamento si può trovare nella *Adaptation and Vulnerability*. L'origine riferimento non è stata trovata.. Per quanto riguarda il CC, la vulnerabilità di un sistema o di una società è funzione della sua esposizione fisica agli effetti dei cambiamenti climatici ed alla sua abilità ad adattarsi a tali condizioni. Questi due aspetti, anche se diversi, sono interdipendenti, in quanto, il sistema socio-economico è in grado di amplificare o ridurre gli effetti dei CC. L'adattamento, infatti, prende luogo in un contesto sociale, economico, tecnologico, fisico e politico molto dinamico e che varia in relazione al tempo, alla località ed al settore.

Tabella 7: Termini pertinenti l'adattamento

<i>Sensitivity</i>	Degree to which a system is affected by or responsive to climate stimuli (note that sensitivity includes responsiveness to both problematic stimuli and beneficial stimuli)
<i>Susceptibility</i>	Degree to which a system is open, liable, or sensitive to climate stimuli (similar to sensitivity, with some connotations toward damage)
<i>Vulnerability</i>	Degree to which a system is susceptible to injury, damage, or harm (one part—the problematic or detrimental part—of sensitivity)
<i>Impact Potential</i>	Degree to which a system is sensitive or susceptible to climate stimuli (essentially synonymous with <i>sensitivity</i>)
<i>Stability</i>	Degree to which a system is not easily moved or modified
<i>Robustness</i>	Strength; degree to which a system is not given to influence
<i>Resilience</i>	Degree to which a system rebounds, recoups, or recovers from a stimulus
<i>Resistance</i>	Degree to which a system opposes or prevents an effect of a stimulus
<i>Flexibility</i>	Degree to which a system is pliable or compliant (similar to <i>adaptability</i> , but more absolute than relative)
<i>Coping Ability</i>	Degree to which a system can successfully grapple with a stimulus (similar to <i>adaptability</i> , but includes more than adaptive means of “grappling”)
<i>Responsiveness</i>	Degree to which a system reacts to stimuli (broader than <i>coping ability</i> and <i>adaptability</i> because responses need not be “successful”)
<i>Adaptive Capacity</i>	The potential or capability of a system to adapt to (to alter to better suit) climatic stimuli or their effects or impacts
<i>Adaptability</i>	The ability, competency, or capacity of a system to adapt to (to alter to better suit) climatic stimuli (essentially synonymous with <i>adaptive capacity</i>)

Fonte: Climate Change 2001: WGII Impacts, Adaptation and Vulnerability, 2002 (Smith ed al., 1999)

Questo complesso mix di condizioni determina la capacità d'adattamento del sistema. *Le determinanti più importanti sono: le risorse economiche, la tecnologia, informazione ed abilità, infrastrutture, istituzioni ed equità.* Analizziamole brevemente una ad una.

- *Risorse economiche*: in qualsiasi modo vogliamo esprimerle (assetti economici, capitale investito, ricchezza, povertà, ecc.), le condizioni economiche di una nazione sono chiaramente una determinante della capacità d'adattamento (Burton *et al.*, 1998; Kates, 2000). É ampiamente accettato che le nazioni più ricche sono più preparate a fronteggiare i costi di adattamento agli impatti ed ai rischi dei CC rispetto alle nazioni più povere (Goklany, 1995; Burton, 1996). Inoltre, la povertà, anche se non è direttamente espressione di vulnerabilità è ad essa fortemente legata (Chan e Parker, 1996; Fankhauser e Tol, 1997; Rayner e Malone, 1998). Per definizione, infatti, sono le persone più povere quelle più vulnerabili alla fame, alle carestie ed alla malnutrizione. In caso di inondazione, ad esempio, specie nei Paesi in via di sviluppo, le persone con un reddito più basso avranno anche degli alloggi

peggiori e per questo sono più vulnerabili rispetto ai loro vicini con un reddito più elevato (Pelling, 1998).

- *Tecnologia*: la mancanza di una tecnologia adeguata ha potenzialmente la capacità di diminuire l'abilità di una nazione ad implementare positivamente le proprie opzioni d'adattamento, limitando la gamma delle possibili risposte (Scheraga and Grambsch, 1998). La capacità d'adattamento, dipende, quindi, dalla disponibilità e dall'accesso alla tecnologia ad ogni livello (dal locale al nazionale) ed in ogni settore (Burton, 1996). Infatti, molte strategie d'adattamento al CC coinvolgono, direttamente o indirettamente, nuove tecnologie (sistemi di riscaldamento, strutture protettive, misure d'irrigazione, ecc.). Per questo motivo le regioni che hanno la capacità di sviluppare nuove tecnologie hanno anche una migliore capacità d'adattamento.
- *Informazione ed abilità*: una strategia d'adattamento di successo, richiede un riconoscimento della necessità di adattarsi, un'ampia conoscenza delle possibili opzioni, una buona capacità di valutarle e l'abilità di implementare quella più idonea (Fankhauser e Tol, 1997). La costruzione di una elevata capacità d'adattamento, richiede una forte visione unificatrice; uno studio scientifico del problema; pragmatismo nello sviluppo delle soluzioni; il coinvolgimento della comunità; impegno della classe politica (Holmes, 1996). La mancanza di persone preparate ed abili può limitare la capacità di una nazione di implementare le proprie opzioni d'adattamento (Scheraga and Grambsch, 1998). In generale, quindi, le nazioni che hanno un livello di preparazione culturale ed abilità, saranno anche quelle con una capacità d'adattamento migliore (Smith and Lenhart, 1996).
- *Infrastrutture*: la capacità d'adattamento varia molto a seconda della dotazione d'infrastrutture che possiede una Nazione (Toman and Bierbaum, 1996). Alcuni ricercatori, considerano la capacità d'adattamento di un sistema come una funzione della disponibilità e dell'accesso alle risorse da parte della popolazione (Kelly e Adger, 1999).
- *Istituzioni*: in generale, le nazioni con delle istituzioni ben sviluppate hanno una migliore capacità d'adattamento rispetto ai paesi sottosviluppati ed in via di

sviluppo, in quanto il ruolo delle istituzioni è proprio quello di tenere unita la società e permettere ad essa di adattarsi (O’Riordan and Jordan, 1999). La presenza di istituzioni inadeguate e di politiche settoriali lacunose (ad esempio la presenza di una politica agricola debole nei paesi dell’America Latina ha aumentato la vulnerabilità del settore della produzione di cibo in presenza di calamità ambientali) limita il diritto e la possibilità di accesso alle risorse. La mancanza di istituzioni forti e di capacità manageriali limita di molto la capacità d’adattamento (Ahmed, 1999). Le nazioni con istituzioni più sviluppate, invece, non solo facilitano l’adattamento ai rischi climatici, ma forniscono anche una capacità istituzionale per aiutare la popolazione a fronteggiare questi rischi.

- *Equità*: la capacità d’adattamento è maggiore se le istituzioni sono attente all’allocazione delle risorse e l’accesso al potere all’interno della comunità, della regione e della nazione, assicurando che questo accesso sia egualmente distribuito (Ribot *et al.*, 1996; Mustafa, 1998; Adger, 1999; Handmer *et al.*, 1999; Kelly e Adger, 1999; Rayner e Malone, 1999; Toth, 1999). La distribuzione delle risorse influenza la capacità d’adattamento ed, in generale, l’abilità di fronteggiare gli eventi. L’accesso alle risorse fondamentali *deve* essere garantito a tutte le fasce della popolazione (garantire quindi *l’accesso* e non solo la *disponibilità*). Le persone più povere, infatti, occupano generalmente le zone più marginali di una città (spesso senza servizi igienici, senza acqua potabile, ecc.) e queste aree sono quelle più a rischio in caso di calamità naturali.

3. ZONE COSTIERE ED ECOSISTEMI MARINI

3.1 DEFINIZIONE DI COSTA

Sebbene sia abbastanza intuitivo capire cosa sia la zona costiera, non esiste una definizione comune, od univoca per identificarla. Esistono, piuttosto delle definizioni complementari, ed ognuna di esse viene utilizzata per un fine diverso (EEA, 1995). Va, innanzitutto, notato che una qualunque definizione di zona costiera non può prescindere dal contesto dinamico di un ambiente, in cui i tre principali elementi terrestri, ovvero l’acqua, l’atmosfera e la terra, si incontrano e interagiscono (Carter¹⁷, 1988; Inman e Brush¹⁸, 1973; Woodroffe¹⁹,

¹⁷ Carter R. W. G., 1988 - *Coastal Environments*. Academic Press, London: 617 pp.

2003). Inoltre, va sottolineato che gli oceani ed i mari esercitano un profondo effetto sui continenti, influenzando sia le condizioni meteorologiche sia il clima (Inman e Brush², 1973; EEA, 1995), di modo che i limiti spaziali della zona costiera non sono di facile attribuzione. La definizione dei limiti dell'area costiera non è normalmente possibile, in quanto molto spesso questi ultimi sono contraddistinti da un ambiente di transizione, ovvero da un ambiente che occupa una posizione intermedia fra quello continentale e quello marino, come per esempio i delta, gli estuari e le lagune. In ogni località, inoltre, la zona costiera può essere definita in funzione di criteri fisici, biologici, o culturali, che solo occasionalmente coincidono. Su questa base Inman e Brush² (1973) consigliano di differenziare una zona costiera (coastal zone) da una zona litorale (shore zone). Secondo questi Autori la “zona costiera” può essere definita in funzione delle sue caratteristiche tettoniche ed erosivo-deposizionali a grande scala. Per quanto riguarda i limiti spaziali essa si ritiene composta, da terra verso mare, dalla pianura costiera e dalla piattaforma continentale fino al suo limite con la scarpata. Al suo interno si individuano, inoltre, le grandi baie, gli ambienti transizionali, le lagune, i campi di dune costiere e le foci fluviali.

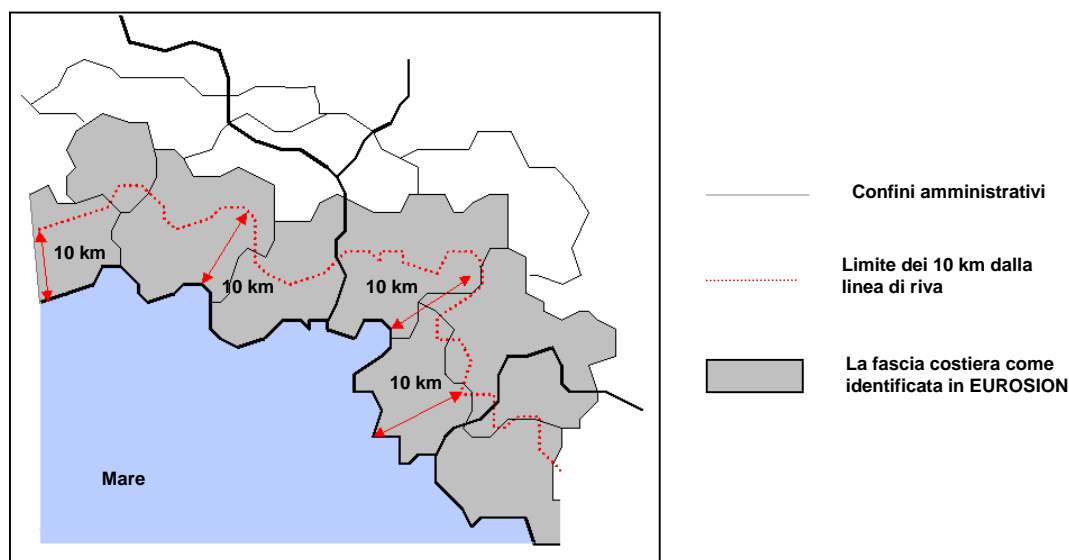
All'interno di questa zona si individua la “zona litorale”, che rappresenta la superficie sedimentaria e solida direttamente influenzata dall'azione del moto ondoso e delle correnti e dagli apporti solidi provenienti dall'entroterra. La zona litorale include la spiaggia, la zona dei frangenti e le acque sottocostiere, dove l'azione del moto ondoso permette il movimento dei sedimenti di fondo. Verso terra, a seconda del tipo di costa, questa zona si protrae fino alle scogliere che bordano il retrospiaggia o nel caso siano presenti morfologie di accumulo sedimentario legate al moto ondoso, come per esempio isole-barriera e frecce litorali, fino al margine interno degli specchi acquei posti alle loro spalle. Tutti i corpi d'acqua possiedono una zona litorale, la cui estensione dipende dai parametri d'onda, dal regime mareale, dall'esposizione ai venti e dalle dimensioni delle strutture deposte ad opera del moto ondoso. In ambito nazionale un esempio è dato dal Programma Dimostrativo sulla Gestione Integrata delle Zone Costiere della UE 1997-1999 che definisce queste aree come “entità complesse ed influenzate da una miriade di forze e pressioni intercorrelate, com'è il caso dei sistemi idrologici, geomorfologici, socioeconomici, amministrativi, istituzionali e culturali”. Inoltre, viene specificato che la

¹⁸ Inman D. L. e Brush B. M., 1973 - The Coastal Challenge. *Science*, 181: 20-32.

¹⁹ Woodroffe C. D., 2003 - *Coasts - Form, process and evolution*. Cambridge University Press, Cambridge: 623 pp.

scala geografica e l'ambito di applicazione delle attività di gestione delle zone costiere vanno commisurati alle questioni considerate.

Figura 8: limiti amministrativi



Fonte: Progetto Lacoast (Land cover changes in COASTal zones)

Nella prassi dei progetti, tuttavia, si tende a scegliere l'ambito che pone minori problemi di gestione e spesso la scelta cade sui confini amministrativi, che generalmente non coincidono né con i sistemi naturali né con quelli sociali. In ogni modo, come afferma Clark²⁰ (1997) non esiste un set universale di confini per la zona costiera, in quanto essi derivano dagli argomenti da confrontare e dai fini preposti; lo stesso Autore identifica una “zona costiera minima” che è necessario considerare e che include necessariamente tutte le aree intertidali e quelli supratidali, come per esempio lagune, barene, spiagge e dune costiere. E', infatti, in questa zona che si trovano le aree ritenute a maggior pregio naturalistico, che sono di converso quelle maggiormente a rischio in rapporto non solo agli

²⁰ Clark J. R., 1997 - Coastal zone management for new century. *Ocean & Coastal Management*, 37 (2): 191-216.

eventi naturali, ma anche, e soprattutto, in rapporto alle molteplici attività umane, spesso scarsamente regolamentate, che agiscono proprio in quest'area.

3.1.1 Limiti amministrativi in Italia

Si richiamano in breve alcuni elementi da tener presenti riguardo il ns Paese:

l'estensione territoriale del demanio marittimo ha come limitazione la linea delle 12 miglia al largo della costa e il confine tra demanio e proprietà privata nell'entroterra, nonché la delimitazione tra demanio marittimo e idrico, ove individuato, alle foci fluviali. Il demanio marittimo riguarda pertanto: il mare, le spiagge, le lagune, le foci fluviali e limitate aree dell'entroterra;

con il D.P.R. 616/77 sono state trasferite alle Regioni le funzioni amministrative sul demanio marittimo ad uso turistico - ricreativo introducendo di fatto una differenziazione tra la trattazione del demanio a tale uso, rispetto a quello non turistico – ricreativo. Il trasferimento di tale competenza si è attivato dalla metà degli anni novanta;

con il D. Lgs. 31 marzo 1998 n°112 si sono conferite alle Regioni le funzioni relative:

- “alla programmazione, pianificazione e gestione integrata degli interventi di difesa delle coste e degli abitati costieri”
- “alla programmazione, pianificazione, progettazione ed esecuzione degli interventi di costruzione, bonifica e manutenzione di porti di rilievo regionale e interregionale delle opere edilizie a servizio dell'attività portuale”
- “al rilascio di concessioni di beni ... del demanio marittimo e di zone del mare territoriale per finalità diverse da quelle di approvvigionamento di fonti di energia ...”

Nelle diverse regioni si è poi proceduto con norme regionali che hanno recepito il D. Lgs. 112/98 e, in alcuni casi, delegato successivamente alcune competenze agli Enti Locali.

3.2 L'IMPORTANZA DEL SISTEMA COSTIERO

In corrispondenza degli ambiti costieri, l'aumento della popolazione, in particolare durante la stagione turistica, rappresenta il maggior fattore di pressione. La realizzazione di infrastrutture e di opere di urbanizzazione eseguite in funzione di investimenti a breve termine (prevalentemente per far fronte alla richiesta turistica), hanno portato nel corso degli anni all'aumento del degrado ambientale, cui contribuisce la carenza di adeguati

piani di gestione e manutenzione di tali manufatti. In ambito comunitario il fenomeno ha assunto proporzioni rilevanti ed in alcuni programmi d'azione a favore dell'ambiente si è da tempo definito che le zone costiere della Comunità Europea possiedono risorse ecologiche, culturali ed economiche insostituibili e rappresentano pertanto un patrimonio ecologico unico nel suo genere. In particolare il sesto programma d'azione per l'ambiente (VI PAA) individua la strategia europea per lo sviluppo sostenibile e contribuisce all'*integrazione delle tematiche ambientali*, comprese quelle relative all'ambiente marino-costiero, in tutte le politiche comunitarie, fissandone le priorità. Tra gli obiettivi del sesto programma si evidenzia la promozione di un uso sostenibile del suolo attraverso la prevenzione dei fenomeni di erosione, deterioramento, contaminazione e desertificazione e, in particolare, la promozione *dell'uso sostenibile dei mari e della conservazione degli ecosistemi marini*, ivi compresi i fondali marini, gli estuari e le zone costiere, con particolare attenzione per i siti aventi un alto valore di diversità biologica. Per il raggiungimento di tali obiettivi la strategia punta a:

- “incentivare una maggiore integrazione delle considerazioni ambientali nella politica comune della pesca;
- sviluppare una strategia tematica per la protezione e la conservazione dell'ambiente marino, tenendo conto, tra l'altro, delle condizioni e degli obblighi di attuazione delle convenzioni relative al mare, nonché della necessità di ridurre le emissioni e le ripercussioni dei trasporti marittimi e delle altre attività connesse al mare e alla terra ferma;
- incentivare la gestione integrata delle zone costiere;
- incentivare ulteriormente la protezione delle zone marine mediante la rete «Natura 2000» nonché altri strumenti comunitari adeguati.”

In ambito nazionale la Delibera CIPE 57/2002 che rappresenta il recepimento del sesto programma d'azione per l'ambiente, evidenzia la stretta relazione esistente tra la *qualità dell'ambiente marino* e le attività antropiche realizzate sulla terraferma ed afferma che “sulle fasce costiere si addensa una quota crescente della popolazione italiana, che ha condotto alla creazione di estese conurbazioni litoranee sia lungo la costa tirrenica che adriatica. Per effetto della pressione demografica e della crescita cumulativa, spesso conflittuale, di usi tradizionali e nuovi, questo spazio è divenuto un sistema sempre più chiuso, in relazione alla esauribilità delle sue risorse e soggetto ad un degrado generalizzato anche se non uniformemente distribuito” (art. 154).

La Delibera CIPE individua gli obiettivi prioritari da perseguire in Italia ai fini di un assetto sostenibile delle zone costiere ossia l'integrità ecologica dell'ambiente marino terrestre, l'efficienza economica e l'equità sociale. Dall'analisi di dettaglio si individua un articolato set di obiettivi strategici specifici:

- *“tutela e regolamentazione d'uso delle risorse. In particolare, gestione durevole per arginare il degrado delle risorse viventi e degli habitat, applicazione di criteri di compatibilità ambientale alle attività di esplorazione e sfruttamento delle risorse minerali dei fondali e ottimizzazione dell'uso delle risorse idriche;*
- *difesa dei litorali interessati da fenomeni di arretramento per effetto della alterazione del bilancio sedimentologico, della subsidenza indotta da attività antropiche e da fenomeni di scala planetaria, quale l'eustatismo;*
- *riduzione dell'inquinamento, intervenendo sia sulle fonti legate agli insediamenti urbani e industriali o veicolate dal sistema fluviale, sia sulle fonti di origine marina;*

da raggiungere attraverso la:

- *riduzione dell'impatto delle attività e delle strutture portuali;*
- *riutilizzazione, in un'ottica di sviluppo sostenibile, di aree industriali dismesse con particolare attenzione verso la rivitalizzazione dei waterfront urbani e al recupero del loro valore storico culturale;*
- *tutela e conservazione delle risorse naturali, nonché di aree di valore paesaggistico e storico culturale, favorendo la gestione integrata dei versanti terrestri e marino anche mediante l'istituzione di aree protette;*
- *prevenzione dei disastri naturali dovuti al fattore umano e agli eventi estremi attraverso l'attivazione di misure di pianificazione e pronto intervento;*
- *promozione di pratiche di pesca sostenibile adottando spazi e tempi di tutela biologica;*
- *coinvolgimento del pubblico, del settore privato e di altri soggetti non istituzionali (organizzazioni e singoli), nella conduzione di una corretta gestione integrata della fascia (art. 174 – 175)”.*

Nel 2001 la Commissione Europea, nel documento “L'UE e le zone costiere”, enunciava come per secoli le zone costiere europee abbiano dovuto subire le conseguenze di politiche incaute e interventi frammentari e affermava che per evitare l'aggravarsi dei problemi, che affliggono le regioni costiere dell'Europa, sia necessario attuare una politica costiera

coordinata a livello comunitario. Nel documento si precisa come quasi la metà della popolazione europea viva entro una fascia di 50 km dalla costa all'interno nella quale si concentrano le principali, e più redditizie, attività economiche quali il turismo, la pesca ed il trasporto marittimo. Tali attività contribuiscono, da un lato, ad incrementare l'economia dell'EU ma, dall'altro, provocano episodi di degrado ambientale da cui derivano inevitabili conseguenze negative a livello sociale ed economico. Lungo gli 89.000 Km di costa europea si registrano infatti sempre più frequentemente episodi di abbassamento delle falde idriche con conseguente ingressione delle acque marine, di incremento dei fenomeni di erosione costiera, di riduzione delle risorse ittiche, di degrado della qualità dell'acqua e sempre più frequenti episodi di distruzione degli habitat naturali. A questi fenomeni devono essere aggiunti ulteriori problemi connessi all'intensificazione, negli ultimi decenni, di fenomeni di urbanizzazione "selvaggia" e di realizzazione di infrastrutture di trasporto senza alcuna pianificazione di tipo ambientale. In risposta a tali problematiche la Commissione europea non si è limitata solamente ad adottare provvedimenti intesi a migliorare le politiche comunitarie, che influenzano le zone costiere, ma ha anche esortato gli Stati membri ad attuare strategie nazionali di gestione integrata delle zone costiere (GIZC). La Commissione ha inoltre sottolineato l'importanza, e la necessità, che vi siano delle azioni congiunte tra Stati confinanti che si affaccino su di uno stesso mare per fare in modo che le loro politiche nazionali, sulla gestione delle zone costiere, collimino anziché contrastarsi.

3.3 GLI IMPATTI SULLE ZONE COSTIERE

L'ambiente costiero è uno dei più dinamici del pianeta, al limite tra mare e terra, esso supporta molti habitat diversi e produttivi. Questi habitat includono sia ecosistemi naturali, sia ecosistemi non-naturali quali settori economici e importanti centri urbani. Quindi l'ambiente costiero, gli insediamenti e le infrastrutture sono esposti a rischi naturali di grande rilievo come tempeste (inclusi cicloni tropicali), le onde associate, tsunami, inondazioni, erosione della linea costiera ed inquinamento delle acque. Bisogna notare comunque che, data la enorme varietà degli ambienti costieri, le differenze locali e regionali sono enormi e queste differenze si riflettono nella resistenza e nella capacità adattiva degli ecosistemi, dei settori e delle nazioni. Riassumiamo nel seguente box i potenziali impatti del CC e dell'innalzamento del livello delle acque sui sistemi costieri (si veda Tabella 8).

Alcune caratteristiche naturali delle zone costiere forniscono già di per se una significativa protezione costiera, incluse:

- Barriere coralline (la struttura di protezione costiera più estesa, massiccia e significativa al mondo);
- Sabbia e ghiaia;
- Spiagge (che fungono da frangivento naturale);
- Dune costiere (dalle quali si può estrarre la sabbia per eventuali ripascimenti senza che si abbia un significativo ritiro della linea costiera);
- Vegetazione costiera (assorbe spesso i venti o l'energia delle onde ritardando l'erosione costiera).

Queste funzioni del sistema costiero naturale contribuiscono alla capacità di recupero totale del sistema. Le spiagge sabbiose, modellate in maniera principale dalle onde e dalle maree, occupano circa il 20% delle coste globali. Nei passati 100 anni, circa il 70% delle spiagge sabbiose mondiali si sono ritirate, circa il 20-30% sono rimaste stabili e meno del 10% sono avanzate. Da recenti studi, a causa del riscaldamento globale e dell'innalzamento del livello del mare, la tendenza all'erosione è all'aumento. Oltre all'erosione crescente, molte regioni costiere del mondo, sono esposte a potenziali inondazioni. I delta si stanno deteriorando a causa della mancanza di sedimenti, fenomeni di subsidenza, ed altri stress suscettibili di accelerare le inondazioni come, l'arretramento delle spiagge, il deterioramento delle terre umide e la perdita di terreni interni. I delta dei fiumi sono tra i sistemi costieri più ricchi, intensamente popolati e vulnerabili al mondo. I delta si sviluppano quando i fiumi depositano a riva più sedimenti di quelli che riescono a portar via le onde. Questo sistema è particolarmente a rischio CC, sia a causa di processi naturali, sia a causa di stress indotti dalla presenza dell'uomo. Dove il tasso locale di subsidenza ed il relativo livello del mare non sono bilanciati dall'accumulo di sedimenti, i processi di inondazione domineranno. Per quanto riguarda le terre umide, una stima di Nicholls²¹ evidenzia che, se non si adottano adeguate contromisure, per il 2080, l'innalzamento del livello del mare causerà la perdita del 22% circa delle terre umide. Nonostante ci siano enormi differenze regionali²², queste perdite andranno a sommarsi a quelle provocate direttamente dall'attività umana. Analizziamo adesso gli impatti socio-economici.

3.3.1 Impatti dei cambiamenti climatici sul sistema socio-economico costiero

Nella decade passata, sono stati fatti numerosi passi in avanti nella valutazione degli impatti socio-economici dei CC e dell'innalzamento del livello del mare. Questi progressi,

²¹ 1999 – contenuto nel terzo rapporto IPCC

²² Michener, 1997 - contenuto nel terzo rapporto IPCC

comunque, non sono stati sostanziali come quelli relativi all'ambiente naturale. Al giorno d'oggi, lo studio degli impatti ha privilegiato tre aree: la prima è quella della costa (non sono stati ancora condotti studi sugli impatti socio-economici dei CC sugli ecosistemi oceanici o in mare aperto), la seconda riguarda l'enfasi posta sugli impatti dovuti all'innalzamento del livello del mare rispetto ad altre variabili climatiche, la terza ha invece privilegiato gli impatti economici a discapito di quelli sociali o culturali (IPCC, The Third Assessment Report, 2001). Nell'analisi sui sistemi costieri condotta nel TAR, si considerano gli impatti socio-economici come una componente della metodologia per la valutazione della vulnerabilità e successivamente, viene effettuata un'analisi costi-benefici (riguardante soprattutto le infrastrutture costiere) per determinare i potenziali danni. I benefici derivano dall'inclusione di strategie d'adattamento (in primis la protezione delle spiagge) nell'analisi dei costi. In conclusione si cercherà anche di dare una valutazione al "sistema naturale", come anche ai potenziali impatti sociali e culturali.

Tabella 8: impatti naturali e socio-economici sulle zone costiere

Impatti bio-fisici:	Impatti socio-economici collegati:
<ul style="list-style-type: none"> • Crescente erosione costiera • Inibizione dei processi di produzione primaria • Inondazioni costiere più estese • Maree più alte • Intrusione dell'acqua marina negli estuari e nelle falde acquifere • Cambiamenti nella qualità dell'acqua superficiale e sotterranea • Cambiamenti nella distribuzione dei micro-organismi patogeni • Aumento della temperatura superficiale delle acque • Riduzione delle calotte polari 	<ul style="list-style-type: none"> • Crescente perdita di terreni e di habitat costieri • Crescenti rischi di inondazioni e potenziali perdite di vite umane • Danni alle infrastrutture costiere e di protezione • Crescente rischio di disastri • Perdita di risorse rinnovabili e di subsidenza • Perdite nei settori turistici, ricreazionali e trasporti • Perdita non-monетarie di valori e risorse culturali • Impatti sull'agricoltura e acquacoltura attraverso il declino della qualità del suolo e dell'acqua
<p>Fonte: Climate Change 2001: WGII Impacts, Adaptation and Vulnerability, 2002.</p>	

3.3.2 Impatti socio-economici come parte della valutazione di vulnerabilità

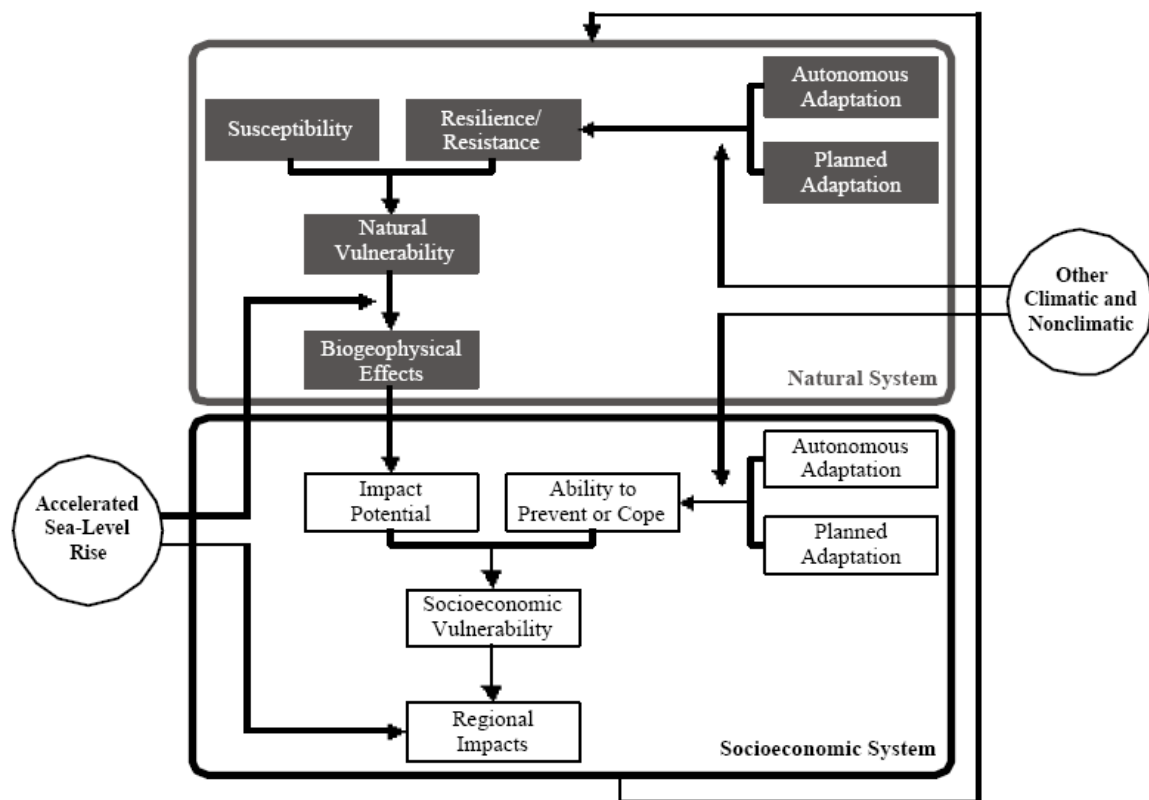
La metodologia contenuta nei Rapporti IPCC definisce la *vulnerabilità* come il grado di capacità di una Nazione di fronteggiare i cambiamenti climatici e l'innalzamento del livello del mare. Nell'ultimo IPCC Report Klein e Nicholls²³ hanno sviluppato una metodologia concettuale per la valutazione della vulnerabilità costiera che identifica le principali componenti del sistema naturale e di quello socio-economico, come anche i collegamenti tra loro, e tra essi e le variabili dei cambiamenti climatici. Riportiamo di seguito questa metodologia (Figura 9).

Per quanto riguarda la metodologia concettuale, l'analisi della vulnerabilità costiera inizia con la nozione di *suscettibilità* del sistema naturale rispetto agli effetti biogeofisici dell'innalzamento del livello delle acque e la sua capacità di confrontarsi con questi effetti (*resilienza e resistenza*). La suscettibilità riflette il potenziale del sistema costiero di essere inondata; la resilienza e la resistenza determinano, invece, la robustezza del sistema o la sua abilità di continuare a funzionare nel caso di possibili disturbi. Questi fattori, insieme, determinano la *vulnerabilità naturale* della zona costiera. La resilienza e la resistenza sono funzioni della capacità naturale del sistema all'adattamento spontaneo, e rappresenta la risposta adattiva naturale del sistema costiero. Resilienza e resistenza sono, spesso, influenzate dalle attività umane, ma non sempre in maniera negativa: l'*adattamento pianificato* può ridurre la vulnerabilità naturale rinforzando la resistenza e la resilienza del sistema aggiungendosi all'efficacia dell'adattamento spontaneo.

Gli effetti biogeofisici dell'innalzamento del livello delle acque generano una serie di potenziali impatti socio-economici. L'*impatto potenziale* è l'equivalente socio-economico del concetto di *suscettibilità*. La *vulnerabilità socio-economica* è determinata dall'impatto potenziale e dall'abilità tecnica, economica, culturale ed istituzionale del sistema, di prevenire o fronteggiare questi impatti. Come per la resilienza e la resistenza del sistema naturale, il potenziale per l'*adattamento autonomo e pianificato* determinano questa abilità di prevenzione. Interazioni dinamiche prendono luogo tra il sistema naturale e quello socio-economico. Invece di essere considerati come due sistemi indipendenti, essi sono guardati sempre più spesso come interdipendenti, come si può vedere nella figura.

²³ 1999

Figura 9: Metodologia per la valutazione della vulnerabilità costiera



Fonte: Climate Change 2001: WGII Impacts, Adaptation and Vulnerability, 2002.

I dati sugli impatti socio-economici sono presi dagli studi sulla vulnerabilità delle Nazioni. Per le zone costiere gli studi concludono che:

- Ci saranno impatti negativi su vari settori inclusi il turismo, la qualità e la fornitura dell'acqua fresca, la pesca, l'agricoltura, gli insediamenti umani, i servizi finanziari e la salute umana.
- Ci si aspetta che il numero di persone potenzialmente affette da inondazioni duplicherà (o triplicherà) nel prossimo secolo se si ignorano la crescita della popolazione e l'adattamento potenziale.
- La protezione delle isole e delle zone deltaiche potrebbe essere molto costosa.
- L'adattamento ai CC potrebbe coinvolgere importanti trade-off che includono valori ambientali, economici, sociali e culturali.

Klein e Nicholls (1999) hanno riassunto i potenziali impatti socio-economici come segue:

- Perdite dirette economiche, ecologiche, culturali e di subsidenza attraverso la perdita di terreno, infrastrutture ed habitat costieri.
- Aumento di rischio di inondazione per persone, terra ed infrastrutture.
- Altri impatti collegati alla salinità, alle attività biologiche e al management delle acque.

Una larga parte della popolazione mondiale vive in aree costiere, ed il tasso di crescita della popolazione in queste aree è più alto della media (Cohen, 1997; Gomme 1998) e, secondo recenti studi, il futuro delle megalopoli asiatiche, ed in particolare di quelle costruite sui delta, è una delle sfide più interessanti, relative all'innalzamento del livello del mare, del prossimo secolo. Le persone che vivono in aree costiere dipendono in larga misura sulle infrastrutture per ottenere benefici economici, sociali e culturali dal mare e per assicurarsi protezione contro le intemperie, quali tempeste, tsunami ed onde alte. I porti ed altri tipi d'infrastrutture saranno interessate dai CC e dall'innalzamento del livello del mare. Turner (1995) sostiene che la relazione tra gli impatti fisici dei CC e le implicazioni socio-economiche non è stata completamente studiata. Questa affermazione è tutt'ora valida. Alcuni tentativi sono stati fatti per esprimere il valore delle zone costiere, che sono trattati come beni non di mercato (Costanza, 1997; Alexander 1998). La stima del valore monetario delle zone umide ed informazioni circa la loro conservazione possono essere usate nelle decisioni politiche, in quanto il valori di "uso" e "non-uso" può facilmente essere determinato. Numerosi studi sono condotti sulla morte delle barriere coralline e sui disastri marini per stimare il valore delle perdite economiche.

Per quanto riguarda alcune società costiere, il significato dei valori culturali è uguale o addirittura superiore a quello dei valori economici. Per questo, sono state sviluppate alcune metodologie che includono caratteristiche sociali, tradizioni e costumi locali, che sono componenti intrinseche delle popolazioni costiere. Per fare qualche esempio basta citare le comunità indigene delle isole sparse nel Sud Pacifico (Tonga, Kiribati ecc.). I modelli di organizzazione sociale e di sviluppo umano di una comunità, sono delle determinanti importanti della vulnerabilità delle persone e delle istituzioni all'innalzamento del livello del mare ed ad altri rischi tipici delle zone costiere. Queste osservazioni non significano che tutte le persone di una comunità condividono lo stesso grado di vulnerabilità; fattori sociali pre-esistenti determinano il grado e le categorie di persone suscettibili di essere

colpite (Heinz Center, 1999). La povertà è direttamente correlata con l'incidenza delle malattie (CHGE, 1999) e con la vulnerabilità dei residenti ai rischi costieri.

3.3.3 L'impatto dei cambiamenti climatici sul settore turistico

Il settore turistico è uno dei settori che sarà particolarmente interessato dai cambiamenti climatici, anche se, al giorno d'oggi, sono ancora pochi gli studi che riescono a quantificare gli impatti su questo settore. C'è, infatti, ancora forte incertezza riguardo i costi sociali dei CC (Tol, 2002; Stern, 2006). Questa incertezza è dovuta all'incertezza delle previsioni dei modelli sui CC, alla difficoltà nella previsione dei processi e delle strutture economiche nel lungo periodo e alla complessità nel collegare gli impatti fisici ai problemi economici. L'unica cosa sicura è che il turismo è uno dei settori chiave per l'Italia ed è anche fortemente dipendente dalle condizioni meteorologiche. Se esse cambiano, data l'elevata flessibilità che hanno i turisti nel cambiare le proprie scelte e preferenze riguardo le località turistiche, potrebbero cambiare di conseguenza le destinazioni. Sarebbe a questo punto interessante effettuare uno studio simile per l'Italia e capire come i CC potrebbero influenzare i flussi turistici. L'adeguatezza del clima per i turisti è espressa tramite un indice aggregato, TCI (Tourist Climate Index)²⁴, questo indice si basa sullo studio degli aspetti climatici più rilevanti per il turismo. Inizialmente furono individuate 12 variabili meteorologiche ma la scarsità di dati ha ridotto il numero di variabili prese in considerazione nel TCI a 7 (temperatura massima giornaliera, temperatura media giornaliera, umidità relativa minima giornaliera, umidità relativa media giornaliera, precipitazioni totali, totale ore di sole e velocità media del vento²⁵). Queste 7 variabili climatiche sono, successivamente, combinate in 5 sotto-indici compresi nel TCI. In seguito Mieczkowski utilizza un sistema standardizzato di classificazione, che va da 5 (ottimo) a -3 (estremamente sfavorevole), per rendere omogenee le misurazioni di ciascun indice. Utilizzando questi sub-indici si è in grado di classificare le diverse città del mondo usando una semplice ed interpretabile scala (da -20 a 100), divisa in 11 categorie, dove 50-59 è "accettabile", 80-89 è "eccellente" mentre con un punteggio compreso tra 90 e 100 la località è considerata "ideale". Anche se questo indice non è stato sviluppato propriamente per i cambiamenti climatici esso rappresenta un utile mezzo empirico per esplorare gli impatti dei CC sul settore turistico. Studi simili²⁶, infatti, hanno dimostrato che un aumento

²⁴ Mieczkowski, Z., 1985. The tourism climatic index: A method of evaluating world climates for tourism. *Canadian Geographer*, 29(3), 220-233.

²⁵ I dati fanno riferimento alla media mensile

²⁶ The Impact of Climate Change on Tourism in Spain. Lars Hein - CICERO Working Paper (ADAM: ADaptation And Mitigation Strategies" - Financed by: EU 6th Framework Programme), Marzo 2007

della temperatura (basandosi sugli scenari futuri IPCC, recentemente calati anche nel contesto del paese Italia²⁷) potrebbe ridurre il flusso turistico²⁸ in Spagna del 20%, nel 2080, rispetto ai flussi turisti del 2004. Essendo l'Italia un paese con delle regioni simili dal punto di vista climatico alla Spagna, è estremamente importante condurre ulteriori studi in questa direzione. Gli ultimi dati ISTAT sul settore turistico italiano sono riferiti all'anno 2006, vediamo in breve le principali caratteristiche del settore.

Nei confronti del 2005 la domanda complessiva del settore turistico ha mostrato incrementi in tutti i mesi ad eccezione di gennaio (- 1,7%) e marzo (- 2,1). I maggiori incrementi si sono avuti, nell'ordine, ad aprile (+ 9,5%), a maggio (+ 2,9%) e ottobre (+ 1,8%). La domanda dei clienti italiani è diminuita solo nei mesi di gennaio (- 1,0%), di giugno (- 0,1%) e novembre (- 2,5%) mentre ha mostrato interessanti aumenti, nell'ordine, nei mesi di aprile (+ 7,6%), maggio (+ 5,0%), dicembre (+ 4,0%), marzo (+ 2,9%) e febbraio (+ 1,7%). Il quadrimestre luglio-ottobre ha prodotto appena lo 0,4% in più rispetto a quello del 2005.

La domanda dei clienti stranieri ha mostrato segni di positività in quasi tutti i mesi dell'anno ad eccezione del trimestre gennaio-marzo (- 4,1%) e nei mesi di maggio (-3,5%) e dicembre (-1,3%). Incrementi rilevanti sono stati quelli, nell'ordine, di aprile (+ 11,6%), giugno (+ 7,3%), e novembre (+ 4,6%) cui vanno aggiunti quelli minori di ottobre (+3,1%), luglio (2,7%), agosto e settembre(entrambi + 2,0%). IL 56-57% della domanda italiana si concentra nel quadrimestre giugno-settembre con i massimi nei mesi di agosto e di luglio che registrano, rispettivamente, il 20% e il 16% delle presenze annuali. Di contro la domanda straniera si distribuisce in modo più uniforme nell'intero anno: il punto di elevata concentrazione comprende il periodo maggio-ottobre con il 67% delle presenze annue e con i massimi nei mesi di luglio e settembre che registrano, rispettivamente, il 13% e il 12% delle presenze annuali. Il turismo alberghiero del 2006 ha registrato i migliori risultati degli ultimi 10 anni e supera quelli del 2001 con +1,3% di presenze complessive, +0,1% di presenze italiane e +3,0% di presenze straniere. Al termine di questi ultimi dieci anni la domanda italiana è cresciuta del 13,4% con un incremento medio annuo pari all'1,5%, quella straniera del 21,1% con un incremento medio annuo pari al 2,3% e quella complessiva del 16,6% con un incremento medio annuo pari all'1,8%. Da gennaio a novembre 2006, la bilancia turistica dei pagamenti, redatta dall'Ufficio Italiano Cambi, presenta crediti (entrate, cioè quanto spendono gli stranieri per turismo in Italia) per 29,1

²⁷Rapporto APAT-OMS:“Cambiamenti climatici ed eventi estremi: rischi per la salute in Italia” , Roma 25/06/2007

²⁸ Sono stati presi in considerazione, per semplicità solo i flussi turistici degli stranieri entranti in Spagna.

miliardi di euro (+6,6% rispetto allo stesso periodo 2005). I debiti (uscite, cioè quanto spendono gli Italiani per turismo all'estero) ammontano a 17 miliardi di euro (+1% rispetto al 2005). Il saldo (la differenza tra le due poste) è stato di 12 miliardi di euro (+15,6% rispetto al 2005).

Tabella 9: Sotto-indici compresi nel TCI (Tourist Climate Index)

Sub-Index	Monthly Variables	Climate	Influence on TCI	Weighting in TCI
Daytime Comfort Index (CID)	maximum temperature minimum relative humidity	daily & daily	Represents thermal comfort when maximum tourist activity occurs	40%
Daily Comfort Index (CIA)	mean temperature daily relative humidity	daily & mean	represents thermal comfort over the full 24 hour period, including sleeping hours	10%
Precipitation (P)	total precipitation		reflects the negative impact that this element has on outdoor activities and holiday enjoyment rated as positive for tourism, but	20%
Sunshine (S)	total hours of sunshine		acknowledged can be negative because of the risk of sunburn and added discomfort on hot days variable effect depending on temperature (evaporative cooling effect in hot climates rated positively, while 'wind chill' in cold climates rated negatively)	20%
Wind (W)	average wind speed			10%

Da dati Istat, si riscontra che negli ultimi 6 anni l'occupazione in Italia è costantemente cresciuta; 1 milione e 600 mila occupati in più tra il 1997 ed il 2002. Il lavoro impegnato nel settore del turismo è quasi raddoppiato nel corso del periodo che va dal 1970 al 2002. Misurato in termini di "addetti", l'occupazione ammontava ad oltre 699 mila persone nel

1970 ed è poi cresciuta, con relativa regolarità, fino ad oltre 1 milione e 600 mila persone nel 2002. La quota di addetti del settore, rispetto al totale delle forze di lavoro occupate, che era di 3,5% nel 1970, è cresciuta con altrettanta regolarità, fino all'attuale 5,1%. L'incremento degli addetti del settore nel periodo è stato quindi di circa il 90%. La marcata stagionalità di molte attività, comporta alcune specificità del lavoro nel settore da non sottovalutare. La prima è che molto frequentemente il lavoro nel settore degli "alberghi e pubblici esercizi" si alterna ad attività lavorative svolte in altri settori, in periodi di cosiddetta "bassa stagione": questa situazione si verifica principalmente nelle località turistiche minori in cui più forte è la componente stagionale dei consumi extradomestici. La seconda è che, altrettanto frequentemente, nelle località minori e nei periodi di alta

stagione, il livello delle prestazioni degli addetti del settore, in termini di ore giornaliere di lavoro, è molto più alto di quello medio generale. Salvo un numero limitato di catene alberghiere plurilocalizzate, ma comunque con un numero di esercizi esiguo rispetto ad altre realtà europee e mondiali, la maggior parte degli esercizi del settore in Italia fa capo a piccole o medie imprese unilocalizzate. Il numero medio di occupati per esercizio, nel complesso del settore, è di circa 3,3: numero medio che si eleva a circa 6,4 negli esercizi ricettivi e scende invece intorno a 3 nei ristoranti, bar, ritrovi e stabilimenti balneari. Peraltro, poiché i lavoratori indipendenti ed i loro familiari coadiuvanti (che per lungo tempo nel passato erano stati più di quelli dipendenti) sono oggi appena un po' meno di quelli dipendenti, si deduce che il settore è costituito prevalentemente da esercizi e da imprese di piccole dimensioni, spesso a marcato carattere familiare. Queste sono, in breve, le principali caratteristiche del settore turistico italiano, cosa succederebbe in caso di CC? È plausibile ipotizzare che in caso di aumenti consistenti della temperatura alcune località perderanno sicuramente quote di mercato, le città del sud e delle isole saranno sicuramente quelle più colpite (in queste zone sono già in atto processi di desertificazione consistenti). Per verificare queste ipotesi, come detto in precedenza, si può far uso di un semplice indice (TCI - Tourist Climate Index) con il quale si è in grado di classificare le diverse località dal punto di vista meteorologico.

Tabella 10: Bilancia turistica italiana, anni 2000-2005

ANNI MESI	Incassi	Pagamenti	Saldo
2001	28.962	15.895	13.067
2002	28.207	17.810	10.397
2003	27.622	18.236	9.386
2004	28.665	16.515	12.150
2005 - PER MESE			
Gennaio	1.482	1.404	77
Febbraio	1.454	1.112	342
Marzo	2.085	1.324	762
Aprile	2.070	1.214	855
Maggio	2.675	1.331	1.344
Giugno	3.032	1.555	1.478
Luglio	3.486	1.977	1.509
Agosto	3.458	3.112	346
Settembre	3.474	1.480	1.994
Ottobre	2.534	1.266	1.268
Novembre	1.520	1.084	436
Dicembre	1.181	1.140	41
Anno	28.451	17.999	10.452

Fonte: Ufficio italiano dei cambi; Banca d'Italia

Le variabili da prendere in considerazione sono 7:

- **Temperatura massima giornaliera (°C)**
- **Temperatura media giornaliera (°C)**
- **Umidità minima relativa giornaliera (%)**
- **Umidità media relativa giornaliera (%)**
- **Precipitazioni Totali (mm)**
- **Ore totali di sole (ore)**
- **Velocità media del vento (m/s o Km/h)**

La temperatura massima giornaliera e l'umidità minima relativa giornaliera rappresentano il Daytime Comfort Index (CID), che nella formula finale conta per ben il 40% (è quindi considerata la variabile fondamentale nel TCI). Il sistema di valutazione per il comfort termale è rappresentato dagli standard ASHRAE²⁹ ed è sintetizzato dalla Figura 10. In questa figura, la zona di neutralità, che rappresenta nel TCI la zona di comfort ottimale, è valutata 5.0 punti. La scala di valutazione successivamente decresce da entrambi i lati della figura, fino al punteggio di -3.0. La scala dimensionale decresce di 0.5 punti tra 1.0 e 5.0, e di un punto tra -3.0 e 1.0.

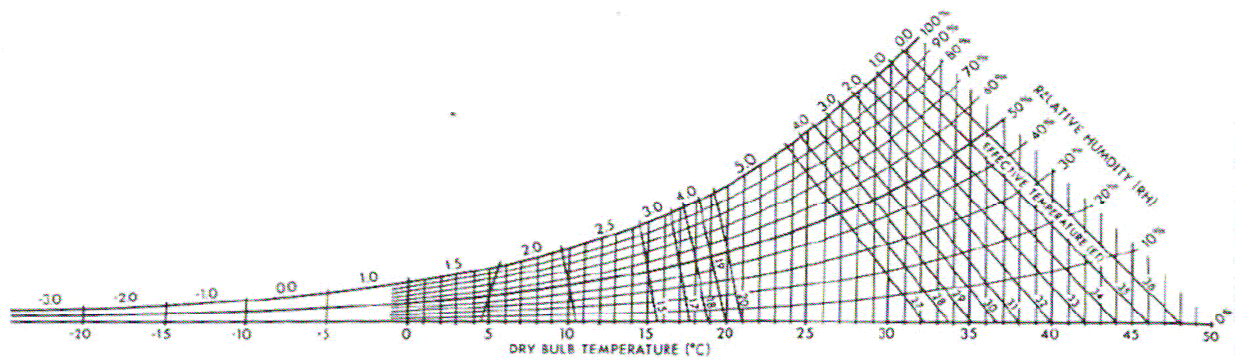
Il secondo sotto-indice (Daily Comfort Index) comprende due differenti variabili: temperatura media giornaliera ed umidità media relativa giornaliera. Questo sotto-indice non conta molto per il calcolo del TCI, solo il 10% nella formula finale, in quanto riflette le condizioni di comfort termale per tutta la durata del giorno (quindi per tutte le 24 ore), comprese quindi le ore notturne, durante le quali la maggior parte dei turisti non esce. Per ottenere questi indici si utilizza la Figura 10, ad esempio la combinazione di una temperatura di 28°C con un umidità del 30% dà il "rating" ottimale di 5.0 punti.

Per quanto riguarda gli altri elementi climatici le precipitazioni sono altrettanto importanti, ma soprattutto ne è la loro distribuzione. Un temporale ogni tanto non abbassa di molto il comfort del turista, mentre poche gocce ma costanti nel tempo potrebbero diminuire sensibilmente il divertimento delle vacanze. La scala di valutazione, per le precipitazioni è illustrata nella

Figura 11.

²⁹La American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) sviluppa ogni anno degli standard per vari settori (trasporti, inquinamento, edifici, ecc.), uno degli standard più importanti riguarda il comfort termale. Si veda Figura 10.

Figura 10: Sistema di classificazione del comfort termale per il Tourist Climate Index (TCI)



Fonte: Mieczkowski, Z., 1985. The tourism climatic index: A method of evaluating world climates for tourism. *Canadian Geographer*, 29(3), 220-233.

Figura 11: Scala di valutazione delle precipitazioni nel TCI

Rates	Mean monthly precipitation
5.0	0.0–14.9 mm
4.5	15.0–29.9 mm
4.0	30.0–44.9 mm
3.5	45.0–59.9 mm
3.0	60.0–74.9 mm
2.5	75.0–89.9 mm
2.0	90.0–104.9 mm
1.5	105.0–119.9 mm
1.0	120.0–134.9 mm
0.5	135.0–149.9 mm
0.0	150.0 mm or more

Altra variabile importante da considerare sono i giorni di sole. Condizioni meteorologiche soleggiate sono da sempre viste come sinonimo di comfort climatico. La selezione dell'appropriata misura dell'insolazione, nella formula del TCI pose alcuni problemi. Secondo Mieczkowski la variabile da scegliere sono le ore totali di sole (quelle più

importanti dal punto di vista del turista), che si possono esprimere come l'inverso del grado di copertura nuvolosa.

Figura 12: Scala di valutazione dei giorni di sole nel TCI

Rates	Mean monthly hours of sunshine per day
5.0	10 hrs or more
4.5	9 hrs – 9 hrs 59 min
4.0	8 hrs – 8 hrs 59 min
3.5	7 hrs – 7 hrs 59 min
3.0	6 hrs – 6 hrs 59 min
2.5	5 hrs – 5 hrs 59 min
2.0	4 hrs – 4 hrs 59 min
1.5	3 hrs – 3 hrs 59 min
1.0	2 hrs – 2 hrs 59 min
0.5	1 hr – 1 hr 59 min
0.0	less than 1 hr

Questa variabile ha però due inconvenienti. Il primo è che essa è raramente citata negli annali meteorologici. La misura più citata è, infatti, le ore di sole medie mensili (eliofania media), e solo un ulteriore calcolo con le tavole astronomiche è richiesto per convertire la prima misura in percentuale. Il secondo problema è che il turista è interessato solamente alle ore totali di sole giornaliere e non a misure intermedie. Per questi motivi si utilizzano le ore di sole medie al mese ottenute dividendo le ore medie di sole mensili per il numero di giorni rilevanti al mese. La scala di valutazione è in Figura 12

Ultima, ma non per importanza, variabile è il vento. Anche se studi regionali hanno dimostrato che la variazione nella velocità del vento è minima, comportandosi quasi come una costante, sarebbe un errore non considerarla nella formula in quanto la velocità del vento accelera il trasferimento di calore tramite turbolenze ed evaporazione. La scala di valutazione è illustrata Figura 13.

Figura 13: Scala di valutazione della velocità del vento nel TCI

Wind speed (km / h)	Beaufort scale	Normal system	Trade wind system	Hot climate system
<2.88	1	5.0	2.0	2.0
2.88–5.75	2	4.5	2.5	1.5
5.76–9.03	2	4.0	3.0	1.0
9.04–12.23	2	3.5	4.0	0.5
12.24–19.79	3	3.0	5.0	0
19.80–24.29	4	2.5	4.0	0
24.30–28.79	4	2.0	3.0	0
28.80–38.52	5	1.0	2.0	0
>38.52	6	0	0	0

Quando le sette variabili sono state tutte pesate con le rispettive scale di valutazione, la formula finale del TCI risulta essere:

$$\text{TCI} = 4\text{CID} + \text{CIA} + 2\text{R} + 2\text{S} + \text{W}$$

Dove CID è il Daytime Comfort Index, il CIA è il Daily Comfort Index, mentre R, S e W sono rispettivamente le precipitazioni, le ore di sole e la velocità del vento. In termini numerici con una valutazione ottimale di tutte le variabili (5.0 punti ciascuna) la formula assume la seguente espressione:

$$\text{TCI} = 2 [(4 \times 5) + 5 + (2 \times 5) + (2 \times 5) + 5] = 100$$

ovvero la condizione massima ed ideale. Si veda la Figura 14 per lo schema di classificazione delle località.

Figura 14: Schema di classificazione delle località a seconda del TCI

Numerical value of indices	Code	Descriptive category	Mapping category
90–100	9	ideal	excellent
80–89	8	excellent	
70–79	7	very good	very good and good
60–69	6	good	
50–59	5	acceptable	acceptable
40–59	4	marginal	
30–39	3	unfavourable	unfavourable
20–29	2	very unfavourable	
10–19	1	extremely unfavourable	
9––9	0	impossible	
–10––20	–1	impossible	

Descriviamo di seguito la metodologia da utilizzare in questo tipo di studio. Dopo aver calcolato il TCI per le località selezionate (è consigliabile prendere un campione significativo di città, ad esempio località posizionate a diverse latitudini e con un clima differente) il passo successivo sta nel calcolare il nuovo TCI per gli anni successivi. Ovviamente questa operazione sarà possibile solo se sono disponibili gli scenari IPCC calati nelle differenti realtà locali. Avendo la disponibilità delle previsioni sarà possibile estrapolare il nuovo TCI per l'anno, ad esempio 2100, e confrontarlo con quello in corso. Una caduta dell'indice indicherà chiaramente che la località sarà una meta meno ambita dai turisti, con conseguenze economiche prevedibili per tutta l'area circostante³⁰.

Per quanto riguarda gli scenari futuri si prenderanno in considerazione solo i cambiamenti nelle temperature e nelle precipitazioni, con l'assunto che tutte le altre variabili (vento, ore di sole ed umidità) rimangano costanti. Questa, è ovviamente, una semplificazione, in quanto cambiamenti nella temperatura e nelle precipitazioni colpiranno anche l'umidità, ma i modelli climatici tuttora disponibili non sono così abbastanza dettagliati per prevedere allo stesso tempo anche questi cambiamenti.

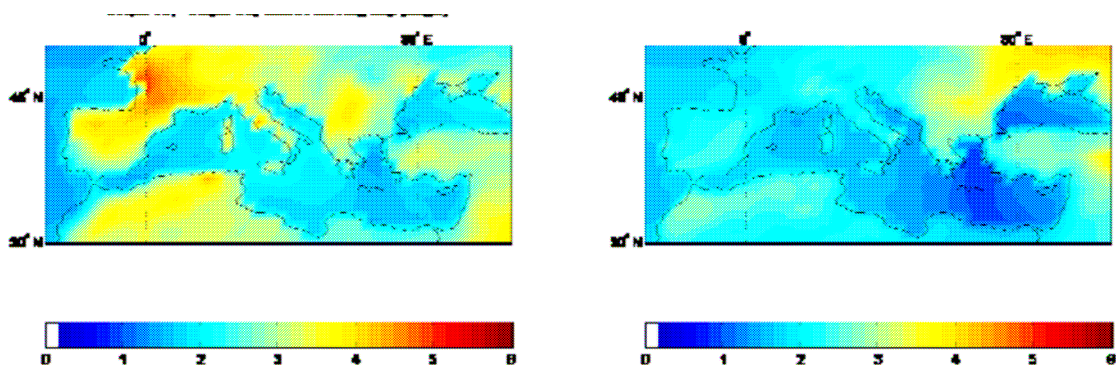
³⁰ Lo studio simile condotto sul settore turistico spagnolo prende, infatti, in considerazione una regione come oggetto di studio mentre i dati meteorologici provengono solo da una città (che approssima quindi i valori dell'intera regione). È importante notare che la metodologia utilizzata non permette un'analisi degli impatti economici sul settore turistico e sull'indotto (derivanti dal cambiamento del flusso turistico), per i quali è richiesto un modello di equilibrio economico generale (si veda Berrittella et al., 2004).

Aumenti delle temperature prevedibili in Italia

Oltre alle proiezioni regionali della Zona Euro, in Italia il gruppo di climatologia dinamica presso l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, ora parte del Centro Euromediterraneo per Cambiamenti Climatici, ha sviluppato una serie di scenari per i paesi del Mediterraneo. Gli scenari sono basati sulle emissioni di gas serra dell' IPCC scenari SRES A2 and B2. Gli scenari delle emissioni corrispondono a diverse ipotesi sulle evoluzioni socio-economiche del pianeta, ma alla fine tutte riducono le quantità di concentrazione di gas serra per essere usati nel modello climatico. La

Figura 16 mostra i cambiamenti di temperatura sulla superficie terrestre attesi secondo lo scenario A2 per il periodo di riferimento (2060-2070 nel 21mo secolo in considerazione di un periodo simile nel 20mo secolo (1980-1990) (Gualdi & Navarra, 2006). È interessante notare che la distribuzione del surriscaldamento in estate rassomiglia molto alla distribuzione del surriscaldamento dell'estate 2003. E' certamente impossibile attribuire qualsiasi singolo evento all'evoluzione progressiva del sistema, ma l'analogia è sorprendente e potrebbe confermare le speculazioni che il surriscaldamento si manifesterà attraverso un aumento della frequenza degli eventi come l'estate 2003.

Figura 15: Cambiamenti di temperature secondo lo scenario A2



Fonte: Rapporto APAT-OMS: "Cambiamenti climatici ed eventi estremi: rischi per la salute in Italia", Roma 25/06/2007

Cambiamenti delle precipitazioni previste in Italia

I cambiamenti delle precipitazioni sono illustrati nella

Figura 16 che visualizza i cambiamenti delle precipitazioni attese in mm/giorno secondo lo scenario A2 per il periodo di riferimento (2060-270) del 21mo secolo con riferimento allo stesso periodo del 20mo secolo (1980-1990). Le differenze tra gli scenari e il controllo sono espresse nella stessa schermata come nella precedente immagine. Le differenze sono misurate in mm di pioggia al giorno. Vi è una situazione confusa in estate, quando le precipitazioni diminuiscono ovunque, ad eccezione di un'ampia area sul sud dell'Italia e sull'Albania. Ad ogni modo, le precipitazioni estive nella regione del Mediterraneo sono ridotte di numero e quindi stiamo osservando piccole differenze in numeri piccoli, facilmente soggette ad errori casuali. E' più interessante ed importante esaminare le precipitazioni invernali nella

Figura 16 a destra. In questo caso possiamo osservare una situazione ben definita. Le precipitazioni mostrano una diminuzione su tutta la cintura mediterranea e possiamo notare un aumento corrispondente delle precipitazioni nell'Europa settentrionale. La dimensione è circa 0,5 mm al giorno che corrisponde a una quantità di 45 mm accumulata in 90 giorni della stagione. La climatologia osservata per l'inverno nell'Italia settentrionale è circa 200 mm per 90 giorni d'inverno. Ciò significa che stiamo affrontando una possibile diminuzione nelle precipitazioni entro la fine del 21mo secolo. Il modello dello scenario B2 è illustrato nella Figura 17 e rappresenta lo scenario dove il CO₂ aumenta di meno. I cambiamenti seguono lo stesso modello generale del caso A2, ma in una forma più debole e disorganizzata. Comunque è ancora possibile riconoscere un modello caratteristico di surriscaldamento e una riduzione di precipitazioni tipica del modello A2. I cambiamenti in mm al giorno delle precipitazioni attesi secondo lo scenario B2 per il periodo di riferimento (2060-270) nel 21mo secolo rispetto ad un periodo analogo nel 20mo secolo (1980-1990) sono illustrati nella Figura 17.

Figura 16: Cambiamenti nelle precipitazioni per lo scenario A2

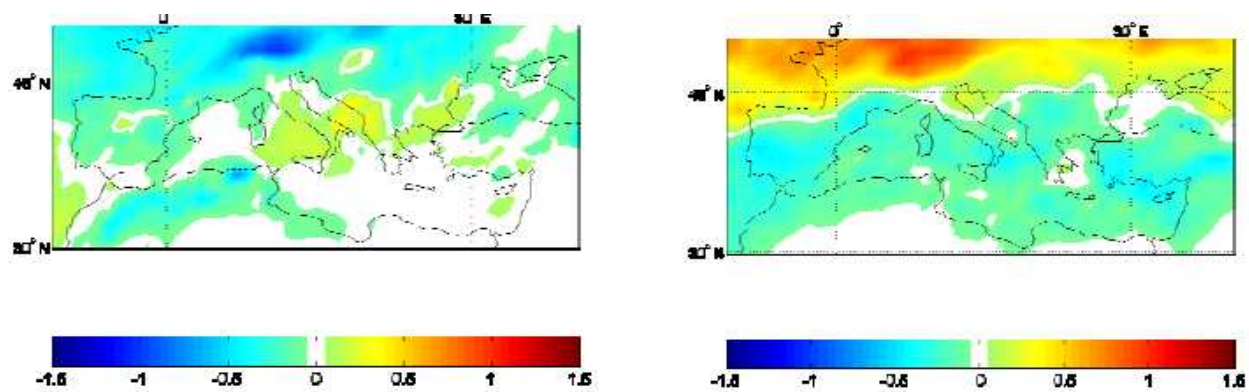
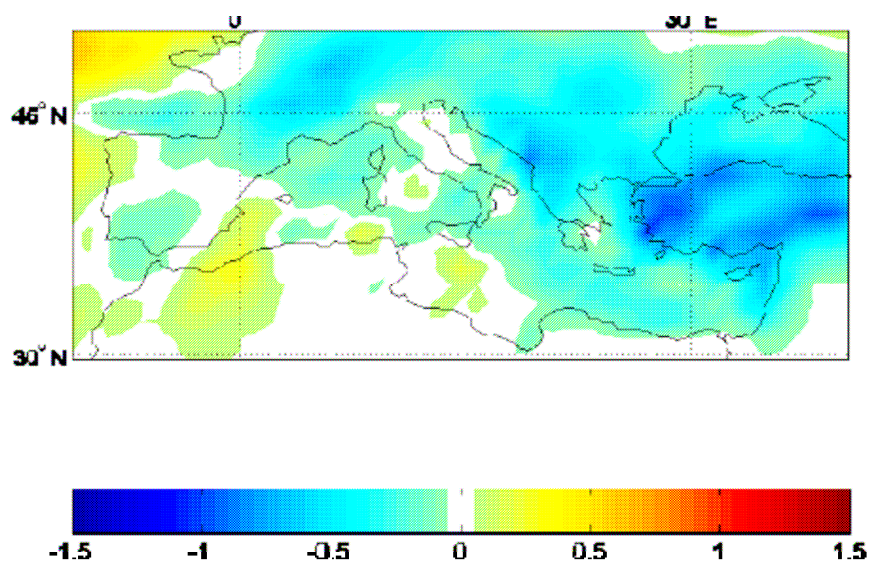


Figura 17: Cambiamenti nelle precipitazioni per lo scenario B2



Fonte: Rapporto APAT-OMS: "Cambiamenti climatici ed eventi estremi: rischi per la salute in Italia", Roma 25/06/2007

A questo punto, disponendo delle proiezioni IPCC future, si può utilizzare un semplice modello per calcolare le variazioni di flussi turistici dovute ai cambiamenti climatici tramite una semplice formula³¹. Si assume che il turismo risulta dipendente (i) dall'attrattività di una regione (che dipende dal proprio paesaggio, dalla natura, dalle attrezzature turistiche e ricreative, dagli aspetti culturali dalla prossimità a centri cittadini, ecc.) e (ii) dal clima della regione (che dipende dal proprio paesaggio, dalla natura, dalle attrezzature turistiche e ricreative, dagli aspetti culturali dalla prossimità a centri cittadini, ecc.) e (ii) dal clima della regione. Per studiare questo fenomeno si utilizza una equazione logaritmica lineare, che parte dal presupposto che il turista medio sceglie la propria destinazione basandosi sia sull'attrattività intrinseca della regione che sul suo clima. L'equazione parte dal presupposto che esiste un tipo di sostituzione tra questi due fattori è possibile, ad esempio, un clima non tanto buono può essere in parte compensato dalle attrezzature o dall'attrattività della regione (ad esempio Rimini non si distingue sicuramente per un bel paesaggio od un mare pulito ma le attrezzature ed i divertimenti di questa località compensano sicuramente le carenze naturalistiche del sito). L'equazione è presentata di seguito:

$$V_{r,m} = \lambda \cdot A_r^\alpha \cdot C_{r,m}^\beta$$

V è il numero di notti spese dai turisti in una regione (r) in uno specifico mese (m); A rappresenta l'attrattività della regione indipendentemente dal suo clima; C è il clima di una specifica regione, espresso dal TCI, λ è un parametro scalare, i coefficienti α e β rappresentano la preferenza del turista per il clima rispetto all'attrattività della regione. Si assume, poi, che A, α e β siano costanti nel tempo. Si presuppone, quindi, che le preferenze del turista per gli aspetti culturali, naturali e ricreative rimanga costante nel tempo insieme al fatto che non avvengano cambiamenti nell'attrattività della regione a causa di nuovi investimenti in attrezzature turistiche. In più si presuppone che non ci siano cambiamenti nelle preferenze dei turisti per il periodo di tempo delle vacanze.

³¹ The Impact of Climate Change on Tourism in Spain. Lars Hein - CICERO Working Paper (ADAM: ADaptation And Mitigation Strategies" - Financed by: EU 6th Framework Programme), Marzo 2007

Quest'ultima assunzione è fondamentale in quanto le preferenze del turista non possono essere modellizzate separatamente. Le caratteristiche climatiche (le 7 variabili) vengono analizzate per il periodo 1960-1990 (per periodi successivi c'è carenza di dati), e si assume che queste caratteristiche siano rappresentative anche per il 2007 (anno attuale). Per le notti di vacanza trascorse si prendono in considerazione solo quelle dei turisti stranieri (essendo pressoché impossibile studiare i flussi di turismo interni di una nazione). L'attrattività relativa (A) di una regione è stimata in base alle notti spese nei visitatori nel mese di luglio e viene stimato nello studio "The Impact of Climate Change on Tourism in Spain. Lars Hein - CICERO Working Paper (ADAM: ADaptation And Mitigation Strategies" anche per l'Italia:

Region	A
Spain	
<i>Andalucia</i>	0.055
<i>Med. Coast</i>	0.129
<i>Center</i>	0.007
<i>Northwest</i>	0.030
<i>Mallorca</i>	0.081
North Europe	0.373
Other Mediterranean	0.325

A mio modesto parere il coefficiente di attrattività (A) per l'Italia è sottostimato rispetto a quello delle regioni spagnole, e questo può avere ripercussioni sulla formula finale, (il clima in Italia e in Spagna almeno nelle regioni mediterranee è simile), ma essendo impossibile sapere come viene calcolato si può prendere per buono questo risultato. A questo punto, avendo tutti i parametri a disposizione, si è in grado di determinare λ , ed i coefficienti α e β .

Purtroppo questo studio non è duplicabile per la realtà italiana, in quanto la carenza di dati non permette di ricavarsi delle variabili fondamentali per la formula del TCI (in particolare l'umidità relativa minima giornaliera non è registrata in nessuna stazione dal servizio meteorologico dell'aeronautica e molte serie storiche non hanno dati sufficienti fino agli

anni considerati). Ciononostante, se i dati fossero più completi ulteriori studi possono essere condotti in questa direzione, ed arrivare ad una stima delle perdite del settore turistico, dovute ai cambiamenti climatici.

3.4 L'DATTAMENTO NELLE ZONE COSTIERE

3.4.1 Evoluzione delle opzioni di adattamento costiero

Nel Second Assessment Report (IPCC) Biljsma (1996) identifica tre possibili opzioni di risposta per le zone costiere:

- *Protezione*, che ha lo scopo di proteggere la terra dal mare sia con infrastrutture di protezione (ad esempio dighe marittime), sia usando misure più leggere (come il ripascimento delle spiagge).
- *Adattamento*, implica che le persone continuano ad occupare il terreno, ma facendo qualche semplice aggiustamento (come ad esempio costruire edifici su piloni, far crescere raccolti che tollerano l'allagamento, ecc.).
- *Ritiro*, che implica nessun tentativo di proteggere la terra dal mare; in casi estremi la zona costiera è abbandonata.

La valutazione di tali strategie è una componente cruciale per la valutazione della vulnerabilità costiera. Nonostante ciò Klein e Nicholls (1999) argomentano che questa metodologia non è molto efficace nel valutare l'ampia gamma di elementi tecnici, istituzionali, economici e culturali delle differenti località. Questo perchè la metodologia proposta enfatizza un approccio verso la protezione, piuttosto che considerare tutte le possibili opzioni d'adattamento. Per questo motivo, Klein ed altri (2000) sviluppano una nuova metodologia formata da quattro fasi:

1. Raccolta di informazioni e presa di coscienza
2. Pianificazione e progettazione
3. Implementazione

4. Monitoraggio e valutazione

Il processo di adattamento può essere concettualizzato mostrando che i CC, insieme ad altri stress sull'ambiente costiero, producono una serie di impatti concreti ed una serie di impatti potenziali. I CC, generalmente, aumentano i già esistenti problemi di inondazione, erosione, degradazione degli ecosistemi, ecc. Allo stesso tempo stress non climatici, potrebbero essere un'importante causa di incremento della vulnerabilità. A causa di questi effetti d'interazione, le opzioni d'adattamento, per essere più efficaci, dovrebbero essere incorporate in una gestione integrata delle aree costiere e in piani di sviluppo sostenibili. Criteri politici e sviluppo costiero condizionano il processo d'adattamento. Altri fattori critici che potrebbero influenzare il processo includono valori, legami storici, istituzioni e leggi. C'è una crescente consapevolezza che ricercatori, politici, stakeholders e residenti dovrebbero stare uniti e lavorare insieme per stabilire una metodologia per l'adattamento che ben si integri con i processi correnti di gestione delle aree costiere. Uno sforzo collaborativo di questo tipo è in grado di supportare un processo di apprendimento condiviso e di risoluzione congiunta dei problemi, che potrebbe portare ad una migliore conoscenza, ed anticipazione, dei cambiamenti climatici.

3.4.2 Resilienza e vulnerabilità

Il concetto di resilienza è meno conosciuto di quello della vulnerabilità ma sta assumendo col tempo maggiore importanza. La resilienza costiera possiede componenti ecologiche, morfologiche e socioeconomiche, ognuna delle quali rappresenta un aspetto della capacità adattiva del sistema ai disturbi esterni. Abbiamo già identificato alcune caratteristiche naturali che contribuiscono ad aumentare la resilienza del sistema come le barriere coralline, le paludi d'acqua salata, le dune costiere, ecc. La resilienza socio-economica è la capacità della società di prevenire o fronteggiare gli impatti dei CC e dell'innalzamento del livello delle acque, ed include abilità tecniche, istituzionali e culturali. Aumentare la resilienza equivale a ridurre il rischio di impatti sulla società. La resilienza può essere rinforzata principalmente facendo decrescere la probabilità di accadimento dei rischi (protezione o ritiro controllato [*managed retreat*³²]) oppure evitando o riducendo i suoi

³² Il ritiro controllato è progettato per evitare i rischi e proteggere gli ecosistemi dallo sviluppo e dall'avanzamento del mare. Il meccanismo più comune per il ritiro controllato, sono gli ostacoli (*setbacks*), che vanno piazzati ad una certa distanza dalla riva, delle restrizioni di densità (*density restriction*), e delle politiche di attenuazione (*rolling easement*), che permettono alle terre umide di spostarsi verso la terra ferma (Titus, 1998). Queste strategie possono tutte entrare a far parte di una politica di gestione integrata delle

effetti potenziali (protezione o risoluzione). Tra queste opzioni, quella del *managed retreat* è stata la più usata nelle ultime decadi. La capacità tecnologica è una delle componenti della resilienza sociale ed economica, anche se le strategie d'adattamento possono coinvolgere altre componenti, oltre a quella ingegneristica. Le opzioni tecnologiche possono essere implementate in modo efficace solo in un appropriato contesto economico, istituzionale, legale e socio-culturale. Le opzioni e le tecnologie tradizionali, comunque, per essere effettive devono adattarsi con le strutture tradizionali locali (Veitayaki, 1998; Nunn, 1999). Rafforzare la resilienza costiera tramite queste misure è sicuramente una via da percorrere per prepararsi a CC futuri, mantenendo sempre delle opportunità per lo sviluppo delle aree costiere. In breve, aumentare la resilienza rappresenta una potente opzione d'adattamento.

3.4.3 Adattamento nelle zone costiere

Lo scopo dell'adattamento è quello di ridurre il costo netto dei CC, è indifferente se questi costi sono riferiti ad un settore economico, ad un ecosistema o ad una nazione. L'adattamento dei sistemi naturali è una possibilità presa in considerazione solo di recente; un esempio è quello fornito dalle barriere coralline. Se esse nascono e si sviluppano autonomamente, siamo in presenza di un "adattamento autonomo", se l'uomo interferisce con la crescita di queste piante, siamo in presenza di un "adattamento pianificato". Il primo tipo di adattamento potrebbe riguardare una crescita più rapida dei coralli, un cambiamento nella composizione delle specie o nella crescita di nuove specie dovuta all'aumento della temperatura del mare. L'adattamento pianificato, invece, potrebbe riguardare, ad esempio, la semina di alcune particolari specie coralline particolarmente adatte alle alte temperature, oppure cercare di limitare i sedimenti o altri elementi inquinanti che minacciano le barriere coralline.

Alcune misure di adattamento possono essere gestite meglio di altre. Ad esempio il ripascimento delle spiagge può essere implementato facilmente, all'aumento del livello del mare, ed è sicuramente più flessibile della costruzione di una diga. Ogni movimento da misure di adattamento "hard" (dighe marittime) a misure più "soft" (ripascimento delle spiagge), deve essere comunque accompagnato da una migliore comprensione delle dinamiche costiere della zona interessata (Leafe, 1998). Maddrell (1996) ha dimostrato che su una scala da 35 a 100 anni il ritiro controllato è l'opzione d'adattamento migliore sul lato dell'efficienza dei costi.

coste, i *setback* sono sicuramente una strategia di ritiro controllato, specialmente nel caso in cui la linea di difesa è spostata verso la terra mano a mano che la linea di costa si ritira.

3.4.4 Adattamento degli ecosistemi marini

L'adattamento dell'industria della pesca è direttamente connesso allo studio delle conseguenze degli effetti delle anomalie climatiche e dei diversi scenari di cambiamento. Dato che gli effetti del cambiamento nei fattori climatici avrà conseguenze differenti per le varie specie, lo sviluppo di strategie d'adattamento per l'industria peschiera è fondamentale in quanto cade nella categoria dei problemi socio-economici. Gli effetti avversi dei CC si potrebbero aggravare con un utilizzo inadeguato delle riserve di pesce. Ad esempio se una riserva di pesce decresce a causa dei CC e di una pesca eccessiva, ma la caccia rimane alta, l'abbondanza di determinate specie può decrescere drammaticamente e la pesca diventare non profittevole. Le riserve di pesce sono una delle più importanti risorse economiche in molti paesi. Approssimativamente, il 95% della pesca mondiale avviene entro 200 miglia dalla costa. Impatti ambientali in queste zone, come conseguenza dei CC, possono interessare il volume di pesca e di conseguenza le economie nazionali. Tra le misure di adattamento proprie dell'industria della pesca citiamo le seguenti:

- Costituzione di una istituzione internazionale per l'organizzazione della pesca in grado di gestire i futuri cambiamenti climatici.
- Espansione dell'acquacoltura per fronteggiare l'aumento di domanda mondiale di pesca, come conseguenza dell'aumento della popolazione mondiale.
- Sviluppo di ricerche innovative e management integrato della pesca costiera e di quella in alto mare.
- Miglioramento e sviluppo di un sistema di monitoraggio integrato delle aree costiere più produttive, per ottenere delle informazioni sistematiche sui processi fisici, chimici e biologici degli ecosistemi marini.
- Organizzazione di una banca dati mondiale come risultato di un monitoraggio ecologico integrato e sistematico per identificare eventuali cambiamenti antropogenici, inclusi i CC, e prevedere la produttività dell'industria peschiera.

- Modificazione e miglioramento della tecnologia nell'industria della pesca e del commercio, come richiesto per adattarsi ai CC.
- Organizzazione di riserve marine e di aree protette per i mammiferi a rischio estinzione.
- Uso di qualsiasi informazione emergente collegata alla variabilità climatica (ad esempio ENSO) per supportare la pianificazione e lo sviluppo dell'industria peschiera.

3.4.5 I risultati del Workshop di Palermo

Data l'importanza e l'attualità dell'argomento, i lavori della Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici 2007 (tenutasi a Roma, nei palazzi della FAO il 12-13 settembre scorso) sono stati preceduti da una serie di workshop, organizzati in collaborazione con il Sistema delle Agenzie ambientali, aventi l'obiettivo di preparare documenti e tesi da presentare in occasione della Conferenza.

Il 27 e 28 giugno 2007 si è tenuto a Palermo, il workshop su “Cambiamenti climatici e ambiente marino – costiero organizzato da APAT e dall'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Sicilia. L'ambiente marino e costiero è un sistema articolato e complesso, in cui convivono valenze ambientali e grandi pressioni di natura socio economica ed antropica ed il cui equilibrio è già ora fortemente compromesso dalle azioni dell'uomo e del mare; la sua natura di transizione e di interfaccia tra ambiente marino ed ambiente è di fondamentale importanza per la biodiversità ma anche gli attribuisce una grande criticità fragilità in particolare nella prospettiva degli scenari di cambiamento climatico a fine secolo. Come effetto dei Cambiamenti Climatici nelle aree costiere si prevede infatti un sensibile aumento della vulnerabilità (già oggi estremamente elevata). Si presuppone infatti, in queste aree, una concomitanza tra effetti direttamente correlati ai CC (eventi estremi e variazioni di livello del mare), fattori naturali (tettonica) ed effetti antropici (subsidenza indotta da attività umane, interventi idraulici e di difesa costiera, ecc). Il workshop di Palermo intende avviare la discussione scientifica sulle conoscenze oggi disponibili nel settore per superare a scala nazionale le politiche di gestione degli interventi di contrasto o di adattamento in area costiera

che in altri paesi europei già sono stati da tempo predisposti, perseguendo i seguenti obiettivi e finalità:

- Presentare lo stato delle conoscenze nella caratterizzazione e distribuzione del rischio di erosione ed allagamento in Italia evidenziando potenzialità e limiti dell'attuale conoscenza a livello nazionale. Promuovere piani e programmi di monitoraggio e ricerca, finalizzati a migliorare la qualità e la condivisione delle basi di dati, e nuovi metodi di valutazione dei processi che consentano l'identificazione e la qualificazione su scala nazionale dei fenomeni di erosione ed allagamento costieri;
- Identificare i fattori meteo-climatici suscettibili di condizionare una variazione di vulnerabilità delle aree costiere in Italia e ipotizzare possibili scenari futuri con particolare riferimento alla discriminazione tra fattori naturali” e fattori antropici;
- Fornire una valutazione dei costi delle perdite attese di aree costiere in Italia, in funzione del cambiamento climatico e degli effetti delle attuali politiche di intervento;
- Fornire i presupposti tecnici, a livello centrale e locale, per una corretta pianificazione, uso e gestione strategica del territorio costiero, in modo da adattarne le componenti fisiche, sociali ed economiche ai cambiamenti climatici;
- Evidenziare, attraverso il coinvolgimento degli stakeholders, possibili strategie di adattamento ai Cambiamenti Climatici quale contributo alle politiche nazionali, anche attraverso un cambiamento della percezione e delle pratiche di mitigazione degli effetti e di riduzione delle vulnerabilità;
- Informare l'opinione pubblica sull'importanza delle politiche di adattamento ai Cambiamenti Climatici nelle aree costiere;
- Contribuire all'elaborazione di una Strategia Nazionale di adattamento ai Cambiamenti Climatici;
- Evidenziare, alla luce delle conoscenze attuali, l'impatto nelle aree costiere dei cambiamenti climatici attesi, rispetto alla risorsa idrica, alla biodiversità, all'agricoltura ed alimentazione, ai settori produttivi ed al turismo;
- Contribuire alla messa a punto di programmi strategici nazionali di produzione di conoscenza condivisa e finalizzata alle esigenze di adattamento sostenibile ai Cambiamenti Climatici;
- Identificare la relazione tra Cambiamenti Climatici ed evoluzione delle aree costiere su scenari a lungo termine nello specifico italiano in relazione alle attuali politiche di gestione del territorio;

- Individuare opzioni di adattamento possibili rispetto alla risorsa idrica, alla biodiversità, all'agricoltura ed alimentazione, ai settori produttivi ed al turismo, evidenziando la percezione soggettiva in relazione a quella oggettiva dei dati scientifici.

Ai fini di questa tesina, alcuni interventi che hanno avuto luogo al Workshop palermitano, sono degni di particolare attenzione. In particolare quelli riguardanti la metodologia da utilizzare per la quantificazione economica di impatti e di misure di adattamento³³ (si tiene a sottolineare che le esperienze in questo campo sono nella fase iniziale e sperimentale e mancano delle quantificazioni integrate e a livello nazionale). Le criticità dell'ambiente marino-costiero, individuate nel corso del workshop (per il paese Italia) sono riassunte nella Tabella 11.

Tabella 11: Criticità d'impatto per l'ambiente marino-costiero

Ambiente marino-costiero		
Variabili climatiche d'impatto	Effetti primari	Effetti secondari
Innalzamento del mare Moto ondoso	Erosione coste Allagamenti Frane	Perdita di suolo Perdita di spiagge
Situazione attuale		
Livello del mare inalterato	Area in erosione a rischio allagamento, 1.500 km di coste basse	33 pianure costiere italiane a potenziale rischio
Scenari futuri		
Innalzamento del livello del mare Mediterraneo fino a 38 cm al 2100	Rischio allagamento 4.500 km ² 25,4% nel Nord 5,4% nel Centro 62,6% nel Sud 6,6% in Sardegna	Aree a rischio Laguna veneta e costa alto Adriatico Area foce fiumi Aree a carattere lagunare Coste particolarmente basse

La metodologia da utilizzare, ispirata alle linee guida IPCC del 1991³⁴ è riportata di seguito.

Nel corso di questa analisi, particolare importanza riveste la valutazione degli impatti e l'analisi costi-benefici da riferirsi alle diverse ipotesi di adattamento proposte. Per quanto riguarda la quantificazione degli impatti (diretti ed indiretti) proponiamo di seguito uno schema, elaborato dall' UKCIP³⁵ (

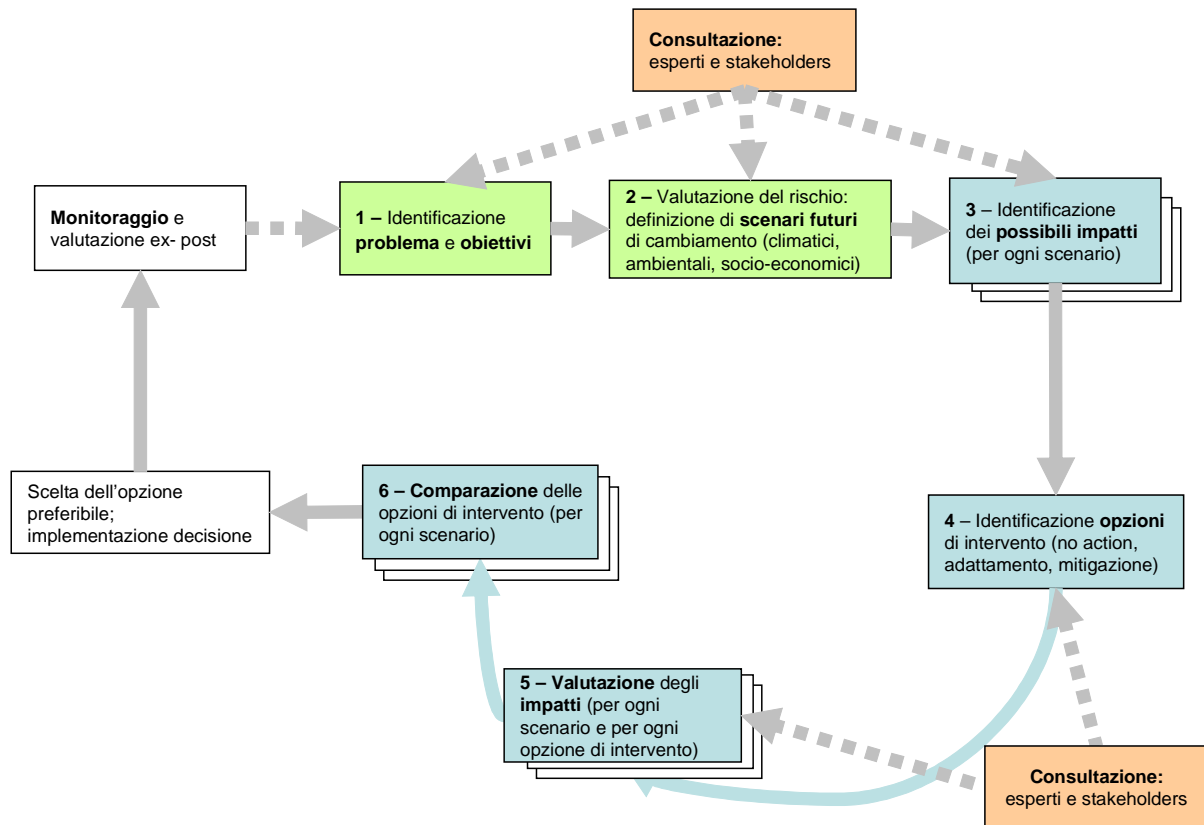
³³ Metodologia elaborata dalla Fondazione Eni Enrico Mattei e dal Centro Euro Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici

³⁴ Il framework presentato all'inizio degli anni '90 era articolato come segue: (1) delimitazione dell'area studio; (2) inventario delle caratteristiche dell'area studio; (3) identificazione dei fattori socio-economici rilevanti; (4) valutazione delle trasformazioni fisiche; (5) formulazione di strategie di risposta; (6) valutazione del profilo di vulnerabilità; (7) identificazione di bisogni futuri. (IPCC 1991)

³⁵ United Kingdom Climate Impacts Programme - Costing the impacts of climate change in the UK. Overview of guidelines. UKCIP Technical Report. Oxford, UK Climate Impact Programme (2004).

Tabella 12).

Figura 18: Schema della metodologia generale di valutazione dei costi e delle strategie di adattamento agli impatti del CC in aree costiere.



Per quanto riguarda, invece, le ipotesi di adattamento da prendere in considerazione per le zone costiere, un'importante contributo arriva da una ricerca condotta dall'Osservatorio per l'erosione costiera e la valorizzazione dei litorali, che analizza i ripascimenti dei litorali ed il valore economico delle spiagge. Vediamo, brevemente le caratteristiche dei ripascimenti:

Vantaggi:

- il ripascimento amplia la spiaggia, apporta benefici socio-economici;
- un progetto sbagliato raramente è dannoso (semmai è inefficace);
- le possibilità di inquinamento indotto sono ridotte se si procede alla caratterizzazione;

- non comporta necessariamente la costruzione di opere.

Svantaggi:

- difficoltà di reperimento di materiali idonei;
- elevati costi iniziali (ricerca, caratterizzazione, monitoraggio...);
- necessità di provvedere a continui interventi di manutenzione;
- possibile insabbiamento delle bocche fluviali o portuali limitrofe alla zone di intervento;
- danni ambientali nella cava e nella zona di versamento;

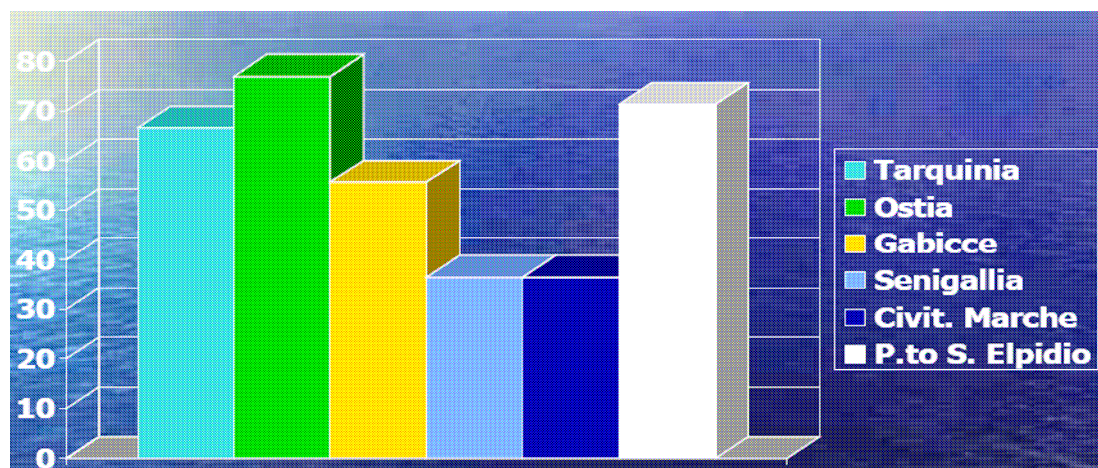
Tabella 12: Impatti previsti per la crescita del livello del mare (*)

Impatti diretti	Impatti indiretti potenziali	VG	Settore colpito	Impatti di settore potenziali	VG	Principali stakeholder
Perdita permanente e temporanea del suolo	Perdita di proprietà	CO	Settore domestico	Perdita di proprietà	CO	Famiglie, individui, imprese di costruzioni, proprietari terrieri, amministrazioni locali, compagnie assicurative
				Ridotta salubrità ambientale	NM	
				Cambiamenti nella domanda di proprietà nell'area colpita	NT	
	Perdita di suolo agricolo	CO	Agricoltura	Perdita di produttività	NM	Aziende agricole e consumatori di prodotti
	Perdita di suolo con habitat naturali	CO	Habitat naturali	Perdita di specie/ecosistemi	NM	Turisti, autorità pubbliche, organizzazioni nazionali
				Migrazione di Specie/ecosistemi	NM	
	Allagamento di aree depresse	CO	Habitat naturali	Perdita di specie/ecosistemi	NM	Turisti, autorità pubbliche, organizzazioni nazionali
				Migrazione di Specie/ecosistemi	NM	
	Perdita di siti ricreativi	NM	Turismo	Riduzione di affluenze nel sito colpito	NM	Turisti, tour operator, istituzioni pubbliche, strutture ricettive e di ristorazione
				Scelta di siti alternativi	NM	
	Pianificazione e riassetto territoriale	CO	Tutti i settori	Ridotta salubrità ambientale	NM	Popolazione locale, produttori, impiegati, regolatori, autorità pubbliche, compagnie assicurative
				Perdita temporanea di produttività	CO	
				Indennizzi	ET	
				Gestione di ripristino	CO	

(*) La sigla VG denota il metodo di valutazione economica suggerito: Gli acronimi CO, ET, NM, NT si riferiscono alle seguenti metodologie: **CO** metodi di valutazione economica convenzionali basati su valori di mercato, **ET** altre tecniche, **NM** metodi di valutazione non di mercato, **NT** nessuna tecnica.

Secondo uno studio condotto in due regioni italiane (Lazio e Marche) ed in sei località (Gabicce mare, Senigallia, Civitanova marche, Porto S. Elpidio, Tarquinia ed Ostia mare), i cui rispettivi stabilimenti sono colpiti da forte erosione.

Figura 19: Percentuale erosione delle spiagge 2001-2003 (%)



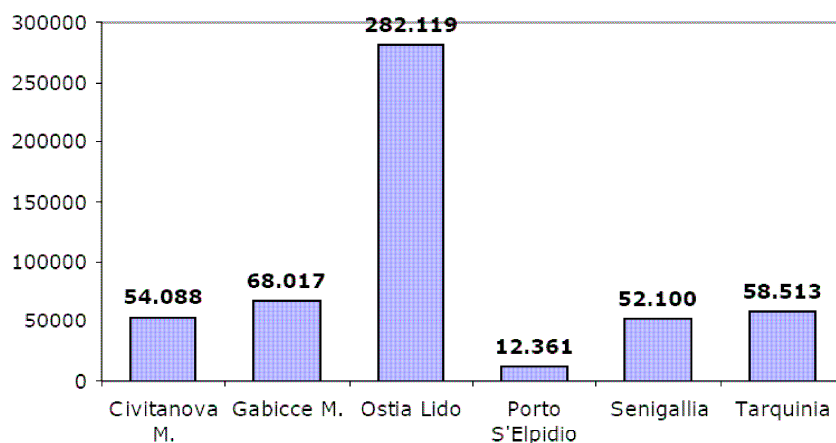
La disponibilità della distribuzione delle speseturistiche per branca di attività economica (Rapporto sul Turismo Italiano, ISTAT) ha infine reso possibile la ricostruzione della composizione delle spese giornaliere per voce di spesa e per singola regione di destinazione turistica. Nello specifico sono state individuate 7 voci di spesa (Alimentari e bevande, vestiario e calzature, alberghi e ristoranti, trasporti e comunicazioni, abitazioni, attività ricreative, beni e servizi vari). Le spese sono poi state trasformate in impatto economico per 13 branche di attività attraverso l'utilizzo di tavole input-output prodotte dall'Istat a livello nazionale, modificate sulla base delle caratteristiche dei sistemi economici locali : modificate sulla base delle caratteristiche dei sistemi economici locali :

- Agricoltura
- Prodotti energetici
- Alimentare
- Tessile e cuoio
- Altri prodotti della trasformazione industriale
- Costruzioni
- Commercio
- Alberghi e ristoranti
- Trasporti

- Intermediazione monetaria e finanziaria
- Locazione di fabbricati (attività immobiliari e noleggio)
- Attività ricreative
- Servizi vari

Analizzando questi dati, si capisce l'importanza degli stabilimenti balneari e dell'indotto creato da questo sistema. Questa analisi rafforza in modo decisivo la propensione al rinascimento ed all'allungamento della spiaggia. Qualche grafico, presentato al workshop, sintetizza la situazione. L'analisi ha coinvolto gli stabilimenti balneari dei quali si è analizzata la struttura e i servizi offerti, la redditività, l'organizzazione della spiaggia e le trasformazioni strutturali e organizzative derivanti da ipotetiche modifiche dell'arenile.

Figura 20: Fatturato delle sole attività di spiaggia nel 2003 (Euro)



Ripascimenti e adattamenti dell'ambiente costiero nell'ipotesi di circolo virtuoso con fondi pubblici:

- 500 ml € per protezione costiera
- ..con minimo 150mc/ml di ripascimento (libero/protetto)
- ..si interviene con 30.000.000 mc sabbie marine
- ..con avanzamento medio spiaggia di 20 metri lineari
- ..20 ml x 200.000 ml : 4.000.000 mq di nuova spiaggia
- ..con reddito medio di 1.500 €/mq di spiaggia
- ..si produce una ricchezza di 6 mld di euro
- ..investimento/ritorno econ. : rapporto 1 : 12 – 1° anno
- ..con un 20% di introiti fiscali su 6 mld : 1,2 mld entrate
- ..lo stato investe 500 ml € per ritorno fiscale d 1,2 mld €

Figura 21: Rapporto investimento/ritorno economico globale

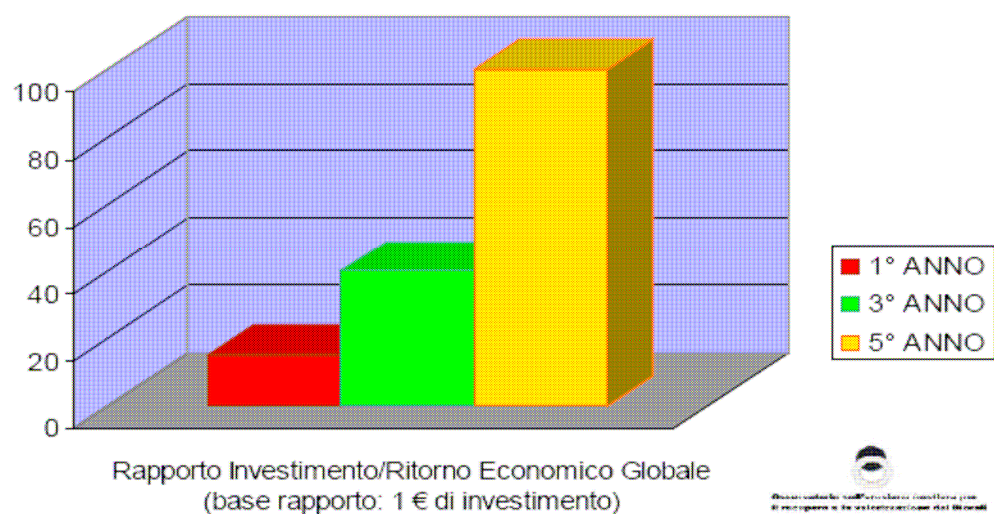
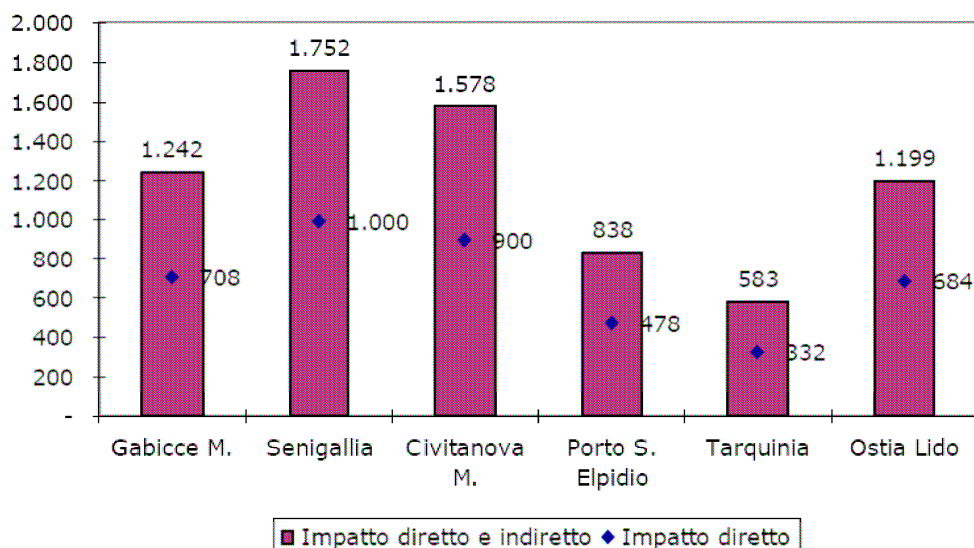


Figura 22: Matrice delle opzioni d'adattamento

Settori	Opzioni	Benessere	Ricreazione	Occupazione	Mitigazione	Tempistica	Sostenibilità	Fattibilità economica
Riserve idriche								
Ecosistemi								
Zone Costiere								
Insedimenti Umani, Energia, Industria								
Assicurazioni								
Salute								

Figura 23: Indotto economico globale per mq di superficie nel 2003 (Euro)



3.5 IL MODELLO D.P.S.I.R APPLICATO ALLE ZONE COSTIERE PER LA VALUTAZIONE DI SOSTENIBILITÀ

La descrizione e la quantificazione dei fenomeni rilevanti per lo studio dei cambiamenti climatici (CC) richiede l'uso sistematico di indicatori. Per indicatore si intende “un parametro o valore derivato da parametri, che fornisce informazioni su un fenomeno con un significato che va oltre ciò che è direttamente associato al valore del parametro” (OECD, 1993). Un indicatore è, quindi, un parametro, o un valore derivato da parametri, che fornisce informazioni sullo stato di un fenomeno, un ambito o un'area, con un significato che va oltre ciò che è direttamente associato al valore misurato od osservato. Un indicatore rappresenta un'interpretazione della realtà e non la realtà stessa e traduce dati e statistiche in un'informazione che può essere facilmente compresa da scienziati, politici, amministratori e cittadini, al fine di fornire solide basi ai processi decisionali a tutti i livelli e di contribuire a promuovere capacità di autoregolazione in senso sostenibile dei sistemi economici e ambientali. In definitiva, gli indicatori semplificano informazioni che possono aiutare a rivelare fenomeni complessi. La scelta degli indicatori ambientali da utilizzarsi in un determinato contesto è condizionata dalla verifica della coesistenza di alcune condizioni essenziali:

- *Rappresentatività*: l'indicatore deve essere chiaramente correlabile con un certo fenomeno o una certa caratteristica che si vuole rivelare o controllare; deve essere altamente correlabile con l'effetto suddetto, con una minima dispersione statistica; deve essere difficilmente camuffabile da fattori al contorno; deve avere una validità

sufficientemente generalizzabile a molte situazioni analoghe, anche se non identiche;

- *Accessibilità*: l'indicatore deve essere facilmente misurabile e possibilmente monitorabile automaticamente, deve essere campionabile facilmente, deve avere una soglia di rilevabilità analitica accessibile con tecniche standard;
- *Rilevanza* ai fini dell'attivazione di politiche di sostenibilità:
 - coerenza “tecnica” con obiettivi di qualità e target adottati in ambito nazionale e internazionale
 - rappresentatività delle condizioni ambientali e socio-economiche locali, dei fattori di pressione sulle risorse locali e globali, delle politiche urbane e territoriali di interesse nazionale;
 - attinenza con le competenze pubbliche, nazionali e locali;
- *Affidabilità*: l'indicatore deve avere valori minimi di errori sistematici;
- *Operatività*: l'indicatore deve essere direttamente e facilmente utilizzabile per quantificare azioni di intervento, costi e benefici:
 - capacità di orientamento delle decisioni e dei comportamenti pubblici e privati;
 - capacità di restituire l'efficacia delle scelte;
 - immediatezza comunicativa;
- *Reperibilità*: i dati relativi all'indicatore devono essere facilmente reperibili;
- *Rigorosità scientifica*: l'indicatore deve essere ritenuto valido dal punto di vista scientifico:
 - sensibilità ai mutamenti nel tempo dei fenomeni rappresentati;
 - sensibilità alle differenze di performance fra diversi ambiti territoriali;
 - capacità di mettere in evidenza le opportunità da valorizzare;
 - attendibilità ed affidabilità dei metodi di misura e raccolta dei dati;
 - comparabilità di stime e misure effettuate nel tempo;

La cruciale interazione tra stato dell'ambiente, cause del degrado ed azioni intraprese, può essere meglio compresa se gli indicatori vengono selezionati rispetto alle problematiche ambientali che destano maggiore preoccupazione a livello internazionale, europeo e nazionale e vengono organizzati secondo modelli concettuali in grado di esplicitare relazioni ed interdipendenze tra i fenomeni analizzati. Il modello concepito nel 1995 dall'Agenzia Europea dell'Ambiente per la costruzione e l'organizzazione di nuovi indicatori è, invece, il modello D.P.S.I.R. "Determinanti- Pressioni-Stato-Impatto-Risposte". Tale modello è nato in seguito al riconoscimento dell'incapacità del modello P.S.R. dell'O.E.C.D. di identificare e di tenere conto di quei fattori, poco controllabili e difficilmente quantificabili, che hanno un'incidenza rilevante ma indiretta nel determinare le condizioni ambientali. Vengono introdotti fattori che sono legati alle attività umane (*trend* economici, culturali, settori produttivi) classificati nel modello come "*Driving Forces*", ovvero "Fattori trainanti" (o "Determinanti" o "Fonti di pressione"). Il riconoscimento del ruolo decisivo da loro svolto nel determinare le condizioni ambientali nel lungo periodo ha indotto gli esperti dell'Agenzia Europea dell'Ambiente a fare un'ulteriore distinzione rispetto al modello dell'O.E.C.D.. Le pressioni sull'ambiente sono distinte dagli impatti, intendendo con essi i reali effetti prodotti sulle componenti ambientali dalle complesse interazioni causali delle prime. Lo schema si propone come una struttura di riferimento generale, un approccio integrato nei processi di *reporting* sullo stato dell'ambiente effettuati a qualsiasi scala geografica. Esso è principalmente un approccio concettuale per sintetizzare e rappresentare la complessità delle dinamiche ambientali, senza comunque perdere la propria flessibilità, che consente di percorrere agevolmente le informazioni, dalle cause agli effetti e viceversa, secondo una struttura a *feedback*. Esso mira a rappresentare l'insieme degli elementi e delle relazioni che caratterizzano un qualsiasi tema o fenomeno ambientale, mettendolo in relazione con l'insieme delle politiche esercitate verso di esso. In conformità al modello D.P.S.I.R., l'informazione ambientale è perciò acquisita attraverso:

- Indicatori di "*driving forces*": identificano i fattori sottesi e connessi al *trend* di sviluppo (attività e comportamenti umani derivanti da bisogni individuali, sociali, economici, ovvero stili di vita e processi economici, produttivi e di consumo da cui si originano pressioni sull'ambiente) che influenzano le condizioni ambientali. Essi sono utili per individuare le relazioni esistenti tra i fattori responsabili delle pressioni e le pressioni stesse

e per aiutare i decisori nell'identificare le fonti attive negative su cui intervenire per ridurre le problematiche ambientali.

- Indicatori di pressione: individuano le pressioni esercitate sull'ambiente in funzione dei determinanti, cioè le variabili direttamente responsabili (o quelle che possono esserlo) del degrado ambientale. Sono utili per quantificare le cause delle modificazioni ambientali.
- Indicatori di stato: rappresentano le qualità dell'ambiente e delle risorse ambientali (qualità legate a fattori fisici, chimici, biologici, naturalistici, economici) che occorre tutelare e difendere. Gli indicatori di stato sono descrittivi: delineano le condizioni in cui versa l'ambiente all'istante considerato e servono per valutare il reale grado di compromissione dell'ambiente;
- Indicatori di impatto: rappresentano i cambiamenti significativi dello stato dell'ambiente che si manifestano come alterazioni delle risorse naturali, della salute umana e delle *performance* sociali ed economiche. La loro principale funzione è quella di rendere esplicite le relazioni causa-effetto tra pressioni, stato ed impatti.
- Indicatori di risposta: rappresentano azioni adottate per fronteggiare gli impatti e indirizzate ad una qualsiasi fase del D.P.S.I.R. (fonte, pressione, stato, impatto o anche una risposta pregressa da correggere). Le risposte possono assumere la forma di obiettivi, di *target* di programmi, di piani di finanziamento, di interventi, di priorità, di standard, di indicatori da adottare, di autorizzazioni, di verifiche, di controlli, etc. Tali indicatori esprimono gli sforzi operativi compiuti dalla società (politici, decisori, pianificatori, cittadini) per migliorare la qualità della vita e dell'ambiente. Come emerge dallo schema presentato, il metodo D.P.S.I.R., integrando una varietà di informazioni, consente di effettuare confronti tra realtà anche molto diversificate. Esso rappresenta un utile sistema di aggregazione di dati ambientali, in quanto è strutturato secondo una logica a *feedback*: una volta noti gli impatti sulle componenti ed i *trend* evolutivi del loro stato di qualità, è possibile ripercorrere i rapporti che legano le cause determinanti l'impatto con i relativi effetti. Si può intervenire, pertanto, in corrispondenza dei diversi livelli dello schema mediante l'applicazione di opportune risposte che generalmente discendono da decisioni e strategie politiche:
 - a livello dei Determinanti, attraverso atti pianificatori volti ad organizzare secondo un'ottica sostenibile le diverse attività umane che generano pressioni sul territorio;
 - a livello delle Pressioni, ricorrendo ad interventi prescrittivi o tecnologici volti all'utilizzo delle migliori tecniche a disposizione, al fine di ridurre al massimo le

pressioni che interferiscono con le componenti ambientali compromettendone la qualità;

- a livello dello Stato, realizzando bonifiche volte a recuperare un'area o una componente ambientale specifica compromessa a causa di pregresse azioni antropiche o condizioni critiche legate allo stato naturale di una risorsa;
- a livello degli Impatti, intervenendo con azioni mitigative volte a ridurre al minimo gli impatti su una specifica componente, oppure con azioni volte a compensare i danni derivanti da attività umane;
- a livello di Risposte, indicando nuove proposte di intervento o ricalibrando gli interventi la cui applicazione non è risultata efficace.

Il modello D-P-S-I-R può essere facilmente applicato allo studio dei fenomeni connessi al cambiamento climatico ed alle loro interazioni con l'ambiente circostante e con l'uomo. Nei prossimi 100 anni il clima dovrebbe continuare a cambiare, a livello globale e in Europa. È sempre più evidente che i cambiamenti climatici hanno un impatto sulla salute umana e degli ecosistemi, nonché sulla redditività economica. Per garantire che l'Europa consegua i suoi obiettivi a breve termine riguardo alle emissioni, sarà essenziale procedere a una riduzione sostanziale delle emissioni dei gas a effetto serra. Sarà altresì necessario adottare misure di adeguamento al fine di gestire gli impatti negativi dei cambiamenti climatici. Contrastare i cambiamenti climatici è una delle priorità fondamentali in campo ambientale dell'Unione europea. Negli ultimi 100 anni la temperatura media in Europa è aumentata di 0.95 °C e si prevede che entro il 2100 salirà di altri 6.3 °C. Questa situazione è in contrasto con l'obiettivo indicativo dell'Unione europea di limitare l'aumento a lungo termine della temperatura globale a 2 °C. Anche il livello del mare si sta innalzando (fino a 0.2 m durante il secolo scorso) e si prevede che questa tendenza continui. Anche i ghiacciai subiscono gli effetti di questi cambiamenti: infatti in tutte le regioni glaciali europee, tranne una, essi si stanno ritirando.³⁶ Tra le conseguenze imputabili ai cambiamenti climatici si annoverano le perdite economiche dovute a eventi legati a condizioni meteorologiche e climatiche, quali alluvioni, tempeste e siccità. Negli ultimi 20 anni in Europa i danni economici sono notevolmente aumentati, raggiungendo una media di 10 miliardi di euro negli anni Novanta. In questo decennio in Europa il numero annuo di catastrofi naturali dovute a condizioni meteorologiche e al clima è raddoppiato rispetto al decennio precedente, mentre è rimasto pressoché stabile quello degli eventi non imputabili

³⁶EEA (2004f); Climate change impacts in Europe: Today and in the future

al clima, per esempio i terremoti. Quattro dei cinque anni in cui si sono registrate le maggiori perdite economiche si sono avuti a partire dal 1997. Uno degli obiettivi fissati dal protocollo di Kyoto è di ridurre, nel periodo compreso tra il 2008 e il 2012, le emissioni dei gas a effetto serra prodotte dai paesi industrializzati del 5 % rispetto ai livelli di riferimento del 1990. Un recente studio conferma le stime precedenti secondo le quali, per mitigare i cambiamenti climatici sul lungo periodo, occorrerà ridurre molto più pesantemente le emissioni globali³⁷. Molti Stati membri dell'Unione europea hanno fissato obiettivi indicativi per diminuire in misura rilevante le loro emissioni. Ad esempio, il Regno Unito e la Germania hanno fissato obiettivi di riduzione del 60 % e 30 % (rispetto ai livelli del 1990), da conseguire rispettivamente entro il 2050 e il 2030. Anche se l'Europa e altre regioni riducessero fortemente le emissioni di gas a effetto serra nei decenni a venire, si stima che il clima continuerà a cambiare nei prossimi secoli. Questo è dovuto al lungo intervallo di tempo che intercorre prima che le politiche di riduzione delle emissioni producano un effetto sulle concentrazioni dei gas a effetto serra e quindi sul clima. Pertanto, oltre a ridurre le emissioni è sempre più necessario affrontare e adeguarsi ai cambiamenti climatici, non solo nei paesi in via di sviluppo, che sono i più vulnerabili, ma anche in Europa. Questo particolare modello D-P-S-I-R, è adattato per tenere conto anche dei Cambiamenti Climatici. La differenza fondamentale, rispetto agli altri modelli D-P-S-I-R, è che nelle risposte (**R**) sono incluse le misure di mitigazione e d'adattamento previste dai rapporti IPCC, secondo i quali, i CC sono dovuti, nella stragrande maggioranza dei casi ad attività antropiche. È per questo motivo che le attività dell'uomo (popolazione, agricoltura, pesca, deforestazione, uso del territorio/urbanizzazione, produzione di rifiuti, trasporti, industria/energia, settore domestico, turismo/attività ricreative) amplificano, e non di poco, i normali cambiamenti ambientali del pianeta Terra. Queste attività fanno pressioni (**P**) sull'ambiente circostante, le cui condizioni (**S**), tipo la qualità dell'aria, dell'acqua, del suolo, la disponibilità di risorse o il livello di biodiversità, cambiano di conseguenza. Questo ha degli impatti (**I**) sulla qualità/disponibilità delle risorse idriche, sugli ecosistemi, sulla sicurezza alimentare ecc. Questi impatti derivati dai CC sono stati già ampiamente discussi precedentemente. Per quanto riguarda le risposte (**R**) oltre alle normali misure di controllo/monitoraggio dei principali elementi meteo-climatici o di attività di riciclaggio/raccolta differenziata dei rifiuti (attività che devono essere

³⁷ Il Consiglio consultivo tedesco sui cambiamenti globali, WGBU (2003) ha proposto una riduzione complessiva entro il 2050 delle emissioni di CO₂ generate dai combustibili fossili pari al 45-60 % rispetto ai livelli del 1990. [WGBU (2003); *World in transition: Towards sustainable energy systems*, German Advisory Council on Global Change, Berlino.

notevolmente incrementate in Italia, essendo la raccolta differenziata al 22,7% nel 2004, contro un obiettivo fissato al 35% dal D.Lgs. 22/97, art. 24 comma 1³⁸, mentre per quanto riguarda il riciclaggio dei rifiuti su 130.367.000 di tonnellate l'anno (2003) solo 46.499.000 tonnellate l'anno³⁹, un po' più del 35% [APAT, Annuario dei dati ambientali 2005-2006]), sono state inserite opportune misure di mitigazione/adattamento per la specifica problematica in questione (cambiamenti climatici). È importante notare come nelle Risposte (**R**)⁴⁰, le misure di mitigazione vadano principalmente ad incidere sulle Pressioni (**P**). Le misure di mitigazione, infatti, riguardano essenzialmente la tecnologia ed i miglioramenti tecnologici (fonti energetiche rinnovabili o alternative, nuovi processi produttivi più rispettosi per l'ambiente, applicazione effettiva del protocollo di Kyoto e riduzione delle emissioni⁴¹ ecc.), essendo queste delle ottime soluzioni per garantire la sostenibilità. La normativa⁴² italiana da questo punto di vista parla chiaro, le principali azioni di mitigazione da intraprendere sono riassunte. Le misure d'adattamento, invece, sono più indicate per fronteggiare i pericoli derivanti dai CC nel breve periodo. Questo tipo di misure agiscono, al contrario delle misure di mitigazione, sugli Impatti (**I**) e non sulle Pressioni (**P**). Altre importanti soluzioni da applicare, anche se propriamente non sono né misure di mitigazione né d'adattamento, sono inerenti il campo al campo dell'informazione, della consapevolezza dei cittadini e della ricerca:

³⁸ "In ogni ambito territoriale ottimale deve essere assicurata una raccolta differenziata dei rifiuti urbani pari alle seguenti percentuali minime di rifiuti prodotti: a) 15% entro il 1999; b) 25% entro il 2001; c) 35% entro il 2003."

³⁹ Per quanto riguarda il riciclaggio dei rifiuti si applica il D.Lgs. 22/97, in conformità alla strategia europea in materia di gestione dei rifiuti, regola il recupero come strumento per una corretta gestione dei rifiuti. In particolare l'art. 4, comma 1, stabilisce che: "ai fini di una corretta gestione dei rifiuti le autorità competenti favoriscono la riduzione dello smaltimento finale dei rifiuti attraverso: a) il reimpiego e il riciclaggio; b) le altre forme di recupero per ottenere materia prima dai rifiuti; c) l'adozione di misure economiche e la determinazione di condizioni di appalto che prevedano l'impiego dei materiali recuperati dai rifiuti al fine di favorire il mercato dei materiali medesimi; d) l'utilizzazione principale dei rifiuti come combustibile o altro mezzo per produrre energia".

⁴⁰ Azioni di governo attuate per fronteggiare gli impatti, indirizzate nei confronti di una qualsiasi componente DPSIR; oggetto della risposta può essere una determinante, una pressione, uno stato, un impatto, ma anche una risposta pregressa da correggere; le risposte possono assumere la forma di obiettivi, di target, di programmi, di piani di finanziamento, di interventi, di priorità, di standard, di indicatori da adottare, di autorizzazioni, di verifiche, di controlli, ecc.

⁴¹ I gas serra inseriti nella lista di Kyoto sono anidride carbonica (CO₂), metano (CH₄), protossido di azoto (N₂O), idrofluorocarburi (HFC), perfluorocarburi (PFC) e l'esfluoruro di zolfo (SF₆). L'effetto schermante dei gas di serra si esprime in termini di CO₂ equivalente. Causa delle emissioni di anidride carbonica sono l'impiego di combustibili fossili in tutte le attività energetiche e industriali, nei trasporti, ma anche processi di deforestazione e cambiamento nell'uso del territorio. Le emissioni di metano derivano dalle discariche dei rifiuti, dagli allevamenti zootecnici e dalle coltivazioni di riso; quelle di protossido di azoto dal settore agricolo e dalle industrie chimiche. Gli idrofluorocarburi, i perfluorocarburi e l'esfluoruro di zolfo sono impiegati nelle industrie chimiche e manifatturiere, i primi per sostituire i CFC.

⁴² Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio – Strategia d'azione ambientale per lo sviluppo sostenibile in Italia Approvata dal CIPE il 2 agosto 2002 con Deliberazione n. 57

- *Informazione al pubblico e formazione.* Il “Programma nazionale per l’informazione sui cambiamenti climatici” prevede iniziative del settore pubblico e dei privati per la preparazione e la diffusione di informazioni sulle cause dei cambiamenti climatici e sulle strategie di prevenzione.
- *Approfondimento delle conoscenze sulle cause e gli effetti dei cambiamenti climatici.* Riduzione della vulnerabilità agli effetti dei cambiamenti climatici. E’ prevista l’attuazione di un “Programma nazionale per la ricerca sul clima” che svolga le seguenti funzioni: censimento delle attività di ricerca; sviluppo di nuovi programmi in collegamento con la comunità internazionale; studio degli effetti dei cambiamenti climatici sul territorio italiano e nella regione mediterranea; definizione di misure nazionali di adattamento ai cambiamenti climatici, come sottolineato nel Sesto Programma di Azione Ambientale dell’UE. Puntare all’incentivazione della ricerca scientifica e tecnologica per sviluppare strumenti di politica interna basati sulla concessione di incentivi nel settore delle energie rinnovabili, all’allargamento del raggio delle iniziative internazionali, alla promozione delle imprese che adottano strumenti migliorativi delle proprie performance ambientali.

Dopo aver esplicitato in un modello D-P-S-I-R i principali feedback e le più importanti interazioni che intercorrono tra i cambiamenti climatici, ambiente, la popolazione ed i settori economici, è fondamentale fare un passo in avanti. Come chiarito in precedenza, gli indicatori sono lo strumento più indicato per cercare di rappresentare la complessità di questi fenomeni. Cerchiamo quindi di sviluppare un modello D-P-S-I-R per la sostenibilità delle coste (completo di indicatori), che tenga conto anche dei *drivers* dei cambiamenti climatici. Per fare ciò i punti di partenza sono: il lavoro già sviluppato dal gruppo di lavoro coste A.P.A.T (presentato a Lignano Sabbiadoro, il 29-30 settembre 2005⁴³ in occasione del Seminario Nazionale “Zone Costiere e Zone umide”, si veda Figura 24) e la serie di indicatori sviluppata nel documento “L’ambiente marino e Costiero”⁴⁴.

⁴³ Task intertematica attivata da APAT nell’ambito del triennio di attività del CTN TES (Centro Tematico Nazionale Territorio E Suolo) / 2002-2004. La task comprende: CTN-TES [ARPA Friuli Venezia Giulia - Marche -Emilia Romagna - DiSGAM (Dipartimento di Scienze Geologiche Ambientali e Marine dell’Università di Trieste in qualità di IPR)] - CTN-NEB (Centro Tematico Nazionale Natura E Biodiversità) - ARPA Sicilia- Molise CTN-AIM (Centro Tematico Nazionale Acque Interne e Marino costiere) - ARPA Toscana.

⁴⁴Primo Rapporto SINANet sulle acque

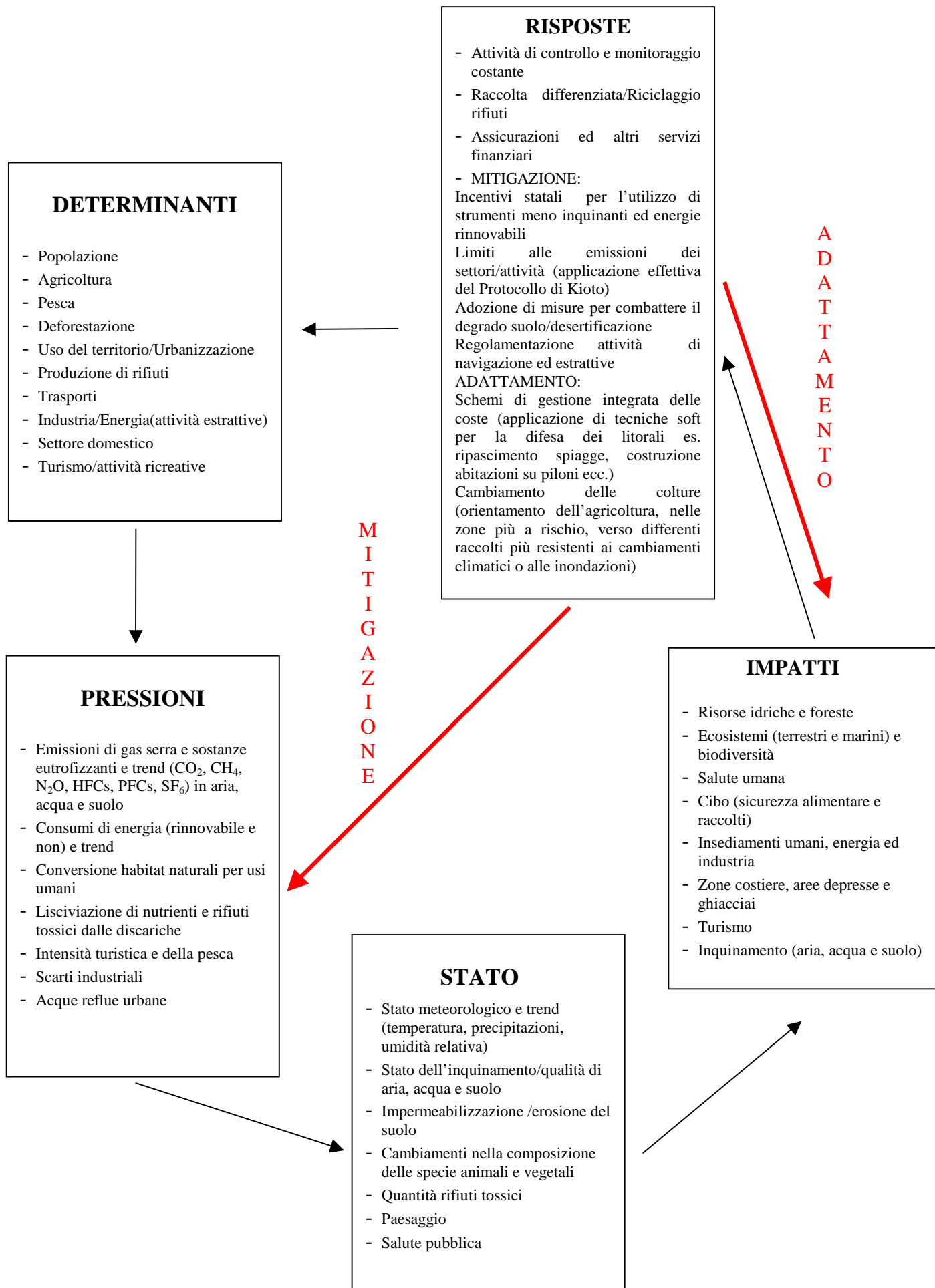


Figura 24 Modello D-P-S-I-R del gruppo di lavoro coste A.P.A.T.



Tabella 13: Indicatori Modello D-P-S-I-R per le coste

DPSIR	Nome Indicatore	Unità di Misura	Distribuzione Spaziale	Fonte dati	Serie Storica
D	Popolazione e densità di popolazione	abitanti residenti (Ab); abitanti per chilometro quadrato (Ab/km ²); abitanti per chilometro di costa (Ab/km), solo per le aree costiere	Comunale	ISTAT	
D	Sviluppo economico e PIL per settore	milioni di euro (10 ⁶ €) e percentuale (%) [totale provinciale o comunale – pil pro capite euro/abitante]	Provinciale	ISTAT	
D	Presenze turistiche ed incidenza del turismo	presenze in un anno od in una stagione (n) e sua percentuale sugli abitanti (%) – numero attività ricettive/kmq	Provinciale	ISTAT	
D	Impianti di produzione energia	Numero unità locali/kmq	Comunale	ISTAT	2000-2004
P	Uso del suolo	% di area di ciascuna classe di uso del suolo sulla superficie totale	Comunale	CORINE “land cover”	
P	attività produttive	numero di addetti (n)	Comunale	ISTAT	
P	Carichi trofici	T/anno	Comunale	ISTAT	
P	Produzione di rifiuti urbani pro-capite	Kg/abitante residente	Provinciale	APAT (Rapporto rifiuti)	2002-2005
P	traffico marittimo	passengeri (n/anno); merci (Tonn/anno); petrolio (Tonn/anno)	porti	ISTAT, Unione Petrolifera	
P	Pesca	Tonn/anno	Regionale	ISTAT	
P	Acquacoltura	N° di impianti e gabbie; Tonn/anno	Regionale	API	
P	Emissioni di gas serra e trend (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCs, PFCs, SF ₆)	Milligrammi/kmq	Provinciale	APAT	2000-2006
S	indice trofico TRIX	Valore	Stazione di misura	Elaborazioni APAT su dati SI.DI.MAR. Ministero dell’ambiente e della tutela del territorio e del mare	2001-2006
S	Carico PCB nei sedimenti	Microgrammi per Kg di peso secco	Stazione di misura	Elaborazioni APAT su dati SI.DI.MAR. Ministero dell’ambiente e della tutela del territorio e del mare	2001-2006
S	Carico IPA nei sedimenti	Microgrammi per Kg di peso secco	Stazione di misura	Elaborazioni APAT su dati SI.DI.MAR. Ministero dell’ambiente e della tutela del territorio e del mare	2001-2006
S	Livello del mare				
S	Temperatura superficie del mare				
S	Concentrazione CO ₂ nelle acque				

DPSIR	Nome Indicatore	Unità di Misura	Distribuzione Spaziale	Fonte dati	Serie Storica
S	Frequenza eventi estremi	numero			
S	Tipologia geomorfologica della costa				
S	Ampiezza spiaggia				
S	Presenza dune				
S	Status degli habitat e delle specie presenti all'interno dei pSIC/SIC e ZPS				
I	Variazione linea di riva	%			
I	balneabilità	%	Regionale	ISTAT, Ministero della salute	
R	Aree terrestri e marine protette (EUAP, pSIC/SIC, ZPS, Zone Ramsar)				
R	Quantità di rifiuti raccolti in modo differenziato				
R	Bonifica siti inquinati d'interesse nazionale				
R	Certificazioni ambientali ISO 14001 ed EMAS				
R	Amministrazioni partecipanti ad Agenda 21				
R	Opere di difesa dei litorali	numero			
R	Bilancio depurativo				
R	Censimento degli scarichi a mare	N° di scarichi	regionale, Compartimento marittimo	Comando Generale del Corpo delle Capitanerie di Porto Guardia Costiera	
R	Superficie soggetta a ripascimento (adattamento)	Km di costa			

4. CONCLUSIONI

L'importanza e l'urgenza delle problematiche relative all'argomento è confermata dal recentissimo premio Nobel per la Pace conferito all'IPCC, e la risoluzione di tali problematiche è cruciale per il futuro sostenibile del nostro pianeta. Elenchiamo brevemente i principali gap conosciuti e le esigenze di ricerca future.

1. Allo stato dell'arte, non esistono stime per l'Italia relative a costi di inazione e costi di adattamento per l'impatto del cambiamento climatico sulle zone costiere. Esistono solo dei casi studio elaborati dall'ENEA (Ente Per Le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente) in collaborazione con il FEEM (Fondazione Eni Enrico Mattei).

2. E' cruciale migliorare l'affidabilità della modellistica del meccanismo di trasmissione degli effetti del cambiamento climatico dagli scenari globali fino all'aumento dei rischi per le zone costiere (innalzamento livello del mare, erosione ecc.), con un livello significativo di risoluzione. In altre parole, idealmente gli economisti avrebbero bisogno di informazioni molto più precise di quanto oggi disponibile circa che cosa un aumento nella temperatura media globale significherà in termini di variazione nella probabilità di inondazioni e frane di ogni dato livello di gravità in ogni dato chilometro quadrato del territorio italiano. Ciò comporterà un impegno notevole di ricerca per eseguire un *downscaling* dei modelli climatici, e in termini di modellistica dei fattori d'innescò di origine climatica di frane e alluvioni.
3. E' necessario tuttavia uno sforzo interdisciplinare per mettere in comunicazione le diverse competenze (modellistica e analisi di rischio) in modo da raggiungere una copertura scientificamente valida del territorio italiano per quanto concerne gli aspetti "fisici" di questo tipo di impatti.
4. E' di nuovo necessario uno sforzo interdisciplinare, che colleghi l'analisi economica con l'*input* di altre discipline scientifiche. L'elenco dei possibili impatti è già stato analizzato e prevede: erosione delle coste, allagamenti, frane ma soprattutto effetti secondari come perdita di suolo e perdita di spiagge che possono avere notevoli ripercussioni economiche sull'indotto di certe località che fanno del loro punto forte proprio il turismo costiero. Dal punto di vista quantitativo, manca per tutti questi effetti una proiezione della loro entità e della loro probabile importanza per la vulnerabilità dell'Italia al cambiamento climatico nei prossimi 100 anni.
5. E' necessaria una valutazione di quanto rischio potrà essere rimosso in futuro dagli interventi di protezione già identificati come necessari a prescindere dal cambiamento climatico; inoltre è necessario valutare i cambiamenti probabili nell'esposizione al rischio dovuto ai cambiamenti nell'urbanizzazione, nelle pratiche agricole e in generale nella pressione umana sul territorio che gli sviluppi socioeconomici futuri determineranno. Lo sviluppo di tali scenari è un esercizio carico d'incertezza e l'unico elemento di indirizzo relativamente affidabile è l'evoluzione delle politiche europee in questo campo, almeno per i prossimi decenni.

6. In termini di unità di costo degli strumenti e delle strutture di adattamento, le lacune principali sono quelle relative ai costi di adattamento privati, perché finora sono disponibili solo cifre parziali. Un'indagine generale di questi costi dovrebbe in ogni caso essere affrontata con il sostegno delle associazioni di settore rilevanti. I costi degli interventi pubblici e delle compagnie assicurative dovrebbero essere più facilmente valutabili.

BIBLIOGRAFIA

APAT Sistema Nazionale Conoscitivo e dei Controlli in Campo Ambientale Centro Tematico Nazionale Territorio e Suolo Indicatori e indici sullo stato di qualità ambientale dell'area costiera - Dossier sullo stato di qualità dell'area costiera.

APAT - Gli eventi preparatori della conferenza – Roma, settembre 2007.

Berritella, M., A. Bigano, R. Roson and R.S.J. Tol (2004), A General Equilibrium Analysis of Climate Change Impacts on Tourism, Working Paper FNU-49, Research Unit Sustainability and Global Change, Hamburg University and Centre for Marine and Atmospheric Science.

Carter R. W. G., 1988 - Coastal Environments. Academic Press, London: 617 pp.

Capriolo Alessio, Research gap- settore costiero – lavori preparatori Conferenza Nazionale Cambiamenti Climatici 2007.

Clark J. R., 1997 - Coastal zone management for new century. Ocean & Coastal Management, 37 (2): 191-216.

CICERO Working Paper: The Impact of Climate Change on Tourism in Spain - Lars Hein, March 2007.

Commission staff working document - limiting global climate change to 2 degrees celsius the way ahead for 2020 and beyond - impact assessment. Brussels, 10 january 2007.

Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo - Riesame della strategia per lo sviluppo sostenibile - una piattaforma d'azione, Bruxelles, 13.12.2005.

D.Lgs. 31 marzo 1998, n. 112 - Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della L. 15 marzo 1997, n. 59

EEA Report No 6/2006 ISSN 1725-9177 The changing faces of Europe's coastal areas.

EEA Technical report No 7/2005 - Vulnerability and adaptation to climate change in Europe.

Enea – Ente per le nuove tecnologie, l'energia e l'ambiente – Fondazione Eni Enrico Mattei - la risposta al cambiamento climatico in Italia - Vulnerabilità climatica, Valutazioni socio-economiche delle strategie di adattamento Misure di mitigazione forestale – edito dall'ENEA, Roma 2003.

Europe's Environment: the Second Assessment. Criteria for sustainable development – the framework and models.

GREEN PAPER - Adapting to climate change in Europe – options for EU action, Brussels, 29.6.2007.

<http://www.conferenzacambiamenticlimatici2007.it/site/it> per le documentazioni relative agli interventi effettuati al workshop di Palermo ed alla Conferenza Nazionale, (in particolare sono stati consultati gli interventi: [La Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici 2007 - R.Caracciolo - APAT](#), [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 - M.Catenacci, M.Breil - CMCC](#), [Fondazione Enrico Mattei](#), [La valutazione dei costi del cambiamento climatico in aree costiere per la definizione di strategie di adattamento: tre casi studio a confronto - C.Travisi, CMCC](#), [Fondazione Enrico Mattei](#), [Ripascimenti dei litorali e valore economico delle spiagge: adattamento ai cambiamenti climatici e riqualificazione urbanistico - ambientale delle aree costiere - D.Paltrinieri - Osservatorio sulla erosione costiera per il recupero e la valorizzazione dei litorali](#), [Le conseguenze in area mediterranea ed in Italia - Vincenzo Ferrara \(ENEA\)](#), [Criticità per l'Italia e i risultati dei workshop preparatori - Roberto Caracciolo \(APAT\)](#), Risorse strategiche nello scenario di variazione di vulnerabilità delle aree costiere. La risorsa sabbia: conoscenza, disponibilità e strategie a lungo termine - Sergio Cappucci (ICRAM). Consultato il 15/09/2007.

<http://www.environment.detr.gov.uk/sustainable/index.htm>. For dpsir scheme, 01/08/2007

<http://www.ipcc.ch/> - IPCC WG1- WG2 – WG3 e Synthesis Report AR4 - consultato il 04/09/2007

<http://www.eurosion.org>, 10/06/2007.

Inman D. L. e Brush B. M., 1973 - The Coastal Challenge. Science, 181: 20-32.

Ippc, 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Ippc 2001 Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability the Working Group II (WGII) contribution to the Third Assessment Report (TAR) of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Ippc 2001 Climate Change 2001: Mitigation. the Working Group III (WGIII) contribution to the Third Assessment Report (TAR) of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

ISTAT – Annuario Statistico Italiano 2006 - Industrie Grafiche ed Editoriali Soveria Mannelli (CZ), 2006.

L'ambiente marino e costiero Antonio Melley (ARPAT); Gianna Casazza, Cecilia Silvestri, Emanuela Spada (ANPA).

Legge 22 luglio 1975, n. 382 - Norme sull'ordinamento regionale e sulla organizzazione della pubblica amministrazione e il seguente Decreto Presidente Repubblica 24 luglio 1977, n. 616.

Living with coastal erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability A guide to coastal erosion management practices in Europe Final version – June 30 2004 .

L'UE e le zone costiere - Sulle coste d'Europa spira un vento nuovo – Commissione Europea, Direzione generale dell'Ambiente – Belgio – 2001.

Mieczkowski, Z., 1985. The tourism climatic index: A method of evaluating world climates for tourism. *Canadian Geographer*, 29(3), 220-233.

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio – Strategia d'azione ambientale per lo sviluppo sostenibile in Italia Approvata dal CIPE il 2 agosto 2002 con Deliberazione n. 57.

Moreno-Sanchez, A., 2005. Scenario analysis of climate change and tourism in Spain and other European regions. MSc thesis Wageningen University, Wageningen, the Netherlands, 2005.

Rapporto APAT-OMS: "Cambiamenti climatici ed eventi estremi: rischi per la salute in Italia", Roma 25/06/2007.

Relazione al Parlamento europeo e al Consiglio: Valutazione della gestione integrata delle zone costiere (GIZC) in Europa, Bruxelles, 7.6.2007.

Rischio, vulnerabilità, neotettonica, glacioidrosostasia. *Studi Costieri* (2003), vol 6.

Segnali ambientali 2004 Un aggiornamento dell'Agenzia europea dell'ambiente su alcuni temi specifici © AEA, Copenhagen, 2004.

The Economics of Climate Change The Stern Review Nicholas Stern Cabinet Office - HM Treasury © Cambridge University Press 2007.

Tol, R.S.J., 2002. Estimates of the Damage Costs of Climate Change. *Environmental and Resource Economics*, 21, 47-73.

UKCIP (2004). Costing the impacts of climate change in the UK. Overview of guidelines. UKCIP Technical Report. Oxford, UK Climate Impact Programme (UKCIP).

Using a 'tourism climate index' to examine the implications of climate change for climate as a tourism resource Daniel Scott & Geoff McBoyle.

Verso una strategia europea per la gestione delle zone costiere (GIZC) Principi generali e opzioni politiche - il programma dimostrativo sulla gestione integrata delle zone costiere della UE 1997-1999, stampato in Italia – 1999.

Woodroffe C. D., 2003 - Coasts - Form, process and evolution. Cambridge University Press, Cambridge: 623 pp.