

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

Margaretha Breil¹, Michela Catenacci¹, Chiara Travisi¹

1 - Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM),
Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici (CMCC)

Prima versione: Agosto 2007. Rivisto: Novembre 2007

Questo rapporto nasce dalla collaborazione fra APAT (Agenzia per la Protezione dell’Ambiente e per i Servizi Tecnici) e il CMCC (Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici) ed è stato realizzato all’interno del percorso organizzativo per la Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici (CNCC), promossa dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e organizzata da APAT il 12-13 Settembre 2007 a Roma. I principali risultati sono stati presentati nel workshop preparatorio alla CNCC “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, con una appendice su ‘Valutazione degli impatti del cambiamento climatico in aree costiere italiane: tre casi studio a confronto’”. Palermo, 27-28 giugno 2007.

Commenti e suggerimenti sono benvenuti all’indirizzo economics@apat.it entro la fine di gennaio.

Nota introduttiva

Questo rapporto nasce da un lavoro di collaborazione fra APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici) e il CMCC (Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici) realizzato all'interno del percorso organizzativo per la Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici (CNCC), promossa dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e organizzata da APAT il 12-13 Settembre 2007.

APAT ha ritenuto importante realizzare uno studio sulla valutazione economica degli impatti dei cambiamenti climatici e delle relative misure di adattamento in Italia, al fine di fornire una prima analisi e alcuni strumenti metodologici su questa tematica.

I risultati dello studio sono stati raccolti in vari rapporti scientifici di sintesi sulla valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici e presentati sia nei workshop preparatori alla Conferenza Nazionale che nella seconda giornata della plenaria della CNCC:

- Le Zone Alpine Italiane: Implicazioni economiche del cambiamento climatico e strategie di adattamento. Saint-Vincent, 2-3 luglio 2007
- La dimensione socio-economica, i costi dell'inazione e le strategie di adattamento ai cambiamenti climatici sul sistema italiano idrogeologico. Napoli, 9-10 luglio 2007
- La desertificazione, i costi dell'inazione e la valutazione delle opzioni di adattamento al cambiamento climatico. Alghero, 21-22 giugno 2007
- Impatti del cambiamento climatico sulle zone costiere: Quantificazione economica di impatti e di misure di adattamento – sintesi di risultati e indicazioni metodologiche per la ricerca futura, con una appendice su “Valutazione degli impatti del cambiamento climatico in aree costiere italiane: tre casi studio a confronto”. Palermo, 27-28 giugno 2007
- Gli impatti degli eventi estremi idrogeologici sulla vita umana: aspetti metodologici per la valutazione dei costi e delle politiche di intervento. Roma, 25 giugno 2007
- Gli impatti macroeconomici del cambiamento climatico sui vari settori economici e sul commercio internazionale con un modello di equilibrio generale. Roma, 13 settembre 2007 Plenaria CNCC

Durante la Conferenza Nazionale, l'APAT è stata individuata come organismo di supporto tecnico-scientifico necessario allo sviluppo di strategie e piani di adattamento ai diversi livelli territoriali, con funzioni di centro di competenza sugli impatti e sull' adattamento ai cambiamenti climatici.

E' per queste ragioni che APAT e CMCC, coerentemente con le proprie funzioni istituzionali e proseguendo il lavoro avviato con la preparazione della Conferenza sui Cambiamenti Climatici 2007, hanno deciso di collocare on line lo studio sulla valutazione economica degli impatti dei Cambiamenti Climatici, con lo scopo di favorire la conoscenza di documenti già disponibili, sollecitare la trasmissione di contributi e infine raccogliere i suggerimenti e commenti da parte della comunità scientifica di riferimento, da integrare nella versione che sarà prossimamente pubblicata.

Si prega di inviare eventuali commenti e suggerimenti all'indirizzo economics@apat.it entro la fine di gennaio.

Indice

INTRODUZIONE.....	6
1 LINEE E IMPATTI DI TIPO ECONOMICO DA CONSIDERARE.....	6
GLI IMPATTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO SULLE ZONE COSTIERE	6
<i>Innalzamento del livello del mare</i>	7
<i>Erosione</i>	10
<i>Eventi estremi</i>	11
<i>Temperature e precipitazioni</i>	12
2 COSTI DELL' INAZIONE PER LE ATTIVITÀ ECONOMICHE	13
PERDITA DI SUOLO	13
PERDITA DI AREE UMIDE COSTIERE E BIODIVERSITÀ	14
IMPATTI SULLA PESCA.....	15
IMPATTI SUL TURISMO COSTIERO	15
3 ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI PER LE AREE COSTIERE.....	21
PRINCIPI DI ADATTAMENTO	21
4 VALUTAZIONE DEI COSTI ECONOMICI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO	23
COSTI DI ADATTAMENTO PER LE AREE COSTIERE ITALIANE.....	26
VALUTAZIONI IN TERMINI DI EQUILIBRIO ECONOMICO GENERALE	28
5 CONCLUSIONI: NUOVE SFIDE PER LA RICERCA FUTURA.....	32
STIMA DEL RISCHIO E DEGLI IMPATTI ATTESI	32
ANALISI DELLA VULNERABILITÀ SOCIO-ECONOMICA: PREVISIONI A LIVELLO NAZIONALE CON MODELLI DI EQUILIBRIO DINAMICI ED INTEGRATI.....	32
VALUTAZIONI INTEGRATE A LIVELLO LOCALE	33
FORMULAZIONE DI LINEE GUIDA.....	33
BIBLIOGRAFIA.....	34
APPENDICE 1	40
METODOLOGIE PER LA VALUTAZIONE ECONOMICA DEGLI IMPATTI E DELLE STRATEGIE DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI	40
CRITERI PER LA DEFINIZIONE DI UN FRAMEWORK GENERALE.....	40
UN APPROCCIO MULTISCENARIO PER LA VALUTAZIONE DEI COSTI DEL CC.....	41

<i>Rischio e incertezza</i>	41
<i>Interdipendenza e cross-esternalità</i>	43
<i>Consultazione e partecipazione</i>	43
<i>Analisi costi-benefici e analisi multicriteri</i>	44
VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI	44
<i>Metodi di valutazione convenzionali market-based</i>	46
<i>Valutazione basata su replacement cost e averting expenditure</i>	47
<i>Avertive expenditure, AE</i>	47
<i>Replacement Cost, RC</i>	47
<i>Metodi di valutazione per beni non-market</i>	48
<i>Prezzi edonici, HP</i>	48
<i>Costi di viaggio, TC</i>	48
<i>Valutazione contingente, CVM</i>	49
<i>Esperimenti di scelta, CE</i>	49
<i>Benefit transfer</i>	49
VALUTAZIONE DELLE ALTERNATIVE DI ADATTAMENTO	51
<i>Costi di adattamento</i>	51
<i>Valutazione delle opzioni alternative di intervento</i>	54
<i>Analisi multicriteri</i>	55
<i>Analisi costi benefici</i>	55
<i>Analisi costi-efficacia</i>	55
METODOLOGIA GENERALE DI VALUTAZIONE: UN APPROCCIO PILOTA	56
APPENDICE 2	57
FASE 1 – IDENTIFICAZIONE DEL PROBLEMA E DEGLI OBIETTIVI DELLO STUDIO	58
<i>Aspetti metodologici generali</i>	58
<i>SANGRO</i>	59
<i>GRADO E MARANO</i>	60
FASE 2 – DEFINIZIONE DI SCENARI FUTURI.....	63
<i>Aspetti metodologici generali</i>	63

FASE 3 – IDENTIFICAZIONE DEGLI IMPATTI POTENZIALI	68
<i>Aspetti metodologici generali</i>	68
<i>Casi di studio</i>	68
FASE 4 – DEFINIZIONE DI IPOTESI ADATTAMENTO	71
<i>Aspetti metodologici generali</i>	71
FASE 5 – VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI.....	74
<i>Aspetti metodologici generali</i>	74
FASE 6 – COMPARAZIONE DELLE ALTERNATIVE DI INTERVENTO	82
<i>Aspetti metodologici generali</i>	82
SINTESI	95

Introduzione

Il contributo intende fornire una visione d'insieme dello stato di conoscenza attuale riguardante la valutazione economica degli impatti dei cambiamenti climatici sulle aree costiere e delle possibili strategie di adattamento. Il rapporto illustra le principali linee di impatto, evidenziando le attività economiche potenzialmente interessate, e proponendo le metodologie da applicare per arrivare ad una quantificazione degli impatti. Uno studio riguardante le coste italiane deve necessariamente fare i conti con una considerevole difficoltà nello stabilire una "baseline" per le valutazioni. Lo stato delle coste nazionali risulta infatti gravemente compromesso da attività umane e in continua trasformazione a causa dei processi erosivi e di subsidenza. Questi processi, anche senza considerare ulteriori impatti dei cambiamenti climatici, provocano rilevanti danni economici. Non è dunque semplice distinguere tra processi già in atto e processi indotti dal cambiamento climatico, come l'innalzamento del mare, la maggiore frequenza e intensità di eventi estremi e l'aumento delle temperature medie.

1 Linee e impatti di tipo economico da considerare

Le zone costiere italiane sono il luogo di residenza di una importante parte della popolazione e ospitano dunque numerose attività economiche – dalle attività portuali all'industria, passando per l'agricoltura, il turismo e le infrastrutture di comunicazione.. Esse si distinguono inoltre per le importanti aree di habitat naturali. Si valuta che nell'Unione Europea un terzo della popolazione viva in aree entro 50 km dalla costa. In Italia, si stima che circa il 30% della popolazione viva in zone costiere, che ospitano anche alcuni dei principali centri urbani del paese.

Le coste italiane hanno una lunghezza complessiva di circa 7.500 km, di cui circa 3.500 km sono formati da coste alte, e due terzi da coste prevalentemente basse. Più di metà della linea costiera, e il 41% delle coste basse, sono attualmente interessati da processi erosivi o classificati a rischio di erosione (Simeoni, 2007). Tali fenomeni risultano molto sensibili alla crescente "artificializzazione" delle coste. Dal punto di vista geologico, l'Italia è compresa da tra la zolla Africana e quella Eurasiatica; questa posizione determina, per alcune zone costiere fenomeni di abbassamento tettonico che possono presentare valori di un ordine di grandezza superiori a quelli previsti per la risalita del mare. Sono stati recentemente rilevati movimenti idrostatici differenziali (abbassamento della piattaforma continentale di 6\8 m negli ultimi 6000 anni) lungo le coste: tali movimenti indotti dalle stesse variazioni di livello del mare dipendono da molti fattori, compreso lo spessore del mantello, e assumono valori distinti nelle diverse zone costiere italiane. Di conseguenza alcune aree costiere nazionali tendono ad abbassarsi, inducendo un sollevamento relativo del mare, mentre in altri tratti sono in atto tendenze inverse (FEEM, ENEA, 2003).

Le coste italiane sono in genere altamente antropizzate. In alcune regioni costiere italiane più del 45% dalla linea di costa compresa entro 1km dal mare risulta urbanizzata (EEA 2006). Come in quasi tutti i paesi mediterranei, la densità abitativa nelle zone costiere è maggiore che nel resto del paese. Tale situazione tende a provocare l'irrigidimento delle linee costiere, a causa della presenza di strutture protettive che tutelano le aree urbanizzate dai processi erosivi in atto.

Gli impatti del cambiamento climatico sulle zone costiere

Le conseguenze dei cambiamenti climatici previste per le zone costiere, consistono principalmente nell'innalzamento del livello del mare, e in un aumento della frequenza di eventi estremi con conseguenti inondazioni. E' inoltre importante considerare, tra gli impatti rilevanti per le zone costiere, anche la risalita di acque saline nei fiumi e l'intrusione negli acquiferi costieri, che rendono più difficoltoso il deflusso delle acque verso il mare in caso di eventi estremi. Impatti

indiretti riguardano i cambiamenti nelle funzioni degli ecosistemi costieri e nelle attività umane sulle coste, dovuti sia alla trasformazione delle zone costiere, sia alle mutate condizioni climatiche previste per l'area mediterranea, in termini di frequenza di precipitazioni e di variazione delle temperature.

Innalzamento del livello del mare

Dai più recenti rapporti emergono principalmente tre linee di fenomeni legati ai cambiamenti climatici per l'area mediterranea e le zone costiere italiane: innalzamento relativo del livello del mare, aumento delle temperature medie, crescente frequenza di eventi estremi. Per il periodo compreso tra il 2070 ed il 2099, si prevedono, rispetto al periodo climatico 1961 – 1990, un riscaldamento di 2,5 – 5,5°C secondo lo scenario SRES A2, e di 1- 4 °C secondo lo scenario B2. Queste previsioni si rifletterebbero in un innalzamento del livello medio degli oceani che varia nelle diverse previsioni tra 0,09 e 0,88 m per il prossimo secolo (IPCC 2007) con valori di crescita anche superiori per l'Europa, e nello specifico per il Mediterraneo, in caso di collasso del *Atlantic Meridional Overturning Circulation (MOC)* (Wigley 2005). Per il bacino del mediterraneo non esistono ancora scenari consolidati, generalmente si assume un innalzamento intorno a 0,30 m nel corso del prossimo secolo.

Nelle coste mediterranee, i danni causati dall'innalzamento del livello del mare, rafforzati da movimenti di subsidenza o tettonici, possono rendere più incisivi gli impatti causati da “*storm surges*” e tsunami e causare, lungo le coste basse formate prevalentemente da sedimenti, una migrazione verso l'interno (Smith, Raper et al. 2000; Stone and Orford 2004; Hall, Sayers et al. 2006). Tuttavia in alcune zone costiere italiane l'entità del movimento tettonico di innalzamento della costa risulta superiore alle previsioni di innalzamento del livello del mar Mediterraneo.

La vulnerabilità delle acque marine e costiere dipende fortemente da fattori locali che sono influenzati, oltre che dalla morfologia e da altre caratteristiche della linea costiera, dalla pressione antropica presente nello specifico tratto di costa. Gli autori concordano nell'identificare le aree costiere con una scarsa escursione di marea come quelle più vulnerabili (Kundzewicz, Parry et al. 2001). Secondo lo scenario A1FI dello SRES (IPCC) in Europa ogni anno fino a 2,5 milioni di persone potrebbero essere colpite da inondazioni costiere (Nicholls 2004), e circa il 20% delle aree umide costiere potrebbero scomparire entro il 2080 (Nicholls 2004). Si prevede inoltre l'accentuarsi di problemi di eutrofizzazione e stress nei sistemi biologici costieri, in seguito all'innalzamento delle temperature (EEA 2004; Robinson, Learmonth et al. 2005; SEPA 2005; SEEG 2006).

La trasposizione (*downscaling*) di queste previsioni alla situazione italiana deve rispettare alcune precauzioni: mentre a livello aggregato i valori derivanti da simulazioni simili possono essere ritenuti sufficientemente robusti (Nicholls and Tol 2006), a livelli più dettagliati la considerazione di parametri socio-economici specifici è una condizione indispensabile per ottenere una stima robusta dei valori economici degli impatti e delle misure di adattamento.

La maggior parte degli autori che formulano scenari dettagliati a livello nazionale o zonale, mettono in guardia sull'impossibilità di trasferire le previsioni elaborate a livello globale ad un ambito di studio locale, senza particolari accorgimenti. Per tutto il bacino del Mediterraneo è dunque importante tenere conto delle caratteristiche socio-economiche comportamenti specifici dovuti alle caratteristiche peculiari di questo mare. In realtà solo alcuni studi mirati sull'area mediterranea cercano di prevedere lo scenario specifico di SLR, mentre il più delle volte ci si limita a trasferire le previsioni stimate a livello globale per l'innalzamento degli oceani.

Secondo le stime presentate nella Terza Comunicazione Nazionale all'UNFCCC (2002), e costruite in base ai risultati del Terzo Rapporto dell'IPCC (2001), l'innalzamento del livello del mar Mediterraneo entro il 2090 dovrebbe essere contenuto tra i 18 ed i 30 cm. Per arrivare a stime sull'innalzamento del livello marino relativo ai singoli tratti di costa, si considerano fattori quali la subsidenza naturale, che variano fortemente secondo le diverse zone costiere italiane. Antonioli (2003) mette in luce, insieme ad altri autori, la grande variabilità tettonica e isostatica italiana e l'importanza delle tendenze di subsidenza naturali e antropiche (emungimento di acqua e gas dal sottosuolo). In seguito a tali fenomeni, risulta rilevante lo studio del comportamento tettonico delle aree pianeggianti volto ad individuarne con precisione i tassi di variazione. Infatti rispetto ai tassi di risalita media attesi per i mari italiani (circa 0.2- 0.4 mm/anno), molte zone costiere a potenziale rischio (perché già topograficamente depresse, sotto il livello del mare) presentano valori di sollevamento o abbassamento che sono assai più alti dei tassi di risalita del mare (ENEA, 2001).

Assumendo una quota di innalzamento del mare, rispetto al livello attuale, compresa tra i 20 e i 30 cm al 2100, (e senza tenere conto degli specifici movimenti tettonici, isostatici e di subsidenza) uno studio NASA-GISS, ha cercato di quantificare per l'Italia l'area a potenziale rischio di inondazione. Per questa stima è stato utilizzato un DEM (Digital Elevation Model) nazionale con una risoluzione orizzontale di 500 m e verticale di 1 m. Benché il risultato quantitativo sia da considerare ancora grossolano e limitato, il valore dell'esercizio è da cercare piuttosto nell'aspetto qualitativo. Lo studio infatti permette di individuare, anche se in maniera approssimativa, le 33 aree costiere nazionali sottoposte a potenziale rischio di inondazione, a causa della loro situazione altimetrica

Questa stima, rappresenta il punto di partenza per successive verifiche puntuali in ciascuna area a rischio individuata, che confrontino le quote di innalzamento relativo del mare con quelle delle specifiche tendenze tettoniche e di subsidenza. Solo in seguito ad una verifica accurata di queste tendenze si arriverà ad una quantificazione della superficie effettivamente a rischio. Le aree a rischio potenziale individuate dallo studio NASA_GISS sono distribuite nel modo seguente (Ministero dell'Ambiente 2002):

- • 25.4% nel nord Italia (nord Adriatico);
- • 5.4% nell'Italia centrale (le coste tra Ancona e Pescara; le coste vicino a Roma e Napoli);
- • 62.6% nell'Italia meridionale (Golfo di Manfredonia, coste tra Taranto e Brindisi, Sicilia sud orientale);
- • 6.6% in Sardegna.

Uno primo tentativo di verifica di queste indicazioni proviene da uno studio ENEA che cerca di dettagliare la stima dello studio NASA GISS, confrontandola con i movimenti tettonici e di subsidenza in atto in ciascuna delle aree, e affermando che la maggior parte delle 33 pianure costiere italiane individuate come a potenziale rischio di inondazione per la loro elevazione attuale, sono in effetti ubicate in zone stabili od in sollevamento (fig. 1). Rimangono presumibilmente dei problemi nel breve periodo per la Pianura Padano-Veneta, la Versilia, e le pianure di Fondi e Pontina che, oltre a presentare una vasta superficie attualmente situata a quota inferiore allo zero, mostrano tendenze di abbassamento tettonico e/o di subsidenza di notevole entità.(Ministero dell'Ambiente 2002)

Anche un successivo rapporto ENEA (2007) conferma la vulnerabilità delle zone costiere individuate: l'area Veneziana e tutta la costa dell'alto Adriatico, l'area della foce di fiumi (Magra,

Arno, Ombrone, Tevere, Volturno, Sele), le aree a carattere lagunare (Orbetello, laghi costieri di Lesina e Varano, stagno di Cagliari), coste particolarmente basse o già soggette ad erosione (costa prospiciente Piombino, tratti della costa Pontina e del Tavoliere delle Puglie, ecc).

Solo per alcune aree sono stati successivamente effettuati tentativi di quantificazione delle superfici a rischio di inondazione (Piana di Fondi e Piana del fiume Sangro). Nessuno degli studi successivi a quello NASA GISS presenta però quantificazioni complessive della superficie effettivamente a rischio a livello nazionale.

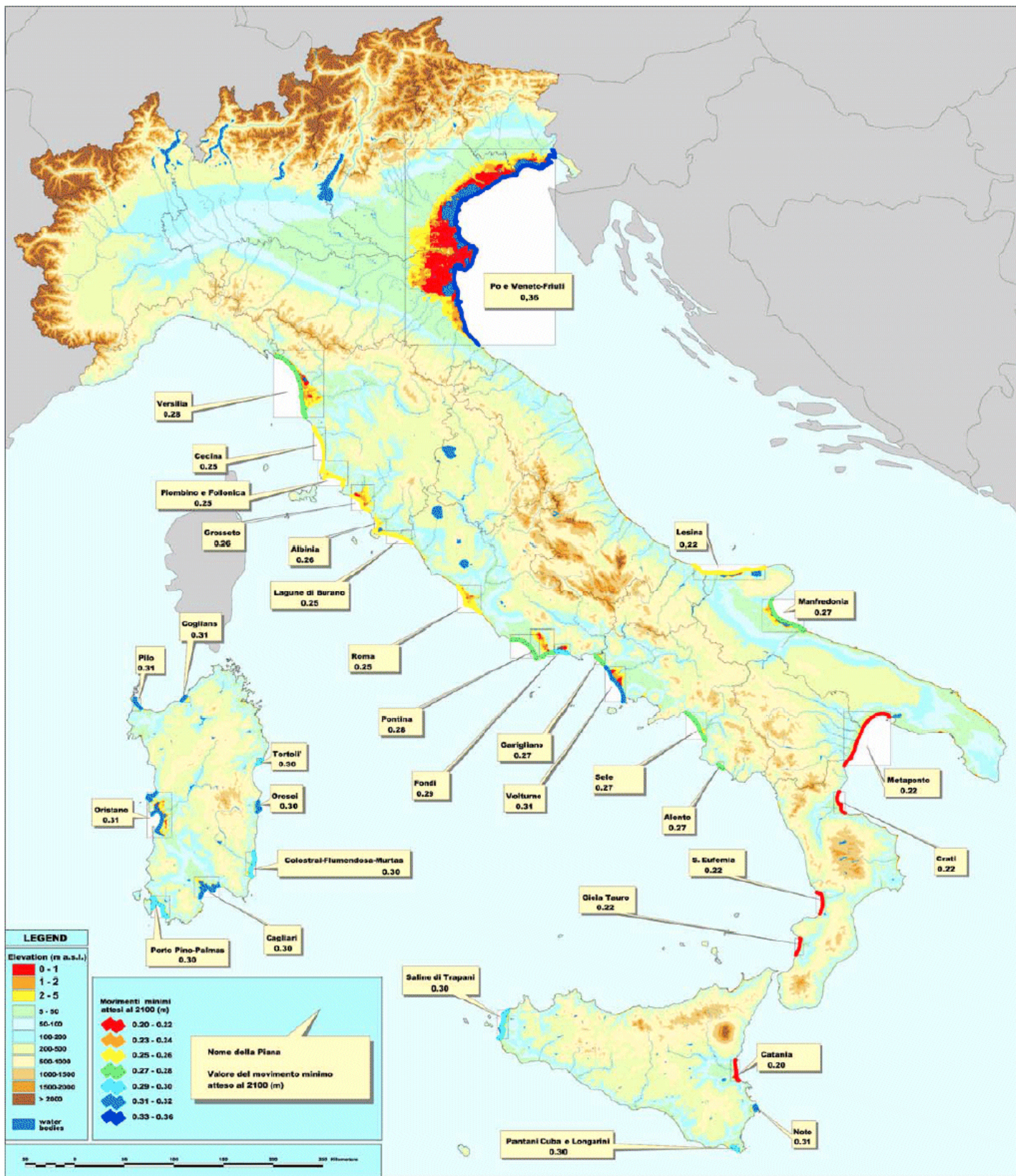


Figura 1 Mappa delle aree costiere a rischio con indicazione dei livelli medi di crescita del livello del mare attesi per il 2100 (da ENEA 2007)

Erosione

Gli effetti dell'innalzamento del mare non si limiteranno però all'inondazione di aree costiere, ma contribuiranno anche ad accentuare i processi erosivi in corso e ne potranno provocare di nuovi, contribuendo in questa maniera all'arretramento della linea di costa (ENEA 2007) e/o alla perdita di aree usate per la balneazione. Riguardo a questo impatto si pone il problema di scindere quantitativamente l'impatto di processi già in atto da quello derivante da fenomeni indotti dal cambiamento climatico. Incrementi del livello medio marino comporteranno inevitabilmente ad un intensificarsi di fenomeni erosivi, per impatti diretti e indiretti: l'arretramento della linea di riva causerà un intensificazione di fenomeni erosivi strutturali, contribuisce in oltre ad un indebolirsi di sistemi naturali e artificiali di difesa costieri, favorendo ulteriormente i processi erosivi (Franco, Contini, 2007) .

Eventi estremi

Le previsioni sul rischio di eventi estremi (*storminess*) per il bacino mediterraneo non sono univoche: si prevede un generale incremento di eventi di questo genere per tutta l'Europa, anche se alcune fonti parlano di una decremento della frequenza verso la parte orientale del Mediterraneo (Busuioc 2001), ma anche di un incremento della *storminess* per parti dell'Adriatico, dell'Egeo e del Mare Nero (Guedes Soares, Albiach et al. 2002). Sommandosi ai fenomeni di innalzamento del mare, gli eventi estremi determineranno una maggiore vulnerabilità delle coste, dovuta in parte alla modifica della relazione tra livello del mare e livello topografico delle coste, con conseguenti allagamenti sia da parte del mare, sia da parte delle foci dei fiumi per una maggiore difficoltà di scaricare l'acqua dei fiumi in mare.

Scenari dello sviluppo futuro: gli scenari SRES dell'IPCC

I cambiamenti climatici ed i loro impatti devono essere considerati in maniera congiunta con i futuri sviluppi demografici, economici e tecnologici, soprattutto quando, come in questo caso, si considera un arco di tempo molto lungo. I possibili sviluppi di queste caratteristiche, che interagiscono con le trasformazioni fisiche dell'atmosfera, sono stati riassunti dal Working Group dell'IPCC in quattro "famiglie" di trame ("*storylines*") ciascuna delle quali descrive una direzione diversa per lo sviluppo futuro e copre una parte significativa delle incertezze nelle "*driving forces*".

La famiglia di scenari della storyline A1 descrive un mondo futuro caratterizzato da una rapida crescita economica, una popolazione mondiale che raggiunge il valore più elevato verso metà del secolo, per diminuire successivamente, e un'introduzione rapida di nuove tecnologie più efficienti. I principali elementi sono convergenza tra regioni, *capacity building* e crescenti interazioni culturali e sociali, con una sostanziale riduzione nelle differenze nel reddito pro capite. La famiglia di scenari A1 si sviluppa in tre linee che descrivono direzioni alternative di cambiamento tecnologico nel sistema energetico. I tre gruppi A1 si distinguono per la loro enfasi tecnologica: intenso uso di combustibili fossili (A1FI), di fonti energetiche non fossili (A1T) oppure un bilanciamento tra le diverse fonti energetiche (A1B).

Il gruppo di scenari A2 descrive un mondo molto eterogeneo. Le caratteristiche principali sono l'indipendenza e la conservazione delle identità locali. Modelli di fertilità convergono solo lentamente, con una conseguente continua crescita della popolazione mondiale. Lo sviluppo economico è orientato principalmente alle regioni e la crescita economica ed il cambiamento tecnologico sono più frammentari e lenti di quelle delle altre trame.

La famiglia di scenari B1 descrive un mondo convergente con la stessa popolazione mondiale che decresce a partire dalla metà del secolo come nella trama A1, ma con veloci trasformazioni nelle strutture economiche verso un'economia dei servizi e dell'informazione, con riduzioni nell'intensità dei materiali e l'introduzione di tecnologie pulite ed efficienti nell'uso delle risorse. L'enfasi di questa trama sta nello sviluppo di soluzioni globali per la sostenibilità economica, sociale ed ambientale, con un maggiore livello di equità, ma senza ulteriori iniziative climatiche.

La trama e famiglia di scenari B2 descrive un mondo nel quale l'enfasi viene posta sulle soluzioni locali per la sostenibilità economica, sociale ed ambientale. La popolazione è in continua crescita, ma a tassi inferiori rispetto a quelli dello scenario A2. Il livello di sviluppo economico è intermedio e lo sviluppo tecnologico meno veloce e più diversificato di quello delle trame B1 e A1. La storyline è inoltre orientata verso la protezione ambientale e l'equità sociale, ma è focalizzata in questo caso verso i livelli locali e regionali.

(IPCC 2000)

Temperature e precipitazioni

Gli scenari IPCC stimano un aumento della temperature medie europee compreso tra 2,0° e 6,2° C con un intervallo ancora più ampio super l'Europa meridionale (EEA 2007), ed un generale accentuarsi di frequenza ed intensità degli eventi estremi (IPCC 2007). Il rapporto IPCC prevede un innalzamento delle temperature medie che, soprattutto nei paesi meridionali dell'area mediterranea (perciò soprattutto nelle regioni centro-meridionali dell'Italia), porterà ad una maggiore frequenza

di onde di calore e, a livello europeo, causerà uno spostamento delle caratteristiche climatiche verso latitudini settentrionali. Ricerche che tentino di dettagliare e precisare queste previsioni per le diverse aree europee sub-regionali, o addirittura per le diverse zone costiere italiane, sono ancora in fase di elaborazione o mancano completamente. È però evidente che questa maggiore frequenza di ondate di calore avrà, in Italia, conseguenze per la salute umana e per l'attrattiva turistica delle diverse aree. Un ulteriore impatto generato dall'innalzamento della temperatura riguarda le trasformazioni della vita marina in seguito a maggiori tenori salini e temperature dell'acqua, con conseguenze per la biodiversità. Per il bacino mediterraneo gli scenari parlano inoltre di un abbassamento del livello medio delle precipitazioni, secondo diverse previsioni, tra il 30 e il 40% (Giorgi, Bi et al. 2004) o, secondo alcuni autori, fino al 70% (Räisänen, Hansson et al. 2004). L'effetto combinato di temperature superiori e precipitazioni ridotte favorisce l'occorrenza di episodi di onde di calore e siccità (Schär, Vidale et al. 2004). Oltre a questi impatti diretti dovuti all'innalzamento delle temperature estive si prevedono impatti dovuti ad una azione combinata di diversi fenomeni: la riduzione di precipitazioni prevedibile per l'area mediterranea insieme all'incremento nel già elevato consumo di acqua per l'attività agricola ed il turismo, metterà ulteriormente sotto stress riserve sotterranee di acqua dolce nelle zone costiere, durante periodi di siccità e di ondate di calore. Maggiori fenomeni di intrusione salina, con conseguente perdita di riserve di acqua dolce, si verificheranno dunque a causa sia dell'abbassamento delle falde acquifere che dell'innalzamento del livello marino (EEA 2007).

2 Costi dell'inazione per le attività economiche

Perdita di suolo

Gli impatti generati dall'innalzamento del livello medio del mare riguardano principalmente la **perdita di suolo** per inondazioni ed allagamenti, dovuti all'incremento nelle attività erosive del mare. Nel caso italiano, la perdita di suolo riguarda potenzialmente estese aree costiere che ospitano importanti attività economiche. Le perdite incideranno, in linea generale, su di tutte le attività economiche insediate nelle aree costiere: l'agricoltura, l'industria, gli insediamenti urbani, le infrastrutture nonché le aree utilizzate per servizi e per il tempo libero, le aree protette per il loro valore naturale e le aree e strutture considerate beni culturali. Stime sull'entità complessiva delle perdite non esistono per il momento a livello nazionale, ma solo a livello di singoli casi di studio locali (vedi Appendice 2).

Strategie di adattamento per le attività economiche riguardano per esempio il ritiro verso aree sicure da allagamento, oppure la costruzione di strutture di protezione. Considerando il fatto che l'innalzamento del livello del mare si verificherà in un arco di tempo piuttosto lungo, che per molte strutture residenziali e produttive e per le infrastrutture corrisponde al tempo di ammortamento degli investimenti, sarà in alcuni casi possibile il loro spostamento in aree sicure da allagamento o il loro adattamento. Perdite reali si verificheranno soprattutto in termini di perdita di terreni, con le conseguenti trasformazioni dei mercati di terreni rimanenti.

Una valutazione degli impatti economici in seguito all'inazione dovuti alla perdita permanente e temporanea di territorio e dei costi di adattamento riguarderà due livelli di impatti: quelli diretti di primo livello (per esempio la perdita di terreno e strutture edilizie) e quelli di secondo livello (per esempio le perdite subite dagli abitanti di queste strutture, in termini di valore di attività economiche, di benessere individuale, ecc.). Una stima degli impatti diretti si baserà, per la maggiore parte delle tipologie di beni interessate, sui valori di mercato attuali, applicando un opportuno tasso di sconto per riportare i valori di perdite future ai livelli attuali. Questo vale sia per aree produttive e residenziali, che per aree utilizzate per i servizi, compreso il turismo. Per inserire nel processo decisionale i valori di beni e strutture privi di valori di mercato, si possono utilizzare

tecniche di valutazione specifiche in grado di attribuire valori di mercato per questi beni, oppure utilizzare metodologie di valutazione multi-attributo, che permettono il confronto di opzioni con diverse scale di misura.

Perdita di aree umide costiere e biodiversità

Per quanto riguarda la perdita della biodiversità, da un'analisi basata su un modello emerge che verso il 2050, l'80 % delle 2000 specie attualmente osservate in Europa (1.350 piante, 157 mammiferi, 108 rettili e 383 uccelli nidificanti) spariranno sotto l'impatto delle emissioni gas serra e del cambiamento climatico (Schröter *et al.*, 2004), (EEA 2005). Le previsioni sugli impatti del SLR in Italia indicano regolarmente la perdita di aree umide nelle zone costiere, che rappresentano un altissimo valore in termini di biodiversità a livello locale (specie endemiche), ma anche su scala più ampia, visto l'importanza delle zone costiere mediterranee per la migrazione degli uccelli. Le aree umide costiere sono minacciate direttamente ed indirettamente dall'innalzamento del livello del mare. Queste minacce si aggiungono agli impatti già esistenti da parte delle attività umane (e.g. Hoozemans, Marchand *et al.* (1993) Viles & Spencer (1995), Nicholls (2004)).

Per gli habitat terrestri, la valutazione dell'impatto economico può passare, come illustrato nel caso studio di Sangro (vedi Appendice 2), attraverso l'attribuzione del valore agricolo delle superfici occupate da queste aree. Bisogna tuttavia considerare che con questo approccio si coglie solo una parte del loro valore sociale. Una più appropriata valutazione delle perdite causate dall'inondazione di queste aree si ottiene attraverso metodi di *stated* o *revealed preferences*, oppure ricorrendo a forme di valutazione che utilizzano espressioni di valore non monetarie.

Alla perdita di habitat costieri terrestri in seguito all'innalzamento del mare è da aggiungere quella di habitat marini, dovuta agli impatti del riscaldamento delle acque marine e delle acque costiere, con la conseguente estinzione di alcune specie locali e l'intrusione di specie esotiche e/o invasive. Gli habitat costieri, come viene sottolineato da tutti gli studi, sono già attualmente minacciati da fattori indipendenti dal cambiamento climatico, dovuti alla pressione antropica (inquinamento ed eutrofizzazione) ed agli impatti della pesca. Bello *et al.* (2004) avvertono inoltre che l'innalzamento delle temperature delle acque marina ha già portato a cambiamenti nella biodiversità marina, per esempio nel Mediterraneo e nell'Adriatico, dove l'intrusione di specie nuove potrebbe essere stato favorito da tale fenomeno (EEA 2005). Studi sugli impatti economici dell'innalzamento della temperatura dell'acqua marina sono concentrati soprattutto su specie endemiche dei mari settentrionali (vedi per es. EEA 2005).

Processi di adattamento naturale da parte di specie e habitat ai nuovi livelli medi marini (movimento verso l'interno) o alle nuove condizioni climatiche (movimenti verso nord) sono spesso ostacolati dall'alta pressione antropica lungo le coste e dal "*coastal squeeze*", ovvero dallo "schacciamento" tra la linea costiera e le costruzioni e infrastrutture situate sulla terraferma.

Strategie di valutazione del significato economico e sociale della perdita di biodiversità ovviamente non possono ricorrere a rilievi di prezzi sul mercato. In questo caso tecniche di valutazione integrata di tipo multi-attributo o basate su tecniche di *stated preferences* sono in grado di dare un'approssimazione dei valori che la società attribuisce ad elementi di biodiversità. Un esempio per una valutazione di valori non di mercato legati alla biodiversità marina è offerto dallo studio di Nunes e van den Bergh che utilizzano le spese di viaggio sostenute da frequentatori di spiagge olandesi come indicatore del valore sociale attribuito alla possibilità di usufruire di mare e spiagge nel tempo libero (Nunes, van den Bergh *et al.* 2004).

Impatti sulla pesca

Il settore della pesca offriva, nel 2003, lo 0,2% dei posti di lavoro in Italia (vedi Salz et. al, 2006).

Tabella 1: Impiego nel settore della pesca nei paesi EU, 2002-2003 (da Salz. et. al, 2006)

Member State	Total employment (*1000)	Total fisheries sector	Fisheries sector as % of total employment	Fisheries		
				Fishing	Processing	Aquaculture
Austria a)	3,736	734	0.0%		234	500
Belgium a)	4,070	1,743	0.0%	666	993	84
Cyprus	327	1,175	0.4%	926	122	127
Czech Rep.	4,701	2,267	0.0%		100	2,167
Denmark	2,707	14,060	0.5%	4,258	8,948	854
Estonia	594	6,700	0.0%	2,500	4,100	100
Finland	2,365	2,740	0.5%	900	1,339	501
France b)	24,584	64,712	0.3%	21,436	21,676	21,600
Germany a)	35,927	16,409	0.1%	1,972	11,404	3,033
Greece	4,042	37,701	0.9%	30,196	3,360	4,145
Hungary a)	3,922	1,680	0.0%		150	1,530
Ireland	1,797	10,584	0.6%	5,147	3,439	1,998
Italy	22,054	47,957	0.2%	38,157	6,708	3,092
Latvia a)	1,007	10,580	1.1%	3,670	6,484	426
Lithuania	1,433	6,565	0.4%	2,550	3,700	315
Luxemburg						
Malta a)	148	1,441	1.0%	1,303	33	105
Netherlands	8,121	9,049	0.1%	2,547	6,382	120
Poland	13,617	19,923	0.1%	4,500	13,423	2,000
Portugal	5,118	33,229	0.6%	20,457	6,300	6,472
Slovak Rep.	2,162	1,180	0.1%		947	233
Slovenia	897	623	0.1%	132	237	254
Spain a)	16,695	92,777	0.5%	53,849	27,000	11,928
Sweden a)	4,314	3,955	0.1%	1,912	1,843	200
United Kingdom	28,696	33,534	0.1%	11,774	18,180	3,580
Total	193,034	421,318		208,852	147,102	65,365
- male		310,152		200,231	64,944	44,978
- female		111,165		8,621	82,158	20,386

a) 2004-2005; b) incl. Drom.

Il cambiamento climatico è solo uno dei tanti fattori che influiscono sulla produttività e sostenibilità della pesca. Il sovra-sfruttamento attuale delle risorse appare come il fattore più importante che minaccia la sostenibilità della pesca commerciale in molti dei paesi OECD, ed aumenta la vulnerabilità della pesca agli impatti del cambiamento climatico. (Kundzewicz, Parry et al. 2001). Studi sugli impatti climatici nell'ambito della pesca sono generalmente concentrati su singole specie, e disegnano prospettive di *northward shift*, o spostamento verso nord, ed estinzione (EEA 2005). Questi studi sono però generalmente eseguiti su specie non di importanza primaria per il Mediterraneo (per esempio salmone, merluzzo) e possono essere applicati al caso italiano solo per analogia. Anche per l'acquicoltura marina si prevedono rallentamenti di crescita dovuti alla minore disponibilità di siti con acque di superficie sufficientemente fresche, alla crescente suscettibilità alle malattie, ed all'eutrofizzazione nei climi più caldi.

Impatti sul turismo costiero

Le coste italiane rappresentano la destinazione di maggiore interesse a livello nazionale: il turismo destinato alle aree marine e costiere costituisce uno dei fattori socialmente ed economicamente più rilevanti nell'ambito del settore turistico italiano. La spesa complessiva dei turisti per il turismo legato al mare rappresenta più di un terzo della spesa totale effettuata nel settore turistico italiano, e il 40% delle spese considerando quelle effettuate da cittadini italiani.

Tabella 2: Spese dei turisti nel 2006 per tipo di turismo in Italia

	<i>Italiani</i>		<i>Stranieri</i>		<i>Totale</i>	
	Euro	%	Euro	%	Euro	%
Mare	7.604.864.021	40,7	4.619.029.000	26,7	12.223.893.021	34,0
Culturale	4.080.793.764	21,8	6.384.842.240	36,9	10.465.636.004	29,1
Montagna	4.367.304.345	23,4	2.292.469.011	13,3	6.659.773.356	18,5
Lago	702.366.995	3,8	2.805.029.397	16,2	3.507.396.392	9,7
Terme	1.316.657.889	7,0	608.038.107	3,5	1.924.695.996	5,3
Campagna	630.946.878	3,4	585.542.476	3,4	1.216.489.354	3,4
Totale	18.702.933.892	100,00	17.294.950.231	100,00	35.997.884.123	100,00

(Fonte: Unioncamere 2006)

Unioncamere (2006) riporta per il 2003 una capacità ricettiva delle strutture alberghiere ed extra-alberghiere nelle località costiere di 622.746 posti letto alberghieri e 859.754 extra-alberghieri, per un complesso di 1.482.500 posti letto in Italia. Si tratta di elaborazioni basate su dati ISTAT per il settore turistico, che non considerano perciò la capacità ricettiva di alloggi privati usati come seconde case. Il numero complessivo di quasi 1.500.000 posti letti rappresenta perciò una sostanziale sottostima della capacità ricettiva reale delle località turistiche.

Tabella 3: Capacità degli esercizi ricettivi nelle località balneari - Anno 2003

Regione	Alberghi		Campeggi e villaggi turistici		Alloggi in Affitto		Alloggi agroturistici e Country-Houses		Ostelli per la Gioventù		Case per ferie		Rifugi alpini		Altri Esercizi Ricettivi		Bed & Breakfast		Totale		
	Esercizi	Letti	Camere	Numero	Letti	Numero	Letti	Numero	Letti	Numero	Letti	Numero	Letti	Numero	Letti	Numero	Letti	Numero	Letti	Numero	Letti
Veneto	764	57.543	30.126	43	69.696	27.385	146.291	13	149	-	-	18	2.248	-	-	1	100	10	57	28.234	276.084
Friuli-Venezia Giulia	142	7.293	3.671	7	11.091	691	9.662	12	130	1	32	3	145	1	8	1	60	11	50	869	28.471
Liguria	1.378	61.484	34.023	139	55.430	344	7.277	75	714	7	601	29	2.012	1	16	36	1.032	65	318	2.074	128.884
Emilia-Romagna	3.351	201.187	110.239	33	48.658	314	2.040	9	108	7	1.063	55	8.024	-	-	28	3.546	31	186	3.828	264.812
Toscana	1.056	62.123	28.334	160	139.177	392	13.525	414	4.363	5	1.295	29	2.486	1	20	2	234	5	49	2.064	223.272
Marche	625	40.596	21.474	72	37.940	117	45.607	45	723	3	148	18	1.191	-	-	55	2.201	-	-	935	128.406
Lazio	126	7.441	3.879	54	23.570	19	698	8	94	1	25	5	169	-	-	-	-	45	226	258	32.223
Abruzzo	345	24.766	12.391	44	27.508	29	888	11	288	1	24	5	631	-	-	-	-	14	74	449	54.179
Molise	20	1.121	595	2	1.050	3	204	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	2.375
Campania	510	37.042	19.415	20	7.291	118	1.488	6	75	3	140	5	190	-	-	-	-	6	27	668	46.253
Puglia	115	13.594	5.781	110	47.961	59	3.637	37	1.371	-	-	2	204	-	-	2	14	19	134	344	66.915
Basilicata	20	2.046	695	2	1.855	10	121	3	81	-	-	-	-	-	-	-	-	1	8	36	4.111
Calabria	412	47.523	22.889	113	73.735	59	743	50	967	1	24	6	407	-	-	7	2.186	-	-	648	125.585
Sicilia	300	28.324	13.803	22	10.434	109	1.824	20	257	3	96	7	692	-	-	1	3	77	425	539	42.055
Sardegna	223	30.663	12.595	26	23.663	38	3.973	-	-	2	117	3	188	-	-	-	-	56	271	348	58.875
Zone Costiere Italiane	9.387	622.746	319.910	847	579.059	29.687	237.978	703	9.320	34	3.565	185	18.587	3	44	133	9.376	340	1.825	41.319	1.482.500

Fonte: Unioncamere, 2005

(Fonte: Unioncamere 2006)

Anche i dati su presenze in strutture ricettive in aree costiere corrispondono solo ad una parte di tale realtà turistica, ma evidenziano il peso significativo del turismo costiero sul volume complessivo nazionale: su circa 355.200.000 presenze turistiche registrate dall'ISTAT per il 2005, circa 112.000.000, corrispondenti al 32 %, sono stati registrate in località costiere. La presenza in termini assoluti è stata più importante nelle zone costiere dell'Italia settentrionale, dove, secondo i dati

ISTAT, 59.000.000 delle complessive 115.000.000 presenze sono state registrate in località costiere, e relativamente meno rilevante nell'Italia insulare con ca. 24.000.000 di presenze.

Tabella 4: Domanda di turismo costiero¹ in Italia (alberghi e altre strutture) per aree geografiche, valori assoluti. Periodo di riferimento: 2005.

Area geografica ²		ITALIANI		INTERNAZIONALI		TOTALI	
		Arrivi	Presenze	Arrivi	Presenze	Arrivi	Presenze
NORD	Strutture Turistiche Costieri	6.595.721	39.075.961	3.546.256	20.284.948	10.141.977	59.360.909
	Alberghi	5.228.331	25.456.944	2.389.072	10.460.257	7.617.403	35.917.201
	Altre strutture ³	1.367.390	13.619.017	1.157.184	9.824.691	2.524.574	23.443.708
	<i>Totale Area Geografica⁴</i>	<i>14.416.041</i>	<i>67.738.224</i>	<i>11.230.314</i>	<i>47.460.316</i>	<i>25.646.355</i>	<i>115.198.540</i>
CENTRO	Strutture Turistiche Costieri	3.214.352	18.736.203	958.863	5.860.574	4.173.215	24.596.777
	Alberghi	2.003.838	8.137.555	584.852	2.790.088	2.588.690	10.927.643
	Altre strutture	1.210.514	10.598.648	374.011	3.070.486	1.584.525	13.669.134
	<i>Totale Area Geografica</i>	<i>10.860.923</i>	<i>43.267.245</i>	<i>11.421.241</i>	<i>39.046.215</i>	<i>22.282.164</i>	<i>82.313.460</i>
SUD	Strutture Turistiche Costieri	2.470.291	13.309.745	1.120.288	5.560.223	3.590.579	18.869.968
	Alberghi	2.052.767	9.087.577	999.032	4.726.821	3.051.799	13.814.398
	Altre strutture	417.524	4.222.168	121.256	833.402	538.780	5.055.570
	<i>Totale Area Geografica*</i>	<i>7.935.165</i>	<i>35.407.649</i>	<i>2.588.325</i>	<i>12.045.828</i>	<i>10.523.490</i>	<i>47.453.477</i>
ISOLE	Strutture Turistiche Costieri	1.398.659	5.584.370	878.116	3.789.919	2.276.775	9.374.289
	Alberghi	1.185.642	4.071.562	751.556	3.112.273	1.937.198	7.183.835
	Altre strutture	213.017	1.512.808	126.560	677.646	339.577	2.190.454
	<i>Totale Area Geografica</i>	<i>4.085.748</i>	<i>15.888.473</i>	<i>2.115.462</i>	<i>8.036.309</i>	<i>6.201.210</i>	<i>23.924.782</i>
Totale Aree Costiere	Strutture Turistiche Costieri	13.679.023	76.706.279	6.503.523	35.495.664	20.182.546	112.201.943
	Alberghi	10.470.578	46.753.638	4.724.512	21.089.439	15.195.090	67.843.077
	Altre strutture	3.208.445	29.952.641	1.779.011	14.406.225	4.987.456	44.358.866
	<i>Totale Aree Costiere</i>	<i>37.297.877</i>	<i>162.301.591</i>	<i>27.355.342</i>	<i>106.588.668</i>	<i>64.653.219</i>	<i>268.890.259</i>
Totale Italia	Totale Nazionale	50.211.873	206.754.120	38.126.691	148.501.052	88.338.564	355.255.172

Fonte: Nostra elaborazione da ISTAT 2007

¹ L' ISTAT riporta arrivi e presenze strutture alberghiere e altre strutture in aree classificate come "marine" per ogni regione italiana. Si ipotizza che la classificazione come "marine" possa essere utilizzata come ragionevole approssimazione per rilevare le strutture rilevanti per il turismo costiero.

² I dati regionali sono stati aggregati secondo la classificazione ISTAT; secondo la quale l'area geografica "Nord" comprende le regioni Veneto, Friuli, Liguria, Emilia Romagna, l'area geografica "Centro" le regioni Toscana, Marche e Lazio, l'area geografica "Sud" le regioni Abruzzo, Molise, Campania, Puglia, Basilicata, Calabria" e l'area geografica "Isole" le regioni Sicilia e Sardegna.

³ La categoria include: campeggi, villaggi turistici, appartamenti in affitto, agri-turismi, ostelli della gioventù, seconde case, rifugi, altro.

⁴ Si riferisce ad arrivi e presenze in strutture alberghiere e altre strutture nell'area geografica nel suo complesso.

Mentre in termini assoluti la presenza turistica è più rilevante nelle regioni settentrionali italiane, il turismo costiero ha un ruolo principale nell' Italia meridionale e insulare. Il numero di presenze registrate nelle località costiere pesa di più nella maggior parte delle regioni del sud e delle isole,

Tabella 5: Domanda turistica nelle zone costiere italiane. Percentuali regionali, costiere e sul totale nazionale. Periodo di riferimento 2005

		ITALIANI		INTERNAZIONALI		TOTALI	
		Arrivi	Presenze	Arrivi	Presenze	Arrivi	Presenze
VENETO	% del totale regionale	23.1	34.8	20.2	29.9	21.3	32.0
	% del totale aree costiere	8.3	11.1	23.5	27.1	13.2	16.2
	% del totale nazionale	2.3	4.1	4.0	6.5	3.0	5.1
FRIULI- VENEZIA GIULIA	% del totale regionale	35.6	52.9	55.6	70.1	43.6	59.8
	% del totale aree costiere	2.7	3.5	5.9	6.6	3.8	4.5
	% del totale nazionale	0.7	1.3	1.0	1.6	0.9	1.4
LIGURIA	% del totale regionale	80.6	88.3	77.4	83.7	79.5	87.0
	% del totale aree costiere	13.8	11.6	13.2	8.8	13.6	10.7
	% del totale nazionale	3.8	4.3	2.2	2.1	3.1	3.4
EMILIA- ROMAGNA	% del totale regionale	52.4	67.6	41.8	63.2	49.9	66.6
	% del totale aree costiere	23.4	24.7	11.9	14.7	19.7	21.5
	% del totale nazionale	6.4	9.2	2.0	3.5	4.5	6.8
TOSCANA	% del totale regionale	37.0	53.3	13.9	24.6	25.4	39.7
	% del totale aree costiere	14.0	14.0	11.1	12.4	13.1	13.5
	% del totale nazionale	3.8	5.2	1.9	3.0	3.0	4.3
MARCHE	% del totale regionale	54.1	58.5	54.0	60.4	54.1	58.8
	% del totale aree costiere	6.9	8.1	2.7	3.2	5.5	6.5
	% del totale nazionale	1.9	3.0	0.5	0.8	1.3	2.1
LAZIO	% del totale regionale	8.9	14.3	1.0	1.7	4.2	6.6
	% del totale aree costiere	2.6	2.3	0.9	0.9	2.0	1.9
	% del totale nazionale	0.7	0.9	0.2	0.2	0.5	0.6
ABRUZZO	% del totale regionale	45.9	54.8	53.7	60.4	46.8	55.6
	% del totale aree costiere	4.4	4.3	1.5	1.6	3.5	3.4
	% del totale nazionale	1.2	1.6	0.2	0.4	0.8	1.1
MOLISE	% del totale regionale	27.7	22.7	34.3	40.2	28.2	24.1
	% del totale aree costiere	0.4	0.2	0.1	0.1	0.3	0.2
	% del totale nazionale	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1
CAMPANIA	% del totale regionale	28.2	27.9	45.9	44.5	35.3	35.0
	% del totale aree costiere	5.5	4.0	12.6	10.2	7.8	6.0
	% del totale nazionale	1.5	1.5	2.1	2.4	1.8	1.9
PUGLIA	% del totale regionale	17.5	28.6	18.4	30.4	17.6	28.9
	% del totale aree costiere	2.7	3.5	1.0	1.3	2.2	2.8
	% del totale nazionale	0.7	1.3	0.2	0.3	0.5	0.9

		ITALIANI		INTERNAZIONALI		TOTALI	
		Arrivi	Presenze	Arrivi	Presenze	Arrivi	Presenze
BASILICATA	% del totale regionale	8.7	8.8	16.0	15.4	9.6	9.5
	% del totale aree costiere	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2
	% del totale nazionale	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1
CALABRIA	% del totale regionale	52.9	59.7	66.2	71.4	54.6	61.5
	% del totale aree costiere	4.8	5.2	1.9	2.5	3.9	4.3
	% del totale nazionale	1.3	1.9	0.3	0.6	0.9	1.4
SICILIA	% del totale regionale	29.6	29.3	37.2	45.4	32.3	35.2
	% del totale aree costiere	6.0	3.3	8.8	6.5	6.9	4.3
	% del totale nazionale	1.6	1.2	1.5	1.6	1.6	1.4
SARDEGNA	% del totale regionale	44.0	42.1	53.0	50.2	46.7	44.5
	% del totale aree costiere	4.3	4.0	4.7	4.2	4.4	4.0
	% del totale nazionale	1.2	1.5	0.8	1.0	1.0	1.3
Totale Aree Costiere	% del totale regionale	36.7	47.3	23.8	33.3	31.2	41.7
	% del totale aree costiere	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	% del totale nazionale	27.2	37.1	17.1	23.9	22.8	31.6

Fonte: Nostra elaborazione da ISTAT 2007

dove, come in Calabria, fino al 61% delle presenze registrate in regione sono da attribuire a tale attività.

L'indotto movimentato dal solo turismo sulle spiagge, è stato stimato da Paltrinieri (2007) per alcune spiagge delle Marche e del Lazio, ed indica un impatto diretto tra il 332 e 1000 €/mq, ed un impatto indiretto tra il 583 e il 1.752 €/mq.

I cambiamenti climatici attesi, rilevanti per il turismo costiero, riguardano in prima linea la perdita di terreno per l'innalzamento del livello del mare, già discusso in precedenza, e la conseguente scomparsa di aree costiere ed di infrastrutture di rilevanza per le attività turistiche come le spiagge, porticcioli ecc.

Una seconda rilevante linea di impatti emerge dall'innalzamento delle temperature e nello specifico dalla maggiore frequenza di onde di calore (*heat waves*) estive.

La terza linea di cambiamento a causare impatti diretti sul turismo costiero riguarda la diminuzione delle risorse idriche, che tendono a scarseggiare sia per la riduzione delle precipitazioni, prevista soprattutto nella stagione di maggiore afflusso turistico, che per l'intrusione di acque saline nelle riserve idriche costiere, tra altro già sotto pressione per l'intensa antropizzazione delle zone costiere.

A livello globale, l'aumento della temperatura favorirà un graduale spostamento delle destinazioni turistiche verso zone più temperate: in Europa verso nord e verso altitudini più elevate nelle montagne. Con uno scenario di incremento climatico arbitrario di 1°C, zone montagnose francesi, italiane e spagnole potrebbero guadagnare in attrattiva grazie alla loro relativa freschezza (Hamilton, D.J. Maddison et al. 2005; Hanson, Palutikof et al. 2006). Per il Canada, Wilton e Wirjanto (1998) stimano un incremento della spesa domestica del 4% nel caso di un incremento delle temperature estive di 1°C per spostamenti delle mete turistiche verso zone settentrionali, a

scapito di aree turistiche situate nel sud degli Stati Uniti e nei Caraibi. Incrementi simili sono stati stimati in relazione a estati particolarmente calde nel Regno Unito da Agnew (1995).

La seconda tendenza riguarderà lo spostamento stagionale, facendo slittare i viaggi verso il bacino del Mediterraneo nei mesi in cui il vantaggio con i paesi principali di provenienza (Regno Unito, Germania, Paesi Bassi ecc.) in termini di temperatura dell'aria e soprattutto dell'acqua è maggiore, ovvero nei mesi di Ottobre e Novembre (Maddison 2001; Perry 2003).

Altre stime indicano che il turismo estivo straniero potrebbe essere in parte compensato da un maggiore afflusso domestico (Hanson, Palutikof et al. 2006). Questo viene supportato solo in parte dai risultati del progetto WISE che afferma che le persone difficilmente modificano i propri progetti per le vacanze a causa di onde di calore o preferiscono al limite di rimanere a casa (Galeotti, Goria et al. 2004).

Altre stime indicano che nei mesi estivi molto caldi i flussi di turismo interno, misurati in base al numero di notti registrate presso gli esercizi ricettivi turistici, diminuiscono a livello nazionale dell'1,22% rispetto al numero di prenotazioni registrate in condizioni climatiche nella norma (Ministero dell'Ambiente 2002). Queste stime non distinguono tra zone costiere e zone interne, per esempio con altitudine maggiore, che potenzialmente beneficerebbero di climi più caldi. Rimane da osservare che questi sviluppi potrebbero accentuarsi a danno delle zone costiere in caso di innalzamenti maggiori di quelli simulati finora e in linea con le previsioni del IPCC.

Nonostante l'esistenza di effetti compensativi attraverso le stagioni, il turismo costiero italiano potrebbe subire rilevanti danni dovuti all'innalzamento delle temperature. Come emerge da simulazioni con modelli di equilibrio generale, il cambiamento climatico potrebbe avere, attraverso gli impatti che il turismo internazionale ha sull'economia globale, effetti significativi sulle economie nazionali con impatti sulla domanda interna e i redditi delle famiglie e sui flussi di investimento. (Berritella, Bigano et al. 2004) Gli stessi autori vedono l'area Mediterranea tra i *net losers* di questi sviluppi.

Al di là della perdita di clienti, le località turistiche dovranno fare fronte anche ai problemi secondari connessi con l'innalzamento delle temperature, come il maggiore consumo di energia e la maggiore concorrenza con altre attività economiche e domestiche per l'uso delle riserve idriche, che si tradurranno in maggiori costi di produzione per i servizi turistici.

3 Adattamento ai cambiamenti climatici per le aree costiere

Principi di adattamento

L'adattamento è un processo di "aggiustamento" di un sistema, ambientale o socio-economico, per minimizzare le conseguenze negative e sfruttare le opportunità positive di una perturbazione.

Ferrara (2007) sottolinea che l'adattamento ai cambiamenti climatici comprende sia il processo di adeguamento del sistema ad una nuova situazione, sia le condizioni stesse che consentono al sistema di adattarsi. La necessità di intraprendere un processo di adattamento non dipende direttamente dal cambiamento climatico in quanto tale, ma piuttosto dall'eventuale verificarsi di impatti negativi conseguenti alle mutazioni climatiche, che rompono o modificano le condizioni di equilibrio o di ottimizzazione che il sistema aveva raggiunto in precedenza. È inoltre necessario distinguere tra adattamento autonomo del sistema naturale, condizionato dalla resilienza del sistema, e adattamento pianificato, che consiste in misure messe in atto esplicitamente per mitigare o annullare gli impatti negativi del cambiamento climatico.

Le strategie di adattamento pianificato prendono le mosse dalle analisi degli impatti e dei futuri scenari degli impatti stessi. Dunque il livello e la tipologia di adattamento dipende dalla vulnerabilità, ovvero dal grado di suscettibilità di un sistema agli effetti negativi dei cambiamenti climatici. Questa vulnerabilità è funzione della sensibilità e della capacità di adattamento naturale di un sistema, e quindi dipende fortemente dalle caratteristiche fisiche e socio-economiche locali. La vulnerabilità futura del sistema costiero italiano dipenderà non solo dai cambiamenti climatici, ma anche dai processi di sviluppo socio-economico, che ne determinano la capacità di adattamento..

Le fasce costiere sedimentarie del Mediterraneo, per esempio, mostrano un'alta vulnerabilità agli impatti dei cambiamenti climatici, poiché sono soggette ad una forte pressione antropica, ospitando numerose aree residenziali e diverse attività economiche, e sono ulteriormente "indebolite" dalla mancanza in molte regioni di un'appropriata pianificazione e gestione del territorio e dell'ambiente naturale, che avrebbe potuto garantire spazi sufficienti per l'attivazione di processi di adattamento naturale.

Le strategie di adattamento ai cambiamenti climatici sono numerose e estremamente diversificate. Esse comprendono azioni puramente tecnologiche (es. difese rigide costiere), misure "comportamentali" (modificare alcune scelte, per esempio ricreative), interventi gestionali (es. modificare le pratiche agricole in zone a rischio di inondazione) e decisioni politiche (es. regolamentazione per la pianificazione).

L'IPCC (1990) individua tre tipologie di adattamento pianificato per le zone costiere rispetto all'innalzamento del livello del mare:

- Ritiro ("*Retreat*"), non prevede alcuno sforzo di protezione del suolo dal mare. L'area costiera è abbandonata e l'ecosistema si sposta nell'entroterra. Questa scelta può essere motivata da un eccessivo costo economico o ambientale derivante da eventuali misure di protezione. Nel caso estremo, un'intera area può essere abbandonata. Nel caso delle aree costiere lo sviluppo agricolo è spostato su altri territori, mentre si cerca di sfruttare le potenzialità turistiche che dovessero manifestarsi per la nuova configurazione della costa dopo l'innalzamento del livello del mare e l'allagamento dell'area.
- Accomodamento ("*Accommodation*"), si continua ad usare il territorio a rischio, senza tentare di prevenire possibili inondazioni. Questa opzione prevede la costruzione in caso di emergenza di ripari per le inondazioni, l'elevazione degli edifici su palafitte, la conversione dell'agricoltura in acquicoltura, maricoltura e allevamento ittico, o lo sviluppo di coltivazioni più tolleranti al rischio di inondazioni e di intrusione salina. Si cerca dunque di attuare misure di difesa "proattiva", adeguando le attività umane alle nuove condizioni ambientali per ridurre i danni.
- Protezione ("*Protection*"), include sia la costruzione di infrastrutture rigide, come barriere o dighe, sia lo sviluppo di soluzioni protettive più flessibili, come la creazione di dune o di vegetazione, per difendere il territorio dal mare, e mantenere l'attuale tipologia di uso del suolo. Inoltre si predispongono opportuni sistemi per bloccare il cuneo salino e impedire l'intrusione di acqua salata nel sottosuolo e nelle falde idriche. In questo caso si riduce il rischio aggiuntivo derivante dai cambiamenti climatici tramite misure preventive di difesa "reattiva".

Oltre a queste tre opzioni è possibile identificare un'ulteriore alternativa, le misure di difesa assicurativa (Ferrara 2007), che prevedono la suddivisione e la condivisione dei danni tramite

meccanismi solidali di risarcimento, come l'istituzione di un fondo comune o di polizze di assicurazione.

Evans et al (2004) individuano cinque diversi approcci fisici di adattamento al rischio di inondazioni nelle aree costiere, causate dall'innalzamento del livello del mare:

- Strumenti di difesa costiera, ovvero costruzione o innalzamento di barriere fisiche contro inondazioni ed erosione costiera (es. dighe);
- Riallineamento delle difese costiere tramite uno spostamento verso l'entroterra;
- Abbandono (gestito o investito) delle difese costiere;
- Misure per ridurre l'energia delle onde vicino alla costa e delle correnti, tra cui ripascimento delle spiagge, barriere offshore, convertitori di energia (che possono essere usati anche per la generazione di energia rinnovabile) e modifiche alla morfologia della costa;
- Gestione della morfologia costiera permettendo o incoraggiando modifiche nella linea di costa per affrontare le cause forzanti.

A questa lista, Brooks et al (2006) aggiungono le strategie applicate per incrementare la "resilienza", ovvero "la possibilità che un sistema ha di resistere ad un impatto o a un danno, determinata dalle sue capacità di elasticità e di recupero rispetto alla causa o al possibile danno" (Ferrara 2007). Queste misure si basano sulla modifica delle infrastrutture e degli edifici esistenti, più esposti agli impatti, e sulla riduzione della vulnerabilità socio-economica.

La realizzazione di misure di adattamento pianificate richiede l'organizzazione di processi decisionali, basati su attività di valutazione, e di partecipazione di *stakeholders* e delle persone interessate nel senso lato. La valutazione permette di confrontare le diverse opzioni di azione, mentre la partecipazione è necessaria per raggiungere una visione condivisa sia sui potenziali impatti del cambiamento climatico, sia sulle strategie più adatte per l'adattamento alle nuove condizioni.

Come sottolineato da Fankhauser (1995), a differenza delle azioni di mitigazione delle emissioni di gas serra, che devono necessariamente essere coordinate a livello internazionale, le strategie di adattamento rappresentano un problema a livello locale. Ciò significa che le scelte nel campo dell'adattamento devono essere prese basandosi principalmente su processi decisionali portati avanti a livello locale.

4 Valutazione dei costi economici del cambiamento climatico

Dal punto di vista dell'analisi economica, la scelta tra le possibili strategie di adattamento al CC deve essere effettuata previa una accurata analisi dei costi e benefici, diretti e indiretti, associabili a ciascuna opzione. Naturalmente, l'efficienza economica rappresenta solo uno dei criteri di giudizio che normalmente vengono presi in considerazione nel processo decisionale. In particolare, se tale criterio guida fortemente le decisioni prese da attori privati (persone fisiche o imprese), esso viene invece supportato da valutazioni relative anche a criteri di equità, sicurezza e sostenibilità, a livello governativo. Ad esempio, nel caso di rischi rilevanti per la salute pubblica o nel caso di impatti su beni considerati patrimonio dell'umanità, i decisori pubblici potranno prendere in considerazione solo l'opzione di protezione completa, a dispetto di condizioni di efficienza economica sub-ottimale.

La valutazione economica delle politiche di adattamento per le aree costiere richiede una conoscenza approfondita degli impatti in termini fisici, da cui procedere per la loro quantificazione in termini economici, ovvero monetari. Alcune tipologie di impatto sono facilmente quantificabili in termini monetari grazie ad una analisi dei relativi valori di mercato; altri, ad esempio quelli riguardanti beni non di mercato, come la biodiversità o la salute umana, sono difficilmente quantificabili in termini monetari e presuppongono l'utilizzo di particolari metodi di valutazione (si veda l'Appendice 1)

La valutazione economica delle strategie di adattamento è importante per almeno due ragioni.

1. Innanzitutto rappresenta una fonte di informazione cruciale per processi decisionali in diversi settori e a diverse scale regionali e nazionali, per questioni riguardanti la tipologia, il livello e i tempi di adattamento a cambiamenti attesi o effettivi nelle condizioni climatiche. Tale consapevolezza risulta fondamentale per aumentare le capacità di adattamento del sistema umano di far fronte agli impatti negativi e di modificarsi per raggiungere un equilibrio adeguato alla nuova situazione.
2. In secondo luogo, i costi di adattamento sono parte integrante nel calcolo dei costi totali dei cambiamenti climatici, secondo l'equazione:

$$\text{Costi totali dei cambiamenti climatici} = \text{Costi di mitigazione} + \text{Costi di adattamento} + \text{Danno residuo}$$

E' dunque importante non solo tenere conto nella quantificazione economica degli impatti, ma anche valutare adeguatamente le opzioni esistenti per le strategie di adattamento, per evitare di sovrastimare l'impatto e di ottenere una stima errata dei costi totali causati dai cambiamenti climatici, con conseguenti distorsioni nei processi decisionali.

La scelta di adottare azioni preventive (*ex ante*) di adattamento dipende molto dalla percezione della convenienza economica dei costi da sostenere per ridurre le conseguenze dei rischi dei cambiamenti climatici. Per programmare interventi efficaci di adattamento agli impatti dei cambiamenti climatici è importante valutare i costi e i benefici, ambientali, sociali ed economici, di tali strategie.

Il problema fondamentale dell'adattamento è infatti quello di essere in grado di valutare la vulnerabilità ambientale e socio-economica del sistema. Nell'analisi di impatto e di adattamento ai cambiamenti climatici, la condizione di vulnerabilità viene quindi descritta congiuntamente da una serie di indici ambientali, sociali ed economici.

La capacità di un sistema di reagire agli impatti e di ripristinare una situazione di equilibrio dipende fortemente dal livello di sviluppo economico dell'area, che permette di adottare determinate misure di adattamento ai cambiamenti climatici, delocalizzando o rilocalizzando le attività economiche, investendo nella ricerca di nuove tecnologie e strategie di adattamento, diffondendo informazione per modificare i comportamenti individuali ecc.

La vulnerabilità ai cambiamenti climatici deve essere analizzata in modo dinamico, considerando i futuri sviluppi del clima ed i conseguenti impatti, in base ad appositi scenari, per valutare la sensibilità di sistemi ambientali e di settori socio-economici, e quindi essere in grado di definire strategie di adattamento efficaci e specifiche.

Come suggerisce Fankhauser (1995), alcune politiche di adattamento possono riguardare beni cosiddetti “pubblici”, che in economia rappresentano beni dal cui utilizzo è difficile escludere consumatori non-paganti (non-escludibilità) e per i quali il consumo da parte di una persona non riduce la disponibilità di utilizzo da parte di altri (non-rivalità). In questo caso le misure di adattamento dovranno essere intraprese da autorità pubbliche locali o nazionali, che applicheranno sistemi di supporto decisionale basati su strumenti quali l’analisi costi-benefici, l’analisi costo-efficienza e l’analisi multicriteri o multiattributo (si veda: Hanley 2000; Jassen and Munda, 2000).

Molte decisioni riguardanti l’implementazione di misure di adattamento, verranno invece prese da attori privati, individui o imprese, che valuteranno il valore attuale netto (net present value, NPV) dell’investimento, analizzeranno i rischi e i guadagni o determineranno il rendimento per capitale impiegato. Tutte queste scelte si basano su un confronto tra i vantaggi e gli svantaggi di determinate azioni, ovvero sui costi e benefici economici, finanziari e non-monetari.

Le misure “pubbliche” di adattamento prendono la forma di investimenti in infrastrutture, o di modifiche nella legislazione. L’adattamento “privato” è guidato dai mercati, poiché i cambiamenti climatici causano variazioni nella produttività dei fattori, che a loro volta portano a modifiche nei prezzi e conseguentemente nelle scelte di investimento, produzione e consumo (Callaway 2004).

Il problema della valutazione delle strategie di adattamento risulta alquanto complesso, considerata:

1. La difficoltà di attribuire un valore monetario a beni il cui valore non è espresso nei mercati;
2. Le presenza di numerose possibili opzioni di intervento per ogni impatto, ciascuna caratterizzata da specifici costi e benefici,
3. L’importanza di considerare le specificità locali per la scelta delle strategie di adattamento, rendendo quindi necessario un numero assai elevato di studi ad hoc, con un notevole costo associato.

Il costo di implementazione di misure di adattamento rappresenta un *costo opportunità*, in forma di risorse allocate per una attività che non potranno quindi essere utilizzate per un’altra. Tuttavia l’adattamento può verificarsi tramite un investimento in infrastrutture (es. dighe) e/o come una modifica negli *standards* o nei regolamenti per incentivare l’adozione di strategie di adattamento.

Mentre il costo opportunità per il primo tipo di investimento è facilmente calcolabile, lo stesso non si può dire per il secondo esempio.

I costi di adattamento possono rappresentare costi diretti, per l’implementazione di specifiche misure di adattamento, costi generali, per aumentare la capacità di adattamento naturale di un sistema, e costi di transizione, associati ai processi di aggiustamento avviati dalla risposta adattiva di un sistema.

L’analisi presentata in questo documento affronta sistematicamente il problema metodologico della valutazione dei costi degli impatti del cambiamento climatico sulle aree costiere, e dei costi delle misure di adattamento.

La disponibilità di queste stime ha valore di supporto alle decisioni poiché permette ai decisori, sia nel settore privato che pubblico, di comparare l’efficacia nel ridurre gli impatti del cambiamento climatico sul benessere della collettività, raggiungibile grazie ad azioni alternative. Ciò significa che

i rischi e le opportunità presentate dal cambiamento climatico possono e devono essere valutate al fine di formulare adeguate decisioni per la migliore allocazione delle risorse disponibili per ridurre i rischi e potenziare le opportunità del cambiamento climatico.

Costi di adattamento per le aree costiere italiane

L'area mediterranea presenta un'alta vulnerabilità all'innalzamento del livello del mare in termini di perdita delle zone umide e in particolare degli ecosistemi e della biodiversità marino-costiera. Nella terza Comunicazione Nazionale all'UNFCCC (Ministero, 2002) è spiegato come l'erosione delle coste mediterranee aumenterà a causa dell'invasione marina nelle aree costiere basse e nelle paludi costiere. Tale fenomeno porterà inoltre ad un aumento della salinità negli estuari e nei delta a causa dell'ingresso del cuneo salino, producendo una maggiore infiltrazione di acqua salina negli acquiferi della fascia litorale.

Le aree costiere italiane rappresentano una risorsa economica fondamentale per lo sviluppo socio-economico nazionale, ospitando attività quali l'agricoltura, il turismo, l'industria, la pesca e l'acquicoltura. La pressione antropica esercitata sulle coste italiane causa un notevole incremento della vulnerabilità e della sensibilità agli impatti dei cambiamenti climatici - in particolare all'innalzamento del livello del mare e all'intensificarsi di eventi climatici estremi - riducendo drasticamente la capacità di resilienza naturale degli ambienti costieri. Per quanto riguarda le coste italiane, quindi, i cambiamenti climatici non apporterebbero nuovi rischi, ma tenderebbero ad accentuare ed amplificare, con effetti talvolta non completamente prevedibili, i rischi già esistenti derivanti dall'urbanizzazione, dalla produzione industriale, dalla pesca, dal turismo e dai trasporti marittimi, ecc.

Valutazioni economiche relative all'adattamento in Italia sono quasi inesistenti, ad eccezione di studi legati a problematiche molto specifiche o casi di studio pilota (vedi Appendice 2). Negli ultimi anni sono stati sviluppati studi per valutare gli impatti dell'innalzamento del livello del mare a livello locale in alcune aree specifiche (vedi Appendice 2). Essi si basano su una valutazione dello *stock at risk*, tipicamente il suolo soggetto ad allagamento. Inoltre, alcuni indicatori di costi di adattamento possono provenire da un'analisi delle spese effettuate attualmente in Italia per il ripascimento di spiagge. In questo caso, i costi sostenuti per il bene "sabbia" rappresentano non solo una risorsa economica, ma possono anche essere tradotti in reddito potenziale considerando l'investimento nella protezione costiera (vedi Paltrinieri, 2007). Nei casi in cui vengono adottate strategie di rinaturazione e ricostruzione di dune, i relativi costi permettono invece di fornire una stima del valore delle aree interessate da questi interventi. Metodi e indicatori adeguati per fornire quantificazioni attendibili dei costi di adattamento variano dunque in funzione della tipologia di strategia di adattamento adottata a livello locale, regionale o nazionale.

Per quanto concerne le future possibili strategie di adattamento del settore turistico costiero, esse dovranno principalmente puntare sulla *destagionalizzazione* del turismo balneare, per compensare una parte delle perdite subite nel periodo più caldo. Strategie di adattamento per il settore della pesca riguarderanno principalmente una gestione più sostenibile della pesca a livello internazionale e nazionale, e una maggiore attenzione verso attività complementari alla pesca. In particolare si sottolinea il possibile ruolo dell'acquicoltura, specie se associata a ricerche e sperimentazioni per la selezione delle specie più idonee alle nuove condizioni ambientali. Queste forme di adattamento potrebbero comportare una perdita di produttività ed un incremento dei costi di produzione. Tuttavia non sono disponibili studi specifici a riguardo.

D'altra parte, esiste un'ampia letteratura a livello internazionale che fornisce dati sui possibili futuri costi diretti dell'adattamento alla crescita del livello del mare. Tra gli altri: Yohe (1990), IPCC

(1991) Cline (1992), Titus (1992), Darwin and Tol (2001), Nicholls and Klein (2003), Bosello et al. (2006) e (2007).

Tali studi si concentrano sulle misure fisiche di protezione costiera: principalmente dighe e opere di ripascimento di spiagge. Il livello di protezione ottimale può essere identificato in base a strategie di ottimizzazione o tramite analisi costi-benefici (ad esempio: Fankhauser (1995), Yohe, (1995), Tol (2002). Le stime sono soggette a variazioni a seconda delle assunzioni poste dal ricercatore sul *range* di crescita del livello del mare, e la conseguente quantità di suolo a rischio di allagamento. Inoltre, il risultato dell'analisi è sensibile alle assunzioni fatte sul valore economico attribuito al suolo potenzialmente a rischio e sulla tecnologia utilizzata per la protezione delle coste (ad esempio: Nicholls Leatherman et al. (1995); Deke (2001)). In alcuni casi, il valore del suolo viene fissato su un livello arbitrario imposto esogenamente (IPCC-CZMS (1991).

Tuttavia, nonostante le diverse assunzioni e metodologie, secondo Bosello et al. (2007), un primo importante risultato che emerge dalla letteratura internazionale è che la protezione delle coste sarebbe in grado di ridurre sensibilmente la minaccia dell'innalzamento del livello del mare, con costi relativamente contenuti.

L'IPCC CZMS (1991) calcola che il costo medio globale per la protezione costiera ammonterà a circa lo 0,04% del PIL di tutti i Paesi costieri. Analogamente, Hoozemans, Marchand et al. (1993) sottolineano nel Global Vulnerability Assessment (GVA) che l'adattamento costiero sarà in grado di ridurre il numero di persone a rischio di inondazione (il prodotto tra il numero di persone che vivono per la probabilità di inondazione) di circa il 90%, ad un costo annuale pari a circa lo 0,06% del PIL.

Bosello et al. (2006), partendo dalle stime di Tol (2002), stimano che il costo totale per una crescita di 25cm del livello del mare al 2050, sarà compreso in un intervallo tra lo 0,01% del PIL per gli Stati Uniti, e lo 0,8% del PIL per gli altri Paesi sviluppati. Deke et al. (2001) applicano gli stessi calcoli per una crescita di 1 metro del livello del mare, stimando un costo totale di protezione costiera compreso tra lo 0,01% del PIL/anno per l'America Latina, e lo 0,2% del PIL/anno per la Cina. Nicholls e Klein (2003) concentrano invece il loro studio su alcuni Paesi europei (Olanda, Germania, Polonia, Estonia, Irlanda), ed individuano i costi più alti di adattamento, il 14% del PIL, per la Polonia. Fankhauser et al. (1998) stimano un costo dello 0,02% del PIL per i Paesi della parte nord del Mediterraneo per un innalzamento di 1 metro del livello del mare, rispetto ad una media mondiale dello 0,056% del PIL.

Inoltre, diversi studi confrontano i costi stimati con i benefici attesi, spesso attraverso studi mirati su Paesi specifici. Darwin e Tol (2001) e Tol (2002), mostrano che un alto livello di protezione costiera (più del 70% delle coste a rischio) risulterebbe ottimo per la maggior parte delle regioni del mondo. Altri studi riportano il rapporto tra il valore monetizzato del danno evitato ed il costo dell'intervento (Smith e Lazo (2001), Nicholls e Klein (2003).

Nonostante la vasta letteratura sui costi diretti di adattamento all'innalzamento del livello del mare, solo pochi studi provano a stimare gli impatti di "livello superiore" (*high-order impacts*) dell'adattamento costiero. Tali analisi prevedrebbero di analizzare i costi sia delle strategie di adattamento esplicitamente pianificate, che dell'aggiustamento socio-economico spontaneo generato da tali strategie, per identificarne gli effetti finali in termini di benessere o di PIL.

Per quanto riguarda invece l'analisi dei costi indiretti, Deke et al. (2001) usano un modello dinamico di equilibrio generale per stimare le implicazioni economiche della crescita del livello del mare. In questo studio si considerano i costi di protezione delle coste come investimenti non

produttivi, ma non si considerano i costi di perdita del suolo e le ampie conseguenze in termini economici. Il costo della protezione costiera viene sottratto dall'investimento e questo riduce lo stock di capitale e dunque l'output economico. I costi diretti di protezione per una crescita di 0,13cm del livello del mare al 2030 risultano essere una piccola percentuale del GDP, che si limita ad uno 0,003 %, data anche la ridotta entità di innalzamento del mare considerata.

Darwin e Tol (2001) usano un modello statico di equilibrio generale, considerando gli investimenti in protezione costiera come una perdita generale di capitale produttivo. Il loro costo diretto è composto da costo di protezione, o perdita fissa di capitale, e perdita di suolo. In uno scenario al 2100 di crescita di 50cm del livello del mare, e protezione ottima, i costi diretti sono relativamente ridotti, soprattutto nei Paesi sviluppati, dove raggiungono un massimo di 0,009% delle spese totali nel 1990.

Bosello et al. (2006), tramite un altro modello statico di equilibrio generale, rappresentano la protezione delle coste come un investimento, includendo il suo effetto di domanda. In uno scenario di crescita di 25 cm del livello del mare nel 2050, stimano che solo due regioni, Europa e Giappone, possano sostenere ancora delle perdite in seguito all'adattamento, benché molto ridotte rispetto ai costi di impatto iniziali. Questo studio mette in evidenza il forte effetto redistributivo dei meccanismi economici di sostituzione: i costi diretti sono dunque quantitativamente e qualitativamente diversi dall'effetto finale di equilibrio generale. Le regioni con maggiori guadagni in termini di PIL sono quelle in grado di attrarre maggiori investimenti esteri per finanziare la protezione delle coste.

In conclusione, considerando i costi diretti, l'adattamento costiero appare non solo efficace, ma anche efficiente nella maggior parte dei casi. Tuttavia in alcuni Paesi il livello di adattamento ottimale può essere quasi nullo, ed è dunque importante valutare e paragonare i costi e i benefici delle diverse alternative di adattamento possibili.

Valutazioni in termini di equilibrio economico generale

Una recente ricerca europea, i cui risultati ufficiali verranno pubblicati nel corso del 2007, ha tentato di stimare i costi economici degli impatti dei cambiamenti climatici nelle aree costiere dei diversi Paesi europei. In questa ricerca è stato impiegato un approccio basato sulla computazione di costi e benefici all'interno di un modello economico di equilibrio generale, in grado di cogliere impatti diretti e indiretti delle trasformazioni economiche attivate dall'innalzamento del mare e di eventuali investimenti per misure di adattamento. La ricerca utilizza due anni di riferimento, 2025 e 2085, e scenari di innalzamento del livello del mare che fanno riferimento agli scenari IPCC A2 e B2, ciascuno nell'ipotesi di crescita alta ("high") e bassa ("low"). L'esercizio di simulazione si basa su una procedura di "soft link" che interfaccia due modelli diversi. Il primo è il modello DIVA, che stima diversi impatti fisici sulle aree costiere (erosione; aumento del rischio di inondazione; perdita di zone umide; intrusione salina) e che, applicando la metodologia di stima di costi diretti, valuta il costo degli interventi di protezione delle coste.

Riportiamo le stime del modello DIVA per l'Italia con i riferimenti ai due scenari IPCC SRES utilizzati :

Tabella 6 Modello DIVA – Perdita di suolo in km2 senza protezione costiera

	IPCC A2	IPCC A2	IPCC A2	IPCC A2	IPCC B2	IPCC B2	IPCC B2	IPCC B2
Paese	2025	2085	2025	2085	2025	2085	2025	2085
	LOW	LOW	HIGH	HIGH	LOW	LOW	HIGH	HIGH
Italia	5,4	25,3	16,8	1.777,5	5,4	24,8	16,8	1.775,8

Tabella 7 Modello DIVA – Perdita di suolo in Km2 con livello “ottimo” di protezione costiera

	IPCC A2	IPCC A2	IPCC A2	IPCC A2	IPCC B2	IPCC B2	IPCC B2	IPCC B2
Paese	2025	2085	2025	2085	2025	2085	2025	2085
	LOW	LOW	HIGH	HIGH	LOW	LOW	HIGH	HIGH
Italia	4,6	20,4	12,2	55,5	4,6	20,4	12,2	55,5

Tabella 8 Modello DIVA – Costi di protezione costiera, livello “ottimo”, in milioni di \$ US

	IPCC A2	IPCC A2	IPCC A2	IPCC A2	IPCC B2	IPCC B2	IPCC B2	IPCC B2
Paese	2025	2085	2025	2085	2025	2085	2025	2085
	LOW	LOW	HIGH	HIGH	LOW	LOW	HIGH	HIGH
Italia	450,1	1537,1	1773,4	15311,5	517,5	1503,7	1843,1	14396

Tabella 9 Modello DIVA – Costi di protezione costiera, livello “ottimo”, in milioni di \$ US

	IPCC A2	IPCC A2	IPCC A2	IPCC A2	IPCC B2	IPCC B2	IPCC B2	IPCC B2
Paese	2025	2085	2025	2085	2025	2085	2025	2085
	LOW	LOW	HIGH	HIGH	LOW	LOW	HIGH	HIGH
Italia	0,00027	0,00061	0,00105	0,00608	0,00029	0,00062	0,00105	0,00615

Il modello DIVA si limita a stimare i costi diretti, in cui il danno corrisponde al prodotto tra prezzo e quantità (in questo caso prezzo unitario del suolo e quantità di suolo). Il metodo dei costi diretti tuttavia ignora che la variazione nella quantità – nel nostro caso la quantità di suolo perso a causa dell’innalzamento del livello del mare – possa influenzare i prezzi, per esempio quelli delle aree

costiere, e che i cambiamenti in uno specifico mercato possano avere ripercussioni su tutti gli altri mercati.

La quantità di suolo ed i costi degli interventi di protezione costiera, sono quindi successivamente usati come input in una versione opportunamente modificata del modello di equilibrio generale GTAP6, per identificare e analizzare gli effetti sistemici generati da questi impatti iniziali.

Il modello è costruito per 26 regioni: il 25 paesi EU e il Resto del Mondo aggregato.

Tabella 10 Modello CGE (PESETA), costi (variazione PIL) in termini di variazione di GDP senza protezione costiera

	IPCC A2	IPCC A2	IPCC A2	IPCC A2	IPCC B2	IPCC B2	IPCC B2	IPCC B2
Paese	2025	2085	2025	2085	2025	2085	2025	2085
	LOW	LOW	HIGH	HIGH	LOW	LOW	HIGH	HIGH
Italia	0.00000	0.00005	-0.00001	0.0026	0.00000	0.00004	-0.00001	0.002

Tabella 11 Modello PESETA, costi (variazione PIL) da perdita di suolo livello di protezione costiera “ottimo”

	IPCC A2	IPCC A2	IPCC A2	IPCC A2	IPCC B2	IPCC B2	IPCC B2	IPCC B2
Paese	2025	2085	2025	2085	2025	2085	2025	2085
	LOW	LOW	HIGH	HIGH	LOW	LOW	HIGH	HIGH
Italia	-0.022	-0.044	-0.056	-0.112	-0.025	-0.009	-0.049	-0.009

Uno rapido confronto tra i risultati degli scenari “senza” e “con” protezione a queste cifre potrebbe suggerire che nel caso italiano la rinuncia a misure protettive potrebbe trasformarsi in maggiori vantaggi economici. Queste conclusioni non sono però del tutto lecite, ma sono dovute ad alcune assunzioni fatte all’interno del modello, e in particolare il fatto che nell’input del modello si assume un livello di protezione determinato come ottimale sulla base di un modello di equilibrio parziale (ovvero: il costo marginale della perdita di terreno come equivalente del costo marginale di protezione costiera).

Questo optimum si perde però considerando un quadro di equilibrio generale quando tutti i feedback economici vengono considerati. La conclusione dovrebbe allora essere che l’equilibrio parziale ottimale non corrisponde all’equilibrio generale ottimale e che sarebbe necessario calcolare “nuovi” livelli di protezione costiera ottimale. Inoltre, è stata condotta un’analisi statica e non un’analisi dinamica che dovrebbe invece prendere in considerazione una delle forzanti maggiori dei costi, ovvero i flussi internazionali di investimento. In un quadro dinamico questo contribuirebbe ad

un cambio dello stock di capitale in ciascun paese, ed a variazioni delle condizioni di benessere delle economie nazionali. Il valore aggiunto di questa analisi risiede perciò piuttosto nel rendere espliciti i meccanismi in azione nei due diversi scenari (“con” e “senza” protezione). Viceversa, un confronto tra scenari in grado di dare indicazioni operative dovrebbe essere svolto in un quadro di modellistica dinamica.

I risultati di questo modello sono stati utilizzati per un calcolo economico degli impatti dell’innalzamento del livello del mare, in presenza e in assenza di adattamento, per l’Europa. Gli scenari di riferimento adottati sono lo scenario A2 e B2 dell’IPCC. Emergono danni significativi, in particolare in assenza di misure di adattamento. L’adattamento è in grado di ridurre i costi totali nel medio periodo tra il 7 e il 50%, e fino al 70% nel lungo periodo. In ogni caso lo studio stima alti costi totali, tenendo conto dell’investimento per le misure di adattamento e del costo degli impatti residui.

Scenario "low sea-level rise" (B2)	Time	Residual damage € billion /year	Adaptation cost € billion /year	Total cost € billion /year
No adaptation	2020	4.4	0.0	4.4
	2080	9.3	0.0	9.3
With Adaptation	2020	1.0	1.3	2.3
	2080	0.9	1.3	2.2

Scenario "high sea-level rise" (A2)	Time	Residual damage € billion /year	Adaptation cost € billion /year	Total cost € billion /year
No adaptation	2020	5.9	0	5.9
	2080	42.5	0	42.5
With Adaptation	2020	1.4	4.0	5.4
	2080	1.8	9.3	11.1

Fonte: Bosello, et. al. (2007b)

I risultati del progetto in fase di pubblicazione mostrano i benefici potenziali derivanti dall’implementazione tempestiva di misure di adattamento, quali ad esempio la costruzione di dighe e il ripascimento delle spiagge. Tuttavia, anche in presenza di adattamento, i costi restano alti e gli ecosistemi costieri sono alquanto ridotti, specialmente nello scenario di crescita maggiore del livello del mare.

In generale, la valutazione dei costi di implementazione delle misure di adattamento è un processo abbastanza complesso. Alcune di queste, come per esempio la costruzione di dighe, possono essere valutate facilmente su scala locale. Tuttavia, l’extrapolazione su una scala più ampia, nazionale o perfino globale, che viene normalmente effettuata negli studi su cambiamenti climatici e crescita del livello del mare, impone l’uso di assunzioni semplificatrici e generalizzazioni, che possono minare l’affidabilità dei risultati finali.

Altre strategie di adattamento, come una forzata migrazione, sono di per se difficili da ridurre in termini economici.

La difficoltà aumenta quando i costi di adattamento costiero vengono paragonati ai benefici, per identificare un livello di intervento appropriato. In questo caso all'analisi si aggiunge l'incertezza che caratterizza la quantificazione dei danni dei cambiamenti climatici.

Altre strategie di adattamento, come una forzata migrazione, sono di per se difficili da ridurre in termini economici. La difficoltà aumenta quando i costi di adattamento costiero vengono paragonati ai benefici, per identificare un livello di intervento appropriato. In questo caso infatti all'analisi si aggiunge l'incertezza che caratterizza la quantificazione dei danni dei cambiamenti climatici.

5 Conclusioni: nuove sfide per la ricerca futura

Ad oggi, grazie agli sforzi della comunità scientifica, le linee di impatto dell'innalzamento del mare sono generalmente note per l'Italia, e i relativi impatti fisici risultano quindi quantificabili (fatti salvi i limiti di incertezza posti dagli scenari climatici). Ciò che invece ancora non siamo in grado di stimare con esattezza è il possibile futuro costo economico di tali impatti per l'Italia. Analogamente, non sono attualmente disponibili stime complete sui costi degli impatti del rischio di un innalzamento del livello del mare nel caso di inazione o di alternative strategie di adattamento.

Di seguito sono presentate le principali aree di ricerca che necessitano di ulteriori approfondimenti per consentire una migliore valutazione dei costi degli impatti del cambiamento climatico in aree costiere.

Stima del rischio e degli impatti attesi

La stima dei possibili rischi ambientali derivanti dal cambiamento climatico rappresenta l'informazione di base per consentire l'identificazione dei possibili impatti attesi e la loro successiva quantificazione economica. Da qui l'importanza di avere stime previsionali quanto più possibile accurate sull'entità e probabilità di occorrenza di tali rischi. Nell'ambito costiero, uno dei principali rischi è rappresentato dall'innalzamento del livello del mare che avrebbe come conseguenze più gravi la perdita di suolo (aree agricole, residenziali, industriali, ecc.) e la perdita di habitat naturali in seguito ad allagamento ed erosione. Attualmente, esistono diversi studi che hanno prodotto stime sul livello di innalzamento atteso per l'Italia. Va notato tuttavia che tali stime devono essere ulteriormente corroborate e migliorate considerando, oltre ai movimenti del mare, anche altri fenomeni naturali in atto nelle coste, quali la subsidenza e l'erosione.

Analisi della vulnerabilità socio-economica: previsioni a livello nazionale con modelli di equilibrio dinamici ed integrati

L'entità dei possibili impatti attesi del cambiamento climatico varia in funzione della vulnerabilità ambientale, sociale ed economica del sistema locale esposto al rischio. Dal punto di vista dell'analisi del sistema socio-economico e dei suoi aggiustamenti al variare dello scenario ambientale e climatico futuro, emerge che i modelli di equilibrio generale sono potenzialmente in grado di dare indicazioni utili sui processi economici attivati da diverse strategie di adattamento. Il loro utilizzo svolgerà quindi un ruolo importante per informare ed ottimizzare il processo decisionale sulle politiche di adattamento a livello nazionale. In particolare, si propone di rivedere l'approccio utilizzato in PESETA, estendendo l'applicazione di modelli dinamici ed integrati alla fase di determinazione del livello di investimento. Gli investimenti considerati saranno le spese future attese per adattare il sistema costiero alle condizioni di innalzamento del mare. Tali studi economici potranno inoltre essere utili alla formulazione di linee generali di intervento da formulare a livello nazionale e da coniugare a livello locale secondo le relative specificità territoriali.

Valutazioni integrate a livello locale

Le strategie di adattamento hanno un ruolo fondamentale a livello locale, dove il variare delle condizioni territoriali al contorno (ambientali, sociali ed economiche) può comportare un diverso grado di impatto e di efficacia della strategia. Pertanto, la selezione della migliore strategia di adattamento presuppone uno studio accurato delle condizioni ambientali sociali ed economiche del sistema territoriale interessato, sia esistenti che future. In particolare, l'incertezza che caratterizza la variazione futura dei parametri climatici, ambientali e socio-economici deve essere internalizzata nell'analisi adottando un approccio di tipo multiscenario, che tenga conto di diverse ipotesi e assunzioni sulla futura evoluzione dell'area di studio. In questo modo, la variabilità dei risultati, in termini di valutazione dei costi degli impatti del cambiamento climatico, risulterà interpretabile alla luce delle diverse ipotesi formulate dai ricercatori, offrendo inoltre una chiave di lettura estremamente utile per i decisori. Infatti, la relazione tra scelte strategiche di sviluppo economico (e altri temi prioritari nel dibattito sul CC quali tecnologie, energia, ecc) e i possibili effetti ambientali e relativi costi socio-economici possono essere rese esplicite contribuendo a consolidare le conoscenze *ex ante* dei decisori sulle possibili ricadute future delle azioni/decisioni di oggi. Quanto detto chiarisce l'importanza che lo studio dei costi e benefici di diverse strategie di adattamento per le coste italiane proceda su base locale, partendo dalle aree depresse ritenute più a rischio. In questo modo il problema della valutazione degli impatti e dell'adattamento del cambiamento climatico potrà essere valutato, non astrattamente, ma prendendo in considerazione le effettive peculiarità del contesto locale in studio.

A livello locale sarà inoltre necessario l'avvio di processi decisionali concertati che includono studi di valutazione condivisi con tutti i *stakeholders*, onde poter individuare le migliori opzioni di adattamento compatibili con il sistema interessato, alla luce di una accurata analisi dei relativi costi e benefici.

Se i casi di studio esistenti costituiscono un buon punto di partenza, notevoli miglioramenti sono necessari, soprattutto per quel che riguarda la stima degli impatti economici su settori specifici quali il turismo. A questo proposito saranno da stimare i costi dovuti non solo alla possibile perdita di aree turistiche, ma anche l'impatto negativo che l'innalzamento della temperatura media potrà avere sui flussi turistici, la biodiversità, i trasporti marittimi e fluviali, le risorse idriche. Divisioni orizzontali e verticali dei sistemi di pianificazione territoriale e dell'amministrazione pubblica dovranno essere superate per sviluppare strategie a lungo termine che possano facilitare l'adattamento del territorio al cambiamento climatico e aumentare la sua resilienza.

Formulazione di linee guida

Come emerso dai risultati dei casi studio presentati (Appendice 2), i processi decisionali sulle strategie di adattamento richiedono continui input da parte di esperti di diverse discipline, sulla base dei quali giungere ad una valutazione integrata delle strategie. Si tratta naturalmente di un processo articolato e talvolta difficile da gestire in modo coordinato ed efficiente. Una possibile strada per guidare i processi di valutazione integrati è stata mostrata dalle *guidelines* pubblicate dall'UKCIP (2004). Esse forniscono un *framework* sistematico sulla base del quale gestire il processo di valutazione integrata, oltre che predisporre indicazioni tecniche sugli strumenti di valutazione da applicare a livello locale. Queste *guidelines* sono state in parte applicate nei casi studio illustrati nell'Appendice 2, dimostrando una strada percorribile anche in Italia per la formulazione di un quadro procedurale e metodologico da applicare alla valutazione della vulnerabilità e delle strategie di adattamento a livello locale.

Bibliografia

- Agnew, M. (1995). Tourism. Economic impacts of the hot summer and unusually warm year of 1995. Department of the Environment Report. Palutikof J., Subak S. and A. M. Norwich, UK: 139-147.
- Antonioli, F. (2003). Vulnerabilità delle coste italiane: Rischio di allagamento da parte del mare. La Risposta al Cambiamento Climatico in Italia. Vulnerabilità climatica, Valutazioni socio-economiche delle strategie di adattamento. Misure di mitigazione forestale, ENEA - FEEM: 19.
- Bello, G., N. Casavola, et.al., (2004) Aliens and visitors in the Southern Adriatic Sea: effects of tropicalisation. Rapport du 37e Congres de la Commission Internationale pour l' Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée CIESM Congress Proceedings, Monaco: CIESM
- Bergland, O., K. Magnussen, et al. (1995). Benefit Transfer: Testing for Accuracy and Reliability. Ås, Norway.
- Berrittella, M., A. Bigano, et al. (2004). A General Equilibrium Analysis of Climate Change Impacts on Tourism. Milan.
- Bosello, F., A. Bigano, et al. (2006). Economy-Wide Estimates of the Implications of Climate Change: A Joint Analysis for Sea Level Rise and Tourism. Milano.
- Bosello, F., R. Roson, et al. (2007). "Economy Wide Estimates of the Implications of Climate Change: Sea Level Rise." *Environmental and Resource Economics* **37**(3):
- Bosello, F., Parrado, R. Roson, R., (2007b) Economic Impacts of Sea Level Rise: A Computable General Equilibrium Analysis. "Report to the Project PESETA Projections of economic impacts of climate change in sectors of Europe based on bottom-up analysis." . Fondazione Eni Enrico Mattei.
- Broadus, J. M. (1996). Economizing Human Responses to Subsidence and Rising Sea Level. Sea Level Rise and Coastal Subsidence. J. D. Milliman and B. U. Haq. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers: 313-325.
- Brooks, Nicholls, et al. (2006). Sea level rise: coastal impacts and responses, H.J. Schellnhuber and F. Matthies (eds.) *Oceans*. WBGU, Berlin
- Buchner, B., M. Catenacci, et al. (2006). Climate Change: the Cost of Inaction. A review of assessment studies with a focus on the methodologies used. Specific Agreement No 3570/B2005.EEA.52247, EEA.
- Busuioc, A. (2001). Large-Scale Mechanisms influencing the Winter Romanian Climate Variability. Detecting and Modelling Regional Climate Change. M. Brunet India and D. Lopez Bonillo. Berlin, Springer: 333 - 344.
- Callaway, J. M. (2004). Adaptation benefits and costs: are they important in the global policy picture and how can we estimate them? *Global Environmental Change* **14**(3):
- Carter, T. and E. la Rovere (2001). Developing and Appling Scenarios. IPCC, Third assessment report WG II Chapter 3.
- Cline, W. R. (1992). *The Economics of Global Warming*. Washington, DC, Institute of International Economics.
- CZMS, I. (1990). "Strategies for Adaptation to Sea Level Rise, Intergovernmental Panel on Climate Change." The Hague-Ministry of Transport and Public Works

- CZMS, I. (1990). "Strategies for Adaptation to Sea Level Rise, Intergovernmental Panel on Climate Change." *The Hague*-*Ministry of Transport and Public Works, *
- CZMS, I. (1991). "Common Methodology for Assessing Vulnerability to Sea-Level Rise Ministry of Transport, Public Works and Water Management." *The Hague*
- Darwin, R. F. and R. S. J. Tol (2001). "Estimates of the Economic Effects of Sea Level Rise." *Environmental and Resource Economics* 19 (2), 113-129.
- Deke, O., K. G. Hooss, et al. (2001). *Economic Impact of Climate Change: Simulations with a Regionalized Climate-Economy Model*. Kiel, Kiel Institute of World Economics.
- EEA (2004). *Impacts of Europe's Changing Climate. An Indicator-Based Assessment*. EEA Report No 2/2004. Copenhagen, Denmark, European Environment Agency.
- EEA (2005). *Vulnerability and adaptation to climate change in Europe*, Technical Report No. 7/2005, EEA (European Environmental Agency).
- EEA (2006) *The changing faces of Europe's coastal areas*. EEA Report No 6/2006 EEA (European Environmental Agency).
- EEA (2007). *Climate Change and Water Adaptation Issues*. EEA Technical report No 2/2007. Copenhagen, EEA (European Environmental Agency).
- ENEA (2007). *ENEA per lo Studio dei Cambamenti Climatici e dei loro Effetti*. Workshop ENEA per lo Studio dei Cambamenti Climatici e dei loro Effetti, Roma.
- ENEA, F., Ministero dell'Ambiente (2001). *La Risposta al Cambiamento Climatico in Italia: Vulnerabilità climatica, Valutazioni socio-economiche delle strategie di adattamento, Misure di mitigazione forestale*. Roma.
- Evans, E. P., R. Ashley, et al. (2004). *Foresight Flood and Coastal Defence Project. Scientific Summary: Volume 2, Managing future risks*. London, Office of Science and Technology.
- Fankhauser, S. (1995). "Protection versus retreat: the economic costs of sea-level rise." *Environmental Planning A* 27(2) 299 – 319
- Fankhauser, S. (2006). *The Economics of Adaptation*, EBRD.
- Fankhauser, S., J. B. Smith, et al. (1999). "Weathering climate change: some simple rules to guide adaptation decisions." *Ecological Economics* 30 (1) 67
- Fankhauser, S., R. S. J. Tol, et al. (1998). "Extensions and alternatives to climate change impact valuation: on the critique of IPCC Working Group III's impact estimates." *Environment and Development Economics* 3(1)
- FEEM, ENEA (2003). *La risposta al cambiamento climatico in Italia*. Rapporto Enea - Ministero Ambiente e Territorio. Roma.
- Ferrara, V. (2007). *Clima: Istruzioni per l'uso*. Milano, Edizioni Ambiente.
- Franco L., P. Contini, (2006) *Andare oltre l'attuale Conoscenza: Strategie ed interventi di protezione costiera in relazione ai Cambiamenti Climatici*. Presentazione al Workshop "Cambiamenti climatici e rischio costiero" Palermo 27-28 giugno 2007.
- Galeotti, M., A. Goria, et al. (2004). *Weather Impacts on Natural, Social and Economic Systems (WISE) Part I: Sectoral Analysis of Climate Impacts in Italy*. Milan.
- Gambarelli, G. and A. Goria (2004). *Economic Evaluation of Climate Change Impacts and Adaptation in Italy*. Milan.

- Giorgi, F., X. Bi, et al. (2004). "Mean interannual and trends in a regional climate change experiment over Europe. II: Climate Change scenarios (2071-2100)." *Climate Dynamics* 22, 733-756
- Guedes, Soares, Albiach, et al. (2002). A 40 years hindcast of wind, sea level and waves in European waters. Proceedings of the 21st International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, Oslo, Norway.
- Hall, J. W., P. B. Sayers, et al. (2006). "Impacts of climate change on coastal flood risk in England and Wales: 2030–2100." *Philosophical Transactions of the Royal Society: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 364(1841), 1027-1049
- Hamilton, J. M., D.J. Maddison, et al. (2005). "Climate change and international tourism: a simulation study." *Global Environmental Change* 15, 253-266.
- Hanemann, W. M. (1994). "Valuing the Environment through Contingent Valuation." *Journal of Economics Perspectives* 8(4) 3-17
- Hanley, N. (2000). Cost-benefit analysis of environmental policy and management. Handbook of Environmental and Resource Economics. J. C. J. M. van den Bergh. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, U.K.
- Hanson, C. E., J. P. Palutikof, et al. (2006). "Bridging the gap between science and the stakeholder: The case of climate change research." *Climate Research* 13 (81) 167-177
- Hoozemans, F. M. J., M. Marchand, et al. (1993). A global vulnerability analysis: vulnerability assessment for population, coastal wetlands and rice production on a global scale. Delft, Netherlands, Delft Hydraulics.
- IPCC (1991). IPCC Common Methodology. The Hague, The Netherlands.
- IPCC (2000). Emissions Scenarios. A Special Report of IPCC Working Group III. Summary for Policy makers, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
- IPCC (2001). Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge, Cambridge University Press.
- IPCC (2007). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change. Fourth Assessment Report Summary for Policymakers. Bruxelles, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
- ISTAT (2007), "Capacità e movimento degli esercizi ricettivi. Anno 2005", documentazione on line disponibile a: http://www.istat.it/dati/dataset/20060929_01/
- Janssen, R. and G. Munda (2000). Multi-criteria methods for quantitative, qualitative and fuzzy evaluation problems. Handbook of Environmental and Resource Economics. J. C. J. M. van den Bergh. Cheltenham, U.K., Edward Elgar Publishing.
- Kundzewicz, Z. W., M. Parry, et al. (2001). Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. J. J. McCarthy, O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken and K. S. White. Cambridge, Cambridge University Press: 641-692.
- Lehner, B., P. Döll, et al. (2006). "Estimating the impact of global change on flood and drought risks in Europe: a continental, integrated assessment." *Climatic Change* 75(3), 272-299
- Louviere, J., D. Hensher, et al. (2000). Stated Choice: Methods and Applications. Cambridge, Cambridge University Press.

- Maddison, D. (2001). "In search of warmer climates? The impact of climate change on flows of British tourists." *Clim. Change* 49:193–208
- Mendelsohn, R. O., W. D. Nordhaus, et al. (1996). "Climate Impacts on Aggregate Farm Value: Accounting for Adaptation." *Agricultural and Forest Meteorology* 80:11, 55-66
- Ministero dell' Ambiente (2002). Terza Comunicazione Nazionale dell'Italia alla Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio.
- Mitchell, R. and R. Carson (1989). *Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method*. Baltimore, John Hopkins Press.
- Navrud, S. (1994). *Economic Valuation of External Costs of Fuel Cycles: Testing the Benefit Transfer Approach. Model for Integrated Electricity Resource Planning*. A. T. de Almida. Dordrecht, NL, Kluwer Academic Publishers.
- Nicholls, R. J. (2004). "Coastal flooding and wetland loss in the 21st century: Changes under the SRES climate and socio-economic scenarios." *Global Environmental Change* **14**, 69–86:
- Nicholls, R. J. and A. C. de la Vega-Leinert, Eds. (2006 (in press)). *Implications of sea-level rise for Europe's coasts*.
- Nicholls, R. J. and F. M. J. Hoosemans (2005). *Global vulnerability analysis. Encyclopedia of coastal science*. M. Schwartz. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers: 486–491.
- Nicholls, R. J. and R. J. T. Klein (2003). *Climate change and coastal management on Europe's Coast*. EVA Working Paper No.3.
- Nicholls, R. J. and R. Tol (2006). "Impacts and responses to sea-level rise: a global analysis of the SRES scenarios over the twenty-first century." *Philosophical Transactions of the Royal Society A* **364 (1841)**, 1073-1095:
- Nicholls, R. J., S. E. Hanson, et al. (2006). *Metrics for Assessing the Economic Benefits of Climate Change Policies: Sea Level Rise, Organisation for Economic Co-operation and Development*.
- Nicholls, R. J., S. P. Leatherman, et al. (1995). "Impacts and Responses to Sea-Level Rise: Qualitative and Quantitative Assessments." *Journal of Coastal Research Special Issue* **14.**, 26- 43
- Nunes, P. A. L. D., J. C. J. M. van den Bergh, et al. (2004). *La valutazione della biodiversità attraverso indicatori economici ed ecologici di biodiversità. Energia, Bellezza, Partecipazione: La Sfida della Sostenibilità. Valutazioni integrate tra conservazione e sviluppo*. L. Fusco Girard and P. Nijkamp. Milano, Franco Angeli: 214 - 251.
- O'Neal, K. (2002). *Effects of Global Warming on Trout and Salmon in U.S. Streams.*, The Natural Resources Defense Council (NRDC), Defenders of Wildlife.
- Paltrinieri, D. (2007) *Ripascimenti dei litorali e valore economico delle spiagge: adattamento ai cambiamenti climatici e riqualificazione urbanistico - ambientale delle aree costiere* Presentazione al Workshop "Cambiamenti climatici e rischio costiero" Palermo 27-28 giugno 2007.
- Perry, A. (2003). *Impacts of Climate Change on Tourism in the Mediterranean: Adaptive Responses*. *Climate Change in the Mediterranean. Socio-economic Perspectives of Impacts, Vulnerability and Adaptation*. C. Giupponi and M. Shechter. Cheltenham, Edward Elgar: 279 - 289.

- Räisänen, J., U. Hansson, et al. (2004). "European climate in the late 21st century: regional simulations with two driving global models and two forcing scenarios." *Climate Dynamics* **22**: 242–248
- Robinson, R. A., J. A. Learmonth, et al. (2005). *Climate Change and Migratory Species*. British Trust for Ornithology Research Report 414, DEFRA, UK.
- Salz, P. Buisman, E., et. al. (2006) *Employment in the fisheries sector: current situation*. (FISH/2004/4) European Commission.
- Schär, C., P. L. Vidale, et al. (2004). "The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves." *Nature* **427**: 332 – 336.
- SEEG (2006). *Harmful Algal Bloom Communities in Scottish Coastal Waters: Relationships to Fish Farming and Regional Comparisons - A Review*. Scottish Executive, Paper 2006/3., SEEG (Scottish Executive Environment Group).
- SEPA (2005). *Change Beneath the Surface, Monitor 19: An In-depth Look at Sweden's Marine Environment*. Naturvårdsverket. Stokholm, SEPA (Swedish Environmental Protection Agency).
- Simeoni, (2007) *L'esperienza del Progetto: Rischio per Erosione dei Litorali Italiani*. Presentazione al Workshop "Cambiamenti climatici e rischio costiero" Palermo 27-28 giugno 2007.
- Smit, B. and J. Wandel (2006). "Adaptation, Adaptive Capacity and Vulnerability." *Global Environmental Change* **16**(3): 282–292
- Smith, D., S. B. Raper, et al., Eds. (2000). *Sea level change and coastal processes: implications for Europe*. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.
- Stern, Nicholas. 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, online at http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/sternreview_index.cfm.
- Stone, G. W. and J. D. Orford (2004). "Storms and their significance in coastal morpho-sedimentary dynamics." *Marine geology* **210 (1-4)**: 1-5.
- Titus, J. G. (1992). *The Costs of Climate Change to the United States*. *Global Climate Change: Implications, Challenges and Mitigation Measures*. S. K. Majumdar, L. S. Kalkstein, B. Yarnal, E. W. Miller and L. M. Rosenfeld. Easton, Pennsylvania Academy of Science: 384-409.
- Titus, J. G., R. A. Park, et al. (1991). "Greenhouse Effect and Sea Level Rise: The Cost of Holding Back the Sea." *Coastal Management* **19**: pp. 171-204.
- Tol, R. (2002). "Estimates of the damage costs of climate change." *Environmental and Resource Economics* **21**:
- Tol, R., M. Bohn, et al. (2006). *Adaptation to Five Metres of Sea Level Rise*. *Journal of Risk Research*, **9**, 467–482
- TCI (2003). *Annuario del turismo 2003*.
- Travisi, C., Bordogna, et al. (2005). *Valutazione dei costi degli impatti del cambiamento climatico. Una rassegna metodologica*. Convenzione ENEA-Regione Abruzzo.
- Unioncamere (2005), "Impresa Turismo", a cura di Istituto Nazionale Ricerche Turistiche, Roma
- Unioncamere (2006), "L'impatto Economico del Turismo in Italia", a cura di Istituto Nazionale Ricerche Turistiche, Roma.

- UKCIP (2004). Costing the impacts of climate change in the UK. Overview of guidelines. UKCIP Technical Report. Oxford, UK Climate Impact Programme (UKCIP).
- Vermaat, J. E., L. Ledoux, et al., Eds. (2005). *Managing European Coast, Past, Present and Future*. Springer, Berlin, Germany. Berlin, Springer.
- Viles, H., Spencer, T., 1995. *Coastal Problems*. Edward Arnold, London.
- West, J. J., H. Dowlatabadi, et al. (1997). Assessing the economic impacts of sea level rise. *Climate, Change and Risk*. T.E. Downing, A. A. Olsthoorn and R. Tol. London, Routledge.
- Wigley, T. (2005). "The climate change commitment." *Science* **307** (5716): 1766-1769.
- Wilton, D. and T. Wirjanto (1998). *An analysis of the seasonal variation in the national tourism indicators*. Ottawa, Canada, Canadian Tourism Commission.
- Yohe, G. W. (1990). "The Cost of Not Holding Back the Sea: Towards a National Sample of Economic Vulnerability." *Coastal Management* 18: 403-431
- Yohe, G. W. and M. E. Schlesinger (1998). "Sea-level Change: The Expected Economic Cost of Protection or Abandonment in the United States" *Climatic Change* **38**: 447-472.
- Yohe, G. W., J. E. Neumann, et al. (1995). "Assessing the Economic Cost of Greenhouse-Induced Sea Level Rise: Methods and Applications in Support of a National Survey." *Journal of Environmental Economics and Management*, **29**: 78-97
- Yohe, G. W., J. E. Neumann, et al. (1996). "The Economic Costs of Sea Level Rise on US Coastal Properties" *Climatic Change* **32**: 387-410.

Appendice 1

Metodologie per la valutazione economica degli impatti e delle strategie di adattamento ai cambiamenti climatici

CRITERI PER LA DEFINIZIONE DI UN FRAMEWORK GENERALE

Prima di poter stimare i costi degli impatti futuri del cambiamento climatico, è dunque necessario analizzare e fare alcune assunzioni sulle condizioni future del clima, del sistema naturale e del sistema socio-economico che saranno potenzialmente impattate dal CC, nonché verificare la reale disponibilità ed affidabilità dei dati nell'area di studio.

A questo proposito occorre chiarire due aspetti cruciali:

- il primo riguarda il grado di *incertezza* che ancora oggi caratterizza gli scenari futuri di cambiamento climatico globale, e la conseguente incertezza nel predire ed identificare i futuri effetti di tipo ambientale ad esso legati;
- il secondo riguarda l'*interdipendenza* tra gli effetti ambientali indotti dal cambiamento climatico e le conseguenti sinergie e cross-esternalità sul territorio in termini di impatto sulle comunità ed i sistemi economici a diversi livelli territoriali (globale, nazionale, regionale, locale).

Entrambi questi elementi rendono estremamente complesso il processo decisionale rivolto alla definizione delle migliori strategie di intervento per la gestione e minimizzazione degli impatti attesi del cambiamento climatico. Si tratta principalmente di strategie ex-ante o ex-post che mirano, rispettivamente: alla mitigazione delle cause del cambiamento; o al migliore adattamento agli effetti ed alla minimizzazione dei possibili danni. Le due tipologie di azione sono evidentemente interconnesse, dato che tanto più efficaci saranno le strategie di mitigazione dirette alle cause del problema, tanto più efficaci ed efficienti economicamente potranno essere gli interventi volti all'adattamento ed alla riduzione dei danni.

Anche solo concentrandosi sui cosiddetti interventi di adattamento, vi sono una miriade di strategie alternative che potrebbero essere adottate dai vari settori economici ed istituzioni coinvolti, a diversi livelli territoriali ed amministrativi: politiche, programmi, piani e progetti a livello locale, regionale, nazionale ed internazionale. Se pensiamo ad esempio al settore agricolo, gli effetti socio-economici di una possibile riduzione della piovosità estiva indotta dal *global warming* potrebbero essere combattuti installando nuovi sistemi di irrigazione, o convertendo la produzione agricola verso colture più adatte a climi siccitosi. Ancora, il possibile aumento nella frequenza di eventi piovosi a forte intensità, in grado di aumentare il rischio alluvionale e franoso, potrebbe essere contenuto migliorando i sistemi di gestione dei bacini idrografici ed intervenendo sulla stabilità dei versanti. Questi esempi, anche se relativi ad azioni di adattamento di portata ridotta, già permettono di porre l'accento su un problema importante. Ovvero il fatto che la società non è in grado di finanziare tutte le auspicabili strategie di adattamento (e di mitigazione), i cui benefici in termini di riduzione dei rischi e dei danni devono quindi essere accuratamente confrontati (ed eventualmente pesati) rispetto ai costi attesi dell'implementazione delle azioni di adattamento.

I decisori (a diversi livelli amministrativi ed istituzionali) sono quindi chiamati, anzitutto, a valutare se un certo rischio/impatto atteso del cambiamento climatico richiede azioni di adattamento e, in secondo luogo, ove questo fosse ritenuto necessario, a valutare quale opzione di adattamento è preferibile scegliere. In questo senso, un modo di procedere è quello di scegliere l'opzione di intervento che garantisce il più alto beneficio per la collettività (in termini di rischi/impatti evitati), rispetto ai costi collettivi che gli interventi comporterebbero. Ma, se da un lato i costi degli interventi di mitigazione ed adattamento possono essere stimati con relativa facilità, altrettanto non si può dire per la stima dei costi dei potenziali danni o, volendo parlare di benefici, per la stima del valore dei danni evitati grazie alle azioni di adattamento e mitigazione.

La quantificazione in termini monetari dei possibili costi del CC è quindi un processo complesso, che può richiedere l'applicazione di tecniche di stima diverse, talvolta onerose, a seconda dell'impatto da quantificare, del livello di dettaglio che si desidera ottenere e, non ultimo, dell'accessibilità e grado di incertezza dei dati disponibili (per una rassegna vedi Travisi et al., 2005).

Non solo, ma la quantificazione dei costi è resa ulteriormente difficile dal problema metodologico di attribuire un valore monetario ad impatti su beni pubblici o di tipo non-market, ovvero beni il cui valore non è (pienamente) espresso nei mercati, dalla normale interazione di domanda ed offerta.

Nel proporre un approccio generale di valutazione degli impatti (adottato nei tre casi presentati in Appendice 2), i principali elementi di complessità appena discussi (incertezza, interdipendenza tra effetti e stima monetaria), sono stati debitamente considerati. Di seguito sono brevemente discussi.

Un approccio multiscenario per la valutazione dei costi del CC

Rischio e incertezza

L'incertezza che caratterizza la variazione futura dei parametri climatici, ambientali e socio-economici può essere internalizzata nell'analisi adottando un approccio di tipo multiscenario, che tiene conto di diverse ipotesi e assunzioni sulla futura evoluzione dell'area di studio. In questo modo, la variabilità dei risultati della valutazione dei costi degli impatti del CC risulta interpretabile alla luce delle diverse ipotesi formulate dai ricercatori, offrendo inoltre una chiave di lettura estremamente utile per i decisori. Infatti, la relazione tra scelte strategiche di sviluppo economico (e altri temi prioritari nel dibattito sul CC quali tecnologie, energia, ecc) e i possibili effetti ambientali e relativi costi socio-economici possono essere rese esplicite contribuendo a consolidare le conoscenze *ex ante* dei decisori sulle possibili ricadute future delle azioni/decisioni di oggi.

In particolare, in un contesto di analisi a livello locale, quale quello qui considerato, è utile impostare la valutazione dei costi sulla base di scenari di tipo non strettamente climatico (si veda Carter and la Rovere, 2001), considerando scenari alternativi che formulano ipotesi sia sull'andamento climatico e ambientale futuro, sia sull'evoluzione del contesto socio-economico locale. L'analisi di questa tipologia di scenari è importante perché consente di tenere conto della vulnerabilità del sistema sociale ed economico al CC. Essi infatti descrivono cambiamenti attesi nel tempo nelle cosiddette risorse a rischio (*stock at risk*), cioè le risorse ambientali e socio-economiche potenzialmente esposte ai rischi del CC e la variabilità dei relativi costi. Il trend di evoluzione futura del sistema socio-economico può avere un effetto sia sulla dimensione che sulla tipologia dei danni che potranno essere indotti dal cambiamento climatico e deve essere tenuto in considerazione, almeno dal punto di vista qualitativo ((Mendelsohn, Nordhaus et al. 1996; Tol, Bohn et al. 2005). Ad esempio, nei casi studio descritti, che si riferiscono prevalentemente ai costi dovuti alla perdita di suolo (*land loss*) in aree costiere, è lecito attendersi che l'entità dei danni vari sensibile in

funzione di eventuali modificazioni del territorio, quali il cambio di destinazione d'uso di porzioni di territorio (da aree agricole ad aree residenziali), o la progressiva antropizzazione di aree naturali.

Prima di poter stimare i costi del CC, in altri termini, è necessario fare opportune assunzioni sulle condizioni future del clima, del sistema naturale e del sistema socio-economico che saranno potenzialmente impattati. Un sistema di assunzioni coerente, internamente non contraddittorio e plausibile è quello che si chiama uno scenario (Carter and la Rovere 2001). L'IPCC in proposito distingue tra *scenari climatici* e *scenari non climatici*.

Gli scenari climatici descrivono la situazione climatica futura, ovvero lo stato futuro dei parametri climatici, e sono normalmente il risultato di esperimenti con modelli detti di *Global Climate Circulation* (GCM). All'interno di questo gruppo è possibile inoltre distinguere tra modelli che confrontano due stati di equilibrio climatici, oppure modelli che monitorano cambiamenti nei parametri climatici, utilizzando i così detti *Atmosphere-Ocean Global Circulation Models* (AOGCM).

I modelli di *equilibrio* forniscono uno *snap-shot* dei futuri stati del clima (Tol, Bohn et al. 2005), mentre i modelli *transient* possono, in principio, mappare l'intera traiettoria delle variabili climatiche nel tempo.

Un altro aspetto importante per la stima dei danni è il livello di aggregazione spaziale dei modelli e degli scenari climatici di partenza. Una semplice indicazione sull'effetto medio di variazione di temperatura può, ad esempio, nascondere importanti variazioni a livello regionale. In questo caso, i risultati di modelli GCM a bassa risoluzione possono essere "regionalizzati" ricorrendo a opportuni modelli climatici regionali o tecniche statistiche (Carter and la Rovere 2001).

Un'ultima importante distinzione riguarda l'inclusione negli scenari climatici di eventi estremi (cicloni, tornado, sovrizzo di tempesta, frane e colate di fango, ecc.), e di eventi a bassa probabilità ed alto impatto (i cosiddetti *climate surprises*), come la distruzione della circolazione termoalina dell'Oceano Atlantico, o il collasso dei ghiacci dell'Antartico occidentale (Nicholls and Hoosmans 2005).

Scenari non-climatici, invece, includono assunzioni sul futuro sviluppo socio-economico, dell'uso e della copertura del suolo, scenari ambientali come ad esempio quelli relativi ad un innalzamento del livello del mare. Questo tipo di scenari sono importanti poiché aiutano a visualizzare la vulnerabilità del sistema sociale ed economico al cambiamento climatico. Con la sola eccezione degli scenari di innalzamento del livello del mare, il riferimento esplicito agli aspetti socio-economici del cambiamento climatico negli scenari non-climatici ha una storia relativamente recente (Carter and la Rovere 2001).

Gli scenari socio-economici descrivono cambiamenti attesi nel tempo nelle cosiddette risorse a rischio (*stock at risk*), ovvero le risorse e dimensioni ambientali e socio-economiche potenzialmente esposte ai rischi del cambiamento climatico. La descrizione dei cambiamenti attesi avviene con riferimento sia alla loro dimensione assoluta (disponibilità assoluta), sia rispetto alla loro resilienza, capacità di adattamento e vulnerabilità agli effetti del cambiamento climatico (Carter and la Rovere 2001).

Il trend di evoluzione futura del sistema socio-economico può avere un effetto sia sulla dimensione che sulla tipologia dei danni che potranno essere indotti dal cambiamento climatico. Un impatto negativo in un certo scenario socio-economico può avere d'altra parte un valore positivo in un altro tipo di scenario e vice versa (Mendelsohn, Nordhaus et al. 1996; Tol, Bohn et al. 2005).

Altre tipologie di scenari non-climatici includono scenari di uso e copertura del suolo, scenari ambientali e scenari di innalzamento del livello dei mari.

Anche il riferimento esplicito agli eventuali cambiamenti di uso e copertura del suolo è relativamente recente in letteratura. Si parla di *land-use change and land-cover change* scenarios (LUCC). L'uso di scenari LUCC nei modelli di cambiamento climatico pone obiettivi ambiziosi che prevedono lo studio delle relazioni di feed-back tra scenari di evoluzione dell'uso del suolo e del sistema climatico.

Infine, una ulteriore caratteristica che può differenziare gli scenari non-climatici riguarda il riferimento ad uno stato stazionario definito esogenamente (che normalmente descrive l'attuale situazione sociale ed economica), oppure la possibilità di generare endogenamente nell'analisi diversi scenari socio-economici (si parla di *Integrated Assessment Model*, IAM).

Interdipendenza e cross-esternalità

Quanto detto chiarisce l'importanza che il problema della valutazione degli impatti del cambiamento climatico sia valutato, non astrattamente, ma prendendo in considerazione le peculiarità del contesto locale ambientale, sociale ed economico in studio.

Va da sé che l'entità degli impatti dipende strettamente dalle caratteristiche peculiari del territorio interessato dagli effetti del CC: caratteristiche di tipo ecologico, naturalistico o paesaggistico, le attività produttive o turistiche esistenti, le caratteristiche del tessuto urbano e delle aree residenziali, ovvero il loro "valore". L'analisi dei costi del CC in questo caso deve essere condotta attraverso l'identificazione di tutti i valori insistenti sul territorio, ed implica la previsione delle variazioni nei valori d'uso/scambio (ad esempio, fertilità dei suoli, qualità delle risorse idriche, ecc.), nonché nei valori indipendenti dall'uso (valore estetico, paesaggistico, culturale, ecc.). In termini generali, un approccio esaustivo alla stima dei costi del CC deve analizzare:

- valori ambientali ed ecologici: che riflettono la vulnerabilità, la resilienza e la salute generale dell'ecosistema;
- valori economici di uso e non-uso del territorio: che catturano le interdipendenze tra effetti del CC, sistema produttivo locale e mercato del consumo;
- valori culturali di ogni porzione del territorio: che ne riflettono il valore multidimensionale, garantendo la preservazione di tali valori complessi alla luce degli impatti prevedibili.

Questa nozione allargata di valore complesso del territorio, che riflette non solo il punto di vista dei decisori, ma anche quello degli utenti diretti, potenziali e futuri del territorio, viene qui presa come riferimento per la stima dei costi del cambiamento climatico in aree costiere. Il raggiungimento di una visione condivisa sui potenziali impatti del CC in aree costiere e sulle possibili strategie di adattamento e mitigazione da adottare diventa quindi importante per migliorare la gestione di eventuali conflitti tra attori coinvolti, consentire una corretta informazione dell'opinione pubblica, nonché adattare il processo decisionale alla specifica realtà locale.

Consultazione e partecipazione

Per tenere conto di questa esigenza all'interno della metodologia di valutazione a livello locale è utile utilizzare, ove possibile, modelli di consultazione e partecipazione degli attori coinvolti. In particolare, il presente documento fa riferimento ad un modello di partecipazione e consultazione

per la gestione delle risorse naturali sviluppato dalla Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM), all'interno del programma di ricerca Environmental Resource Management. La metodologia NetSyMoD (Network Analysis – Creative System Modelling – Decision Support) è il risultato di diversi anni di ricerca nel campo della valutazione ambientale e dell'analisi dei processi decisionali condotta dalla FEEM.

L'obiettivo di tale approccio è fornire un supporto all'adozione e all'uso corretto delle informazioni disponibili sul sistema territoriale esposto ai rischi (derivanti sia da modelli concettuali e di simulazione che da altre fonti), per individuare fattori determinanti, dinamiche e relazioni di causa-effetto nel sistema in studio, e valutare possibili strategie di adattamento ai danni. Tale processo aiuterà a creare una visione comune e completa del problema, considerando cross-esternalità e interdipendenze tra attività socio-economiche, impatti ambientali e misure di adattamento.

Analisi costi-benefici e analisi multicriteri

La necessità di prendere in considerazione i punti di vista espressi dai diversi soggetti coinvolti (a volte portatori di interessi potenzialmente conflittuali: ad esempio, sviluppo economico, protezione del patrimonio naturale, tutela delle fasce deboli della popolazione) richiama, inoltre, un altro aspetto rilevante nella stima dei costi del CC, ovvero l'opportunità, talvolta, di andare oltre un approccio strettamente monetario alla valutazione dei costi, per adottare un approccio di tipo multicriteriale.

Parlando di valutazione economica degli impatti e delle strategie per minimizzarli, il grado di successo di una opzione di intervento viene valutato adottando la logica tipica delle analisi costi-benefici, in termini strettamente monetari (vedi ad es. Hanley 2000). Tuttavia, se utilizzare il solo metro monetario per quantificare gli impatti permette di semplificare l'individuazione della migliore opzione di intervento, riconducendola al confronto del beneficio netto atteso per ciascuna opzione, d'altra parte questo approccio non riesce sempre a catturare la complessità – né tanto meno a gestire le diverse istanze dei diversi attori coinvolti ed eventuali aspetti di conflittualità. Inoltre, così come esiste un certo margine di incertezza circa i futuri impatti del cambiamento climatico, allo stesso modo esiste un certo margine di incertezza nella loro quantificazione monetaria. In alcuni casi, inoltre, una quantificazione monetaria degli impatti può non essere possibile o essere difficile e onerosa (si pensi ad esempio al problema della stima di beni non di mercato quali la salute umana o la biodiversità). In tale situazione, la semplice comparazione del beneficio netto delle alternative di mitigazione porterebbe a risultati fuorvianti, o sarebbe una strada del tutto non percorribile. Tutto questo porta a sottolineare quindi come, in certi casi, la valutazione degli effetti di opzioni di mitigazione/adattamento alternative si risolve nell'analisi combinata di parametri di tipo monetario e di tipo non-monetario, utilizzando tecniche di analisi di tipo multiattributo, o multicriteri (vedi Janssen and Munda 2000).

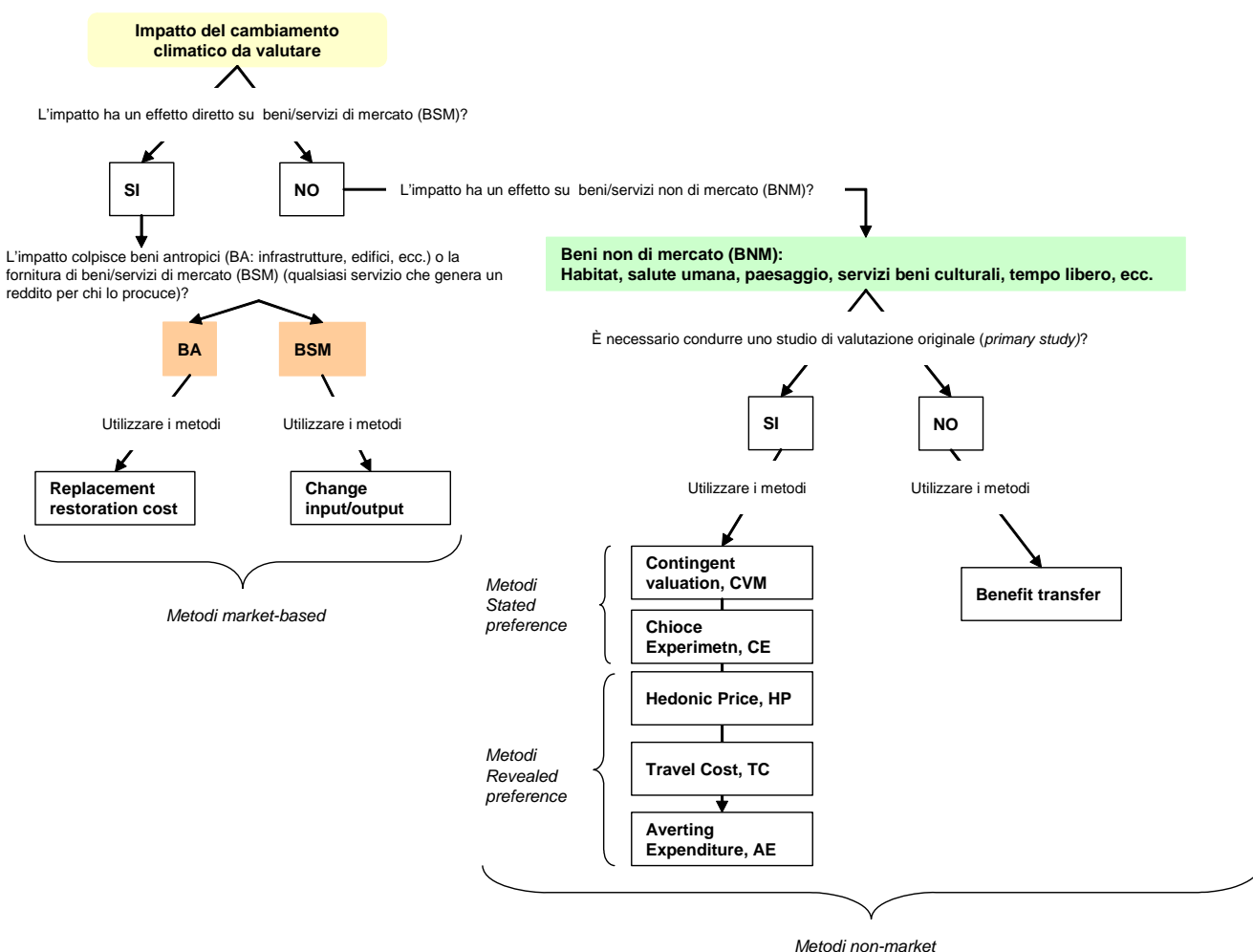
VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

I metodi da adottare per la valutazione economica degli impatti del cambiamento climatico variano al variare della tipologia di beni impattati. Dal punto di vista della valutazione economica, infatti, i metodi di valutazione che possono essere utilizzati per la stima degli impatti/rischi del CC variano a seconda che il target sia un bene costruito dall'uomo (infrastrutture, edifici, ecc) o un servizio fornito dalle attività antropiche (qualsiasi bene o servizio che genera reddito a chi lo fornisce, ad esempio i prodotti agricoli o gli artefatti dell'industria, ecc.); oppure beni e servizi non-market, come quelli relativi a: habitat e biodiversità; salute pubblica; valori ricreazionali e paesaggio; valori e beni culturali; tempo libero e valori di non-uso.

Nel primo caso la valutazione dei danni può essere sia diretta che indiretta. Ad esempio, se il CC ha un effetto negativo sulla produttività di un'area agricola, il valore di tale danno può essere stimato direttamente come perdita di raccolto. Ancora, la valutazione può essere indiretta, sulla base dei prezzi di mercato di beni o prodotti surrogati. Ad esempio, la deforestazione può causare scarsità di legname ad uso combustibile. Le spese per l'importazione di combustibili alternativi rappresentano una stima del valore del danno arrecato dal CC in termini di deforestazione. In entrambi i casi, i prezzi di mercato forniscono, direttamente o indirettamente, una quantificazione monetaria del costo degli impatti del CC:

Nel secondo caso, invece, si tratta di tipologie di impatti su beni e servizi per i quali non esiste un valore di mercato. Tipico è appunto il caso degli effetti sulla salute umana o su dimensioni ambientali non commerciali. Anche in questo caso la quantificazione monetaria può essere diretta ed indiretta, ma essa avviene facendo ricorso a delle tecniche di valutazione particolari, generalmente classificate in due categorie: metodi di valutazione delle preferenze rivelate (revealed preference, RP) e metodi di valutazione delle preferenze espresse (stated preference, SP).

La figura di seguito illustra l'albero decisionale da utilizzare per selezionare la metodologia di valutazione più appropriata a seconda del tipo di impatto considerato. I diversi metodi di valutazione a disposizione per la stima degli impatti del cambiamento climatico sono descritti di seguito evidenziandone i principali punti di forza e di debolezza.



Metodi di valutazione convenzionali market-based

I metodi market-based sono utilizzati per la stima degli impatti su beni e servizi di mercato. I metodi di valutazione degli impatti di tipo convenzionale (CO) presentati in questa rassegna riguardano:

cambiamenti negli stock di beni e servizi di mercato (inclusi cambiamenti nella produttività e nei costi di produzione);

metodi cost-based, in particolare i metodi basati sui costi di sostituzione (replacement cost, RC) e le così dette spese preventive (averting behaviour method, AB).

Si tratta in entrambi i casi di metodi che usano dati sui prezzi di mercato per stimare il valore economico degli impatti del cambiamento climatico.

La maggiore limitazione che li contraddistingue riguarda la loro capacità di catturare esclusivamente valori inerenti l'uso o la possibilità d'uso di beni e servizi. D'altra parte, tuttavia, è ben noto in letteratura che il valore economico di una risorsa è dato sia dalla sua utilità legata a percorsi economici chiari, sia dalla sua utilità legata a fattori cosiddetti di non-uso (valore di esistenza, valore estetico, ecc.). Per questa ragione, questa tipologia di metodi di valutazione non è adatta ad esempio alla stima di alcuni particolari target del cambiamento climatico, la cui componente di non-uso può essere assai rilevante. Ci riferiamo ad esempio agli effetti del CC su: habitat e biodiversità; salute pubblica; valori ricreazionali e paesaggio; valori e beni culturali). Di seguito i metodi principali di valutazione relativi a questa categoria sono brevemente descritti.

Valutazione basata su cambiamenti negli stock di beni/servizi di mercato

Lo stato dell'ambiente molto spesso ha un effetto diretto sulla capacità produttiva di un sistema economico (ad esempio un'azienda agricola), o sui relativi costi di produzione. Ad esempio, la capacità produttiva del settore della pesca, dipende dallo stock di risorse ittiche presenti in mare, a sua volta influenzato dalla qualità dell'ecosistema marino. Se il benessere dell'ecosistema marino diminuisce a causa del CC, con la conseguente riduzione dello stock di risorse ittiche presenti, gli operatori del settore, per mantenere costante la propria capacità produttiva, dovranno sostenere maggiori costi di produzione (input). Viceversa, se gli operatori non possono sostenere maggiori costi di produzione, la quantità pescata diminuirà con conseguente danno economico per il settore della pesca (output). Questo semplice esempio fornisce due misure del costo del deterioramento della qualità dell'ecosistema marino indotto dal cambiamento climatico: i) il costo dell'input addizionale; ii) il valore dell'output perso.

In generale, ogni qual volta si stima il costo (beneficio) di un deterioramento (miglioramento) della qualità ambientale stimando la diminuzione (aumento) dell'output di un certo sistema economico (o la qualità dell'output), ci si riferisce ad approcci che stimano cambi nella produttività. Un approccio simile a questo è noto invece come approccio dei costi di produzione (o costi risparmiati), e stima invece il costo (beneficio) di un peggioramento (miglioramento) della qualità ambientale valutando diminuzioni (aumenti) nei costi delle risorse.

Nel valutare cambiamenti negli inputs/outputs, è importante distinguere tra cambiamenti sufficienti per determinare una variazione dei prezzi di mercato e cambiamenti che invece non risultano in un cambio nei prezzi. Nel primo caso, la valutazione dovrà tenere conto della variazione nei prezzi di mercato stimando la relativa curva di domanda/offerta del bene. Nel secondo caso, invece, la stima è meno complessa e può avvenire utilizzando in alternativa uno dei quattro seguenti metodi:

- i) stima del margine lordo per ciascuna unità di output e moltiplicazione del valore unitario per il cambiamento atteso;
- ii) stima del costo unitario della risorsa variabile e moltiplicazione del valore unitario per il cambiamento atteso nella risorsa;
- iii) stima del cambiamento del budget totale per i casi *with* e *without*;
- iv) stima del cambiamento del valore del suolo per i casi *with* e *without*

A seconda delle circostanze uno dei precedenti metodi può essere più appropriato di altri. In ogni caso, eventuali distorsioni nei prezzi di mercato (ad esempio in caso di tasse o sussidi) devono essere opportunamente tenute in considerazione.

Valutazione basata su replacement cost e averting expenditure

In alcuni casi il costo degli impatti del cambiamento climatico può essere stimato facendo riferimento ai potenziali costi (o risparmi) sostenuti da famiglie e produttori. Tipico è il caso dei:

- i) costi sostenuti per ridurre o evitare futuri possibili danni del cambiamento climatico su beni o servizi sensibili (prima che avvengano);
- ii) costi sostenuti per sostituire beni o servizi danneggiati dal cambiamento climatico (dopo che si sono verificati).

Il primo caso è noto come approccio delle spese preventive (*avertive or preventative expenditure*); il secondo caso è noto come approccio delle spese di sostituzione (*replacement costs*).

Avertive expenditure, AE

Il metodo *avertive expenditure* si basa sulla premessa che la spesa sostenuta da un individuo per evitare un danno può essere assunta come “surrogato”, ovvero come stima (*proxy*) del livello attuale di qualità ambientale. In altri termini, la percezione individuale del costo imposto dal cambiamento climatico è almeno pari a quanto speso per evitare il danno futuro. Un esempio attuale di spesa preventiva è la spesa sostenuta per realizzare sistemi di difesa dal mare, in caso di futuro innalzamento del livello delle acque. La bontà della stima così ottenuta dipende dalla presenza o meno di eventuali benefici aggiuntivi garantiti dall'intervento preventivo. Nel caso in cui la spesa sostenuta garantisca anche altri benefici indiretti, la valutazione fornirà in realtà una sovra-stima del valore dell'impatto, dal momento che la decisione di intervenire in via preventiva può essere giustificata non solo dall'esigenza primaria di evitare il possibile impatto del cambiamento climatico, ma anche da altri benefici indiretti anch'essi garantiti dal medesimo intervento.

Replacement Cost, RC

Il metodo *replacement cost* assume invece che il costo sostenuto per riparare o sostituire un bene o servizio produttivo danneggiato dal cambiamento climatico, può essere interpretato come stima (*proxy*) dei benefici persi a causa dell'impatto sul bene o servizio produttivo. Si tratta di un metodo molto simile al precedente, da cui si distingue per il fatto di considerare, non eventi futuri, ma eventi già verificatisi, e quindi stimabili in modo oggettivo. La scelta tra i due dovrà quindi essere giustificata da questo tipo di considerazione. Menzioniamo inoltre due possibili varianti del metodo

dei costi di sostituzione, utilizzabili per ottimizzare la procedura di stima riducendo eventuali sovra o sotto stime, rispettivamente: il metodo dei costi di ri-allocazione (*reallocation cost technique*) e l'approccio *shadow project*.

Metodi di valutazione per beni non-market

Rispetto ai precedenti, i metodi di valutazione per beni e servizi *non-market* (quali habitat e biodiversità; salute pubblica; valori ricreazionali e paesaggio; valori e beni culturali) non si basano esclusivamente sull'osservazione di prezzi di mercato, e richiedono invece tecniche di analisi più sofisticate e onerose, che prevedono lo svolgimento di studi originali appositi.

Queste tecniche di valutazione stimano indirettamente o direttamente il valore degli impatti del cambiamento climatico basandosi:

iii) sui prezzi di mercato di beni surrogati ai beni/servizi impattati. È il caso dei metodi delle preferenze rivelate, *revealed preference*, di cui fanno parte il metodo dei prezzi edonici (*hedonic price*, HP), e il metodo dei costi di viaggio (*travel cost*, TC);

iv) sui valori osservati in mercati ipotetici costruiti ad hoc per la valutazione del bene/servizio impattato. In questo caso si parla di metodi delle preferenze espresse, (*stated preference*, SP), di cui fanno parte la valutazione contingente (*contingent valuation method*, CVM) e gli esperimenti di scelta (*choice experiment*, CE).

I principali metodi di valutazione di beni/servizi non di mercato sono descritti di seguito.

L'ultimo paragrafo di questa sezione è invece dedicato alla tecnica nota come *benefit transfer*, ovvero un metodo utilizzato per la valutazione degli impatti ambientali a partire dai risultati di studi precedenti già disponibili in letteratura, evitando la realizzazione di nuovi casi studio originali.

Metodi *revealed preference*

Prezzi edonici, HP

L'idea alla base del metodo dei prezzi *edonici* è che il prezzo di un bene è funzione dei suoi attributi e caratteristiche, inclusi quelli di tipo ambientale. Tipico è il caso del mercato immobiliare, dove il prezzo dell'immobile dipende dalle caratteristiche dell'abitazione in sé (numero di stanze, metratura, stato di conservazione, ecc.), dalla localizzazione e dall'accessibilità ad infrastrutture di trasporto e servizi (scuole, negozi, ecc.), ma anche dalle caratteristiche ambientali del suo intorno, ad esempio la qualità dell'aria, il rumore o la vicinanza ad aree verdi o di pregio naturalistico e paesistico. Opportune analisi statistiche (principalmente tecniche di regressione) possono essere utilizzate per stimare il contributo di specifiche caratteristiche ambientali sul valore di mercato degli immobili, cioè come varia il prezzo di mercato dell'immobile al variare della caratteristica ambientale. In questo modo è quindi possibile ottenere una stima indiretta del valore monetario dell'attributo ambientale, e di sue variazioni.

Costi di viaggio, TC

Assieme al metodo dei prezzi edonici, il metodo dei costi di viaggio può essere utilizzato per dedurre indirettamente il valore monetario di impatti/rischi indotti dal cambiamento climatico. Questo metodo in particolare si presta per la valutazione del valore di siti ambientale di particolare pregio, che richiamano un flusso turistico non trascurabile (località di mare, parchi e aree protette, ecc.). L'idea alla base del metodo è di utilizzare l'informazione sulle spese di viaggio sostenute dai

visitatori del sito per ricavare una curva di domanda del sito stesso (e dei suoi servizi), e quindi una *proxy* del suo valore economico.

Metodi *stated preference*

Valutazione contingente, CVM

Rispetto alle tecniche appena descritte, la valutazione contingente cerca di dedurre il valore di beni/servizi non di mercato osservando direttamente il comportamento individuale in mercati ipotetici (ma realistici) del bene/servizio da valutare creati *ad hoc* dai ricercatori.

La CVM si basa su interviste, durante le quali gli intervistati sono interrogati circa la loro disponibilità a pagare (“se” e/o “quanto”) (*willingness-to-pay*, WTP) per ottenere un certo bene o servizio ambientale, o la propria disponibilità ad accettare una compensazione per sopportare un certo peggioramento nel bene/servizio (*willingness-to-accept*, WTA). La CVM fornisce stime aggregate del valore economico di cambiamenti nella quantità o qualità di un bene o servizio ambientale e, tipicamente, l’intervistato è chiamato a scegliere due soli possibili scenari d’offerta del bene. (per una rassegna completa si veda Mitchell and Carson, (1989) e Hanemann, (1994).

Esperimenti di scelta, CE

In linea teorica, gli esperimenti di scelta possono essere considerati un’estensione della CVM, che ne rappresenta il caso estremo semplificato, vale a dire una scelta tra uno scenario *status quo* (*do nothing*) e uno scenario che prospetta, a fronte di un certo costo per l’intervistato, una variazione migliorativa di un certo bene ambientale, descritto in termini mono-attributo (ovvero in modo “olistico”). Il metodo CVM si focalizza su di un singolo trade-off tra attributo ambientale e parametro monetario, mentre la peculiarità della CE è la disaggregazione del bene in una pluralità di attributi, da cui deriva la possibilità di strutturare la scelta secondo trade-off multipli. Questa caratteristica è il principale vantaggio comparato delle tecniche CE rispetto alla CVM.

Nelle applicazioni CE, quindi, diversi insiemi di scelta vengono presentati agli intervistati, ciascuno formato da più alternative definite su diversi livelli degli attributi rilevanti selezionati per descrivere il bene in esame. Ogni insieme di scelta è costituito da due o più scenari alternativi di offerta del bene, di cui uno può essere costituito dallo scenario *status quo* o tendenziale, o *benchmark*. Ciascuno scenario descrive, attraverso un numero limitato di attributi rilevanti (monetari e non monetari) una situazione ipotetica e realistica funzionale alla valutazione del bene in esame. Per ogni insieme di scelta, l’intervistato è chiamato a selezionare l’opzione maggiormente preferita. Il metodo è quindi un meccanismo di generazione di dati sulle preferenze individuali, strutturato su insiemi di scelta costruiti in modo tale da fornire informazioni sull’importanza dei singoli attributi per la soluzione problema di scelta. Per una rassegna completa si veda Louviere et al, (2000).

Benefit transfer

In alcuni casi è virtualmente impossibile stimare tutte le relazioni esposizione-risposta o il valore di tutte le dimensioni ambientali potenzialmente esposte agli effetti del cambiamento climatico, nei diversi siti interessati, poiché questo richiederebbe risorse cospicue e tempi di studio eccessivamente lunghi. Per superare queste difficoltà, riuscendo comunque a pervenire ad una stima degli impatti del CC, recentemente si sono elaborate delle metodologie che si basano sui dati di studi già condotti, anche relativi a regioni e contesti di studio diversi. Si parla delle tecniche di benefit transfer si veda Navrud, (1994), e Bergland, Magnussen et al. (1995) la cui idea è appunto trasferire i risultati di uno o più studi già condotti (i così detti *primary studies*), al nuovo contesto di interesse. In questo caso, ovviamente, la qualità dei risultati forniti dai *primary studies* e la qualità

del metodo utilizzato per il trasferimento del valore sono fondamentali per garantire l'affidabilità delle stime degli impatti. Sono disponibili diverse tecniche di benefit transfer, più o meno complesse, tra cui la più recente (e rigorosa) tecnica che combina i risultati di meta-analysis al successivo esercizio di trasferimento del valore.

VALUTAZIONE DELLE ALTERNATIVE DI ADATTAMENTO

Costi di adattamento

Dalla letteratura analizzata, emerge l'importanza di valutare e paragonare i costi e i benefici economici delle diverse alternative di adattamento possibili, per contribuire uno strumento efficace di supporto ai processi decisionali in materia di gestione dei rischi dei cambiamenti climatici, considerando che:

Beneficio "lordo" dell'adattamento = Impatti futuri dei cc senza adattamento – impatti con adattamento.

$$\text{Beneficio "netto"} = \text{Beneficio lordo} - \text{Costi di adattamento}$$

Si sottolinea più volte il ruolo cruciale giocato dal dettaglio geografico dell'analisi. Costi che rappresentano una piccola percentuale del PIL per grandi aggregazioni di regioni, spesso diventano più rilevanti riducendo la scala di analisi a livello nazionale. E' importante dunque sviluppare studi specifici a livello nazionale, a loro volta integrati con le singole realtà locali.

E' inoltre necessario considerare gli effetti spontanei socio-economico che emergono dall'implementazione di politiche di adattamento costiero, per valutare efficacemente gli effetti finali sul benessere degli individui.

L'adattamento socio-economico autonomo ridistribuisce i costi iniziali tra i Paesi, e può arrivare a cambiare l'ordinamento dei Paesi "vincenti" o "perdenti", grazie agli effetti derivanti dal commercio di beni e fattori produttivi. Questo sottolinea la necessità di completare la metodologia di stima dei costi diretti, generalmente applicata nella maggior parte degli studi sui costi di impatti e adattamento costiero, con valutazioni economiche più comprensive.

In considerazione dell'entità degli impatti identificati, rimandare interventi di protezione delle coste comporta spesso un rischio di ingenti perdite di capitale fisico. Fankhauser (1999) dimostra l'opportunità di intraprendere azioni preventive di adattamento, in particolare se di lunga durata e recuperabili.

Gli scenari di lungo periodo che caratterizzano i cambiamenti climatici attribuiscono un'importanza centrale al fattore tempo nei processi decisionali sull'adattamento.

E' importante tenere conto del lasso temporale tra il momento in cui vengono sostenuti i costi per le misure di adattamento ed il periodo in cui presumibilmente si beneficerà di tali misure, scegliendo un opportuno tasso di sconto, per considerare l'opportunità di intraprendere alternative misure di adattamento.

Fankhauser (2006) dimostra che le scelte sulle tempistiche riguardanti la definizione e implementazione di strategie di adattamento sono guidate dall'importanza relative di tre componenti di costo.

La prima riguarda la differenza tra i costi di adattamento nel tempo. Il tasso di sconto tenderebbe generalmente a favorire il rinvio di azioni di adattamento nel futuro, per beneficiare di tecniche di adattamento più economiche ed efficaci. Tuttavia, per alcune tipologie di adattamento, che comprendono piani di sviluppo a lungo termine e investimenti per infrastrutture di lunga durata, è economicamente più conveniente intraprendere azioni in anticipo (*early actions*).

La seconda componente riguarda i benefici a breve termine dell'adattamento. L'adattamento anticipato è giustificato se presenta benefici immediati, per esempio se mitiga gli effetti della variabilità del clima. L'adattamento infatti può presentare forti “*ancillary benefits*”, ovvero benefici aggiuntivi oltre a quelli per i quali viene implementata la strategia di adattamento, come nel caso di misure applicate per aumentare la resilienza di un ecosistema naturale.

La terza componente di costo che determina la convenienza di “*early actions*” riguarda infine gli effetti di lungo periodo dell'adattamento anticipato.

Le *guidelines* del UKCIP (2004) suggeriscono una metodologia per strutturare l'analisi economica degli impatti e delle misure di adattamento, che parte dalla definizione di matrici di impatto. Le matrici sono una rappresentazione chiara ed efficace della concatenazione causa-effetto conseguente ad un preciso cambiamento climatico e riportano, per ciascun settore, i diversi ordini di impatto conseguenti al CC, dal livello più generale al particolare.

Partendo dai rischi principali ipotizzabili su scala regionale (come ad esempio l'aumento della frequenza di inondazioni), si definiscono le possibili conseguenze locali (come ad esempio la variazione dei flussi turistici in ciascuna località balneare). In particolare, le matrici descrivono:

- tutti i principali impatti diretti associati ad una specifica anomalia climatica;
- i potenziali impatti indiretti;
- i principali settori economici colpiti (con i relativi impatti di settore);
- nonché tutti gli *stakeholder* coinvolti.

Lungo le diverse catene causa-effetto così delineate, le matrici d'impatto evidenziano i sistemi di valutazione economica più appropriati per quantificare gli impatti diretti ed indiretti generati. La scelta dei metodi di valutazione economica, già ampiamente descritti nelle sezioni precedenti, dipende dalle caratteristiche del settore impattato e dal tipo di effetto considerato, dal livello di dettaglio che si desidera ottenere e, in ultimo, dal tipo di dati disponibili.

Nella tabella sottostante si considera per esempio il settore delle zone costiere e, come fenomeno di alterazione climatica, la crescita del livello medio del mare. La catena di causa-effetto scaturita da tale fenomeno genera una serie di impatti diretti sul territorio costiero tra cui, ad esempio, la perdita di suolo in prossimità della linea di costa. Tale impatto produce, a sua volta, una serie di impatti indiretti che si ripercuotono sul turismo attraverso la perdita di strutture ricettive o di ricreazione, e la conseguente riduzione di presenze turistiche. Gli *stakeholder* che potrebbero risentire maggiormente di tale fenomeno sono i operatori turistici, i turisti, le pubbliche amministrazioni e tutte le strutture ricettive e di ristorazione. Il metodo di valutazione economica suggerito è un metodo non market .

In base al quadro del sistema e ai legami causa-effetto individuati tra i fattori, è possibile individuare strategie di adattamento ad hoc e valutarne i costi e i benefici in base alle loro caratteristiche.

Tabella 12: Esempificazione di impatti relativi alle zone costiere

Cambiamento climatico: crescita del livello del mare (*)							
Impatti diretti	VG	Impatti indiretti potenziali	VG	Settore colpito	Impatti di settore potenziali	VG	Principali <i>stakeholder</i>
Perdita permanente e temporanea del suolo	NT	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	NT	
		Perdita di suolo agricolo	CO	Agricoltura	Perdita di produttività	NM	Aziende agricole e consumatori di
		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	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

Valutazione delle opzioni alternative di intervento

Una volta che i rischi/costi del cambiamento climatico sono stati valutati, e si sono stimate le risorse necessarie per l'implementazione delle diverse strategie di adattamento, l'informazione raccolta può essere descritta in forma sintetica in una matrice strutturata come mostrato nella tabella 2. I risultati delle diverse alternative di intervento (descritti in Tabella 2 come O_{ij} , con i pari al numero delle alternative e j pari al numero di scenari di cambiamento climatico considerati) possono allora essere confrontati sistematicamente per aiutare il decisore nella scelta della migliore strategia d'azione (compresa l'ipotesi di non-intervento).

A disposizione degli economisti, esistono diverse tecniche per la comparazione di azioni alternative (siano esse politiche, piani, programmi, regolamentazioni o progetti). Ci riferiamo a queste come a strumenti di supporto alle decisioni (o *decision-support-tools*).

Quando i risultati delle opzioni alternative (in Tabella 2, O_{ij}) possono essere quantificati in termini strettamente monetari, comunemente si ricorre all'uso di tecniche di Analisi Costi-Benefici (*cost-benefit analysis*, CBA; per una discussione Hanley, (2000).

Tuttavia, come già sottolineato, spesso non è possibile quantificare il valore monetario di tutti i possibili rischi, oppure il criterio monetario non è l'unico in base al quale valutare la bontà delle alternative di intervento. In questi casi è necessario ricorrere a strumenti di supporto alle decisioni alternativi, in grado di gestire diversi tipi di informazione, sia di tipo quantitativo che qualitativo, sia di tipo monetario che di tipo non-monetario (per una discussione Janssen and Munda 2000). Ci si riferisce in particolare alle analisi costi-efficacia (*cost-effectiveness analysis*, CEA), ed alle analisi multicriteri (*multi criteria analysis*, MCA), di seguito descritte.

Nella pratica, situazioni come quella appena descritta sono le più frequenti, data la complessità degli scenari e delle azioni da valutare e la carenza o inadeguatezza dei dati a disposizione. Il ricorso a metodi di comparazione di alternative di tipo *multicriteri*, o comunque non strettamente monetario, è pertanto il più utilizzato in simili contesti.

Tabella 13: Esempio di matrice degli impatti per la valutazione di opzioni alternative di intervento

		POSSIBILI SCENARI DI CAMBIAMENTO CLIMATICO		
		Scenario ₁	Scenario ₂	Scenario ₃
OPZIONI DI INTERVENTO	A1	O_{11}	...	O_{13}
	A2	...	O_{22}	...
	A3	O_{31}	...	O_{33}

Analisi multicriteri

L'analisi multicriteri è stata sviluppata per poter internalizzare nell'analisi economica aspetti di natura non strettamente economica, e per questo non quantificabili (o difficilmente quantificabili) in termini monetari. Non solo, le analisi MCA nascono per riuscire a gestire in modo ottimale la complessità tipica dei processi decisionali, che richiedono di adottare come criteri di valutazione, non solo quello dell'efficienza economica, ma anche altri criteri rivolti alla sostenibilità ambientale ed alla equità sociale. Anche nel caso delle azioni di intervento nell'ambito del CC altri criteri di valutazione possono essere importanti. Si pensi ad esempio al tema dell'irreversibilità delle azioni di mitigazione o adattamento, all'equità, al rischio ed all'incertezza o al grado di condivisione delle scelte politiche. Le tecniche di MCA consistono quindi nella definizione di un framework entro cui integrare le informazioni relative a tutti i criteri di giudizio presi in considerazione, senza prevedere necessariamente la stima monetaria di tutti i fattori, attraverso un sistema di tipo *scoring* e *weighting*.

Analisi costi benefici

Le tecniche di analisi costi benefici economica⁵ permettono di valutare se i vantaggi complessivi (benefici) di un certo progetto o intervento di *policy* (ad esempio una certa opzione di adattamento al CC), superano i relativi svantaggi (costi). Questo metodo di analisi richiede fundamentalmente la quantificazione in termini monetari di tutti i costi e benefici, comprese le cosiddette esternalità, ovvero tutti i beni e servizi che il mercato non riesce a catturare con un valore osservabile e misurabile, e che ricadono quindi su tutte le componenti impattate. La CBA in questo caso riguarda il benessere della collettività, e quindi deve prendere in considerazione non solo i costi ed i benefici che ricadrebbero sulle parti direttamente interessate dall'azione (piano, programma, progetto ecc.), ma anche gli impatti indiretti su altri gruppi portatori di interesse.

Analisi costi-efficacia

Analogamente alla CBA, anche l'analisi costi-efficacia guarda ai *trade-off* tra costi e benefici di un certo intervento. Tuttavia, rispetto alla CBA, i benefici sono misurati in termini non monetari. Inoltre, il risultato (il benefico netto) dell'intervento è simile per ciascuna alternativa considerata. Questo metodo può essere usato, ad esempio, per valutare quale è l'alternativa che garantisce il più alto livello di un certo beneficio fisico (ad esempio la maggiore riduzione del rischio a cui è esposta una certa popolazione), date le risorse a disposizione; oppure per valutare l'alternativa a minor costo, fissato l'obiettivo che si intende raggiungere (ad esempio un certo livello di fornitura di acqua per uso potabile).

⁵ Si fa qui un distinguo rispetto alla cosiddetta CBA finanziaria, che guarda alla redditività privata di un certo progetto.

METODOLOGIA GENERALE DI VALUTAZIONE: UN APPROCCIO PILOTA

Alla luce della discussione precedente, si propone qui uno schema metodologico per la valutazione come lo supporto alla decisione, che è articolato in sette fasi. Nei confronti della quadro metodologico proposto dall'IPCC (1991)⁶ questa articolazione tiene maggiormente conto della necessità di coinvolgere attori e stakeholders in momenti della valutazione e di tenere conto delle incertezze che sono una delle caratteristiche implicite nelle previsioni sugli impatti. La metodologia generale che si articola secondo le fasi illustrate nella Figura 2 ha rappresentato la base dell'approccio alla valutazione seguito nei casi studio che verranno presentati nel seguito. la presentazione dei casi studio avviene confrontando le attività svolte e risultati nelle singole fasi per ciascuno dei tre casi studio proposti.

- i) presentare l'approccio generale e gli aspetti metodologici comuni ai tre casi studio;
- ii) presentare gli aspetti particolari specifici dei tre casi di studio.
- iii)

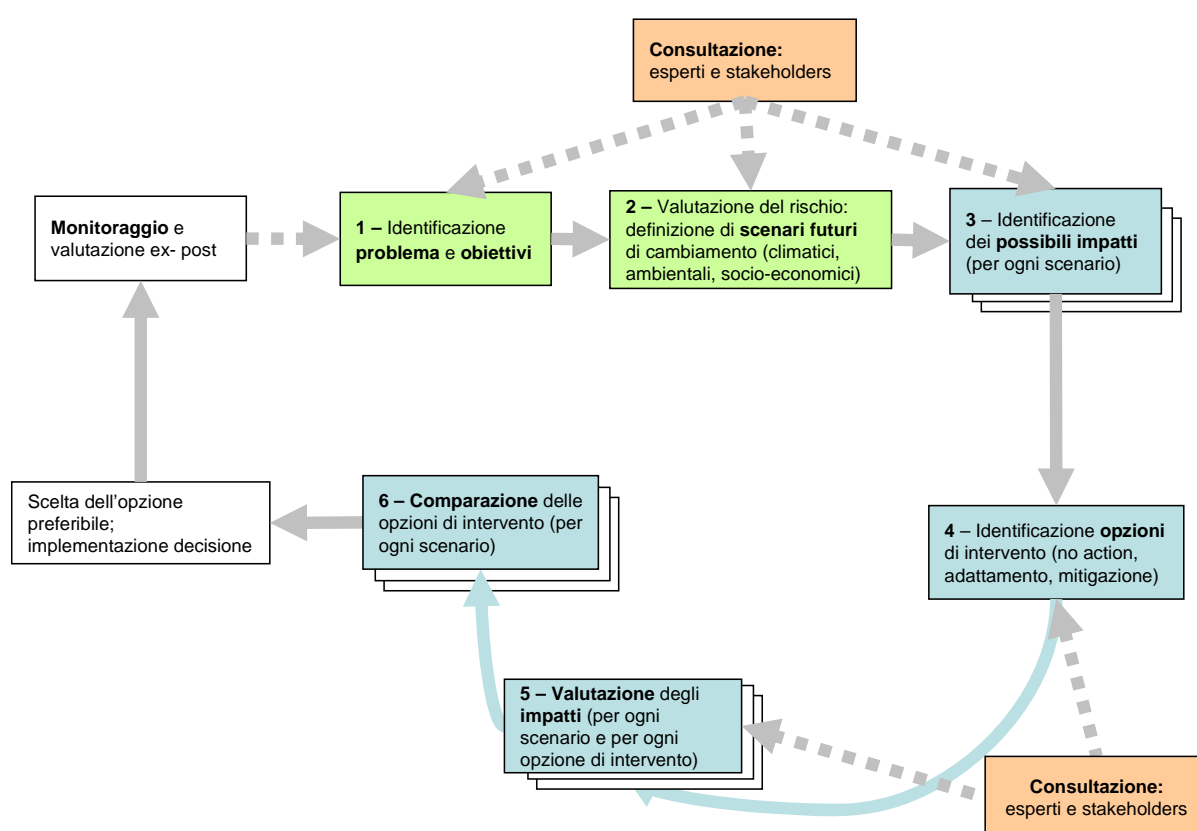


Figura 2: Schema della metodologia generale di valutazione dei costi e delle strategie di adattamento agli impatti del CC in aree costiere.

⁶ 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)

Appendice 2

Applicazione di approcci di valutazione per la stima dei costi del cambiamento climatico in aree vulnerabili: studi pilota a livello locale

Nel seguito vengono presentati tre casi di studio di valutazione economica degli impatti diretti del cambiamento climatico in tre aree costiere Italiane in cui sono stati compiuti o in corso attività di valutazione a livello locale, per illustrare l'approccio metodologico presentato fino a qui. Le zone analizzate sono aree costiere depresse, particolarmente vulnerabili al rischio di innalzamento del livello del mare indotto dal cambiamento climatico:

- Caso studio sulla piana di Fondi (Lazio)
- Caso studio sulla piana del fiume Sangro (Abruzzo)
- Caso studio sulla laguna di Grado e Marano (Friuli Venezia Giulia).

I casi studio sono il risultato di tre distinti progetti di ricerca condotti dalla Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM) in collaborazione con l'Ente per le Nuove Tecnologie l'Energia e l'Ambiente (ENEA), a partire dal 2002. Il caso studio sulla laguna di Grado e Marano (iniziato nel Maggio 2007) è condotto all'interno del progetto VECTOR-LINEA 3⁷, di cui ENEA è l'Ente responsabile.

Si tratta di esercizi di valutazione a livello locale, che non coprono tutta la gamma dei possibili impatti del cambiamento climatico in aree costiere. Gli studi considerano, caso per caso, le principali aree di vulnerabilità a livello locale fornendo delle prime stime sui relativi costi diretti (Fondi, Sangro, Grado e Marano) e sulla fattibilità di possibili strategie di adattamento (Fondi). L'approccio metodologico generale è comune e coerente nei tre casi presentati. Tuttavia, la metodologia adottata nelle tre aree analizzate risente delle finalità e delle condizioni di contesto nei diversi casi di studio, e per questa ragione è da considerarsi ad hoc e non ancora trasferibile a livello nazionale.

Il proseguo del documento presenta l'approccio metodologico generale utilizzato nei tre casi studio confrontando per ciascuna delle fasi dell'approccio le attività svolte nelle singole aree. Questa articolazione permette evidenziare gli aspetti metodologici comuni e particolari proposti in ciascuna area. In questo modo vengono identificati gli elementi della metodologia generale trasferibili a nuovi futuri contesti di valutazione, e quelli che necessitano invece di una revisione puntuale caso per caso. I risultati della valutazione condotta nei tre casi di studio sono discussi e, per quanto possibile, presentati in forma comparata. Infine, l'esperienza acquisita nei tre studi sarà discussa ed estrapolata a livello nazionale con una duplice finalità: fornire prime indicazioni sulle maggiori vulnerabilità socio-economiche presenti nelle aree costiere Italiane utili per le autorità preposte alla pianificazione e governo del territorio; presentare le più interessanti future linee di ricerca per la comunità scientifica.

⁷ "VARCOST": variazioni relative del livello del mare, impatto sulle aree costiere.

Fase 1 – Identificazione del problema e degli obiettivi dello studio

Aspetti metodologici generali

La prima fase prevede lo svolgimento di analisi di contesto e la raccolta di informazioni sull'area di studio preliminari alla definizione del piano di lavoro vero e proprio. Sulla base dei dati preesistenti (es. dati ISTAT, studi di settore, studi di carattere tecnico-scientifico sull'area ecc.), l'area di studio viene analizzata per delineare un primo quadro di riferimento sullo stato attuale del sistema ambientale, economico e sociale a livello locale. Tale analisi dello stato attuale costituirà lo scenario di riferimento per le successive fasi della metodologia di valutazione degli impatti.

I possibili impatti futuri del CC sul territorio e l'economia locale vengono dapprima elencati in forma di check-list, per essere successivamente (Fase 3) raccolti sistematicamente sotto forma di una tassonomia delle principali voci di impatto da sottoporre a valutazione economica.

Durante questa fase di screening degli impatti si costituisce e consolida il gruppo di lavoro. Fondamentale è il coinvolgimento di esperti di diverse discipline: ecologi, geologi, climatologi, ingegneri ed economisti ambientali. Nei tre casi di studio presentati il gruppo di lavoro ha sempre potuto usufruire di questo apporto multidisciplinare coinvolgendo, tra gli altri, climatologi e geologi dell'ENEA ed economisti ambientali della FEEM.

L'analisi di contesto e il coinvolgimento degli esperti che partecipano al gruppo di lavoro consente di giungere ad una shortlist delle voci di impatto più rilevanti da considerare nella successiva fase di valutazione economica degli impatti e delle strategie di adattamento. Vengono così identificati gli obiettivi puntuali della ricerca e definito un piano di lavoro.

Casi di studio

La Tabella 9 illustra sinteticamente gli obiettivi della ricerca e le caratteristiche salienti delle aree di studio, descritte brevemente di seguito.

FONDI

La ricerca ha un triplice obiettivo:

- analizzare i possibili costi di un innalzamento del livello del mare (SLR), sulla base di scenari di rischio di perdita di suolo al 2100, ipotizzando tre diverse alternative di adattamento
- stimare il valore monetario delle aree esposte ad un possibile rischio di allagamento perenne (perdita di suolo) per ogni ipotesi di adattamento considerata
- stabilire se l'adozione di misure di protezione delle aree sotto il livello del mare comporti un maggiore o minore dispendio di risorse rispetto all'ipotesi di non adattamento (non intervento)

La Piana di Fondi si estende su una superficie di circa 6000 ettari (di cui 1150 ha si trovano già oggi sotto il livello del mare). Il suo territorio comprende gran parte del Comune di Fondi (LT), oltre a piccole porzioni dei Comuni di Monte S.Biagio e Sperlonga. La popolazione si aggira intorno alle 30.000 unità, mentre il PIL pro capite è di circa EUR 13.000 annui.

Il territorio è caratterizzato da:

- un'ampia pianura bonificata ad uso agricolo (60% coltivazioni intensive in serra);
- una fascia litoranea di circa 14 Km con un'alta valenza turistico-balneare, ma ancora poco sfruttata;
- il lago di Fondi (lago salmastro ricco di specie rare), che possiede un grande potenziale turistico- naturalistico, ma non è tuttora valorizzato;
- un'economia fortemente sorretta settore agricolo/alimentare (piccole imprese familiari + Mercato Ortofrutticolo): più del 16% della popolazione attiva è impiegata in attività agricole o collegate all'agricoltura;
- una vasta area di demanio pubblico, adibita per lo più ad uso agricolo. Di questa, una porzione è soggetta ad autorizzazione alla modifica (probabile trasformazione in area edificabile e sviluppo di strutture ricettive per il turismo);
- un notevole numero di costruzioni abusive in aree a destinazione agricola.

SANGRO

La ricerca ha un duplice obiettivo:

- analizzare i possibili costi del CC, sulla base di diversi scenari di rischio di perdita di suolo, a seguito di un innalzamento del livello del mare o di un aumentato rischio alluvionale
- stimare il valore monetario delle aree esposte ad un possibile rischio di allagamento perenne (perdita di suolo) negli scenari futuri ipotizzati

L'area di studio è situata nella provincia di Chieti (Abruzzo), ha una superficie di circa 700 ettari e si estende occupando quasi interamente il territorio del comune di Fossacesia e parzialmente quello di Torino del Sangro. Tale area è ubicata in una zona depressa che include la foce del fiume Sangro ed è delimitata a est dal litorale adriatico e sui restanti lati da colline degradanti verso il corso del fiume. L'area di interesse non include i centri storici dei comuni sopra citati, dal momento che questi in passato furono collocati sulle alture circostanti la piana Sangro per evitare i danni provocati dalle frequenti esondazioni del fiume e il rischio di epidemie di malaria. Tuttavia, a seguito della crescente valenza turistica che ha assunto nel tempo la zona, si sono sviluppati dei centri urbani secondari sulla costa: Marina di Fossacesia e Marina di Torino del Sangro. L'interesse turistico per queste località è in continua crescita, grazie al miglioramento della ricettività in atto ed alle attrattive naturali e storico-culturali presenti. Il litorale è costituito da un'unica ampia fascia costiera bassa e sabbiosa, limitata a nord dal promontorio della Punta del Cavalluccio, ed è caratterizzato dalla particolare presenza dei Trabocchi, antiche strutture adibite alla pesca che si ergono sugli scogli

affioranti a pochi metri dalla riva, tipici di questo tratto della costa teatina e oggi di alta valenza turistica. L'area di studio è adiacente, e in minima parte include, la Riserva Naturale Regionale "Lecceta Litoranea di Torino di Sangro" (istituita con la L.R. n.62 del 19-12-2001), unica area boschiva di grandi dimensioni (175 ettari) sulla costa adriatica che non sia frutto di rimboschimenti. Inoltre, la foce del fiume Sangro costituisce un luogo di svernamento e di transito di molte specie di uccelli migratori tra cui anche specie di elevato valore ecologico, come la pispola golarossa, dove ancora nidificano specie in declino nell'areale europeo, come il martin pescatore e il gruccione. Si tratta dunque di una porzione di territorio di pregio, ad alta valenza naturalistica, meritevole di essere conservata.

GRADO E MARANO

La ricerca ha un triplice obiettivo:

- analizzare i possibili costi del CC, sulla base di diversi scenari di rischio di perdita di suolo dovuti ad un innalzamento del livello del mare
- stimare il valore monetario di alcune importanti voci di impatto diretto sulle aree esposte ad un possibile rischio di allagamento perenne: costo della perdita permanente di suolo, valore di altre voci di impatto su beni non-market (es. perdita di habitat e biodiversità)
- applicare processi partecipati per l'identificazione degli impatti rilevanti e per la definizione, e successiva valutazione, di possibili strategie di adattamento

Con una superficie di oltre 15.000 ettari per una lunghezza che supera i 30 chilometri e una larghezza media di 5 chilometri, oltre ai 20 chilometri di allineamento di isole e cordoni litorali che la delimitano a mare, la laguna di Grado e Marano si colloca nell'estremo lembo settentrionale del Mare Adriatico e rappresenta la chiusura del sistema deltizio-lagunare che si sviluppa da Ravenna alla foce dell'Isonzo. Nella pianura che circonda il bacino lagunare viene praticata un'agricoltura con caratteri di elevata produttività. Il 70% della terra è arabile, e per la maggior parte coltivata a soia, barbabietola e cereali (frumento, orzo, mais), oltre che a vigneto o colture agricole specializzate. Inoltre sono presenti numerosi allevamenti zootecnici sia di piccola entità, sia di notevoli dimensioni.

La pesca in laguna è stata per secoli fonte di sostentamento delle popolazioni locali ed è ancora oggi un'importante attività economica. Negli ultimi anni si è registrato un trend negativo per il passaggio di alcuni operatori ad altre attività economiche. Desto preoccupazione l'attuale espansione dei popolamenti della vongola filippina, specie alloctona intensamente pescata. Le acque lagunari sono inoltre state utilizzate per sperimentazioni di molluschicoltura e per alcune coltivazioni sperimentali dell'alga rossa *Gracilaria verrucosa* (autoctona), per l'industria farmaceutica e alimentare. La acquicoltura è diffusa fin dai tempi antichi nell'alto Adriatico. In laguna di Marano sono presenti 17 valli da pesca per 320 ha di superficie, in laguna di Grado 38 per un totale di 1.410 ha. Vengono allevate specie ittiche dell'ambiente lagunare: orate, branzini, cefali ed anguille.

Il settore industriale prevalente nell'area, in particolare nella zona del fiume Aussa-Corno, è quello chimico, sia per addetti che per superficie occupata.

L'affluenza turistica in zona è molto rilevante, soprattutto a Lignano e a Grado. Il turismo prevalente è quello di tipo estivo-balneare e nautico. A Grado è inoltre presente un'attività di turismo termale. Il turismo naturalistico è in via di sviluppo e interessa prevalentemente l'Oasi avifaunistica e il Centro visite di Marano lagunare, presso la Riserva naturale Valle Canal Novo.

La laguna di Grado e Marano è un'area umida tra le più importanti a livello nazionale ed internazionale, facente parte della rete delle aree umide riconosciute dalla Convenzione di Ramsar, e della rete nazionale delle aree da tutelare (rete Natura 2000, Bioitaly, Sito di Importanza Comunitaria e ZPS).

All'interno della laguna sono presenti diverse riserve naturali, come le Riserve naturali Regionali delle Foci dello Stella e della Valle Canal Novo, o le più orientali Riserve della Valle Cavanata e della Foce dell'Isonzo.

Tabella 14 Inquadramento e caratteristiche delle aree, obiettivi della ricerca nei tre casi di studio.

Caso di studio	Localizzazione	Inquadramento geografico e ambientale	Inquadramento socio-economico	Obiettivi della ricerca
Fondi	Lazio	Pianura alluvionale Area: 6000 ha di cui 1150 ha sotto il livello del mare (s.l.m.) Habitat naturali: lago di Fondi Biodiversità: specie rare	Comuni: Fondi, Monte S. Biagio, Sperlonga Popolazione: 30.000 abitanti Reddito annuo (2002) pro-capite: €13.000 Agricoltura: piccole imprese a carattere familiare Turismo: 14 km di coste	Analizzare i costi del CC, per diversi scenari di rischio di SLR e per tre ipotesi di adattamento Stimare il valore monetario delle aree esposte ad un possibile rischio di allagamento perenne per gli scenari considerati
Sangro	Abruzzo	Pianura alluvionale Area: 700 ha di cui 28 s.l.m. Habitat naturali: lecceta (sito SIC Natura2000), biotipo vegetale di pregio Biodiversità: foce del sangro ricca in fauna avicola	Comuni: Fossacesia, Torino del Sangro Popolazione (2005): 6.000 abitanti Densità abitativa: 142 abitanti/km ² Agricoltura: interessa il 72% dell'area di cui seminativi (81%), oliveti (7%), vigneti (3%) Turismo: turismo locale, 12 stabilimenti balnear, 1 porto turistico	Analizzare i possibili costi del CC, sulla base di diversi scenari di rischio di SLR o di un aumentato rischio alluvionale Stimare il valore monetario delle aree esposte ad un possibile rischio di perdita di suolo negli scenari considerati
Grado e Marano	Friuli Venezia Giulia	Laguna Area: 15.000 ha Area umida protetta dalla Convenzione di Ramsar Riserve naturali: “Foci dello Stella”, “Valle Canal Novo”, “Valle Cavanata” e della “Foce dell’Isonzo”	Comuni: Lignano, Grado, Marano, Popolazione (2005): 17.590 abitanti Densità abitativa: 117 abitanti/km ² Agricoltura: interessa il 70% dell'area coltivata prevalentemente a soia, barbabietola e cereali (frumento, orzo, mais), vigneti Acquacultura: allevamenti di molluschi e pesci (orate, branzini, ecc.) Turismo: alta vocazione turistica,	Analizzare costi del CC, per diversi scenari di rischio di innalzamento del livello del mare stimare il valore monetario di alcune importanti voci di impatto diretto sulle aree esposte ad un possibile rischio di allagamento perenne applicare processi partecipati per identificare impatti rilevanti e per definire/valutare possibili strategie di adattamento

Fase 2 – Definizione di scenari futuri

Aspetti metodologici generali

La seconda fase dello studio amplia l'analisi di contesto e porta all'identificazione di una tassonomia degli impatti potenziali del CC nelle aree costiere considerate, alla luce degli scenari di rischio futuri presi in considerazione.

Come sottolineato in precedenza, la metodologia generale seguita nei tre casi di studio adotta un approccio multiscenario, considerando non uno ma più scenari futuri, sulla base dei quali fornire una valutazione dei possibili costi degli impatti.

Gli scenari futuri sono definiti facendo assunzioni su uno o più delle seguenti dimensioni del sistema passibili di cambiamento:

- **Meteo-climatica:** ad esempio, temperature, precipitazioni, regime di venti e correnti, frequenza e intensità di eventi estremi, ecc.
- **Ambientale:** ad esempio, stato di conservazione delle aree naturali o semi-naturali, qualità e disponibilità di risorse idriche, qualità e disponibilità di altre risorse naturali, qualità e rilevanza di ecosistemi con alto valore in biodiversità e funzione di supporto alla vita, ecc.
- **Sociale:** ad esempio, tasso di crescita della popolazione, composizione della popolazione (per sesso, età, livello di reddito, livello di educazione), tasso di occupazione/discoccupazione per settore, problemi sanitari, ecc.
- **Economica:** ad esempio, PIL per settore, tasso di crescita per settore, livello di crescita tecnologica delle imprese, ecc.
- **Amministrativa (policy):** ad esempio, pianificazione territoriale e cambi d'uso del suolo, gestione delle risorse ambientali, livello di attenzione alle problematiche ambientali, capacità di risposta in caso di calamità, ecc.

Inoltre, le assunzioni sull'evoluzione futura di ciascuna delle dimensioni sopra elencate possono fare riferimento a uno o più intervalli temporali. Generalmente si considerano scenari futuri a medio (2025, 2050) e lungo termine (2085, 2100) (vedi IPCC, 1999).

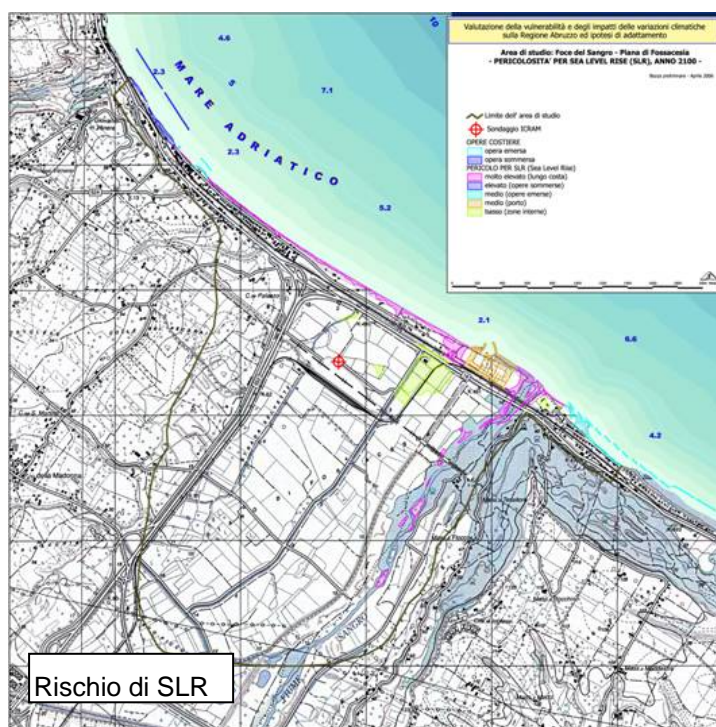
Ne consegue che, per ogni periodo di riferimento, la descrizione degli scenari futuri n-esimi, sulla base dello stato di ogni dimensione passibile di cambiamento m-esima, può essere articolata in forma di matrice, come illustrato nella seguente Tabella.

Tabella 15: Esempio di descrizione degli scenari futuri al 2100.

SCENARI FUTURI	DIMENSIONI*8		
	Dimensione1	...	Dimensionem
Scenario1	stato11	stato 12	stato 1m
Scenario2	stato 21	stato 22	...
...
Scenarion	stato n1	...	stato nm

Una volta definiti gli scenari futuri da considerare è quindi possibile procedere alla identificazione degli impatti rilevanti sul territorio (Fase 3) per ciascuno di essi.

Le informazioni sui possibili effetti attesi in ciascuno scenario di rischio possono essere georeferenziata e presentate in forma di mappe sviluppate in ambiente GIS (Geographical Information System). Tre esempi di mappe di rischio per scenari alternativi di innalzamento del livello del mare sono riportati in Figura 3.



⁸ Dimensioni soggette a variazione nel futuro.

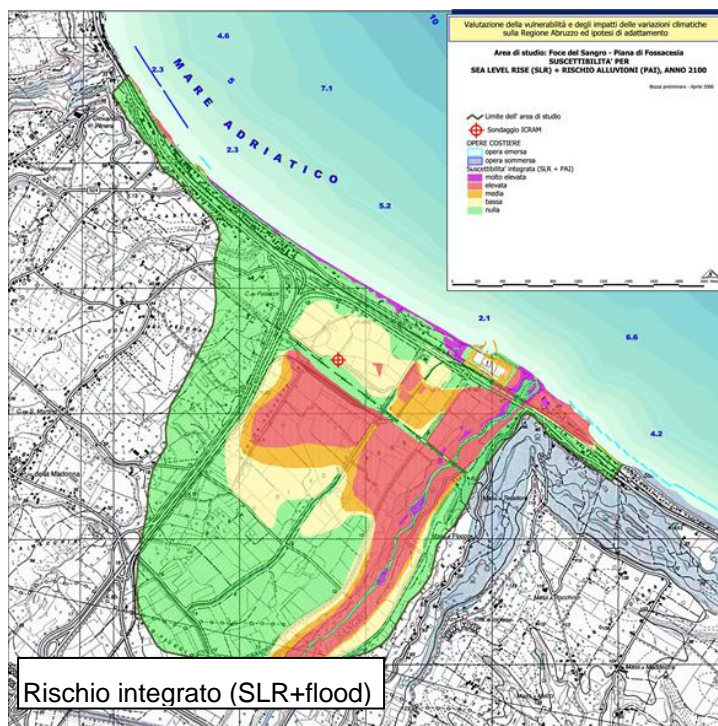
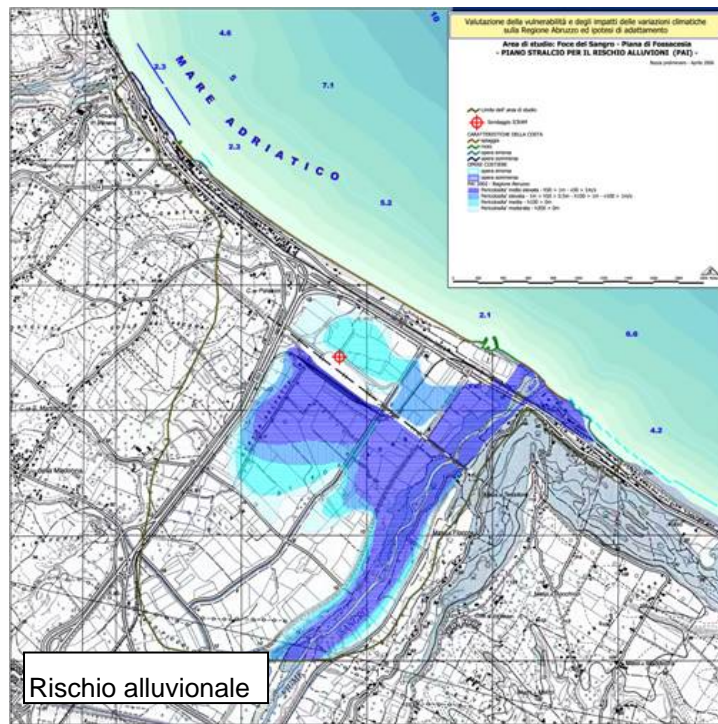


Figura 3: Esempi di mappe di rischio per diversi scenari al 2100 utilizzate nel caso studio sulla Piana del Sangro.

Casi di studio

In particolare, tra le principali voci di rischio del CC in aree costiere, i tre casi di studio considerano scenari di rischio futuro relativi ad un possibile innalzamento del livello del mare (Sea-Level-Rise, SLR). Tutti i casi analizzati infatti riguardano aree costiere depresse particolarmente vulnerabili a questo tipo di rischio (si veda ENEA, 2007). Gli impatti

principali riguardano pertanto il possibile allagamento di alcune porzioni di territorio e la conseguente perdita permanente di suolo (vedi Antonioli, 2003).

FONDI

Si considerano scenari futuri di SLR elaborati dal gruppo di ricerca ENEA. Gli scenari individuano le aree a rischio (sotto quota zero) in tre punti temporali corrispondenti a diversi livelli del mare (2002, 2050, 2100). L'analisi su tre punti temporali consente di formulare ipotesi accurate sulla funzione di perdita del suolo nell'intervallo di tempo considerato: 2002-2100.

Inoltre, per tenere conto dell'incertezza sullo stato futuro dell'area dal punto di vista del regime edificatorio e sull'uso del suolo si considerano i seguenti due scenari:

Low: valore nullo case abusive

basso valore case in area con autorizzazione alla modifica

alta % terreno torboso, bassa % terreno a serra

High: $0 < \text{valore case abusive} < \text{valore case in terreno edificabile}$

$> \text{valore case in area con autorizzazione alla modifica}$

$< \% \text{ terreno torboso}, > \% \text{ terreno a serra}$

SANGRO

Si considerano scenari futuri di SLR al 2100 forniti dal gruppo di ricerca ENEA-ICRAM. Gli scenari individuano le aree a rischio (sotto quota zero) in un solo punto temporale relativo al 2100. Si assume che la perdita di suolo nel periodo considerato (2004-2100) segua un andamento lineare con velocità di allagamento costante nel tempo.

Gli scenari futuri sono elaborati facendo assunzioni sul rischio di SLR e sul rischio di allagamento (esondazione del fiume Sangro) indotto dal variare della frequenza ed intensità delle precipitazioni.

Si considerano i seguenti scenari.

Scenario "2100-zero": il cambiamento climatico induce un innalzamento del livello del mare. L'entità del SLR è assunta pari a quanto stimato dal gruppo di ricerca ENEA-ICRAM. Non si considera il rischio alluvionale. In questo scenario, l'area di studio risulta caratterizzata da livelli di rischio più o meno elevati, secondo una scala a cinque classi (da rischio nullo a rischio molto elevato)

Scenario "2100 A": il cambiamento climatico induce un innalzamento del livello del mare. L'entità del SLR è assunta pari a quanto stimato dal gruppo di ricerca ENEA-ICRAM. L'area di studio risulta interessata da diversi livelli di rischio di SLR, classificati in cinque categorie: da rischio 'nullo' a rischio 'molto elevato'. Si ipotizza che non vi siano altre alterazioni nei parametri meteo-climatici indotte dal CC. In particolare, la frequenza e l'intensità di precipitazioni a carattere intenso (maggiori responsabili di eventi alluvionali) rimane costante.

È possibile assumere che il rischio alluvionale rimanga anch'esso costante ed uguale a quanto assunto per lo scenario di riferimento. Sulla base di queste ipotesi di elabora uno scenario di rischio integrato (vedi Figura 3).

Scenario "2100 B": il cambiamento climatico induce un innalzamento del livello del mare. L'entità del SLR è pari a quanto stimato per lo scenario "2100 A". Si ipotizza che il CC induca inoltre una diminuzione della frequenza e dell'intensità dei fenomeni di precipitazione a carattere intenso, con la conseguente diminuzione del rischio di esondazione da parte del fiume Sangro. Complessivamente, il livello di rischio integrato diminuisce.

Scenario "2100 C": il cambiamento climatico induce un innalzamento del livello del mare. L'entità del SLR è pari a quanto stimato per lo scenario "2100 A". A differenza dello scenario A, si ipotizza inoltre che il CC induca anche un aumento della frequenza e dell'intensità dei fenomeni di precipitazione a carattere intenso, con il conseguente aumento del rischio di esondazione da parte del fiume Sangro. Complessivamente, il livello di rischio integrato aumenta.

Infine, l'analisi ipotizza cambiamenti nell'assetto socio-economico futuro del territorio, onde poter analizzare la variabilità dei danni indotti dal CC anche in funzione dell'evoluzione del sistema economico locale. Gli scenari economici ipotizzati si basano su assunzioni non avvalorate da studi specifici, che tuttavia prendono in considerazione le attuali tendenze riscontrate nell'area di studio. Si considerano i seguenti scenari:

Scenario "turismo medio": si assume che le zone costiere classificate in categoria "C" a bassa valenza turistica (Decreto n°342/1998 e successive modificazioni), passino alla categoria "B", a valenza turistica normale.

Scenario "turismo alto": si assume che le zone costiere classificate in categoria "C" a bassa valenza turistica (Decreto n°342/1998 e successive modificazioni), passino alla categoria "A", a elevata valenza turistica.

GRADO E MARANO

Lo studio (in corso di svolgimento) considererà scenari futuri di SLR elaborati dal gruppo di ricerca ENEA. Gli scenari individueranno le aree a rischio (sotto quota zero) in alcuni punti temporali corrispondenti a diversi livelli del mare (es. 2007, 2050, 2100). L'analisi su più punti temporali consentirà di formulare ipotesi accurate sulla funzione di perdita del suolo nell'intervallo di tempo considerato: 2007- 2100.

Inoltre, lo studio intende formulare alcune ipotesi sulla possibile evoluzione futura delle condizioni socio-economiche dell'area di studio. In questo modo sarà possibile formulare scenari futuri non strettamente ambientali ma di tipo socio-economico.

Fase 3 – Identificazione degli impatti potenziali

Aspetti metodologici generali

La fase di identificazione degli impatti avviene con il coinvolgimento degli esperti facenti parte del gruppo di lavoro. Tuttavia, come già sottolineato è possibile prevedere anche il coinvolgimento diretto dei principali attori locali (stakeholders) coinvolti dal problema, e portatori di diverse istanze (ad esempio: amministratori pubblici, associazioni di categoria, imprenditori, associazioni di cittadini, famiglie, ecc.). Allo stesso modo, è possibile coinvolgere esperti di varie discipline esterni al gruppo di lavoro, con una particolare conoscenza dell'area di studio. Tale coinvolgimento può avvenire con:

- consultazioni ad hoc svolte durante sopralluoghi nell'area di studio;
- strumenti appositi per il coinvolgimento degli attori in processi partecipati, quale il modello NetSyMoD (Network Analysis – Creative System Modelling – Decision Support) sviluppato dalla FEEM.

In questo modo è possibile definire una tassonomia particolareggiata delle voci di impatto potenziale nelle aree costiere analizzate. Un esempio è illustrato nella Tabella 11.

Casi di studio

In tutti i casi di studio il principale impatto considerato è relativo alla perdita permanente di suolo indotta dal rischio di innalzamento del livello del mare (SLR).

Tale impatto genera a sua volta una serie di effetti sul territorio, che possono configurarsi come voci di costo per il sistema locale, ed essere quindi stimati in termini monetari (quando possibile). La Tabella 11 riporta un dettaglio delle relazioni di causa-effetto (SLR – impatti sul territorio) indicando, per ciascun settore, i diversi ordini di impatto, dal livello più generale al particolare. Considerando la perdita di suolo come il principale impatto diretto nell'area di studio, la matrice descrive:

- specifici impatti diretti
- principali settori economici colpiti (e relativi impatti di settore)
- gruppi portatori di interesse coinvolti

Va sottolineato che la metodologia di valutazione dei costi qui adottata (vedi Fase 4) si limita ad una stima dei costi degli impatti diretti, mentre fornisce esclusivamente una analisi qualitativa dei possibili impatti indiretti sul territorio.

- In particolare vengono considerati i seguenti impatti diretti:
- perdita di proprietà in aree residenziali;
- perdita di suolo agricolo;

- perdita di suolo dedicato ad attività industriali o commerciali;
- perdita di siti ricreativi;
- perdita di suolo con habitat naturale;
- impatti su infrastrutture (residenziali, industriali, di trasporto⁹).

⁹ Questa tipologia di impatto, ritenuta rilevante, non viene tuttavia stimata nei presenti casi di studio, richiedendo una valutazione di dettaglio più approfondita per il reperimento di dati affidabili e significativi ai fini dell'indagine.

Tabella 16 Esempio di classificazione degli impatti potenziali derivanti da un innalzamento del livello del mare.

Innalzamento del livello del mare				
Impatto generico	Impatti diretti specifici	Settore colpito	Impatti indiretti potenziali	Principali stakeholders
Perdita permanente e temporanea del suolo	Perdita di proprietà	Settore domestico	Ridotta salubrità ambientale Perdita di valore commerciale Cambiamenti nella domanda di proprietà nell'area colpita	Famiglie, individui, imprese di costruzioni, proprietari terrieri, amministrazioni locali, compagnie assicurative
	Perdita di suolo agricolo	Agricoltura	Perdita di produttività	Aziende agricole e consumatori di prodotti agricoli
	Impatto su infrastrutture di trasporto	Tutti i settori	Pianificazione e riassetto territoriale Perdita temporanea di servizi di trasporto Spese e gestione di ripristino	Popolazione locale, imprese, turisti, produttori, impiegati, regolatori, autorità pubbliche, compagnie assicurative
	Perdita di suolo con habitat naturali	Habitat naturali	Perdita di specie/ecosistemi Migrazione di Specie/ecosistemi	Turisti, autorità pubbliche, organizzazioni nazionali
	Allagamento di aree depresse	Habitat naturali	Perdita di specie/ecosistemi Migrazione di Specie/ecosistemi	Turisti, autorità pubbliche, organizzazioni nazionali
	Perdita di siti ricreativi	Turismo Aree costiere	Riduzione di affluenze nel sito colpito Scelta di siti alternativi	Turisti, tour operator, istituzioni pubbliche, strutture ricettive e di ristorazione
	Perdita di suolo in siti industriali o aree commerciali	Tutti i settori	Pianificazione e riassetto territoriale Perdita temporanea di produttività Gestione di ripristino Indennizzi Ridotta salubrità ambientale	Popolazione locale, produttori, impiegati, regolatori, autorità pubbliche, compagnie assicurative

Fase 4 – Definizione di ipotesi adattamento

Aspetti metodologici generali

Successivamente alla identificazione delle tipologie di impatti da considerare, è possibile procedere alla definizione di ipotesi di intervento da sottoporre a valutazione. Nel caso di valutazioni su scala locale, come quelle presentate qui, le possibili strategie di intervento si limitano alle cosiddette strategie di adattamento¹⁰. Si tratta di azioni messe in atto per consentire al sistema interessato di reagire al processo di cambiamento, minimizzando le conseguenze negative e sfruttandone le opportunità positive (si veda tra gli altri: Fankhauser, 2006; Ferrara, 2007). Le strategie di adattamento prendono le mosse dalle analisi degli impatti e dei futuri scenari degli impatti stessi. Quindi, il livello e la tipologia delle ipotesi di adattamento formulate in questa fase dipende dalla vulnerabilità, ovvero dal grado di suscettibilità di un sistema agli effetti negativi dei cambiamenti climatici, e dai risultati emersi nelle fasi precedenti (Fase 1, 2 e 3).

Le strategie di adattamento al rischio di SLR in aree costiere sono numerose e estremamente diversificate. Innanzitutto, è necessario fare un distinguo tra adattamento autonomo del sistema naturale e adattamento pianificato dall'uomo. Il primo attiene alla resilienza del sistema naturale, ovvero alla capacità del sistema di rispondere allo stress esterno ristabilendo condizioni di equilibrio grazie alle sue capacità di elasticità e di recupero rispetto alla causa dello squilibrio. Il secondo, invece comprende interventi pianificati dall'uomo nella forma di azioni tecnologiche (es. difese rigide costiere), misure "comportamentali" (modificare alcune scelte, per esempio ricreative); interventi gestionali (es. modificare le pratiche agricole in zone a rischio di inondazione); decisioni strategiche di policy (es. regolamentazione per la pianificazione).

Come per l'identificazione degli impatti rilevanti, anche la fase di definizione delle ipotesi di adattamento può derivare da considerazioni condotte all'interno del gruppo di lavoro, oppure essere il frutto di un processo partecipato di coinvolgimento degli attori locali. Le strategie di adattamento infatti rappresentano un problema a livello locale, e come tali le scelte nel campo dell'adattamento dovrebbero essere prese basandosi principalmente su processi decisionali portati avanti a livello locale.

Dal punto di vista pratico, come per la Fase 2, il coinvolgimento degli attori locali può essere:

- formalizzato applicando il modello di partecipazione NetSyMoD (Network Analysis – Creative System Modelling – Decision Support);
- oppure limitarsi a consultazioni ad hoc durante ricognizioni e sopralluoghi nell'area di studio.

¹⁰ Viceversa, azioni di mitigazione (principalmente volte a ridurre le emissioni di gas serra), devono necessariamente essere coordinate a livello internazionale (Fankhauser, 2006).

Sulla base della letteratura esistente (tra gli altri: IPCC, 1990; Evans et al., 2005; Ferrara, 2006), e viste le caratteristiche delle aree in studio, la metodologia qui applicata considera una o più delle seguenti ipotesi di adattamento:

- Ipotesi 1: nessun adattamento e conseguente rischio di perdita permanente di suolo
- Ipotesi 2: potenziamento di preesistenti sistemi di bonifica (es. idrovore) o di difesa dell'area costiera (es. dighe)
- Ipotesi 3: conservazione e ricostruzione di sistemi naturali di protezione¹¹ dal mare (dune, isole, ecc.)

E' possibile condurre un'analisi di costo-efficacia (o costo-beneficio) anche rispetto ad una sola opzione di adattamento. La scelta di indagare più alternative di adattamento è stata fatta anche nella prospettiva di estendere questo genere di studio oltre l'ottica strettamente economica. Nel momento in cui vengono considerate anche altre variabili (es: esistenza di portatori d'interesse con preferenze differenti rispetto alle opzioni di adattamento), la considerazione di più alternative permette di effettuare analisi più complesse, come analisi multicriteri.

A questo punto è possibile procedere alla stima del costo degli impatti del CC tenuto conto degli scenari futuri (Fase 3) e delle ipotesi di adattamento (Fase 4) identificate.

Casi di studio

FONDI

Il fine ultimo dell'analisi sulla Piana di Fondi è stabilire se l'adozione di misure di protezione delle aree sotto il livello del mare comporti un maggiore o minore dispendio di risorse rispetto all'ipotesi di non intervento. A questo scopo lo studio analizza tre diverse opzioni di adattamento al rischio di SLR.

Le ipotesi di adattamento considerate sono:

- Ipotesi 1: Assenza di adattamento
- Ipotesi 2: Potenziamento del già esistente sistema di bonifica
- Ipotesi 3: Ricostruzione dell'antica duna naturale per la protezione delle aree retrodunari

¹¹ Quelle che Evans (2005) definisce azioni di gestione della morfologia costiera che permettendo o incoraggiano modifiche nella linea di costa per affrontare le cause forzanti.

SANGRO

Lo studio condotto sulla Piana del Sangro analizza la variabilità della stima dei costi dovuti alla perdita permanente di suolo al variare di: i) rischio di SLR; ii) rischio alluvionale indotto da variazioni nella frequenza ed intensità di eventi estremi.

Lo studio considera la sola Ipotesi 1 di “assenza di adattamento”.

GRADO E MARANO

Lo studio condotto sulla Laguna di Grado e Marano (in corso di svolgimento) intende stimare le principali voci di costo degli impatti del CC dovuti ad un possibile innalzamento del livello del mare. In particolare, l'analisi prenderà in considerazione il valore delle aree soggette ad allagamento (nell'ipotesi di allagamento perenne) e altre importanti voci di impatto sul territorio identificate mediante l'approccio partecipato NetSyMod.

Analogamente, l'applicazione dell'approccio partecipato NetSyMod consentirà di pervenire ad una visione condivisa sulle possibili strategie di adattamento da sottoporre ad analisi economica (mediante analisi costi-benefici (CBA) o multicriteri, MCA).

Fase 5 – Valutazione degli impatti

Aspetti metodologici generali

Stante gli scenari di rischio e la tipologia di impatti presi in considerazione, la metodologia di valutazione stima il valore monetario delle aree esposte a rischio di allagamento permanente, per ogni scenario di rischio identificato (Fase 3) e per ogni ipotesi di adattamento considerata (Fase 4). In altri termini, il danno conseguente all'impatto del SLR consiste nel valore economico della terraferma a rischio di allagamento. Si assume cioè che, nel caso di assenza di adattamento, tutta l'area che entro il 2100 sarà sotto il livello del mare andrà perduta (allagamento permanente).

Il valore delle aree allagabili dipende strettamente dai seguenti fattori:

- valore dell'area (commerciale e totale)
- valore commerciale di infrastrutture
- reddito generato nell'area
- tasso di sconto
- livello di rischio e incertezza

Di seguito si descrive brevemente la trattazione di ciascuno dei fattori che influenzano il valore delle aree a rischio.

Valore dell'area

Il valore commerciale dell'area varia in funzione della tipologia d'uso del suolo (terreni agricoli, aree urbane edificate, zone industriali, ecc) e del regime di proprietà ivi presente.

Il punto di partenza per la stima dei costi della perdita del suolo è quindi l'analisi del territorio in base alla destinazione d'uso del suolo, indispensabile per conoscere esattamente quali potrebbero essere i beni impattati¹². In particolare, l'analisi prende in considerazione la classificazione d'uso del suolo CORINE land cover, disponibile in forma georeferenziata per tutte e tre le aree di studio. Tale analisi su base GIS (Geographical Information System) viene inoltre supportata da sopralluoghi in campo.

¹² La tipologia di beni impattati è rilevante poiché la metodologia di stima dei costi da utilizzare dipende strettamente dalla natura del bene/servizio colpito (un bene ambientale, un immobile, un'attività produttiva, ecc.).

Si calcolano quindi l'estensione, l'incidenza percentuale e la distribuzione spaziale delle diverse tipologie di uso del suolo nelle aree di studio per ciascuno scenario futuro considerato, stimando la variazione dello stock a rischio per ciascuno di essi. Vengono inoltre preparate carte d'uso del suolo per le aree in studio. Un esempio è riportato in Figura 4.

Il valore monetario del cambiamento dello stock a rischio (il suolo) è calcolato sulla base dei valori correnti di mercato, per ciascuna tipologia di terreno. I valori unitari (al metro quadrato) sono stimati sulla base di dati di mercato a livello comunale.

I dati sono raccolti in un database che riporta i valori unitari assunti per ciascun comune e per ciascun tipo di destinazione d'uso presente nel territorio di studio. Sono inoltre indicati la fonte e l'anno dei dati, nonché eventuali assunzioni o ipotesi semplificatrici utilizzate ai fini dell'indagine. Un esempio di valori unitari per tipologia di terreno è presentato in Tabella 14.

In particolare:

- Terreni urbanizzati
- I valori dei terreni urbanizzati, ospitanti attività residenziali, industriali o commerciali, sono ricavati:

facendo riferimento alla banca dati sulle quotazioni immobiliari dell'Agenzia del Territorio (Ministero Infrastrutture e Territorio). Tale banca dati riporta i valori immobiliari aggiornati al secondo semestre 2005, secondo la classificazione in 'microzone' utilizzata dal catasto

- oppure, mediante interviste ad operatori locali (es. agenzie immobiliari)
- Terreni agricoli
- I valori dei terreni agricoli sono stimati:
 - facendo riferimento al Valore Agricolo Medio (VAM), definito da leggi provinciali per regioni agrarie e per tipologia colturale
 - facendo riferimento alla banca dati sui valori dei terreni agricoli dell'INEA (Istituto Nazionale di Economia Agraria)
- Habitat naturali

Più complessa è invece l'attribuzione del valore monetario a impatti su beni ambientali o habitat naturali. Il valore economico totale dei danni a questa tipologia di beni è infatti solo parzialmente catturato dal loro valore commerciale che, quando disponibile, ne rappresenta una sottostima. Tuttavia, in prima approssimazione, la metodologia proposta attribuisce un valore monetario agli habitat naturali sulla base dei relativi valori di mercato.

In particolare questo è il caso delle spiagge (aree demaniali costiere), il cui valore è stimato considerando i canoni di concessione per attività turistico-ricreative stabiliti a livello ministeriale¹³.

Analogamente, il valore commerciale di alcune tipologie di habitat naturali o semi-naturali è ricavabile dal VAM stabilito da leggi provinciali. Ad esempio: boschi di latifoglie, brughiere e cespuglieti.

Si tratta tuttavia di una sottostima, che cattura solo i valori d'uso di questi beni (spiagge, boschi), e non i relativi valori di non-uso (di esistenza, estetico, di supporto alla vita, ecc.).

Inoltre, per altri beni ambientali che negli scenari futuri risultano impattati (es. formazioni riparie, aree a ricolonizzazione naturale, biodiversità), non è possibile nemmeno l'attribuzione di un valore sottostimato, trattandosi di beni senza mercato per cui non esistono nemmeno mercati collegati da utilizzare come *proxy* (per una discussione vedi Nunes e van den Bergh, (2004)). Questa tipologia di beni richiede pertanto l'utilizzo di metodi di valutazione appositi che comportano un notevole onere e studi ad hoc: metodi delle preferenze espresse (*stated preference methods*) o rivelate (*revealed preference methods*) (vedi UKCIP 2004; Travisi, Bordogna et al. 2005). Una quantificazione completa del valore economico dei possibili danni futuri al patrimonio ambientale potrà essere condotta in una successiva e più approfondita fase del lavoro, svolgendo indagini specifiche.

¹³ Il Ministero dei Trasporti stabilisce i canoni per concessioni demaniali marittime con finalità turistico ricreative ai sensi del Decreto n° 342/1998 e successive modificazioni.

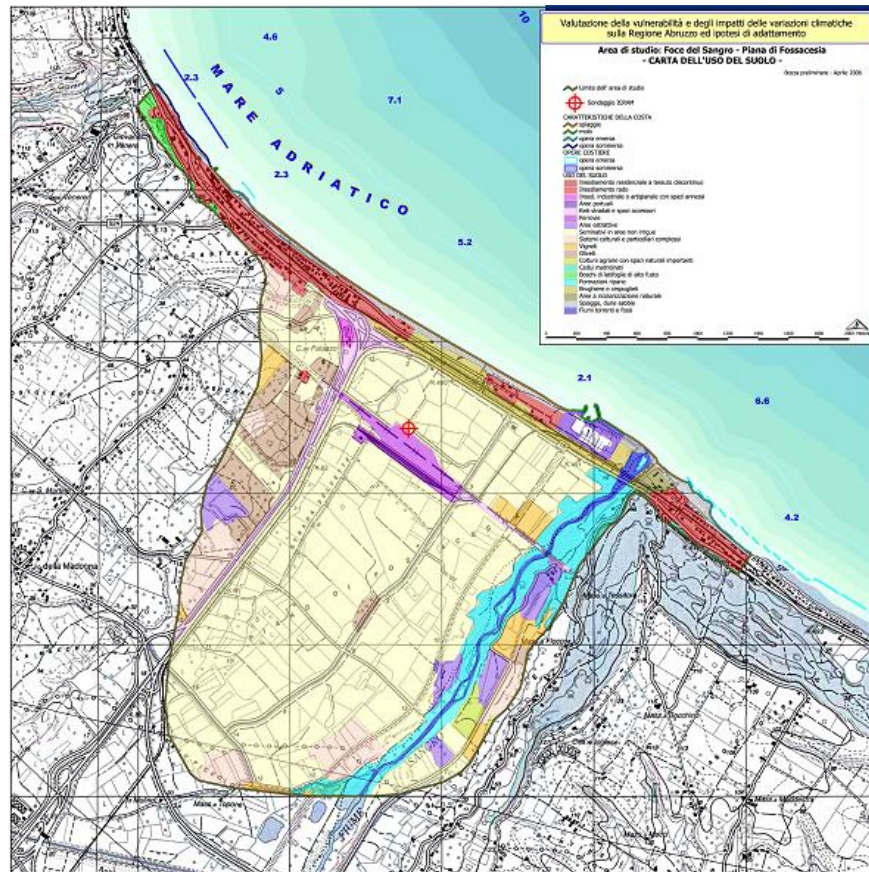


Figura 4: Esempio di carta d'uso del suolo nell'area della foce del Sangro.

Valore commerciale delle infrastrutture

Il valore totale delle aree allagate dipende inoltre dal valore commerciale di eventuali infrastrutture ivi presenti: residenziali, industriali, di trasporto, ospedali e altre infrastrutture ospitanti servizi di pubblica utilità, ecc. Tuttavia, in prima approssimazione, l'analisi proposta non analizza il valore delle infrastrutture presenti.

Reddito

Anche il flusso di reddito generato nelle aree a rischio deve essere considerato per la quantificazione del valore delle aree a rischio. Si tratta in questo caso di un valore "indiretto" generato dall'area in funzione delle attività produttive e di servizio che insistono su di essa. In prima approssimazione, il flusso di reddito generato può essere stimato sulla base del reddito totale prodotto nel territorio in esame per settore produttivo, rapportato all'effettiva estensione delle aree a rischio interessate da ciascuna attività economica. Il flusso di reddito generato può essere quindi aggiunto al valore monetario dello stock (cioè il valore monetario della terra).

Tasso di sconto

La definizione del tasso di sconto è cruciale per calcolare il valore nominale dei costi della perdita di suolo stimati per ciascuno degli scenari futuri. Per poter condurre un'analisi di sensitività dei risultati in funzione delle assunzioni sui tassi di sconto, si formulano due ipotesi che corrispondono, rispettivamente, a un atteggiamento meno o più cauto, rispettivamente, nella stima dei danni futuri :

tasso 1: $r = 1\%$

tasso 2: $r = 3\%$

Livello di rischio e incertezza

Nei casi in cui esista una reale incertezza sulle assunzioni proposte dai ricercatori negli scenari di rischio futuri, la stima del valore delle aree può essere calibrata considerando i possibili livelli di rischio a cui diverse porzioni di territorio possono essere esposte. Il livello di rischio in questo caso rappresenta la probabilità di occorrenza dell'evento. Un modo possibile per operazionalizzare questa calibrazione consiste nell'applicare un vettore di pesi, W , che attribuisce un danno maggiore ad aree soggette a livelli di rischio maggiori (ovvero minore incertezza e maggiore probabilità di occorrenza). In particolare, il vettore dei pesi proposto dalla presente metodologia assume che il livello di danno cresca in modo più che lineare al crescere del livello di rischio. I livelli di rischio sono quelli definiti negli scenari di rischio elaborati da ENEA per le aree di studio considerate (Tabella 17).

Il vettore dei pesi W è applicato al valore monetario del danno unitario per la tipologia di suolo i -esima e per unità di superficie impattata (m^2), V , secondo la seguente relazione:

$$\dot{V}_i = V_i \times W$$

Uguali pesi sono utilizzati per il calcolo del valore monetario dei danni ai terreni impattati per tutti gli scenari di rischio considerati.

Il valore monetario complessivo del danno pesato per il livello di rischio, \tilde{V} , per tipologia d'uso del suolo i -esima, sarà quindi calcolato moltiplicando \dot{V}_i per la quantità di stock impattata S :

$$\tilde{V}_i = \dot{V}_i \times S_i$$

Il danno complessivo così calcolato è espresso come valore reale e come valore nominale, applicando due diversi tassi di sconto, rispettivamente pari all'1 ed al 3 per cento. Il valore nominale permette infatti di avere un'idea di quello che potrebbe essere il possibile esborso nei periodi di tempo futuri considerati.

Tabella 17: Vettore dei pesi W per classe di rischio r-esima

Livello di Rischio (r)	Peso (W_r)
0	0.0
1	0.2
2	0.6
3	0.9
4	1.0

Per concludere, in funzione dei fattori discussi, ipotizzando un tasso di sconto r e nell'ipotesi che la perdita di suolo segua un andamento lineare e costante nel lasso di tempo considerato, l'equazione generale che descrive il valore attuale delle aree a rischio di allagamento permanente può essere descritta come segue:

Equazione 1

$$VA = \sum_{i,p,k} (S_{t_0,i,p} \times V_{i,p} \times W_k + I_{t_0}) + \sum_j \sum_{i,p,k} \frac{(\Delta S_{t_j,i,p} \times V_{i,p} \times W_k + I_{t_j})}{(1+r)^{t_j-t_0}}$$

Dove:

VA = valore attuale

i = uso del suolo

p = regime di proprietà

S = superficie a rischio al tempo t_0

ΔS = superficie a rischio incrementale nei periodi successivi t_j

V = valore economico (commerciale) del suolo

W_r = vettore dei pesi per livello di rischio

I = reddito prodotto nell'area a rischio

r = tasso di sconto

t = periodo temporale di riferimento ($t = 0, \dots, j$)

Il primo addendo si riferisce al valore dell'area che al tempo t_0 si trova sotto il livello del mare (s.l.m.), mentre il secondo addendo considera la superficie che scenderà s.l.m. nei successivi j -esimi istanti di tempo considerati.

I risultati dell'Equazione 1 forniscono una misura del danno relativo ad un innalzamento del livello del mare nelle aree di studio.

Si noti che:

Il valore di ΔS (superficie a rischio incrementale) viene calcolato per ogni scenario futuro considerato e per ogni ipotesi di adattamento, per poter stimare un valore atteso VA per ciascun scenario futuro e ipotesi di adattamento.

Il vettore dei pesi per livello di rischio W_r è pari a "1" nel caso non si facciano assunzioni sulla probabilità di occorrenza del rischio di SLR

- Il vettore dei pesi per regime di proprietà p è pari a "1" nel caso non si facciano assunzioni sul tipo di regime di proprietà presente

Casi di studio

FONDI

Il valore atteso VA delle aree a rischio di allagamento è calcolato sulla base dell'Equazione 1.

In particolare:

- si considerano due tassi di sconto (3% e 1%) per effettuare un'analisi di sensitività
- il primo addendo si riferisce al valore dell'area che nel 2002 si trovava s.l.m., mentre il secondo e terzo addendo considerano la superficie che scenderà s.l.m. fra il 2002 ed il 2050 e fra il 2050 ed il 2100, rispettivamente.
- Il regime di proprietà p è definito assumendo che: le case abusive hanno un valore pari a "0" nello scenario *Low*; o un valore compreso tra "0" e il relativo valore commerciale nello scenario *High*.
- Si considera il flusso di reddito prodotto nelle aree a rischio I.

SANGRO

Il valore atteso VA è calcolato sulla base dell'Equazione 1.

In particolare:

- si considerano due tassi di sconto (3% e 1%) per effettuare un'analisi di sensitività
- non si fanno assunzioni sul regime di proprietà p
- il vettore dei pesi W è definito secondo quanto definito in Tabella 12
- non si considera il flusso di reddito prodotto nelle aree a rischio I

GRADO E MARANO

Il valore atteso VA delle aree a rischio di allagamento sarà calcolato sulla base dell'Equazione 1.

Fase 6 – Comparazione delle alternative di intervento

Aspetti metodologici generali

Una volta che i rischi/costi di SLR sono stati valutati (VA: valore attuale dei costi degli impatti), e si sono stimate le risorse necessarie per l'implementazione delle diverse strategie di adattamento (CI: costo implementazione), è possibile fornire una valutazione conclusiva sulla preferibilità delle diverse ipotesi di adattamento. L'informazione raccolta può essere descritta in forma sintetica in una matrice strutturata come mostrato nella tabella seguente.

Tabella 18 Esempio di matrice per la valutazione di opzioni alternative di intervento

		<i>POSSIBILI SCENARI DI CAMBIAMENTO FUTURO</i>		
		<i>Scenario1</i>	<i>Scenario2</i>	<i>Scenario3</i>
<i>OPZIONI DI INTERVENTO</i>	<i>H1</i>	<i>VA11; CI11</i>	...	<i>VA13; CI13</i>
	<i>H2</i>	...	<i>VA22; CI22</i>	...
	<i>H3</i>	<i>VA31; CI31</i>	...	<i>VA33; CI33</i>

Le alternative sono valutate sia singolarmente che in modo comparato. A questo scopo è necessario stabilire il criterio di valutazione/comparazione da seguire.

Due sono le principali alternative a disposizione degli economisti:

la comparazione delle ipotesi di adattamento può essere condotta utilizzando il solo criterio dell'efficienza economica (Analisi Costi-Benefici)

la comparazione delle ipotesi di adattamento può essere condotta anche sulla base di informazioni di altra natura intese a "catturare" il valore complessivo del territorio impattato.

Quando la performance delle alternative di adattamento può essere quantificata in termini strettamente monetari, comunemente si ricorre all'uso di tecniche di Analisi Costi-Benefici (si veda Hanley, 2000).

Tuttavia, come già detto, spesso non è possibile fornire una stima monetaria di tutti gli impatti. In questi casi è necessario ricorrere a strumenti di supporto alle decisioni alternativi, in grado di gestire diversi tipi di informazione, sia di tipo quantitativo che qualitativo, sia di tipo monetario che di tipo non-monetario (per una discussione Jassen and Munda, 2000). Ci si riferisce in

particolare alle analisi costi-efficacia (cost-effectiveness analysis, CEA), ed alle analisi multicriteri (multi criteria analysis, MCA).

Analisi multicriteri possono inoltre essere preferite quando il criterio economico non è ritenuto sufficiente per operare delle scelte razionali sul territorio. In questi casi la preferibilità delle alternative può essere valutata non solo secondo il criterio dell'efficienza economica, ma considerando anche altri criteri decisionali quali il principio di equità, il principio di precauzione ecc. Il contesto metodologico è quello allargato degli strumenti di supporto alle decisioni, che ben si prestano inoltre ad integrare nell'analisi comparata delle ipotesi di adattamento anche i risultati di processi di partecipazione e coinvolgimento degli attori coinvolti.

In questo secondo caso le informazioni contenute nella matrice esemplificata nella Tabella 19 saranno arricchite da ulteriori indicatori, uno per ciascuno dei criteri di valutazione considerati.

Nella pratica, situazioni come quella appena descritta sono le più frequenti, data la complessità degli scenari e delle azioni da valutare e la carenza o inadeguatezza dei dati a disposizione. Il ricorso a metodi di comparazione di alternative di tipo multicriteri, o comunque non strettamente monetario, è pertanto tra i più utilizzati in simili contesti.

Nei casi qui presentati, noto il valore attuale totale degli stock a rischio (VA) e noto il costo di implementazione delle alternative di adattamento (CI) - per ciascuno scenario e ipotesi di adattamento - è possibile fornire una valutazione conclusiva sulla preferibilità delle diverse ipotesi di adattamento. Queste sono valutate sia singolarmente che in modo comparato.

Il calcolo del VA totale per diversi scenari di rischio consente inoltre di analizzare la sensibilità dei risultati alle assunzioni fatte dai ricercatori sulla variabilità futura di fattori: meteo-climatici, ambientali, sociali, economici ed amministrativi.

I principali risultati ottenuti negli studi su Fondi e Sangro sono descritti nel paragrafo seguente.

Tabella 19: Esempio di database dei valori unitari di mercato per tipologia d'uso del suolo (caso della Piana del Sangro, Abruzzo).

Tipologia d'uso del suolo	Comune	Anno	Valorea	Fonte	Note ed ipotesi semplificatrici
Insediamiento industriale artigianale con spazi annessi	o Fossacesia	2005(b)	432	Banca dati quotazioni immobiliari Agenzia del Territorio, Min.Economia e Finanze	Si applica il valore medio delle aree a destinazione produttiva in zone rurali e perturbane.
Insediamiento rado	Fossacesia	2005(b)	599	come sopra	
Insediamiento residenziale tessuto discontinuo	a Fossacesia	2005(b)	876	come sopra	
Aree estrattive	Fossacesia	2005(b)	432	come sopra	Si assume che il valore delle aree estrattive sia pari a quello definito genericamente per le aree industriali. Tale ipotesi semplificatrice può portare ad una sovrastima
Aree portuali	Fossacesia		ND		
Ferrovie	Fossacesia		ND		
Reti stradali e spazi accessori	Fossacesia		ND		
Boschi di latifoglie di alto fusto	Fossacesia	2003	0,415	VAM Servizio Infrastrutture e Servizi, Giunta Regionale d'Abruzzo	VAM, Valore Agricolo Medio dei terreni compresi nelle singole regioni agrarie del Comune di Fossacesia, Provincia di Chieti

Tipologia d'uso del suolo	Comune	Anno	Valorea	Fonte	Note ed ipotesi semplificatrici
					I VAM per l'anno 2002 sono applicabili al 2003
Brughiere e cespuglieti	Fossacesia	2003	0,17	VAM	vedi sopra
Cedui matricinati	Fossacesia	2003	0,34	VAM	vedi sopra
Oliveti	Fossacesia	2003	0,156	VAM	vedi sopra
Vigneti	Fossacesia	2003	0,201	VAM	Si applica il valore medio tra vigneto 'basso' e 'a tendone'
Seminativi in aree non irrigue	Fossacesia	2003	0,115	VAM	vedi sopra
Sistemi colturali e particellari complessi	Fossacesia		0,138	VAM	Si applica il valore medio dei VAM relativi all'area
Fiumi torrenti e fossi	Fossacesia		ND		
Formazioni riparie	Fossacesia		ND		
Spiagge, dune sabbie	Fossacesia	2006	3,93	Decreto n°342/1998 successive modificazioni Ministero dei trasporti	e Canoni relativi a concessioni demaniali marittime con finalità turistico-ricreative. Le spiagge del Comune di Fossacesia appartengono alla categoria C 'a bassa valenza turistica'
Insediamiento residenziale tessuto discontinuo	a Torino Sangro	di 2005(b)	876	Banca dati quotazioni immobiliari Agenzia del Territorio, Min.Economia e Finanze	Media di tutti i valori/tipologie in questa categoria residenziale

Tipologia d'uso del suolo	Comune	Anno	Valorea	Fonte	Note ed ipotesi semplificatrici
Aree estrattive	Torino Sangro	di 2005(b)	412	come sopra	
Reti stradali e spazi accessori	Torino Sangro	di			
Brughiere e cespuglieti	Torino Sangro	di 2003	0,155	VAM	VAM, Valore Agricolo Medio dei terreni compresi nelle singole regioni agrarie del Comune di Torino del Sangro, Provincia di Chieti. I VAM per l'anno 2002 sono applicabili al 2003
Cedui matricinati	Torino Sangro	di 2003	0,325	VAM	
Oliveti	Torino Sangro	di 2003	0,166	VAM	
Vigneti	Torino Sangro	di 2003	0,194	VAM	Si applica il valore medio tra vigneto 'basso' e 'a tendone'
Seminativi in aree non irrigue	Torino Sangro	di 2003	0,100	VAM	
Sistemi colturali e particellari complessi	Torino Sangro	di	0,134	VAM	Si applica il valore medio dei VAM relativi all'area
Colture agrarie con spazi naturali importanti	Torino Sangro	di	ND		
Fiumi torrenti e fossi	Torino	di	ND		

Tipologia d'uso del suolo	Comune	Anno	Valorea	Fonte	Note ed ipotesi semplificatrici
	Sangro				
Formazioni riparie	Torino Sangro	di	ND		
Aree a ricolonizzazione naturale	Torino Sangro	di	ND		
Spiagge, dune sabbie	Torino Sangro	di 2006	3,93	Decreto n°342/1998 successive modificazioni Ministero dei trasporti	e Canoni relativi a concessioni demaniali marittime con finalità turistico-ricreative. In assenza del "Piano spiagge" del comune di Torino di Sangro, le aree comunali sono classificate come categoria C 'a bassa valenza turistica', come nell'adiacente Comune di Fossacesia

Note:

(a) Valori espressi in euro al metro quadro [€/m²]

(b) Valori relativi al secondo semestre 2005

ND: Dato non disponibile.

Casi di studio

FONDI

Lo studio sulla Piana di Fondi fornisce prime indicazioni sulla preferibilità delle tre ipotesi di adattamento considerate alla luce dei costi stimati degli impatti.

Il valore attuale di tutta l'area a rischio di allagamento nell'orizzonte temporale 2002-2100, varia in un intervallo compreso fra circa 130mila e 268mila euro, a seconda dello scenario (Low o High), del tasso di sconto (3% o 1%) e del limite superiore od inferiore dell'intervallo (per molte variabili è stato utilizzato un intervallo di valori anziché un valore puntuale). I valori sono espressi in milioni di euro.

E' interessante notare come l'importanza relativa delle variabili principali muti nel passare dallo scenario Low allo scenario High. Nei grafici che seguono, a parità di tasso di sconto, si può rilevare come la variabile con maggior peso sia il flusso di reddito nello scenario low ed il valore delle case nello scenario high. Ciò è dovuto all'attribuzione di un valore economico positivo alle costruzioni abusive nello scenario high, dato il loro proliferare nell'area.

Tabella 20: VA delle aree esposte a rischio negli scenari High e Low al variare del tasso di sconto.

TASSO DI SCONTO	CASO LOW		CASO HIGH	
	lim inf	lim sup	lim inf	lim sup
3%	130,860	199,238	186,518	260,127
1%	145,785	203,775	202,732	267,642

E' importante sottolineare come i valori ricavati siano molto sensibili ad eventuali modificazioni del territorio: il cambio di destinazione d'uso dell'area demaniale a sud della Strada Statale Flacca (in particolare, lo sviluppo di strutture ricettive per il turismo), la legittimazione progressiva delle aree demaniali a nord della Flacca, la creazione di parco naturale/percorso naturalistico nella zona a valle del Lago di Fondi, sono interventi urbanistici potenzialmente atti ad aumentare il valore economico dell'area considerata (vedi Figura 5.).

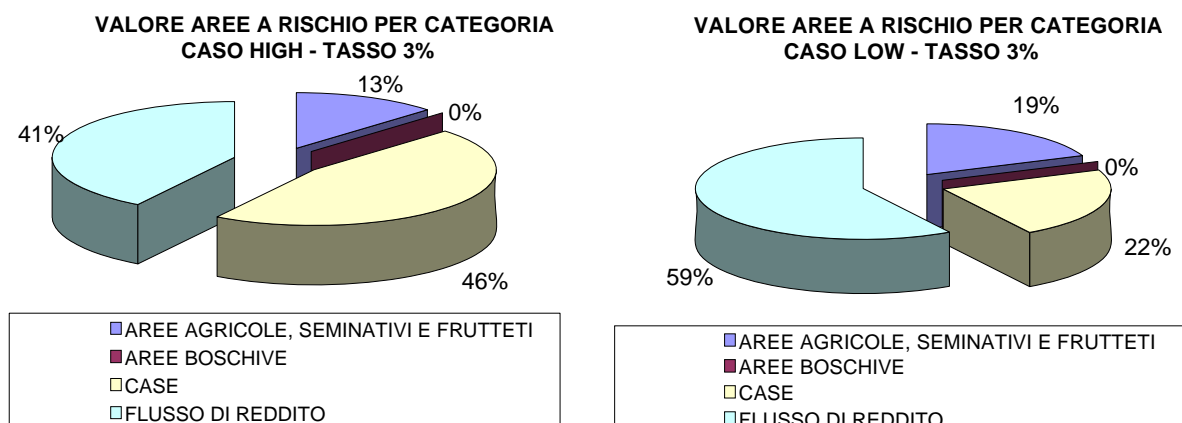


Figura 5 Valore attuale (VA) delle aree a rischio per tipologia d'uso del suolo

Infine, rispetto alle due opzioni di adattamento, si riportano in breve gli interventi ipotizzati ed i relativi costi:

Ipotesi 2: potenziamento dell'attuale sistema di bonifica

Interventi necessari:

- aumento potenza di alcune delle 11 idrovore esistenti
- aumento capacità di invaso ed innalzamento argini canali (tot. km 356 fra acque basse, medie e alte)
- ampliamento sistema irriguo
- interventi sui sistemi fognanti di Fondi

Costo totale stimabile intorno a MLD £ 500 (circa €253.000) di cui:

- circa Mld 400 sono già stati stanziati e spesi
- circa Mld 100 servono per il completamento degli interventi

Ipotesi 3: ricostruzione della duna preesistente

Voci di costo:

- Ricostruzione di 12 Km di duna e relativa impermeabilizzazione: MLD £ 24 (circa €12.000)
- Valore case costruite sull'area interessata dalla ricostruzione della duna: MLD £ 30 – 50 (circa €15.000-25.000)
- Arginatura laghi retrodunari con scarico diretto in mare (opzione 1): non quantificato
- Chiusura canali Canneto e S.Anastasia sulla riva e costruzione idrovore per il deflusso delle acque (opzione 2): non quantificato

Come risulta evidente, i risultati relativi a questa ipotesi sono molto parziali, in quanto non è stato effettuato alcuno studio tecnico di fattibilità degli interventi necessari. La ragione è che, prima di svolgere uno studio di fattibilità tecnica (oneroso in termini di tempo e denaro) è necessario verificare la desiderabilità sociale dell'opzione di adattamento. In questo caso, la ricostruzione di una duna in aree ormai altamente edificate potrebbe infatti comportare problemi di accettabilità da parte dei cittadini.

I risultati sopra descritti inducono a trarre le seguenti conclusioni:

Il già ben sviluppato sistema di bonifica della piana di Fondi permetterà di raccogliere le sfide poste dal previsto innalzamento del livello del mare, con costi incrementali assai minori rispetto al valore del danno potenziale.

L'analisi di altre piane esposte ad un maggior rischio di allagamento e/o con sistemi di difesa meno sviluppati potrebbe evidenziare una *cost-inefficiency* dell'adattamento (ossia, costi di adattamento > danno conseguente all'impatto).

E' auspicabile un'analisi interdisciplinare (desiderabilità socio-politica, studi tecnici, analisi economica, ecc.) quando si considerano opzioni di adattamento complesse.

SANGRO

L'innalzamento del livello del mare che nello scenario di riferimento al 2100 rappresenta l'unico elemento di rischio per la piana del Sangro, interessa una superficie di 28 ettari e corrisponde al 4% dell'area di studio. Di questa porzione di territorio il 44% rientra in una classe di pericolosità molto elevata, il 4% in una classe a pericolosità elevata ed il restante 52% in una classe a rischio medio. Secondo la suddetta classificazione delle aree a rischio, il valore atteso (VA) del danno stimato per lo scenario di riferimento al 2100 ammonterebbe a circa 14 milioni di euro. A risentire maggiormente dell'innalzamento del livello del mare sarebbe il suolo adibito ad insediamento residenziale discontinuo ubicato nel comune di Fossacesia la cui perdita è quantificabile in 13.8 milioni di euro pari al 97% del danno complessivo. Seguono, in ordine di rilevanza economica, la perdita di spiagge e dune di sabbia pari a 316.926 euro, di suolo seminativo pari a 59.782 euro, di vigneti pari a 2.311 euro, di brughiere e cespuglietti pari a 1.840 euro.

Benché le stime dei danni attribuibili al solo innalzamento del mare siano considerevoli, data la dimensione del contesto socio-economico in cui si inseriscono, costi più consistenti si registrano nel momento in cui al rischio di innalzamento del livello del mare si associa anche quello di tipo idrogeologico, riferendosi cioè al cosiddetto rischio integrato (scenari A, B e C).

Nello scenario A, dove al rischio di innalzamento del mare si "somma" il rischio idrogeologico così come definito nel PSDA, il danno dovuto alla perdita di suolo permanente ammonterebbe a circa 73 milioni di euro. Si intuisce pertanto come gli effetti legati al rischio di esondazione del fiume Sangro intensifichino notevolmente il danno causato all'area in esame nel momento in cui il potenziale di difesa del suolo diminuisce per effetto dell'innalzamento del livello del mare. L'area in esame, infatti, già vulnerabile dal punto di vista idrogeologico, potrebbe essere soggetta a una perdita considerevole di suolo per l'effetto congiunto dei due rischi considerati.

L'analisi di sensitività condotta facendo variare il grado di rischio idrogeologico per gli scenari B e C porta ad una quantificazione del danno di 68 milioni di euro, nel caso più ottimistico, e di 78 milioni di euro, per quello più pessimistico. In tali scenari, i settori che risulterebbero maggiormente

colpiti dagli effetti del cambiamento climatico sarebbero il settore domestico con una perdita di suolo adibito ad insediamento residenziale variabile tra 38 milioni di euro e 45 milioni di euro ed il settore industriale con una perdita di suolo variabile tra 28 milioni di euro e 35 milioni di euro.

Di seguito si descrivono nel dettaglio i danni subiti da ciascun settore economico indagato.

Agricoltura

Nell'area oggetto di studio la perdita di suolo agricolo conseguente agli effetti congiunti dell'innalzamento del livello del mare e delle inondazioni causate dalle piene del fiume Sangro comporterebbe ripercussioni sia sulla produttività delle aree seminate, che coprono la superficie più estesa dell'area a rischio, sia su alcuni sistemi colturali e particellari complessi, nonché su coltivazioni di eccellenza quali la vite e l'ulivo.

Per le quattro tipologie di colture sopra considerate si stima un danno diretto che varierebbe da circa 1,4 milioni di euro nello scenario B più ottimistico, a 1,7 milioni di euro nell'ipotesi più pessimistica dello scenario C (in valore reale). Le perdite più cospicue sono da attribuire ai terreni seminativi e variano da circa 1,28 milioni di euro a 1,58 milioni di euro. Seguono le perdite comprese tra 0,104 e 0,125 milioni di euro per i vigneti, le perdite comprese tra 0,021 e 0,032 milioni di euro per i sistemi colturali e particellari complessi e quelle pressoché trascurabili per gli oliveti.

Va tuttavia tenuto in considerazione che gli importi sopra considerati si riferiscono alla perdita di valore del suolo soggetto ad allagamento e non comprendono eventuali danni indiretti (ad esempio, il danno economico subito dall'azienda la cui produzione agricola restasse ferma per un certo numero di anni a seguito dell'allagamento, o i costi di rilocalizzazione dell'azienda, ecc.). Lo stesso valore, inoltre, non sconta la possibilità che il suolo in esame possa cambiare negli anni la destinazione d'uso, passando - come sta accadendo in altri comuni della regione - da suolo agricolo a terreno edificabile. In tal caso il danno causato dagli effetti del cambiamento climatico sarebbe maggiore.

Tabella 21: Danni al settore agricolo nei diversi scenari al 2100 considerati.

AGRICOLTURA			
Scenari di cambiamento climatico/danno (euro)	prezzi reali al 2005	prezzi nominali (tasso 1)	prezzi nominali (tasso 2)
Scenario di riferimento	62.093	163.011	1.092.082
Scenario A	1.619.461	4.251.516	28.482.711
Scenario B	1.404.091	3.686.113	24.694.838
Scenario C	1.738.102	4.562.979	30.569.339

Note:

tasso 1: pari all'1 percento

tasso2: pari al 3 percento

Tabella 22: Danni stimati al 2100 per i diversi scenari considerati, per tipologia colturale.

Tipologia di coltivazione/ danno (euro)	SVENARIO A			SCENARIO B			SCENARIO C		
	Fossacesia	Torino di Sangro	Totale	Fossacesia	Torino di Sangro	Totale	Fossacesia	Torino di Sangro	Totale
Oliveti	65	18	83	65	18	83	65	171	237
Seminativi in aree non irrigue	1.414.559	57.977	1.472.536	1.224.124	54.367	1.278.490	1.517.639	62.872	1.580.510
Sistemi colturali e particellari complessi	30.006	1.339	31.345	19.977	1.339	21.315	30.775	1.339	32.114
Vigneti	77.102	38.395	115.497	70.074	34.128	104.202	83.972	41.422	125.394
Totale			1.619.461			1.404.091			1.738.255

Habitat naturali

Per l'area in esame, l'entità del danno legato alla perdita di suolo caratterizzato da vegetazione spontanea risulta piuttosto modesta. Si stima infatti che a seguito degli effetti congiunti dell'innalzamento del livello del mare e del rischio idrogeologico, così come ipotizzati negli scenari B e C, il danno ammonterebbe ad un valore variabile tra i 0,005 e i 0,007 milioni di euro. Tra le tipologie di suolo contemplate nell'analisi vi sono i boschi di latifoglie ad alto fusto, le brughiere e i cespuglietti nonché i cedui matricinati. Come già detto, tuttavia, il valore monetario unitario applicato a questa tipologia di aree è, certamente, un valore sottostimato, poiché ne considera esclusivamente il valore d'uso, senza catturare invece la sua reale funzione ecologica (legata, ad esempio, alla preservazione di habitat, corridoi ecologici ecc.). Analoga considerazione vale per la stima dei danni alle porzioni costiere, ed in particolare alle spiagge, come discusso di seguito per il settore turistico.

Settore domestico

Il danno subito dal settore domestico riguarda in particolare la possibilità di perdita di terreno edificabile ed aree residenziali. Il possibile futuro danno alle aree residenziali presenti nella zona di studio, inteso come perdita di suolo con valore immobiliare, varia da una perdita minima dello scenario B di 38 milioni di euro, ad una perdita massima dello scenario C di 40,5 milioni di euro.

Benché le tipologie di suolo ad uso residenziale riscontrate nell'area di studio siano essenzialmente due (suolo ad insediamento rado e suolo ad insediamento residenziale discontinuo), il danno causato alla prima categoria di insediamento è pressoché nullo. Il danno complessivo si può pertanto attribuire al solo insediamento residenziale di tipo discontinuo.

Il comune che riscontra il maggior danno è Torino di Sangro con una perdita di suolo ad uso residenziale quantificabile in 24 milioni di euro nello scenario B, e in 26 milioni di euro per lo scenario C.

Anche in questo caso la valutazione economica del danno non considera i danni indiretti che si possono manifestare nel tempo. Ad esempio, i danni indiretti agli edifici causati nel lungo periodo dall'aumentata franosità del terreno indotta dalle vie preferenziali che l'acqua trova nel sottosuolo, o la diminuzione del valore commerciale dell'immobile a seguito dell'aumentato rischio alluvionale e franoso dell'area.

Industria

Secondo le stime effettuate sulla perdita di suolo adibito ad attività industriali, il danno causato dagli effetti del cambiamento climatico varierebbe da 28 milioni di euro per lo scenario più ottimistico (2100-B), a 35 milioni di euro per quello più pessimistico (2100-C).

Le attività industriali dislocate nell'area a rischio sono riconducibili essenzialmente ad attività estrattive e a piccoli insediamenti industriali o artigianali. Il danno subito dal secondo tipo di attività è pressoché nullo, ed il danno complessivo risulta quindi imputabile principalmente alla presenza di attività estrattive.

Come detto, la valutazione del danno alle attività industriali si limita alla stima del valore di una possibile perdita di terreno attualmente destinato ad attività estrattive o a piccoli insediamenti industriali, non analizzando gli eventuali danni indiretti in termini di perdita di produttività, danni agli impianti, perdite a seguito del fermo impianti reso necessario da un eventuale allagamento, o addirittura le spese di una eventuale rilocalizzazione degli impianti.

Turismo e fascia costiera

Nella valutazione economica dei danni provocati dal cambiamento climatico alla zona costiera, ed ai siti ricreativi ivi presenti, è stata considerata la perdita del valore attribuibile alle spiagge e alle dune di sabbia che contraddistinguono il litorale abruzzese della piana del Sangro.

Secondo le stime di rischio relative al 2100, la perdita varierebbe tra i 0,4 milioni di euro e 0,42 milioni di euro distribuiti per circa il 64% nel comune di Fossacesia e per il 36% nel comune di Torino di Sangro.

Si tratta tuttavia, di una sottostima, poiché la valutazione non prende in considerazione né gli eventuali danni indiretti legati alla perdita di spiagge (ad esempio l'indotto generato dalle attività ricreative e di ristorazione legate al turismo, piuttosto che dalle attività commerciali, artigianali e dalla prestazione di servizi), né i valori intrinseci alle spiagge, indipendenti dal loro uso (ad esempio, il valore estetico e storico-culturale del tratto di costa).

Un ulteriore elemento di futuro approfondimento, attualmente non considerato, riguarda la stima dei possibili futuri danni all'area portuale del Comune di Fossacesia, ivi comprese le infrastrutture per il trasporto nautico da diporto presenti.

Scenari socio-economici futuri

Infine, l'analisi ha ipotizzato cambiamenti nell'assetto socio-economico futuro del territorio, onde poter analizzare la variabilità dei danni indotti dal CC anche in funzione dell'evoluzione locale dei sistemi sociale ed economico. Gli scenari futuri ipotizzati descritti nella Fase 2 si basano su assunzioni non avvalorate da studi specifici, che tuttavia prendono in considerazione le attuali tendenze riscontrate nell'area di studio.

Dal momento che gran parte delle aree costiere abruzzesi stanno assumendo, con il passare degli anni, una valenza turistica sempre più rilevante, nella valutazione economica della perdita di suolo si è condotta un'analisi di sensitività che considera due ipotesi di aumento della valenza turistica dell'area di studio, ed in particolare delle spiagge. La prima ipotesi assume la riclassificazione delle zone costiere dall'attuale categoria "C" (secondo il Decreto n°342/1998 e successive modificazioni), a bassa valenza turistica, alla categoria "B", a valenza turistica normale (scenario "turismo medio"). La seconda ipotesi ipotizza il passaggio alla categoria "A", a valenza turistica elevata (scenario "turismo alto").

Considerando lo scenario di rischio integrato A, tale riqualificazione turistica porterebbe ad un aumento del valore economico del danno delle aree costiere esposte a rischio di perdita di suolo, da 407.034 a 663.577 euro nello scenario "turismo medio", fino ai 1.327.154 euro nello scenario "turismo alto".

Tabella 23 Sintesi dei principali risultati dei tre casi di studio per lo scenario al 2100 che considera solo il rischio di SLR

Caso di studio	FONDI	SANGRO
Superficie totale	6000 ha	700 ha
Superficie s.l.m. (aree a rischio)	1150 ha	28 ha
Percentuale area s.l.m.	19%	4%
Destinazione d'uso [distribuzione percentuale]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prevalenza di aree agricole ▪ Spiagge: 14 km ▪ Insediamenti residenziali abusivi nel tratto costiero 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aree agricole: 70% ▪ Habitat e formazioni riparie: 6% ▪ Spiagge: 2% ▪ Insediamenti residenziali discontinui: 6,5%
	VA aree a rischio allagamento permanente ^(a) Min: €130.000 Max: €268.000	€4.000.000
	Assunzioni per la stima	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Si stima il flusso di reddito ▪ Non si considera l'incertezza sul rischio di SLR ▪ Si considera il regime di proprietà ▪ Non si stima il valore commerciale delle spiagge e di alcuni habitat naturali ▪ Valori immobiliari da fonti locali

Nota:

(a) Si considerano i risultati relativi allo scenario di rischio di SLR al 2100 (tasso 1 e tasso 2). Non si considerano i risultati di scenari futuri socio-economici.

Sintesi

La metodologia di valutazione dei costi del CC in aree costiere applicata nelle tre aree di studio adotta un approccio *multiscenario*, considerando scenari futuri di rischio e di assetto socio-economico alternativi. L'analisi si riferisce a scenari futuri relativi all'anno 2100. Per ciascuno scenario futuro considerato, la metodologia adottata stima il valore attuale (VA) dei possibili danni diretti sul territorio, mentre si limita ad un'analisi qualitativa degli eventuali impatti indiretti.

Stante la tipologia di rischio ambientale analizzata, rischio di Sea Level Rise, il principale impatto diretto sul territorio riguarda la possibile perdita permanente di suolo. In particolare, la metodologia proposta stima il valore monetario dei possibili danni futuri, per ciascuno scenario esaminato, in termini di: perdita di suolo in aree residenziali; perdita di suolo agricolo; perdita di suolo dedicato ad attività industriali o commerciali; perdita di siti ricreativi e perdita di suolo con habitat naturali.

La metodologia proposta considera sia la variabilità dell'entità dei danni dovuta alla diversa tipologia d'uso del suolo, sia quella dovuta al diverso livello di rischio e a diversi possibili condizioni del regime di proprietà delle aree a rischio. Si applicano metodi di valutazione convenzionali, basati sul mercato che stimano il valore monetario del cambiamento dello stock a rischio sulla base dei valori correnti di mercato.

Trattandosi di esercizi di valutazione a livello locale, che non coprono tutta la gamma dei possibili impatti del CC in aree costiere, i risultati presentati forniscono quindi prime indicazioni sull'ordine di grandezza dei danni causati dal rischio di SLR nelle aree costiere italiane. Analogamente, i risultati dei casi studio consentono di fare alcune considerazioni generali sui principali settori esposti a tale rischio, e sulla fattibilità di alcune possibili strategie di adattamento.

Le principali considerazioni sono presentate di seguito, distinguendo tra considerazioni metodologiche e considerazioni con rilevanza di policy, ovvero per la migliore gestione del rischio di SLR in aree costiere italiane.

Aspetti metodologici

Le analisi di sensitività sulle stime dei costi condotte nei casi studio Fondi e Sangro evidenziano che la variabilità delle stime dei danni dovuti alla perdita permanente di suolo è elevata (vedi Tabella 18).

La variabilità delle stime è dovuta ad aspetti particolari legati al contesto di analisi: principalmente natura, estensione e tipologia dei beni impattati (tipo di uso del suolo nelle aree a rischio, caratteristiche del sistema produttivo a rischio, ecc). In questo caso, essa cattura le caratteristiche di valore dell'area e deve essere interpretata in quest'ottica.

Inoltre, tuttavia, la variabilità delle stime è dovuta ad aspetti metodologici e principalmente a: i) assunzioni sugli scenari futuri di rischio ambientale; ii) aspetti metodologici particolari (tasso di sconto, livello di rischio, regime di proprietà). Nel primo caso, la stima dei costi per diversi scenari consente di aumentare il grado di conoscenza sui possibili effetti futuri e, quindi, l'utilità dei risultati per i decisori. Nel secondo caso, invece, la variabilità delle stime al variare delle assunzioni su alcuni parametri per la stima deve essere analizzata per verificare la robustezza ed affidabilità dei risultati forniti. Anche la fonte dei dati utilizzati per il calcolo del valore commerciale delle aree a rischio è rilevante, e l'affidabilità dei dati deve essere opportunamente verificata.

Considerazioni e implicazioni di policy

I risultati evidenziano la variabilità dei costi al variare delle assunzioni fatte sia sugli scenari futuri di rischio che sull'evoluzione futura del contesto socio-economico ed amministrativo locale. Questo aspetto mette quindi in luce il carattere strategico dell'analisi dei possibili impatti futuri del CC, e la necessità che il processo decisionale, sia per la definizione dei consueti atti e documenti programmatici di amministrazione e gestione del territorio, sia per la definizione delle priorità di intervento in tema di prevenzione del rischio di CC, considerino sin d'ora i risultati forniti da studi approfonditi sui possibili effetti del cambiamento climatico, come quelli qui presentati.

I settori più vulnerabili nelle aree costiere analizzate risultano essere agricoltura, turismo (inteso come spiagge e aree a potenziale sfruttamento turistico), insediamenti residenziali, e aree ad elevato valore naturalistico e biodiversità. Quest'ultima tipologia di bene infatti risulta spesso rilevante nelle aree costiere Italiane a maggior rischio, principalmente costituite da aree umide depresse posizionate alla foce di fiumi o in aree lagunari che offrono habitat importanti soprattutto per le specie avicole.

Data la variabilità delle aree costiere italiane e vista la sensibilità delle stime di costo a caratteristiche locali, risulta difficile estrapolare a livello nazionale i risultati ottenuti a livello locale. Il territorio italiano infatti sarà diversamente interessato da questi impatti, a seconda di: i) caratteristiche geografiche ed ambientali; ii) livello di sviluppo economico e caratteristiche socio-economiche locali; iii) capacità del sistema amministrativo di rispondere e gestire i futuri rischi.

Da queste considerazioni discende la necessità di operare con strategie di adattamento a livello locale, in grado di combinare, da un lato, la necessità di impostare il processo decisionale sulla base di conoscenze scientificamente robuste, dall'altro l'esigenza di operare con il coinvolgimento e il consenso dei principali attori coinvolti.
