

Valutazione economica degli impatti del cambiamento climatico nell'Alto Adriatico

Paulo A.L.D Nunes¹, Aline Chiabai²

1 - School for Advanced Studies in Venice Foundation - Venice International University, Fondazione
Eni Enrico Mattei, Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici

2 - Fondazione Eni Enrico Mattei,
Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici

*Con il contributo di Francesco Bosello, Caterina Cruciani, Margaretha Breil,
Gretel Gambarelli, Silvia Silvestri, Lucia Vergano e Georg Umgiesser*

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.

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

1. INTRODUZIONE.....	3
2. IMPATTI PREVISTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO NELL'ALTO ADRIATICO.....	5
2.1 INDICATORI DEL CLIMA NELL'ALTO ADRIATICO.....	5
2.2 IMPATTI ECONOMICI PREVISTI.....	9
3. VALUTAZIONE ECONOMICA DEGLI IMPATTI.....	11
3.1 IMPATTI SUL TURISMO.....	11
3.1.1 <i>Cambiamento climatico e flussi turistici nella provincia di Venezia</i>	11
3.1.2 <i>Risultati</i>	12
3.2 IMPATTI SUL SETTORE ITTICO.....	15
3.3 IMPATTI SULLE STRUTTURE ARCHITETTONICHE ED EDILIZIE URBANE.....	17
3.3.1 <i>Identificazione delle diverse tipologie di costo</i>	17
3.3.2 <i>Scenari di allagamento</i>	18
3.3.3 <i>Risultati</i>	19
3.4 IMPATTI SULLA PRODUTTIVITÀ DELLE ATTIVITÀ ECONOMICHE E COMMERCIALI.....	20
3.4.1 <i>Scenario di allagamento e identificazione delle diverse tipologie di danni</i>	20
3.4.2 <i>Risultati</i>	21
3.5 DANNI SOCIALI.....	23
3.5.1 <i>Valutazione Conjoint Choice</i>	23
3.5.2 <i>Stime ottenute del modello di utilità stocastica</i>	25
3.5.3 <i>Scenari di valutazione</i>	26
3.5.4 <i>Risultati</i>	27
4. VALUTAZIONE ECONOMICA DELLE MISURE DI ADATTAMENTO.....	28
4.1 COSTI DELLE MISURE DI ADATTAMENTO: MISURE PROTETTIVE PRIVATE CONTRO I DANNI ALLE STRUTTURE E AI MATERIALI.....	28
4.1.1 <i>Risultati</i>	29
4.2 COSTI DELLE MISURE DI ADATTAMENTO: IMPATTO DEL FUNZIONAMENTO DELLE BARRIERE MOBILI SULLE ATTIVITÀ PORTUALI.....	30
4.2.1 <i>Le barriere mobili</i>	31
4.2.2 <i>Individuazione delle diverse tipologie di costo</i>	31
4.2.3 <i>I dati</i>	32
4.2.4 <i>Scenari</i>	34
4.2.5 <i>Risultati</i>	34
5. GAP CONOSCITIVI E NUOVE DIREZIONI PER LA RICERCA.....	35
6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	36
6.1 IMPATTI SUL SETTORE TURISTICO COSTIERO.....	36
6.2 IMPATTI SUL SETTORE ITTICO.....	37
6.3 IMPATTI SULLE STRUTTURE ARCHITETTONICHE ED EDILIZIE URBANE.....	37
6.4 IMPATTI SULLA PRODUTTIVITÀ DELLE ATTIVITÀ ECONOMICHE E COMMERCIALI.....	37
6.5 DANNI SOCIALI.....	38
6.6 COSTI DELLE MISURE DI ADATTAMENTO PRIVATE.....	38
6.7 IMPATTI DELLE MISURE DI ADATTAMENTO SULLE ATTIVITÀ PORTUALI.....	38
A. APPENDICE METODOLOGICA.....	40
A1. CAPACITÀ PREVISIVA DEL MODELLO HAMBURG TOURISM MODEL.....	40
A2. APPROCCIO DI VALUTAZIONE 'DOSE-RISPOSTA' BASATE SUI GIUDIZI DI ESPERTI.....	43
A3. ASPETTI METODOLOGICI DELLA CONJOINT CHOICE E SCELTE APPLICATIVE.....	47
A4. ASPETTI METODOLOGICI DI STIMA DEI COSTI DIRETTI DI FUNZIONAMENTO DELLE BARRIERE MOBILI PER IL PORTO DI VENEZIA.....	52
BIBLIOGRAFIA.....	55

1. Introduzione

Gli impatti del *cambiamento climatico* nell'Alto Adriatico si riferiscono principalmente a: variazioni della temperatura dell'aria e del mare; variazioni delle precipitazioni; aumento nella frequenza degli eventi estremi; e infine a un progressivo innalzamento del livello del mare nell'Alto Adriatico. L'innalzamento del livello del mare nell'Alto Adriatico è particolarmente sentito a Venezia e nella sua laguna. Infatti, nel corso dei mesi autunnali e invernali, a causa di alcuni fattori astronomici e meteorologici, la laguna veneta è interessata dal fenomeno dell'*acqua alta*, che comporta il periodico allagamento del centro storico della città di Venezia. Nel corso degli ultimi decenni, la frequenza e l'intensità del fenomeno si sono aggravate. Tale tendenza si spiega prevalentemente alla luce dell'innalzamento del livello relativo delle acque - 23 cm nel corso del secolo scorso cui hanno contribuito sia l'innalzamento del livello medio del mare Adriatico (*eustatismo*), in gran parte causato dal surriscaldamento del pianeta, sia lo sprofondamento delle isole veneziane (*subsidenza*). Sulla base delle più recenti previsioni (IPCC, 2007), a causa dei cambiamenti climatici, il fenomeno di eustatismo dovrebbe nei prossimi decenni ulteriormente accentuarsi. Questo sta determinando un incremento degli eventi estremi di inondazione.

Per *valutazione economica* si intende il valore monetario associato agli impatti sopra menzionati. Questo esercizio, di natura empirica, è applicato al contesto dell'Alto Adriatico. Poiché a non tutti gli impatti è possibile associare un valore economico di mercato, in particolare per gli impatti diffusi (che riguardano cioè la funzionalità urbana nel suo complesso), si sono dovute utilizzare tecniche statistiche ed econometriche molto particolari (*conjoint analysis*) per pervenire ad una valutazione monetaria di tutti gli impatti. Il processo di valutazione economica è caratterizzato da due chiavi di lettura. Una si riferisce ad una prospettiva privata o assicurativa. Si tratta del punto di vista di chi volesse porsi il problema di "assicurarsi" dai danni: a quanto ammontano i danni subiti a causa degli impatti negativi del cambiamento climatico nell'Alto Adriatico? Ovvero, qual è il montante dell'indennizzo se il danno derivante dagli impatti del cambiamento climatico fosse completamente assicurabile? Una seconda chiave di lettura si riferisce ad una prospettiva pubblica o di salvaguardia. Si tratta del punto di vista di chi si preoccupa della salvaguardia dell'Alto Adriatico dai fenomeni del cambiamento climatico: quale beneficio nell'Alto Adriatico porterebbero gli interventi di salvaguardia che eliminassero gran parte degli impatti derivanti da variazioni della temperatura dell'aria e dell'acqua del mare, da un aumento nella frequenza degli eventi estremi, e dal progressivo l'innalzamento del livello del mare?

Rispondere a tali domande non è semplice. Si tratta di eventi prossimi venturi da un punto di vista climatico, ma lontani da un punto di vista economico. E' quindi difficile prevedere l'evoluzione economica dell'area Nord Adriatica per poter valutare gli impatti relativamente a quello che sarà il Nord Adriatico (in termini di infrastrutture, attività economica, eccetera), non rispetto a quello che è oggi. Tenteremo di rispondere alle domande di cui sopra con un approccio rigoroso dal punto di vista scientifico e nel contempo empirico. Per rispondere al primo gruppo di domande (prospettiva privata o assicurativa), abbiamo valutato i seguenti impatti economici (1) impatti della variazione delle temperature dell'aria sul turismo nelle aree di Venezia, Mestre, Riviera del Brenta, Cavallino e il Lido, Bibione-Caorle, Jesolo-Eraclea, Chioggia; (2) impatti della variazione della temperatura del mare sull'attività ittica; (3) impatti dell'innalzamento del livello medio del mare sulle strutture architettoniche ed edilizie urbane nello centro storico di Venezia; (4) impatti degli eventi estremi di marea sulle attività economiche e commerciali situate al piano terra nel centro storico di Venezia. La valutazione di questi impatti si interpreta in termini di costi di inazione. Inoltre, abbiamo stimato i costi privati associati all'adozione di misure di protezione (adattamento), includendo una valutazione economica degli impatti delle barriere mobili di chiusura della laguna di Venezia sulle attività portuali. Alla luce delle ricerche oggi disponibili, ancora limitate e frammentarie, abbiamo potuto valutare gli impatti e i relativi costi sono per parti dell'area Nord Adriatica, con una attenzione particolare per Venezia e la sua laguna.

Per rispondere al secondo gruppo di domande (prospettiva pubblica o di salvaguardia), abbiamo scelto di concentrarsi (per mancanza di altre informazioni empiriche) su Venezia e di individuare una misura del beneficio delle misure di salvaguardia per tutte le attività produttive situate al piano terra del centro storico di Venezia. Tale misura è stata individuata nella variazione del valore economico di ciascuna attività produttiva. Tale valore corrisponde, nella prassi aziendale, al valore presente della variazione del flusso di profitti futuri, opportunamente scontati. Tale misura coglie quindi non solo il danno subito in un dato anno dal fenomeno degli allagamenti, ma anche come tale fenomeno influenzi le prospettive economiche degli affari nella città di Venezia, attraverso gli impatti sulla clientela, sui costi di fornitura, sui costi del lavoro, ecc. I risultati ottenuti dovranno essere interpretati in relazione a questa area geografica, che è stata scelta come area pilota per lo studio di valutazione. Tuttavia, i risultati della nostra valutazione possono dare un'idea dell'ordine di grandezza dei vari impatti del cambiamento climatico sulle attività economiche nell'Alto Adriatico.

Questo rapporto è quindi strutturato nel modo seguente. La prossima sezione sarà dedicata ad una disamina degli impatti dei cambiamenti climatici nel Nord Adriatico, mentre quella successiva ne fornirà una prima valutazione economica, pervenendo quindi ad una stima dei costi di inazione. La quarta sezione si occuperà di alcune misure di adattamento e della loro valutazione economica. La sezione 5 discuterà dei rilevanti gap conoscitivi oggi presenti e delle nuove direzioni per la ricerca sugli impatti dei cambiamenti climatici nel Nord Adriatico. La sezione successiva riassumerà i risultati principali di questo rapporto. Infine, una ampia appendice metodologica presenterà e discuterà gli strumenti di analisi utilizzati in questo lavoro.

2. Impatti previsti del cambiamento climatico nell'Alto Adriatico

2.1 Indicatori del clima nell'Alto Adriatico

L'area dell'Alto Adriatico è caratterizzata, per effetto dei cambiamenti climatici, da un aumento delle temperature medie dell'aria e delle acque del mare, da una diminuzione delle precipitazioni, da una maggiore frequenza ed intensità degli eventi estremi, ed infine da un innalzamento del livello medio del mare. In questo paragrafo ci si propone di indagare l'andamento di alcuni indicatori del clima sulle aree dell'Alto Adriatico.

Le aree costiere dell'Alto Adriatico hanno un comportamento un po' anomalo rispetto alle aree interne per quanto riguarda la temperatura dell'aria. Le aree costiere sono caratterizzate da temperature più elevate, nei mesi freddi, rispetto alle zone interne. Questo è dovuto al fatto che, nei mesi invernali, la superficie dell'acqua del mare è leggermente più calda della terraferma. Inoltre le zone costiere non sono interessate dal fenomeno della nebbia che tende ad abbassare le temperature medie. In primavera e in estate, invece, la costa adriatica registra delle temperature più basse rispetto all'interno per l'effetto inverso, cioè la temperatura della superficie dell'acqua del mare risulta inferiore a quella della terraferma. In tutte le quattro stagioni, i valori minimi più alti sono registrati sulle coste a causa della presenza del mare.

A partire dal 1989, l'area adriatica presenta dei valori medi sia massimi che minimi al di sopra della media registrata nel periodo 1960-1990. In particolare, le temperature estive dell'area adriatica si mantengono al di sopra della media per tutti gli anni novanta, quelle invernali sono superiori alla media solo negli ultimi cinque anni, mentre non si registrano variazioni significative nelle stagioni primaverili ed autunnali. Si può quindi concludere che le temperature massime medie annuali sono aumentate nell'area adriatica nel periodo 1990-1999, in misura maggiore rispetto ad altre aree del nord Italia (esclusa l'area padana centrale per la quale si registra lo stesso aumento della temperatura media).

Tabella 2.1. Tabella riassuntiva dell'anomalia delle temperature massime calcolate tra le medie del periodo (1990-1999) e del periodo (1960-1990)

Area / Stagione	Inverno	Primavera	Estate	Autunno	Tutto l'anno
Adriatica	1.2°C	0.9°C	1.6°C	0.5°C	1.1°C
Nord Italia	1.2°C	1.0°C	1.0°C	0.1°C	0.8°C

Fonte: ARPA SMR (2001)

I mesi che maggiormente influenzano le tendenze registrate per le temperature massime in inverno sono Gennaio e Dicembre. I mesi che influenzano maggiormente le temperature minime sono Luglio e Agosto.

Tabella 2.2: Tabella riassuntiva dell'anomalia delle temperature minime calcolate tra le medie del periodo (1990-1999) e del periodo (1960-1990).

Area/Stagione	Inverno	Primavera	Estate	Autunno	Tutto l'anno
Adriatica	1.1°C	0.6°C	1.3°C	1.0°C	1.0°C
Nord Italia	0.9°C	0.6°C	1.1°C	0.8°C	0.9°C

Fonte: ARPA SMR, 2001.

Un altro effetto importante del cambiamento climatico nell'Alto Adriatico riguarda le variazioni previste nelle precipitazioni. Analizzando gli andamenti temporali nel periodo 1960-1999, i valori delle precipitazioni nell'area adriatica si sono mantenuti al di sotto della media registrata negli ultimi 40 anni – vedasi Tabella 2.3. La tabella indica l'andamento del livello delle precipitazioni nei 10 anni 1960-1999, con riferimento all'Alto Adriatico e a tutto il nord Italia. Come si può vedere, le precipitazioni invernali, primaverili, estive ed autunnali hanno subito una diminuzione nell'area adriatica (si riportano i valori medi per tutto il nord Italia a scopo di confronto).

Tabella 2.3: Tabella riassuntiva dell'anomalia delle precipitazioni calcolate tra le medie del periodo (1990-1999) e del periodo (1960-1990).

Area / Stagione	Inverno	Primavera	Estate	Autunno	Tutto l'anno
Adriatica	-17.6 mm	-11.8 mm	-13.3 mm	-0.9 mm	-10.9 mm
Nord Italia	-15.7 mm	-17.9 mm	-10.4 mm	16.1 mm	-7 mm

Fonte: ARPA SMR (2001)

L'Alto Adriatico si configura come un ecosistema particolare, dove le dinamiche naturali e le attività antropogeniche coesistono, per effetto della stretta interdipendenza tra loro. Specificità naturali, storiche e culturali rendono questa area particolarmente interessante per un'analisi economica, soprattutto per l'esistenza di complessi processi di trasformazione, incluso il cambiamento climatico. Un tipico esempio di questi processi è legato al fenomeno dell'innalzamento del livello del mare, le periodiche inondazioni delle aree costiere dell'Alto Adriatico e gli eventi estremi legati alle anomalie osservate del livello del mare. L'area adriatica ha la tendenza ad abbassarsi e quindi i rischi di inondazione sono alti, perché esistono già problemi di subsidenza o di erosione e instabilità dei litorali.

Si noti che il 25,4% delle aree costiere a rischio di inondazione in Italia si trova nel nord ed in particolare nell'adriatico (vedasi a tal proposito il rapporto per il workshop sui cambiamenti climatici e ambiente marino-costiero). A rischio ci sono tutte le aree da Riccione a Grado. Venezia e la pianura Padano-Veneta, in particolare, è considerata una delle aree più esposte a tale rischio. L'innalzamento delle acque sarà anche la causa di eventi estremi come alte maree sempre più frequenti, non solo nell'area della laguna veneziana, ma anche lungo la restante costa compresa tra Riccione a Grado.

Ai rischi di inondazione bisogna aggiungere altri rischi secondari, come le infiltrazioni di acqua salate nelle falde costiere di acqua dolce, il cuneo salino negli estuari, la perdita di zone umide e la perdita o modifica della biodiversità marino-costiera. Tutti questi impatti avranno forti implicazioni

su tutte le attività produttive condotte nelle zone costiere, ma anche sulle attività ricreative e turistiche e sul patrimonio storico, artistico e culturale.

Come già evidenziato, l'innalzamento del livello del mare nell'Alto Adriatico è particolarmente sentito a Venezia e nella sua laguna, con un impatto significativo soprattutto nel centro storico di Venezia. I veneziani hanno imparato a coesistere con le periodiche inondazioni e gli eventi estremi di marea adottando specifiche misure e comportamenti per affrontare questo problema. Ciononostante, negli ultimi decenni la città ha sperimentato un aumento sistematico nell'intensità dei fenomeni periodici di allagamento e degli eventi estremi di marea, come viene confermato dai trend in salita degli andamenti medi della marea a Venezia. La Figura 2.1 riporta i livelli medi dell'acqua dal 1993 al 2001.

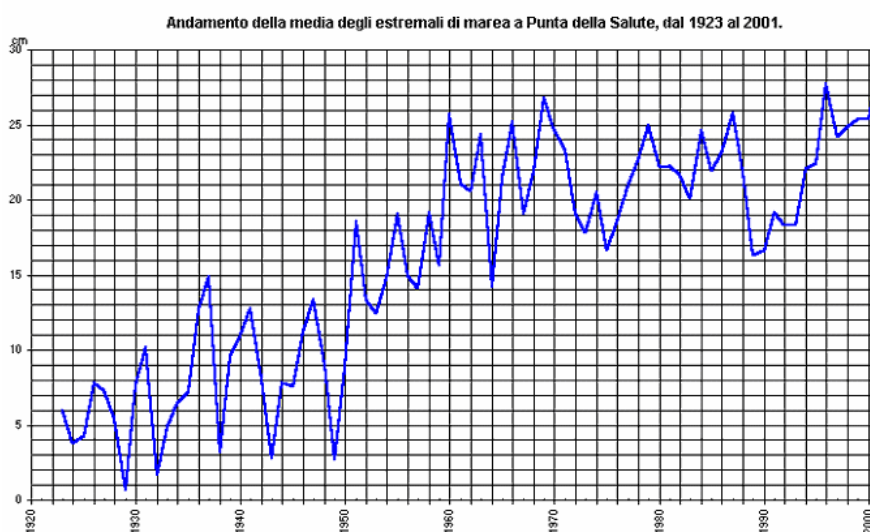
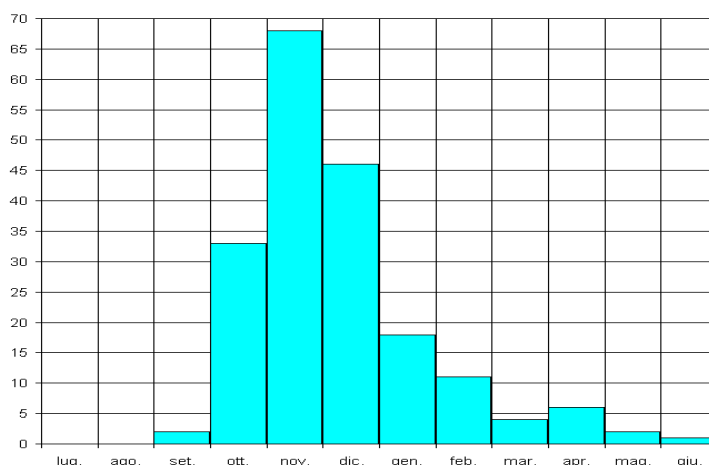


Figura 2.1: Andamento della media degli estremi di marea

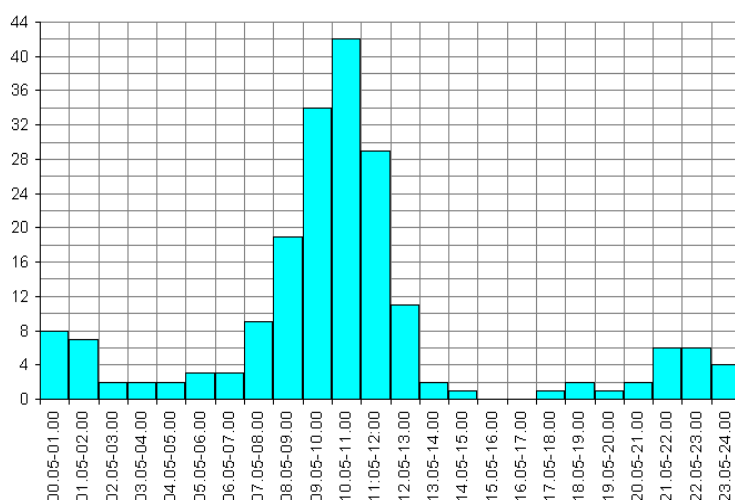
Fonte: www.comune.venezia.it/maree/dal1867.asp

Nel corso dei mesi autunnali e invernali, a causa di alcuni fattori astronomici e meteorologici, la laguna veneta è interessata dal fenomeno dell'*acqua alta*, che comporta il periodico allagamento del centro storico della città di Venezia (Figura 2.2). Tecnicamente, tale fenomeno, più frequente nelle ore del mattino (Figura 2.3), si verifica qualora il livello della marea superi di 80 cm il livello medio del mare misurato a Punta della Salute (Canestrelli *e al.*, 1998). I disagi arrecati alla cittadinanza sono consistenti, se si considera che in occasione di episodi di allagamento eccezionale (+140 cm) addirittura il 90% circa del centro storico della città di Venezia risulta allagato.



Source: www.comune.venezia.it/maree/storic.asp

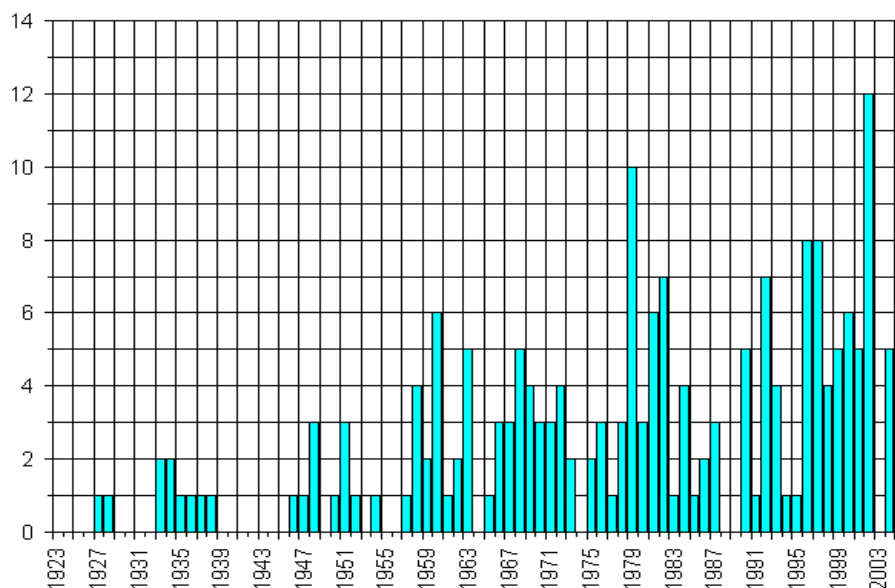
Figura 2.2: Distribuzione mensile della marea $\geq +110$ cm a Venezia, 1923-2005



Source: www.comune.venezia.it/maree/storic.asp

Figura 2.3: Distribuzione oraria della marea $\geq +110$ cm a Venezia, 1923-2007

Nel corso degli ultimi decenni, la frequenza e l'intensità del fenomeno si sono aggravate (Figura 2.4). Tale tendenza si spiega prevalentemente alla luce dell'innalzamento del livello relativo delle acque - 23 cm nel corso del XX secolo (Ceconi e Ardone, 2000; Ramieri, 2000; www.comune.venezia.it) - cui hanno contribuito sia l'innalzamento del livello medio del mare Adriatico (*eustatismo*), in gran parte causato dal surriscaldamento del pianeta, sia lo sprofondamento delle isole veneziane (*subsidenza*). Sulla base delle più recenti previsioni (IPCC, 2007), a causa dei cambiamenti climatici il fenomeno di eustatismo dovrebbe nei prossimi decenni ulteriormente accentuarsi. Questo sta determinando un incremento degli eventi estremi di inondazione. Questi, a loro volta, causano un danno rilevante alla città in generale, ed in particolare alla popolazione. Per queste ragioni, tutti questi impatti, e i relativi danni economici, hanno richiamato molta attenzione tra gli studiosi e gli organismi nazionali ed internazionali.



Source: www.comune.venezia.it/maree/storic.asp

Figura 2.4: Distribuzione annuale della marea $\geq +110$ cm a Venezia, 1923-2005

2.2 Impatti economici previsti

Gli impatti previsti a livello economico nell'Alto Adriatico si riconducono ai seguenti: impatti sul turismo costiero; impatti sull'attività ittica; impatti sulle attività economiche e produttive; impatti sulle strutture architettoniche ed edilizie urbane; impatti sociali – vedasi la Tabella 2.4. L'aumento della temperatura e delle ondate di calore avrà un impatto sul turismo costiero. Aree turistiche oggi molto popolari possono nel medio lungo periodo diventare eccessivamente "calde", ed essere soggette ad un aumento della frequenza ed intensità delle ondate di calore. Questo può avere come effetto una riduzione del flusso turistico in tali aree con importanti implicazioni economiche a livello nazionale e locale.

I cambiamenti nelle condizioni climatiche hanno un effetto significativo sulle lagune per via della bassa profondità e del ridotto volume delle acque. Gli incrementi di temperatura delle acque possono influenzare il metabolismo degli organismi, la loro distribuzione, l'interazione tra le diverse specie, modificare la struttura della rete alimentare ed i cicli biogeochimici. L'incremento del livello del mare aumenta la profondità della laguna, alterando la circolazione dell'acqua ed i livelli di salinità, il trasporto dei solidi e l'equilibrio erosione-sedimentazione. Tutte queste modificazioni possono influire sulla produzione ittica, riducendone la produzione.

Gli impatti economici dovuti alle inondazioni nell'Alto Adriatico possono essere ricondotti a tre principali categorie: danni materiali alle strutture architettoniche ed edilizie urbane (on-site); danni diffusi sulla funzionalità della città (off-site); e danni sociali. I primi derivano dai danni dovuti all'infiltrazione di acqua salata durante i fenomeni di allagamento negli edifici, comprendendo i costi privati delle protezioni necessarie per prevenire o limitare tali impatti. I danni diffusi si ricollegano alla ridotta funzionalità della città durante i fenomeni di allagamento, inclusa la difficoltà per l'approvvigionamento e la fornitura di beni, la difficoltà nel raggiungere il posto di lavoro da parte del personale dipendente, e la riduzione dei flussi di clientela e del fatturato delle attività commerciali e produttive.

Tabella 2.4: Impatti per l'Alto Adriatico

Tipologia dei costi	Impatti fisici per l'Alto Adriatico	Impatti economici	Casi di studio
<i>Privati</i>			
	Aumento delle temperature medie dell'aria	<u>Impatti sul turismo costiero:</u> variazione della domanda nel settore turismo	Venezia Centro storico, Mestre, Riviera del Brenta, Cavallino e il Lido (VE); Bibione-Caorle (BI-CA); Chioggia, inclusa l'area di Sottomarina (CHI); Jesolo-Eraclea (JE-ER) (capitolo 3.1)
	Aumento delle temperature medie dell'acqua e innalzamento del livello del mare	<u>Impatti sull'attività ittica:</u> variazione della produzione nel settore ittico	Laguna di Goro (Capitolo 3.2)
	Innalzamento del livello medio del mare	<u>Impatti sulle strutture architettoniche ed edilizie urbane:</u> danni agli edifici e degrado delle strutture (danni on-site)	Centro storico di Venezia (capitolo 3.3)
	Aumento degli eventi estremi de marea	<u>Impatti sulla produttività delle attività economiche:</u> variazione del fatturato delle attività commerciali e produttive e costi per la messa in sicurezza dei locali (danni off-site)	Centro storico di Venezia (capitolo 3.4)
	Innalzamento del livello medio del mare	<u>Costi delle opzioni di adattamento:</u> misure protettive private contro i danni alle strutture e materiali	Centro storico di Venezia (Capitolo 4.1)
	Innalzamento del livello medio del mare	<u>Costi delle opzioni di adattamento:</u> impatto del funzionamento delle barriere mobili sulle attività portuali	Porto di Venezia (Capitolo 4.2)
<i>Pubblici</i>			
	Innalzamento della livello medio del mare	<u>Danni sociali:</u> variazione del valore delle attività commerciali e produttive	Centro storico di Venezia (Capitolo 3.5)

I danni sociali si riferiscono ad una prospettiva di protezione pubblica e agli impatti sul valore economico totale delle attività economiche localizzate nell'area colpita dagli allagamenti. Eventi persistenti di allagamento possono creare incertezze nel turnover delle attività economiche che, a sua volta, influenzano il numero, la tipologia e la diversità delle attività. Per quanto riguarda gli impatti causati dalle inondazioni, il rapporto in questione focalizza sulla valutazione economica dei danni incorsi dalle attività economiche operative a Venezia, che rappresentano un importante centro di interesse dal punto di vista economico.

Bisogna infine considerare i possibili impatti sulla città derivanti dall'adozione di misure di protezione dall'innalzamento del livello del mare, come le barriere mobili. Tale misura protettiva comporta una serie di effetti negativi per il traffico portuale, ad esempio interruzioni dei flussi in entrata e in uscita delle navi dal porto, prolungamento dei tempi di attesa per raggiungere e per abbandonare lo scalo, costi aggiuntivi di noleggio e di ormeggio.

3. Valutazione economica degli impatti

3.1 Impatti sul turismo

Il cambiamento climatico è un fenomeno di ovvia rilevanza per l'industria turistica sia dal lato dell'offerta che della domanda. E' esperienza comune che le caratteristiche climatiche di una specifica località contribuiscano, talvolta in maniera preponderante, a determinarne l'attrattiva. Questo è particolarmente vero per i paesi dell'area mediterranea, primo tra tutti l'Italia, che tradizionalmente attraggono visitatori provenienti dalle vicine aree del nord Europa, ricche ed al contempo caratterizzate da climi freddi e piovosi. Assieme all'ampia offerta culturale, e all'alta qualità dei servizi ricettivi e ricreativi, elemento fondamentale è il clima caldo d'estate e la diffusa possibilità di godere di vacanze balneari. Il cambiamento climatico può cambiare questo stato di cose, soprattutto considerando la volatilità della domanda turistica. Destinazioni turistiche oggi molto popolari possono nel medio lungo periodo diventare eccessivamente "calde", divenire soggette ad un eccessivo manifestarsi di eventi estremi, e/o - in assenza di opportune strategie di adattamento - addirittura scomparire (problema dell'innalzamento del livello del mare e zone turistiche costiere); altre destinazioni, oggi eccessivamente "fredde" potrebbero invece divenire via via più appetibili turisticamente. Tutto questo è suscettibile di importanti implicazioni economiche a livello nazionale e più locale. La presente ricerca è volta ad una prima quantificazione degli impatti economici del cambiamento climatico su Venezia e area lagunare. Metodologicamente viene utilizzato un modello mondiale di previsione dei flussi turistici con dettaglio per 207 paesi. Le variazioni di arrivi e presenze di turisti Italiani e stranieri per l'Italia calcolate per diversi scenari di cambiamento climatico, vengono inizialmente dettagliate a livello della provincia di Venezia con un processo di downscaling basato sui differenziali di temperatura provinciali rispetto alla media nazionale. Successivamente la quantificazione degli impatti sulla spesa turistica viene effettuata utilizzando dati e proiezioni specifiche per comprensorio turistico.

3.1.1 Cambiamento climatico e flussi turistici nella provincia di Venezia

L'Hamburg Tourism Model opera a livello nazionale (vedasi Appendice A1). La qualità dei dati non permette un downscaling diretto del modello ad una risoluzione maggiore. Informazione necessaria per tale operazione sarebbe la provenienza dei turisti per ciascuna destinazione, non disponibile. E' tuttavia possibile raggiungere un grado di dettaglio più elevato partendo dalle informazioni sui flussi turistici e sulla temperatura con una risoluzione geografica più elevata. Il procedimento è il seguente: ciascuna quota provinciale di flusso turistico - che nel 1995 riproduce il

dato storico¹ - viene suddivisa in una componente climatica, C , e in una componente non climatica, O , che riassume “tutti gli altri fattori” con possibile influenza sui flussi. Ad esempio, supponiamo che nel 1995 l’1.1% di tutti i turisti stranieri in Italia abbia visitato la provincia italiana X. La componente climatica di tale flusso che si ritiene uguale a quella stimata a livello nazionale è: $C=0.22T-0.00791T^2$. La componente residuale è quindi calcolata in modo tale che $C*O=1.1\%$, e cioè, $O = 0.011/(0.22T_{1995}-0.00791T_{1995}^2)$. Successivamente O viene mantenuta costante lungo tutto il periodo di simulazione, mentre C cambia in risposta alle variazioni climatiche provinciali. Di conseguenza anche la quota di arrivi di turisti stranieri nella provincia X varia. Non esistendo scenari di aumento di temperature a livello provinciale, anche questi sono stati oggetto di stima. Le proiezioni di aumento di temperatura per l’Italia coerenti con gli scenari A1, A2, B1, B2 dell’IPCC sono state dettagliate per provincia attraverso coefficienti di conversione derivati dai rapporti tra la temperatura nazionale media osservata nel trentennio 1960-1990 ed i corrispondenti valori a livello locale. Questi ultimi sono stati derivati da fonte APAT (2005) che riporta diversi valori di temperature osservati in diverse località e la relativa altitudine della stazione di rilevamento. Circa 45 osservazioni sono disponibili corrispondenti a 45 aree provinciali diverse. La tipologia del dato utilizzato evidenzia una prima limitazione dello studio: un’unica osservazione è considerata rappresentativa del clima di un’intera provincia. In più non tutte le province sono rappresentate. Questi due inconvenienti sono stati solo parzialmente corretti aggiustando il dato di temperatura, quando disponibile, in base all’altitudine media della provincia e completando le osservazioni provinciali mancanti con la media delle temperature disponibili per le province all’interno della stessa regione, di nuovo corretta con l’altitudine media della provincia in questione. La seconda approssimazione introdotta è quella di ipotizzare implicitamente che la relazione tra temperatura nazionale e locale osservata nei 30 anni 1960-1990 rimanga stabile anche nel futuro. La Figura 3.1 riporta i dati di temperatura stimati per la provincia di Venezia.

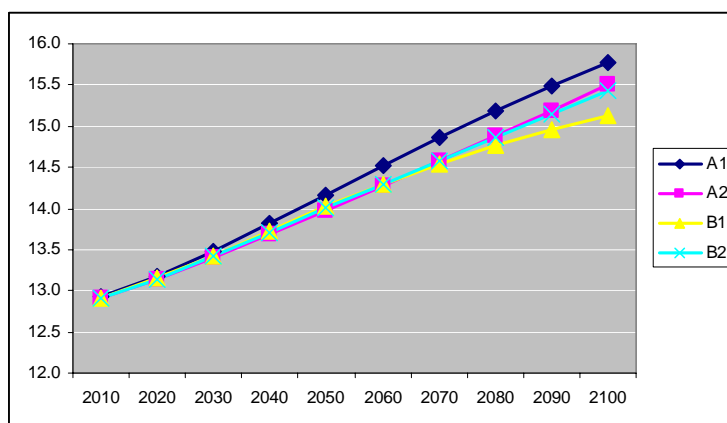
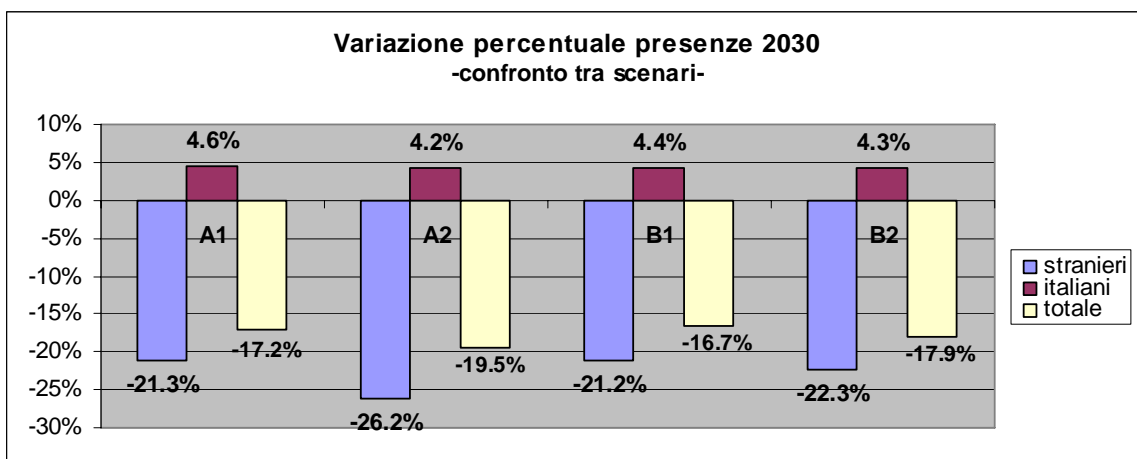


Figura 3.1: Previsioni sull’andamento della temperatura media per la provincia di Venezia (°C) 2010-2100

3.1.2 Risultati

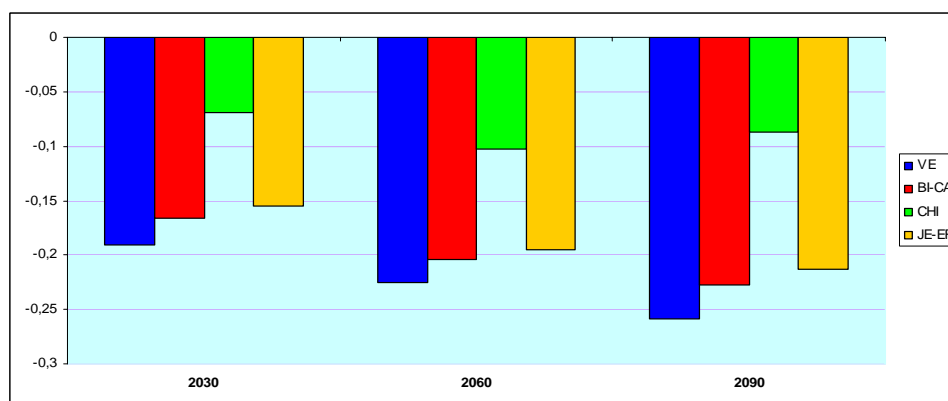
La Figura 3.2 riporta la variazione nelle presenze turistiche nella provincia di Venezia conseguenti il cambiamento climatico. Queste sono state ottenute moltiplicando gli arrivi provinciali domestici e internazionali stimati dal modello HTM per la permanenza media nel 2005 ipotizzando una relazione stabile tra arrivi e presenze nel lungo periodo.

¹ In realtà il dato storico reperito più prossimo al 1995 è stato il 1998. Pertanto i flussi turistici a livello provinciale al 1995, anno base del modello, sono stati ricostruiti retro stimando al 1995, i valori per il 1998 usando i tassi di crescita osservati 1998-2005.



*Figura 3.2: Presenze turistiche in provincia di Venezia
(Var % rispetto al caso senza cambiamento climatico)*

La provincia di Venezia è a sua volta composta da quattro sistemi turistici locali (STL): Venezia, che comprende Venezia Centro storico, Mestre, Marghera, i comuni della Riviera del Brenta, Cavallino e il Lido (VE); Bibione-Caorle (BI-CA); Chioggia, inclusa l'area di Sottomarina (CHI); and Jesolo-Eraclea (JE-ER). Al momento l'unico impatto sulla domanda turistica attribuibile al cambiamento climatico deriva dai differenziali di temperatura tra aree geografiche che non sono diversificabili a livello di STL. Pertanto la variazione indotta dalla componente climatica è uniforme, nonostante le diverse dinamiche demografiche e di reddito, nel determinare i flussi turistici per ciascuna STL. Le variazioni percentuali evidenziate per la provincia si traducono in variazioni di presenza per tipologia di turista (italiano e straniero), come riportato nelle Figure 3.3 e 3.4 - per gli scenari che presentano la massima differenziazione nel lungo periodo, rispettivamente Scenario A1 e Scenario B2.



*Figura 3.3: Variazione percentuale delle presenze turistiche per comprensorio
(Scenario A1)*

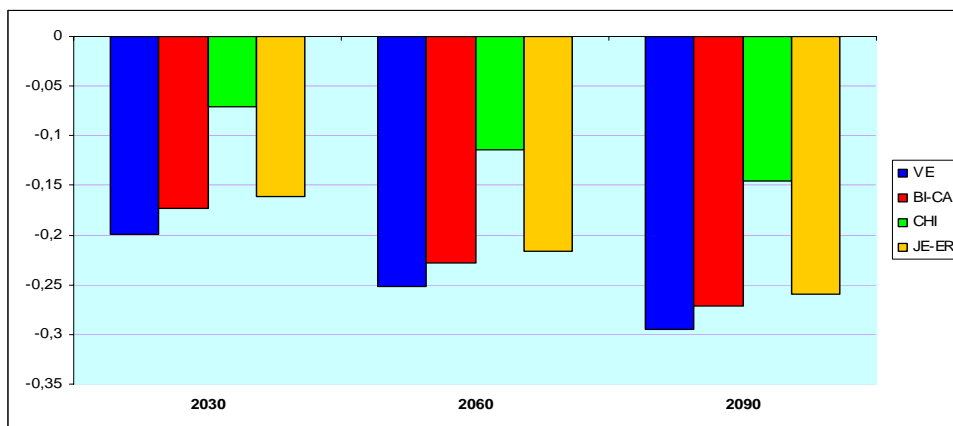


Figura 3.4: Variazione percentuale delle presenze turistiche per comprensorio (Scenario B2)

Anche le variazioni percentuali di spesa per tipologia di turista in ogni STL saranno uguali a quelle provinciali e pertanto uniformi tra STL. La variazione di spesa per il totale dei turisti in valore percentuale è diversa e viene riportata in Figura 3.5 e Figura 3.6. La Tabella 3.1 riporta invece la contrazione di spesa stimata in valore monetario.

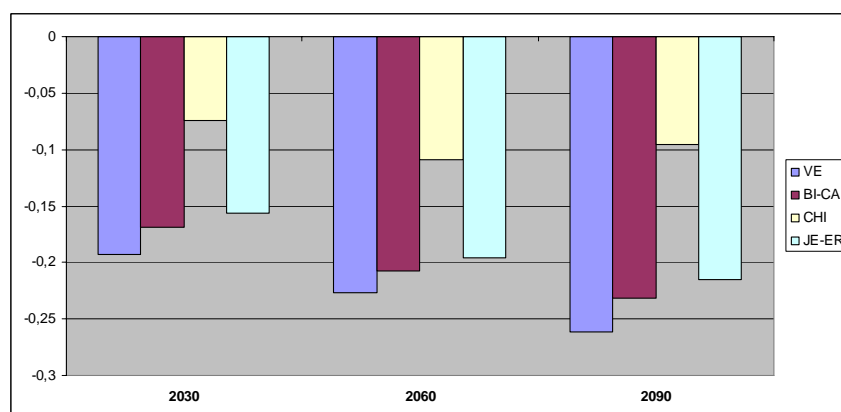


Figura 3.5: Variazione percentuale della spesa per comprensorio (Scenario A1)

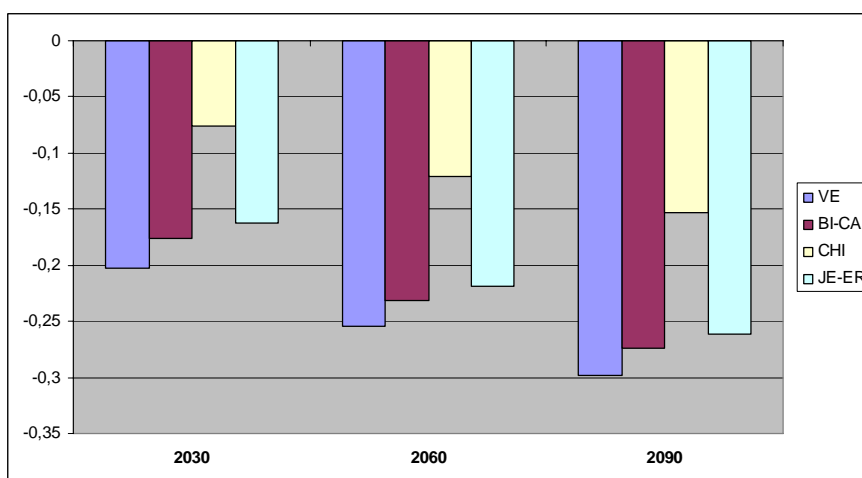


Figura 3.6: Variazione percentuale della spesa per comprensorio (Scenario B2)
 Tabella 3.1: Evoluzione nella spesa (milioni di Euro 2004)

IPCC	Anno	Stranieri				Italiani			
		VE	BI-CA	CHI	JE-ER	VE	BI-CA	CHI	JE-ER
A1	2030	-803.7	-328.5	-25.9	-167.9	14.1	14.3	6.5	10.0
	2060	-2425.1	-991.0	-78.2	-506.5	43.1	43.5	19.7	30.6
	2090	-3285.2	-1342.5	-106.0	-686.1	87.9	88.7	40.1	62.4
B2	2030	-651.8	-266.4	-21.0	-136.1	10.9	11.0	5.0	7.7
	2060	-1602.7	-654.9	-51.7	-334.7	25.6	25.8	11.7	18.1
	2090	-2798.3	-1143.5	-90.2	-584.4	43.7	44.1	20.0	31.0

In presenza di cambiamento climatico si assiste ad una riduzione della spesa per i turisti stranieri e ad un incremento della spesa per i turisti italiani, rispetto ad uno scenario senza cambiamento climatico.

Prendendo come esempio illustrativo il sistema turistico di Venezia (che presenta le maggiori variazioni percentuali di spesa - figure 3.5 e 3.6), si stima una variazione netta negativa nella spesa per i turisti stranieri compresa tra 652 e 804 milioni di euro per il 2030, e tra 2.798 e 3.285 milioni di euro per il 2090, a seconda dello scenario considerato.

Per quanto riguarda i turisti italiani nel comprensorio di Venezia, il cambiamento climatico determina invece una variazione netta positiva della spesa, che oscilla, a seconda dello scenario, tra 11 e 14.3 milioni di euro per il 2030 e tra 44 e 88 milioni di euro per il 2090.

3.2 Impatti sul settore ittico

La Sacca di Goro è una delle lagune salmastre di maggiori dimensioni dell'Alto Adriatico (circa 2000 ettari). Annoverata tra le zone umide d'importanza internazionale ai sensi della Convenzione di Ramsar (Bondesan, 1990; Pagnoni e Caramori 1999), rappresenta il secondo sito in Europa per la produzione della vongola filippina (*Tapes philippinarum*). Più di un terzo della superficie lagunare è destinato all'allevamento di questo bivalve, la cui produzione annua si aggira intorno alle 20.000 tonnellate, con una area di produzione di circa 12,6 Km² (Marinov et al., 2005).

Alcuni studi hanno dimostrato che la risposta biologica di *Tapes* può essere influenzata non soltanto dagli inquinanti chimici ma anche da altri fattori di stress, tra i quali la salinità, l'ipossia, la disponibilità di nutrienti e la temperatura (Nasci et al., 2000; Melià et al., 2004). Gli effetti attesi dei cambiamenti climatici legati a modificazioni delle condizioni ambientali sono stati valutati in alcuni studi mediante l'impiego di alcuni modelli integrati di tipo 3D che considerano aspetti sia idrodinamici sia biogeochimici (AA.VV., 2006). Gli scenari valutati si basano sui dati provenienti dall'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, <http://www.ipcc.ch/>) e ricostruiscono le dinamiche di sviluppo sulla base di: condizioni "normali", in cui le precipitazioni si mantengono in un range di 643 mm e in cui la temperatura è pari a circa 13.°C; condizioni di siccità, in cui si considera un media di circa 532 mm di precipitazioni ed una temperatura di 14.1°C; condizioni di piovosità, definite da precipitazioni pari a circa 720 mm e da una temperatura media pari a 12.6°C. La scelta dei parametri di riferimento per i vari scenari, nello studio preso in esame, è stata calibrata sulla base di dati pregressi della temperatura relativa agli ultimi 40 anni. I cambiamenti nelle condizioni climatiche hanno un effetto significativo sulle zone costiere ed in particolare sulle lagune per via della bassa profondità di queste zone e del ridotto volume d'acqua. Gli incrementi di temperatura possono influenzare il metabolismo degli organismi, la loro distribuzione, l'interazione tra specie, modificare la struttura della rete alimentare ed i cicli biogeochimici (per esempio di N e C), modificare i processi ecologici, in particolar modo la produzione primaria; le precipitazioni influenzano il trasporto dei nutrienti e dei sedimenti; l'incremento del livello del mare aumenta la

profondità della laguna, alterando la circolazione dell'acqua ed i livelli di salinità, il trasporto dei solidi e l'equilibrio erosione-sedimentazione (AA.VV., 2005).

In conseguenza di questi elementi Marinov et al. (2006) stimano che in condizioni di maggiore piovosità i flussi aumentino del 50,4%, e che in condizioni di scarsa piovosità si riducano di circa il 19%, determinando, nel primo caso, un eccesso di azoto inorganico disciolto e di fosforo totale pari a circa l'80-120%, e nel secondo un deficit pari a circa il 15-20%. Questi cambiamenti si tradurrebbero in una riduzione della produzione di vongole di circa il 20% durante i periodi di scarsa piovosità, per via della carenza di nutrienti. Inoltre, i cambiamenti nelle condizioni climatiche hanno un effetto significativo sulla presenza di un'alga, blooms algali, in particolare di *Ulva*. In questo scenario, si stima che la produzione della vongola filippina possa subire una riduzione maggiore, pari a circa il 22% (Marinov et al., 2006). La condizione che consente la maggiore produzione è quella che corrisponde ad uno scenario in cui il clima è piovoso e non si verificano blooms algali di *Ulva*. Lo scenario in relazione al quale la produzione risulta essere la minima ottenibile prevede un clima secco e la presenza di blooms algali (Tabella 3.2).

Tabella 3.2 – Produzioni di *Tapes Philippinarum* in relazioni a differenti scenari

		Area (km ²)	Produzione totale (kg)	Produzione di vongole (kg/m ² /anno)		
				Minimo	Media	Massimo
Anno piovoso	Senza algali	12,6	24.812.400	0,43	1,969	3,37
	Con algali	12,6	20.259.100	0,17	1,629	3,38
BAU “anno normale”	Senza algali	12,6	23.288.000	0,36	1,848	3,12
	Con algali	12,6	17.848.800	0,14	1,416	2,77
Anno secco	Senza algali	12,6	19.985.700	0,31	1,586	2,74
	Con algali	12,6	15.777.200	0,12	1,252	2,74

* BAU = business as usual, denominazione che indica le aree attualmente sfruttate per la raccolta della vongola filippina.
Fonte: Marinov et al. (2006)

La variazione biologica, indotta dai cambiamenti climatici, si tradurrebbe in una variazione monetaria. La Tabella 3.3 indica che la perdita monetaria nello scenario rappresentato da un anno secco (con poche precipitazioni) corrisponde, in media, a circa 10,4 milioni di euro/anno in assenza di blooms algali, e 16,5 milioni di euro se si assume la presenza di blooms algali.

Tabella 3.3: Valore economico della produzione

Scenari (milione di Euro, 2006)					
Anno secco (variazione media)		BAU		Anno piovoso (variazione media)	
Con algali	Senza algali	Con algali	Senza algali	Con algali	Senza algali
- 16,5	- 10,4	71,4 – 107,1	93,2 – 139,7	+ 12,0	+ 27,6

* Il valore della produzione è stimato con un intervallo assumendo un prezzo di mercato di 4 - 6 Euro/kg.

3.3 Impatti sulle strutture architettoniche ed edilizie urbane

L'innalzamento del livello del mare causato dai cambiamenti climatici avrà un impatto sulla frequenza degli allagamenti nelle zone costiere. In questa sezione viene presentata una stima dell'impatto causato da un innalzamento del livello medio del mare sui costi di recupero e restauro degli edifici. La stima di questi danni è basata sui dati forniti dal Consorzio per la Ricerca e la Formazione sul territorio di Venezia, COSES. Tra il 1999 e il 2001, il COSES ha condotto un'indagine su tutte le attività economiche situate al piano terra nella città di Venezia. L'indagine ha prodotto informazioni sulle diverse tipologie di attività, la natura e le condizioni dei materiali di costruzione, la presenza e le tipologie di misure di protezione contro l'allagamento, come anche le misure architettoniche. Il nostro caso di studio utilizza un campione di 2.598 rispondenti, su una popolazione totale di 5.097 attività economiche registrate nella città di Venezia. Le analisi statistiche dei risultati dell'indagine consentono di comprendere al meglio la diversità delle attività economiche e di evidenziare in che termini esse sono colpite dal fenomeno degli allagamenti. Le attività economiche più frequenti a Venezia sono quelle commerciali (rivenditori al dettaglio di prodotti alimentari, bevande, vestiario, articoli per turisti, ecc), seguite dai ristoranti, bar e attività industriali, inclusi i produttori del vetro e i cantieri navali locali (Tabella 3.4).

Tabella 3.4: Distribuzione delle tipologie di attività situate al piano terra

Tipologia di attività	Frequenza	Percentuale
Industrie	297	11.4
Negozi	1518	58.4
Bar e ristoranti	422	16.2
Uffici	154	5.9
Alberghi	116	4.5
Altro	91	3.5
Totale	2598	100.0

Un dato particolarmente importante riguarda il livello di allagamento per ciascuna delle attività economiche, cioè il livello minimo di marea che causa allagamenti. Secondo la Tabella 3.5, più dell'80% delle attività economiche che sono situate al piano terra, sono colpite da fenomeni di allagamento, quando i livelli del mare 110 cm a 130 cm.

Tabella 3.5: Distribuzione delle attività economiche Veneziane per livello di allagamento

Livello di allagamento	Frequenza	Percentuale	Frequenze cumulate %
< 90 cm	27	1.0	1.0
91 -110 cm	472	18.2	19.2
111 – 130 cm	1628	62.7	81.9
131 – 145 cm	397	15.3	97.2
> 145 cm	74	2.8	100.0
TOTALE	2598	100.0	

3.3.1 Identificazione delle diverse tipologie di costo

La infiltrazione dell'acqua di mare all'interno di un piano terra può comportare danni di varia natura a diversi elementi costitutivi dell'unità o al suo contenuto. La scelta metodologica di procedere alla valutazione dei costi partendo da 'giudizi esperti' ha reso necessario, innanzi tutto,

selezionare, fra tutti i possibili danni, quelli da sottoporre all'esercizio di stima. La scelta è stata fatta sulla base di due criteri fondamentali: 1) La rilevanza della voce di costo a prescindere dalla tipologia di attività economica e 2) La possibilità di stabilire una relazione univoca con una o più variabili fondamentali note, quali la frequenza degli allagamenti e/o la quota dell'unità rispetto al livello del mare.

Il primo criterio di scelta ha comportato la selezione di porte, pavimenti e pareti fra i possibili elementi da sottoporre alla stima di danno (vedasi Appendice A2). L'esclusione degli arredi è stata dettata dal fatto che il database messo a disposizione dal COSES non contiene informazioni molto dettagliate riguardo alle caratteristiche degli arredi delle singole unità economiche, né tanto meno riguardo ai rispettivi costi monetari. Essendo gli arredi strettamente dipendenti, nelle loro caratteristiche, dalla tipologia di attività sarebbe stato necessario ipotizzare una sorta di arredo standard per ogni tipo di attività e indagare per ognuno di essi la relazione fra eventi di allagamento e i danni economici. Un tale procedimento avrebbe avuto come conseguenza l'utilizzo di assunzioni fortemente soggettive, tali da diminuire l'affidabilità dei risultati. Così è stato deciso di escludere i danni agli arredi dalle tipologie da sottoporre a stima mediante applicazione di una formula ad hoc. Il secondo criterio è stato motivato dalla stessa definizione di costo legato ai danni subiti dagli edifici, dipendente in modo diretto dalla frequenza degli allagamenti dell'unità o, indirettamente, dalla quota dell'unità rispetto al livello del medio mare. Solo nei casi in cui questa relazione sia stata individuata in maniera sufficientemente precisa dagli esperti intervistati, la categoria di costo è stata inserita fra i danni. Poiché la valutazione in corso è ancorata al database fornito dal COSES, le unità considerate per la stima sono le porte esterne e interne, i pavimenti, le pareti e il costo del tempo impiegato per ripulire i pavimenti e ristabilire la funzionalità dell'unità economica. Gli arredamenti sono stati esclusi dalla stima, poiché nel database COSES le informazioni disponibili sugli arredi in ciascuna unità economica erano insufficienti. Questo può portare ad una sottostima dei costi variabili, sebbene nelle attività economiche Veneziane l'arreda venga frequentemente rinnovato, indipendentemente dagli eventi di allagamento.

3.3.2 Scenari di allagamento

Sono stati considerati due scenari in merito alla frequenza annuale degli allagamenti, classificati secondo intervalli di livello – vedesi Tabella 3.6. Scenario BAU (*Business As Usual*): il livello medio del mare rimane inalterato e le frequenze assunte sono quelle medie storiche (1966-2001) calcolate dall'Ufficio Maree del Comune di Venezia, come riportato nella prima colonna della Tabella 3.6. Scenario Eustatismo +10 cm: si è ipotizzato che il livello del medio mare cresca, rispetto al livello attuale, di 10 cm, determinando un conseguente innalzamento dei livelli di allagamento nella stessa misura. Tale scenario è in linea con le ipotesi meno funeste esistenti circa gli impatti del cambiamento climatico sul livello del mare, combinato con le dinamiche tettoniche dell'area del Nord Adriatico. Si presume, per esempio, che le frequenze degli allagamenti che si verificano attualmente al livello di 110 cm (120 cm), corrispondano, secondo questo scenario, ad un livello di 120 cm (130 cm) – come riportato nella terza colonna della Tabella 3.6. Nello scenario si presume che le misure di protezione rimangano invariate, perché un ipotetico adattamento richiederebbe una nuova verifica in loco, per verificare la misura in cui questo innalzamento abbia incentivato un adattamento ai nuovi livelli di allagamento. La sezione seguente riporta le stime per ogni scenario, sia disaggregate per voce di costo che aggregate e le stime relative ai danni materiali di breve periodo causati alle attività economiche dalle acque alte a Venezia.

Tabella 3.6: Frequenza media annua degli allagamenti per scenario

Quota s.l.m.m.	Frequenza	
	BAU	Eustatismo + 10 cm
+ 190 cm	0.0286	0.0286
180 – 190 cm	0.0286	0.0286
170 – 180 cm	0.0286	0.0571
160 – 170 cm	0.0571	0.0862
150 – 160 cm	0.0862	0.2000
140 – 150 cm	0.2000	0.6250
130 – 140 cm	0.6250	1.5000
120 – 130 cm	1.5000	3.5000
110 – 120 cm	3.5000	8.5000
100 – 110 cm	8.5000	19.700
90 – 100 cm	19.700	49.200
80 – 90 cm	49.200	117.60
70 – 80 cm	117.60	241.30

3.3.3 Risultati

Le stime superiori ed inferiori dei danni alle strutture e materiali causati da eventi di allagamento a tutte le unità economiche del Centro Storico di Venezia sono stati riassunti in Tabella 3.7.² I danni puntuali dovuti ad eventi di allagamento sulla totalità degli esercizi economici nella città di Venezia ammonterebbero, nella situazione attuale (scenario BAU) ad una cifra compresa tra 2,2 e 5 milioni di Euro all'anno, con una *best guess* pari a circa 3,5 milioni di Euro annui. I danni puntuali aumenterebbero fino ad una cifra compresa tra 3,3 e 6,4 milioni di Euro, con una *best guess* di 4,7 milioni di Euro annui, nel caso di un innalzamento del livello medio degli allagamenti di 10 cm. (scenario Eustatismo + 10 cm). Tale stima permette di concludere che, qualora non si adottasse alcuna politica di difesa e si verificasse un aumento della frequenza degli allagamenti, a seguito di un innalzamento del livello del mare di 10 cm, si stima un aumento di costi dovuti a danni puntuali di circa 4,7 milioni di Euro annui. Teniamo a sottolineare il carattere limitato di queste stime. Innanzitutto, i danni calcolati si riferiscono ai soli esercizi economici nella città di Venezia, escludendo i residenti. Inoltre, le stime riguardano esclusivamente i danni puntuali, ossia causati alle strutture direttamente dai singoli eventi di allagamento. Tra i danni puntuali, sono stati presi in considerazione quelli relativi a porte, sia interne che esterne, pavimenti e pareti, interne ed esterne. Per mancanza di dati, sono stati esclusi i danni agli arredi. In questa prima stima non sono inclusi i cosiddetti danni diffusi, ossia quei costi indirettamente riconducibili ai fenomeni di allagamento, come il minore afflusso di clienti o il disagio generico arrecato agli operatori economici.

² Nonostante le numerose misurazioni compiute dal Magistrato delle Acque negli ultimi decenni sulla quota della pavimentazione pubblica e sulle quote soglia, manca tuttora una mappa completa, coerente e sufficientemente recente, su cui fosse possibile ancorare le misurazioni differenziali fornite dal lavoro del COSES. A tal fine, nel questionario rivolto agli esercenti di attività economiche, si sono introdotte delle domande per conoscere il livello s.l.m.m. a partire dal quale l'unità è soggetta ad allagamento. Per ogni voce di costo, sono state calcolate due diverse stime, in modo da identificare un intervallo di confidenza, ovvero un *range*, all'interno del quale ci si possa ragionevolmente attendere che sia situato la stima "vera" del danno economico. La prima stima tiene conto della "percentuale di superficie soggetta con maggior frequenza ad allagamento", mentre la seconda stima è stata calcolata ipotizzando che tutta la superficie venga allagata al "livello dell'acqua a partire dal quale l'unità è soggetta ad allagamento".

Tabella 3.7: *Danni alle strutture e materiali (costi annui, Euro 2003)*

SCENARIO BAU		Stime
Tipo di intervento	MANUTENZIONE E PORTE INTERNE	
	Stima superiore	1.253.764 – 1.707.563
	Stima inferiore	804.310 – 1.086.266
	MANUTENZIONE E PORTE ESTERNE	
	Stima superiore	135.283
	Stima inferiore	63.599
	PULIZIA PAVIMENTI	
	Stima superiore	73.834 – 112.696
Stima inferiore	64.203 – 97.997	
MANUTENZIONE PARETI	Stima superiore	2.920.345 -3.023.358
	Stima inferiore	1.240.260 – 1.346.256
COSTI COMPLESSIVI DA DANNI PUNTUALI		
Stima superiore		4.383.226 – 4.978.901
Stima inferiore		2.172.379 – 2.594.117
SCENARIO EUSTATISMO		
Tipo di intervento	MANUTENZIONE E PORTE INTERNE	
	Stima superiore	1.862.799 – 2.557.881
	Stima inferiore	1.412.132 – 1.927.484
	MANUTENZIONE E PORTE ESTERNE	
	Stima superiore	284.394
	Stima inferiore	164.418
	PULIZIA PAVIMENTI	
	Stima superiore	176.316 – 269.296
Stima inferiore	153.318 – 234.170	
MANUTENZIONE PARETI	Stima superiore	3.232.092 – 3.358.537
	Stima inferiore	1.568.836 – 1.692.704
COSTI COMPLESSIVI DA DANNI PUNTUALI		
Stima superiore		5.555.600 – 6.470.107
Stima inferiore		3.298.703 – 4.018.776

3.4 Impatti sulla produttività delle attività economiche e commerciali

Questa sezione presenta la stima dei danni causati dall'innalzamento del livello medio del mare dell'Alto Adriatico, e dai fenomeni di allagamento che ne conseguono, sulla conduzione e sul regolare svolgimento delle attività economiche e produttive. Il caso di studio in questione focalizza sui danni subiti dalle attività economiche situate al piano terra del centro storico di Venezia. I danni oggetto di valutazione si riferiscono a perdite dovute all'interruzione dell'attività lavorativa e alla messa in sicurezza e ripristino dei locali.

3.4.1 Scenario di allagamento e identificazione delle diverse tipologie di danni

Al fine di valutare questi danni, agli operatori economici è stato chiesto di immaginare una situazione in cui vi siano degli eventi di marea tali da obbligare all'uso di misure di protezione per evitare allagamenti (o, nel caso in cui le attività non avessero misure di protezione, tali che il locale risulti allagato), per una settimana, tutte le mattine alle 10. Sotto questo scenario, sono state stimate alcune tipologie di costo legate alla perdita di fatturato, e in termini di tempo speso per la sistemazione dei locali o per l'impossibilità di svolgere la propria attività. Riportiamo qui di seguito alcune statistiche descrittive sulle risposte ottenute dai rispondenti e che verranno successivamente utilizzate per la stima dei danni totali.

Dalla Tabella 3.8 emerge come il 40% delle attività affermi che l'attività potrebbe rimanere aperta normalmente, mentre nel 37% dei casi l'attività economica dovrebbe chiudere per un periodo da un'ora a 5 ore. Anche in questo caso, come visto anche precedentemente, solo lo 0,1% degli operatori economici intervistati afferma che l'attività non potrebbe aprire per oltre 24 ore. Se vi fosse un regime di allagamento come descritto, il 14% degli intervistati afferma che servirebbero tra le 6 e le 10 ore per mettere in sicurezza i locali, ripulirli, etc., come indicato dalla Tabella 3.9. Ben il 35%, invece, necessiterebbe di oltre 24 ore. Ciò potrebbe indicare che gli intervistati abbiano risposto strategicamente alle domande riguardanti lo scenario di allagamento descritto.

Tabella 3.8: Ore di chiusura per lo scenario di allagamento proposto

		<i>Frequenza</i>	<i>Percentuale</i>	<i>Validi Percentuale</i>	<i>Cumulativa Percentuale</i>
Validi	N.R.	26	2.8	2.8	2.8
	0	370	39.8	39.8	42.6
	1-5	343	36.9	36.9	79.5
	5.50	14	1.5	1.5	100.0
	6-10	166	17.9	17.9	97.4
	11-24	9	1.0	1.0	98.4
	>24	1	.1	.1	98.5
	Total	929	100.0	100.0	

N.R.: Non risposto

Tabella 3.9: Tempo di messa in sicurezza per lo scenario di allagamento proposto

		<i>Frequenza</i>	<i>Percentuale</i>	<i>Validi Percentuale</i>	<i>Cumulativa Percentuale</i>
Validi	N.R.	24	2.6	2.6	2.6
	0	51	5.5	5.5	8.1
	.20	1	.1	.1	8.2
	.30	1	.1	.1	8.3
	1-5	73	7.9	7.9	16.1
	5.50	4	.4	.4	100.0
	6-10	130	14.0	14.0	30.1
	11-24	317	34.1	34.1	64.3
	>24	328	35.3	35.3	99.6
	Total	929	100.0	100.0	

N.R.: Non risposto

Delle ore necessarie per la messa in sicurezza e pulizia dei locali, nel 66% dei casi non sarebbero necessarie ore di lavoro straordinario. Nel 12,3% dei casi, però, gli intervistati affermano che, se vi fosse alta marea tutti i giorni alle 10 per una settimana, avrebbero bisogno di quasi un giorno di lavoro extra (tra le 11 e le 24 ore).

3.4.2 Risultati

La Tabella 3.10 riporta i danni riguardanti i costi relativi alle pulizie e messa in sicurezza dei locali. Il costo totale stimato per un evento di marea ipotetico tale che, per una settimana, tutte le mattine la marea raggiunga un livello tale da inondare l'attività qualora sprovvista di misure di protezione, è di 2.629.078,93 Euro.

Tabella 3.10: Costi per messa in sicurezza e pulizie (Euro 2003)

	Media di ore	Euro per ora	Euro per capita	Costo campione	Costo totale
Tempo impiegato per la pulizia e messa in sicurezza	27.26	14	905	345,333	1,894,687
Tempo straordinario	6.12	25	875	133,853	734,391
Totale					2,629,078

Il costo implicito nell'inagibilità al pubblico dell'attività e le ore di forzata chiusura verrà stimato utilizzando le informazioni che i rispondenti stessi forniscono riguardo al fatturato perso in termini di mancati incassi. La Tabella 3.11 riporta la perdita di fatturato media per categoria in termini di percentuale sull'incasso settimanale, pari al 52.16% del fatturato settimanale.

Tabella 3.11: Fatturato Medio Perso (%)

Attività	Perdita settimanale media
Artigiana	54.55
Industria	17.67
Ingrosso	36.50
Dettaglio (alimentari, tabacchi, giornali)	52.95
Dettagli abbigliamento	58.74
Dettagli altro	58.38
Alberghi	32.80
Pubblici esercizi	52.37
Attività professionale	14.73
Crediti, servizi finanziari, assicurazioni	21.54
Altro	36.76
Totale	52.16

Come invece traspare dalla Tabella 3.12, il costo stimato in termini di inaccessibilità al luogo di lavoro, e forzata chiusura, è di €4,978,073.66 per settimana. Va però evidenziato come questa stima sia probabilmente poco accurata, vista la bassa percentuale di intervistati che hanno risposto a questa domanda (il 18%). Combinando il risultati, i danni economici per mancanza di operatività vieni stimati (escludendo però i danni alle strutture, i danni psicologici e le spese per le misure di protezione) in circa 7,6 milioni di Euro.

Tabella 3.12: Fatturato Medio Perso (Euro 2003)

Attività	Numero	Percentuale campione interessata	Perdita settimanale media (€)	Costo settimanale per categoria popolazione (€)
Artigiana	20	2.15%	1436	157,628
Industria	4	0.43%	-	-
Ingrosso	3	0.32%	1800	29,627
Dettaglio (alimentari, tabacchi, giornali)	12	1.29%	6595	434,260
Dettagli abbigliamento	17	1.83%	4400	410,393
Dettagli altro	47	5.06%	4590	1,183,689
Alberghi	9	0.97%	34600	1,708,510
Pubblici esercizi	36	3.88%	4384	866,051
Attività professionale	6	0.65%	816	26,884
Crediti, servizi finanziari, assicurazioni	5	0.54%	5400	148,136
Altro	9	0.97%	261	12,893
	168	100%	5400	4,978,073

3.5 Danni sociali

Il fenomeno dei ricorrenti allagamenti che caratterizzano il contesto veneziano causeranno impatti sempre più importanti con l'innalzamento del livello del mare a causa dei cambiamenti climatici. I danni oggetto di valutazione si ricollegano alla ridotta fruibilità ed accessibilità della città durante gli eventi di allagamento, alle maggiori o minori opportunità di business generati, e alle difficoltà degli operatori economici nello svolgere la propria attività, oltre al rischio di chiusura dell'attività stessa. La maggior parte di tali costi non sono catturati dal mercato, per cui si propone l'applicazione di una metodologia di valutazione basata sull'approccio *Conjoint Choice*, che risulta appropriato in questo contesto. L'esercizio di valutazione si applica ad uno specifico caso di studio che si localizza nell'Alto Adriatico, e cioè le attività produttive situate al piano terra del Centro Storico di Venezia. Questo approccio si basa sull'utilizzo di un questionario da sottoporre agli operatori economici. In base alle risposte fornite nel questionario, possiamo analizzare il grado di importanza che rivestono alcuni attributi che influiscono sulla scelta d'insediamento di un'attività economica nel centro storico di Venezia, operata dal rispondente. La lista include, oltre al livello del mare, anche la tipologia di clientela e la presenza di passerelle nell'area di insediamento, essendo questi ultimi due attributi rilevanti nel contesto veneziano e strettamente legati alla quota dell'insediamento sul livello del mare.³

3.5.1 Valutazione Conjoint Choice

La metodologia di valutazione per la stima dei danni causati da un innalzamento del livello del mare si fonda sull'approccio *Conjoint Choice* e si ancora alle dichiarazioni degli intervistati. Questi ultimi sono chiamati ad esprimere un parere su una serie di attributi, che nel complesso definiscono la risorsa oggetto di valutazione. L'obiettivo finale è quello di capire come gli esercenti effettuano la scelta del luogo di insediamento di un'attività economica a Venezia. Il primo stadio è volto a

³ La scelta degli attributi da includere nell'analisi dipende largamente dal contesto territoriale in cui si vuole effettuare la stima. L'esercizio proposto permette di stimare l'impatto sul valore dell'attività economica di diversi livelli di allagamento e di una variazione degli altri attributi che caratterizzano l'attività. In particolare, ci si propone di stimare la variazione di valore di un'attività economica in scenari alternativi di allagamento sul livello generale del mare.

definire quali sono gli attributi rilevanti per l'indagine, in modo da inserire solo quelli che rappresentino la risorsa in modo significativo.

Nella presente analisi, la scelta dei livelli e degli attributi è definita in tre stadi: (i) selezione degli attributi; (ii) definizione del range di variabilità di ogni attributo, in modo da riprodurre quanto più fedelmente il range delle preferenze individuali; e (iii) definizione del numero di livelli per ogni attributo. La selezione dei livelli è da vedersi complementare alla selezione degli attributi. Un maggiore numero di attributi e di livelli incrementa il livello di difficoltà al quale gli intervistati devono sottoporsi, e può causare di conseguenza distorsioni. Gli economisti e gli esperti del settore (COSES) hanno predisposto una lista di attributi rilevanti legati alla scelta di insediamento delle attività economiche nel centro storico di Venezia, incluso il livello di allagamento che causa disagio a tali attività. Gli attributi sono stati identificati anche sulla base di quanto emerso durante la conduzione dei focus groups, i cui partecipanti erano titolari di attività economiche nel centro storico di Venezia. L'analisi condotta ha portato ad identificare quattro principali attributi che influiscono sulla scelta di insediamento da parte degli operatori: (i) livello di allagamento al quale l'acqua entra nei locali senza l'utilizzo di protezioni; (ii) zona di Venezia frequentata da turisti o residenti; (iii) possibilità di raggiungere l'attività con le passerelle; (iv) valore dell'attività economica. Le attività economiche sono state distinte in "alberghi" e "altre attività". I livelli dell'attributo "valore" dell'attività economica sono stati stabiliti a seconda della categoria di appartenenza. Variando i livelli degli attributi, il metodo consente di inferire le seguenti informazioni: (i) quali attributi influenzano significativamente la scelta; e (ii) la disponibilità a pagare marginale per incrementi o decrementi della qualità o quantità degli attributi. Nel presente caso di studio, l'obiettivo è quello di stimare la disponibilità a pagare per alcuni specifici scenari legati agli eventi di allagamento nel centro storico di Venezia. All'intervistato viene chiesto di confrontare due attività economiche alternative, analoghe alla sua per tipologia, entrambe caratterizzate dagli attributi indicati sopra. L'attività (A) costituisce lo status quo, e l'individuo deve confrontarla con l'attività (B) che si differenzia dall'altra per almeno un attributo – vedessi Tabella 3.13.

Tabella 3.13: Esercizio di valutazione Conjoint Choice

Attributi	Attività: A		Attività: B	
Livello di allagamento al quale l'acqua entra nei suoi locali senza protezioni	Da quota 110 cm		Da quota 130 cm	
Zona di Venezia frequentata da:	Prevalentemente turisti		Prevalentemente turisti	
La sua attività può essere raggiunta con le passerelle	Sì		Sì	
Valore dell'attività	800.000 EURO	Var % positiva 0	Var % negativa 0	Var % nulla 0
		Di quanto? _____%	Di quanto? _____%	

In primo luogo l'intervistato deve stabilire se l'attività economica B vale di più o di meno rispetto all'attività A. In un secondo momento, gli viene chiesto di attribuire una variazione percentuale di valore all'attività economica B rispetto all'attività A. Per quanto riguarda i livelli del mare, lo status quo è rappresentato dal livello di 110 cm s.l.m.m., che è stato messo a confronto con i livelli 130 cm e 145 cm. In ogni scheda sono presentate due situazioni con diversi livelli di

allagamento e questo assicura una notevole flessibilità nella scelta delle combinazioni di tali livelli. Ogni partecipante risponde a tre esercizi di scelta. Il passo successivo è quello di stimare i diversi parametri della funzione di utilità in modo da procedere in seguito alla valutazione monetaria degli attributi di scelta. I parametri rappresentano le utilità marginali degli attributi. Per procedere all'analisi econometrica è necessario anzitutto specificare la forma funzionale della funzione di utilità $V(\cdot)$, che richiede di individuare la relazione esistente tra gli attributi e le scelte osservate delle imprese

3.5.2 Stime ottenute del modello di utilità stocastica

La scelta d'insediamento delle imprese nella città di Venezia è stata definita attraverso la decomposizione della parte deterministica dell'utilità nei seguenti fattori: (i) livello del mare al quale l'acqua entra nei locali senza l'utilizzo di protezioni; (ii) zona di Venezia frequentata da turisti o residenti; e (iii) possibilità di raggiungere l'attività con le passerelle (vedesi Appendice A3). Al fine di estendere la presente analisi econometrica, è stata costruita una specificazione del modello che tenga conto delle interazioni tra gli attributi delle alternative, e del loro impatto sulla scelta d'insediamento – vedasi Tabella 3.14.

Tabella 3.14: Stime del modello di utilità stocastica (con effetti incrociati) ^(a)

Variabile	Stime	p-value
Livello del mare ^(b)	0.117	0.000 *
Proporzione di turisti nell'area circostante	1.055	0.375
Presenza di passerelle nelle vicinanze	2.328	0.010 *
<i>Effetti incrociati</i>		
Livello del mare ^(b) * Presenza di passerelle nelle vicinanze	- 0.003	0.708
Livello del mare ^(b) * Proporzione di turisti nell'area circostante	0.009	0.394
Presenza di passerelle nelle vicinanze * Proporzione di turisti nell'area circostante	-0.501	0.125
R ² aggiustato	0.622	

Note:

* Statisticamente significativo al 5%; ^(a) I calcoli sono stati effettuati con la procedura LOGIT MULTINOMIALE e mediante l'utilizzo del software LIMDEP[®]; ^(b) Livello del mare cui l'acqua entra nei locali senza l'utilizzo di protezioni.

Inoltre, la Tabella 3.14 segnala anzitutto che la variabile “livello del mare* proporzione di turisti nell'area circostante” non è determinante per spiegare la scelta dell'attività economica in relazione all'area d'insediamento. Tale risultato indica che la robustezza econometrica di questa variabile incrociata è debole. Tuttavia, un'analisi qualitativa permette di osservare che l'impatto di tale variabile sulla scelta è positiva. Questo significa che l'impatto dell'allagamento sulla scelta di insediamento è maggiore tra le imprese localizzate nelle aree frequentate principalmente da turisti. I residenti riescono ad adattarsi più facilmente ai fenomeni degli allagamenti. Inoltre, come è già stato rilevato, la probabilità di scegliere un'area d'insediamento aumenta con l'aumentare delle quote s.l.m.m. delle unità rilevate. Tale propensione, tuttavia, si riduce qualora le passerelle siano presenti nell'area circostante. Questo risultato segnala che le passerelle sono un sostituto significativo per maggiori livelli della quota di allagamento. Questo significa che per le imprese localizzate in aree dove sono presenti le passerelle, una riduzione degli allagamenti presenta minore rilevanza nella scelta dell'area di insediamento dell'attività economica.

I risultati riportati in tabella indicano inoltre che la propensione a scegliere un'area associata a maggiori quote s.l.m.m., è più alta qualora la medesima area sia caratterizzata da un maggiore afflusso di turisti. Questo significa che la domanda per una riduzione dei livelli di allagamento è particolarmente elevata per le imprese, per le quali il turismo riveste un'importanza considerevole. Tale considerazione riguarda principalmente le imprese insediate nel centro storico di Venezia, localizzato nella parte inferiore della città, che corrisponde alla zona di Venezia maggiormente colpita dagli eventi di allagamento. Infine, le passerelle sono maggiormente desiderabili nelle aree di insediamento caratterizzate da una maggiore proporzione di residenti. Questo risultato rivela che le passerelle sono un mezzo importante per i residenti, e quindi un attributo rilevante per tutte le imprese orientate alla clientela locale.

Lo stadio successivo dell'analisi consiste nell'utilizzo del modello di scelta per valutare in termini monetari la variazione nelle seguenti variabili: livello del mare, tipologia di clientela e presenza di passerelle. A tal fine, la metodologia di valutazione utilizzata è la Conjoint Analysis, che permette di attribuire un valore monetario all'impatto prodotto da una variazione delle variabili sopra indicate. Applicheremo in un primo momento la Conjoint Analysis nella versione classica e successivamente una sua estensione, al fine di adattare l'esercizio alla specifica realtà di Venezia. Questa parte è analizzata nelle sezione seguente.

3.5.3 Scenari di valutazione

Nel primo esercizio di Conjoint Choice si presentano all'attività due situazioni di insediamento. La prima è la medesima per tutte le imprese ed è caratterizzata da uno scenario di livello del mare pari a 110 cm. Questo livello del mare può essere definito lo status quo in base al quale effettuare le valutazioni economiche, e si riferisce quindi alla situazione "business as usual" (BAU). Nella seconda situazione i livelli degli attributi restano invariati rispetto alla situazione 1. L'unica eccezione riguarda i livelli di allagamento. Tenendo presente i livelli di allagamento proposti nel questionario, possiamo identificare due scenari – vedasi Tabella 3.15.

Tabella 3.15: Scenari di valutazione

Scenario **	Situazione A: quota*	Situazione B: quota*
110 cm => 130 cm	110 cm	130 cm
110 cm => 145 cm	110 cm	145 cm

Note: ** Livello del mare al quale l'acqua entra nei locali senza l'utilizzo di protezioni

Per esempio, lo Scenario 110 => 130 cm si riferisce ad una situazione in cui il livello del mare al quale l'acqua entra nei locali senza protezione, si alza da 110 cm a 130 cm, a parità di altre condizioni. Tale scenario segnala una diminuzione della vulnerabilità dell'attività in termini di protezione dagli allagamenti. Nella nuova situazione l'area d'insediamento è di fatto caratterizzata da una maggiore quota s.l.m.m, e quindi l'attività è esposta ad una minore frequenza degli eventi di allagamento. A ciascun rispondente sono state presentate tre domande di scelta. Nel secondo e nel terzo esercizio di *Conjoint Choice* tutti i livelli degli attributi variano. Il rispondente deve in primo luogo stabilire se l'attività economica B ha un valore maggiore o minore rispetto a quello suggerito per l'attività economica A. Questa domanda di scelta è stata formulata seguendo il formato delle scelte binarie. Se il rispondente dichiara che l'attività economica B vale di più (o di meno) rispetto all'attività economica A, questo significa che egli preferisce l'attività B all'attività A (o la A alla B).

In secondo luogo, il rispondente deve stabilire il valore dell'attività economica B rispetto all'attività A. A tale scopo si è utilizzata una domanda aperta. Se il rispondente dichiara che l'attività B ha un valore maggiore dell'attività A e poi riporta una percentuale del '20%', questo significa che la situazione B è preferita alla situazione A. Inoltre, la sua disponibilità a pagare addizionale per passare dalla situazione A (descritta come situazione BAU) alla situazione B è pari al 20% del valore proposto per l'attività A. Abbiamo quindi un data base composto da 2.787 osservazioni, che corrispondono a 3 risposte per ciascuno dei 929 intervistati.⁴

3.5.4 Risultati

Per quanto riguarda la tipologia di clientela, le stime indicano che la variazione di valore dell'attività economica associata all'insediamento in una zona prevalentemente frequentata da turisti è pari a 40.145 Euro (Tabella 3.16). Tale valore ammonta a 34.742 Euro per le imprese che hanno dichiarato di possedere delle attrezzature di protezione dagli eventi di allagamento. La valutazione massima dell'attributo clientela, pari a 104.260 Euro, è stata riportata dalle imprese situate nella zona di Venezia caratterizzata da una quota relativamente bassa, cioè sotto il livello di 110 cm, indipendentemente dal fatto che abbiano o meno delle protezioni dagli allagamenti. Questo risultato conferma l'importanza dei turisti per le imprese localizzate nel centro storico di Venezia, come risulta evidente per le imprese situate in prossimità di piazza S. Marco, che corrisponde alla zona della città con la quota mediamente più bassa.

Tabella 3.16: Stime monetarie per capita (Euro 2003) ^(a)

Attributi	Campione totale	Protetti	Non protetti	Massimo
Turisti	40 145	34 742	42 588	104 260
Passerelle	138 458	135 707	139 777	145 717
Quota s.l.m.m				
110 => 130	177 703	157 172	188 064	193 822
110 => 145	310 981	275 051	329 112	339 188

Note: ^(a) I calcoli sono stati effettuati con la procedura LOGIT MULTINOMIALE e mediante l'utilizzo del software LIMDEP®.

Inoltre, la Tabella 3.16 indica che le imprese valutano positivamente la presenza di passerelle nelle vicinanze. Dalle stime risulta che la variazione di valore dell'attività economica, associata all'insediamento in una zona dove siano presenti le passerelle, ammonta in media a 138.458 Euro. Tale valore varia a seconda che si consideri l'uso di mezzi di protezioni dagli allagamenti o meno: 135.707 Euro per il sottocampione delle attività economiche protette e 139.777 Euro per le attività non protette. Le passerelle garantiscono all'attività di poter essere sempre raggiungibile dai propri clienti. E' importante notare che tale risultato non è interpretabile in termini di disponibilità a pagare per l'acquisto di passerelle nell'area di insediamento, e nemmeno in termini di variazione di prezzo dell'unità immobiliare. La stima riportata per le passerelle rappresenta invece l'incremento di valore dell'attività economica, se questa fosse localizzata in una zona dove è garantito tale servizio. Quest'ultimo presenta la caratteristica di essere un servizio pubblico. Il risultato riportato per le passerelle esprime in definitiva il valore attribuito dagli individui alla fornitura di tale servizio.

⁴ Si tratta di un campione rappresentativo del totale delle attività economiche registrate operanti a Venezia, pari a 5.097 unità.

La variazione massima di valore per la presenza di passerelle è stata dichiarata dal sottocampione di imprese situate ad una quota < 110 cm, la cui valutazione ammonta a 145.717 Euro – vedasi Tabella 3.16. Tale risultato indica che le imprese maggiormente propense alle passerelle nella città di Venezia sono quelle localizzate ad una quota < 110 cm, che è la zona più a rischio della città. Senza le passerelle queste imprese non sarebbero raggiungibili dai propri clienti e impiegati, e quindi riporterebbero danni maggiori in termini di fatturato e ore di lavoro perse.

Per quanto riguarda l'attributo "quota", i risultati dimostrano che un incremento del livello del mare al quale l'acqua entra nei locali senza l'utilizzo di protezioni, ha un impatto positivo sul valore dell'attività economica. Tenendo conto del numero totale delle imprese nella città di Venezia, possiamo stimare che: (1) lo scenario: 110 cm => 145 cm è valutato tra 1,583 miliardi di Euro e 1,587 miliardi di Euro (=310 981 Euro x 5.097 unità) , ovvero ad un valore annuale tra 36.853.618 Euro e 36.953.219 Euro (utilizzando un tasso di sconto del 2% per distribuire la variazione di valore su un periodo di 99 anni) - equivalente ad una variazione annuale del valore delle attività economiche pari a 7.240 Euro, per capita; (2) lo scenario 110 cm => 130 cm è valutato tra 904.710.385 Euro e 907.155.457 Euro, ovvero ad un valore annuale stimato tra 21.059.210 Euro e 21.116.125 Euro (utilizzando un tasso di sconto del 2% per distribuire la variazione di valore su un periodo di 99 anni) - equivalente ad una variazione annuale del valore delle attività economiche pari a 4.140 Euro, per capita. Queste cifre possono essere interpretate come i benefici (in termini di danni evitati) di misure di salvaguardia che mitigassimo in modo definitivo tutti gli impatti dell'innalzamento del livello del mare sulla attività economiche della città di Venezia.

4. Valutazione economica delle misure di adattamento

4.1 Costi delle misure di adattamento: misure protettive private contro i danni alle strutture e ai materiali

Al fine di limitare i danni alle strutture e ai materiali, gli operatori economici possono adottare misure di protezione di vario tipo (Tabella 4.1), quali il rialzo (permette di innalzare la quota interna della pavimentazione), la vasca (impermeabilizza l'unità), la pompa (espelle l'acqua penetrata tramite un sistema di pompaggio), la paratia (impedisce l'ingresso dell'acqua tramite una barriera meccanica), e il taglio della muratura (lastra che impedisce la risalita capillare dell'acqua).

Secondo l'indagine COSES, solamente il 29,2% degli operatori economici hanno adottato misure di protezione (Tabella 4.2). Le misure di protezione più diffuse sono la *paratia* e il rialzo del pavimento, mentre le pompe e la *vasca* non sono molto comuni, e questo è probabilmente da imputarsi al loro costo elevato. La stime della spesa monetaria con le diverse misure di protezione fra le attività economiche costituisce un elemento importante nella valutazione dei costi delle opzioni di adattamento. Questo è discusso in dettaglio nella sezione seguente.

Tabella 4.1: Tipologia e funzione della misura di protezione

Tipo Protezione	Funzione	Tipi di danni evitati
Rialzo	Innalza la quota interna della pavimentazione e diminuisce di conseguenza la frequenza di allagamenti dell'unità.	Tutte le tipologie, a condizione che il livello di allagamento non superi la quota interna, comprensiva del rialzo.
Vasca (completata da paratia)	Impermeabilizza l'unità impedendo l'ingresso dell'acqua da tutte le possibili entrate (scarichi, porta).	Tutte le tipologie, a condizione che l'acqua non riesca a penetrare dalla porta, superando la paratia.
Pompa	Espelle l'acqua penetrata nell'unità tramite un sistema di pompaggio.	Se non accompagnata da altre misure, riduce solo i danni alle porte interne perché l'acqua viene espulsa prima che il livello ne raggiunga l'estremità inferiore.
Paratia	Impedisce l'ingresso dell'acqua dalla porta d'ingresso dell'unità tramite una barriera meccanica.	Se non accompagnata da altre misure, riduce solo i danni alle porte esterne perché l'acqua riesce comunque a penetrare dagli scarichi.
Pompa + Paratia	Combina le protezioni di pompa e paratia.	Riduce i danni alle porte interne ed esterne.
Taglio delle muratura	Impedisce il fenomeno di risalita capillare dell'acqua ricca di composti salini lungo i muri, tramite l'inserimento di una lastra all'interno delle muratura (es. piombo).	Elimina i danni alle pareti.

Tabella 4.2: Distribuzione delle tipologia di misura protettiva

Misure di protezione	Percentuale (*)
SI	29,2
Rialzo del pavimento	18,1
Paratia	19,3
Pompe	3,8
Vasca	7,4
NO	70,8
TOTALE	100,0

(*) La somma delle percentuali delle specifiche misure di protezione è più alta della percentuale dei rispondenti che hanno dichiarato "si", perchè un'attività economica può avere più di un tipo di protezione.

4.1.1 Risultati

Dalla Tabella 4.3 appare però evidente come le spese per le misure di protezione varino considerevolmente tra le diverse categorie di attività economiche, con industrie, attività di vendita al dettaglio (abbigliamento) ed altre attività che presentano una spesa media superiore ai €20,000 e, dall'altra estremità, artigiani ed attività di vendita al dettaglio (alimentari, tabacchi, giornali) che, invece, spendono in media attorno ai €1,000.

Tabella 4.3: Spese medie per misure di protezione per attività (Euro 2003)

Attività	N	Minimo	Massimo	Spesa media	Deviazione standard
Artigiana	16	50	2250	783	626.94
Industria	1	25000	25000	25000	.
Ingrosso	5	100	3500	1220	1375.50
Dettaglio (alimentari, tabacchi, giornali)	12	175	5000	1017	1300.77
Dettagli abbigliamento	20	50	500000	26843	111395.33
Dettagli altro	51	80	53000	3543	10703.54
Alberghi	11	50	15000	4183	5000.16
Pubblici esercizi	19	50	10000	1528	2295.95
Crediti, servizi finanziari, assicurazioni	1	1000	1000	1000	.
Altro	4	550	131000	33362	65091.95
Totale	140	50.	500000	7020	43916.27

Da questa tabella è possibile ricavare una stima della spesa media della popolazione di attività economiche a Venezia per l'adozione di misure di protezione. Questo valore è importante, in quanto rappresenta un costo economico dell'acqua alta. Assumendo che la popolazione mantenga la stessa distribuzione del campione, e che anche nel caso della popolazione intera solo il 29.2% abbia adottato misure di protezione, la spesa totale è di 10.449.507 euro (=7021Euro x 5097 attività economiche x 29.2%).

4.2 Costi delle misure di adattamento: impatto del funzionamento delle barriere mobili sulle attività portuali

La zona lagunare veneziana costituisce un complesso sistema naturale caratterizzato dalla presenza di numerose attività economiche ad esso collegate. A causa della sua conformazione idro-geologica, risulta particolarmente vulnerabile ai cambiamenti climatici. In particolare, risente sensibilmente del fenomeno di progressivo innalzamento della temperatura e del conseguente innalzamento del livello medio del mare che comporta una maggior frequenza e intensità dei fenomeni di allagamento. Per proteggere la città di Venezia dall'innalzamento del livello medio del mare sono state progettate alcune misure di adattamento o protezione, tra cui il noto e dibattuto sistema di paratie mobili alle bocche di porto. L'adozione di tale misura protettiva comporta tuttavia degli effetti negativi per il traffico portuale, una delle attività più rilevanti dell'economia veneziana: l'isolamento della laguna dovuto alla chiusura delle barriere mobili interrompe infatti il flusso in entrata e in uscita delle navi dal porto. Il prolungamento dei tempi di attesa per raggiungere e per abbandonare lo scalo veneziano determina pertanto dei costi aggiuntivi in termini di spese di noleggio e, per le imbarcazioni impossibilitate a uscire dalla laguna durante la chiusura delle barriere mobili, anche di ormeggio. In questo contesto, il presente lavoro propone una stima dei costi aggiuntivi derivanti dall'interruzione del traffico portuale indotta dalla chiusura del sistema di paratie mobili alle bocche di porto. Al fine di effettuare tale stima ci si avvarrà di un modello idrodinamico, appositamente elaborato, di dati relativi al traffico portuale veneziano nel periodo 2000-2002, e di un modello di valutazione economica dei costi. Questi saranno presentati nel dettaglio nella appendice metodologica.

4.2.1 Le barriere mobili

Da tempo, i veneziani hanno singolarmente adottato una serie di misure volte a limitare i danni prodotti dagli allagamenti, tra cui ad esempio l'introduzione di pompe idrauliche, vasche e paratie e l'innalzamento dei pavimenti delle abitazioni e degli spazi commerciali situati al pian terreno. Tuttavia, l'intervento più significativo per evitare l'allagamento della città di Venezia è il dibattuto sistema di barriere mobili alle bocche di porto (18 a Chioggia, 19 a Malamocco, 20 a Lido - Treporti e 21 a Lido - S. Nicolò), comunemente noto come MOSE (MODulo Sperimentale Elettromeccanico, Figura 4.1). Tale soluzione è stata progettata per separare a livello idraulico (fino a un massimo di 2 metri) la laguna dal Mare Adriatico ogni qual volta il livello delle acque superi il livello di salvaguardia. Qualora l'Ufficio Maree del Comune di Venezia (www.comune.venezia.it), preposto al monitoraggio e alla previsione dell'andamento delle maree, preveda un livello di marea prossimo al livello di salvaguardia⁵, lancia un segnale di allarme e avvia la procedura di chiusura delle barriere mobili (Ministero dell'Ambiente - Magistrato delle Acque, 1997)⁶.



Source: www.salve.it/it/soluzioni/f_acquealte.htm

Figura 4.1 – Il funzionamento delle barriere mobili

4.2.2 Individuazione delle diverse tipologie di costo

Sebbene le barriere mobili siano state progettate in modo tale da contenere il più possibile l'interruzione del traffico marittimo, il rallentamento delle attività portuali per tutta la durata delle operazioni di chiusura delle barriere mobili è inevitabile. Sul porto gravano pertanto una serie di costi aggiuntivi causati dal funzionamento delle barriere mobili. Tali costi aggiuntivi, corrispondenti alla differenza tra i costi relativi allo svolgimento delle attività portuali prima e dopo l'introduzione delle barriere mobili possono essere suddivisi in una componente *diretta* e una *indiretta* (Costa, 1993). La prima componente grava direttamente sui fruitori del porto (proprietari o noleggiatori delle imbarcazioni) e comprende tutti i costi aggiuntivi connessi con una prolungata permanenza delle imbarcazioni in rada, se in attesa di entrare in laguna, e al molo, se in attesa di uscire dalla laguna. Pertanto, include ad esempio gli eventuali costi di noleggio, gli eventuali costi di ormeggio, gli eventuali costi per il personale di bordo, i costi dovuti all'intasamento delle operazioni di carico e scarico delle merci, nonché di eventuale magazzinaggio delle stesse. La seconda componente comprende invece le perdite dovute all'eventuale contrazione del volume di traffico portuale che l'innalzamento dei costi potrebbe comportare in favore di scali alternativi più convenienti.

⁵ Le previsioni sono relative alle successive 24 ore e sono aggiornate con cadenza oraria sulla base dell'evoluzione di alcuni parametri meteorologici quali l'intensità del vento e delle precipitazioni piovose.

⁶ Più precisamente, nel documento citato si fa riferimento a un livello di salvaguardia pari a +100 cm. Tuttavia, in altri documenti ufficiali il livello di salvaguardia è comunemente fissato a +110 cm. Pertanto, l'analisi effettuata nei paragrafi successivi farà riferimento a entrambi i valori.

Come riconosciuto dal gruppo di esperti internazionali e dall'apposita commissione del Ministero Italiano dell'Ambiente incaricata di effettuare una valutazione dell'impatto ambientale delle barriere mobili (Valutazione di Impatto Ambientale – VIA), un'accurata valutazione economica dell'impatto del funzionamento delle barriere mobili sulle attività portuali di Venezia dovrebbe includere entrambe le componenti di costo menzionate (Collegio di Esperti di Livello Internazionale, 1998; Ministero dell'Ambiente, 1998a, 1998b). Il prossimo paragrafo contribuisce all'individuazione dei costi del funzionamento delle barriere mobili per le attività portuali veneziane, proponendo una stima della componente di costo diretta.

4.2.3 I dati

I dati relativi alla velocità e direzione del vento per il periodo 2000-2002 sono stati rilevati dalla piattaforma oceanografica nell'Adriatico del CNR. I dati relativi alle precipitazioni piovose giornaliere per lo stesso periodo sono stati forniti dall'Istituto Cavanis di Venezia. L'Ufficio Marea del Comune di Venezia ha invece reso disponibili i dati relativi al livello di marea misurato in corrispondenza della Diga Sud del Lido e di Punta della Salute, nonché le previsioni orarie per le successive 12 ore elaborate per Punta della Salute.

La Capitaneria di Porto di Venezia ha inoltre fornito le osservazioni relative al traffico portuale turistico e commerciale relativo alle bocche di porto di Lido e Malamocco per gli anni considerati⁷. Le osservazioni includono il nome e la provenienza delle singole imbarcazioni, la data (anno, giorno, ora e minuti) e la direzione di transito attraverso la bocca di porto e la bocca di porto attraversata. La banca dati comprende 1.998 imbarcazioni per un totale di movimenti di 21.364, di cui 7.190 attraverso la bocca di porto di Lido e 14.174 attraverso Malamocco⁸. Le informazioni relative alle caratteristiche tecniche delle imbarcazioni (tipologia, lunghezza fuori tutto, stazza lorda, numero di passeggeri) necessarie per effettuare la stima dei costi sono state reperite nella versione elettronica 2006-2007 del Lloyd's Register of Ships (Lloyd's Register – Fairplay limited 2006). La Tabella 4.4 riassume la percentuale di imbarcazioni e di movimenti a seconda della tipologia di imbarcazione.

⁷ Le imbarcazioni adibite alla pesca transitano quasi esclusivamente attraverso la bocca di porto di Chioggia.

⁸ Le osservazioni non attendibili (ad esempio, due o più arrivi o partenze consecutivi attribuiti alla stessa imbarcazione) sono state eliminate. Qualora possibile, gli errori di registrazione dei nomi delle imbarcazioni sono stati corretti. I movimenti di solo arrivo o di sola partenza (imbarcazioni arrivate a mai ripartite o partite senza essere arrivate) sono stati eliminati.

Tabella 4.4- Composizione della banca dati

	% di imbarcazioni	% di movimenti
Carrier	21,22	16,04
Cargo	45,24	39,81
Tanker	18,16	21,3
Container	3,15	5,76
Passeggeri	6,35	13,59
Altro	5,85	3,5

I movimenti delle imbarcazioni non sono uniformemente distribuiti nell'arco della giornata: il 59% circa dei movimenti in entrata si concentra tra le 6.00 e le 11.00 (Figura 4.1), quando la frequenza di fenomeni di acqua alta è maggiore, mentre il 34% circa dei movimenti in uscita si concentra tra le 17.00 e le 19.00 (Figura 4.2).

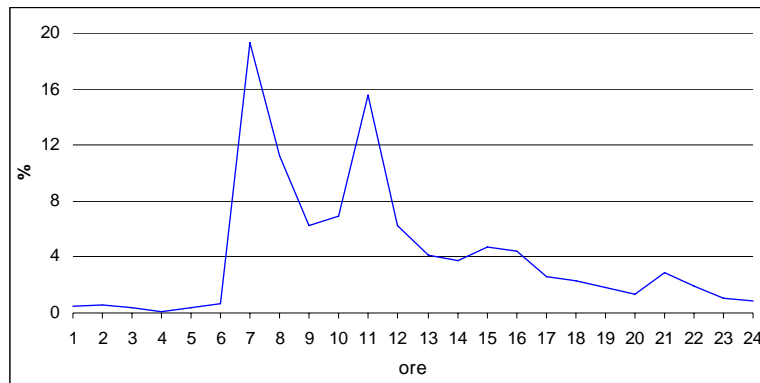


Figura 4.1 – Distribuzione oraria dei movimenti in entrata

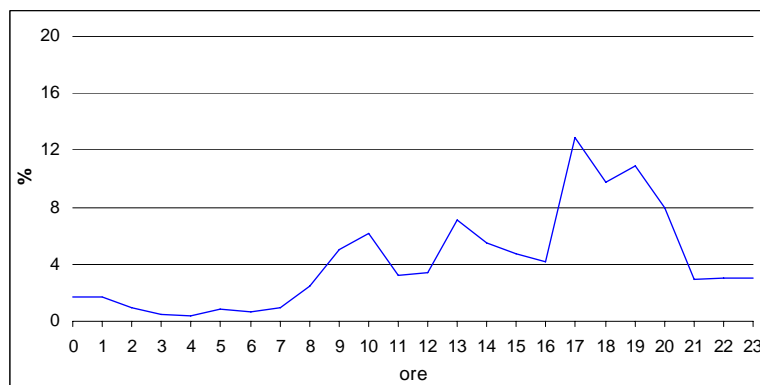


Figura 4.2 – Distribuzione oraria dei movimenti in uscita

4.2.4 Scenari

Secondo le stime dei progettisti, il tempo complessivo di chiusura delle bocche di porto, comprensivo della durata dell'episodio di acqua alta e delle procedure di sollevamento delle barriere mobili, dovrebbe essere in media pari a 4-5 ore (www.salve.it).

La frequenza di chiusura delle barriere mobili, e conseguentemente anche le stime ottenute dei costi aggiuntivi per le attività portuali, risente tuttavia fortemente delle ipotesi assunte circa l'innalzamento medio del livello del mare (+30cm). I risultati ottenuti riflettono, inoltre, anche le ipotesi relative al livello di salvaguardia che innesca la procedura di chiusura delle barriere mobili (+100 cm o +110 cm rispetto al livello del mare misurato a Punta della Salute), nonché il grado di attendibilità delle previsioni ufficiali delle maree da cui dipende il funzionamento delle paratie mobili (incremento di sicurezza nullo o pari a +10 cm). L'analisi è pertanto stata effettuata in riferimento a 4 scenari distinti (B: Leggero, A: Moderato-Leggero, D: Moderato-Forte e C: Forte), definiti come evidenziato nella Tabella 4.5.

Tabella 4.5 – Scenari A, B, C e D

	A	B	C	D
Aumento livello medio del mare (cm)	30	30	30	30
Incremento di sicurezza (cm)	0	0	10	10
Livello di salvaguardia (cm)	100	110	100	110

4.2.5 Risultati

Sulla base della metodologia illustrata, il modello idrodinamico descritto nei paragrafi precedenti ha utilizzato i dati relativi al traffico portuale nel periodo 2000-2002 per simulare come la procedura di chiusura delle barriere mobili avrebbe intralciato le attività portuali a seconda dei diversi scenari considerati. I risultati della stima, espressi in euro, sono evidenziati nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 – Stime: scenari A, B, C e D (Euro 2006)

	Costi di noleggio (€)	Costi di ormeggio (€)	Costi totali (€)
A	6.942.772	9.429.721	16.372.494
B	2.927.737	3.698.304	6.626.041
C	11.256.441	15.966.510	27.222.951
D	5.759.024	7.588.528	13.347.551

Dai risultati della stima effettuata emerge che le periodiche chiusure delle barriere mobili alle bocche di porto comportano consistenti costi diretti per le attività portuali. L'esistenza di tali costi induce a ritenere che il funzionamento delle barriere mobili potrebbe inoltre determinare un ridimensionamento del traffico portuale in favore di altri scali, economicamente più competitivi. Pertanto, se da un lato l'attivazione delle barriere mobili protegge la città di Venezia dai danni provocati alla cittadinanza dal fenomeno degli allagamenti, quali la contrazione del flusso turistico e interruzione delle attività economiche condotte al piano terra, dall'altro lato procura dei disagi alle imbarcazioni che transitano per la laguna veneta.

La percentuale dei movimenti in entrata alterati dal funzionamento del sistema varia da un minimo di 8,64% nello scenario B a un massimo di 32,01% nello scenario C, mentre per i

movimenti in uscita varia da un minimo di 9,41% a un massimo di 36,30% negli stessi scenari (Figura 4.3).

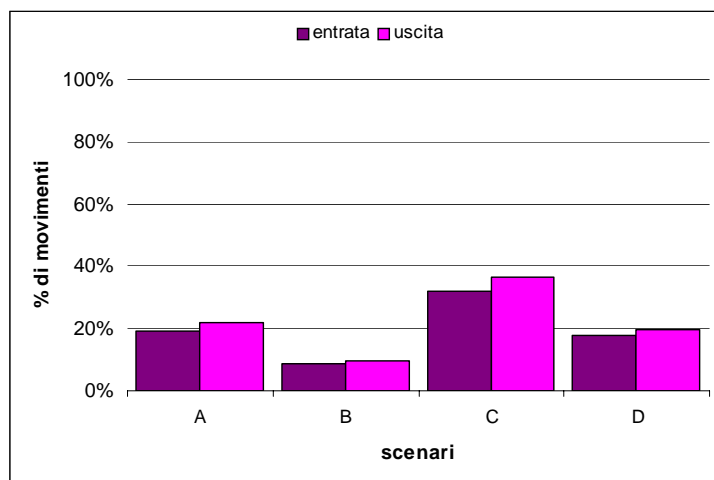


Figura 4.3 – Percentuale di movimenti interrotti per ogni scenario

Tali valori si spiegano alla luce delle ipotesi formulate per i vari scenari: la frequenza di chiusura delle barriere mobili (e quindi di interruzione del traffico portuale) è maggiore qualora il livello di salvaguardia sia fissato a +100 e si aggiunga un incremento di sicurezza di 10 cm alle previsioni del livello di marea per compensare eventuali errori. Anche le stime dei costi riflettono le differenze tra i vari scenari. In particolare, i costi risultano più contenuti in corrispondenza dello scenario B (livello di salvaguardia pari a +110 cm e nessun incremento di sicurezza), mentre lievitano in corrispondenza dello scenario C (livello di salvaguardia pari a +100 cm e incremento di sicurezza di 10 cm). Sulla base dei dati raccolti, risulta che per tutti e quattro gli scenari i costi di ormeggio sono più elevati di quelli di noleggio. L'eventuale ridimensionamento del volume di traffico portuale comporterebbe effetti potenzialmente anche molto consistenti per Venezia, essendo attualmente quello portuale uno dei settori più rilevanti dell'economia cittadina. Pertanto, le autorità pubbliche incaricate di pianificare e gestire lo sviluppo cittadino dovrebbero fin da ora considerare con attenzione gli effetti che il funzionamento delle barriere mobili a regime comporterà per la città.

5. Gap conoscitivi e nuove direzioni per la ricerca

Gli impatti del cambiamento climatico sono in stretta relazione con lo sviluppo economico e determinano una variazione significativa del benessere sociale. Per questo motivo, in tutto il mondo si sono condotti parecchi studi e ricerche scientifiche allo scopo di capire la scala di tali impatti in termini fisici e di stimare i costi sociali attribuibili alle modificazioni in atto nelle attività economiche. Nel contempo, si sono sviluppati in letteratura degli studi paralleli per valutare gli impatti del cambiamento climatico sulle economie locali e sul benessere sociale. Vista la complessità dell'argomento, è difficile trovare degli studi che affrontino la questione con il dovuto rigore scientifico. Se focalizziamo l'attenzione sull'Alto Adriatico, oggetto di studio nel presente rapporto, possiamo identificare una serie di lacune nella conoscenza scientifica.

In primo luogo, esiste una rilevante incertezza sugli effetti del cambiamento climatico a livello regionale, per esempio sulle temperature dell'aria e dell'acqua del mare, e sulle quote di

innalzamento del livello del mare. In altre parole, ci si riferisce al downscaling degli impatti dai modelli globali ai modelli regionali.

Una seconda limitazione si riferisce alla complessità del funzionamento del sistema climatico, in particolare per ciò che riguarda le interazioni tra cambiamento climatico e i suoi effetti locali sul clima e sul benessere sociale. Tali impatti devono essere “mappati”, descritti nel dettaglio delle loro caratteristiche e stimati da un punto di vista economico, non solo con riferimento ai settori economici colpiti, ma anche in relazione agli ecosistemi naturali e alla biodiversità locale. Questi ultimi sono particolarmente significativi per quanto riguarda il loro impatto sul benessere sociale. Il successo di tale “mapping” richiede un approccio alla ricerca di tipo multidisciplinare. Gli economisti hanno proposto di utilizzare quello che si definisce “Driving forces-Pressure-State-Impacts-Response (multidisciplinary) framework”, DPSIR (OECD, 1999).

In terzo luogo, esiste una lacuna scientifica a proposito della valutazione economica degli impatti del cambiamento climatico a livello locale. Tali stime richiedono l’uso di metodologie di stima innovative, in particolar modo se si vuole procedere alla valutazione economica degli effetti del cambiamento climatico sui servizi degli ecosistemi naturali e sulla perdita di biodiversità. Recentemente, il “Millennium Ecosystem Assessment” (2005) sottolinea che il cambiamento climatico rientra tra i cinque principali “drivers” che si ritiene abbiano un’influenza significativa sulla perdita della biodiversità e sui servizi forniti dagli ecosistemi (MEA 2005, p.p. 8-11).

Bisogna inoltre segnalare che manca un protocollo metodologico, delle guidelines uniformi, relativo alla valutazione economica degli impatti del cambiamento climatico. Questo è necessario al fine di poter effettuare delle valutazioni economiche su base sistematica e di poter confrontare, aggregare e trasferire i risultati in altri contesti dimensionali e geografici.

Una ulteriore lacuna di conoscenza riguarda l’uso dell’approccio costi-benefici nell’agenda politica locale. La valutazione degli impatti economici è un punto cruciale che va considerato per perseguire degli obiettivi di policy più ampi, come lo sviluppo sostenibile a livello locale.

Infine, va ricordato che è necessario dare maggiore enfasi alle questioni relative alla “governance” locale in tema di cambiamento climatico, favorendo le discussioni sui possibili strumenti di mercato da utilizzare, e sulle loro implicazioni sulla distribuzione della ricchezza.

6. Considerazioni conclusive

Gli impatti dei cambiamenti climatici previsti nell’Alto Adriatico sono stati distinti in impatti economici sul settore turistico costiero, sulla produzione ittica, e sulle attività economiche in generale; in danni alle strutture architettoniche ed edilizie urbane, e in impatti sociali. Al fine di ridurre tali impatti, si possono adottare delle specifiche misure di adattamento. Si riportano qui di seguito le principali conclusioni relative alle valutazioni degli impatti del cambiamento climatico nell’Alto Adriatico, e delle misure di adattamento.

6.1 Impatti sul settore turistico costiero

Aree turistiche oggi molto popolari possono nel medio lungo periodo diventare eccessivamente “calde”, ed essere soggette ad un aumento della frequenza ed intensità delle ondate di calore. Questo può avere come effetto una riduzione del flusso turistico in tali aree con importanti implicazioni economiche a livello nazionale e locale.

La valutazione degli impatti sul settore del turismo costiero fanno riferimento a quattro sistemi turistici locali: Venezia Centro storico, Mestre, Marghera, i comuni della Riviera del Brenta,

Cavallino e il Lido (VE); Bibione-Caorle (BI-CA); Chioggia, inclusa l'area di Sottomarina (CHI); and Jesolo-Eraclea (JE-ER). I risultati mostrano che, in presenza di cambiamento climatico, si assiste ad una riduzione della spesa per i turisti stranieri e ad un incremento della spesa per i turisti italiani, rispetto ad uno scenario senza cambiamento climatico.

Prendendo come esempio illustrativo il sistema turistico di Venezia (che presenta le maggiori variazioni percentuali di spesa), si stima una variazione netta negativa nella spesa per i turisti stranieri compresa tra 652 e 804 milioni di euro per il 2030, e tra 2.798 e 3.285 milioni di euro per il 2090, a seconda dello scenario considerato. Per quanto riguarda i turisti italiani nel comprensorio di Venezia, il cambiamento climatico determina invece una variazione netta positiva della spesa, che oscilla, a seconda dello scenario, tra 11 e 14.3 milioni di euro per il 2030 e tra 44 e 88 milioni di euro per il 2090.

6.2 Impatti sul settore ittico

Gli incrementi di temperatura delle acque possono influenzare il metabolismo degli organismi, la loro distribuzione, l'interazione tra le diverse specie, modificare la struttura della rete alimentare ed i cicli bio-geo-chimici. Le precipitazioni influenzano il trasporto dei nutrienti e dei sedimenti. L'incremento del livello del mare aumenta la profondità della laguna, alterando la circolazione dell'acqua ed i livelli di salinità, il trasporto dei solidi e l'equilibrio erosione-sedimentazione. Tutte queste modificazioni possono influire sulla produzione ittica, riducendone la produzione.

La valutazione degli impatti sulla pesca si riferisce alla Sacca di Goro che è una delle lagune salmastre di maggiori dimensioni dell'Alto Adriatico. I risultati mostrano che le variazioni nelle condizioni climatiche determinerebbero una riduzione della produzione di vongole di circa il 20%-22%, che si tradurrebbe in una perdita monetaria stimata tra 10,4 milioni di euro/anno a 16,5 milioni di euro/anno.

6.3 Impatti sulle strutture architettoniche ed edilizie urbane

L'aumento dei rischi di inondazioni avrà un impatto sulle strutture edilizie, aumentando i danni dovuti all'infiltrazione di acqua salata durante i fenomeni di allagamento.

La valutazione degli impatti sulle strutture edilizie si riferisce al centro storico di Venezia. I risultati finali mostrano che i danni puntuali dovuti ad eventi di allagamento sulla totalità degli esercizi economici nella città di Venezia ammonterebbero, nella situazione attuale ad una cifra compresa tra 2,2 e 5 milioni di Euro all'anno, con una *best guess* pari a circa 3,5 milioni di Euro annui. Nel caso di un innalzamento del livello medio degli allagamenti di 10 cm (scenario Eustatismo + 10 cm), i danni puntuali aumenterebbero fino ad una cifra compresa tra 3,3 e 6,4 milioni di Euro, con una *best guess* di 4,7 milioni di Euro annui. Tale stima permette di concludere che, qualora non si adottasse alcuna politica di difesa e si verificasse un aumento della frequenza degli allagamenti, a seguito di un innalzamento del livello del mare di 10 cm, si avrebbe un aumento di costi dovuti a danni puntuali di circa 4,7 milioni di Euro annui.

6.4 Impatti sulla produttività delle attività economiche e commerciali

Un'altra categoria di danni associati ad un maggiore rischio di inondazioni riguardano i danni diffusi, ricollegabili alla ridotta funzionalità della città durante i fenomeni di allagamento. Tali impatti riguardano le difficoltà di approvvigionamento e fornitura di beni, i ritardi del personale nel cominciare l'attività, e la riduzione dei flussi di clientela e del fatturato.

La valutazione degli impatti sulla produttività delle attività economiche riguarda il centro storico di Venezia. Tali danni comprendono i costi relativi alle pulizie e messa in sicurezza dei locali, stimati pari a 2.629.078,93 Euro, ed i costi impliciti nell'inagibilità al pubblico dell'attività che si traducono in perdita di fatturato, stimata pari al 52.16% del fatturato medio settimanale. Si aggiunga inoltre il costo di inaccessibilità dei lavoratori al posto di lavoro e la forzata chiusura, stimata pari a €4,978,073.66 per settimana. I danni economici totali per mancata operatività si stimano quindi pari a 7.6 milioni di Euro. I danni totali subiti dalle attività economiche comprendono, oltre a questi costi, i danni alle strutture edilizie ed architettoniche riportati nel paragrafo sopra.

6.5 Danni sociali

Un terza categoria di danni associati al rischio di inondazioni riguardano i danni sociali. Essi si inquadrano in una prospettiva di protezione pubblica e riguardano gli impatti sul valore economico totale delle attività economiche localizzate nell'area colpita dagli allagamenti. Eventi persistenti di allagamento possono creare incertezze nel turnover delle attività economiche che, a sua volta, influenzano il numero, la tipologia e la diversità delle attività. Si ricollegano alla ridotta fruibilità della città durante gli eventi di allagamento, alle maggiori o minori opportunità di business generati, e alle difficoltà degli operatori economici nel svolgere la propria attività, oltre al rischio di chiusura dell'attività stessa. I danni sociali legati alle inondazioni sono stati stimati per il centro storico di Venezia, che rappresenta un importante centro di interesse dal punto di vista economico.

I risultati finali mostrano che una riduzione delle inondazioni nello scenario 110 cm => 145 cm (livello al quale l'acqua entra nei locali) è valutato tra 1,583 miliardi di Euro e 1,587 miliardi di Euro, corrispondente ad un valore annuale tra 36.853.618 Euro e 36.953.219 Euro (utilizzando un tasso di sconto del 2% per distribuire la variazione di valore su un periodo di 99 anni) - equivalente ad una variazione annuale del valore delle attività economiche pari a 7.240 Euro, per capita. Lo scenario 110 cm => 130 cm è valutato invece tra 904.710.385 Euro e 907.155.457 Euro, ovvero ad un valore annuale stimato tra 21.059.210 Euro e 21.116.125 Euro (utilizzando un tasso di sconto del 2% per distribuire la variazione di valore su un periodo di 99 anni) - equivalente ad una variazione annuale del valore delle attività economiche pari a 4.140 Euro, per capita.

Queste cifre possono essere interpretate come i benefici (in termini di danni evitati) di misure di salvaguardia che mitigherebbero in modo definitivo tutti gli impatti dell'innalzamento del livello del mare sulle attività economiche della città di Venezia. In assenza di misure di adattamento, tali stime corrispondono ai costi di inazione.

6.6 Costi delle misure di adattamento private

La stima dei costi delle misure di adattamento di tipo privato si riferisce alle attività economiche localizzate a Venezia. Tali misure comprendono il rialzo, la vasca, la pompa, la paratia ed infine il taglio della muratura.

I costi totali ammontano a 10.449.507,90 euro, considerando che il 29.2% della popolazione ha adottato delle misure di protezione dagli eventi di allagamento.

6.7 Impatti delle misure di adattamento sulle attività portuali

L'adozione di misure di adattamento per salvaguardare le città portuali dalle inondazioni hanno degli impatti positivi in termini di riduzione dei danni derivanti dagli allagamenti, ma possono

presentare anche degli impatti negativi sullo svolgimento delle attività portuali. Gli impatti positivi riguardano la riduzione dei danni alle strutture edilizie urbane, la riduzione dei danni e dei disagi alle attività economiche e la riduzione dei danni sociali. Gli impatti negativi sono stati stimati per l'adozione delle barriere mobili alle bocche di porto della laguna di Venezia e si riferiscono ai disagi causati al traffico portuale che rischia un ridimensionamento rispetto ad altri porti. Il flusso in entrata e in uscita delle navi da porto, infatti, subirebbe delle interruzioni determinando un isolamento della laguna. I danni si riferiscono al prolungamento dei tempi di attesa per raggiungere e abbandonare lo scalo veneziano, determinando dei costi aggiuntivi per le spese di noleggio e di ormeggio, costi per il personale di bordo, costi dovuti all'intralcio nelle operazioni di carico e scarico delle merci, e costi dovuti all'eventuale stoccaggio delle stesse.

I risultati mostrano che la percentuale dei movimenti delle navi in entrata soggette ad alternazioni o interruzioni per effetto del sistema varierebbe da un minimo di 8,64% ad un massimo di 32,01%, mentre per i movimenti in uscita le percentuali salgono da un minimo di 9,41% a un massimo di 36,30%. I costi totali vanno da 16.372.494 euro a 27.222.951 euro, corrispondenti ai due scenari che comportano i livelli di salvaguardia più elevati.

Bisogna inoltre considerare che l'innalzamento dei costi potrebbe portare ad una riduzione del volume del traffico portuale a favore di altri scali più convenienti (non contabilizzati in questo rapporto). Tale ridimensionamento comporterebbe effetti potenzialmente anche molto consistenti per Venezia, essendo attualmente quello portuale uno dei settori più rilevanti dell'economia cittadina. Pertanto, le autorità pubbliche incaricate di pianificare e gestire lo sviluppo cittadino dovrebbero fin da ora considerare con attenzione gli effetti che il funzionamento delle barriere mobili a regime comporterà per la città.

Questi risultati sono ovviamente limitati da diversi punti di vista. Innanzitutto colgono solo un sottoinsieme degli impatti dei cambiamenti climatici. Mancano ad esempio gli impatti sulla biodiversità e sul patrimonio storico e culturale. Inoltre, per mancanza di studi empirici esistenti in letteratura, coprono solo parzialmente l'area Nord Adriatica. Infine non sono costruiti sulla base di uno scenario integrato di quella che sarà la dinamica economica ed ambientale dell'area Nord adriatica nel corso del prossimo secolo. Tuttavia, nonostante queste limitazioni, forniscono una prima valutazione, sulla base delle conoscenze oggi disponibili, del valore economico degli impatti dei cambiamenti climatici nell'area Nord Adriatica. Tale prima valutazione è sicuramente utile per avere un'idea degli ordini di grandezza economica del fenomeno e per poter predisporre quindi le indispensabili misure di adattamento.

A. Appendice metodologica

A1. Capacità previsiva del modello Hamburg Tourism Model

La quantificazione degli impatti economici del cambiamento climatico nell'area di Venezia e laguna è stata strutturata secondo tre fasi distinte di ricerca. La prima consiste nella quantificazione dei flussi turistici tra paesi utilizzando un modello econometrico che considera tra le sue variabili esplicative la temperatura. Questo modello è stato utilizzato per quantificare le variazioni nei flussi turistici indotte dal cambiamento climatico per l'Italia. La seconda specifica il dato nazionale a livello provinciale attraverso un processo di "downscaling" basato sui differenziali di temperatura media provinciale e nazionale. La terza ha infine condotto all'ulteriore dettaglio del dato a livello di comprensorio turistico () con quantificazione degli impatti sulla spesa basandosi su estrapolazioni di dati specifici per comprensorio. Il modello utilizzato è la versione 1.2 dell'Hamburg Tourism Model (HTM), un modello econometrico che simula i flussi turistici tra e all'interno di 207 paesi (Bigano *et al.* (2005)⁹. Vengono di seguito riassunte le principali caratteristiche del modello rinviando per maggiori dettagli il lettore eventualmente interessato a Bigano *et al.* (2005) e Hamilton *et al.* (2005, a, b). Il nucleo del modello consiste di due equazioni stimate econometricamente per gli arrivi internazionali (Equazione (1)) e le partenze (Equazioni (2) and (3)). Le variabili considerate sono rispettivamente:

<i>A</i>	Arrivi annuali totali
<i>G</i>	Superficie (km ²)
<i>T</i>	Temperatura media annuale (°C)
<i>C</i>	Lunghezza delle coste (km)
<i>Y</i>	Reddito pro capite
<i>D</i>	Partenze totali annuali
<i>P</i>	Popolazione
<i>B</i>	Numero di paesi con frontiere in comune
<i>H</i>	Ammontate totale dei viaggi per turismo domestico nazionali annuali
<i>D</i>	Paese di destinazione
<i>O</i>	Paese di provenienza

Gli arrivi sono dati da:

$$(1) \quad \ln A_d = \underset{0.97}{5.97} + \underset{0.96}{2.05 \cdot 10^{-7}} G_d + \underset{0.07}{0.22} T_d - \underset{2.21}{7.91 \cdot 10^{-3}} T_d^2 + \underset{3.03}{7.15 \cdot 10^{-5}} C_d + \underset{0.09}{0.80} \ln Y_d$$
$$N = 139; R_{adj}^2 = 0.54$$

Le partenze vengono invece determinate con una procedura a due stadi. Inizialmente si stima il numero totale di turisti "generato" da una particolare nazione, successivamente tale numero viene suddiviso tra coloro che viaggiano all'estero e coloro che rimangono all'interno dei confini nazionali. Ciò è possibile solo disponendo di un dettagliato database per i viaggi relativi al turismo domestico nell'anno base.¹⁰

⁹ Precedenti versioni del modello sono descritte da Hamilton et al. (2005), versione 1.0, da Hamilton et al. (2006), versione 1.1. L'econometria del modello è derivate da Maddison (2001), Lise and Tol (2002) e Hamilton (2003), la base dati da Bigano et al. (2005). Ulteriori dettagli e il codice del modello possono essere reperiti presso <http://www.uni-hamburg.de/Wiss/FB/15/Sustainability/htm.htm>

¹⁰ Per la maggioranza dei paesi tale database è stato costruito partendo dai dati forniti in Euromonitor (2002), riferito all'anno 1997. Alcuni dati mancanti sono stati coperti ricorrendo agli uffici statistici nazionali, istituzioni governative o associazioni di categoria. I dati sono per la maggior parte espressi come: "numero di viaggi verso destinazioni oltre una distanza non irrilevante dalla residenza del viaggiatore che coinvolgono

Il numero complessivo dei turisti dipende dalla dimensione della popolazione e dal reddito medio pro capite di un paese. Il numero dei turisti domestici dipende invece dal reddito medio pro capite e dal clima nella nazione d'origine. Nei casi di assenza totale di dati le osservazioni mancanti per il numero complessivo di turisti $D+H$ è stato stimato attraverso l'equazione:

$$(2) \quad \ln \frac{D_o + H_o}{P_o} = -1.67 + \frac{0.83}{0.10} \ln Y_o$$

$$N = 63; R_{adj}^2 = 0.60$$

Il rapporto tra turisti domestici e totali è stato interpolato tramite la relazione:

$$(3) \quad \ln \frac{H_o}{D_o + H_o} = -3.75 + \frac{0.83 \cdot 10^{-1}}{1.19} \ln G_o + \frac{0.93 \cdot 10^{-1}}{0.42} \ln C_o + \frac{0.16 \cdot 10^{-1}}{0.32} T_o - \frac{0.29 \cdot 10^{-3}}{1.11} T_o^2$$

$$+ \left(\frac{0.16}{0.12} - \frac{4.43 \cdot 10^{-7}}{1.24} Y_o \right) \ln Y_o$$

$$N = 63; R_{adj}^2 = 0.36$$

L'elemento climatico è approssimato dalla temperatura. Altre esplicative come la dimensione nazionale, o, nella determinazione dei flussi internazionali, clima, distanza origine-destinazione, reddito pro capite nel paese di destinazione e un generico indice di attrattiva turistica sono state incluse, ma mantenute costanti durante la simulazione. Si veda Bigano *et al.* (2005) per ulteriori dettagli. Le equazioni (1), (2) e (3) sono state stimate sui dati del 1995 ed il modello è stato successivamente ricalibrato in modo da riprodurre perfettamente il dato storico. Sono stati effettuati dei test di backsolving che hanno dimostrato la capacità del modello di prevedere con buona approssimazione il dato osservabile negli anni 1980, 1985, 1990. Per gli arrivi l' R^2 è sempre superiore al 93%, e alle partenze al 79%. A livello mondiale, il modello predice che i paesi alle latitudini e con le altitudini maggiori divengano più attraenti turisticamente sia per quanto riguarda i flussi domestici che internazionali. Il turismo internazionale è dominato attualmente dal Nord Est Europa, con le sole Germania e Inghilterra che costituiscono il 25% del mercato. La conseguenza è che il numero complessivo di turisti è previsto diminuire a causa del cambiamento climatico. Il modello evidenzia anche come, per la maggior parte dei paesi, la componente climatica sia comunque minoritaria rispetto alle dinamiche demografiche e di reddito nel determinare i flussi turistici. La Figura A.1 riproduce gli scenari di temperatura per l'Italia e la Tabella A.1 riporta le previsioni degli arrivi domestici e internazionali.

almeno un pernottamento". Per alcuni paesi i dati in questo formato non sono disponibili, pertanto si è ricorso o al numero di ospiti registrato nelle strutture ricettive (hotel, ostelli, camping etc.) o al rapporto tra numero di pernottamenti e permanenza media. Questo ultimo dato sottostima il turismo domestico in quanto esclude le visite ad amici e parenti.

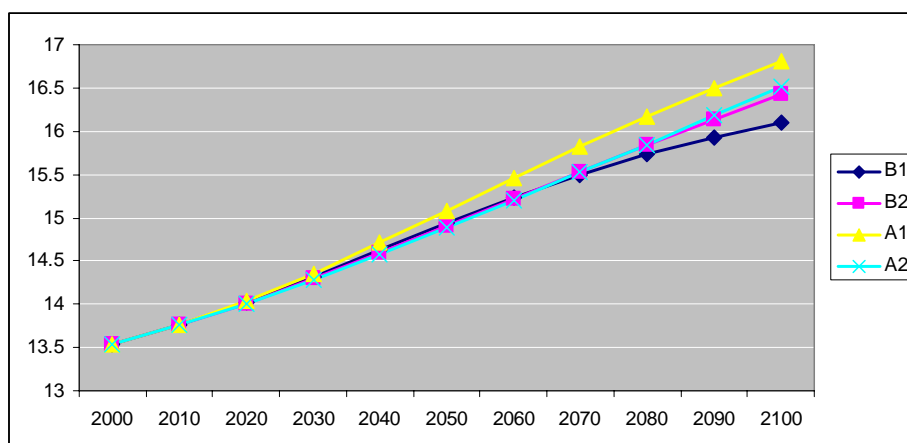


Figura A.1: Previsioni sull'andamento della temperatura media per l'Italia (°C) 2000-2100

Tabella A.1 Flussi di turismo domestico e internazionale in Italia (variazioni % rispetto al caso senza cambiamento climatico)

	2030			2060			2090		
A1									
	Italiani	Stranieri	Totale	Italiani	Stranieri	Totale	Italiani	Stranieri	Totale
Italia	4.3	-21.2	-12.8	8.6	-24.1	-17.0	11.6	-28.5	-17.8
A2									
	Italiani	Stranieri	Totale	Italiani	Stranieri	Totale	Italiani	Stranieri	Totale
Italia	4.0	-26.2	-13.4	7.7	-26.2	-15.1	10.8	-26.0	-16.1
B1									
	Italiani	Stranieri	Totale	Italiani	Stranieri	Totale	Italiani	Stranieri	Totale
Italia	4.1	-21.1	-12.1	7.8	-21.0	-14.1	10.1	-24.8	-16.7
B2									
	Italiani	Stranieri	Totale	Italiani	Stranieri	Totale	Italiani	Stranieri	Totale
Italia	4.0	-22.3	-13.3	7.8	-27.2	-18.8	10.6	-31.5	-22.9

Per Italia è prevista una riduzione degli arrivi internazionali imputabile al cambiamento climatico che, a seconda dello scenario, varia dal (-)21.1% al (-)26.2% nel 2030 e dal (-)24.8% al (-)31.5% nel 2090. Come tutti i paesi dell'area mediterranea l'Italia diventa meno attraente rispetto ad altre destinazioni soprattutto del Nord Europa. Tale trend è parzialmente controbilanciato da un aumento degli spostamenti entro i confini nazionali dei turisti italiani parte dei quali trova relativamente più appetibile trascorrere le vacanze in Italia rispetto ad altre destinazioni percepite come eccessivamente "calde" che va da circa un (+)4% nel 2030 ad un (+)10% - (+) 11.6% nel 2090. Al netto la domanda turistica subisce comunque un calo nell'ordine del (-)12.1% - (-)13.3% nel 2030 e del (-)16% - (-) 22.9% nel 2090. Come tutti i modelli anche HTM soffre di limitazioni: non considera effetti stagionali, non classifica i turisti per età e reddito, e la sua risoluzione è a livello di nazione. Una possibile metodologia di downscaling è descritta nel prossimo paragrafo.

Downscaling

Il modello HTM e i dati di downscaling vengono utilizzati per evidenziare trend generali, e ordini di grandezza in termini di variazioni percentuali in un contesto di analisi di statica comparata, tuttavia

per completezza vengono di seguito riportate alcune informazioni riguardanti i valori assoluti previsti dalle simulazioni confrontati, per quanto possibile con i dati osservabili (vedasi Tabella A.2)

Tabella A.2: Confronto tra stime HTM e dati reali 2006

STRANIERI	<i>Hamburg Tourism Model-previsioni al 2010</i>		<i>Dati osservati 2006</i>
	SENZA cambiamento climatico	CON cambiamento climatico	
A1	32,347,268	28,317,738	
A2	26,506,431	26,979,406	21,037,896
B1	31,003,345	27,101,204	
B2	29,913,973	26,118,223	

ITALIANI	<i>Hamburg Tourism Model-previsioni al 2010</i>		<i>Dati osservati 2006</i>
	SENZA cambiamento climatico	CON cambiamento climatico	
A1	10,901,550	11,084,917	
A2	9,998,506	10,170,937	10,987,841
B1	10,912,194	11,093,233	
B2	10,336,445	10,507,770	

FONTE DATI: MODELLO HTM, UFFICIO STATISTICA DELLE REGIONE VENETO

Come si può notare confrontando il 2010 previsto dal modello con lo storico 2006, le presenze di turisti italiani in provincia sono forse leggermente sottostimate, ma comunque altamente comparabili (ricordiamo che il modello è calibrato al 1995), Le presenze di turisti internazionali vengono invece, anche tenendo conto dei trend di crescita, sovrastimate dal 23% al 51% a seconda dello scenario.

A2. Approccio di valutazione ‘dose-risposta’ basate sui giudizi di esperti

La infiltrazione dell’acqua di mare all’interno di un piano terra può comportare danni di varia natura a diversi elementi costitutivi dell’unità o al suo contenuto. Un’analisi della letteratura ed un’analisi comparativa degli studi precedenti sugli impatti economici dei fenomeni di allagamento mettono in evidenza alcuni importanti aspetti che dovrebbero essere considerati nella valutazione.¹¹ Mentre alcuni suggerimenti provengono da questioni metodologiche di studi precedenti, altri derivano da un tentativo di superare i limiti delle valutazioni passate. In questo contesto, proponiamo di lavorare con i metodi di valutazione dose-risposta – vedasi, ad esempio, Adams e Crocker (1991). I metodi dose-risposta permettono di attribuire un valore ai beni ambientali senza fare ricorso alle preferenze individuali manifestate per tali beni. In questo caso di studio, la valutazione dose-risposta si attua attraverso (1) la valutazione dei danni fisici prodotti dagli allagamenti sulle strutture e i materiali, e (2) la stima del valore economico del danno. Per questa

¹¹ Indagine effettuata tra Dicembre 2002 e Gennaio 2003, vedasi CORILA (2004) per maggiori dettagli.

ragione la tecnica di valutazione dose-risposta è stata integrata con informazioni basate sui giudizi di esperti sulle attività di mantenimento e di riparazione necessarie in seguito all'allagamento e con i prezzi dei mercati relativi.¹² Combinando le informazioni degli esperti sui costi di protezione e adattamento con i dati COSES sul tipo di misura protettiva utilizzata, siamo in grado di stimare il costo totale rispetto all'adattamento incorso da ogni singola unità. Ai fini del calcolo di tali costi, la Tabella A.3 riporta le possibili tipologie di intervento esistenti e le assunzioni fatte rispetto alla protezione che ciascuna misura dovrebbe assicurare.

Tabella A.3: Tipologia e funzione della misura di protezione

	Pavimenti	Pareti	Porte interne	Porte esterne
Rialzo	+++	+	+++	+++
Vasca (completata da paratia)	+++	+++	+++	+++
Paratia	+	0	++	+++
Pompa	+	0	++	0
Pompa + paratia	++	0	+++	+++
Taglio delle muratura	0	+++	0	0

Legenda: +++ forte, ++ media, + leggera, 0 nessuna protezione.

Come risulta dalla Tabella A.3, l'efficacia delle opere di protezione e la conseguente riduzione del danno all'interno dei locali dipendono sia dalla tipologia della protezione, sia dalla quota di allagamento. Interventi quali la costruzione di una vasca a tenuta stagna consentono una protezione assai superiore rispetto ad una semplice paratia, ma qualunque misura può divenire inutile nei casi in cui l'allagamento superi una determinata quota. Nella stima dei danni materiali subiti dagli edifici si sono quindi tenuti in considerazione, per ogni tipologia di danno, sia il genere di misura di protezione adottata, se presente, sia la possibilità che la protezione risulti inefficace. Il prossimo paragrafo illustra l'applicazione dell'approccio 'dose-risposta' basate sui giudizi di esperti applicato alla stima dei costi delle porte interne (per la stima dei costi delle porte esterne, dei pavimenti e pareti vedasi Nunes et al. 2004).

¹² Il metodo di valutazione dose-risposta è stato applicato dagli economisti nelle analisi e valutazioni degli impatti sociali ed economici del cambiamento climatico e delle misure di adattamento in Italia (vedasi Breil et al. 2005). Queste metodologie sono già state considerate da Cellerino *et al.* (1997), Cellerino (1998) e Bertoldo *et al.* (1997), e Gambarelli e Goria (2004) ma in condizioni di stima più restrittive.

Il costo dovuto all'usura delle porte a seguito di allagamenti può essere scomposto per comodità, in danni alle porte interne e alle porte esterne. Tale distinzione si rende necessaria in quanto la differenza di materiale delle porte interne ed esterne comporta gradi di vulnerabilità all'acqua molto diversi.

$$CP = \sum_i \sum_j (CPI^i(e_j(p, q)) + CPE^i(e_j(p, q)))$$

dove:

CP è il costo dovuto all'usura delle porte dovuta all'allagamento;

CPI è il costo relativo alle porte interne;

CPE è il costo relativo alle porte esterne;

i identifica l'i-esima unità rilevata;

j indica il livello di allagamento;

e_j è il numero di eventi a livello di allagamento *j* che colpiscono annualmente le porte. Tale frequenza annuale dipende dalla tipologia di protezione *p*, se esistente, e dalla quota dell'unità *q*.

Per il calcolo dei danni causati dagli allagamenti alle porte interne sono stati intervistati alcuni rivenditori di serramenti in merito ai materiali impiegati nella costruzione delle porte, alla velocità di usura delle stesse in seguito al contatto con l'acqua e al costo di sostituzione. Gli intervistati sono concordi nel ritenere che la grande maggioranza di porte interne a Venezia sia di legno tamburato, materiale piuttosto economico ma facilmente degradabile in seguito al contatto con l'acqua. Si è così potuto assumere che le porte vadano sostituite dopo un numero *n* di eventi, sufficiente a rendere la porta inutilizzabile per motivi funzionali o estetici. Data la mancanza di un'opinione univoca sulla quantificazione di *n*, si sono costruiti due diversi scenari (*n*=5, *n*=10) – si vedano a tal proposito i calcoli nel paragrafo 6.3. Il prezzo di una porta di tamburato è stato fissato a €300.

La frequenza di allagamento di una porta interna dipende dalla quota del vano in cui si trova la porta, dall'esistenza di particolari misure protettive in grado di proteggere le porte dall'acqua (vasca o pompa + paratia) e, in caso di esistenza di tali misure, dalla quota alla quale queste misure sono in grado di offrire protezione. Nello specifico, si presume che se l'unità è protetta da vasca o contemporaneamente da pompa e da paratia, tutti gli interni dell'unità siano protetti fino ad una quota di 50 cm superiore alla quota della soglia. Al di sopra di questa quota, la paratia non è infatti sufficiente per prevenire l'allagamento dell'unità. In assenza di protezione, si ipotizza che ogni vano si allaghi, ed ogni porta entri in contatto con l'acqua, con una frequenza che corrisponde alla quota di quel vano.

In sintesi, si presume che la porta venga a contatto con l'acqua salata: (i) con frequenza corrispondente alla quota del vano se non c'è protezione; (ii) nel caso di protezioni con vasca o pompa e paratia, con frequenza corrispondente alla quota soglia +50 cm se il vano si trova ad altezza minore o uguale rispetto alla quota soglia +50 cm; (iii) sempre nel caso di protezioni con vasca o pompa e paratia, con frequenza corrispondente alla quota del vano se il vano si trova ad altezza maggiore rispetto a quota soglia +50 cm – vedi Figura A.4.

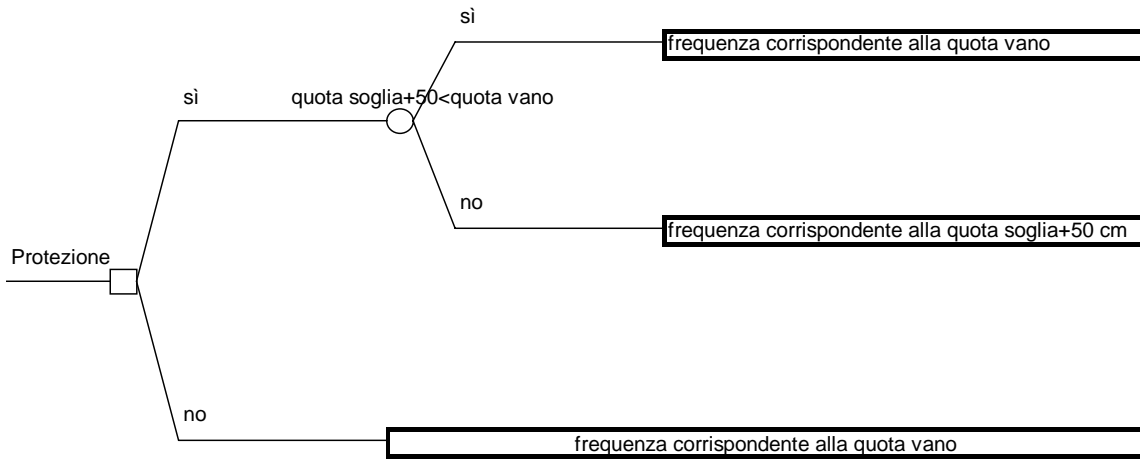


Figura A.4: Costi porte interne

La formula per il calcolo dei costi di sostituzione delle porte interne è riportata di seguito:

$$CPI = \frac{CUPI}{n} * \sum_{v^i} \sum_j \lambda(e_j, n) * e_j^{i,v}(p, q_v, q_s)$$

dove:

CUPI è il costo unitario di una porta di legno interna

n è il numero di eventi dopo il quale una porta in tamburato deve essere sostituita

vⁱ identifica il vano de l'i-esima unità rilevata;

j indica il livello di allagamento;

e_j^v è la frequenza annuale di eventi di allagamento alla quota j, a cui è soggetto il vano v

λ è il fattore moltiplicativo che limita gli interventi di sostituzione al massimo ad una volta all'anno per unità rilevata ($\lambda = 1$ se $e_j \leq n$ e $\lambda = n/e$ se $e_j > n$)

La frequenza di sostituzione delle porte dipende, come già visto, dalla frequenza degli allagamenti e_j^v . Tale frequenza dipende dalla quota del vano (q_v), dal tipo di protezione (p) e dalla quota della soglia (q_s), secondo lo schema riportato in Figura 1. Nel caso di unità sotto una determinata quota, può accadere che la frequenza annuale di allagamento superi il numero n di eventi dopo il quale si è assunto che una porta vada sostituita. In questi casi, non essendo verosimile presumere che una porta venga sostituita più di una volta all'anno, si impone un tetto massimo corrispondente ad un intervento di sostituzione per anno. Tale discriminante è introdotta tramite l'operatore λ , che dipende dalla frequenza di allagamento del vano in cui si trova la porta ($\lambda = 1$ se $e_j \leq n$).

A3. Aspetti metodologici della Conjoint Choice e scelte applicative

Modello di utilità stocastica

L'idea di base, che affonda le radici nell'evoluzione dell'analisi economica delle preferenze individuali per beni non di mercato, è che il valore monetario rifletta il comportamento degli individui. L'esercizio di valutazione economica è stato costruito in modo tale da consentire l'individuazione delle preferenze dei rispondenti in relazione alla scelta di alternative d'insediamento nel centro storico di Venezia. L'approccio Conjoint Choice è finalizzato a disaggregare il bene per valutare anche singolarmente le componenti (o attributi) dalle quali gli individui ricavano beneficio. Il valore di un'attività economica dipende da diversi attributi, incluso il livello di marea a cui l'acqua entra nei locali senza l'utilizzo di protezioni. L'obiettivo è quello di capire come gli esercenti effettuano la scelta del luogo di insediamento di un'attività economica a Venezia. Definiamo H il set di insediamenti alternativi nell'ambito della città di Venezia, ed S il set di vettori che misurano gli attributi. La scelta di un rispondente può essere definita in termini di probabilità:

$$\text{Prob}(x|s, A) \quad \forall x \in A \quad \text{con } A \subseteq H \quad (1)$$

In altri termini, possiamo definirla come la probabilità di scegliere la posizione geografica x , dato il vettore degli attributi osservati s ed il set di insediamenti alternativi nella città di Venezia A , per ciascuna delle alternative contenute in A . Per rendere operative le precedenti condizioni, è necessario individuare una funzione di comportamento individuale, al fine di combinare gli attributi osservati s con gli insediamenti geografici selezionati nel questionario. In altre parole, occorre identificare un modello teorico di comportamento individuale.

Nella presente analisi è stata scelta la seguente formulazione della funzione di utilità.

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

Poniamo che U_{ij} sia l'utilità dell'alternativa i , identificata da un certo scenario di protezione dagli eventi di marea, per l'attività individuale j . La funzione di utilità indiretta è composta da due parti: un elemento deterministico osservabile, V_{ij} , ed uno stocastico, ε_{ij} , riconducibile alla componente non osservabile della scelta individuale. Questo è noto come Modello di Utilità Stocastica o *Random Utility Model* (RUM), in cui si assume che, mentre l'individuo conosce con certezza le sue preferenze, esse contengono alcune componenti non osservabili dal punto di vista econometrico e vengono per questo trattate dal ricercatore come stocastiche (McFadden, 1974). La natura casuale dell'errore può essere spiegata da attributi, gusti e preferenze non osservabili, ed errori di misurazione.

Assumiamo inoltre che le imprese scelgano la posizione geografica che attribuisca loro l'utilità più elevata. In altri termini, l'attività individuale j sceglierà la posizione geografica i solo se:

$$U_{ij} > U_{hj} \quad \forall i, h \in A \quad \text{con } i \neq h \quad (3)$$

Combinando le equazioni 2 e 3, si ottiene che la posizione geografica i verrà scelta solo nel caso in cui

$$(V_{ij} + \varepsilon_{ij}) > (V_{hj} + \varepsilon_{hj}), \text{ oppure } (V_{ij} - V_{hj}) > (\varepsilon_{hj} - \varepsilon_{ij}) \quad (4)$$

La necessità di considerare componenti stocastiche fa sì che la struttura di riferimento sia di tipo probabilistico. Poiché non possiamo osservare la differenza $(\varepsilon_{hj} - \varepsilon_{ij})$, non riusciamo a stabilire con esattezza se $(V_{ij} - V_{hj}) > (\varepsilon_{hj} - \varepsilon_{ij})$. Possiamo quindi solamente suggerire delle ipotesi circa la scelta di una posizione geografica. Si rende quindi necessario calcolare la probabilità che la differenza nella componente stocastica $(\varepsilon_{hj} - \varepsilon_{ij})$ sia minore della differenza nella componente deterministica $(V_{ij} - V_{hj})$:

$$\text{Prob}(x_{ij} | s_j, A) = \text{Prob}_{ij} = \text{Prob} \left[\{ \varepsilon(s, x_{hj}) - \varepsilon(s, x_{ij}) \} < \{ V(s, x_{ij}) - V(s, x_{hj}) \} \right] \forall i, h \in A \quad (5)$$

Questo significa che la probabilità che un'attività scelga x_i tra le due posizioni geografiche in oggetto, con i che rappresenta la posizione geografica, è uguale alla probabilità che la differenza tra le componenti casuali della funzione di utilità sia minore della differenza tra le componenti sistematiche della funzione di utilità. Non siamo a conoscenza della distribuzione reale della differenza $(\varepsilon_{hj} - \varepsilon_{ij})$ tra la popolazione delle imprese. Al fine di poter testare la validità empirica del modello di utilità stocastica, è necessario selezionare una particolare distribuzione probabilistica.

Applicazione del modello di utilità stocastica alla città di Venezia

La distribuzione statistica più frequentemente utilizzata nei modelli di utilità casuale è la distribuzione Weibull. In questo modello l'elemento stocastico $(\varepsilon_{hj} - \varepsilon_{ij})$ è inserito in una funzione probabilistica che consente di analizzare il comportamento dell'attività economica (MacFadden 1984, Hanemann 1984). Al fine di derivare la formulazione di un tale modello, definiamo anzitutto la distribuzione Weibull in termini di ε_h s:

$$\text{Prob}(\varepsilon_h \leq \varepsilon) = \exp(-\exp-\varepsilon) = e^{-e^\varepsilon} \quad (6)$$

Oltre all'equazione 5, che definisce le regole di comportamento delle imprese, possiamo scrivere:

$$\text{Prob}_{ij} = \text{Prob}(\varepsilon_{hj} - \varepsilon_{ij}) < (V_{ij} - V_{hj}) \quad \forall i, h \in A \quad (7)$$

Dall'equazione 7, eliminando l'indice j per evitare eccessive annotazioni, e assumendo che $U_i \neq U_h$, otteniamo che:

$$\text{Prob}_i = \text{Prob}(\varepsilon_h < (\varepsilon_i + V_i - V_h)) \quad \forall i, h \in A \quad (8)$$

Combinando l'equazione 6 e l'equazione 8 otteniamo:

$$\text{Prob}(\varepsilon_h < (\varepsilon_i + V_i - V_h)) = \exp(-\exp-\varepsilon) = e^{-e^\varepsilon} \quad (9)$$

L'utilizzo della distribuzione Weibull insieme al modello di utilità casuale ci consente di stimare le probabilità di scelta empiriche rispetto a posizioni geografiche alternative e quindi rispetto a scenari alternativi di protezione dagli eventi di marea. In questo modello deve valere la proprietà dell'indipendenza dalle alternative irrilevanti, la quale afferma che la probabilità di scegliere una posizione geografica rispetto ad un'altra è indipendente dall'introduzione o rimozione di altre alternative nel pacchetto di scelte (vedasi Louviere et al., 2000). Quindi, la probabilità di scegliere la posizione geografica i può essere espressa con il prodotto dei termini $H-1$, come specificato nell'equazione 9, per un dato valore di ε_i , che identifichiamo con b . Formalmente otteniamo:

$$\begin{aligned} \text{Prob}_i &= \text{Prob}(\varepsilon_h < (\varepsilon_i + V_i - V_h), \forall i, h \in A) = \exp \prod_{h=1}^H \exp(-\exp[-b - V_i - V_h]) = \\ &= \exp(-b) \exp \left[- \sum_{h=1}^H \exp(-b - V_i - V_h) \right] \end{aligned} \quad (10)$$

La probabilità di scegliere una particolare posizione geografica i è stimata nel modo seguente:

$$\begin{aligned} \text{Prob}_i &= \int_{b=-\infty}^{b=+\infty} \exp(-b) \exp \left[- \sum_{h=1}^H \exp(-b - V_i - V_h) \right] db \\ &= \int_{b=-\infty}^{b=+\infty} \exp(-b) \exp \left\{ - \exp(-b) \left[\sum_{h=1}^H \exp(V_h - V_i) \right] \right\} db \end{aligned} \quad (11)$$

Per ottenere la formulazione finale, utilizziamo una trasformazione delle variabili e sostituiamo $\exp(-b)$ con z . Quindi, possiamo sostituire db con $-\left(\frac{1}{z}\right)dz$ e riscrivere l'equazione 11 in termini di z come segue:

$$\begin{aligned} \text{Prob}_i &= \int_{\infty}^0 z \exp \left[- za \left(- \frac{1}{z} \right) \right] dz = \int_0^{\infty} \exp[(-za)] dz \\ &\text{con } a \equiv \sum_{h=1}^H \exp(V_h - V_i) \end{aligned} \quad (12)$$

Poichè $\int_{\infty}^0 \exp(-az) = -\frac{\exp(-az)}{a}$, e poichè se $z = \infty$, $\exp(-\infty) = 0$ e se $z = 0$, $\exp(0) = 1$, otteniamo che $\text{Prob}_i = -\left[\frac{1}{a}(0-1)\right] = \frac{1}{a}$. Quindi, possiamo riscrivere l'equazione 12 nel modo seguente:

$$\text{Prob}_i = \frac{1}{\sum_{h=1}^H \exp(V_h - V_i)} \quad (13)$$

L'equazione 13 definisce la specificazione empirica di base del modello di scelta d'insediamento nel centro storico di Venezia ed è consistente con il modello di utilità casuale. Questo è noto come modello Multinomial Logit (MNL) (Louviere *et al.* 2000).

Il passo successivo è quello di stimare i diversi parametri della funzione di utilità, espressa dall'equazione 13, in modo da procedere in seguito alla valutazione monetaria degli attributi di scelta. I parametri rappresentano le utilità marginali degli attributi. Per procedere all'analisi econometrica è necessario anzitutto specificare la forma funzionale della funzione di utilità $V(\cdot)$, che richiede d'individuare la relazione esistente tra gli attributi e le scelte osservate delle imprese. Nel presente studio verrà utilizzata una forma lineare e additiva che posiziona il vettore di attributi X in una funzione di utilità totale V . Formalmente si ottiene:

$$V_{ij} \left(= \sum_k \beta_{ik} X_{ikj} \right) \quad (114)$$

Dati i parametri della funzione di utilità, β , il valore di V_{ij} si ottiene prendendo i coefficienti β e gli attributi X per l'individuo j e l'alternativa i . I valori β rappresentano il peso di ciascun attributo nella funzione di utilità. I coefficienti β stimati dal modello possono essere utilizzati per stimare come gli individui valutino relativamente i diversi attributi (trade off tra attributi). Come è già stato descritto sono stati specificati quattro principali attributi che influiscono sulla scelta d'insediamento di un'attività economica: (i) livello del mare al quale l'acqua entra nei locali senza l'utilizzo di protezioni; (ii) zona di Venezia frequentata da turisti o residenti; (iii) possibilità di raggiungere l'attività con le passerelle; (iv) valore dell'attività economica. Attraverso la stima di tali parametri siamo in grado di misurare l'impatto economico associabile ad una variazione degli attributi per ciascuno degli scenari alternativi. Questa informazione è cruciale nella stima del valore monetario di ciascun attributo, e quindi nell'interpretare le decisioni di scelta d'insediamento di un'attività nel centro storico veneziano. Per stimare i parametri β dobbiamo selezionare una tecnica di stima econometrica. A tal fine utilizzeremo il metodo della massima verosimiglianza, come indicato nella formula seguente:

$$\text{Max}_{\beta} L = \prod_{j=1}^J \prod_{h=1}^H \text{Prob}_{hj}^{d_{hj}} \quad (15)$$

con d_{hj} che definisce una variabile dummy tale che $d_{hj}=1$ se l'alternativa d'insediamento h è scelta dall'individuo j e uguale a zero nel caso opposto. Data L nell'equazione 5, la funzione di verosimiglianza logaritmica L^* può essere scritta nel modo seguente:

$$\text{Max}_{\beta} L^* = \sum_{j=1}^J \sum_{h=1}^H d_{hj} \log(\text{Prob}_{hj}) \quad (16)$$

Combinando le equazioni 13-14 e l'equazione 16 otteniamo:

$$Max_{\beta} L^* = \sum_{j=1}^J \sum_{h=1}^H d_{hj} \log \left(\frac{1}{\sum_{h=1}^H \sum_k \beta_{ik} X_{ikj}} \right) \quad (17)$$

Dalla formulazione del modello ricaviamo l'utilità attesa di una particolare alternativa i :

$$\log \sum_i e^{V_i} \quad (18)$$

Utilizzando l'equazione 18, si può esprimere il valore atteso associato al passaggio da una situazione di livello del mare iniziale, definita da V^0 , ad una situazione alternativa caratterizzata da un livello del mare differente, definita da V^1 , come segue:

$$WTP = \frac{1}{\lambda} \left[\log \sum_i e^{V_i^0} - \log \sum_i e^{V_i^1} \right] \quad (19)$$

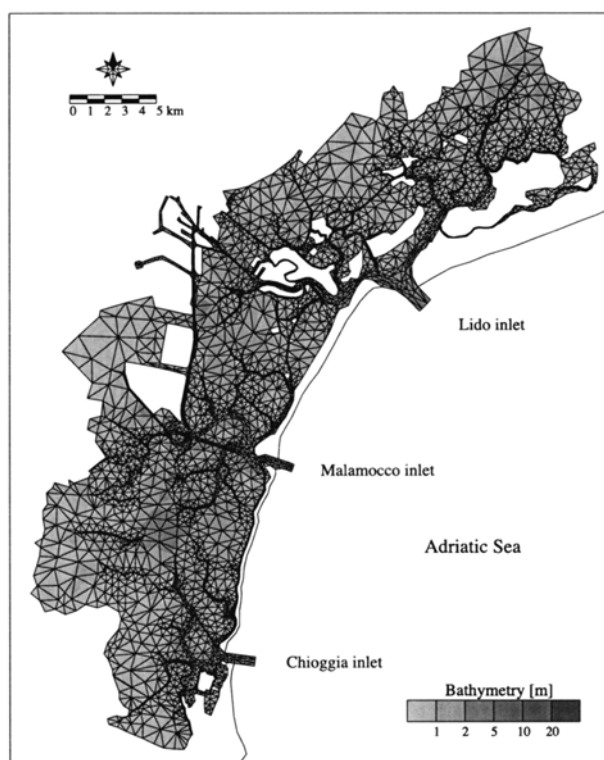
dove WTP (“willingness to pay”, o disponibilità a pagare) rappresenta il valore monetario che si può attribuire al cambiamento dalla situazione definita da 0 alla situazione definita da 1. Si tratta della variazione compensativa del reddito che rende l'individuo indifferente tra la situazione descritta dal livello del mare iniziale e la situazione alternativa definita dal livello del mare1. In altri termini, l'equazione 9 esprime in termini monetari l'impatto sull'utilità dell'individuo derivante dal cambiamento del livello del mare dalla situazione 0 alla situazione 1.¹³

¹³ Questo modello consente anche di stimare l'impatto sul valore dell'attività economica, in termini monetari, in termini di tipo di clientela e possibilità di raggiungere o meno l'esercizio con le passerelle.

A4. Aspetti metodologici di stima dei costi diretti di funzionamento delle barriere mobili per il porto di Venezia

Il modello idrodinamico

L'analisi effettuata per valutare i costi economici diretti dell'interruzione del traffico portuale indotta dalla chiusura delle barriere mobili si serve di un modello idrodinamico elaborato dall'oceanografo del centro ISDGM-CNR di Venezia G. Umgiesser,. Tale modello bi-dimensionale a elementi finiti (Umgiesser e Bergamasco, 1993, 1995; Umgiesser e al., 2004) consente di descrivere il comportamento idrodinamico della laguna a seconda di differenti condizioni geo-idromorfologiche e meteorologiche (Umgiesser 1997,1999, 2000; Umgiesser e Maticchio, 2006). Come mostrato nella Figura A.5, la laguna veneta è scomposta in una griglia di 7.841 elementi triangolari e 4.359 nodi.



Source: Umgiesser, Cucco and Solidoro (2004)

Figura A.5 – La griglia e i nodi in laguna

Dati il livello dell'acqua rilevato in corrispondenza delle bocche di porto di Lido e Malamocco¹⁴ e l'intensità del vento misurata all'interno della laguna, il modello consente di determinare il livello raggiunto dall'acqua ogni intervallo di 5 minuti, simulando le modalità di propagazione della marea all'interno della laguna e della corrente barotropica in corrispondenza di tutti i nodi della laguna. In tal modo, è possibile prevedere quando il livello della marea raggiunge il livello di salvaguardia. Un algoritmo specifico consente inoltre di simulare la procedura di chiusura delle barriere mobili e di prevedere la durata delle interruzioni del traffico portuale, sulla base delle osservazioni relative al transito di navi nella laguna nel periodo 2000-2002 (tipologia, distribuzione e intensità del flusso di imbarcazioni). Gli effetti dell'esistenza della conca di navigazione presso la

¹⁴ Come verrà chiarito in seguito, i dati considerati non includono il traffico portuale relativo alla bocca di porto di Chioggia.

bocca di porto di Malamocco sul traffico marittimo non sono stati inclusi nel modello, a causa dell'esiguità di informazioni disponibili circa la capacità di assorbimento del flusso di imbarcazioni della conca.

Il modello economico

L'analisi effettuata si limita a stimare i costi diretti aggiuntivi per il porto di Venezia determinati dall'interruzione del traffico marittimo lagunare in seguito all'attivazione delle barriere mobili. Pertanto, i risultati ottenuti forniscono soltanto una stima parziale dei costi complessivi per il porto riconducibili al funzionamento delle barriere mobili alle bocche di porto. La stima è stata condotta assumendo che i costi diretti corrispondano alla somma dei *costi di noleggio* aggiuntivi dovuti al maggior tempo necessario per entrare e uscire dalla laguna e, per le imbarcazioni a cui la chiusura delle paratie mobili impedisce di uscire dalla laguna, anche ai *costi di ormeggio*. La prima componente di costo varia sensibilmente a seconda delle clausole contrattuali, che riflettono la tipologia di imbarcazione e il rapporto esistente tra il proprietario e il noleggiatore. Nell'impossibilità di ricostruire il contratto relativo a ogni singola imbarcazione, la stima poggia sull'ipotesi che i costi di noleggio aggiuntivi coincidano con i costi di noleggio ordinari, escludendo che esistano specifiche penali contrattuali connesse con il prolungamento del periodo di noleggio. I dati sono stati gentilmente forniti da alunni operatori del settore contattati per via telefonica (Tabella A.4).

Tabella A.4 – Costi di noleggio per tipologia di imbarcazione (Euro 2006)

	tonnellate	€/ton/ora
Tanker per petrolio	x < 90.000	0,02614
	90.000 ≤ x < 100.000	0,02831
	x ≥ 100.000	0,03025
Tanker per vino, acqua e olii vegetali	x < 1.000	0,13445
	1.000 ≤ x < 1.500	0,12325
	x ≥ 1.500	0,11204
Tanker LNG	x < 7.000	0,28538
	7.000 ≤ x < 20.000	0,18685
	x ≥ 20.000	0,14269
Container	x < 15.000	0,03105
	15.000 ≤ x < 23.500	0,02497
	23.500 ≤ x < 28.000	0,02261
	28.000 ≤ x < 34.500	0,02390
	34.500 ≤ x < 40.000	0,01935
	40.000 ≤ x < 48.000	0,01899
	x ≥ 48.000	0,02087
Cargo	4.500 ≤ x < 27.500	0,00843
	x ≥ 27.500	0,01243
Carrier	x < 4.500	0,02614
	4.500 ≤ x < 27.500	0,00843
	27.500 ≤ x < 80.000	0,01243
	x ≥ 80.000	0,00759
		€/pass/ora
Navi passeggeri		1,60064
Yacht		46,76871

I costi di ormeggio sono invece stati desunti dai listini messi a disposizione dalle principali agenzie marittime operanti in laguna: Venezia Trasporti Passeggeri (VPT) per quanto riguarda il trasporto passeggeri, Terminal Intermodale Venezia per il restante traffico portuale (Tabella A.6). Qualora espressi in valuta straniera, i costi sono stati trasformati in euro sulla base dei tassi di cambio ufficiali medi per il periodo Gennaio 2005- Maggio 2006 (Ufficio Italiano Cambi - UIC, www.uic.it).

Tabella A.6 – Costi di ormeggio per tipologia di imbarcazione (Euro 2006)

	€/ora
Carrier e Container	1.000,00000
Cargo e Tanker	1.333,33333
	€/m/ora
Navi passeggeri	0,16699
Yacht	0,45306

Bibliografia

- AA.VV. (2005) *Climate Change and the European Water Dimension. A Report to the European Water Directors*. EU Report No. 21553, 253 pp.
- AA.VV. (2006) *Marine and Coastal Dimension of Climate Change in Europe. A Report to the European Water Directors*. EUR – Scientific and Technical Research series, ISBN 92-79-03747-1, 104 pp.
- Adams, R.M. and T.D. Crocker (1991) “Material Damages”, in *Measuring the Demand for Environmental Quality*, Braden, J.B. and C.D. Kolstad (Eds), pages 271-302, North-Holland, Amsterdam, The Netherlands.
- APAT (2005), “Indicatori del clima in Italia”, online documentation available at: www.scia.sinanet.apat.it
- ARPA-SMR (2001) *Evidenza di cambiamenti climatici sul Nord Italia. Parte 1: Analisi delle temperature e delle precipitazioni*, Quaderno tecnico n°04.
- Bertoldo, M., Maggioni, E., F. Sbeti (1997) *Le Condizioni Abitative nei Piani Terra de Centro Storico e la Oropensione al Risanamento*, Comune di Venezia - Coordinamento Legge Speciale - Osservatorio Casa.
- Bigano A., Tol, R., Hamilton, J. and M. Lau (2005), “A Global Database of Domestic and International Tourist Numbers at National and Subnational Level” FEEM Note di Lavoro 3.05.
- Bondesan M., 1990. Le zone umide salmastre dell'Emilia-Romagna: aspetti geografici e morfologici. In: Corbetta F (ed) *Aspetti naturalistici delle zone umide salmastre dell'Emilia-Romagna*. Regione Emilia-Romagna, Bologna, p 21-69.
- Breil, M., Gambarelli, G. and , P.A.L.D. Nunes (2005) “Economic Valuation of On Site Material Damages of High Water on Economic Activities based in the City of Venice: Results from a Dose-Response-Expert-Based Valuation Approach” in T. Spencer and C. Fletcher (eds.), *Flooding and Environmental Challenges for Venice and Its Lagoon*, Chapter 26, Cambridge University Press, UK.
- Cellerino, R. (1998) *Venezia Atlantide: L'impatto Economico delle Acque Alte*, Milano Franco Angeli.
- Cellerino, R., Anghinelli, S., Brasili, A., Gianicola, L., Mucci, M. N., Negri, A. M., D. Priolo (1997) *Effetti Delle Opere Mobili Contro i Danni Dell'acqua Alta: Strutture Fisiche, Turismo, Immobili Notificati e Mercato Immobiliare*.
- CISSET (1998) *Comportamento di spesa e soddisfazione dei turisti*, Progetto Promocommercio
- CISSET (2000) *Comportamento di spesa e soddisfazione dei turisti*, Progetto Promocommercio
- CISSET (2001) *Comportamento di spesa e soddisfazione dei turisti*, Progetto Promocommercio
- CISSET (2002) *Comportamento di spesa e soddisfazione dei turisti*, Progetto Promocommercio
- CISSET (2004) *Comportamento di spesa e soddisfazione dei turisti*, Progetto Promocommercio
- Costa P. (1993), Venezia. Economia e analisi urbana, Etas.
- Gambarelli G., and A. Gorla (2004) “Economic evaluation of climate change impacts and adaptation in Italy”, *FEEM Working Papers*, n. 103.04, Milano, Italy.
- Hamilton et al. (2005), “The impact of climate on holiday destination choice”, FEEM Note di Lavoro 4.05

- Hamilton et al. (2006), "The impact of climate change on domestic and international tourism: a simulation study" FEEM Note di Lavoro 86.06
- Hamilton, J.M. (2003) *Climate and the Destination Choice of German Tourists*, Research Unit Sustainability and Global Change. Working Paper FNU-15 (revised), Centre for Marine and Climate Research, Hamburg University, Hamburg.
- IPCC, Climate Change 2007, The Scientific Basis. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lise, W. and Tol, R.S.J. (2002) Impact of climate on tourism demand. *Climatic Change*, 55(4), 429-449.
- Lloyd's Register - Fairplay Limited (2006-07), CD-rom Lloyd's Register of Ships.
- Maddison, D. (2001) In Search of Warmer Climates? The Impact of Climate Change on Flows of British Tourists. In Maddison, D. (ed.) *The Amenity Value of the Global Climate*, (pp. 53-76), London: Earthscan.
- Magistrato delle Acque (1997), Interventi alle bocche lagunari per la regolazione dei flussi di marea - Studio di impatto ambientale del progetto di massima, Allegato 6, Tema 5, 163.
- Marinov D., Galbiati L. Giordani G., Viaroli P., Norro A., Bencivelli S., Zaldivar J. M., 2006. An integrated modelling approach for the management of clam farming in coastal lagoons. Aquaculture (submitted).
- Marinov D., Giordani G., Viaroli P., Bodini a., Norro a., Bencivelli S., somma F., Zaldivar Comenges J. M., 2005. Analysis of clam farming scenarios in Sacca di Goro lagoon. EUR – Scientific and Technical Research series, ISBN 1018-5593, 44 pp.
- MEA (2005) "Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis", World Resources Institute, Washington, D.C.
- Melià P., De Leo G. A., Gatto M., 2004. Density and temperature-dependence of vital rates in the Manila clam *Tapes philippinarum*: a stochastic demographic model.
- Ministero dell'Ambiente (1998a), Valutazione di impatto ambientale relativa al progetto: Interventi alle bocche lagunari per la regolazione dei flussi di marea, Studio di impatto ambientale del progetto di massima, Parere di compatibilità ambientale della Commissione per le Valutazioni di Impatto ambientale.
- Ministero dell'Ambiente (1998b), Sintesi delle conclusioni del Parere della Commissione di Valutazione di Impatto Ambientale del progetto di massima per interventi alle bocche lagunari per la regolazione dei flussi di marea.
- Nasci C, Da Ros L, Nesto N, Sperti L, Passarini F, Pavoni B, 2000: Biochemical and histochemical response to environmental contaminants in clam, *Tapes philippinarum*, transplanted to different polluted areas of Venice lagoon, Italy. *Marine Environmental Research*, 50, 425-430.
- Nunes, P.A.L.D., Breil, M. and G. Gambarelli (2004) "Valutazione dei danni puntuali associati a diversi scenari di marea" in C. Carraro and P.A.L.D. Nunes (eds) *Valutazione Economica degli Impatti di Breve Periodo del Fenomeno delle Acque Alte sulle Attività Economiche della Città di Venezia*", Capitolo 6, Rapporto finale, 223 pag + appendici, CORILA-FEEM, Venezia, Italia.
- Nunes, P.A.L.D. e A. Sgobbi (2004) "Valutazione dei danni economici complessivi associati ad un evento eccezionale di marea e al ripetersi di un evento ordinario per un'intera settimana" in C. Carraro and P.A.L.D. Nunes (eds) *Valutazione Economica degli Impatti di Breve Periodo del Fenomeno delle Acque Alte sulle Attività Economiche della Città di Venezia*", Capitolo 8, Rapporto finale, 223 pag + appendici, CORILA-FEEM, Venezia, Italia.

- OECD (1999), "Environmental Indicators for Agriculture: Volume 1 Concepts and Frameworks", Organization for Economic Co-operation and Development, Paris.
- Pagnoni G. A. e G. Caramori 1999. Goro e il suo territorio, una guida tra storia e natura. Ferrara, 32 pp.
- Terminal Intermodale Venezia S.p.A., Tariffa generale Terminal Intermodale Venezia S.p.A., Anno 2005.
- Ufficio Statistica delle Regione Veneto, consultazione online degli archivi su http://statistica.regione.veneto.it/dati_settoriali_turismo.jsp
- Umgiesser G. and Bergamasco A. (1993), A staggered grid finite element model of the Venice Lagoon, in Morgan K., Ofiate E., Periaux J., Peraire J. and Zienkiewicz O.C. (eds.), Finite Elements in Fluids, Pineridge Press, Barcelona, 659-668.
- Umgiesser G. and Bergamasco A. (1995), Outline of a primitive equation finite element model, in Rapporto e Studi, Vol. XII, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Venezia, Italy, 291-320.
- Umgiesser G. and Maticchio B. (2006), Simulating the mobile barrier (MOSE) operation in the Venice Lagoon, Italy: global sea level rise and its implications for navigation, Ocean Dynamics, 56, 320-32.
- Umgiesser, G. (1997), Modeling the Venice Lagoon, International Journal of Salt Lake Research, 6, Kluwer, The Netherlands, 175-199.
- Umgiesser, G. (1999), Valutazione degli effetti degli interventi morbidi e diffusi sulla riduzione delle punte di marea a Venezia, Chioggia e Burano, Atti Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, 157, 231-86.
- Umgiesser, G. (2000), Modeling residual currents in the Venice Lagoon, in Yanagi T. (ed.), Interactions between Estuaries, Coastal Seas and Shelf Seas, Terra Scientific Publication (TERRAPUB), Tokyo, 107-124.
- Umgiesser, G., Melaku Canu D., Cucco A. and Solidoro C. (2004), A finite element model for the Venice Lagoon. Development, set up, calibration and validation, Journal of Marine System, 51, 123-45.
- Venezia Terminal Passeggeri, Tariffa generale 2005.
- www.comune.venezia.it www.salve.it www.uic.it