

Project ID: 10252001

AdriaClim

Climate change information, monitoring and
management tools for adaptation strategies in
Adriatic coastal areas

D.5.10.1

Regional guidelines for Climate Change adaptation on coastal ecosystem

1

1

D5.10.1

Linee guida per la redazione del piano d'azione e di protezione degli ecosistemi costieri regionali per l'adattamento ai cambiamenti climatici, integrato nell'ambito della strategia regionale per lo sviluppo sostenibile

Regione Molise

D.5.10.1 – ANNEX 1

(English translation of the original document)

Regional guidelines for Climate Change adaptation on coastal ecosystem

Sommario

Sommario	3
Premessa	5
Capitolo 1. Normativa regionale, nazionale e internazionale	7
1.1 Normativa a livello europeo	7
1.2 Normativa a livello nazionale e Gestione Integrata delle Zone Costiere (GIZC)	9
1.3 Normativa a livello regionale	10
Capitolo 2. Analisi territoriale della regione 'Europa' realizzata dal IPCC nel 5th Assessment Report	12
2.1 Descrizione generale delle variazioni	12
2.1.1 Trend indipendenti dal cambiamento climatico	12
2.2.2 Trend dipendenti dal cambiamento climatico	13
2.2 Implicazioni dovute ai Cambiamenti Climatici	13
2.2.1 Agricoltura, allevamento, pesca e acquacoltura	13
2.2.2 Boschi e foreste	15
2.2.3 Insediamenti umani	15
2.2.4 Attività produttive	15
2.2.5 Salute della popolazione umana	16
2.2.6 Impatti sociali e culturali	17
2.3 Opzioni di mitigazione e adattamento ed effetti sulla biodiversità	17
Capitolo 3. Adattamento ai Cambiamenti Climatici per le aree costiere.	18
3.1 Principi di adattamento	18
3.1.1 Capacità adattativa di un sistema naturale	19
3.2 Definizione delle componenti del rischio in ambiente costiero	21
3.2.1 La vulnerabilità	22
3.2.2 L'esposizione	22
3.2.3 Il rischio	23

3.2.4	Analisi delle componenti a rischio	23
3.2.5	Le azioni di adattamento in ambito costiero	26
	Azioni di adattamento per le città e gli insediamenti urbani in ambito costiero	26
	Azioni di adattamento nella regione geografica del Bacino del Mediterraneo	27
	Azioni di adattamento per la conservazione degli hotspot di biodiversità	28
Capitolo 4.	Descrizione del Sito Pilota “La costa della Regione Molise”.	29
4.1	Il sito pilota del progetto AdriaClim	29
4.1.1	Inquadramento geografico	29
4.1.2	Inquadramento geomorfologico	30
4.1.3	Paesaggio e copertura del suolo	31
4.1.4	Natura e biodiversità	31
4.2	Trend ed evoluzione recente	34
4.2.1	Principali driver di trasformazione della costa molisana	34
4.2.2	Clima attuale e proiezioni future	35
4.2.3	Impatti e vulnerabilità della zona costiera molisana	36
4.2.4	Clima attuale degli ambienti marini e cambiamenti futuri	36
Capitolo 5.	Gli indicatori del Cambiamento Climatico in AdriaClim – Regione Molise	37
5.1	Metodologia nella selezione e nell’uso degli indicatori di piano.	37
5.2	Scenari futuri	40
5.3	Risultati del processo partecipativo	41
Capitolo 6.	Strategie e obiettivi delle linee guida	42
	Bibliografia	57

Premessa

Le zone costiere sono ecosistemi molto particolari ed estremamente dinamici in grado di fornire beni e servizi essenziali alla società (Jones et al. 2011). Difatti sono in grado di fornire numerosi servizi ecosistemici: servizi di supporto relativi al ciclo dei nutrienti e dalla produzione primaria, servizi di fornitura (pesca, acquacoltura), servizi di regolazione del clima sia locale che globale (assorbimento di CO₂), di protezione contro l'erosione costiera, servizi culturali (ricreazione, estetici, turismo, ecc.). Ciononostante gli ecosistemi costieri sono tra i più minacciati a livello mondiale ed in particolare dai cambiamenti climatici.

Gli effetti attesi del cambiamento climatico sul sistema costiero sono particolarmente severi e sono dovuti in particolare dall'aumento del livello del mare e dalla variazione dell'intensità e della frequenza dei fenomeni meteorologici quali trombe d'aria, tempeste e mareggiate. Tra le conseguenze di questi fenomeni si possono annoverare allagamenti, erosione costiera, danni e perdita di infrastrutture e perdita di habitat naturali. L'innalzamento del livello del mare può aumentare il rischio di ingressione marina (cuneo salino) con relativa contaminazione delle riserve d'acqua dolce. Gli impatti generati dall'innalzamento del livello medio del mare riguardano principalmente la perdita di suolo per inondazioni ed allagamenti, dovuti all'incremento nelle attività erosive del mare. Nel caso italiano, la perdita di suolo riguarda potenzialmente estese aree costiere che ospitano importanti attività economiche. Le perdite incideranno, in linea generale, su tutte le attività economiche insediate nelle aree costiere: l'agricoltura, l'industria, gli insediamenti urbani, le infrastrutture nonché le aree utilizzate per servizi e per il tempo libero, le aree protette per il loro valore naturale e le aree e strutture considerate beni culturali. (Breil et al., 2007). Per quanto riguarda la perdita di biodiversità, da un'analisi basata su un modello, emerge che verso il 2050 l'80 % delle 2000 specie attualmente osservate in Europa (1.350 piante, 157 mammiferi, 108 rettili e 383 uccelli nidificanti) spariranno sotto l'impatto delle emissioni gas serra e del cambiamento climatico (Schröter et al., 2004; EEA, 2005). Alla perdita di habitat costieri terrestri in seguito all'innalzamento del mare è da aggiungere quella di habitat marini, dovuta agli impatti del riscaldamento delle acque marine e delle acque costiere, con la conseguente estinzione di alcune specie locali e l'intrusione di specie esotiche e/o invasive (EEA, 2005). L'aumento della temperatura superficiale dei mari e degli oceani e l'acidificazione delle acque comporta un cambiamento delle comunità ittiche (range shift) con conseguenze su habitat e sugli stock ittici. In definitiva, questi effetti possono causare la perdita di numerosi e molteplici servizi ecosistemici forniti dalle aree costiere con conseguenze anche economiche. La terza linea di cambiamento riguarda la diminuzione delle risorse idriche che tendono a scarseggiare sia per la riduzione delle precipitazioni che per l'intrusione di acque saline nelle riserve idriche costiere, tra l'altro già sotto pressione per l'intensa antropizzazione delle zone costiere. I cambiamenti climatici non costituiscono l'unica minaccia agli ecosistemi costieri. Le attività antropiche, specialmente negli ultimi decenni, hanno contribuito ad

alterare le condizioni fisiche, chimiche e biologiche degli ecosistemi costieri: la pesca intensiva, le attività estrattive, l'urbanizzazione, modificazioni della linea di costa, distruzione degli habitat.

Distinguere gli effetti delle due tipologie di driver di cambiamento non è sempre semplice, perché spesso si intersecano e interagiscono, moltiplicando gli effetti negativi. I decisori (a diversi livelli amministrativi ed istituzionali) sono quindi chiamati a valutare se un certo rischio/impatto atteso del cambiamento climatico richiede azioni di adattamento e, in secondo luogo, ove questo fosse ritenuto necessario, a valutare quale opzione di adattamento è preferibile scegliere. In questo senso, un modo di procedere è quello di scegliere l'opzione di intervento che garantisca il più alto beneficio per la collettività (in termini di rischi/impatti evitati), rispetto ai costi collettivi che gli interventi comporterebbero.

Ad oggi, l'UE rivolge il suo impegno politico in egual misura alla mitigazione e all'adattamento, che sono riconosciute quali azioni complementari per, rispettivamente, contenere le cause dei cambiamenti climatici e affrontarne le conseguenze. Inoltre, l'adattamento si presta a supportare gli obiettivi politico-economici generali dell'UE, elaborati nella strategia per la crescita "Europa 2020" e la transizione verso un'economia sostenibile, efficiente dal punto di vista delle risorse, attenta all'ecologia e caratterizzata da basse emissioni di carbonio (EEA, 2013).

In questo contesto si inserisce il progetto Interreg Italia-Croazia AdriaClim (Climate change information, monitoring and management tools for adaptation strategies in Adriatic coastal areas) a support dello sviluppo di piani di adattamento ai cambiamenti climatici regionali e locali in modo da trasformare le potenziali minacce climatiche in opportunità economiche. Scopo del progetto è quello di supportare comuni e regioni costiere italiane e croate nello sviluppo di linee guida, strategie e piani nel quadro dell'adattamento e della mitigazione dei cambiamenti climatici mediante lo scambio di buone pratiche in modo integrato e co-progettato.

L'obiettivo principale di AdriaClim è migliorare la resilienza climatica nell'area di cooperazione, aumentando la capacità di sviluppare nuovi piani di adattamento climatico e aggiornare quelli esistenti e sviluppare strategie di mitigazione basate su informazioni climatiche ad alta risoluzione, più accurate e affidabili (osservazioni e modellazione integrata), mirate sulle aree costiere e marine (minacciate da rischi quali innalzamento del livello del mare, anomalie della temperatura e della salinità del mare, erosione costiera e salinizzazione delle acque dolci) e relativi settori economici e servizi ecosistemici. AdriaClim mira a sviluppare sistemi informativi integrati a scala locale adriatica composti da database climatologici idro-meteorologici (scenari modello e osservazione) e strumenti basati sulla conoscenza (ad esempio indicatori) per l'implementazione dinamica avanzata dei piani di adattamento climatico regionale rilevanti e accessibile per tutta l'area del Programma Interreg e per i paesi partner del progetto.

Capitolo 1. Normativa regionale, nazionale e internazionale

1.1 Normativa a livello europeo

Convenzione di Barcellona (12 febbraio 1978)

La Convenzione per la Protezione dell'Ambiente Marino e della Regione Costiera del Mediterraneo riguarda la promozione della tutela dell'ambiente e dell'integrazione nel Mediterraneo. La Comunità europea e tutti gli Stati membri mediterranei dell'Unione Europea sono parti contraenti della Convenzione.

Raccomandazione del Parlamento Europeo e del Consiglio (30 maggio 2002): Attuazione della gestione integrata delle zone costiere

1. Prendere in considerazione il Capitolo 17 AGENDA 21 - Protezione degli OCEANI.
2. Considerare nella gestione i cambiamenti climatici che provocano l'innalzamento del livello del mare, variazioni di forza e frequenza delle tempeste e un aumento dell'erosione costiera e delle inondazioni.
3. Favorire una gestione integrata su scala più ampia con l'uso di strumenti orizzontali.
4. Ricorrere ai processi naturali e alla capacità di assorbimento degli ecosistemi per rendere le attività umane più sostenibili.
5. Coinvolgere tutte le parti interessate (pubblici e privati) nel processo di gestione che deve essere basato su responsabilità condivise.

Pubblicazione del Libro Verde della Commissione Europea (2007)

“L'adattamento ai cambiamenti climatici in Europa – quali possibilità di intervento per l'UE” primo passo verso l'inserimento della dimensione dell'adattamento tra le politiche europee.

Protocollo per la Gestione Integrata della Zona Costiera (ICZM) nel Mediterraneo 2009/89/EC (adottato il 04 febbraio 2009). Il Protocollo permette la conservazione della zona costiera, intesa come l'area geomorfologica su entrambi i lati della costa in cui l'interazione tra la parte marina e quella terrestre avviene sotto forma di complessi sistemi ecologici e di risorse e interazione con le comunità umane e le relative attività socioeconomiche; per "gestione integrata delle zone costiere" si intende un processo dinamico per la gestione e per l'uso sostenibile delle zone costiere, tenendo conto al tempo stesso della fragilità degli ecosistemi e dei paesaggi costieri, della diversità delle attività e degli usi, delle loro interazioni, dell'orientamento marittimo di determinate attività e usi e il loro impatto sia sulla parte marina che su quella terrestre.

Gli obiettivi principali della gestione integrata delle zone costiere sono: (a) facilitare, attraverso la pianificazione razionale delle attività, lo sviluppo sostenibile delle zone costiere; (b) preservare le zone costiere a beneficio delle generazioni attuali e future; (c) garantire l'uso sostenibile delle risorse naturali, in particolare per quanto riguarda l'uso dell'acqua; d) garantire la conservazione

dell'integrità degli ecosistemi, dei paesaggi e della geomorfologia costieri; e) prevenire e/o ridurre gli effetti dei rischi naturali e in particolare dei cambiamenti climatici, che possono essere indotti da attività naturali o umane; (f) raggiungere la coerenza tra le iniziative pubbliche e private e tra tutte le decisioni delle autorità pubbliche, a livello nazionale, regionale e locale, che incidono sull'uso della zona costiera.

Pubblicazione del Libro Bianco (2009). “L’adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro d’azione europeo”, che fornisce una lista di azioni concrete di adattamento possibili nel contesto delle politiche fondamentali dell’UE. Con questo documento la Commissione pone le basi per costruire una Strategia di adattamento europea mirata a ridurre la vulnerabilità agli impatti presenti e futuri e rafforzare la resilienza dell’Europa. Il Libro Bianco espone il concetto chiave su cui si impernia una Strategia di adattamento europea: l’assegnazione di responsabilità per l’azione di adattamento ai governi nazionali, regionali e locali. Ciò è supportato dall’evidenza scientifica secondo cui le varie regioni d’Europa verranno interessate dagli impatti dei cambiamenti climatici in maniera grandemente differenziata, a fronte di una capacità adattiva delle popolazioni, dei settori socio-economici e dei sistemi naturali distribuita in maniera non uniforme all’interno dell’UE (EEA, 2012).

Uno dei traguardi più significativi raggiunti a seguito della pubblicazione del Libro Bianco è la realizzazione della piattaforma europea sull’adattamento Climate-ADAPT (<https://climate-adapt.eea.europa.eu/>) a cui segue la realizzazione dell’Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (<https://www.ipcc.ch/>)

Protocollo per la Gestione Integrata della Zona Costiera nella Decisione del Consiglio della Convenzione di Barcellona 2010/631/EU (ratificata il 13 settembre 2010) con la firma del Protocollo. Successivamente, a sostegno della ICZM e dell’attuazione del Protocollo, è stato realizzato il sito web del centro costiero della Convenzione di Barcellona/Piano d’azione per il Mediterraneo, il PAP/RAC, a Spalato, in Croazia. Il PAP/RAC (Programma di azioni prioritarie/Centro di attività regionale) è uno dei sei centri di attività regionali del Piano d’azione per il Mediterraneo (MAP) e la sua missione è sostenere i paesi mediterranei nel loro percorso verso lo sviluppo costiero sostenibile.

Principi generali del Protocollo ICZM:

- Considerare il patrimonio biologico e ambientale e tutti gli elementi connessi ai sistemi idrologici, geomorfologici, climatici, ecologici, socioeconomici e culturali.
- Applicare l’approccio ecosistemico alla pianificazione e alla gestione delle zone costiere, in modo da assicurarne lo sviluppo sostenibile.

Strategia Europea di Adattamento al Cambiamento Climatico (16 aprile 2013)

Nell'aprile del 2013 l'Unione Europea ha formalmente adottato la Strategia di Adattamento ai Cambiamenti Climatici, definendone i principi, le linee guida, e obiettivi con il fine di promuovere visioni nazionali coordinate e coerenti con i piani nazionali per la gestione dei rischi naturali e antropici. La strategia è mirata al rafforzamento del livello di preparazione e della capacità di reazione agli impatti del cambiamento climatico a livello locale, regionale, nazionale e dell'Unione. Uno degli obiettivi chiave della strategia consiste nell'aumentare la resilienza (capacità reattiva alle avversità) dei settori vulnerabili.

1.2 Normativa a livello nazionale e Gestione Integrata delle Zone Costiere (GIZC)

L'adozione della Strategia di adattamento europea del 16 aprile 2013, ha dato l'impulso ai Paesi europei, come l'Italia, ancora privi di una visione nazionale coordinata sull'adattamento, a dare inizio all'elaborazione di una Strategia nazionale. La Strategia europea di adattamento incoraggia tutti gli Stati Membri dell'UE ad elaborare strategie di adattamento nazionali, che siano coerenti con i piani nazionali per la gestione del rischio di disastri naturali e che includano le questioni transfrontaliere.

Strategia Nazionale per la Biodiversità (2010)

Prima della redazione della Strategia, il MATTM ha incluso la tematica dell'adattamento ai cambiamenti climatici in alcuni documenti strategici di carattere settoriale.

Pubblicazione del Libro Bianco (20 settembre 2011)

"Sfide ed opportunità dello sviluppo rurale per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici" promosso dal MIPAAF - Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali.

Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (2013)

Obiettivo principale dello SNACC è l'elaborazione di una strategia nazionale di adattamento con una visione nazionale su come affrontare gli impatti dei cambiamenti climatici.

Potenziali impatti derivanti dai cambiamenti climatici e le principali vulnerabilità per l'Italia:

- Alterazioni del regime idrogeologico.
- Maggiore pressione sulle risorse idriche.
- Degrado del suolo e rischio più elevato di erosione e desertificazione del terreno.
- Maggior rischio di incendi boschivi e siccità per le foreste italiane.
- Perdita di biodiversità e di ecosistemi naturali.
- Maggiore incidenza di eventi meteo-climatici estremi e dell'innalzamento del livello del mare.
- Riduzione della produttività agricola.
- Possibili ripercussioni sulla salute umana per via di un possibile aumento di malattie e mortalità legate al caldo, di malattie cardiorespiratorie da inquinamento atmosferico.

Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (2018)

Il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC) (in fase di approvazione) è finalizzato all'attuazione della Strategia Nazionale con l'obiettivo principale di aggiornare il quadro di riferimento conoscitivo nazionale sull'adattamento e renderlo funzionale ai fini della progettazione di azioni di adattamento a diverso livello di governo e nei diversi settori d'intervento.

In particolare il Piano individua:

1. scenari climatici di riferimento alla scala distrettuale/regionale;
2. propensione al rischio;
3. impatti e vulnerabilità settoriali;
4. azioni di adattamento settoriali;
5. ruoli per l'attuazione delle azioni e delle misure di adattamento nonché strumenti di coordinamento tra i diversi livelli di governo del territorio;
6. stima delle risorse umane e finanziarie necessarie;
7. indicatori di efficacia delle azioni di adattamento;
8. modalità di monitoraggio e valutazione degli effetti delle azioni di adattamento.

1.3 Normativa a livello regionale

Il ruolo delle regioni e delle città per l'attuazione delle politiche sul clima è ampiamente riconosciuto a livello internazionale ed europeo. L'accordo di Parigi (Accordo riguardante la riduzione di emissione di gas serra alla XXI Conferenza delle Parti della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici - UNFCCC - e sottoscritto il 12 dicembre 2015) ha riconosciuto l'importanza della governance multilivello nelle politiche climatiche. Il livello amministrativo locale viene riconosciuto come essenziale per la pianificazione e implementazione delle politiche di adattamento. Gli impatti del cambiamento climatico sono specifici per ogni territorio, a fronte degli impatti attesi e delle vulnerabilità locali. I livelli amministrativi regionali e municipali conoscono inoltre più approfonditamente le esigenze di sviluppo dei territori amministrati e pertanto possono integrare gli obiettivi e le misure di adattamento all'interno della pianificazione corrente.

Per questi motivi, è importante che le amministrazioni regionali si dotino di documenti strategici per l'adattamento, con l'obiettivo di indirizzare e incentivare l'azione di adattamento sui territori locali, all'interno del quale si struttura il presente documento.

In effetti il sistema climatico ha una estensione globale, ma le sue manifestazioni, attraverso i processi atmosferici, la circolazione oceanica, le differenti zone bioclimatiche, il tempo giornaliero e le tendenze climatiche a lungo termine sono regionali o locali per quanto riguarda le loro manifestazioni, caratteristiche e implicazioni.

Inoltre, le decisioni che sono o potrebbero essere prese sulla base delle evidenze scientifiche del cambiamento climatico si svolgono su una vasta gamma di scale e la rilevanza e i limiti delle

informazioni sugli impatti biofisici e sulla vulnerabilità sociale differiscono fortemente dalla scala globale a quella locale e da una regione all'altra.

Una buona comprensione dei contesti decisionali (decision-making context) è essenziale per definire il tipo, la risoluzione e le caratteristiche delle informazioni sui rischi legati al cambiamento climatico richieste dalla scienza del clima fisico e dalle valutazioni degli impatti, dell'adattamento e della vulnerabilità (IPCC, 2012) e l'immagine di seguito mostra i principali attori coinvolti a differenti scale, da quella più globale fino a raggiungere il livello locale (modificato da IPCC, 2014).

	Level	Coherent policies and decision making across domains					
		Economy	Energy	Food/fiber	Technology	Environment	...
Multi-level organization and governance	Global	<ul style="list-style-type: none"> International Monetary Fund World Bank World Trade Organization Millennium Development Goals NGOs 	<ul style="list-style-type: none"> International Energy Agency NGOs 	<ul style="list-style-type: none"> UN Food and Agriculture Organization World Trade Organization UN Convention on the Law of the Sea (fisheries) NGOs 	<ul style="list-style-type: none"> World Intellectual Property Organization NGOs 	<ul style="list-style-type: none"> UN Framework Convention on Climate Change Convention on Biological Diversity Montreal Protocol NGOs 	
	Transnational	<ul style="list-style-type: none"> Multilateral Financial Institutions/Multilateral Development Banks Bilateral Financial Institutions Organisation for Economic Cooperation and Development EU UN Convention on the Law of the Sea (transport) 	<ul style="list-style-type: none"> Organization of the Petroleum Exporting Countries Electric grid operators Oil/gas distributors 	<ul style="list-style-type: none"> Association of Southeast Asian Nations Free Trade Area Common Market for Eastern and Southern Africa Mercado Común del Sur (Southern Common Market) EU Common Agricultural/Fisheries Policies 	<ul style="list-style-type: none"> Multi-nationals' research and development EU Innovation Union 	<ul style="list-style-type: none"> Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Europe, North America, Central Asia) Mekong River Commission for Sustainable Development Lake Victoria Basin Commission EU Directives 	
	National	<ul style="list-style-type: none"> Ministries/governments Departments/agencies Banks Taxation 	<ul style="list-style-type: none"> Ministries/governments Departments/agencies Energy providers Energy regulators 	<ul style="list-style-type: none"> Ministries/governments Departments/agencies Tariffs, quotas, regulations 	<ul style="list-style-type: none"> Ministries/governments Departments/agencies Education Innovation Research and development 	<ul style="list-style-type: none"> Ministries/governments Departments/agencies Environmental law 	
	Subnational	<ul style="list-style-type: none"> States/provinces/counties/cities Taxation 	<ul style="list-style-type: none"> States/provinces/counties/cities Public/private energy providers 	<ul style="list-style-type: none"> States/provinces/counties/cities Extension services Land use planning 	<ul style="list-style-type: none"> States/provinces/counties/cities Incentives Science parks 	<ul style="list-style-type: none"> States/provinces/counties/cities Protected areas Regional offices 	
	Local	<ul style="list-style-type: none"> Microfinance Cooperatives Employers Voters Consumers 	<ul style="list-style-type: none"> Renewables Producers Voters Consumers 	<ul style="list-style-type: none"> Farmers Foresters Fishers Landowners Voters Consumers 	<ul style="list-style-type: none"> Entrepreneurs Investors Voters Consumers 	<ul style="list-style-type: none"> Environmentalists Landowners Voters Consumers 	

Notes: EU = European Union; NGO = Non-governmental Organization; UN = United Nations.

Come illustrato nella tabella, i livelli subnazionali e locali rappresentano il tessuto socio-economico del territorio regionale con tutti i portatori di interesse presenti, sia economici che sociali che devono prendere parte attiva alla pianificazione per l'adattamento ai cambiamenti climatici.

Tra i più significativi documenti/piani dove regione Molise ha messo in atto delle politiche di contrasto ai cambiamenti climatici (in maniera diretta o indiretta) si possono citare:

Programma di Sviluppo Rurale Molise 2014-2020 Molise dove si possono individuare misure e interventi volti alla mitigazione e/o adattamento al cambiamento climatico (Misura 10 - Pagamenti

agro-climatico-ambientali e Misura 16 - Cooperazione). Ratificato in via definitiva con Deliberazione n. 412 del 03.08.2015. <https://psr.regione.molise.it/psr>

Piano Forestale Regionale dove sono presenti sia azioni di mitigazione (Azione 2C Miglioramento della capacità di fissazione del carbonio atmosferico) che di adattamento (Azione 2B - Prevenzione e lotta agli incendi boschivi, Azione 5A - Gestione forestale e protezione del suolo, Azione 5C - Prevenzione e contenimento del rischio di desertificazione, Azione 6A - Gestione orientata dei boschi urbani, periurbani e di particolare interesse turistico-ricreativo). <https://www3.regione.molise.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/327>

P.E.A.R. MOLISE - Piano Energetico Ambientale dove si promuove l'efficienza energetica e l'uso di energie da fonti rinnovabili (azioni di mitigazione). Approvato con DCR n. 133 del 11.07.2017. <https://www3.regione.molise.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/12414>

Piano Tutela dell'acqua dove sono presenti misure specifiche per l'adattamento (MS.F18 - Favorire l'aumento delle superfici boscate in ambiti urbani, fluviali e costieri anche ai fini dell'adattamento climatico) e comunque le misure di generali di tutela delle risorse idriche possono essere viste come misure indirette di adattamento. approvato con DCR n. 902 del 06.02.2018. <https://www3.regione.molise.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/13780>

Strategia Regionale per lo Sviluppo Sostenibile dove l'adattamento al cambiamento climatico viene indicato come "priorità strategica trasversale". Documento approvato con DGR 2022/248 del 26.07.2022. <https://www.regione.molise.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/17452>

Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici la quale si propone di fornire un quadro d'insieme di riferimento per i settori regionali, le amministrazioni e le organizzazioni coinvolte, anche per valutare le implicazioni del cambiamento climatico nei diversi settori interessati, costituendo pertanto il riferimento delle politiche e strategie settoriali e territoriali finalizzate all'adattamento ai cambiamenti climatici. Approvata con DGR n. 444 del 29 novembre 2022.

https://cloud.urbi.it/urbi/progs/urp/fecore02.stoDOCORE_testata=39176460&DOCORE_versione=1&FNSTR=SFIUQLCUW_DCWLBCONE_UKCNGRVAJPT_TIPYYGLYXW_HDRETFDDY.KYI.X7M&DB_NAME=I1200158&ContestoChk=DE&P7M=S

Capitolo 2. Analisi territoriale della regione 'Europa' realizzata dal IPCC nel 5th Assessment Report

2.1 Descrizione generale delle variazioni

2.1.1 Trend indipendenti dal cambiamento climatico

I paesi europei sono diversi sia nelle tendenze demografiche che in quelle economiche. La salute della popolazione e il benessere sociale sono migliorati ovunque in Europa, con riduzioni dei tassi di

mortalità di adulti e bambini, ma persistono disuguaglianze sociali sia all'interno che tra i paesi (Marmot et al., 2012).

L'agricoltura rappresenta un importante uso del suolo in tutta la regione europea coprendo circa il 35% della superficie totale dell'Europa occidentale (Rounsevell et al., 2006). Dal dopoguerra in poi, si è verificato un aumento senza precedenti della produttività agricola correlato tuttavia ad un calo delle aree destinate all'uso agricolo. Questa intensificazione ha avuto diversi impatti negativi sulle proprietà ecologiche dei sistemi agricoli, come il sequestro del carbonio, il ciclo dei nutrienti, la struttura e il funzionamento del suolo, la purificazione dell'acqua e l'impollinazione. L'inquinamento causato dall'agricoltura ha portato all'eutrofizzazione e al declino della qualità dell'acqua in alcune zone (Langmead et al., 2007). Le foreste in Europa coprono circa il 34% delle aree (Eurostat, 2009). I progressi raggiunti nelle pratiche di gestione forestale hanno portato ad una crescita più rapida negli ultimi anni rispetto all'inizio del XX secolo delle aree a copertura forestale. Lo sviluppo urbano è tutt'oggi ancora in aumento in tutta Europa, soprattutto nell'Europa orientale, e l'entità dipende dalla crescita della popolazione, dalla crescita economica e dalla politica di pianificazione dell'uso del suolo (Reginster and Rounsevell, 2006). Sebbene i cambiamenti nell'uso del suolo urbano saranno relativamente piccoli in termini di area, lo sviluppo urbano ha un impatto importante a livello locale sulla qualità ambientale (Langmead et al., 2007).

2.2.2 Trend dipendenti dal cambiamento climatico

La temperatura media in Europa è in continuo aumento, con tassi regionali e stagionali differenti di riscaldamento che risulta essere maggiore alle alte latitudini del Nord Europa. Già dagli anni '50 del secolo scorso le alte temperature estreme (intese come giorni caldi, notti tropicali e ondate di calore) sono diventate progressivamente sempre più frequenti, mentre le basse temperature estreme (intese come ondate di freddo, giorni freddi), al contrario, sono diventati progressivamente sempre meno frequenti (EEA, 2012). Inoltre, le precipitazioni annuali sono aumentate in Nord Europa (fino a +70 mm per decennio) e, di riflesso, diminuite nel Sud Europa (EEA, 2012, based on Haylock et al., 2008). La copertura invernale nevosa presenta una alta variabilità interannuale con dei trend negativi (non significativi) nel periodo 1967–2007 (Henderson and Leathers, 2010).

2.2 Implicazioni dovute ai Cambiamenti Climatici

2.2.1 Agricoltura, allevamento, pesca e acquacoltura

Alcamo et al. (2007) fa notare che la disponibilità dei raccolti potrebbe cambiare in tutta l'Europa. Durante le ondate di calore estive del 2003 e del 2011 la diminuzione della disponibilità di grano ha raggiunto tra il 20 e il 25-30% rispettivamente in Europa e in Russia (Ciais et al., 2005; Barriopedro et al., 2011). La produzione di cereali è crollata di circa il 40% nella Penisola Iberica durante l'intensa siccità del 2004/2005 (EEA, 2010a).

È probabile che la distribuzione regionale degli impatti dei cambiamenti climatici sulla produzione agricola vari notevolmente (Donatelli et al., 2012; Iglesias et al., 2012). L'Europa meridionale

sperimenterebbe le maggiori perdite di resa (–25% entro il 2080 con un riscaldamento di 5,4°C; Ciscar et al., 2011), con maggiori rischi di fallimento dei raccolti estivi alimentati dalla pioggia. Condizioni più calde e più secche entro il 2050 (Trnka et al., 2011) causerebbero un moderato calo dei raccolti nelle regioni dell'Europa centrale (Ciscar et al., 2011).

Nell'Europa occidentale, un aumento dello stress termico durante la fioritura potrebbe causare notevoli perdite di resa nel grano (Semenov, 2009). Per l'Europa del Nord ci sono evidenze divergenti riguardo i futuri impatti. Un positivo cambio nella resa combinato con una espansione delle aree climaticamente adatte potrebbero portare ad aumento dei raccolti (con un riscaldamento regionale compreso tra i 2.5°C e i 5.4°C) (Bindi and Olesen, 2011). Tuttavia questo incremento delle temperature potrebbe limitare l'espansione dei raccolti invernali comportando un alto rischio di perdita di questi cereali (Peltonen-Sainio et al., 2010; Rötter et al., 2011). La ridotta idoneità alla produzione agricola alimentata dalla pioggia (Trnka et al., 2011; Daccache et al., 2012) aumenterà la domanda di acqua per l'irrigazione delle colture (Savé et al., 2012). Tuttavia, l'aumento dell'irrigazione non può essere un'opzione plausibile, soprattutto nella regione Mediterranea a causa del calo del deflusso totale e delle risorse idriche sotterranee (Olesen et al., 2011). Per soddisfare questa domanda, i costi del sistema di irrigazione potrebbero aumentare dal 20 al 27% nell'Italia meridionale (Daccache et al., 2012) e in alcune regioni sarebbero necessarie nuove infrastrutture di irrigazione (van der Velde et al., 2010).

La produzione zootecnica è influenzata negativamente dal caldo (Tubiello et al., 2007). Con i sistemi intensivi, lo stress da calore ha ridotto la produzione lattiero-casearia e le prestazioni di crescita dei grandi suini all'ingrasso a temperature medie giornaliere dell'aria superiori rispettivamente a 18°C e 21°C (André et al., 2011; Renaudeau et al., 2011). L'alta temperatura e l'umidità dell'aria hanno aumentato il rischio di mortalità del bestiame del 60% in Italia (Crescio et al., 2010). L'adattamento richiede cambiamenti nelle diete e nei fabbricati agricoli (Renaudeau et al., 2011) così come programmi mirati di miglioramento genetico (Hoffmann, 2010).

Se da una parte il reclutamento e la produzione della pesca marittima nell'Atlantico settentrionale è destinata ad aumentare (Easterling et al. 2007), nei mari europei, il riscaldamento provocherà uno spostamento verso nord e/o in profondità delle popolazioni ittiche (Daufresne et al., 2009), con un impatto diretto sulla pesca (Cheung et al., 2013).

In risposta ai cambiamenti climatici e alla pesca intensiva, è stata osservata una estesa riduzione nella taglia del pescato (Daufresne et al., 2009) e nella taglia media dello zooplankton (Beaugrand e Reid, 2012) e questo trend minaccerà la sostenibilità futura della pesca (Beaugrand e Kirby, 2010). L'acquacoltura può risentirne poiché l'estensione areale di alcuni habitat adatti all'acquacoltura può essere ridotta dall'innalzamento del livello del mare. Le temperature dell'acqua più elevate osservate hanno influenzato negativamente la produzione di salmone d'acqua dolce sia selvatico che d'allevamento nella parte meridionale delle aree di distribuzione (Jonsson e Jonsson, 2009).

Inoltre, l'acidificazione degli oceani può interrompere le prime fasi di sviluppo dei molluschi (Callaway et al., 2012). Infine, il cambiamento climatico può rafforzare le malattie parassitarie e imporre gravi rischi per la salute degli animali acquatici (Marcos-Lopez et al., 2010).

2.2.2 Boschi e foreste

Le risposte delle foreste osservate e previste per il futuro ai cambiamenti climatici includono cambiamenti nei tassi di crescita, nella fenologia, nella composizione delle comunità di piante ed animali, nell'aumento del danno da incendio e da tempesta e da insetti e patogeni vari. Infatti sono già stati osservati sia la mortalità delle piante che il declino delle foreste dovuto a severi eventi siccitosi nell'Europa meridionale (Affolter et al., 2010), tra cui anche in Italia (Giuggiola et al., 2010; Bertini et al., 2011). Le proiezioni future mostrano che, nell'Europa settentrionale e atlantica, l'aumento della CO₂ atmosferica e le temperature più elevate potrebbero portare ad un aumento nella crescita delle foreste e nella produzione di legno, almeno nel breve e medio termine (Lindner et al., 2010). D'altra parte, nell'Europa meridionale e orientale, i crescenti rischi di siccità e perturbazioni potrebbero portare effetti negativi con una diminuzione nella produttività dei boschi e delle foreste (Hlásny et al., 2011; Keenan et al., 2011; Silva et al., 2012).

Un possibile approccio in risposta agli impatti da cambiamenti climatici nel mantenimento delle aree boschive e forestali include delle strategie a breve e lungo termine di potenziamento della resistenza e resilienza degli ecosistemi e di risposta ad un potenziale limite di accumulo di carbonio (Millar et al., 2007; Nabuurs et al., 2013).

2.2.3 Insediamenti umani

Poiché il rischio di eventi estremi a livello del mare aumenta con il cambiamento climatico, il rischio di inondazioni costiere rimarrà una sfida chiave per diverse città, strutture portuali e altre infrastrutture europee (Hallegatte et al., 2008, 2011; Nicholls et al., 2008). Le regioni atlantiche, settentrionali e meridionali dell'Europa dovrebbero essere le più colpite e i costi diretti dell'innalzamento del livello del mare senza adattamento potrebbero raggiungere i 17 miliardi di euro all'anno entro il 2100 (Hinkel et al., 2010), con costi indiretti stimati anche per i paesi senza sbocco sul mare (Bosello et al., 2012). Tuttavia, la quantità di risorse e popolazioni che devono essere protette dalle difese costiere è in aumento; pertanto, anche l'entità delle perdite in caso di inondazioni aumenterà in futuro (Hallegatte et al., 2013). Inoltre, non è da sottovalutare il rischio di eventi alluvionali causati dai fiumi che tenderà ad aumentare in futuro a causa del cambiamento climatico e i cui danni in Europa sono stati già ben documentato.

2.2.4 Attività produttive

Considerando sia il riscaldamento globale che il raffreddamento localizzato in alcune parti del globo, in uno scenario di +3,7°C entro il 2100, è stata stimata una diminuzione della domanda totale annua di energia in tutta Europa nel periodo 2000-2100 (Isaac e van Vuuren, 2009). I cambiamenti stagionali saranno importanti, soprattutto per l'elettricità, con picchi estivi che si verificheranno

anche in paesi con temperature estive moderate (Hekkenberg et al., 2009). I futuri cambiamenti del patrimonio edilizio e i tassi di ristrutturazione sono fondamentali per la valutazione dell'impatto e dell'adattamento ai cambiamenti climatici; infatti, un miglioramento nella efficienza energetica degli edifici e dei sistemi di raffreddamento e nella gestione della domanda sono opzioni di adattamento efficaci che gli stati dovrebbero cominciare a programmare a breve e lungo termine (Breesch and Janssens, 2010; Chow and Levermore, 2010; Olonscheck et al., 2011).

La ricerca sui potenziali effetti del cambiamento climatico nell'industria è limitata. Le modifiche nei consumi futuri di alimenti e bevande sono state stimate sulla base dell'attuale sensibilità temperature (Mirasgedis et al., 2013): temperature più elevate possono favorire la crescita di agenti patogeni o contaminanti di origine alimentare modificando la qualità dei prodotti alimentari soprattutto nelle regioni dell'Europa meridionale dove si stima il raggiungimento di temperature medie annuali molto elevate, con conseguenti perdite economiche stimate notevoli (Jacxsens et al., 2010; Popov Janevska et al., 2010).

Anche le attività turistiche possono risentire in modo considerevole dei cambiamenti climatici. Nell'area mediterranea, si stima che le condizioni climatiche peggioreranno in estate soprattutto dopo il 2050, per poi migliorare durante la primavera e l'autunno (Amelung e Moreno, 2009; Perch-Nielsen et al., 2010; Giannakopoulos et al., 2011). Altri autori hanno concluso che prima del 2030 (o anche del 2060) l'aumento delle temperature estive in area mediterranea non comprometterà troppo il turismo balneare o urbano (Moreno e Amelung, 2009; Ruty e Scott, 2010), mentre i sondaggi hanno mostrato che i turisti sulla spiaggia sono scoraggiati principalmente dalla pioggia o da altri eventi estivi estremi che tendono ad aumentare proporzionalmente alle temperature medie estive e sperimenteranno anche le più alte esposizioni alle ondate di calore (De Freitas et al., 2008). Tuttavia, anche le popolazioni dell'Europa continentale (Hertel et al., 2009) e settentrionale (Armstrong et al., 2011; Varakina et al., 2011) sono vulnerabili alle ondate di calore.

2.2.5 Salute della popolazione umana

È probabile che il cambiamento climatico abbia una serie di effetti sulla salute delle popolazioni europee. Studi hanno confermato gli effetti del caldo sulla mortalità e sulla morbilità nelle popolazioni europee e in particolare nelle persone anziane e in quelle con malattie croniche (Åström et al., 2011; Corobov et al., 2013). Per quanto riguarda la vulnerabilità subregionale, le popolazioni dell'Europa meridionale sembrano essere le più sensibili al clima caldo (D'Ippoliti et al., 2010; Baccini et al., 2011). Le misure di adattamento per ridurre gli effetti del caldo sulla salute includono piani per le ondate di caldo che hanno dimostrato di ridurre la mortalità correlata al caldo in Italia, ma le prove di efficacia sono ancora molto limitate (Schifano et al., 2012). Prove sui rischi futuri derivanti dai cambiamenti climatici rispetto alle malattie infettive sono ancora limitate. Ci sono stati sviluppi nella mappatura della distribuzione attuale e potenziale futura di importanti specie di vettori di malattie in Europa ma i dati sono al momento ancora parziali e incompleti. (Semenza e Menne, 2009; Semenza et al., 2012). Altre potenziali conseguenze riguardano l'aumento di biotossine

marine nei frutti di mare a seguito della produzione di ficotossine da fioriture algali dannose e la presenza di batteri patogeni negli alimenti a seguito di condizioni meteorologiche estreme sempre più frequenti (Miraglia et al., 2009).

2.2.6 Impatti sociali e culturali

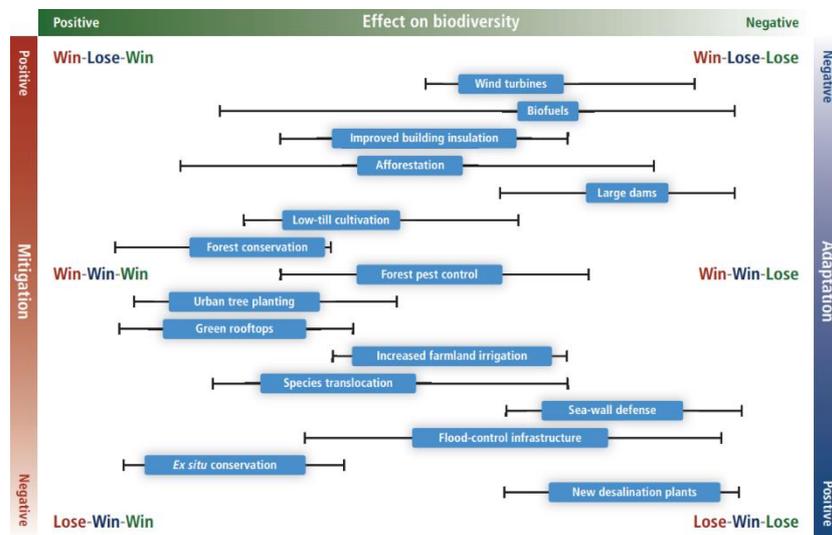
Un impatto molto importante del cambiamento climatico è quello sul patrimonio culturale e architettonico di valore culturale (Storm et al., 2008) che risentiranno degli eventi estremi con danni cronici ai materiali finora non considerati (Sabbioni et al., 2012). Il patrimonio culturale è una risorsa non rinnovabile e gli impatti dei cambiamenti ambientali sono valutati su scale temporali lunghe (Brimblecombe e Grossi, 2010). Esistono, inoltre, anche prove che suggeriscono che il cambiamento climatico e l'innalzamento del livello del mare potrebbero influenzare anche il patrimonio marittimo sotto forma di relitti di navi e altra archeologia sommersa (Björdal, 2012).

L'Europa ha molti paesaggi rurali unici, che riflettono la cultura patrimonio che si è evoluto da secoli di intervento umano, per esempio, il bosco da quercia da sughero in Portogallo, la gariga del sud della Francia, i prati alpini, le brughiere nel Regno Unito, il machair in Scozia, le torbiere in Irlanda, i polder del Belgio e dei Paesi Bassi e i vigneti. Molti, se non tutti, di questi paesaggi culturali sono sensibili ai cambiamenti climatici e anche piccoli cambiamenti climatici potrebbero avere impatti significativi con perdita anche culturale perché i paesaggi hanno una grande importanza nel mantenimento delle tradizioni delle popolazioni che ci vivono (Gifford et al., 2011).

2.3 Opzioni di mitigazione e adattamento ed effetti sulla biodiversità

Di seguito una figura che riassume le possibili opzioni di mitigazione e adattamento sulla biodiversità valutate dalla letteratura. La figura mostra che le opzioni che più si avvicinano all'essere vantaggiose per tutti e sono i tetti verdi, la piantumazione di alberi urbani, la conservazione delle foreste e la coltivazione a bassa lavorazione. Altre opzioni con evidenti vantaggi sono l'imboschimento, il controllo dei parassiti delle foreste, l'aumento dell'irrigazione dei terreni agricoli e la traslocazione delle specie.

Sull'asse orizzontale va dagli effetti positivi sulla biodiversità (lato sinistro) agli effetti negativi (lato destro). Ogni opzione di mitigazione/adattamento si trova sull'asse dell'effetto biodiversità (barre piene), inclusa una stima delle incertezze associate alla valutazione (barre di errore). Le varie opzioni sono fornite verticalmente con mitigazione in alto e adattamento in basso. Le opzioni situate verso il centro dell'asse verticale presentano vantaggi sia per la mitigazione che per l'adattamento. Pertanto, le opzioni situate al centro a sinistra della figura hanno vantaggi per la mitigazione, l'adattamento e la biodiversità e quindi sono etichettate come vantaggiose per tutti. Altre combinazioni di benefici e svantaggi sono etichettate di conseguenza, ad esempio, vinci-perdi-vinci, perdi-vinci-perdi, ecc. (modificato da Paterson et al., 2008).



Capitolo 3. Adattamento ai Cambiamenti Climatici per le aree costiere.

3.1 Principi di adattamento

La capacità di adattamento è la misura della capacità della società di adattarsi ai potenziali impatti del cambiamento climatico, talvolta caratterizzata in relazione alla vulnerabilità sociale e rappresentata nelle statistiche regionali attraverso l'uso di indicatori socio-economici (IPPC, 2014).

L'adattamento è un processo di "aggiustamento" di un sistema, ambientale o socio-economico, per minimizzare le conseguenze negative e sfruttare le opportunità positive di una perturbazione. Ferrara (2007) sottolinea che l'adattamento ai cambiamenti climatici comprende sia il processo di adeguamento del sistema ad una nuova situazione, sia le condizioni stesse che consentono al sistema di adattarsi.

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

Le strategie di adattamento ai cambiamenti climatici sono numerose e estremamente diversificate. Esse comprendono azioni puramente tecnologiche (es. difese rigide costiere), misure "comportamentali" (modificare alcune scelte, per esempio ricreative), interventi gestionali (es.

modificare le pratiche agricole in zone a rischio d'inondazione) e decisioni politiche (es. regolamentazione per la pianificazione).

Dal punto di vista dell'analisi economica, la scelta tra le possibili strategie di adattamento al Cambiamento Climatico deve essere effettuata previa una accurata analisi dei costi e benefici, diretti e indiretti, associabili a ciascuna opzione.

Naturalmente, l'efficienza economica rappresenta solo uno dei criteri di giudizio che normalmente vengono presi in considerazione nel processo decisionale. La valutazione economica delle politiche di adattamento per le aree costiere richiede una conoscenza approfondita degli impatti in termini fisici, da cui procedere per la loro quantificazione in termini economici.

Le strategie di adattamento hanno un ruolo fondamentale a livello locale, dove il variare delle condizioni territoriali al contorno (ambientali, sociali ed economiche) può comportare un diverso grado di impatto e di efficacia della strategia. Pertanto, la selezione della migliore strategia di adattamento presuppone uno studio accurato delle condizioni ambientali sociali ed economiche del sistema territoriale interessato, sia esistenti che future. In particolare, l'incertezza che caratterizza la variazione futura dei parametri climatici, ambientali e socio-economici deve essere internalizzata nell'analisi adottando un approccio di tipo multiscenario, che tenga conto di diverse ipotesi e assunzioni sulla futura evoluzione dell'area di studio. A livello locale sarà inoltre necessario l'avvio di processi decisionali concertati che includono studi di valutazione condivisi con tutti i stakeholders, onde poter individuare le migliori opzioni di adattamento compatibili con il sistema interessato, alla luce di una accurata analisi dei relativi costi e benefici.

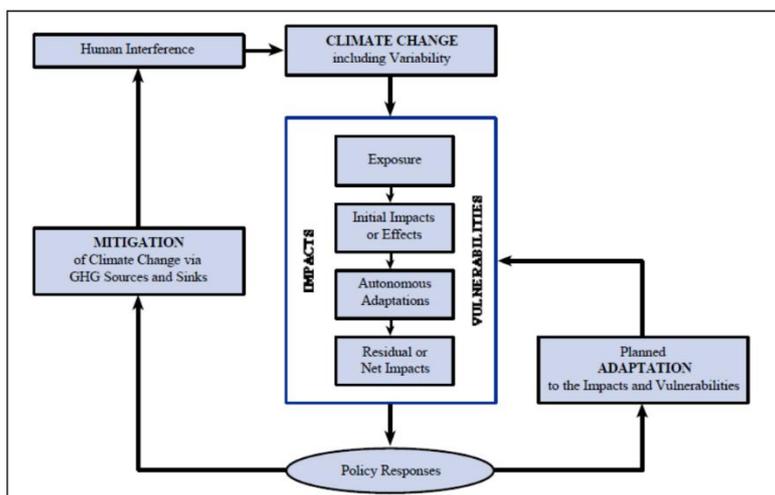
3.1.1 Capacità adattativa di un sistema naturale

La capacità di adattamento può riflettere le qualità intrinseche di un sistema che lo rendono più o meno capace di adattarsi, ma può anche riflettere le capacità di raccogliere e analizzare informazioni, comunicare, pianificare e attuare strategie di adattamento che alla fine riducono la vulnerabilità agli impatti dei cambiamenti climatici. (da Giordano et al., 2014).

L'adattamento rappresenta il processo di aggiustamento che i sistemi ecologici ed i sistemi umani e socio-economici effettuano o sono in grado di effettuare in relazione ad una perturbazione introdotta, al fine di raggiungere un differente punto di equilibrio, adeguato alle mutate condizioni.

Le capacità di adattamento nei sistemi umani variano considerevolmente tra i differenti paesi, regioni e gruppi socioeconomici. L'abilità di adattarsi e far fronte ai possibili impatti del cambiamento climatico è funzione di differenti fattori, come, ad esempio, il potere economico, la tecnologia, l'informazione, le istituzioni, e l'equità. Il rafforzamento delle capacità di adattamento, attraverso la pianificazione di strategie di adattamento, diventa un'azione necessaria per i paesi, le regioni ed i gruppi socioeconomici maggiormente vulnerabili. La pianificazione di strategie di adattamento preventive ha la potenzialità di ridurre la vulnerabilità e fornire opportunità associate al cambiamento climatico, indipendentemente dalle azioni di adattamento autonomo.

Di seguito viene mostrato il framework elaborato dall'IPCC per la valutazione degli effetti del cambiamento climatico e delle possibili tipologie di risposte (mitigazione ed adattamento).



I fattori che influenzano la capacità di adattamento sono vari e differenti, come l'accesso e la capacità di elaborare informazioni sui cambiamenti climatici, la capacità di reperire risorse da investire nell'adattamento, la flessibilità del sistema di cambiare in risposta agli stimoli climatici, la volontà di cambiare e adattarsi, la capacità delle specie di migrare o la possibilità di espansione degli ecosistemi in nuove zone (Ribeiro et al, 2009) e, come definito da IPCC (2007) la capacità di adattamento rappresenta l'abilità di un sistema di adeguarsi ai cambiamenti climatici (incluso la variabilità climatica e gli eventi estremi) per ridurre i potenziali danni, sfruttare le opportunità, e per far fronte alle conseguenze dannose.

Di seguito un esempio di indicatori per l'analisi della capacità adattativa ai cambiamenti climatici (da ISPRA, Life ACT Project-2011).

Examples of indicators for adaptive capacity to climate change	
Health	<ul style="list-style-type: none"> • Early warning system • Green spaces for reducing the Urban Heat Island
Agriculture	<ul style="list-style-type: none"> • Crop insurance • Change in agronomic practices
Desertification/Land degradation	<ul style="list-style-type: none"> • Soil erosion control measures • Reforestation/afforestation measures
Natural risk	<ul style="list-style-type: none"> • Funds allocation in order to improve dissemination and knowledge sharing • Programs and sector plan for the hydrological and geological risk reduction

Tuttavia, a causa di una generale scarsità di dati e di informazioni, di risorse tecniche, di professionalità e di competenze, in particolare a livello locale, può esserci un discreto grado di soggettività nella valutazione di tali componenti e dell'intera vulnerabilità.

3.2 Definizione delle componenti del rischio in ambiente costiero

Negli ultimi anni la valutazione del rischio sta assumendo un ruolo sempre più rilevante nelle attività di pianificazione e gestione del territorio costiero. I processi fisici ai quali i litorali sono soggetti, oltre a causare nel lungo periodo un notevole depauperamento della loro qualità e sostenibilità ambientale, possono determinare importanti mutazioni sociali nello sviluppo delle attività economiche e nello stile di vita delle popolazioni che vivono a ridosso delle coste. (Bruno et al., 2016). Le osservazioni e le previsioni dei cambiamenti climatici in atto (p.es. innalzamento del livello marino, frequenza di mareggiate intense, etc.), inoltre, mostrano una maggiore esposizione delle zone costiere alle determinanti di rischio e, in particolare, ai fenomeni di erosione e inondazione (Nicholls et al., 2007; IPCC, 2014). L'analisi delle criticità riguarda non solo i processi fisici responsabili dei fenomeni di erosione e inondazione, ma anche le caratteristiche dell'ambiente naturale, di quello antropico e delle interazioni tra i due (Benassai et al., 2009).

Tuttavia c'è ancora un po' di confusione sulla definizione dei termini chiave (Janssen e Ostrom, 2006), quali la vulnerabilità (Adger, 2006), l'adattamento (Stafford Smith et al., 2011), la capacità di adattamento (Smit e Wandel, 2006) e la resilienza (Klein et al., 2003). Un motivo è che tutti questi concetti non sono indipendenti tra di loro, ma si definiscono l'uno con l'altro (Hinkel, 2011). Le differenze nelle definizioni si riferiscono ai diversi punti di ingresso per esaminare il rischio di cambiamento climatico (IPCC, 2012).

La **vulnerabilità** (V) è una funzione del carattere, dell'entità e della velocità del cambiamento climatico e della variazione a cui è esposto un sistema, della sua sensibilità e della sua capacità di adattamento (IPCC, 2007). La vulnerabilità dei sistemi costieri all'aumento del livello del mare e ad altri cambiamenti è determinata dalla sensibilità, dall'esposizione e dalla capacità adattiva di questi stessi sistemi (Nicholls e Klein, 2005). Il Coastal Vulnerability Indexes (CVI) rappresenta uno dei principali strumenti utilizzati per la valutazione della vulnerabilità costiera sebbene la maggior parte degli studi realizzati fino ad ora includano solo la dimensione fisico-ambientale del sistema costiero analizzato.

L'**esposizione** (E) rappresenta la quantità e la qualità dei diversi elementi antropici che compongono una realtà territoriale le cui condizioni e il cui funzionamento possono essere danneggiati, alterati e/o distrutti da un fattore di pericolosità.

Il **rischio** si definisce attraverso il prodotto della pericolosità (P), della vulnerabilità (V) e dell'esposizione (E) associato all'attività antropica.

La **pericolosità** (P) rappresenta la probabilità che in una zona si verifichi un potenziale evento dannoso con una certa intensità entro un dato periodo di tempo (tempo di ritorno). Pertanto la pericolosità è anche funzione del tempo di ritorno dell'evento.

3.2.1 La vulnerabilità

La vulnerabilità non ha una definizione universalmente accettata e non esiste un'unica concettualizzazione "corretta" o "migliore" della vulnerabilità che si adatti a tutti i contesti di valutazione.

La vulnerabilità è soprattutto un concetto locale e può essere descritta attraverso la seguente espressione:

$$VULNERABILITA' = \text{funzione [esposizione (+); sensibilità (+); capacità di adattamento (-)]}$$

ed in particolare:

$$VULNERABILITÀ = \text{impatto potenziale (sensibilità} \times \text{esposizione)} - \text{capacità di adattamento}$$

Le tre componenti della vulnerabilità sono definite dall'IPCC come segue:

1. esposizione: misura in cui un sistema entra in contatto con condizioni climatiche o specifici impatti climatici.
2. sensibilità: il grado in cui un sistema è influenzato, negativamente o positivamente, dalla variabilità o dal cambiamento climatico.
3. impatti potenziali: gli impatti del cambiamento climatico sono gli effetti del cambiamento climatico sui sistemi naturali e umani. Gli impatti potenziali sono tutti gli impatti che possono verificarsi dato un cambiamento climatico previsto, senza considerare l'adattamento.

La stima della capacità di adattamento rappresenta la chiave per la valutazione della vulnerabilità. Inoltre, un concetto molto comune quando si affronta l'adattamento urbano è la "resilienza". La resilienza può essere considerata l'antitesi della vulnerabilità, in quanto descrive la quantità di disturbo che un sistema può assorbire pur rimanendo nello stesso stato o mantenendo la funzione: il grado in cui un sistema è capace di riorganizzarsi e rinnovarsi, il grado a cui un sistema può costruire e aumentare la sua capacità di adattamento.

3.2.2 L'esposizione

Valutare come i sistemi sono esposti agli impatti del clima il cambiamento rappresenta il primo passo nel processo di valutazione della vulnerabilità. Le stime sull'esposizione possono quindi essere utilizzate in modelli idrologici, ecologici e di altro tipo su scala regionale e persino locale per produrre stime a risoluzione più elevata degli impatti previsti. In generale, è probabile che informazioni più specifiche sull'esposizione contribuiscano a ridurre l'incertezza e si traducano in una serie di strategie di adattamento più informate e mirate.

3.2.3 Il rischio

Il rischio associato al cambiamento climatico è il prodotto della conseguenza di un impatto e la probabilità che si verifichi.

Nel quadro del cambiamento climatico il rischio è generalmente definito come il prodotto della conseguenza di un impatto e la probabilità del suo verificarsi o più semplicemente:

$$RISCHIO = conseguenza \times probabilità \text{ di accadimento}$$

La conseguenza di un impatto si riferisce alle conseguenze note o stimate (economiche, ambientali, sociali, culturali, legali) di un particolare impatto.

La probabilità di un impatto mira a valutare la probabilità che si verifichi un impatto previsto. Infatti, la probabilità di accadimento degli impatti del cambiamento climatico non è la stessa per tutti gli impatti.

Per la valutazione del rischio in ambito costiero si riporta il caso studio del litorale di Ancona (S. Mandrone, C. Vicini - ISPRA) dove è stato usato un approccio basato su indicatori per valutare la vulnerabilità della costa all'innalzamento del livello del mare, riferita agli effetti del cambiamento climatico e alle pressioni antropiche. Le analisi fanno riferimento ad un'applicazione dell'analisi del Rischio Costiero, basata su indici numerici proposti dal progetto EUROSION (2002-2004), dove il Rischio Costiero (CR) è il prodotto di due parametri: l'Indice di Sensibilità Costiera (CSI) e l'Indice di vulnerabilità (CVI).

$$CR = CSI * CVI$$

Il risultato dell'equazione non esprime numericamente il danno atteso, ma è una valutazione quantitativa della presenza di fattori causali di eventi a potenziale rischio per la costa a livello locale.

3.2.4 Analisi delle componenti a rischio

Le aree costiere rappresentano dei casi molto particolari in quanto rappresentano il passaggio dall'ambiente terrestre a quello marino. In aggiunta si tratta di una delle zone con maggior densità di popolazione e che hanno visto uno sviluppo urbano molto rapido e disordinato, spesso in combinazione con industrie, strutture turistiche, attività di pesca e agricole che nell'insieme hanno reso tali territori molto fragili e depauperato le loro risorse. Per quanto riguarda i maggiori driver di cambiamento climatico delle zone costiere, l'IPCC ne ha individuato i seguenti principali (Wong et al. 2014).

Driver legato al CC	Effetto chimico/fisico	Proiezione
Livello del mare	Sommersione, inondazioni, erosione costiera, intrusione di acqua salata, modificazione delle falde acquifere, perdita di aree umide	Aumento del livello medio del mare con differenze tra regioni

Tempeste (cicloni tropicali ed extratropicali)	Onde di tempesta, inondazioni, erosione costiera, intrusione di acqua salata, modificazione delle falde acquifere, perdita di aree umide. Danneggiamento delle infrastrutture e delle opere di difesa	Incertezza dei trend. Probabile aumento dei fenomeni tropicali
Venti	Onde da vento, onde di tempesta, correnti costiere. Danneggiamento delle infrastrutture costiere.	Incertezza nelle proiezioni. Probabile aumento della velocità dei venti nelle tempeste
Onde	Erosione costiera, superamento delle barriere, inondazioni	Incertezza nelle proiezioni. Probabile aumento negli oceani dell'emisfero sud
Livello del mare (estremi)	Erosione costiera, intrusione di acqua salata	Aumento del livello medio del mare
Temperature della superficie del mare	Cambiamenti nella stratificazione e circolazione delle acque; ridotta incidenza del ghiaccio marino alle maggiori latitudini; sbiancamento dei coralli e aumento della mortalità; migrazione delle specie; alterazione delle circolazioni e dei nutrienti	Aumento della temperatura superficiale dei mari
Input di acqua dolce	Alterazione del rischio di alluvione; alterazione della qualità delle acque e della salinità; alterazione della quantità dei sedimenti; alterazione della circolazione e dei nutrienti	Aumento alle latitudini maggiori e decremento nelle regioni tropicali
Acidità degli oceani	Acidificazione degli oceani	Aumento generale ma con differenze regionali e locali

Tabella 1. Maggiore driver di cambiamento climatico associati alle zone costiere. Da Wong et al. 2014.

Oltre ai driver di cambiamento climatico, le aree costiere sono influenzate da una serie di driver di origine antropica che interagiscono con il cambiamento climatico e ne mascherano gli effetti potenziali. Per quanto riguarda gli impatti potenziali, l'IPCC individua due categorie principali a loro volta suddivisi in diverse componenti: i sistemi naturali e i sistemi antropici.

Impatti osservati		Impatti futuri attesi
Sistemi naturali		
Spagge, dune e barre sabbiose	Erosione costiera. Il contributo del cambiamento climatico all'erosione costiera è spesso mascherato da altri tipi di trasformazioni di origine antropica (attività estrattive, creazione di barriere, ecc.)	Aumento dei processi di erosione costiera a causa dell'innalzamento del livello del mare e all'aumento della frequenza e intensità dei fenomeni meteo-marini. In assenza di misure di adattamento l'erosione progredirà.

Coste rocciose	Le falesie e le scogliere sono forme di erosione e ogni cambiamento si ripercuote sull'efficienza del processo erosivo. L'intensità degli impatti è funzione della litologia e della morfologia di queste strutture. Cambiamento nella distribuzione e abbondanza delle specie animali e alghe che colonizzano questi ambienti.	Arretramento della costa in seguito all'aumento del livello del mare. Cambiamento nella biodiversità, biomassa e complessità delle catene trofiche delle comunità biotiche all'aumentare dei fenomeni di acidificazione.
Zone umide e praterie di erbe marine	Le aree costiere vegetate sono in declino a livello globale, aumentando il rischio di erosione costiera dovuto all'innalzamento del livello del mare e all'aumento dell'azione delle onde, e riducendo il quantitativo di carbonio organico stoccato. L'aumento della temperatura determina il cambiamento e lo spostamento delle comunità vegetali. Ondate di calore portano alla mortalità di alcune specie (es. <i>Zostera sp. pl.</i> , <i>Posidonia sp. pl.</i>).	Declino delle praterie nella zona temperata e migrazione verso maggiori latitudini; L'aumento di CO ₂ e l'acidificazione potrebbero provocare un effetto positivo sulla produttività delle praterie.
Barriere coralline	Sbiancamento della barriera corallina, seguita da mortalità della stessa.	Gli effetti negativi (sbiancamento, mortalità) incrementarono sia in intensità che in frequenza
Acquiferi costieri	L'aumento della temperatura e dell'evapotraspirazione, il cambiamento delle precipitazioni e periodi di siccità più lunghi influiscono sulla ricarica degli acquiferi contribuendo all'intrusione di acqua salata.	La pressione antropica resta la maggior causa di salinizzazione degli acquiferi. Il cambiamento delle precipitazioni, inclusi gli eventi tempestosi e l'aumento del livello del mare, aggraveranno il fenomeno.
Estuari e lagune	L'apporto di sedimenti è influenzato dalle attività umane. Le lagune costiere sono anche sensibili ai processi erosivi causate dalle tempeste, precipitazioni e dal livello del mare.	Cambiamenti nel livello del mare e nel sistema idrologico potrebbero impattare le lagune e gli estuari in modi differenti (distribuzione dei sedimenti, salinità, sommersione)
Delta fluviali	La riduzione dei sedimenti, il cambiamento dell'uso del suolo hanno comportato la degradazione dei delta fluviali. Questi sistemi sono impattati negativamente dall'aumento del livello del mare, dalle onde di tempesta e dai cicloni tropicali.	Fenomeni estremi che causeranno aumento dell'erosione costiera, decremento delle aree umide, aumento della salinizzazione delle aree coltivate e delle falde acquifere.
Spiagge, dune e barre sabbiose	Erosione costiera. Il contributo del cambiamento climatico all'erosione costiera è spesso mascherato da altri tipi di trasformazioni di origine antropica (attività estrattive, creazione di barriere, ecc.)	Aumento dei processi di erosione costiera a causa dell'innalzamento del livello del mare e all'aumento della frequenza e intensità dei fenomeni meteo-marini. In assenza di misure di adattamento l'erosione progredirà.
Sistemi antropici		
Insedimenti urbani	Perdita di territorio a causa dell'erosione e sommersione, danni da eventi estremi, effetti sulla salute, energia e disponibilità di acqua, perdita del patrimonio culturale.	Il rischio legato alle inondazioni crescerà esponenzialmente a causa dell'aumento della popolazione nelle aree costiere (aumento dell'esposizione).

Industrie, infrastrutture, trasporti	L'impatto del clima dipende dalla localizzazione geografica e dalla tipologia di industria/infrastruttura. Tempeste molto intense sono risultate particolarmente distruttive alle linee di trasporto e alle reti di fornitura di acqua ed elettricità.	La vulnerabilità delle infrastrutture aumenterà a causa dell'innalzamento del livello del mare e a tempeste più frequenti e più intense.
Pesca, acquacoltura e agricoltura	La variabilità del clima e i cambiamenti impattano negativamente sulla pesca (migrazione di specie, cambiamento delle comunità, ecc.). Le inondazioni marine impattano alcune produzioni tipiche.	La pesca potrebbe essere impattata sia positivamente che negativamente a seconda della latitudine, posizione e fattori climatici. L'agricoltura in aree costiere potrebbe subire impatti negativi a causa dell'aumento della frequenza dei fenomeni di sommersione e inondazioni marine.
Turismo balneare e servizi ricreativi	Impatti diretti (danneggiamento alle infrastrutture) e indiretti (erosione costiera) da eventi estremi; Perdita di attrattività turistica a breve termine dopo eventi estremi	L'aumento del livello del mare e della frequenza di eventi estremi avrà ricadute negative sul comparto turistico.

Tabella 2. Impatti osservati e attesi nelle zone costiere.

3.2.5 Le azioni di adattamento in ambito costiero

L'ambito costiero rappresenta un caso molto particolare poiché gli impatti dovuti al cambiamento climatico sono sia specifici dell'ambiente costiero (ad esempio innalzamento del livello del mare) che trasversali ad altri ambiti (impatti sull'ambiente urbano, infrastrutturale, forestale, agricolo, ecc.).

L'IPCC nell'ambito del report *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability* (IPCC 2022), individua una serie di misure di adattamento suddivise per settore o per regione geografica. Nel paragrafo che segue verranno presentate alcune azioni ritenute più significative per l'ambito geografico che riguarda le presenti linee guida.

Azioni di adattamento per le città e gli insediamenti urbani in ambito costiero

Negli anni scorsi ci sono state numerose esperienze di adattamento all'innalzamento del livello del mare ma tali interventi sono stati principalmente implementati in risposta ad eventi estremi. L'efficacia delle misure di adattamento dipende dalle caratteristiche fisiche dei sistemi costieri, dalle condizioni socio-economiche e da fattori culturali e politici che possono influenzare, ad esempio, l'accettazione della società per tali misure.

Le misure riportate in bibliografia per l'adattamento delle zone urbane ai rischi derivanti dall'aumento del livello del mare, inondazioni e erosione costiera, sono di solito suddivise in 3 gruppi principali: protezione (che include l'avanzamento), l'accomodamento e la "gestione del ritiro" (Bongarts Lebbe et al., 2021).

Le misure di protezione includono misure ingegneristiche definite di tipo "hard" (conosciute anche come "gray infrastructures") come ad esempio scogliere frangiflutti, barriere, pennelli, ecc.

L'efficacia di tali misure è maggiore a breve e medio periodo ma nel lungo periodo potrebbero risultare completamente inefficaci. Ad esempio tali sistemi non prevengono l'intrusione di acqua salata e l'aumento di livello delle falde acquifere e possono instaurare significativi processi di erosione costiera. Altre misure definite di tipo "soft" e "sediment-based" come ad esempio i ripascimenti, hanno l'obiettivo di limitare l'erosione costiera e di ridurre le inondazioni. Tuttavia esistono limiti a causa degli impatti ambientali (comunque inferiori a quelli delle misure hard) e dell'approvvigionamento del materiale sabbioso. Le misure "nature-based" come la conservazione e il ripristino degli habitat naturali forniscono benefici addizionali attraverso la fornitura dei servizi ecosistemici.

Le soluzioni nature based riducono gli effetti degli eventi estremi attenuando ad esempio l'energia delle onde e del vento. I limiti consistono nelle caratteristiche fisiche dei territori e nei conflitti con l'uomo per la domanda di suolo da destinare ad attività antropiche. Una strategia di tipo ibrida che veda l'implementazione di misure hard, soft e nature based potrebbe essere la più efficace nel medio e lungo periodo.

L'avanzamento è una strategia che crea "nuovo terreno" verso il mare attraverso opere di bonifica o polderizzazione al fine di favorire l'accrescimento naturale di terraferma. L'avanzamento potrebbe avere, tuttavia, impatti negativi sull'ecosistema naturale e richiede enormi sforzi finanziari e di materiali.

Le misure di accomodamento consistono nel limitare l'esposizione delle aree urbane ai rischi legati al cambiamento climatico vietando lo sviluppo di nuove aree nelle aree a rischio. Per le città e le abitazioni esistenti esposte al rischio, le misure possono includere il sollevamento delle abitazioni, la pianificazione, l'aumento delle capacità di drenaggio dei suoli, ecc. Tuttavia tali strategie possono essere non sufficienti nel medio termine richiedendo azioni di protezione.

Le misure di ritiro consistono nel ridurre l'esposizione al rischio spostando la popolazione dalle aree soggette a maggior rischio e riallocandola in aree sicure.

Azioni di adattamento nella regione geografica del Bacino del Mediterraneo

Oceani e sistemi costieri. Le azioni di adattamento per la protezione dell'ecosistema marino e della pesca includono il miglioramento e l'allargamento del network regionale di aree marine protette, la gestione transnazionale delle risorse alimentari ittiche, attività collaborative di monitoraggio e ricerca per la pesca e acquacoltura sostenibile.

Per quanto riguarda il rischio dell'innalzamento del livello del mare le opzioni di adattamento contemplano soluzioni soft e nature-based quali ripascimenti, ripristino dei sistemi dunali e delle lagune, estuari e delta e soluzioni hard quali barriere, frangiflutti, pennelli.

Ecosistemi interni. Nelle foreste mediterranee le azioni di adattamento coinvolgono diverse strategie/scelte gestionali quali diradamenti, aumento della proporzione di specie che tollerano la

siccità, promuovere la diversità specifica. Altre azioni riguardano la riduzione del rischio di incendi come il miglioramento delle capacità di soppressione del fuoco, la gestione del paesaggio per ridurre il rischio di incendio, gestione forestale volta a ridurre il rischio (diradamenti, fuoco prescritto, ecc.).

Per gli habitat d'acqua dolce le opzioni di adattamento includono la pianificazione delle risorse idriche e del territorio, ripristino e conservazione degli habitat, conservazione del flusso naturale di fiumi e torrenti.

Gestione delle acque, agricoltura e sicurezza alimentare. Le strategie includono la promozione dell'uso sostenibile delle risorse idriche, implementazione di piani di gestione delle risorse idriche, il miglioramento della gestione e del monitoraggio delle acque sotterranee e strumenti economici per la gestione della richiesta d'acqua. Le azioni tecniche possono includere la riduzione delle perdite lungo le linee idriche e di irrigazione, desalinizzazione delle acque marine e produzione di energia, riutilizzo delle acque di scarico, miglioramento dell'efficienza dell'utilizzo dell'acqua nei settori turistici e nell'alimentare.

Per il comparto agricolo le azioni di adattamento includono il miglioramento dell'efficienza delle pratiche di irrigazione e in generale l'adozione di pratiche agricole sostenibili (es. agricoltura biologica) compresa la diversificazione delle produzioni.

Salute umana. L'adattamento nei contesti mediterranei, dove sono attesi aumenti delle ondate di calore, comprende l'adozione di piani di adattamento locali per la salute umana così come l'aumento della capacità del sistema sanitario. Le azioni locali in ambiente urbano possono comprendere l'aumento delle aree verdi, l'aumento della consapevolezza delle comunità più deboli, l'implementazione di sistemi di allerta per gli eventi estremi, il rafforzamento delle unità sanitarie locali e più in generale il rafforzamento della capacità di adattamento della comunità e delle istituzioni locali.

Azioni di adattamento per la conservazione degli hotspot di biodiversità

Il bacino del mediterraneo è considerato un hotspot di biodiversità a livello mondiale ed in particolare le sue foreste montane, le foreste e brughiere mediterranee e l'ambiente marino.

Al fine di aumentare la resilienza degli hotspot di biodiversità si dovrebbero ridurre dapprima le pressioni e minacce non direttamente connesse con il clima quali la conversione degli habitat, il sovrasfruttamento, la caccia, la pesca, gli incendi, la diffusione di specie invasive. La strategia principale include la combinazione di aree protette, ripristino degli habitat nelle aree degradate e uso sostenibile delle risorse. Aumentare la biodiversità dei siti sia terrestri che marini, porta in genere all'aumento della resilienza degli ecosistemi che sono in grado di rispondere meglio all'aumento delle pressioni dovute al cambiamento climatico. Sulle terre emerse la frammentazione e la degradazione degli habitat costituisce un grande limite all'adattamento. Sarebbe quindi auspicabile aumentare la protezione delle aree protette e estendere tali misure di salvaguardia anche al di fuori delle stesse.

Capitolo 4. Descrizione del Sito Pilota “La costa della Regione Molise”.

4.1 Il sito pilota del progetto AdriaClim

4.1.1 Inquadramento geografico

Il sito pilota “Costa Adriatica della Regione Molise” comprende i 36 chilometri della fascia costiera della Regione Molise, delimitata a nord dal corso d’acqua “Formale del Mulino” e a sud dal Torrente Saccione. Il sito pilota ricade nell’ambito amministrativo di quattro comuni: Montenero di Bisaccia, Petacciato, Termoli e Campomarino. Geograficamente l’area si trova a cavallo tra le Regioni Marine dell’Adriatico Centrale e dell’Adriatico Meridionale. I 4 comuni hanno una popolazione totale di circa 50.000 unità che rappresentano il 17% della popolazione totale regionale. La densità di popolazione è pari a 192 abitanti per km² con un range di valori che vanno dai 66 abitanti per km² di Campomarino ai 583 abitanti per km² di Termoli.

La costa è perlopiù di tipo bassa con spiagge sabbiose abbastanza continue ad eccezione del breve tratto di falesia che borda il versante occidentale del promontorio di Termoli, che suddivide la costa molisana in due subunità distinte. Questi due settori possiedono un’elevata indipendenza per quanto riguarda il bilancio sedimentario e sono caratterizzati da una linea di costa orientata in direzione WNW-ESE e NW-SE (Aucelli et al., 2007; Aucelli et al., 2009).

Procedendo da nord verso sud lungo il litorale, si distinguono le spiagge di Costa Verde, Marinelle, Marina di Petacciato, Foce dell’Angelo, Sant’Antonio, Rio Vivo, Marinelle, Campomarino, Nuova Cliternia e Ramitelli, come mostrato nella figura di seguito.

Le spiagge hanno generalmente larghezza variabile da alcune decine di metri sino ad un massimo di 200 metri circa e sono delimitate verso l’interno dal sistema dunale, oppure a contatto diretto con i rilievi terrazzati, con le pianure alluvionali costiere, oppure con strutture ed attività antropiche. La costa molisana risulta essere fortemente esposta ai venti provenienti dai quadranti settentrionali (Maestrale, Tramontana e Grecale) con valori di intensità anche molto elevati che possono superare i 30 nodi a cui corrispondono inondazioni che superano i 5 metri di altezza (Aucelli et al., 2007).

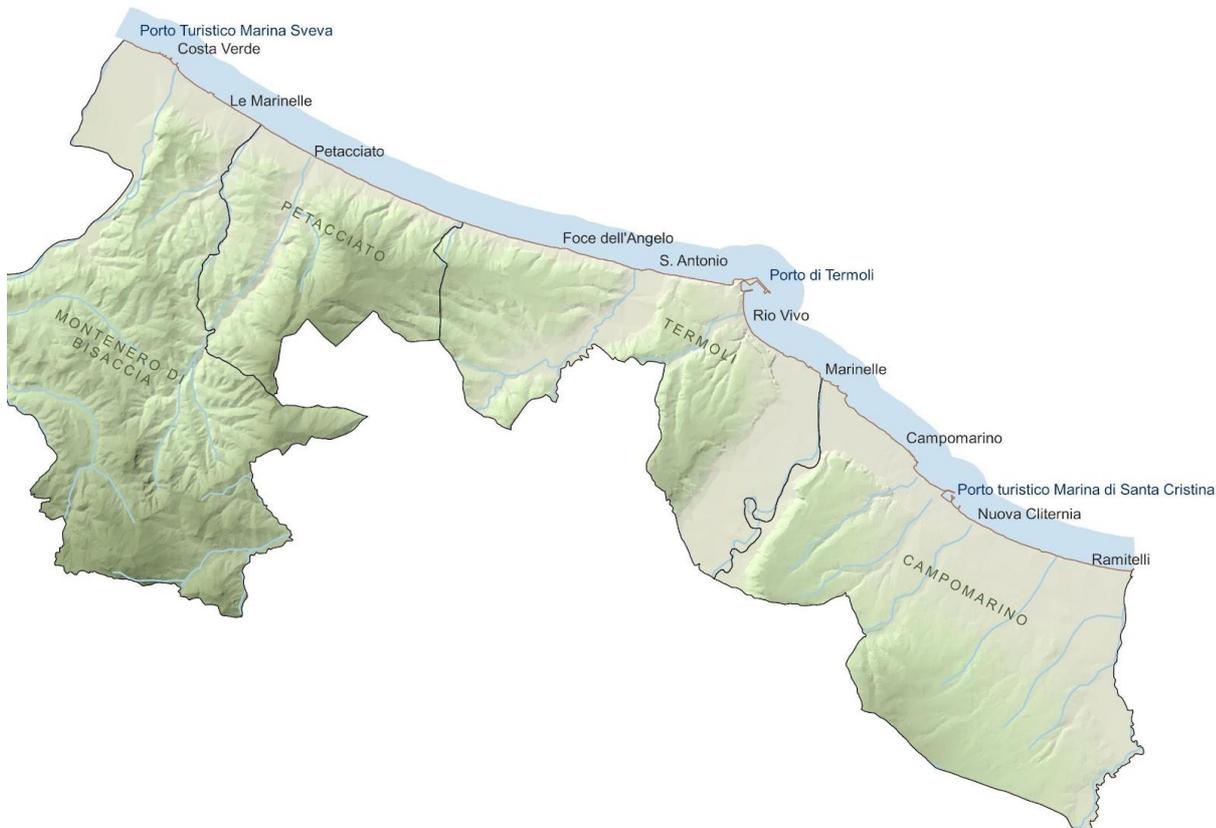


Figura 1. Costa della Regione Molise.

4.1.2 Inquadramento geomorfologico

La costa molisana risulta essere costituita per circa un terzo da costa alta a terrazzo e per due terzi da costa bassa che può essere suddivisa in costa di litorale dritto e da costa di pianura alluvionale (Aucelli et al., 2007). La costa alta si estende per poco più di 13 km tra la foce del Torrente Sinarca e Punta Pizzo: essa si caratterizza per la presenza di superfici terrazzate, impostate su terreni argilloso-sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi di di avanfossa plio-pleistocenica, dislocate a differente altezza, delimitate verso il mare da falesie attive o inattive, alte fino ad una cinquantina di metri (Aucelli et al. 2007). La costa di litorale dritto si caratterizza dal fatto che il contatto terra-mare avviene su una spiaggia sabbiosa dritta, con ampiezza variabile e poco elevata sul livello del mare: il profilo sottomarino è a bassissima pendenza e spesso caratterizzato dalla presenza di barre. Il retrospiaggia si presenta con cordoni dunali e relative depressioni intra- e retrodunali. La zona retrolitorale è costituita da terrazzi fluviali o costieri, oppure da rilievi collinari digradanti. La costa di pianura alluvionale è presente in corrispondenza delle aree di foce dei fiumi Trigno e Biferno e dei torrenti Sinarca e Saccione ed è poco rilevata sul livello del mare (Aucelli et al. 2007).

4.1.3 Paesaggio e copertura del suolo

L'assetto attuale del litorale molisano deriva da decenni di intensa trasformazione antropica che ha radicalmente modificato il paesaggio naturale. Dal secondo dopoguerra in poi si è assistito ad un processo intenso di urbanizzazione nelle aree costiere e di espansione delle aree agricole a discapito delle aree naturali, come mostrato nella figura di seguito.

Allo stato attuale il territorio dei 4 comuni presenta una matrice prevalentemente agricola, caratterizzata da seminativi non irrigui, oliveti e vigneti che nella totalità occupano il 79,6% della superficie. Le aree urbane occupano il 9% della superficie con una forte concentrazione nel comune di Termoli ed in particolare nella città e nella zona industriale. Le aree naturali e seminaturali occupano il 9,3% e sono rappresentate dalla vegetazione ripariale presente lungo i corsi d'acqua, fossi e canali, da piccoli lembi residui di vegetazione boschiva e arbustiva, dagli impianti di conifere presenti lungo la costa e dalla vegetazione a macchia mediterranea. Le zone umide rappresentano l'1,6% mentre i corpi idrici (mare escluso) meno dell'1%.

4.1.4 Natura e biodiversità

Le zone costiere della Regione Molise, nonostante le pressioni antropiche che hanno profondamente modificato il paesaggio, ospitano degli ecosistemi dunali che sono tra i più conservati dell'intero settore adriatico che ha portato all'istituzione di ben quattro Siti di interesse comunitario della Rete Natura 2000 e che occupano i due terzi dell'intera fascia, di cui tre Zone Speciali di Conservazione (ZSC) e una Zona di Protezione Speciale (ZPS) che si sovrappone parzialmente ad una ZSC.

Lungo i siti sono stati mappati 18 habitat di interesse comunitario che ospitano 59 specie a rischio o di interesse fitogeografico (Stanisci et al. 2007).

Le tre aree protette comprendono esclusivamente coste basse sabbiose in cui si alternano piccole pianure alluvionali costiere e cordoni dunali olocenici dove sviluppa, lungo il gradiente dal mare verso l'entroterra, la tipica sequenza catenale di formazioni vegetali psammofile.

La prima fascia di vegetazione, nel tratto successivo della spiaggia emersa, è costituita dalle specie pioniere e alonitrofile (habitat 1210) che colonizzano substrati ricchi di sali e di residui organici depositati dal moto ondoso. Questa cenosi viene denominata "cakileto" dal nome della specie più diffusa, *Cakile maritima* subsp. *maritima*. La comunità successiva è quella delle prime dune embrionali (habitat 2110) denominata "elimeto" e dominata dalla gramigna delle spiagge (*Thinopyrum junceum*). Segue poi la fascia delle dune mobili (habitat 2120), detta "ammofileto" dove è abbondante di un'altra poacea psammofila perenne *Calamagrostis arenaria* subsp. *arundinacea*. Questa specie è dotata di foglie coriacee e fusti robusti e forma cespi densi, mediante i quali favorisce efficacemente l'accumulo di sabbia, e quindi la formazione di dune più sviluppate. La sequenza continua con i pratelli terofitici (habitat 2230, 2240) all'interno della quale spiccano le colorate *Silene canescens* e *Ononis variegata* e numerose graminacee come *Lagurus ovatus* s.l. e

Vulpia fasciculata. Queste prime comunità (cakileto, elimeto, ammofileto e formazioni annuali di sostituzione) della zonazione che costituiscono la parte avandunale sono presenti in tutti i tre siti SIC.

Essi sono fortemente minacciati dall'erosione marina ma anche dalla pulizia meccanica delle spiagge (soprattutto il cakileto), dal calpestio e dal livellamento morfologico (dune embrionali e mobili), dagli accessi al mare diffusi ed incontrollati e infine, dall'invasione di specie esotiche da parte soprattutto di *Erigeron ssp.* (ex =*Conyza*) e *Oenothera ssp.*. Le minacce suddette sono più marcate nei siti SIC IT7228221 "Foce Trigno - Marina di Petacciato" e IT7282216 "Foce Biferno – Litorale Campomarino" rispetto al sito IT7222217 "Foce Saccione-Bonifica Ramitelli", caratterizzato da un minor impatto antropico e da più elevati livelli di naturalità.

Il retroduna è costituito da dune fisse e consolidate, interessate un tempo dalla presenza di ambienti umidi retrodunali e della macchia mediterranea, che ora è limitata a poche aree a sud del litorale molisano; queste aree residuali ricadono quasi esclusivamente nel sito IT7222217 "Foce Saccione-Bonifica Ramitelli". Si tratta soprattutto di una macchia pioniera bassa, dominata dal ginepro coccolone (*Juniperus macrocarpa*) (habitat 2250*); essa, fa da scudo ai venti salsi e all'azione abrasiva dei granelli di sabbia per le formazioni più interne. Nella parte più interna essa si sviluppa in una macchia, strutturalmente più complessa, formata da diverse specie arbustive come *Pistacia lentiscus*, *Phillyrea latifolia* e da lianose come *Smilax aspera*, *Lonicera implexa* subsp. *implexa* e *Clematis flammula*. Anche nelle radure della macchia, come per le comunità avandunali, sono presenti pratelli terofitici con presenza di diverse annuali tra le quali Maresia nana. Nei siti SIC IT7228221 "Foce Trigno - Marina di Petacciato" e IT7282216 "Foce Biferno – Litorale Campomarino" non è presente la macchia mediterranea ma in aree molto residuali vi è forma più degradata detta gariga con prevalenza di *Rosmarinus officinalis* e di varie specie di *Cistus ssp.* (habitat 2260). In prevalenza, però, le formazioni arbustivo-arboree sono quasi del tutto scomparse a causa dell'urbanizzazione e degli interventi di bonifica e sono sostituite da rimboschimenti a *Pinus halepensis*, *P. pinaster* e *P. pinea* (habitat 2270*). Queste pinete hanno acquisito un elevato valore ecologico e paesaggistico per la presenza, nelle aree meglio conservate, di un sottobosco con specie di macchia e quindi con una evidente ripresa della vegetazione autoctona. Questo processo, però, è spesso compromesso dalla presenza di specie esotiche arboree quali *Acacia saligna* e *Eucalyptus globulus*, utilizzate anche esse per la piantumazione; un'altra importante minaccia è costituita dagli incendi che hanno interessato negli anni passati anche le formazioni di macchia. Gli habitat retrodunali, inoltre, sono influenzati dalle alterazioni delle comunità avandunali che fungono da barriera per le aree più interne.

All'interno dei rimboschimenti e nelle aree interdunali dei tre siti SIC si sviluppano con l'affioramento della falda acquifera, depressioni umide (habitat 2190); esse sono colonizzate da comunità a prevalenza di giunchi (*Juncus acutus* subsp. *acutus*, *J. littoralis*, *J. maritimus*) e di altre specie aloigrofile (*Schoenus nigricans*, *Erianthus ravennae* e *Carex ssp.*). L'habitat delle depressioni

umide interdunali comprende aree molto limitate all'interno dei siti SIC; esse sono il residuo di ambienti palustri e lacustri del retroduna, un tempo molto estesi, che sono poi stati sottoposti a importanti opere di bonifica; questi interventi ne hanno causato la scomparsa. Attualmente, le aree umide retrodunali sono minacciate soprattutto dai processi di interrimento a seguito delle opere di captazione dell'acqua che incidono sull'equilibrio idrogeologico dell'ecosistema. Infine, nel sito SIC IT7282216 "Foce Biferno – Litorale Campomarino" sono presenti due formazioni vegetali molto interessanti: le praterie salmastre (habitat 1420 1510*), e gli stagni temporanei (habitat prioritario 3170*). Le prime si sviluppano sul versante orografico destro del Fiume Biferno su un substrato limoso-argilloso particolarmente ricco in depositi salini, a diretto contatto con aree coltivate e con una vegetazione di tipo ruderale. Le specie che li caratterizzano sono: *Puccinellia festuciformis*, *Limonium narborensis*, *Sarcocornia fruticosa*, *Artemisia caerulescens* subsp. *caerulescens*, *Aeluropus littoralis* e *Atriplex portulacoides*. Si tratta di habitat fortemente minacciati dalla frammentazione dovuta alle attività antropiche e dalle alterazioni dei sistemi avandunali.

Gli stagni temporanei sono anch'essi molto limitati; essi sono costituiti soprattutto da specie aloigrofile quali *Juncus bufonius*, *J. hybridus* e *Isolepis cernua*. Tali habitat sono minacciati in particolare dalle opere di bonifica dei terreni e dalla captazione delle acque di falda che hanno alterato l'equilibrio idrologico dell'ecosistema. Gli ecosistemi dunali e le aree umide retrodunali ospitano specie di fauna di elevato interesse conservazionistico. Queste aree sono fondamentali per la presenza di avifauna acquatica sia nidificante che di passo, per il foraggiamento nonché come corridoio ecologico della chiropterofauna, e per la persistenza delle popolazioni di *Testudo hermanni*, *Emys orbicularis*.

L'area marina antistante i siti della Rete Natura 2000 è al momento ancora poco conosciuta e studiata. I dati preliminari del progetto Interreg V-A Italia-Croazia Programma CBC - Progetti Strategici 2014-2020 - CASCADE permette di descrivere e mappare i fondali marini alla foce del fiume Biferno (ZSC IT7222216 Foce Biferno-Litorale di Campomarino) dove sono presenti l'habitat 1130 Estuario e 1110 Banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina. I fondali sabbiosi presentano una copertura a fanerogame marine *Cymodocea nodosa* a macchie, con aree ad alta densità ed aree di completa assenza della specie. La foce del fiume Biferno mostra una bassa ricchezza di specie con presenza di specie marine (*Pagurus bernhardus*, *Liocarcinus depurator* and *Echinocardium cordatum*) coerente con la salinità locale dell'acqua di circa 31‰ e le basse profondità (circa 5 m).

Nello specifico gli habitat costieri molisani sono in grado di fornire valori elevati dei servizi di regolazione del clima (tramite l'accumulo di carbonio organico nel suolo), protezione dal vento e dall'aerosol marino (grazie alla presenza della vegetazione delle dune fisse), protezione dall'erosione costiera (presenza della zonazione dunale completa che grazie alla vegetazione

specializzata permette l'accumulo delle particelle di sabbia e offre ostacolo alle mareggiate), servizi ricreazionali e turistici e di valore di esistenza della biodiversità (grazie alla presenza di sistemi dunali ben conservati e ricchi di diversità) (Drius et al., 2019).

4.2 Trend ed evoluzione recente

4.2.1 Principali driver di trasformazione della costa molisana

Il sistema costiero molisano ha subito negli ultimi decenni delle notevoli trasformazioni del territorio. Sicuramente i driver più importanti di queste trasformazioni sono da ricondurre ai processi evolutivi della linea di costa e alla trasformazione della copertura e dell'uso del suolo.

Dal punto di vista geomorfologico, il litorale molisano dal 1954 ad oggi ha subito una notevole modificazione con un arretramento della linea di costa molto importante e localizzato nelle vicinanze delle foci fluviali dei due fiumi più importanti, il Trigno e il Biferno. Nel periodo 1954-2014 la linea di costa nelle vicinanze delle due foci ha subito un arretramento massimo e medio di -226 metri e -162 metri per il Trigno e -487 metri e -167 per il Biferno (Roskopf et al., 2018). Gli altri settori costieri sono rimasti piuttosto stabili oppure hanno subito delle progredazioni, specialmente immediatamente a sud delle tre strutture portuali, a testimonianza dell'effetto significativo di queste strutture sulle dinamiche di sedimentazione costiere. Dal 1954 al 2014 l'erosione costiera ha sottratto circa 151 ettari di territorio, in origine occupato dal sistema spiaggia-duna o da pianure costiere e alluvionali, che sono stati solo parzialmente compensati dall'avanzamento della linea di costa, con un bilancio netto di -942.000 m² (Roskopf et al., 2018). Una possibile spiegazione di queste tendenze potrebbe risiedere nelle dinamiche dei maggiori corsi d'acqua che, negli ultimi decenni, hanno visto un cambiamento significativo dei regimi a causa degli interventi antropici (cave in alveo, dighe, ecc.). Tali modificazioni hanno contribuito ad una diminuzione degli apporti solidi dei corsi d'acqua con effetti sul bilancio sedimentario e sulla degradazione dei corsi d'acqua (Scorpio et al., 2015). Anche la presenza di barriere rigide che insieme ai pennelli sono presenti lungo il 62% della costa molisana, hanno contribuito a far diminuire l'apporto di sedimenti lungo la costa (Aucelli et al., 2018).

I trend degli ultimi anni, indicano una diffusione dell'erosione non più localizzata soltanto nei pressi delle foci, ma anche in altri settori posti a distanze maggiori (Roskopf et al., 2018).

Negli ultimi 50-60 anni si è assistito ad una profonda modificazione del paesaggio costiero molisano. Nel periodo 1954-2006 vi è stata una forte urbanizzazione, con l'espansione dei principali centri urbani, creazione delle zone industriali e urbanizzazione nei pressi delle aree costiere. Il tessuto artificiale è passato dal 5,4% dell'area al 24,5% di territorio occupato (Malavasi et al., 2013). L'espansione si è verificata sui territori occupati da vegetazione dunale e di macchia mediterranea. Nello stesso periodo si è assistito alla creazione di estesi rimboschimenti di conifere e altre specie (eucalipto, Acacia saligna) alloctone, impiantati allo scopo di proteggere i campi agricoli dai venti salsi. Le piantagioni hanno sostituito la vegetazione legnosa delle dune fisse, mentre l'espansione e

l'intensificazione dell'agricoltura ha determinato la riduzione degli ambienti umidi retrodunali (Malavasi et al., 2013).

4.2.2 Clima attuale e proiezioni future

Il PNACC (Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici) costituisce lo strumento di riferimento a livello nazionale per la descrizione delle condizioni climatiche attuali e future delle aree nazionali. Nello specifico il piano individua 6 macroregioni climatiche terrestri e 2 macroregioni climatiche marine omogenee che potrebbero essere esposte a variazioni climatiche simili. L'individuazione delle 6 aree macroclimatiche terrestri omogenee nell'ambito del PNACC si è basata sull'analisi dei dati climatici e dei relativi indicatori di impatto per il periodo 1981-2010. All'interno delle suddette aree il PNACC ha provveduto ad effettuare le analisi climatiche attese per il XXI secolo in termini di proiezioni di temperature e precipitazioni medie stagionali, considerando due trentenni (2021-2050 e 2071-2100) e due scenari futuri di concentrazioni di gas serra nell'atmosfera, denominati RCP4.5 e RCP8.5:

- RCP4.5 ("Forte mitigazione") – assume la messa in atto di alcune iniziative per controllare le emissioni. Sono considerati scenari di stabilizzazione: entro il 2070 le emissioni di CO₂ scendono al di sotto dei livelli attuali e la concentrazione atmosferica si stabilizza, entro la fine del secolo, a circa il doppio dei livelli preindustriali.
- RCP8.5 (comunemente associato all'espressione "Business-as-usual", o "Nessuna mitigazione") – crescita delle emissioni ai ritmi attuali. Tale scenario assume, entro il 2100, concentrazioni atmosferiche di CO₂ triplicate o quadruplicate (840-1120 ppm) rispetto ai livelli preindustriali (280 ppm).

In accordo con il PNACC l'area costiera della Regione Molise ricade all'interno della macroregione 2 per quanto riguarda l'ambiente terrestre.

Macroregione 2 - Pianura Padana, alto versante adriatico e aree costiere dell'Italia centro-meridionale. La macroregione è caratterizzata dal maggior numero, rispetto a tutte le altre zone, di giorni, in media, al di sopra della soglia selezionata per classificare i summer days (29,2°C) e al contempo da temperature medie elevate; anche il numero massimo di giorni consecutivi senza pioggia risulta essere elevato (CDD) in confronto alle altre zone dell'Italia centro settentrionale; il regime pluviometrico, in termini di valori stagionali (WP ed SP) ed estremi (R20 e R95p) mostra invece caratteristiche intermedie. Le proiezioni climatiche basate sui due scenari RCP4.5 e RCP8.5 hanno individuato 5 cluster omogenei (A-B-C-D-E) i cui gli indicatori di cambiamento climatico assumono valori simili.

All'interno della macroregione 2 le proiezioni climatiche con lo scenario RCP4.5 ("Forte mitigazione") hanno permesso di individuare 3 cluster denominati 2A, 2C, e 2D, dove si registrano le seguenti anomalie climatiche principali: il versante tirrenico e la maggior parte della Pianura Padana sono interessati da un aumento delle precipitazioni invernali e da una riduzione di quelle

estive. Invece, per la parte ovest della pianura Padana e il versante adriatico, si osserva una riduzione sia delle precipitazioni estive che di quelle invernali. In generale si ha un aumento significativo dei summer days per l'intera macroregione 2.

Per quanto riguarda l'area costiera della Regione Molise (cluster 2C) secondo lo scenario RCP 4.5 sono attesi un'anomalia della temperatura media pari a +1.2°C, un aumento moderato dei giorni estivi (+12), una riduzione lieve delle precipitazioni invernali (-5%) e una riduzione moderata delle precipitazioni estive (-18%).

Lo scenario RCP 8.5 ("Business as usual") ha permesso di individuare per la macroregione 2 i cluster 2C, 2D e 2E, dove si registrano le seguenti anomalie climatiche principali: per quanto riguarda la pianura Padana si assiste ad una riduzione delle precipitazioni estive e ad un aumento rilevante di quelle invernali; le restanti aree della macroregione 2 sono caratterizzate da un aumento complessivo dei fenomeni di precipitazione anche estremi. In generale si ha un aumento significativo dei summer days, come per lo scenario RCP4.5.

Per quanto riguarda l'area costiera della Regione Molise (cluster 2D) secondo lo scenario RCP 8.5 sono attesi un'anomalia della temperatura media pari a +1.5°C, un aumento moderato dei giorni estivi (+14), una riduzione lieve delle precipitazioni invernali (-4%), una riduzione moderata delle precipitazioni estive (-14%) una diminuzione dei giorni con gelo (-10) e un aumento dei fenomeni piovosi estremi (+6%).

4.2.3 Impatti e vulnerabilità della zona costiera molisana

Nell'ambito del PNACC è stata sviluppata un'analisi della propensione al rischio al cambiamento climatico per l'intero territorio nazionale. Dall'analisi è scaturito un indice bidimensionale che combina l'impatto potenziale (dato dalla combinazione della pericolosità, esposizione e sensibilità) con la capacità di adattamento dei territori. L'indice viene fornito a livello di aggregazione provinciale.

Per quanto riguarda gli indicatori di pericolosità sono stati selezionati gli indicatori già sviluppati per la caratterizzazione climatica e che rappresentano proxy di eventi pericolosi (alluvioni, frane, ondate di calore, siccità, ecc.). Gli indicatori di esposizione e sensibilità fanno riferimento alla tipologia di capitale (naturale, umano, sociale, capitale manufatto e immobilizzato, capitale economico e finanziario). Per quanto riguarda la capacità di adattamento sono state valutate le risorse economiche (indici economici), le infrastrutture, indicatori di conoscenze e tecnologia e di istituzione. Combinando gli indicatori è stato sviluppato l'indice bidimensionale. La Regione Molise, con entrambe le province, ricade nella classe Impatto potenziale medio-basso e capacità di adattamento medio-basso).

4.2.4 Clima attuale degli ambienti marini e cambiamenti futuri

Per quanto riguarda il dominio marino, utilizzando un approccio simile basato su appositi indicatori marini (temperatura superficiale dell'acqua - SST, livello del mare - SSH, acidità delle acque e grado

di mescolamento) il PNACC ha individuato due macroregioni marine, 1M, 2M e 3M. La costa molisana rientra nella macroregione marina 1M.

Macroregione 2 climatica marina omogenea 1M: include il Mar Adriatico, il Mar Ligure e la parte settentrionale del Mare di Sardegna. Tale macroregione è caratterizzata dai valori più bassi di temperatura superficiale e di livello del mare. La tabella di seguito riporta i valori medi degli indicatori climatici SST e SSH per la macroregione marina 1M per il periodo 1987-2010. Lo scenario RCP8.5 (“Business as usual”) ha permesso di individuare tre cluster, denominati F, G e H. Il mare Adriatico (cluster H) presenta il cambiamento più significativo della temperatura media pari a circa +1.5°C con variazioni nel periodo invernale e primaverile che potranno raggiungere +2°C; al contrario questo bacino mostra un aumento del livello del mare più contenuto pari a circa 7 cm.

Capitolo 5. Gli indicatori del Cambiamento Climatico in AdriaClim – Regione Molise

5.1 Metodologia nella selezione e nell’uso degli indicatori di piano.

Nell’ambito del progetto AdriaClim sono stati sviluppati una serie di indicatori del cambiamento climatico alla mesoscala del bacino del mare Adriatico. Per maggiori informazioni sui modelli e gli indicatori sviluppati si rimanda ai documenti e pubblicazioni del progetto AdriaClim (<https://www.italy-croatia.eu/web/adriaclim>). Gli indicatori si suddividono in 2 tipi: indicatori di tipo scientifico, che derivano direttamente dalle attività di modellistica (ad esempio, la salinità, la temperatura del mare, ecc) e indicatori di tipo settoriale che invece trasferiscono l’informazione scientifica in una serie di indicatori che quantificano gli impatti del cambiamento climatico.

I modelli climatici sviluppati dal progetto AdriaClim nell’ambito del Working Package 3 hanno permesso il calcolo degli indicatori e hanno fornito le relative anomalie ottenute tra le proiezioni climatiche e il periodo di riferimento a diverse scale temporali (es. mensile, stagionale, annuale).

Le proiezioni climatiche forniscono gli indicatori considerando lo scenario IPCC 8.5 ‘business as usual’ ossia il peggiore scenario possibile.

Tutti i dataset forniti dal progetto sono stati resi disponibili sulla piattaforma CMCC ERDDAP nell’ambito dell’attività 4.1 (<https://erddap-adriaclim.cmcc-opa.eu/erddap/index.html>).

Ogni indicatore è disponibile per il periodo storico che va dal 1991 al 2020 (per-periodo) e come proiezione al 2050 (periodo 2021-2050) e sono disponibili nel formato NetCDF oppure come file CSV, a diverse scale temporali. Per ogni indicatore è stata calcolata la relativa anomalia.

Per il presente documento di analisi sono stati selezionati i seguenti indicatori a scala annuale:

- CDD (Consecutive Dry Days) - media annuale del massimo numero di giorni consecutivi con pioggia inferiore a 1 mm/giorno. CDD assume valori elevati per lunghi periodi di basse

- precipitazioni e condizioni di siccità. Un aumento dell'indice nel tempo indica un aumento della probabilità di condizioni siccitose.
- CWD (Consecutive Wet Days) - media annua del massimo numero di giorni consecutivi con un quantitativo di pioggia di almeno 1 mm/giorno. CWD è una misura delle quantità di precipitazione. Un aumento dell'indice significa un aumento della probabilità di eventi alluvionali.
 - r95P (Very Wet Days) - media annua dei giorni con piovosità intensa (>95 percentile). r95P è una misura di eventi estremi di precipitazioni. Un aumento dell'indice significa un aumento della probabilità di eventi alluvionali.
 - r95Ptot (Contribution to total precipitation from very wet days) - media annua delle precipitazioni totali derivante dai giorni con piovosità intensa (>95 percentile).
 - rx1day (Highest 1-day precipitation amount) - media annua del massimo di precipitazioni registrate in un giorno (mm). L'indice è una misura delle precipitazioni intense. Un aumento dell'indice significa un aumento della probabilità di eventi alluvionali.
 - rx5day (Highest 5-day precipitation amount) - media annua del massimo di precipitazioni registrate in 5 giorni consecutivi (mm). L'indice è una misura delle precipitazioni intense. Un aumento dell'indice significa un aumento della probabilità di eventi alluvionali.
 - sdii (Simple precipitation intensity index) - media annua del totale delle precipitazioni in rapporto al numero di giorni piovosi ($p > 1$ mm). Fornisce indicazioni sulla media della quantità di precipitazione nei giorni piovosi.
 - su (Summer Days Index) - media annua del numero di giorni con temperatura massima superiore a 25.0 °C.
 - CSU (Consecutive Summer Days) - media annuale del massimo numero di giorni consecutivi con temperatura massima superiore a 25.0 °C. CSU è una misura del caldo giornaliero con alti valori che corrispondono a temperature più elevate. Un aumento dell'indice significa un aumento della probabilità di condizioni più calde.
 - tg (Daily Temperature) - media annua delle temperature giornaliere.
 - tr (Tropical nights index) - media annua del numero di giorni con temperature minime > 20.0 °C.
 - txn (Lowest maximum temperature) - media annua del valore minimo delle temperature massime giornaliere.
 - txx (Highest maximum temperature) - media annua del valore massimo delle temperature massime giornaliere.

Per quanto riguarda l'ambiente marino sono stati considerati gli indicatori livello del mare (SLR) e di temperatura superficiale delle acque (SST). Per i valori sono stati considerati quelli riportati nel PNACC e già esposti nel paragrafo 4.4.2. Alcuni degli indicatori selezionati rappresentano i principali impatti indotti dal cambiamento climatico sull'ambiente costruito, naturale, sul patrimonio culturale, sulla sfera sociale ed economica.

Di seguito la tabella su Impatti potenziali del cambiamento climatico in relazione alla tipologia di indicatore (modificato da Schmidt-Thomé and Greiving, 2013)

	Temperatura media annuale	Giorni di gelo	Giorni estivi	Precipitazioni invernali medie	Precipitazioni estive	Giorni con piovosità intensa	Evaporazione media annua	Giorni con copertura	Alluvioni	Livello medio del mare
Sensibilità dell'ambiente costruito										
Sensibilità degli insediamenti residenziali alle alluvioni, inondazioni						X			X	X
Sensibilità della rete stradale alle alluvioni, inondazioni						X			X	X
Sensibilità della rete ferroviaria alle alluvioni, inondazioni						X			X	X
Sensibilità degli aeroporti alle alluvioni, inondazioni									X	X
Sensibilità dei porti alle alluvioni, inondazioni									X	X
Sensibilità delle raffinerie alle alluvioni, inondazioni									X	X
Sensibilità delle centrali elettriche alle alluvioni, inondazioni									X	X
Sensibilità dell'ambiente naturale										
Sensibilità delle foreste agli incendi			X		X					
Sensibilità delle aree protette	X	X	X	X	X	X	X	X		
Sensibilità del suolo (erosione)						X				
Sensibilità del carbonio organico del suolo	X		X	X			X			
Sensibilità sociale										
Popolazione sensibile al caldo estivo			X							
Popolazione sensibile alle inondazioni costiere										X
Popolazione sensibile alle alluvioni									X	
Popolazione sensibile alle inondazioni improvvise						X				

Sensibilità culturale									
Siti UNESCO sensibili alle alluvioni e inondazioni costiere									X
Musei sensibili alle alluvioni e inondazioni costiere									X
Sensibilità economica									
Attività agricole sensibili alla disponibilità idrica							X		
Attività forestali sensibili alla disponibilità idrica							X		
Turismo estivo sensibile alle alte temperature					X				
Turismo invernale sensibile al cambiamento della copertura nevosa								X	
Domanda di energia sensibile al caldo estivo			X						
Domanda di energia sensibile al freddo invernale		X							
Domanda di energia sensibile al cambiamento della portata dei fiumi					X				

Tabella 3. Impatti potenziali del cambiamento climatico in relazione alla tipologia di indicatore.

5.2 Scenari futuri

In questo paragrafo si riportano i risultati delle analisi degli indicatori esposti in precedenza.

Indicatore	Area geografica	Valore medio annuo pre-periodo (1991-2021)	Valore medio annuo proiezione (2021-2050)	Anomalia media (2021-2050 vs 1991-2020)
Tropical nights Index (n°) – Tr	Regione Molise	33.9 (±31.8)	33.9 (±31.8)	33.9 (±31.8)
	Sito pilota	48.6 (±33.0)	48.6 (±33.0)	48.6 (±33.0)
Summer Days Index (n°) – SD	Regione Molise	73.15 (±33.53)	73.15 (±33.53)	73.15 (±33.53)
	Sito pilota	88.03 (±33.21)	88.03 (±33.21)	88.03 (±33.21)
Daily Temperature (°C) - Tg	Regione Molise	12.86 (±2.37)	12.86 (±2.37)	12.86 (±2.37)
	Sito pilota	13.85 (±2.42)	13.85 (±2.42)	13.85 (±2.42)
Lowest maximum	Regione Molise	-0.39 (±2.87)	-0.39 (±2.87)	-0.39 (±2.87)
	Sito pilota	-0.08 (±2.86)	-0.08 (±2.86)	-0.08 (±2.86)

temperature (°C) - Txn				
Highest maximum temperature (°C) - Txx	Regione Molise	-0.39 (±2.87)	-0.39 (±2.87)	-0.39 (±2.87)
	Sito pilota	-0.08 (±2.86)	-0.08 (±2.86)	-0.08 (±2.86)
Consecutive Summer Days (n°) - CSU	Regione Molise	37.12 (±23.30)	37.12 (±23.30)	37.12 (±23.30)
	Sito pilota	49.46 (±26.35)	49.46 (±26.35)	49.46 (±26.35)
Consecutive Dry Days (n°) - CDD	Regione Molise	41.10 (±5.00)	41.10 (±5.00)	41.10 (±5.00)
	Sito pilota	54.78 (±5.36)	54.78 (±5.36)	54.78 (±5.36)
Consecutive Wet Days (n°) - CWD	Regione Molise	10.43 (±0.97)	10.43 (±0.97)	10.43 (±0.97)
	Sito pilota	10.30 (±0.86)	10.30 (±0.86)	10.30 (±0.86)
Very Wet Days (%) – r95P	Regione Molise	13.21 (±5.59)	13.21 (±5.59)	13.21 (±5.59)
	Sito pilota	17.66 (±6.68)	17.66 (±6.68)	17.66 (±6.68)
Highest 1-day precipitation amount (mm) – rx1day	Regione Molise	45.06 (±6.05)	45.06 (±6.05)	45.06 (±6.05)
	Sito pilota	51.13 (±7.70)	51.13 (±7.70)	51.13 (±7.70)
Highest 5-day precipitation amount (mm) – rx5day	Regione Molise	91.15 (±12.73)	91.15 (±12.73)	91.15 (±12.73)
	Sito pilota	107.97 (±11.50)	107.97 (±11.50)	107.97 (±11.50)
Simple precipitation intensity index (mm) - sdii	Regione Molise	7.73 (±0.67)	7.73 (±0.67)	7.73 (±0.67)
	Sito pilota	9.27 (±0.85)	9.27 (±0.85)	9.27 (±0.85)

5.3 Risultati del processo partecipativo

L'importanza del processo partecipativo nella pianificazione di azioni e politiche per rispondere agli effetti del cambiamento climatico rappresenta un punto chiave. La Dichiarazione di Rio sull'Ambiente e sullo Sviluppo, del 1992, ha sancito tale punto chiave al suo principio numero 10: "Il modo migliore di trattare le questioni ambientali è quello di assicurare la partecipazione di tutti i cittadini interessati, ai diversi livelli. Al livello nazionale, ciascun individuo avrà adeguato accesso alle informazioni concernenti l'ambiente in possesso delle pubbliche autorità, comprese le informazioni relative alle sostanze ed attività pericolose nelle comunità, ed avrà la possibilità di partecipare ai processi decisionali. Gli Stati faciliteranno ed incoraggeranno la sensibilizzazione e la

partecipazione del pubblico rendendo ampiamente disponibili le informazioni. Sarà assicurato un accesso effettivo ai procedimenti giudiziari ed amministrativi, compresi i mezzi di ricorso e di indennizzo”.

Tale principio è stato ribadito anche dall’IPCC nel suo report “Global Warming of 1.5C” (IPCC, 2018) nel quale viene identificato il processo partecipativo come mezzo per migliorare la capacità di affrontare il rischio climatico.

Nell’ambito del progetto AdriaClim, nel processo di accompagnamento alla redazione della presente Strategia, sono stati organizzati una serie di incontri partecipativi con gli attori locali delle aree coinvolte dal progetto:

- 1° workshop “Proteggi la costa. Adattati al cambiamento climatico” 27 maggio 2022 presso il Palazzo Norante, comune di Campomarino (CB).
- 2° workshop “Proteggi la costa. Adattati al cambiamento climatico” 25 giugno 2022 presso il Porto turistico Marina di San Pietro, comune di Termoli (CB).
- 3° workshop “Proteggi la costa. Adattati al cambiamento climatico” 08 luglio 2022 presso il Porto turistico Marina Sveva, comune di Petacciato (CB).

Durante i workshop sono stati presentati al pubblico il quadro conoscitivo del sito pilota attraverso la descrizione delle peculiarità del sito, delle caratteristiche fisiche e ambientali, dei principali driver di trasformazione e dei potenziali impatti attesi a causa del Cambiamento Climatico. Il tutto è stato animato da momenti di discussione e di confronto con i portatori d’interesse. Durante la discussione è emersa una consapevolezza generale degli effetti del cambiamento climatico sulle aree costiere e nello specifico sono stati sollevati seguenti temi principali:

- aumento degli incendi boschivi con necessità di interventi urgenti
- messa in sicurezza degli habitat forestali costieri;
- erosione costiera e pericolo per le infrastrutture e per le attività turistiche;
- tutela e protezione della biodiversità costiera;
- turismo sostenibile e gestione degli arenili.

Capitolo 6. Strategie e obiettivi delle linee guida

Le presenti linee guida si pongono l’obiettivo di delineare una serie di azioni di adattamento, calate al contesto del sito pilota, sulla base delle analisi e indagini svolte. Nello specifico, seguendo quelle che sono le indicazioni del PNACC, il processo per l’individuazione delle strategie di adattamento si basa su:



01 - Conoscere le condizioni climatiche future

L'analisi condotta all'interno del PNACC e le analisi sugli indicatori climatici del progetto AdriaClim hanno fornito il quadro conoscitivo per la valutazione del clima attuale, degli scenari futuri e dei possibili impatti. Il PNACC ha fornito un quadro conoscitivo basato su modelli a scala globale ed europei e ha fornito le proiezioni secondo due scenari IPCC e specificatamente l'RCP4.5 (Forte mitigazione) e l'RCP8.5 (Business as usual).

Le proiezioni del progetto AdriaClim hanno offerto uno studio più dettagliato del clima a scala del bacino del mare Adriatico e proiezioni utilizzando il solo scenario IPCC RCP8.5. In entrambi i casi i maggiori driver di cambiamento del sito pilota risiedono in un aumento significativo degli indicatori di temperatura mentre variazioni più modeste si osservano per gli indicatori di precipitazione con una concordanza sull'aumento dei periodi di siccità. Per quanto riguarda l'ambito marino è atteso un significativo aumento del livello del mare e della temperatura superficiale.

02 - Conoscere gli impatti

Alcuni degli indicatori selezionati nell'ambito del progetto AdriaClim rappresentano i principali impatti indotti dal cambiamento climatico sull'ambiente costruito, naturale, sul patrimonio

culturale, sulla sfera sociale ed economica. Essi costituiscono un proxy per la stima degli impatti attesi sulle varie componenti.

Per quanto riguarda il sito pilota dell'area costiera della Regione Molise i principali impatti attesi possono essere così riassunti:

Settore	Impatti osservati	Impatto	Magnitudine dell'impatto
Sistemi naturali			
Aree protette e biodiversità	Possibile cambiamento nella distribuzione e abbondanza delle specie di flora e fauna; aumento specie termofile; aumento delle specie invasive	Tg	MEDIO
Aree protette e biodiversità	Aumento dell'erosione costiera e sottrazione di habitat	SLR	ALTO
Foreste	Aumento del rischio di incendi	Tg, SD, CDD, CSU	ALTO
Acque interne (es. stagni costieri)	Aumento dell'evapotraspirazione e riduzione dell'apporto idrico con perdita potenziale di habitat e specie	SD, CDD, TXX	MEDIO-ALTO
Ambiente costruito			
Strade, ferrovie, strutture residenziali e turistiche	Aumento dei fenomeni di dissesto geologico, idrologico e idraulico; aumento dell'erosione costiera	r95p, rx1day, rx5day, sdii, SLR	MEDIO-ALTO
Sfera sociale			
Salute	Aumento del rischio di malattie cardiorespiratorie per ondate di calore	Tg, Tr	MEDIO-ALTO
Salute	Aumento del rischio di crisi allergiche e/o asmatiche per condizioni climatiche che favoriscono le specie infestanti	Tg	MEDIO-ALTO
Siti culturali			
Siti culturali	Aumento dell'erosione costiera e innalzamento del livello del mare	SLR, r95p, rx1day, rx5day	MEDIO
Sfera economica			
Economia	Possibili riduzioni di resa delle produzioni agricole	Tg, CDD	MEDIO
Economia	Variazione dell'appetibilità dei siti turistici a seguito delle mutate condizioni climatiche e erosione costiera	CSU, Txx, Tr, SLR	ALTO

Economia	Minaccia alle infrastrutture turistiche a causa dell'erosione costiera e innalzamento del livello del mare	SLR, r95p, rx1day, rx5day	MEDIO-ALTO
Economia	Variazioni quantitative e qualitative degli stock ittici	SST	MEDIO
Economia	Aumento della domanda di energia nel periodo estivo con rischio di blackout	Txx, Tr	MEDIO-ALTO

Tabella 4. Principali impatti attesi nel settore costiero della Regione Molise.

03 - Individuazione delle Azioni di Adattamento

Oltre alle considerazioni effettuate nei precedenti capitoli riguardanti le azioni di adattamento, un altro fondamentale contributo che meglio analizza il contesto nazionale è il PNACC. Nell'ambito del PNACC sono state sviluppate una serie di misure di adattamento settoriali (361) alle quali è stata applicata una metodologia di valutazione che ha portato all'attribuzione, ad ogni singola azione, di un giudizio di valore (alto, medio-alto, medio, medio-basso, basso) rispetto a cinque criteri e precisamente efficacia, efficienza, effetti di "secondo ordine", performance in presenza di incertezza e considerazioni di implementazione politica. Tra le 213 azioni contraddistinte da un giudizio di valore "alto" il Piano individua l'insieme delle azioni più rilevanti sotto il profilo tecnico ed ambientale. In totale sono state definite 21 azioni più rilevanti, che intercettano i diversi settori, riconducibili alle seguenti 4 tematiche principali: dissesto geologico, idrologico ed idraulico; gestione delle zone costiere; biodiversità; Insediamenti urbani.

Alcuni impatti, ad esempio quelli relativi alla biodiversità, richiedono oltre a misure di adattamento che possono aumentare la resilienza di specie e habitat a livello locale, importanti azioni di mitigazione per contrastare il cambiamento climatico (es. limitare l'aumento della temperatura media) che riguardano politiche da intraprendere a scala nazionale ed internazionale e quindi non sono contemplate dalle presenti linee guida. Per quanto riguarda la salute umana, le azioni di adattamento che mirano al potenziamento del sistema sanitario, creazione di sistemi di allerta, ecc. riguardano scelte da intraprendere a livello regionale e non riguardano prettamente l'ambito costiero, ma sono vevoli per l'intero territorio regionale.

Alla luce degli impatti attesi dal cambiamento climatico elencati nei precedenti paragrafi, sono state selezionate e riformulate una serie di misure sia specifiche per le zone costiere che trasversali a più settori, considerate di maggior rilevanza date le specificità del sito pilota.

Azione di Adattamento - Scheda n°1

Settore target	Aree protette e biodiversità
Descrizione dell'impatto	Aumento e diffusione delle specie invasive. L'aumento delle temperature e la modificazione dei regimi idrici potrebbero favorire la diffusione di specie invasive già presenti sul litorale molisano (es. Acacia saligna) con enormi conseguenze su specie e habitat di interesse conservazionistico.
Obiettivo	Limitare la diffusione delle specie invasive - aumento della resilienza.
Descrizione dell'azione di adattamento	Controllo ed eradicazione di specie aliene invasive negli ambienti dunali (es. Acacia saligna) per aumentare la resilienza degli ecosistemi naturali e contenimento delle specie ruderali.
Priorità dell'azione	Alta
Esempio	LIFE IT/NAT/000262 Maestrale

Azione di Adattamento - Scheda n°2

Settore target	Aree protette e biodiversità
Descrizione dell'impatto	Aumento e diffusione delle specie invasive e ruderali. L'aumento delle temperature e la modificazione dei regimi idrici potrebbero ridurre la resilienza dei sistemi naturali.
Obiettivo	Aumento della resilienza attraverso la riduzione delle pressioni/minacce.
Descrizione dell'azione di adattamento	Creazioni di percorsi preferenziali sopraelevati (es. passerelle) per il raggiungimento delle spiagge e per la protezione del sistema dunale. Delimitazione degli habitat per diminuire la pressione da calpestio e livellamento.
Priorità dell'azione	Alta
Esempio	-

Azione di Adattamento - Scheda n°3

Settore target	<p>Aree protette e biodiversità</p> <p>Possibile cambiamento nella distribuzione e abbondanza delle specie di flora e fauna; aumento specie termofile.</p>
Descrizione dell'impatto	<p>Le mutate condizioni climatiche potrebbero innescare fenomeni di estinzione locale di habitat e specie oppure lo "shifting" delle specie verso condizioni più idonee. L'estesa frammentazione e degrado degli ecosistemi costieri e dunali lungo le coste adriatiche limitano la possibilità per le specie di colonizzare nuovi territori.</p>
Obiettivo	<p>Creazione di spazi idonei per permettere l'espansione e spostamento delle specie/habitat anche al di fuori delle aree protette.</p>
Descrizione dell'azione di adattamento	<p>Creazione di spazi idonei anche attraverso l'eliminazione di superfici impermeabilizzate per permettere l'espansione di habitat e specie.</p>
Priorità dell'azione	Media
Esempio	-

Azione di Adattamento - Scheda n°4

Settore target	<p>Aree protette e biodiversità</p> <p>Possibile cambiamento nella distribuzione e abbondanza delle specie di flora e fauna; aumento specie termofile.</p>
Descrizione dell'impatto	<p>Le mutate condizioni climatiche potrebbero innescare fenomeni di estinzione locale di habitat e specie oppure lo "shifting" delle specie verso condizioni più idonee. L'estesa frammentazione e degrado degli ecosistemi costieri e dunali lungo le coste adriatiche limitano la possibilità per le specie di colonizzare nuovi territori.</p>
Obiettivo	<p>Creazione di spazi idonei per permettere l'espansione e spostamento delle specie/habitat anche al di fuori delle aree protette.</p>
Descrizione dell'azione di adattamento	<p>Monitoraggio e protezione degli habitat al di fuori della rete di aree protette.</p>
Priorità dell'azione	Alta
Esempio	Progetto di riqualificazione del Litorale Nord di Termoli (CB).

Azione di Adattamento - Scheda n°6

Settore target	Aree protette e biodiversità - Foreste
Descrizione dell'impatto	Aumento dei giorni caldi. L'aumento dei giorni estivi con temperature elevate, ondate di calore e la diminuzione delle precipitazioni, soprattutto nel periodo estivo, potrebbero aumentare il rischio di incendi boschivi con possibile distruzione di interi habitat e perdita di specie di flora e di fauna.
Obiettivo	Riduzione del rischio di incendio.
Descrizione dell'azione di adattamento	Creazione di punti d'acqua nelle zone più a rischio e di viabilità forestale per aumentare l'efficacia delle azioni di controllo degli incendi boschivi.
Priorità dell'azione	Alta
Esempio	-

Azione di Adattamento - Scheda n°7

Settore target	Aree protette e biodiversità - zone umide
Descrizione dell'impatto	Riduzione della risorsa acqua. L'aumento dell'evapotraspirazione e riduzione dell'apporto idrico con perdita potenziale di habitat e specie legate agli ambienti umidi retrodunali.
Obiettivo	Aumento della resilienza delle zone umide.
Descrizione dell'azione di adattamento	Allargamento delle aree umide esistenti.
Priorità dell'azione	Media
Esempio	LIFE IT/NAT/000262 Maestrale

Azione di Adattamento - Scheda n°8

Settore target	Aree protette e biodiversità - zone umide
Descrizione dell'impatto	Riduzione della risorsa acqua. L'aumento dell'evapotraspirazione e riduzione dell'apporto idrico con perdita potenziale di habitat e specie legate agli ambienti umidi retrodunali.
Obiettivo	Aumento della resilienza delle zone umide.
Descrizione dell'azione di adattamento	Promozione dell'uso sostenibile delle risorse idriche in agricoltura in modo da ridurre la sottrazione di acqua alle zone umide.
Priorità dell'azione	Media
Esempio	-

Azione di Adattamento - Scheda n°9

Settore target	Aree protette e biodiversità
Descrizione dell'impatto	Erosione costiera. L'aumento dell'erosione costiera, l'aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi estremi potrebbero comportare il danneggiamento o la distruzione dei manufatti antropici.
Obiettivo	Riduzione dell'erosione costiera.
Descrizione dell'azione di adattamento	Opere di ripristino e miglioramento degli habitat dunali attraverso opere nature-based (es. ingegneria naturalistica).
Priorità dell'azione	Alta
Esempio	LIFE IT/NAT/000262 Maestrale; Progetto di riqualificazione del Litorale Nord di Termoli (CB).

Azione di Adattamento - Scheda n°10

Settore target	Infrastrutture, insediamenti e servizi turistici
Descrizione dell'impatto	Erosione costiera. L'aumento dell'erosione costiera, l'aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi estremi potrebbero comportare il danneggiamento o la distruzione dei manufatti antropici.
Obiettivo	Riduzione dell'erosione costiera e riduzione dei rischi legati ai fenomeni estremi.
Descrizione dell'azione di adattamento	Promozione di studi meteo-marini specifici per la programmazione di opere di difesa efficaci.
Priorità dell'azione	Alta
Esempio	-

Azione di Adattamento - Scheda n°11

Settore target	Infrastrutture, insediamenti e servizi turistici
Descrizione dell'impatto	Erosione costiera. L'aumento dell'erosione costiera, l'aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi estremi potrebbero comportare il danneggiamento o la distruzione dei manufatti antropici.
Obiettivo	Riduzione dell'erosione costiera e riduzione dei rischi legati ai fenomeni estremi.
Descrizione dell'azione di adattamento	Pianificazione pluriennale delle azioni di ripascimento con individuazione delle zone ad alta priorità.
Priorità dell'azione	Alta
Esempio	Piano di ripascimento delle sabbie del Porto Turistico Marina Sveva, Montenero di Bisaccia (CB).

Azione di Adattamento - Scheda n°12

Settore target	Infrastrutture, insediamenti e servizi turistici
Descrizione dell'impatto	Erosione costiera. L'aumento dell'erosione costiera, l'aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi estremi potrebbero comportare il danneggiamento o la distruzione dei manufatti antropici.
Obiettivo	Riduzione dell'erosione costiera e riduzione dei rischi legati ai fenomeni estremi.
Descrizione dell'azione di adattamento	Adozioni di azioni di nature-based e/o soluzioni ibride per il contrasto all'erosione costiera (ripristino, miglioramento e aumento degli habitat dunali e della loro zonizzazione).
Priorità dell'azione	Alta
Esempio	Progetto di riqualificazione del Litorale Nord di Termoli (CB).

Azione di Adattamento - Scheda n°13

Settore target	Infrastrutture, insediamenti e servizi turistici
Descrizione dell'impatto	Erosione costiera. L'aumento dell'erosione costiera, l'aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi estremi potrebbero comportare il danneggiamento o la distruzione dei manufatti antropici.
Obiettivo	Riduzione l'esposizione della popolazione ai rischi legati al cambiamento climatico.
Descrizione dell'azione di adattamento	Revisione degli strumenti pianificatori (Piani di Assetto Idrogeologico, Piano di Fabbricazione, Piano Regolatore, ecc.) con individuazione di zone ad alto rischio al fine di attuare strategie di protezione, accomodamento o "ritiro pianificato".
Priorità dell'azione	Alta
Esempio	-

Azione di Adattamento - Scheda n°14

Settore target	Salute, benessere umano
Descrizione dell'impatto	Aumento dei giorni caldi. Aumento del rischio di malattie cardiorespiratorie per ondate di calore.
Obiettivo	Riduzione l'esposizione della popolazione ai rischi legati al cambiamento climatico.
Descrizione dell'azione di adattamento	Individuazione e monitoraggio delle possibili isole di calore definite in base alla popolazione residente e alla struttura del territorio delle isole di calore urbano.
Priorità dell'azione	Medio-Alta
Esempio	-

Azione di Adattamento - Scheda n°15

Settore target	Salute, benessere umano
Descrizione dell'impatto	Aumento dei giorni caldi. Aumento del rischio di malattie cardiorespiratorie per ondate di calore.
Obiettivo	Riduzione l'esposizione della popolazione ai rischi legati al cambiamento climatico.
Descrizione dell'azione di adattamento	Aumento delle aree verdi all'interno delle città (green-infrastructures) per la riduzione del fenomeno delle isole di calore.
Priorità dell'azione	Medio-Alta
Esempio	-

Azione di Adattamento - Scheda n°16

Settore target	Salute, benessere umano
Descrizione dell'impatto	Aumento della temperatura. Aumento del rischio di crisi allergiche e/o asmatiche per condizioni climatiche che favoriscono le specie infestanti.
Obiettivo	Riduzione l'esposizione della popolazione ai rischi legati al cambiamento climatico.
Descrizione dell'azione di adattamento	Pianificazione e gestione del verde urbano con sostituzione di specie che possono provocare crisi allergiche con specie resilienti al microclima e non allergeniche, specialmente in aree sensibili (parchi pubblici, scuole, ecc.).
Priorità dell'azione	Media
Esempio	-

Azione di Adattamento - Scheda n°17

Settore target	Salute, benessere umano
Descrizione dell'impatto	Aumento della temperatura. Aumento del rischio di crisi allergiche e/o asmatiche per condizioni climatiche che favoriscono le specie infestanti.
Obiettivo	Riduzione l'esposizione della popolazione ai rischi legati al cambiamento climatico.
Descrizione dell'azione di adattamento	Pianificazione e gestione del verde urbano con sostituzione di specie che possono provocare crisi allergiche con specie resilienti al microclima e non allergeniche, specialmente in aree sensibili (parchi pubblici, scuole, ecc.).
Priorità dell'azione	Media
Esempio	-

Azione di Adattamento - Scheda n°18

Settore target	Patrimonio culturale
Descrizione dell'impatto	Erosione costiera. Aumento del rischio di danneggiamento/perdita dei paesaggi culturali a causa di fenomeni erosivi.
Obiettivo	Riduzione dell'erosione costiera.
Descrizione dell'azione di adattamento	Implementazione di misure di protezione nature-based oppure di tipo ibrido.
Priorità dell'azione	Alta
Esempio	-

Azione di Adattamento - Scheda n°19	
Settore target	Patrimonio culturale
Descrizione dell'impatto	Aumento dei giorni caldi. Aumento del rischio di danneggiamento/perdita dei paesaggi culturali a causa di incendi (es. pinete litoranee).
Obiettivo	Riduzione del rischio di incendio.
Descrizione dell'azione di adattamento	Creazione di punti d'acqua nelle zone più a rischio e di viabilità forestale per aumentare l'efficacia delle azioni di controllo degli incendi boschivi.
Priorità dell'azione	Alta
Esempio	-

Azione di Adattamento - Scheda n°20	
Settore target	Patrimonio culturale
Descrizione dell'impatto	Erosione costiera. Aumento del rischio di danneggiamento/perdita di strutture con valenza storico-culturale (es. torri) a causa dei fenomeni erosivi.
Obiettivo	Riduzione dell'erosione costiera.
Descrizione dell'azione di adattamento	Studio delle aree più a rischio e implementazione di sistemi di protezione.
Priorità dell'azione	Media
Esempio	-

Azione di Adattamento - Scheda n°21

Settore target	Economia
Descrizione dell'impatto	Consumo delle risorse. Rischio di blackout nel periodo estivo a causa della richiesta extra di domanda di energia.
Obiettivo	Promuovere ed incrementare una migliore gestione della domanda di energia per raffrescamento.
Descrizione dell'azione di adattamento	Realizzazione di interventi di retrofit del patrimonio edilizio esistente e delle strutture ricettive per la riduzione dei fabbisogni di climatizzazione.
Priorità dell'azione	Medio-Alta
Esempio	-

Azione di Adattamento - Scheda n°22

Settore target	Economia
Descrizione dell'impatto	Erosione costiera. Minor appetibilità dei siti turistici a causa dell'aumento dell'erosione.
Obiettivo	Contrastare l'erosione costiera mantenendo un livello di qualità elevato.
Descrizione dell'azione di adattamento	Realizzazione di interventi di contrasto all'erosione costiera basato su soluzioni soft (ripascimenti) e nature-based (ricostituzioni degli habitat naturali).
Priorità dell'azione	Medio-Alta
Esempio	Piano di ripascimento delle sabbie del Porto Turistico Marina Sveva, Montenero di Bisaccia (CB).

Azione di Adattamento - Scheda n°23

Settore target	Economia
Descrizione dell'impatto	Aumento della temperatura delle acque marine. Cambiamento nella distribuzione e abbondanza delle specie ittiche a causa dell'aumento della temperatura del mare e della salinità
Obiettivo	Migliorare la conoscenza sugli stock ittici
Descrizione dell'azione di adattamento	Attuare piani di monitoraggio per studiare la variazione della popolazione ittica
Priorità dell'azione	Medio-Alta
Esempio	FLAG Molise Costiero e Piano Innovativo di Gestione

Azione di Adattamento - Scheda n°24

Settore target	Economia
Descrizione dell'impatto	Aumento della temperatura delle acque marine. Cambiamento nella distribuzione e abbondanza delle specie ittiche a causa dell'aumento della temperatura del mare e della salinità
Obiettivo	Ridurre la pressione di pesca sugli stock ittici
Descrizione dell'azione di adattamento	Attuare progetti di riduzione delle giornate di pesca (introducendo altre attività a sostegno dei pescatori) e incentivare l'acquacoltura.
Priorità dell'azione	Medio-Alta
Esempio	FLAG Molise Costiero e Azioni di Cooperazione

Bibliografia

Adger W.N., Brooks N., Kelly M., Bentham S., Eriksen S. (2004). New Indicators of Vulnerability and Adaptive Capacity. Technical Report 7, Tyndall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia, Norwich, UK, 122 pp.

Affolter P., Büntgen U., Esper J., Rigling A., Weber P., Luterbacher J., Frank D. (2010). Inner Alpine conifer response to 20th century drought swings. *European Journal of Forest Research*, 129, 289-298.

Alcamo J., Moreno J.M., Novaký B., Bindi M., Corobov R., Devoy R.J.N., Giannakopoulos C., Martin E., Olesen J.E., Shvidenko A. (2007). Europe. In: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., van der Linden P.J., Hanson C.E. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 541-580.

Amelung B., Moreno A. (2012). Costing the impact of climate change on tourism in Europe: results of the PESETA project. *Climatic Change*, 112(1), 83-100.

André G., Engel B., Berentsen P.B.M., Vellinga T., Oude Lansink A.G.J.M. (2011): Quantifying the effect of heat stress on daily milk yield and monitoring dynamic changes using an adaptive dynamic model. *Journal of Dairy Science*, 94(9), 4502-4513.

Armstrong B.G., Chalab Z., Fenn B., Hajat S., Kovats S., Milojevic A., Wilkinson P. (2011). Association of mortality with high temperatures in a temperate climate: England and Wales. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 65, 340-345.

Åström D., Forsberg B., Rocklöv J. (2011). Heat wave impact on morbidity and mortality in the elderly population: a review of recent studies. *Maturitas*, 69(2), 99-105.

Aucelli P.P.C., De Pippo R., Iannantuono E., Roskopf C.M. (2007). Caratterizzazione morfologico-dinamica e meteomarina della costa molisana nel settore compreso tra la foce del torrente Sinarca e Campomarino Lido (Molise, Italia meridionale). *Studi costieri*, 13: 75-92.

Aucelli P.P.C., Iannantuono E., Roskopf C.M. (2009). Evoluzione recente e rischio di erosione della costa molisana (Italia meridionale). *Italian Journal of Geosciences (Boll.Soc.Geol.It.)*, Vol. 128, n.3 , pp. 759-771.

Aucelli P.P.C., Di Paola G., Rizzo A., Roskopf C. (2018). Present day and future scenarios of coastal erosion and flooding processes along the Italian Adriatic coast: the case of Molise region. *Environmental Earth Science* 77 (10).

- Baccini M., Kosatsky T., Analitis A., Anderson H.R., D'Ovidio M., Menne B., Michelozzi P., Biggeri A. (2011). Impact of heat on mortality in 15 European cities: attributable deaths under different weather scenarios. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 65(1), 64-70.
- Barriopedro D., Fischer E.M., Luterbacher J., Trigo R.M, García-Herrera R. (2011). The hot summer of 2010: redrawing the temperature record map of Europe. *Science*, 332(6026), 220-224.
- Beaugrand G., Kirby R.R. (2010). Climate, plankton and cod. *Global Change Biology*, 16(4), 1268-1280.
- Beaugrand G., Reid P.C. (2012). Relationships between North Atlantic salmon, plankton, and hydroclimatic change in the Northeast Atlantic. *ICES Journal of Marine Science*, 69(9), 1549-1562.
- Benassai G., Chirico F., Corsini S. (2009). Una metodologia sperimentale per la definizione del rischio da inondazione costiera. *Studi costieri*, 16, 51-72.
- Bertini G., Amoriello T., Fabbio G., Piovosi M. (2011). Forest growth and climate change: evidences from the ICP-Forests intensive monitoring in Italy. *Journal of Biogeosciences and Forestry*, 4, 262-267.
- Bindi M., Olesen J.E. (2011). The responses of agriculture in Europe to climate change. *Regional Environmental Change*, 11(Suppl. 1), 151-158.
- Björdal C.G. (2012). Evaluation of microbial degradation of shipwrecks in the Baltic Sea. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 70, 126-140.
- Breesch H., Janssens A. (2010). Performance evaluation of passive cooling in office buildings based on uncertainty and sensitivity analysis. *Solar Energy*, 84(8), 1453-1467.
- Breil M., Catenacci M., Travisi C. (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. *Rapporti APAT*.
- Brimblecombe P., Grossi C.M. (2010). Potential damage to modern building materials from 21st century air pollution. *Scientific World Journal*, 10, 116-125.
- Bongarts Lebbe T., Rey-Valette H., Chaumillon E., ..., Euzen A. (2021). Designing Coastal Adaptation Strategies to Tackle Sea Level Rise. *Frontiers in Marine Sciences*, Vol 8.
- Bosello F., Nicholls R.J., Richards J., Roson R., Tol R.S.J. (2012). Economic impacts of climate change in Europe: sea-level rise. *Climatic Change*, 112(1), 63-81.
- Bruno M.F., Damiani L., Ranieri G., Saponieri A.(2016). La valutazione del rischio in ambiente costiero: il caso studio della Puglia. *EdiBios*: 1-9.

Callaway R., Shinn A.P., Grenfell S.E., Bron J.E., Burnell G., Cook E.J., Crumlish M., Culloty S., Davidson K., Ellis R.P., Flynn K.J., Fox C., Green D.M., Hays G.C., Hughes A.D., Johnston E., Lowe C.D., Lupatsch I., Malham S., Mendzil A.F., Nickell T., Pickerell T., Rowley A.F., Stanley M.S., Tocher D.R., Turnbull J.F., Webb G., Wootton E., Shields R.J. (2012). Review of climate change impacts on marine aquaculture in the UK and Ireland. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 22(3), 389-421.

Cheung W.W.L., Sarmiento J.L., Dunne J., Frölicher T.L., Lam V.W.Y., Palomares M.L.D., Watson R., Pauly D. (2013). Shrinking of fishes exacerbates impacts of global ocean changes on marine ecosystems. *Nature Climate Change*, 3(3), 254-258.

Chow D.H., Levermore G.J. (2010). The effects of future climate change on heating and cooling demands in office buildings in the UK. *Building Services Engineering Research and Technology*, 31(4), 307-323.

Ciais P., Reichstein M., Viovy N., Granier A., Ogee J., Allard V., Aubinet M., Buchmann N., Bernhofer C., Carrara A., Chevallier F., De Noblet N., Friend A.D., Friedlingstein P., Grunwald T., Heinesch B., Keronen P., Knohl A., Krinner G., Loustau D., Manca G., Matteucci G., Miglietta F., Ourcival J.M., Papale D., Pilegaard K., Rambal S., Seufert G., Soussana J.F., Sanz M.J., Schulze E.D., Vesala T., Valentini R. (2005). Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature*, 437(7058), 529-533.

Ciscar J.C., Iglesias A., Feyen L., Szabó L., Van Regemorter D., Amelung B., Nicholls R.,

Watkiss P., Christensen O.B., Dankers R., Garrotel., Goodess C.M., Hunt A., Moreno A., Richards J., Soria A. (2011). Physical and economic consequences of climate change in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(7), 2678-2683.

Corobov R., Sheridan S., Ebi K., Opopol N. (2013). Warm season temperature- mortality relationships in Chisinau (Moldova). *International Journal of Atmospheric Sciences*, 2013, 346024, doi:10.1155/2013/346024.

Daccache A., Keay C., Jones R.J.A., Weatherhead E.K., Stalham M.A., Knox J.W. (2012). Climate change and land suitability for potato production in England and Wales: impacts and adaptation. *Journal of Agricultural Science*, 150(2), 161-177.

Daufresne M., Lengfellner K., Sommer U. (2009). Global warming benefits the small in aquatic ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(31), 12788-93.

De Freitas C.R., Scott D., McBoyle G. (2008). A second generation Climate Index for Tourism (CIT): specification and verification. *International Journal of Biometeorology*, 52(5), 399-407.

D'Ippoliti D., Michelozzi P., Marino C., de'Donato F., Menne B., Katsouyanni K., Kirchmayer U., Analitis A., Medina-Ramon M., Paldy A., Atkinson R., Kovats S., Bisanti L., Schneider A., Lefranc A., Iniguez C., Perucci C.A. (2010). The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 9, 37, doi:10.1186/1476-069X-9-37.

Donatelli M., Srivastava A.K., Duveiller G., Niemyer S. (2012). Estimating impact assessment and adaptation strategies under climate change scenarios for crops at EU27 scale. In: International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs) 2012 International Congress on Environmental Modelling and Software, "Managing Resources of a Limited Planet: Pathways and Visions under Uncertainty," Sixth Biennial Meeting, 1-5 July 2012, Leipzig, Germany [Seppelt R., Voinov A.A., Lange S., Bankamp D. (eds.)]. International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs) Secretariat, Manno, Switzerland pp. 404-411, www.iemss.org/sites/iemss2012/proceedings.html.

Drius M., Jones L., Marzioletti F., de Francesco M.C., Stanisci A., Carranza M.L. (2019). Not just a sandy beach. The multi-service value of Mediterranean coastal dunes. *Science of Total Environment* 668, 1139-1155.

Easterling W.E., Aggarwal P.K., Batima P., Brander K.M., Erda L., Howden S.M., Kirilenko A., Morton J., Soussana J., Schmidhuber J., Tubiello F.N. (2007). Food, fibre and forest products. In: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., van der Linden P.J., Hanson C.E. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 273-313.

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

EEA (2010a). *The European Environment, State and Outlook 2010. Water Resources: Quantity and Flows*. EEA Report No. 1/2010, European Environment Agency (EEA), Publications Office of the European Union, Luxembourg, Luxembourg, 32 pp.

EEA (2012). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012*. EEA Report n. 12/2012.

EEA (2013). *Adaptation in Europe - Addressing risks and opportunities from climate change in the context of socio-economic developments*. EEA Report n. 3/2013.

Eurostat (2009). *Forestry Statistics*. Eurostat, Statistical Office of the European Union, Publications Office of the European Union, Luxembourg, Luxembourg, 152 pp.

Ferrara V. (2007). *Clima: Istruzioni per l'uso*. Milano, Edizioni Ambiente.

- Giannakopoulos C., Kostopoulou E., Varotsos K.V., Tziotziou K., Plitharas A. (2011). An integrated assessment of climate change impacts for Greece in the near future. *Regional Environmental Change*, 11(4), 829-843.
- Gifford R., Steg L., Reser J.P. (2011). Environmental psychology. In: *The IAAP Handbook of Applied Psychology* [Martin P.R., Cheung M.C., Kyrios L., Littlefield M., Knowles J.B., Overmier M., Prieto J.M. (eds.)]. Wiley-Blackwell, Chichester, UK, pp. 440-471.
- Giordano F., Capriolo A., Mascolo R.A. (2014). *Planning for Adaptation to Climate Change. Guidelines for Municipalities*. Life Project No LIFE08 ENV/IT/000436, 222 pp.
- Giuggiola A., Kuster T.M., Saha S. (2010). Drought-induced mortality of Scots pines at the southern limits of its distribution in Europe: causes and consequences. *Journal of Biogeosciences and Forestry*, 3, 95-97.
- Hallegatte S., Henriet F., Corfee-Morlot J. (2008). *The Economics of Climate Change Impacts and Policy Benefits at City Scale: A Conceptual Framework*. OECD Environment Working Paper No. 4, OECD Publishing, Paris, France, 48 pp.
- Hallegatte S., Green C., Nicholls R.J., Corfree-Morlot J. (2013). Future flood losses in major coastal cities. *Nature Climate Change*, 3, 802-806, doi:10.1038/nclimate1979.
- Hekkenberg M., Benders R., Moll H., Schoot Uiterkamp A. (2009). Indications for a changing electricity demand pattern: the temperature dependence of electricity in the Netherlands. *Energy Policy*, 37, 1542-1551.
- Henderson G.R., Leathers D.J. (2010). European snow cover extent variability and associations with atmospheric forcings. *International Journal of Climatology*, 30(10), 1440-1451.
- Hertel S., Le Tertre A., Jöckel K., Hoffmann B. (2009). Quantification of the heat wave effect on cause-specific mortality in Essen, Germany. *European Journal of Epidemiology*, 24(8), 407-414.
- Hinkel J., Nicholls R., Vafeidis A., Tol R., Avagianou T. (2010). Assessing risk of and adaptation to sea-level rise in the European Union: an application of DIVA. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 15(7), 703-719.
- IPCC, Climate Change 2014. (2014). *Impact, Adaptation, and Vulnerability. Report part B: Regional aspects*. V.R. Barros and C.B. Field (eds.). IPCC, Geneva.
- IPCC, Climate Change 2014. (2014). *Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.). IPCC, Geneva.
- IPCC (2018). *Global Warming of 1.5C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the*

context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Geneva: IPCC.

IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Pörtner H.O., Roberts D.C., Tignor M., Poloczanska E.S., Mintenbeck K., Alegría A., Craig M., Langsdorf S., Lösschke S., Möller V., Okem A., Rama B. (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

Isaac M., van Vuuren D.P. (2009). Modelling global residential sector energy demand for heating and air conditioning in the context of climate change. *Energy Policy*, 37(2), 507-521.

Jacxsens L., Luning P.A., van der Vorst J.G.A.J., Devlieghere F., Leemans R., Uyttendaele M. (2010). Simulation modelling and risk assessment as tools to identify the impact of climate change on microbiological food safety – the case study of fresh produce supply chain. *Food Research International*, 43(7), 1925- 1935.

Janssen M.A., Ostrom E. (2006). Resilience, vulnerability, and adaptation: a crosscutting theme of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change. *Global Environmental Change*, 16(3), 237-239.

Jonsson B., Jonsson N. (2009). A review of the likely effects of climate change on anadromous Atlantic salmon *Salmo salar* and brown trout *Salmo trutta*, with particular reference to water temperature and flow. *Journal of Fish Biology*, 75(10), 2381-2447.

Keenan T., Maria Serra J., Lloret F., Ninyerola M., Sabate S. (2011). Predicting the future of forests in the Mediterranean under climate change, with niche- and process-based models: CO2 matters! *Global Change Biology*, 17(1), 565-579.

Kumar S., Lalic B., Mestre A., Rossi F., Kozyra J., Alexandrov V., Semerádová D., Žalud Z. (2011). Agroclimatic conditions in Europe under climate change. *Global Change Biology*, 17(7), 2298-2318.

Klein R.J.T., Nicholls R.J., Thomalla F. (2003). Resilience to natural hazards: how useful is this concept? *Environmental Hazards*, 5(1), 35-45.

Langmead O., McQuatters-Gollop A., Mee L.D. (eds.). (2007). *European Lifestyles and Marine Ecosystems: Exploring Challenges for Managing Europe's Seas*. University of Plymouth Marine Institute, Plymouth, UK, 44 pp.

Lindner M., Maroschek M., Netherer S., Kremer A., Barbati A., Garcia-Gonzalo J., Seidl R., Delzon S., Corona P., Kolström M., Lexer M.J., Marchetti M. (2010). Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 259(4), 698-709.

- Malavasi M., Santoro R., Cutini M., Acosta A.T.R., Carranza M.L. (2013). What has happened to coastal dunes in the last half century? A multitemporal coastal landscape analysis in Central Italy. *Landscape and Urban Planning* 119: 54-63.
- Marmot M., Allen J., Bell R., Bloomer E., Goldblatt P., Consortium for the European Review of Social Determinants of Health and the Health Divide. (2012). WHO European review of social determinants of health and the health divide. *Lancet*, 380(9846), 1011-1029.
- Marcos-Lopez M., Gale P., Oidtmann B.C., Peeler E.J. (2010). Assessing the impact of climate change on disease emergence in freshwater fish in the United Kingdom. *Transboundary and Emerging Diseases*, 57(5), 293-304.
- Millar C.I., Stephenson N.L., Stephens S.L. (2007). Climate change and forests of the future: managing in the face of uncertainty. *Ecological Applications*, 17(8), 2145-2151.
- Miraglia M., Marvin H.J.P., Kleter G.A., Battilani P., Brera C., Coni E., Cubadda F., Croci L., De Santis B., Dekkers S., Filippi L., Hutjes R.W.A., Noordam M.Y., Pisante M., Piva G., Prandini A., Toti L., van den Born G.J., Vespermann A. (2009). Climate change and food safety: an emerging issue with special focus on Europe. *Food and Chemical Toxicology*, 47(5), 1009-1021.
- Mirasgedis S., Georgopoulou E., Sarafidis Y., Papagiannaki K., Lalas D.P. (2013). The impact of climate change on the demand pattern of bottled water and non- alcoholic beverages. *Business Strategy and the Environment*, doi: 10.1002/ bse.1782.
- Moreno A., Amelung B. (2009). Climate change and tourist comfort on Europe's beaches in summer: a reassessment. *Coastal Management*, 37(6), 550-568.
- Nabuurs G.J., Lindner M., Verkerk P.J., Gunia K., Deda P., Michalak R., Grassi G. (2013). First signs of carbon sink saturation in European forest biomass. *Nature Climate Change*, 3(9), 792-796.
- Nicholls R.J., Klein R.J.T. (2005). Climate change and coastal management on Europe's coast. In book: *Managing European Coasts: Past, Present and Future Edition: Environmental Science Chapter: 11* Publisher: Springer-Verlag Berlin Heidelberg Editors: Jan Vermaat, Laurens Bouwer, R. Kerry Turner, Wim Salomons.
- Nicholls R.J., Wong P.P., Burkett V.R., Codignotto J.O., Hay J.E., McLean R.F., Ragoonaden S., Woodroffe C.D. (2007). Coastal systems and low-lying areas.
- Nicholls R., Wong P., Burkett V., Woodroffe C., Hay J. (2008). Climate change and coastal vulnerability assessment: scenarios for integrated assessment. *Sustainability Science*, 3(1), 89-102.
- Olonscheck M., Holsten A., Kropp J. (2011). Heating and cooling demand and related emissions of the German residential building stock under climate change. *Energy Policy*, 39, 4795-4806.

- Paterson J.S., Araújo M.B., Berry P.M., Piper J.M., Rounsevell M.D.A. (2008). Mitigation, adaptation, and the threat to biodiversity. *Conservation Biology*, 22(5), 1352-1355.
- Peltonen-Sainio P., Jauhiainen L., Hakala K. (2010). Crop responses to temperature and precipitation according to long-term multi-location trials at high-latitude conditions. *The Journal of Agricultural Science*, 149(01), 49-62.
- Perch-Nielsen S.L., Amelung B., Knutti R. (2010). Future climate resources for tourism in Europe based on the daily Tourism Climatic Index. *Climatic Change*, 103(3-4), 363-381.
- Popov Janevska D., Gospavic R., Pacholewicz E., Popov V. (2010). Application of HACCP-QMRA approach for managing the impact of climate change on food quality and safety. *Food Research International*, 43(7), 1915-1924.
- Reginster I., Rounsevell M. (2006). Scenarios of future urban land use in Europe. *Environment and Planning B: Planning & Design*, 33(4), 619-636.
- Schröter D., Metzger M.J., Cramer W., Leemans R. (2004). Vulnerability assessment - analysing the human-environment system in the face of global environmental change. Kalmar University, Sweden.
- Renaudeau D., Gourdine J.L., St-Pierre N.R. (2011): Meta-analysis of the effect of high ambient temperature on growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 89(7), 2220-2230.
- Ribeiro M., Losenno C., Dworak T., Massey E., Swart R., Benzie M., Laaser C., 2009. Design of guidelines for the elaboration of Regional Climate Change Adaptations Strategies. Study for European Commission – DG Environment – Tender DG ENV. G.1/ETU/2008/0093r. Ecologic Institute, Vienna.
- Roskopf C.M., Di Paola G., Atkinson D.E., Rodríguez G., Walker I.J. (2018). Recent shoreline evolution and beach erosion along the central Adriatic coast of Italy: The case of Molise region. *Journal of Coastal Conservation* 22: 879–895.
- Rötter R.P., Palosuo T., Pirttioja N.K., Dubrovski M., Salo T., Fronzek S., Aikasalo R., Trnka M., Ristolainen A., Carter T. (2011). What would happen to barley production in Finland if global warming exceeded 4 °C? A model-based assessment. *European Journal of Agronomy*, 35(4), 205-214.
- Rounsevell M.D.A., Reginster I., Araújo M.B., Carter T.R., Dendoncker N., Ewert F., House J.I., Kankaanpää S., Leemans R., Metzger M.J., Schmit C., Smith P., Tuck G. (2006). A coherent set of future land use change scenarios for Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114(1), 57-68.
- Rutty M., Scott D. (2010). Will the Mediterranean become “too hot” for tourism? A reassessment. *Tourism Planning & Development*, 7(3), 267-281.

- Sabbioni C., Brimblecombe P., Cassar M. (2012). Atlas of Climate Change Impact on European Cultural Heritage: Scientific Analysis and Management Strategies. Anthem Press, London, UK, 146 pp.
- Savé R., de Herralde F., Aranda X., Pla E., Pascual D., Funes I., Biel C. (2012). Potential changes in irrigation requirements and phenology of maize, apple trees and alfalfa under global change conditions in Fluvia watershed during XXIst century: results from a modeling approximation to watershed-level water balance. *Agricultural Water Management*, 114, 78-87.
- Schifano P., Leone M., De Sario M., de' Donato F., Bargagli A.M., D'Ippoliti D., Marino C., Michelozzi P. (2012). Changes in the effects of heat on mortality among the elderly from 1998-2010: results from a multicentre time series study in Italy. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 11(1), 58, doi:10.1186/1476-069X-11-58.
- Schmidt-Thomé P., Greiving S. (2013). *European Climate Vulnerabilities and Adaptation: A Spatial Planning Perspective*. ISBN: 9780470977415.
- Scorpi V., Aucelli P.P.C., Giano S.I., Pisano L., Robustelli G., Roskopf C.M., Schiattarella M. (2015). River channel adjustments in Southern Italy over the past 150 years and implications for channel recovery. *Geomorphology* 251: 77-90.
- Semenov M.A. (2009). Impacts of climate change on wheat in England and Wales. *Journal of the Royal Society Interface*, 6(33), 343-350.
- Semenza J.C., Menne B. (2009). Climate change and infectious diseases in Europe. *Lancet Infectious Diseases*, 9(6), 365-375.
- Semenza J., Suk J., Estevez V., Ebi K.L., Lindgren E. (2012). Mapping climate change vulnerabilities to infectious diseases in Europe. *Environmental Health Perspectives*, 120(3), 385-392.
- Silva D.E., Rezende Mazzella P., Legay M., Corcket E., Dupouey J.L. (2012). Does natural regeneration determine the limit of European beech distribution under climatic stress? *Forest Ecology and Management*, 266, 263-272.
- Smit B. and Wandel J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 282-292.
- Stafford Smith M., Horrocks L., Harvey A., Hamilton C. (2011). Rethinking adaptation for a 4°C world. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 369, 196-216.
- Stanisci A., Acosta A.T.R., Carranza M.L., Feola S., Giuliano M. (2007). Gli habitat di interesse comunitario sul litorale molisano e il loro valore naturalistico su base floristica. *Fitosociologia* vol. 44 (2) suppl. 1:171-175.

Storm J., Cattaneo A.W., Trincardi F. (2008): Coastal dynamics under conditions of rapid sea-level rise: Late Pleistocene to Early Holocene evolution of barrier-lagoon systems on the Northern Adriatic shelf (Italy). *Quaternary Science Reviews*, 27(11-12), 1107-1123.

Trnka M., Olesen J.E., Kersebaum K.C., Skjelvåg A.O., Eitzinger J., Seguin B., Peltonen-Sainio P., Rötter R., Iglesias A., Orlandini S., Dubrovský M., Hlavinka P., Balek J., Eckersten H., Cloppet E., Calanca P., Gobin A., Vučetić V., Nejedlik P., Tubiello F.N., Soussana J.F., Howden S.M. (2007). Crop and pasture response to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(50), 19686-19690.

van der Velde M., Wriedt G., Bouraoui F. (2010). Estimating irrigation use and effects on maize yield during the 2003 heatwave in France. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 135(1-2), 90-97.

Varakina Z.L., Shaposhnikov D.A., Revich B.A., Vyazmin A.M., Yurasova E.D., Nurse J., Menne B. (2011). The projected impact of climate change on the daily mortality: a case study in Archangelsk city in Northwest Russia. *European Journal of Public Health*, 21(Suppl. 1), 159, eurpub.oxfordjournals.org/content/21/suppl_1/10.full.pdf.

Wong P.P., Losada I.J., Gattuso J.P., Hinkel J., Khattabi A., McInnes K.L., Saito Y., Sallenger A. (2014). Coastal systems and low-lying areas. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field C.B., Barros V.R., Dokken D.J., Mach K.J., Mastrandrea M.D., Bilir T.E., Chatterjee M., Ebi K.L., Estrada Y.O., Genova R.C., Girma B., Kissel E.S., Levy A.N., MacCracken S., Mastrandrea P.R., White L.L. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 361-409.

Project ID: 10252001

AdriaClim

Climate change information, monitoring and
management tools for adaptation strategies in
Adriatic coastal areas

D.5.10.1 – ANNEX 1

Regional guidelines for Climate Change adaptation on coastal ecosystem

Summary

Summary	2
Foreword	4
Chapter 1. Regional, National, and International Legislation	5
1.1 European-Level Legislation	5
1.2 National Legislation and Integrated Coastal Zone Management (ICZM)	7
1.3 Regional-Level Legislation	9
Chapter 2. Territorial analysis of the 'Europe' region conducted by the IPCC in the 5th Assessment Report.	11
2.1 General Description of Variations	11
2.1.1 Trends Independent of Climate Change	11
2.2.2 Climate Change-Dependent Trends	12
2.2 Climate Change Implications	12
2.2.1 Agriculture, Livestock, Fisheries, and Aquaculture	12
2.2.2 Forests and Woodlands	13
2.2.3 Human Settlements	13
2.2.4 Productive Activities	14
2.2.5 Human Population Health	14
2.2.6 Social and Cultural Impacts	15
2.3 Mitigation and Adaptation Options and Effects on Biodiversity	15
Chapter 3: Adaptation to Climate Change for Coastal Areas	16
3.1 Principles of Adaptation	16
3.1.1 Adaptive Capacity of a Natural System	17
3.2 Definition of Risk Components in Coastal Environments	19
3.2.1 Vulnerability	20
3.2.2 Exposure	21
3.2.3 Risk	21
3.2.4 Risk Component Analysis	21

3.2.5 Coastal Adaptation Actions	23
Chapter 4. Description of the Pilot Site "The Coast of the Molise Region"	25
4.1 The AdriaClim Project Pilot Site	25
4.1.1 Geographic Framework	25
4.1.2 Geomorphological setting	26
4.1.3 Landscape and Land Cover	27
4.1.4 Nature and Biodiversity	27
4.2 Trends and Recent Evolution	29
4.2.1 Main Drivers of Transformation of the Molise Coast	29
4.2.2 Current Climate and Future Projections	30
4.2.3 Impacts and Vulnerabilities of the Molise Coastal Zone	32
4.2.4 Current Climate of Marine Environments and Future Changes	32
Chapter 5. Climate Change Indicators in AdriaClim – Molise Region	32
5.1 Methodology in the Selection and Use of Plan Indicators	32
5.2 Future Scenarios	34
5.3 Results of the Participatory Process	35
Chapter 6. Strategies and Objectives of the Guidelines	36

Foreword

Coastal areas are highly unique and dynamic ecosystems capable of providing essential goods and services to society (Jones et al., 2011). In fact, they can offer numerous ecosystem services, including supporting services related to nutrient cycling and primary production, provisioning services such as fishing and aquaculture, climate regulation services both locally and globally (CO₂ absorption), protection against coastal erosion, and cultural services like recreation, aesthetics, tourism, etc. However, coastal ecosystems are among the most threatened globally, particularly due to climate change.

The expected effects of climate change on the coastal system are particularly severe and are primarily caused by rising sea levels and variations in the intensity and frequency of meteorological phenomena such as tornadoes, storms, and surges. Consequences of these phenomena include flooding, coastal erosion, damage, and loss of infrastructure and natural habitats. The rise in sea levels increases the risk of marine intrusion (saltwater wedge) with the consequent contamination of freshwater reserves. Impacts generated by the rise in mean sea level mainly involve the loss of land due to floods and inundations, resulting from the increased erosive activities of the sea. In Italy, the loss of land could potentially affect extensive coastal areas that host crucial economic activities. The losses will generally impact all economic activities settled in coastal areas, including agriculture, industry, urban settlements, infrastructure, and areas used for services and leisure, as well as protected areas for their natural value and structures considered cultural assets (Breil et al., 2007).

Regarding the loss of biodiversity, a recent study indicates that by 2050, 80% of the 2000 species currently observed in Europe (1,350 plants, 157 mammals, 108 reptiles, and 383 nesting birds) will disappear due to greenhouse gas emissions and climate change (Schröter et al., 2004; EEA, 2005). The loss of terrestrial coastal habitats due to sea-level rise adds to the loss of marine habitats, due to the impacts of warming marine and coastal waters, leading to the extinction of some local species and the intrusion of exotic and/or invasive species (EEA, 2005). The increase in sea and ocean surface temperatures and water acidification leads to a change in fish communities (range shift) with consequences for habitats and fish stocks. Ultimately, these effects can cause the loss of numerous and diverse ecosystem services provided by coastal areas, with economic implications. The third line of change concerns the decrease in water resources, which tend to become scarce both due to reduced precipitation and the intrusion of saline waters into coastal water reserves, already under pressure due to the intense human impact on coastal areas. Climate change is not the only threat to coastal ecosystems. Anthropogenic activities, especially in recent decades, have contributed to altering the physical, chemical, and biological conditions of coastal ecosystems: intensive fishing, extractive activities, urbanization, modifications to the coastline, and habitat destruction. Distinguishing the effects of these two types of drivers of change is not always straightforward because they often intersect and interact, multiplying negative effects. Decision-

makers (at various administrative and institutional levels) are therefore tasked with evaluating whether a certain risk/impact expected from climate change requires adaptation actions, and secondly, if deemed necessary, assessing which adaptation option is preferable. In this regard, one approach is to choose the intervention option that ensures the highest benefit for the community (in terms of avoided risks/impacts), relative to the collective costs that the interventions would entail.

Currently, the EU equally directs its political commitment to both mitigation and adaptation, recognized as complementary actions to, respectively, address the causes of climate change and cope with its consequences. Furthermore, adaptation lends support to the EU's overarching political-economic goals outlined in the "Europe 2020" growth strategy and the transition to a sustainable, resource-efficient, ecologically mindful, and low-carbon emissions economy (EEA, 2013).

In this context, the Interreg Italy-Croatia project AdriaClim (Climate change information, monitoring and management tools for adaptation strategies in Adriatic coastal areas) fits, supporting the development of regional and local adaptation plans to transform potential climate threats into economic opportunities. The project aims to assist Italian and Croatian coastal municipalities and regions in the development of guidelines, strategies, and plans within the framework of climate change adaptation and mitigation through the exchange of best practices in an integrated and co-designed manner.

The main objective of AdriaClim is to enhance climate resilience in the cooperation area, increasing the capacity to develop new climate adaptation plans, update existing ones, and develop mitigation strategies based on high-resolution, more accurate, and reliable climate information (integrated observations and modeling). These efforts are focused on coastal and marine areas threatened by risks such as sea-level rise, anomalies in sea temperature and salinity, coastal erosion, and freshwater salinization, along with related economic sectors and ecosystem services. AdriaClim aims to develop integrated information systems at the local Adriatic scale, composed of hydro-meteoromarine climatological databases (model scenarios and observations) and knowledge-based tools (such as indicators) for the dynamic and advanced implementation of relevant regional climate adaptation plans accessible to the entire Interreg Program area and the project's partner countries.

Chapter 1. Regional, National, and International Legislation

1.1 European-Level Legislation

Barcelona Convention (February 12, 1978)

The Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean focuses on promoting environmental protection and integration in the

Mediterranean. The European Community and all Mediterranean member states of the European Union are contracting parties to the Convention.

Recommendation of the European Parliament and the Council (May 30, 2002): Implementation of Integrated Coastal Zone Management

1. Consider Chapter 17 of AGENDA 21 - Protection of the OCEANS.
2. Address climate change impacts, including sea-level rise, changes in storm intensity and frequency, coastal erosion, and flooding, in management considerations.
3. Promote broader-scale integrated management using horizontal tools.
4. Utilize natural processes and ecosystem absorptive capacity to make human activities more sustainable.
5. Involve all stakeholders (public and private) in the management process based on shared responsibilities.

Publication of the European Commission's Green Paper (2007)

"Adapting to Climate Change in Europe – Possible Measures for the EU," a first step towards integrating the adaptation dimension into European policies.

Protocol on Integrated Coastal Zone Management (ICZM) in the Mediterranean 2009/89/EC (adopted on February 4, 2009). The Protocol enables the conservation of the coastal zone, defined as the geomorphic area on both sides of the coast where interaction between the marine and terrestrial parts occurs in the form of complex ecological systems and resources, interacting with human communities and their related socio-economic activities. "Integrated coastal zone management" refers to a dynamic process for the management and sustainable use of coastal zones, taking into account the fragility of ecosystems and coastal landscapes, the diversity of activities and uses, their interactions, the maritime orientation of certain activities and uses, and their impact on both the marine and terrestrial parts.

The main objectives of integrated coastal zone management are: (a) facilitating sustainable development of coastal zones through rational activity planning; (b) preserving coastal zones for the benefit of current and future generations; (c) ensuring the sustainable use of natural resources, particularly concerning water use; (d) ensuring the conservation of the integrity of coastal ecosystems, landscapes, and geomorphology; (e) prevent and/or reduce the effects of natural hazards, particularly climate change, which can be induced by natural or human activities; (f) achieve coherence among public and private initiatives and among all decisions of public authorities at the national, regional, and local levels that impact the use of the coastal zone.

Publication of the White Paper (2009), "Adapting to Climate Change: Towards an EU Framework for Action," which provides a list of concrete adaptation actions within the fundamental policies of the EU. With this document, the Commission lays the foundation for building a European Adaptation

Strategy aimed at reducing vulnerability to present and future impacts and strengthening Europe's resilience. The White Paper introduces a key concept underpinning the European Adaptation Strategy: assigning responsibility for adaptation action to national, regional, and local governments. This is supported by scientific evidence indicating that various regions in Europe will be affected by the impacts of climate change in significantly different ways, given the uneven distribution of adaptive capacity among populations, socio-economic sectors, and natural systems within the EU (EEA, 2012).

One of the most significant achievements following the publication of the White Paper is the establishment of the European Adaptation Platform Climate-ADAPT (<https://climate-adapt.eea.europa.eu/>), followed by the creation of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (<https://www.ipcc.ch/>).

Protocol for Integrated Coastal Zone Management (ICZM) in the Council Decision of the Barcelona Convention 2010/631/EU (ratified on September 13, 2010) with the signing of the Protocol. Subsequently, in support of ICZM and the implementation of the Protocol, the website of the Coastal Centre of the Barcelona Convention/Action Plan for the Mediterranean, PAP/RAC, was established in Split, Croatia. PAP/RAC (Priority Actions Program/Regional Activity Centre) is one of the six Regional Activity Centres of the Mediterranean Action Plan (MAP), and its mission is to support Mediterranean countries in their path towards sustainable coastal development.

General Principles of the ICZM Protocol:

- Consider the biological and environmental heritage and all elements related to hydrological, geomorphological, climatic, ecological, socio-economic, and cultural systems.
- Apply an ecosystem-based approach to the planning and management of coastal zones to ensure sustainable development.

European Strategy for Adaptation to Climate Change (April 16, 2013).

In April 2013, the European Union formally adopted the Climate Change Adaptation Strategy, outlining its principles, guidelines, and objectives to promote coordinated national visions consistent with national plans for the management of natural and anthropogenic risks. The strategy aims to enhance the level of preparedness and the capacity to respond to the impacts of climate change at the local, regional, national, and Union levels. One of the key objectives of the strategy is to increase the resilience (adaptive capacity to adversity) of vulnerable sectors.

1.2 National Legislation and Integrated Coastal Zone Management (ICZM)

The adoption of the European Adaptation Strategy on April 16, 2013, prompted European countries, including Italy, without a coordinated national vision on adaptation, to begin developing a national strategy. The European Adaptation Strategy encourages all EU Member States to develop national

adaptation strategies consistent with national plans for disaster risk management and including transboundary issues.

National Biodiversity Strategy (2010)

Before the development of the strategy, the Ministry of the Environment, Land, and Sea (MATTM) included the theme of adaptation to climate change in some sectoral strategic documents.

White Paper Publication (September 20, 2011)

"Challenges and Opportunities for Rural Development for Mitigation and Adaptation to Climate Change," promoted by the Ministry of Agricultural, Food and Forestry Policies (MIPAAF).

National Strategy for Climate Change Adaptation (2013)

The main objective of the National Strategy for Climate Change Adaptation (SNACC) is to develop a national adaptation strategy with a comprehensive vision on addressing the impacts of climate change.

Potential impacts resulting from climate change and key vulnerabilities for Italy include:

- Alterations to the hydrogeological regime.
- Increased pressure on water resources.
- Soil degradation and a higher risk of erosion and land desertification.
- Higher risk of forest fires and droughts for Italian forests.
- Loss of biodiversity and natural ecosystems.
- Increased incidence of extreme weather and sea-level rise.
- Reduction in agricultural productivity.
- Possible repercussions on human health due to a potential increase in heat-related diseases and mortality, as well as cardiorespiratory diseases due to air pollution.

National Climate Change Adaptation Plan (2018)

The National Climate Change Adaptation Plan (PNACC) (pending approval) aims to implement the National Strategy with the primary objective of updating the national knowledge framework on adaptation and making it functional for the design of adaptation actions at different levels of government and in various sectors. Specifically, the Plan identifies:

- Reference climate scenarios at the district/regional scale.
- Risk propensity.
- Sectoral impacts and vulnerabilities.
- Sectoral adaptation actions.
- Roles for the implementation of adaptation actions and measures, as well as coordination tools among different levels of territorial government.

- Estimation of human and financial resources required.
- Indicators of the effectiveness of adaptation actions.
- Monitoring and evaluation methods for the effects of adaptation actions.

1.3 Regional-Level Legislation

The role of regions and cities in implementing climate policies is widely recognized at the international and European levels. The Paris Agreement (Agreement on the reduction of greenhouse gas emissions at the 21st Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC - signed on December 12, 2015) has acknowledged the importance of multilevel governance in climate policies. The local administrative level is considered essential for the planning and implementation of adaptation policies. The impacts of climate change are specific to each territory, considering the expected impacts and local vulnerabilities. Regional and municipal administrative levels have a deeper understanding of the development needs of administered territories and can integrate adaptation objectives and measures into current planning.

For these reasons, it is important for regional administrations to develop strategic documents for adaptation, aiming to guide and encourage adaptation action in local territories, within which this document is structured. Indeed, the climate system has a global extent, but its manifestations, through atmospheric processes, ocean circulation, different bioclimatic zones, daily weather, and long-term climatic trends, are regional or local in terms of their manifestations, characteristics, and implications.

In addition, decisions that are or could be made based on scientific evidence of climate change occur across a wide range of scales, and the relevance and limitations of information on biophysical impacts and social vulnerability vary significantly from the global scale to the local scale and from one region to another.

A good understanding of decision-making contexts is essential to define the type, resolution, and characteristics of information on climate change-related risks required by physical climate science and assessments of impacts, adaptation, and vulnerability (IPCC, 2012). The image below shows the key actors involved at different scales, from the global level to the local level (modified from IPCC, 2014).

	Level	Coherent policies and decision making across domains					...
		Economy	Energy	Food/fiber	Technology	Environment	
Multi-level organization and governance	Global	<ul style="list-style-type: none"> International Monetary Fund World Bank World Trade Organization Millennium Development Goals NGOs 	<ul style="list-style-type: none"> International Energy Agency NGOs 	<ul style="list-style-type: none"> UN Food and Agriculture Organization World Trade Organization UN Convention on the Law of the Sea (fisheries) NGOs 	<ul style="list-style-type: none"> World Intellectual Property Organization NGOs 	<ul style="list-style-type: none"> UN Framework Convention on Climate Change Convention on Biological Diversity Montreal Protocol NGOs 	
	Transnational	<ul style="list-style-type: none"> Multilateral Financial Institutions/Multilateral Development Banks Bilateral Financial Institutions Organisation for Economic Cooperation and Development EU UN Convention on the Law of the Sea (transport) 	<ul style="list-style-type: none"> Organization of the Petroleum Exporting Countries Electric grid operators Oil/gas distributors 	<ul style="list-style-type: none"> Association of Southeast Asian Nations Free Trade Area Common Market for Eastern and Southern Africa Mercado Común del Sur (Southern Common Market) EU Common Agricultural/Fisheries Policies 	<ul style="list-style-type: none"> Multi-nationals' research and development EU Innovation Union 	<ul style="list-style-type: none"> Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Europe, North America, Central Asia) Mekong River Commission for Sustainable Development Lake Victoria Basin Commission EU Directives 	
	National	<ul style="list-style-type: none"> Ministries/governments Departments/agencies Banks Taxation 	<ul style="list-style-type: none"> Ministries/governments Departments/agencies Energy providers Energy regulators 	<ul style="list-style-type: none"> Ministries/governments Departments/agencies Tariffs, quotas, regulations 	<ul style="list-style-type: none"> Ministries/governments Departments/agencies Education Innovation Research and development 	<ul style="list-style-type: none"> Ministries/governments Departments/agencies Environmental law 	
	Subnational	<ul style="list-style-type: none"> States/provinces/counties/cities Taxation 	<ul style="list-style-type: none"> States/provinces/counties/cities Public/private energy providers 	<ul style="list-style-type: none"> States/provinces/counties/cities Extension services Land use planning 	<ul style="list-style-type: none"> States/provinces/counties/cities Incentives Science parks 	<ul style="list-style-type: none"> States/provinces/counties/cities Protected areas Regional offices 	
	Local	<ul style="list-style-type: none"> Microfinance Cooperatives Employers Voters Consumers 	<ul style="list-style-type: none"> Renewables Producers Voters Consumers 	<ul style="list-style-type: none"> Farmers Foresters Fishers Landowners Voters Consumers 	<ul style="list-style-type: none"> Entrepreneurs Investors Voters Consumers 	<ul style="list-style-type: none"> Environmentalists Landowners Voters Consumers 	

Notes: EU = European Union; NGO = Non-governmental Organization; UN = United Nations.

As illustrated in the table, subnational and local levels represent the socio-economic fabric of the regional territory with all the stakeholders present, both economic and social, who must actively participate in planning for climate change adaptation. Among the most significant documents/plans where the Molise region has implemented policies to counteract climate change (directly or indirectly), the following can be mentioned:

Programma di Sviluppo Rurale Molise 2014-2020 Measures and interventions aimed at mitigation and/or adaptation to climate change (Measure 10 - Agro-climatic-environmental payments and Measure 16 - Cooperation). Definitively ratified with Deliberation No. 412 dated 03.08.2015. <https://psr.regione.molise.it/psr>

Piano Forestale Regionale (Regional Forest Plan) Actions for both mitigation (Action 2C - Improvement of the capacity to sequester atmospheric carbon) and adaptation (Action 2B - Prevention and fight against forest fires, Action 5A - Forest management and soil protection, Action 5C - Prevention and containment of the risk of desertification, Action 6A - Oriented management of urban, peri-urban, and areas of particular tourist-recreational interest). <https://www3.regione.molise.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/327>

P.E.A.R. MOLISE - Piano Energetico Ambientale (Environmental Energy Plan). Promotion of energy efficiency and the use of renewable energy sources (mitigation actions). Approved with DCR No. 133 dated 11.07.2017.
<https://www3.regione.molise.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/12414>

Piano Tutela dell'Acqua (Water Protection Plan). Specific measures for adaptation (MS.F18 - Promoting the increase of wooded areas in urban, river, and coastal areas also for climate adaptation purposes) and general measures for water resource protection as indirect adaptation measures. Approved with DCR No. 902 dated 06.02.2018.
<https://www3.regione.molise.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/13780>

Strategia Regionale per lo Sviluppo Sostenibile (Regional Strategy for Sustainable Development). Adaptation to climate change indicated as a "transversal strategic priority. Approved with DGR 2022/248 dated 26.07.2022.
<https://www.regione.molise.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/17452>

Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (Regional Strategy for Adaptation to Climate Change). Provides an overview framework for regional sectors, administrations, and organizations involved in climate change adaptation. Approved with DGR No. 444 dated November 29, 2022.
https://cloud.urbi.it/urbi/progs/urp/fecore02.stoDOCORE_testata=39176460&DOCORE_versione=1&FNSTR=SFIUQLCUW_DCWLBCONE_UKCNGRVAJPT_TIPYYGLYXW_HDRETFDDY.KYI.X7M&DB_N_AME=I1200158&ContestoChk=DE&P7M=S

Chapter 2. Territorial analysis of the 'Europe' region conducted by the IPCC in the 5th Assessment Report.

2.1 General Description of Variations

2.1.1 Trends Independent of Climate Change

European countries differ in both demographic and economic trends. Population health and social well-being have improved everywhere in Europe, with reductions in mortality rates for adults and children, but social inequalities persist both within and between countries (Marmot et al., 2012).

Agriculture represents a significant land use across the entire European region, covering about 35% of the total surface of Western Europe (Rounsevell et al., 2006). Since the post-war period, there has been an unprecedented increase in agricultural productivity, correlated with a decrease in areas designated for agricultural use. This intensification has had various negative impacts on the ecological properties of agricultural systems, such as carbon sequestration, nutrient cycling, soil structure and function, water purification, and pollination. Agriculture-induced pollution has led to eutrophication and a decline in water quality in some areas (Langmead et al., 2007). Forests in

Europe cover about 34% of the areas (Eurostat, 2009). Progress in forest management practices has led to a faster growth in forest-covered areas in recent years compared to the early 20th century. Urban development is still increasing across Europe, especially in Eastern Europe, and its extent depends on population growth, economic growth, and land-use planning policies (Reginster and Rounsevell, 2006). Although changes in urban land use will be relatively small in terms of area, urban development has a significant impact locally on environmental quality (Langmead et al., 2007).

2.2.2 Climate Change-Dependent Trends

The average temperature in Europe is continuously rising, with different regional and seasonal warming rates, with greater warming at the high latitudes of Northern Europe. Since the 1950s, extreme high temperatures (defined as hot days, tropical nights, and heatwaves) have progressively become more frequent, while extreme low temperatures (defined as cold spells, cold days) have become progressively less frequent (EEA, 2012). Additionally, annual precipitation has increased in Northern Europe (up to +70 mm per decade) and, consequently, decreased in Southern Europe (EEA, 2012, based on Haylock et al., 2008). Snow cover in winter exhibits high interannual variability with non-significant negative trends in the period 1967–2007 (Henderson and Leathers, 2010).

2.2 Climate Change Implications

2.2.1 Agriculture, Livestock, Fisheries, and Aquaculture

Alcama et al. (2007) note that crop availability could change across Europe. During the summer heatwaves of 2003 and 2011, the decrease in wheat availability reached between 20% and 25-30%, respectively, in Europe and Russia (Ciais et al., 2005; Barriopedro et al., 2011). Cereal production dropped by about 40% in the Iberian Peninsula during the intense drought of 2004/2005 (EEA, 2010a).

The regional distribution of climate change impacts on agricultural production is likely to vary significantly (Donatelli et al., 2012; Iglesias et al., 2012). Southern Europe would experience the greatest yield losses (–25% by 2080 with a warming of 5.4°C; Ciscar et al., 2011), with increased risks of summer crop failures driven by rainfall. Warmer and drier conditions by 2050 (Trnka et al., 2011) would cause a moderate decline in crop yields in Central European regions (Ciscar et al., 2011).

In Western Europe, increased heat stress during flowering could cause significant yield losses in wheat (Semenov, 2009). For Northern Europe, there are conflicting evidence regarding future impacts. A positive change in yield combined with an expansion of climatically suitable areas could lead to increased harvests (with regional warming between 2.5°C and 5.4°C) (Bindi and Olesen, 2011). However, this temperature increase could limit the expansion of winter crops, posing a high risk of loss for these cereals (Peltonen-Sainio et al., 2010; Rötter et al., 2011). Reduced suitability for rain-fed agricultural production (Trnka et al., 2011; Daccache et al., 2012) will increase the demand for water for crop irrigation (Savé et al., 2012). However, increased irrigation may not be a plausible option, especially in the Mediterranean region due to the decrease in total runoff and

groundwater resources (Olesen et al., 2011). To meet this demand, irrigation system costs could increase by 20 to 27% in southern Italy (Daccache et al., 2012), and new irrigation infrastructure may be required in some regions (van der Velde et al., 2010).

Livestock production is negatively influenced by heat (Tubiello et al., 2007). With intensive systems, heat stress has reduced dairy and fattening pig production performance at daily average air temperatures above 18°C and 21°C, respectively (André et al., 2011; Renaudeau et al., 2011). High air temperature and humidity increased livestock mortality risk by 60% in Italy (Crescio et al., 2010). Adaptation requires changes in diets and agricultural buildings (Renaudeau et al., 2011) as well as targeted genetic improvement programs (Hoffmann, 2010).

In response to climate change and intensive fishing, extensive reductions have been observed in the size of catches (Daufresne et al., 2009) and the average size of zooplankton (Beaugrand and Reid, 2012), posing a threat to the future sustainability of fishing (Beaugrand and Kirby, 2010). Aquaculture may be affected as the areal extent of some suitable aquaculture habitats may be reduced by rising sea levels. Observed higher water temperatures have negatively impacted the production of both wild and farmed freshwater salmon in the southern part of their distribution areas (Jonsson and Jonsson, 2009).

Moreover, ocean acidification can disrupt the early development stages of mollusks (Callaway et al., 2012). Finally, climate change can enhance parasitic diseases, posing significant risks to the health of aquatic animals (Marcos-Lopez et al., 2010).

2.2.2 Forests and Woodlands

Observed and predicted responses of forests to climate change include changes in growth rates, phenology, composition of plant and animal communities, increased damage from fire, storms, insects, and various pathogens. Indeed, both plant mortality and forest decline due to severe drought events have already been observed in Southern Europe (Affolter et al., 2010), including Italy (Giuggiola et al., 2010; Bertini et al., 2011). Future projections show that, in Northern and Atlantic Europe, increased atmospheric CO₂ and higher temperatures could lead to increased forest growth and wood production, at least in the short and medium term (Lindner et al., 2010). On the other hand, in Southern and Eastern Europe, growing drought risks and disturbances could have negative effects, resulting in decreased productivity of forests and woodlands (Hlásny et al., 2011; Keenan et al., 2011; Silva et al., 2012). A possible approach in response to climate change impacts on maintaining forested areas includes short and long-term strategies to enhance ecosystem resistance and resilience and respond to a potential limit on carbon accumulation (Millar et al., 2007; Nabuurs et al., 2013).

2.2.3 Human Settlements

As the risk of sea-level events increases with climate change, coastal flood risk will remain a key challenge for various European cities, port facilities, and other infrastructure (Hallegatte et al., 2008,

2011; Nicholls et al., 2008). The Atlantic, Northern, and Southern regions of Europe are expected to be the most affected, and the direct costs of sea-level rise without adaptation could reach 17 billion euros per year by 2100 (Hinkel et al., 2010), with estimated indirect costs even for landlocked countries (Bosello et al., 2012). However, the amount of resources and populations that need to be protected by coastal defenses is increasing; therefore, the extent of losses in the event of floods will also increase in the future (Hallegatte et al., 2013). Additionally, the risk of river-induced floods, which tends to increase in the future due to climate change, poses documented threats in Europe.

2.2.4 Productive Activities

Considering both global warming and localized cooling in some parts of the globe, in a scenario of +3.7°C by 2100, a decrease in total annual energy demand across Europe has been estimated for the period 2000-2100 (Isaac and van Vuuren, 2009). Seasonal changes will be significant, especially for electricity, with summer peaks occurring even in countries with moderate summer temperatures (Hekkenberg et al., 2009). Future changes in building stock and renovation rates are crucial for assessing the impact and adaptation to climate change; improved energy efficiency of buildings and cooling systems, and demand management are effective adaptation options that states should begin planning for in the short and long term (Breesch and Janssens, 2010; Chow and Levermore, 2010; Olonscheck et al., 2011). Research on the potential effects of climate change on industry is limited. Changes in future food and beverage consumption have been estimated based on current temperature sensitivity (Mirasgedis et al., 2013): higher temperatures may favor the growth of foodborne pathogens or contaminants, modifying the quality of food products, especially in Southern Europe, where reaching very high annual average temperatures is estimated, resulting in significant economic losses (Jacxsens et al., 2010; Popov Janevska et al., 2010). Tourism activities can also be significantly affected by climate change. In the Mediterranean area, climatic conditions are expected to worsen in summer, especially after 2050, and improve during spring and autumn (Amelung and Moreno, 2009; Perch-Nielsen et al., 2010; Giannakopoulos et al., 2011). Other authors have concluded that before 2030 (or even 2060), the increase in summer temperatures in the Mediterranean area will not compromise beach or urban tourism too much (Moreno and Amelung, 2009; Rutty and Scott, 2010). However, beach tourists are primarily discouraged by rain or other extreme summer events that tend to increase proportionally with average summer temperatures and will also experience higher exposure to heatwaves (De Freitas et al., 2008). However, populations in continental (Hertel et al., 2009) and northern Europe (Armstrong et al., 2011; Varakina et al., 2011) are also vulnerable to heatwaves.

2.2.5 Human Population Health

Climate change is likely to have a range of effects on the health of European populations. Studies have confirmed the effects of heat on mortality and morbidity in European populations, especially in the elderly and those with chronic diseases (Åström et al., 2011; Corobov et al., 2013). Regarding subregional vulnerability, populations in Southern Europe appear to be the most sensitive to warm

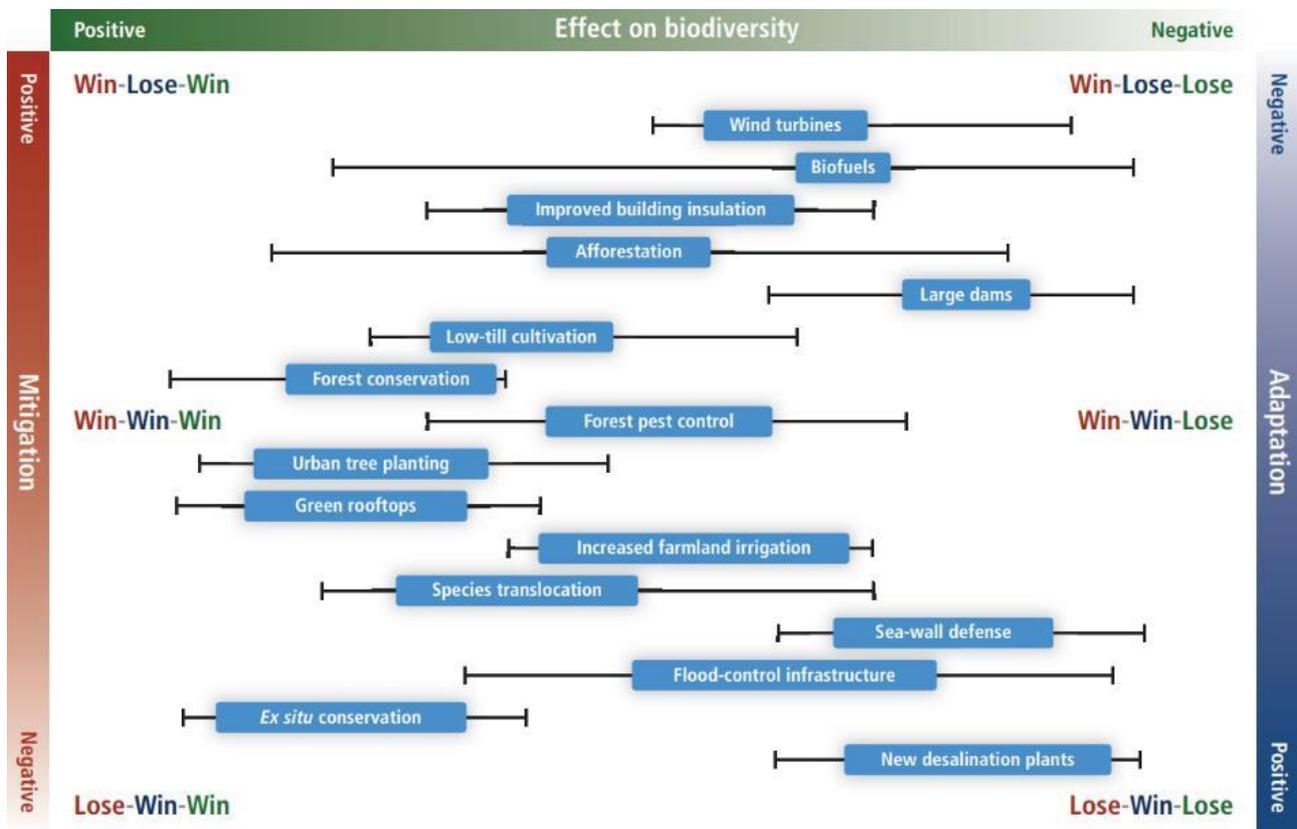
climates (D'Ippoliti et al., 2010; Baccini et al., 2011). Adaptation measures to reduce heat-related health effects include heatwave plans, which have been shown to reduce heat-related mortality in Italy, but evidence of effectiveness is still very limited (Schifano et al., 2012). Evidence on future risks from climate change-related infectious diseases is still limited. There have been developments in mapping the current and potential future distribution of important disease vector species in Europe, but data are currently partial and incomplete (Semenza and Menne, 2009; Semenza et al., 2012). Other potential consequences include an increase in marine biotoxins in seafood due to harmful algal bloom toxin production and the presence of pathogenic bacteria in food due to increasingly frequent extreme weather conditions (Miraglia et al., 2009).

2.2.6 Social and Cultural Impacts

A very important impact of climate change is on the cultural and architectural heritage of cultural value (Storm et al., 2008), which will suffer from extreme events with chronic damage to materials not previously considered (Sabbioni et al., 2012). Cultural heritage is a non-renewable resource, and the impacts of environmental changes are evaluated over long time scales (Brimblecombe and Grossi, 2010). There is also evidence suggesting that climate change and sea-level rise could also affect maritime heritage in the form of shipwrecks and other submerged archaeology (Björdal, 2012). Europe has many unique rural landscapes reflecting cultural heritage that has evolved from centuries of human intervention, such as the cork oak forest in Portugal, the garrigue in southern France, alpine meadows, heathlands in the UK, machair in Scotland, peat bogs in Ireland, polders in Belgium and the Netherlands, and vineyards. Many, if not all, of these cultural landscapes are sensitive to climate change, and even small climatic changes could have significant impacts, also with cultural loss, as landscapes have great importance in maintaining the traditions of the populations living in them (Gifford et al., 2011).

2.3 Mitigation and Adaptation Options and Effects on Biodiversity

Below is a figure summarizing the potential mitigation and adaptation options for biodiversity evaluated in the literature. The figure shows that options that come closest to being advantageous for all are green roofs, urban tree planting, forest conservation, and low tillage farming. Other options with clear benefits are afforestation, forest pest control, increased irrigation of farmland, and species relocation. On the horizontal axis, it ranges from positive effects on biodiversity (left side) to negative effects (right side). Each mitigation/adaptation option is placed on the biodiversity effect axis (solid bars), including an estimate of associated assessment uncertainties (error bars). The various options are provided vertically with mitigation at the top and adaptation at the bottom. Options located toward the center of the vertical axis have benefits for both mitigation and adaptation. Therefore, options located in the left-center of the figure have benefits for mitigation, adaptation, and biodiversity, and are thus labeled as beneficial for all. Other combinations of benefits and drawbacks are labeled accordingly, for example, win-win-lose, lose-win-lose, etc. (modified from Paterson et al., 2008).



Chapter 3: Adaptation to Climate Change for Coastal Areas

3.1 Principles of Adaptation

Adaptation capacity is the measure of society's ability to cope with the potential impacts of climate change, often characterized in relation to social vulnerability and represented in regional statistics using socioeconomic indicators (IPPC, 2014). Adaptation is a process of "adjustment" to a system, whether environmental or socio-economic, to minimize negative consequences and harness positive opportunities of a disturbance. Ferrara (2007) emphasizes that adaptation to climate change includes both the process of adjusting the system to a new situation and the conditions that enable the system to adapt.

Planned adaptation strategies are based on analyses of impacts and future impact scenarios. Therefore, the level and type of adaptation depend on vulnerability, i.e., the degree of susceptibility of a system to the negative effects of climate change. Vulnerability is a function of the sensitivity and natural adaptation capacity of a system, heavily depending on local physical and socio-economic characteristics. The future vulnerability of the Italian coastal system will depend not only

on climate change but also on socio-economic development processes that determine its adaptation capacity.

Adaptation strategies to climate change are numerous and highly diversified, encompassing purely technological actions (e.g., rigid coastal defenses), "behavioral" measures (modifying certain choices, e.g., recreational activities), management interventions (e.g., modifying agricultural practices in flood-prone areas), and political decisions (regulations for planning). From an economic analysis perspective, the choice among possible climate change adaptation strategies must be made following a careful analysis of the costs and benefits, both direct and indirect, associated with each option. Economic evaluation of adaptation policies for coastal areas requires an in-depth understanding of physical impacts, which are then quantified in economic terms.

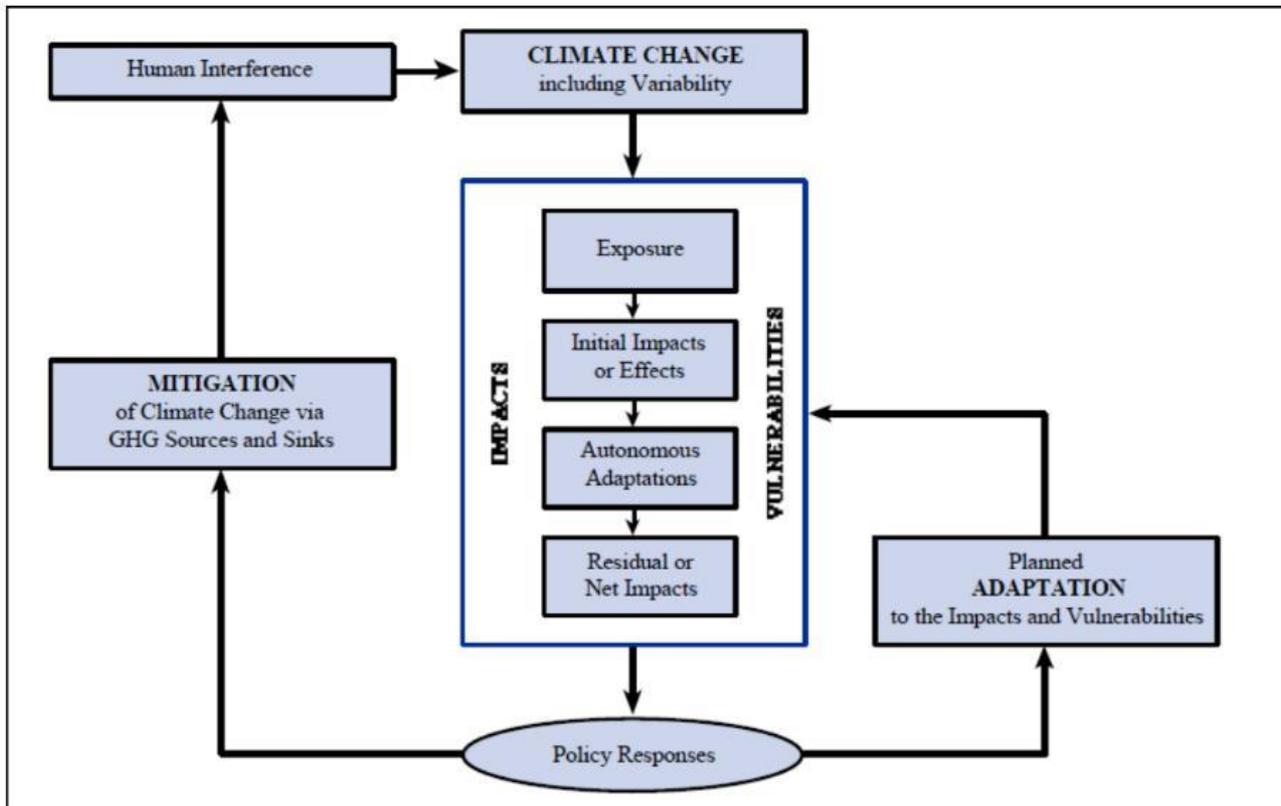
Adaptation strategies play a crucial role at the local level, where varying environmental, social, and economic conditions can result in different impacts and effectiveness of strategies. The selection of the best adaptation strategy requires a thorough study of the existing and future environmental, social, and economic conditions of the territorial system involved. Uncertainty about the future variation of parameters must be internalized in the analysis by adopting a multi-scenario approach, considering different hypotheses about the future evolution of the study area. Local-level concerted decision-making processes involving shared assessment studies with all stakeholders are also necessary to identify the best adaptation options compatible with the system in question, based on a detailed analysis of costs and benefits.

3.1.1 Adaptive Capacity of a Natural System

Adaptation capacity can reflect the intrinsic qualities of a system that make it capable of adapting. Moreover, it can also reflect the abilities to gather and analyse information, communicate, plan, and implement adaptation strategies that ultimately reduce vulnerability to climate change impacts (Giordano et al., 2014).

Adaptation represents the adjustment process that ecological and human and socio-economic systems undergo or are capable of undertaking in response to an introduced disturbance, to reach a different equilibrium point suitable for changed conditions. Adaptation capacities in human systems vary considerably between different countries, regions, and socioeconomic groups, influenced by factors such as economic power, technology, information, institutions, and equity. Strengthening these adaptation capacities through planning adaptation strategies is necessary for countries, regions, and socioeconomic groups that are most vulnerable. Planning preventive adaptation strategies has the potential to reduce vulnerability and provide opportunities associated with climate change, regardless of autonomous adaptation actions.

Below is the framework developed by the IPCC for assessing the effects of climate change and possible response types (mitigation and adaptation):



The factors influencing adaptive capacity are diverse and varied, such as access to and the ability to process information about climate change, the ability to access resources for adaptation investment, the system's flexibility to change in response to climate stimuli, the willingness to change and adapt, the ability of species to migrate, or the potential expansion of ecosystems into new areas (Ribeiro et al., 2009). As defined by the IPCC (2007), adaptive capacity represents the ability of a system to adjust to climate change (including climate variability and extreme events) to reduce potential damages, seize opportunities, and cope with harmful consequences.

Below is an example of indicators for the analysis of adaptive capacity to climate change (from ISPRA, Life ACT Project-2011):

Examples of indicators for adaptive capacity to climate change

Health	<ul style="list-style-type: none"> • Early warning system • Green spaces for reducing the Urban Heat Island
Agriculture	<ul style="list-style-type: none"> • Crop insurance • Change in agronomic practices
Desertification/Land degradation	<ul style="list-style-type: none"> • Soil erosion control measures • Reforestation/afforestation measures
Natural risk	<ul style="list-style-type: none"> • Funds allocation in order to improve dissemination and knowledge sharing • Programs and sector plan for the hydrological and geological risk reduction

However, due to a general scarcity of data and information, technical resources, expertise, particularly at the local level, there can be a considerable degree of subjectivity in assessing these components and overall vulnerability.

3.2 Definition of Risk Components in Coastal Environments

In recent years, risk assessment has played an increasingly significant role in coastal land planning and management activities. The physical processes affecting coastlines, which can lead to a substantial depletion of their environmental quality and sustainability over the long term, may cause significant social changes in the development of economic activities and the lifestyle of coastal populations (Bruno et al., 2016). Observations and predictions of ongoing climate changes (e.g., sea-level rise, increased frequency of intense storm surges, etc.) also demonstrate increased exposure of coastal areas to risk determinants, particularly erosion and flooding phenomena (Nicholls et al., 2007; IPCC, 2014). The analysis of criticalities involves not only the physical processes responsible for erosion and flooding but also the characteristics of the natural and anthropic environment and the interactions between the two (Benassai et al., 2009).

However, there is still some confusion about the definition of key terms (Janssen and Ostrom, 2006), such as vulnerability (Adger, 2006), adaptation (Stafford Smith et al., 2011), adaptive capacity (Smit and Wandel, 2006), and resilience (Klein et al., 2003). One reason is that all these concepts are not independent of each other but are defined in relation to one another (Hinkel, 2011). Differences in definitions refer to different entry points for examining climate change risk (IPCC, 2012).

Vulnerability (V) is a function of the character, magnitude, and speed of climate change and variation to which a system is exposed, its sensitivity, and its adaptive capacity (IPCC, 2007). The

vulnerability of coastal systems to sea-level rise and other changes is determined by the sensitivity, exposure, and adaptive capacity of these systems (Nicholls and Klein, 2005). The Coastal Vulnerability Index (CVI) is one of the main tools used for assessing coastal vulnerability, although most studies conducted so far only include the physical-environmental dimension of the analyzed coastal system.

Exposure (E) represents the quantity and quality of various anthropic elements that make up a territorial reality whose conditions and functioning can be damaged, altered, and/or destroyed by a hazard factor.

Hazard (P) represents the probability that a potential harmful event of a certain intensity will occur in an area within a given period (return period). Therefore, hazard is also a function of the event's return period.

Risk is defined through the product of hazard (P), vulnerability (V), and exposure (E) associated with human activities.

3.2.1 Vulnerability

Vulnerability does not have a universally accepted definition, and there is no single "correct" or "better" conceptualization of vulnerability that fits all assessment contexts. Vulnerability is primarily a local concept and can be described through the following expression:

$$\text{VULNERABILITY} = \text{function [exposure (+); sensitivity (+); adaptive capacity (-)]}$$

and specifically:

$$\text{VULNERABILITY} = \text{potential impact (sensitivity x exposure) - adaptive capacity}$$

The three components of vulnerability are defined by the IPCC as follows:

1. Exposure: the extent to which a system is in contact with climatic conditions or specific climate impacts.
2. Sensitivity: the degree to which a system is affected, negatively or positively, by climate variability or change.
3. Potential impacts: the impacts of climate change are the effects of climate change on natural and human systems. Potential impacts are all impacts that can occur given an expected climate change, without considering adaptation.

Estimating adaptive capacity is key to assessing vulnerability. Additionally, a very common concept when addressing urban adaptation is "resilience." Resilience can be considered the opposite of vulnerability, as it describes the amount of disturbance a system can absorb while remaining in the same state or maintaining function: the degree to which a system can reorganize and renew itself, the extent to which a system can build and increase its adaptive capacity.

3.2.2 Exposure

Assessing how systems are exposed to the impacts of climate change represents the first step in the vulnerability assessment process. Exposure estimates can be used in hydrological, ecological, and other models at regional and even local scales to produce higher-resolution estimates of expected impacts. In general, more specific exposure information is likely to contribute to reducing uncertainty and result in a series of more informed and targeted adaptation strategies.

3.2.3 Risk

The risk associated with climate change is the product of the consequence of an impact and the probability of its occurrence.

In the context of climate change, risk is generally defined as the product of the consequence of an impact and the probability of its occurrence or more simply:

$$\text{RISK} = \text{consequence} \times \text{probability of occurrence}$$

The consequence of an impact refers to the known or estimated (economic, environmental, social, cultural, legal) outcomes of a particular impact. The probability of an impact aims to assess the likelihood of an expected impact occurring. Indeed, the probability of the occurrence of climate change impacts is not the same for all impacts.

For coastal risk assessment, the case study of the Ancona coastline (S. Mandrone, C. Vicini - ISPRA) is presented, where an indicator-based approach was used to assess the vulnerability of the coast to sea-level rise, referring to the effects of climate change and anthropogenic pressures. The analyses refer to an application of Coastal Risk Analysis, based on numerical indices proposed by the EUROSION project (2002-2004), where Coastal Risk (CR) is the product of two parameters: the Coastal Sensitivity Index (CSI) and the Vulnerability Index (CVI).

$$\text{CR} = \text{CSI} * \text{CVI}$$

The result of the equation does not numerically express the expected damage but is a quantitative assessment of the presence of causal factors of potentially risky events for the coast at the local level.

3.2.4 Risk Component Analysis

Coastal areas are very particular cases as they represent the transition from terrestrial to marine environments. Additionally, they are one of the areas with the highest population density and have experienced very rapid and disorderly urban development, often combined with industries, tourist structures, fishing, and agricultural activities that, together, have made these territories very fragile and depleted their resources. Regarding the major drivers of climate change in coastal areas, the IPCC has identified the following main ones (Wong et al., 2014).

Table 1 - Main drivers of climate change in coastal areas, From Wong et al. 2014.

Climate Change-Related Driver	Chemical/Physical Effect	Future projection
Sea Level	Submersion, flooding, coastal erosion, intrusion of saltwater, modification of aquifers, loss of wetland areas	Increase in the average sea level with regional variations
Storms (Tropical and Extratropical Cyclones)	Storm surges, flooding, coastal erosion, intrusion of saltwater, modification of aquifers, loss of wetland areas. Damage to infrastructure and defense structures.	Uncertainty in trends. Likely increase in tropical phenomena.
Winds	Wind waves, storm surges, coastal currents. Damage to coastal infrastructure.	Uncertainty in projections. Likely increase in wind speed during storms.
Waves	Coastal erosion, barrier overtopping, flooding.	Uncertainty in projections. Likely increase in the oceans of the southern hemisphere.
Sea Level (Extremes)	Coastal erosion, intrusion of saltwater.	Increase in the average sea level.
Sea Surface Temperature	Changes in water stratification and circulation; reduced incidence of sea ice at higher latitudes; coral bleaching and increased mortality; species migration; alteration of circulations and nutrients.	Increase in sea surface temperature.
Freshwater Input	Alteration of flood risk; alteration of water quality and salinity; alteration of sediment quantity; alteration of circulation and nutrients.	Increase at higher latitudes and decrease in tropical regions.
Ocean Acidification	Acidification of the oceans.	General increase with regional and local differences.

In addition to climate change drivers, coastal areas are influenced by a series of anthropogenic drivers that interact with climate change and mask its potential effects. Regarding potential impacts, the IPCC identifies two main categories, further divided into various components: natural systems and anthropic systems.

3.2.5 Coastal Adaptation Actions

The coastal environment presents a unique case as climate change impacts are specific to coastal settings (e.g., sea-level rise) while also affecting various other sectors (urban, infrastructure, forestry, agriculture, etc.).

In the context of the IPCC report "Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability," adaptation measures are identified by sector or geographic region. The following paragraph highlights some significant actions pertaining to the current guidelines.

Coastal Urban and City Adaptation Actions

In recent years, numerous adaptation experiences have been undertaken in response to sea-level rise, often triggered by extreme events. The effectiveness of these measures depends on the physical characteristics of coastal systems, socio-economic conditions, and cultural and political factors influencing societal acceptance.

Adaptation measures for urban areas facing risks from sea-level rise, floods, and coastal erosion are generally categorized into three main groups: protection (including advancement), accommodation, and "retreat management" (Bongarts Lebbe et al., 2021).

Protection measures include "hard" engineering structures like breakwaters and barriers, effective in the short and medium term but potentially ineffective in the long term. "Soft" and "sediment-based" solutions, such as beach nourishment, aim to limit coastal erosion and reduce flooding but face environmental limitations and material supply challenges. "Nature-based" measures, like preserving and restoring natural habitats, offer additional benefits through the provision of ecosystem services.

Nature-based solutions mitigate the effects of extreme events, such as reducing wave and wind energy. However, they encounter limitations related to the physical characteristics of the terrain and conflicts with human land use demands. A hybrid strategy implementing "hard," "soft," and "nature-based" measures could be most effective in the medium and long term.

Advancement involves creating new land towards the sea through reclamation projects or polderization to facilitate natural land growth. While advancement may have negative impacts on the natural ecosystem, it requires substantial financial and material efforts.

Accommodation measures aim to limit urban areas' exposure to climate-related risks by prohibiting new developments in high-risk areas. For existing cities and homes exposed to risk, measures may include elevating structures, planning, and enhancing soil drainage capacities. However, these strategies might be insufficient in the medium term, requiring protective actions.

Retreat measures involve reducing exposure to risk by relocating the population from high-risk areas to safer locations.

Adaptation Actions in the Mediterranean Basin

Oceans and Coastal Systems. Adaptation actions for the protection of marine ecosystems and fisheries include improving and expanding the regional network of marine protected areas, transnational management of fishery resources, collaborative monitoring and research for sustainable fishing and aquaculture.

Regarding the sea-level rise risk, adaptation options include "soft" and "nature-based" solutions such as beach nourishment, restoration of dune systems and lagoons, estuaries, and deltas, along with "hard" solutions like barriers, breakwaters, and brushwood.

Internal Ecosystems. In Mediterranean forests, adaptation actions involve various management strategies, such as thinning, increasing the proportion of drought-tolerant species, and promoting specific diversity. Other actions aim to reduce the risk of fires, including improving firefighting capabilities, landscape management to decrease fire risk, and forest management focused on risk reduction (thinning, prescribed burning, etc.).

For freshwater habitats, adaptation options include water and land resource planning, habitat restoration and conservation, and maintaining the natural flow of rivers and streams.

Water Management, Agriculture, and Food Security. Strategies encompass promoting sustainable water resource use, implementing water resource management plans, improving groundwater management and monitoring, and economic tools for water demand management. Technical actions may include reducing losses along water and irrigation lines, desalination of marine waters, wastewater reuse, and improving water use efficiency in tourism and food sectors.

For the agricultural sector, adaptation actions include enhancing irrigation practices and adopting sustainable agricultural practices, including diversification of productions.

Human Health. Adaptation in Mediterranean contexts, where increased heatwaves are expected, involves adopting local health adaptation plans and enhancing the healthcare system's capacity. Local actions in urban environments may include increasing green areas, raising awareness in vulnerable communities, implementing extreme event alert systems, strengthening local health units, and overall enhancing community and local institution adaptation capacity.

Adaptation Actions for Biodiversity Hotspot Conservation

The Mediterranean basin is considered a global biodiversity hotspot, particularly for mountain forests, Mediterranean forests and shrublands, and marine environments. To increase the resilience of biodiversity hotspots, pressures and threats not directly related to climate, such as habitat

conversion, overexploitation, hunting, fishing, wildfires, and the spread of invasive species, should be reduced.

The main strategy involves a combination of protected areas, habitat restoration in degraded areas, and sustainable resource use. Increasing biodiversity in both terrestrial and marine sites generally leads to increased ecosystem resilience to climate-related pressures. However, habitat fragmentation and degradation on land pose significant limits to adaptation. Therefore, it would be desirable to increase protection for protected areas and extend these safeguards beyond their boundaries.

Chapter 4. Description of the Pilot Site "The Coast of the Molise Region"

4.1 The AdriaClim Project Pilot Site

4.1.1 Geographic Framework

The pilot site "Adriatic Coast of the Molise Region" encompasses the 36 kilometers of the coastal strip of the Molise Region, bounded to the north by the watercourse "Formale del Mulino" and to the south by the Saccione Stream. The pilot site falls within the administrative scope of four municipalities: Montenero di Bisaccia, Petacciato, Termoli, and Campomarino. Geographically, the area is situated between the Marine Regions of the Central Adriatic and the Southern Adriatic. The four municipalities have a total population of approximately 50,000 individuals, representing 17% of the total regional population. The population density is 192 inhabitants per km², with a range from 66 inhabitants per km² in Campomarino to 583 inhabitants per km² in Termoli.

The coast is mostly low, featuring fairly continuous sandy beaches, except for a short stretch of cliffs bordering the western side of the Termoli promontory, which divides the Molise coast into two distinct subunits. These two sectors exhibit high independence concerning sediment balance and are characterized by a coastline oriented in the WNW-ESE and NW-SE directions (Aucelli et al., 2007; Aucelli et al., 2009).

Moving from north to south along the coastline, distinct beaches include Costa Verde, Marinelle, Marina di Petacciato, Foce dell'Angelo, Sant'Antonio, Rio Vivo, Marinelle, Campomarino, Nuova Cliternia, and Ramitelli, as shown in the figure below.

The beaches generally have variable widths ranging from several tens of meters to a maximum of about 200 meters. They are bordered inland by dune systems, or in direct contact with terraced reliefs, coastal alluvial plains, or anthropic structures and activities. The Molise coast is highly exposed to winds from the northern quadrants (Mistral, Tramontana, and Grecale) with intensity values that can be very high, exceeding 30 knots, corresponding to floods exceeding 5 meters in height (Aucelli et al., 2007).

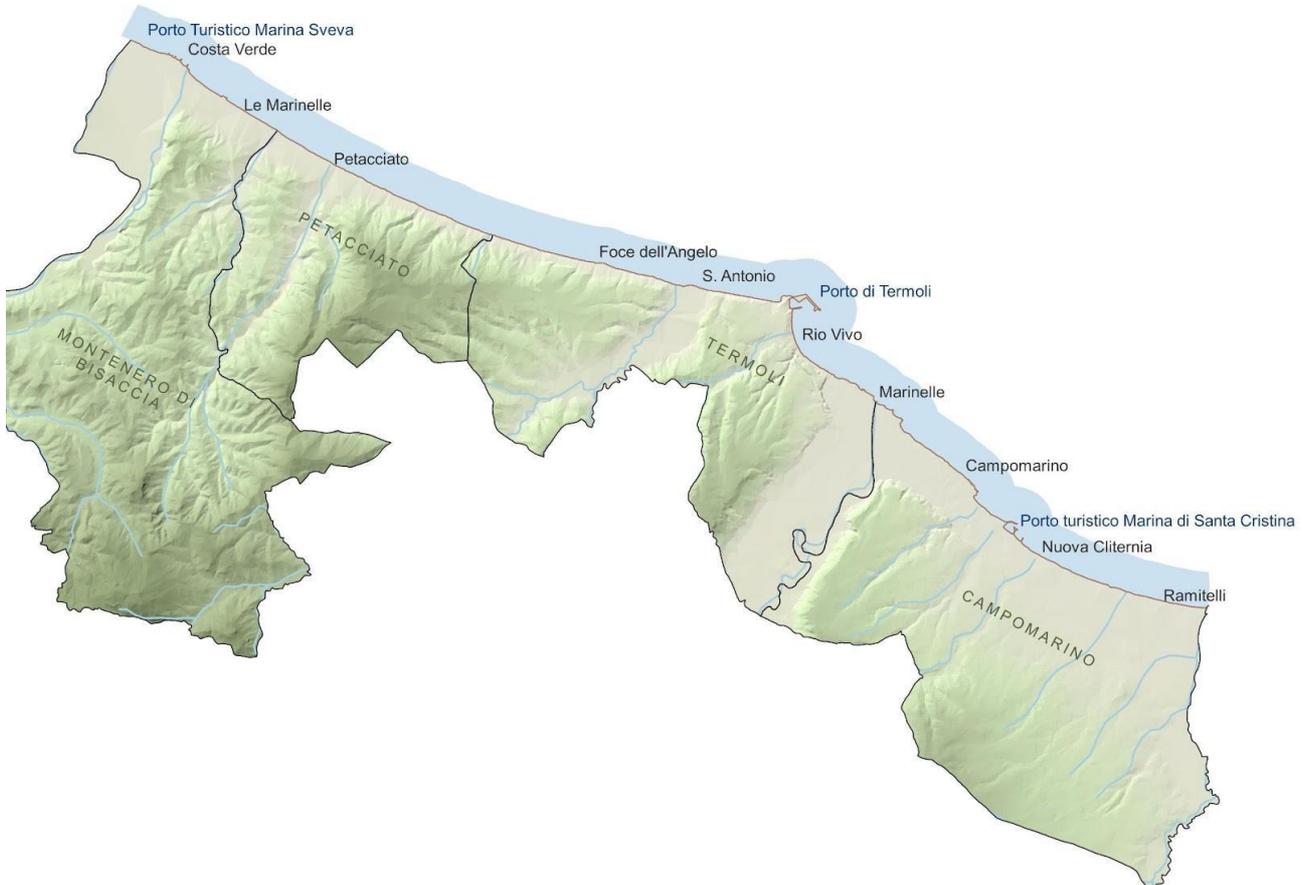


Figure 1 - Coast of the Molise region.

4.1.2 Geomorphological setting

The Molise coastline is approximately one-third characterized by high terrace coast and two-thirds by low coast, which can be further divided into straight shoreline and alluvial plain coast (Aucelli et al., 2007). The high coast extends for just over 13 km between the mouth of the Sinarca River and Punta Pizzo. It is characterized by terraced surfaces set on clayey-sandy and sandy-gravelly substrates of the Plio-Pleistocene foredeep, located at different elevations, bordered towards the sea by active or inactive cliffs, reaching heights of up to fifty meters (Aucelli et al., 2007). The straight shoreline coast is distinguished by the fact that the land-sea contact occurs on a straight sandy beach, with variable width and slightly elevated above sea level. The underwater profile has a very low slope and is often characterized by the presence of bars. The backshore features dune ridges and related intra- and retro-dune depressions. The backshore area consists of fluvial or coastal terraces, or sloping hilly reliefs. The alluvial plain coast is present in the areas of the Trigno and

Biferno river mouths, as well as the Sinarca and Saccione streams, and is slightly elevated above sea level (Aucelli et al., 2007).

4.1.3 Landscape and Land Cover

The current layout of the Molise coastline has resulted from decades of intense anthropogenic transformation that has radically altered the natural landscape. Since the post-World War II period, there has been a significant process of urbanization in coastal areas and expansion of agricultural areas at the expense of natural areas.

Currently, the territory of the four municipalities is dominated by agricultural land, comprising non-irrigated arable land, olive groves, and vineyards, covering 79.6% of the total area. Urban areas occupy 9% of the surface, with a concentration in the municipality of Termoli, particularly in the city and industrial zone. Natural and semi-natural areas cover 9.3% and include riparian vegetation along watercourses and channels, small residual patches of woodland and shrubland, conifer plantations along the coast, and Mediterranean scrub vegetation. Wetlands represent 1.6%, while water bodies (excluding the sea) constitute less than 1%.

4.1.4 Nature and Biodiversity

Despite anthropogenic pressures that have profoundly altered the landscape, the coast of the Molise Region host well-preserved dune ecosystems, among the most conserved in the entire Adriatic region. This has led to the establishment of four Natura 2000 Sites of Community Interest, covering two-thirds of the entire coastal strip, including three Special Areas of Conservation (SAC) and one Special Protection Area (SPA) partially overlapping with a SAC.

The protected areas host 18 habitats of community interest, supporting 59 species at risk or of phytogeographic interest (Stanisci et al., 2007). The three protected areas consist mainly of low sandy coasts interspersed with small coastal alluvial plains and Holocene dune ridges, hosting a characteristic chain of psammophilous vegetation formations along the gradient from the sea to the inland.

The coastal habitats are threatened by marine erosion, mechanical beach cleaning (especially affecting the "cakileto"), trampling, morphological leveling (embryonic and mobile dunes), widespread and uncontrolled access to the sea, and the invasion of exotic species, particularly *Erigeron ssp.* and *Oenothera ssp.* These threats are more pronounced in the SAC sites IT7228221 "Foce Trigno - Marina di Petacciato" and IT7282216 "Foce Biferno – Litorale Campomarino" compared to the site IT7222217 "Foce Saccione-Bonifica Ramitelli," characterized by lower anthropogenic impact and higher levels of naturalness.

The backdune consists of fixed and consolidated dunes, once featuring wetlands and Mediterranean scrub, now limited to a few areas south of the Molise coast. These residual areas are mostly found in the site IT7222217 "Foce Saccione-Bonifica Ramitelli." It mainly consists of low pioneer scrubs, dominated by *Juniperus macrocarpa* (habitat 2250*), acting as a shield against salt winds and

abrasive action of sand on inner formations. In the innermost part, a structurally more complex scrub develops, with various shrub species such as *Pistacia lentiscus*, *Phillyrea latifolia*, and lianas like *Smilax aspera*, *Lonicera implexa* subsp. *implexa*, and *Clematis flammula*. Grasslands with various annuals species, including *Maresia nana*, are also present in clearings within the scrub. These areas are threatened by marine erosion, mechanical beach cleaning (especially for the "cakileto"), trampling, and morphological leveling (embryonic and mobile dunes), widespread and uncontrolled access to the sea, and the invasion of exotic species, especially *Erigeron ssp.* and *Oenothera ssp.*

In the SAC IT7228221 "Foce Trigno - Marina di Petacciato" and IT7282216 "Foce Biferno – Litorale Campomarino," the Mediterranean scrub is largely absent, but in highly residual areas, a more degraded form known as "gariga" is present, characterized by the prevalence of *Rosmarinus officinalis* and various species of *Cistus ssp.* (habitat 2260). However, shrub and tree formations have almost completely disappeared due to urbanization and reclamation efforts, being replaced by reforestations with *Pinus halepensis*, *P. pinaster*, and *P. pinea* (habitat 2270*). These pine forests have gained high ecological and landscape value in better-preserved areas due to the presence of an understory with scrub species, resulting in a noticeable recovery of native vegetation. However, this process is often compromised by the presence of exotic tree species such as *Acacia saligna* and *Eucalyptus globulus*, which are also used for planting. Another significant threat comes from fires that have affected the scrub formations in past years. Retrodunal habitats are also influenced by alterations in avandunal communities, acting as a barrier to the more internal areas.

Within reforestation and interdunal zones in the three SAC sites develop with the emergence of the water table, forming wet depressions (habitat 1410-6420). These are colonized by communities dominated by rushes (*Juncus acutus* subsp. *acutus*, *J. littoralis*, *J. maritimus*) and other hygrophilous species (*Schoenus nigricans*, *Erianthus ravennae*, and *Carex ssp.*). The habitat of interdunal wet depressions includes very limited areas within the SAC sites, remnants of marshy and lacustrine environments of the backdune, once extensive but significantly altered by reclamation works. Currently, retrodunal wet areas are mainly threatened by silting due to water capture works that affect the hydrogeological balance of the ecosystem.

Finally, in the SAC IT7282216 "Foce Biferno – Litorale Campomarino," two particularly interesting plant formations are present: salt meadows (habitat 1420 1510*) and temporary ponds (priority habitat 3170*). The former develop on the right orographic slope of the Biferno River on a loamy-clayey substrate rich in saline deposits, in direct contact with cultivated areas and ruderal vegetation. Species characterizing them include *Puccinellia festuciformis*, *Limonium narborensis*, *Sarcocornia fruticosa*, *Artemisia caerulescens* subsp. *caerulescens*, *Aeluropus littoralis*, and *Atriplex portulacoides*. These habitats are strongly threatened by fragmentation due to human activities and alterations of avandunal systems.

Temporary ponds are also limited, consisting mainly of hygrophilic species such as *Juncus bufonius*, *J. hybridus*, and *Isolepis cernua*. These habitats are particularly threatened by land reclamation works and groundwater capture, which have altered the hydrological balance of the ecosystem. Dune ecosystems and retrodunal wet areas host species of high conservation interest, crucial for the presence of aquatic birds both nesting and migratory, for foraging, as an ecological corridor for bat fauna, and for the persistence of populations of *Testudo hermanni* and *Emys orbicularis*.

The marine area in front of the Natura 2000 sites is currently poorly known and studied. Preliminary data from the Interreg V-A Italy-Croatia CBC Program - Strategic Projects 2014-2020 - CASCADE project allow for the description and mapping of the seabed at the mouth of the Biferno River (SAC IT7222216 Foce Biferno-Litorale di Campomarino), where habitats 1130 Estuary and 1110 Sandbanks with a low permanent cover of seawater are present. Sandy bottoms feature patches of marine phanerogams *Cymodocea nodosa*, with areas of high density and others completely devoid of the species. The Biferno River mouth shows low species richness with the presence of marine species (*Pagurus bernhardus*, *Liocarcinus depurator*, and *Echinocardium cordatum*), consistent with the local water salinity of about 31‰ and shallow depths (about 5 m).

Molise coastal habitats provide high values for climate regulation (through organic carbon accumulation in the soil), protection from wind and marine aerosols (due to the presence of vegetation on fixed dunes), protection from coastal erosion (due to the complete dune zonation with specialized vegetation facilitating sand particle accumulation and offering resistance to storm surges), recreational and tourist services, and existence value of biodiversity (thanks to well-preserved dune systems rich in diversity) (Drius et al., 2019).

4.2 Trends and Recent Evolution

4.2.1 Main Drivers of Transformation of the Molise Coast

The Molise coastal ecosystem has undergone significant landscape transformations in recent decades. The most important drivers of these transformations are attributed to the evolutionary processes of the coastline and changes in land cover and land use.

From a geomorphological perspective, the Molise coastline has experienced substantial modifications from 1954 to the present, with a significant retreat of the coastline concentrated near the river mouths of the two most important rivers, the Trigno and the Biferno. In the period 1954-2014, the coastline near the river mouths experienced a maximum and average retreat of -226 meters and -162 meters for the Trigno, and -487 meters and -167 meters for the Biferno (Roskopf et al., 2018). Other coastal sectors remained relatively stable or even experienced progradations, especially immediately south of the three port structures, indicating their significant influence on coastal sedimentation dynamics. Coastal erosion between 1954 and 2014 led to the loss of approximately 151 hectares of land, originally occupied by the beach-dune system or coastal and alluvial plains. This loss has only been partially compensated by the advancement of the coastline,

resulting in a net balance of -942,000 square meters (Roskopf et al., 2018). These trends may be explained by changes in the dynamics of major watercourses, which have undergone significant alterations due to anthropogenic interventions (channel excavation, dams, etc.). These modifications have contributed to a decrease in solid sediment inputs from watercourses, affecting sediment balance and watercourse degradation (Scorpio et al., 2015). The presence of rigid barriers, along with brushwood, which are present along 62% of the Molise coast, has also contributed to the reduction of sediment transport along the coast (Aucelli et al., 2018).

Recent trends indicate a spread of erosion not only in the vicinity of river mouths but also in other sectors located at greater distances (Roskopf et al., 2018).

Over the past 50-60 years, there has been a profound modification of the Molise coastal landscape. From 1954 to 2006, there was substantial urbanization, with the expansion of major urban centers, the creation of industrial zones, and urbanization near coastal areas. The artificial surface increased from 5.4% to 24.5% of the total area (Malavasi et al., 2013). This expansion occurred on land occupied by dune vegetation and Mediterranean scrub. During the same period, extensive reforestation with conifers and other non-native species (*eucalyptus*, *Acacia saligna*) was carried out to protect agricultural fields from salt winds. These plantations replaced the woody vegetation of fixed dunes, while the expansion and intensification of agriculture led to the reduction of retrodunal wet environments (Malavasi et al., 2013).

4.2.2 Current Climate and Future Projections

The National Climate Adaptation Plan (PNACC) serves as the national reference tool for describing the current and future climate conditions of national areas. Specifically, the plan identifies 6 homogeneous terrestrial macroclimatic regions and 2 homogeneous marine macroclimatic regions that could be exposed to similar climate variations.

The identification of the 6 homogeneous terrestrial macroclimatic areas within the PNACC is based on the analysis of climatic data and related impact indicators for the period 1981-2010. Within these areas, the PNACC conducted climate analyses expected for the 21st century in terms of projections of average seasonal temperatures and precipitation, considering two thirty-year periods (2021-2050 and 2071-2100) and two future scenarios of greenhouse gas concentrations in the atmosphere, named RCP4.5 and RCP8.5:

- RCP4.5 ("Strong Mitigation"): Assumes the implementation of some initiatives to control emissions. Stabilization scenarios are considered: by 2070, CO₂ emissions fall below current levels, and atmospheric concentration stabilizes at about twice preindustrial levels by the end of the century.
- RCP8.5 (commonly associated with "Business-as-usual" or "No Mitigation"): Assumes continued growth of emissions at current rates. This scenario envisions atmospheric CO₂

concentrations tripled or quadrupled (840-1120 ppm) compared to preindustrial levels (280 ppm) by 2100.

According to the PNACC, the coastal area of the Molise Region falls within macroregion 2 concerning the terrestrial environment.

Macroregion 2 - Po Valley, high Adriatic slope, and coastal areas of central-southern Italy.

Characterized by the highest number of days, on average, above the selected threshold for classifying summer days (29.2°C) and simultaneously by high average temperatures. It also exhibits a high maximum number of consecutive days without rain (CDD) compared to other zones in central-northern Italy. The rainfall regime, in terms of seasonal values (WP and SP) and extremes (R20 and R95p), shows intermediate characteristics. Climatic projections based on the two scenarios RCP4.5 and RCP8.5 identified 5 homogeneous clusters (A-B-C-D-E) where indicators of climate change assume similar values.

Within macroregion 2, climate projections with the RCP4.5 scenario ("Strong Mitigation") identified 3 clusters named 2A, 2C, and 2D, where the following main climatic anomalies are recorded: the Tyrrhenian side and most of the Po Valley experience an increase in winter precipitation and a decrease in summer precipitation. On the other hand, for the western part of the Po Valley and the Adriatic area, there is a reduction in both summer and winter precipitation. Overall, there is a significant increase in summer days for the entire macroregion 2.

Regarding the coastal area of the Molise Region (cluster 2C) under the RCP 4.5 scenario, the following climate anomalies are expected: an average temperature anomaly of +1.2°C, a moderate increase in summer days (+12), a slight reduction in winter precipitation (-5%), and a moderate reduction in summer precipitation (-18%).

The RCP 8.5 scenario ("Business as usual") identified clusters 2C, 2D, and 2E for macroregion 2, where the following main climatic anomalies are recorded: for the Po Valley, there is a reduction in summer precipitation and a significant increase in winter precipitation; the remaining areas of macroregion 2 experience an overall increase in precipitation, including extreme events. In general, there is a significant increase in summer days, similar to the RCP 4.5 scenario.

Regarding the coastal area of the Molise Region (cluster 2D) under the RCP 8.5 scenario, the following climate anomalies are expected: an average temperature anomaly of +1.5°C, a moderate increase in summer days (+14), a slight reduction in winter precipitation (-4%), a moderate reduction in summer precipitation (-14%), a decrease in frost days (-10), and an increase in extreme rainfall events (+6%).

4.2.3 Impacts and Vulnerabilities of the Molise Coastal Zone

Within the framework of the PNACC, an analysis of the propensity to risk due to climate change has been developed for the entire national territory. The analysis resulted in a two-dimensional index that combines potential impact (given by the combination of hazard, exposure, and sensitivity) with the adaptability of territories. The index is provided at the provincial aggregation level.

Concerning hazard indicators, those developed for climatic characterization representing proxies for hazardous events (floods, landslides, heatwaves, droughts, etc.) were selected. Exposure and sensitivity indicators refer to the type of capital (natural, human, social, manufactured and immobilized capital, economic and financial capital). For adaptability assessment, economic resources (economic indices), infrastructure, knowledge and technology indicators, and institutional indicators were evaluated. Combining these indicators, a two-dimensional index was developed. The Molise Region, with both provinces, falls into the class of medium-low potential impact and medium-low adaptability.

4.2.4 Current Climate of Marine Environments and Future Changes

Regarding the marine domain, using a similar approach based on specific marine indicators (Sea Surface Temperature - SST, Sea Surface Height - SSH, water acidity, and mixing degree), the PNACC identified two marine macroregions, 1M, 2M, and 3M. The Molise coast falls within the marine macroregion 1M.

Marine Macroregion 1M: This includes the Adriatic Sea, the Ligurian Sea, and the northern part of the Sardinian Sea. This macroregion is characterized by lower values of sea surface temperature (SST) and sea surface height (SSH). The table below shows the average values of climatic indicators SST and SSH for the marine macroregion 1M for the period 1987-2010.

In the RCP8.5 scenario ("Business as usual"), three clusters named F, G, and H have been identified. The Adriatic Sea (cluster H) shows the most significant change in average temperature, approximately +1.5°C, with variations in the winter and spring periods that could reach +2°C. On the contrary, this basin shows a more contained increase in sea level, about 7 cm.

Chapter 5. Climate Change Indicators in AdriaClim – Molise Region

5.1 Methodology in the Selection and Use of Plan Indicators

Within the AdriaClim project, a series of climate change indicators at the mesoscale of the Adriatic Sea basin have been developed. For more information on the models and indicators developed, refer to the documents and publications of the AdriaClim project (<https://www.italy-croatia.eu/web/adriaclim>). The indicators are divided into two types: scientific indicators, directly derived from modelling activities (e.g., salinity, sea temperature, etc.), and sectoral indicators that transfer scientific information into a series of indicators quantifying the impacts of climate change.

The climate models developed by the AdriaClim project under Working Package 3 allowed the calculation of indicators and provided the corresponding anomalies obtained between climate projections and the reference period at various time scales (e.g., monthly, seasonal, annual). Climate projections consider the IPCC 8.5 scenario, known as "business as usual," representing the worst-case scenario.

All datasets provided by the project are available on the CMCC ERDDAP platform as part of Activity 4.1 (<https://erddap-adriacim.cmcc-opa.eu/erddap/index.html>). Each indicator is available for the historical period from 1991 to 2020 (pre-period) and as a projection to 2050 (2021-2050 period) in NetCDF format or as CSV files, at different time scales. For each indicator, the respective anomaly has been calculated.

For this analysis document, the following annual-scale indicators have been selected:

- CDD (Consecutive Dry Days): Annual average of the maximum number of consecutive days with rainfall less than 1 mm/day. CDD takes high values for long periods of low precipitation and drought conditions. An increase in the index over time indicates an increased probability of drought conditions.
- CWD (Consecutive Wet Days): Annual average of the maximum number of consecutive days with rainfall of at least 1 mm/day. CWD measures precipitation amounts. An increase in the index means an increased probability of flood events.
- r95P (Very Wet Days): Annual average of days with intense rainfall (>95th percentile). r95P is a measure of extreme precipitation events. An increase in the index means an increased probability of flood events.
- r95Ptot (Contribution to total precipitation from very wet days): Annual average of total precipitation derived from days with intense rainfall (>95th percentile).
- rx1day (Highest 1-day precipitation amount): Annual average of the maximum recorded precipitation in one day (mm). The index is a measure of intense precipitation. An increase in the index means an increased probability of flood events.
- rx5day (Highest 5-day precipitation amount): Annual average of the maximum recorded precipitation over 5 consecutive days (mm). The index is a measure of intense precipitation. An increase in the index means an increased probability of flood events.
- sdii (Simple precipitation intensity index): Annual average of total precipitation relative to the number of rainy days ($p > 1\text{mm}$). Provides indications of the average precipitation amount on rainy days.
- su (Summer Days Index): Annual average of the number of days with a maximum temperature exceeding 25.0 °C.
- CSU (Consecutive Summer Days): Annual average of the maximum number of consecutive days with a maximum temperature exceeding 25.0 °C. CSU is a measure of daily heat with

- high values corresponding to higher temperatures. An increase in the index means an increased probability of warmer conditions.
- tg (Daily Temperature): Annual average of daily temperatures.
 - tr (Tropical nights index): Annual average of the number of days with minimum temperatures > 20.0 °C.
 - txn (Lowest maximum temperature): Annual average of the minimum value of daily maximum temperatures.
 - txx (Highest maximum temperature): Annual average of the maximum value of daily maximum temperatures.

As for the marine environment, sea level (SLR) and sea surface temperature (SST) indicators have been considered. The values considered are those reported in the PNACC and already presented in paragraph 4.4.2. Some of the selected indicators represent the main impacts induced by climate change on the built environment, natural environment, cultural heritage, and social and economic spheres.

5.2 Future Scenarios

In this section, the results of the analyses of the indicators mentioned earlier are presented.

Indicator	Geographic area	Mean annual value (1991-2021)	Mean annual value (2021-2050)	Mean anomaly (2021-2050 vs 1991-2020)
Tropical nights Index (n°) - Tr	Molise region	33.9 (±31.8)	33.9 (±31.8)	33.9 (±31.8)
	Pilote site	48.6 (±33.0)	48.6 (±33.0)	48.6 (±33.0)
Summer Days Index (n°) - SD	Molise region	73.15 (±33.53)	73.15 (±33.53)	73.15 (±33.53)
	Pilote site	88.03 (±33.21)	88.03 (±33.21)	88.03 (±33.21)
Daily Temperature (°C) - Tg	Molise region	12.86 (±2.37)	12.86 (±2.37)	12.86 (±2.37)
	Pilote site	13.85 (±2.42)	13.85 (±2.42)	13.85 (±2.42)
Lowest maximum temperature (°C) - Txn	Molise region	-0.39 (±2.87)	-0.39 (±2.87)	-0.39 (±2.87)
	Pilote site	-0.08 (±2.86)	-0.08 (±2.86)	-0.08 (±2.86)
Highest maximum temperature (°C) - Txx	Molise region	-0.39 (±2.87)	-0.39 (±2.87)	-0.39 (±2.87)
	Pilote site	-0.08 (±2.86)	-0.08 (±2.86)	-0.08 (±2.86)
Consecutive Summer Days (n°) - CSU	Molise region	37.12 (±23.30)	37.12 (±23.30)	37.12 (±23.30)
	Pilote site	49.46 (±26.35)	49.46 (±26.35)	49.46 (±26.35)
Consecutive Dry Days (n°) - CDD	Molise region	41.10 (±5.00)	41.10 (±5.00)	41.10 (±5.00)
	Pilote site	54.78 (±5.36)	54.78 (±5.36)	54.78 (±5.36)
Consecutive Wet Days (n°) - CWD	Molise region	10.43 (±0.97)	10.43 (±0.97)	10.43 (±0.97)
	Pilote site	10.30 (±0.86)	10.30 (±0.86)	10.30 (±0.86)
Very Wet Days (%) - r95P	Molise region	13.21 (±5.59)	13.21 (±5.59)	13.21 (±5.59)
	Pilote site	17.66 (±6.68)	17.66 (±6.68)	17.66 (±6.68)

Highest 1-day precipitation amount (mm) - rx1day	Molise region	45.06 (± 6.05)	45.06 (± 6.05)	45.06 (± 6.05)
	Pilote site	51.13 (± 7.70)	51.13 (± 7.70)	51.13 (± 7.70)
Highest 5-day precipitation amount (mm) - rx5day	Molise region	91.15 (± 12.73)	91.15 (± 12.73)	91.15 (± 12.73)
	Pilote site	107.97 (± 11.50)	107.97 (± 11.50)	107.97 (± 11.50)
Simple precipitation intensity index (mm) - sdii	Molise region	7.73 (± 0.67)	7.73 (± 0.67)	7.73 (± 0.67)
	Pilote site	9.27 (± 0.85)	9.27 (± 0.85)	9.27 (± 0.85)

5.3 Results of the Participatory Process

The significance of the participatory process in planning actions and policies to address the effects of climate change represents a key point. The Rio Declaration on Environment and Development in 1992 established this key point in its Principle 10: "The best way to deal with environmental issues is to ensure the participation of all concerned citizens at different levels. At the national level, each individual shall have appropriate access to information concerning the environment held by public authorities, including information on hazardous substances and activities in the communities, and the opportunity to participate in decision-making processes. States shall facilitate and encourage public awareness and participation by making information widely available. Effective access to judicial and administrative proceedings, including remedies and compensation, shall be ensured." This principle has also been reiterated by the IPCC in its report "Global Warming of 1.5C" (IPCC, 2018), identifying the participatory process as a means to enhance the ability to address climate risk. Within the AdriaClim project, during the preparation of this Strategy, a series of participatory meetings were organized with local stakeholders from the project-involved areas:

- 1st workshop "Protect the Coast. Adapt to Climate Change" on May 27, 2022, at Palazzo Norante, municipality of Campomarino (CB).
- 2nd workshop "Protect the Coast. Adapt to Climate Change" on June 25, 2022, at the Marina di San Pietro tourist port, municipality of Termoli (CB).
- 3rd workshop "Protect the Coast. Adapt to Climate Change" on July 8, 2022, at the Marina Sveva tourist port, municipality of Petacciato (CB).

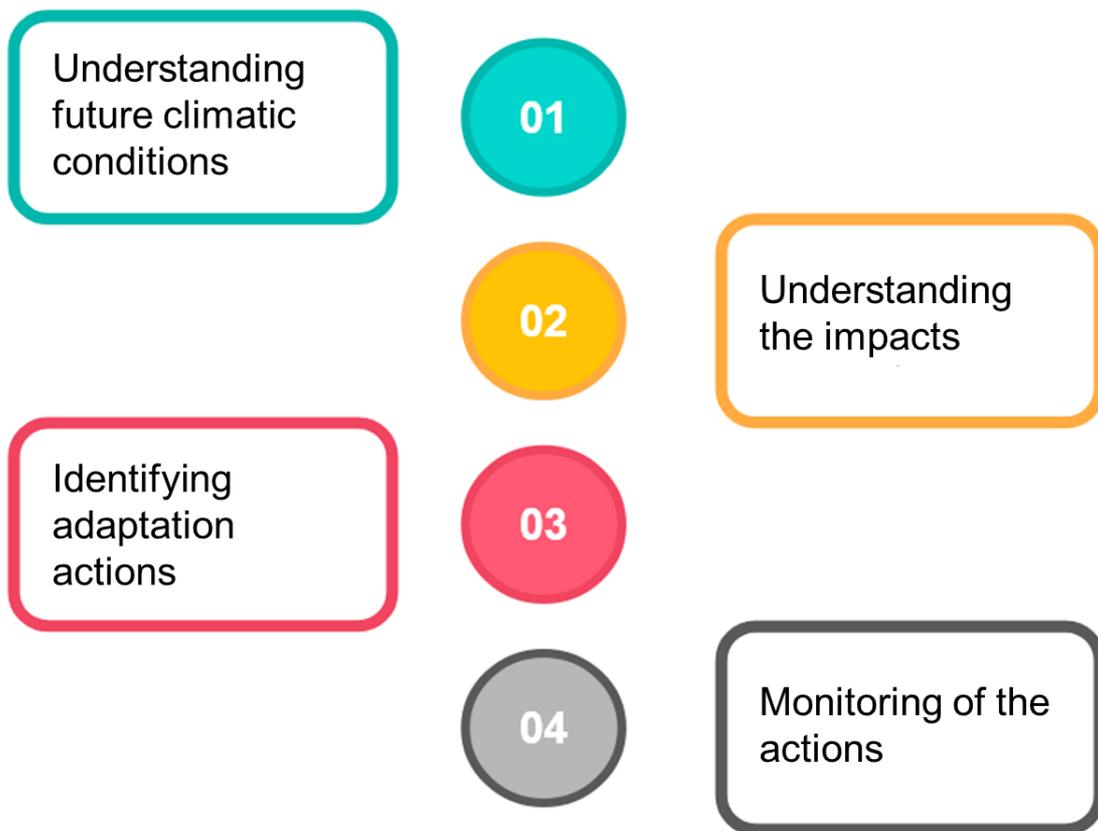
During the workshops, the public was presented with the knowledge framework of the pilot site through the description of site peculiarities, physical and environmental characteristics, major transformation drivers, and potential impacts expected due to climate change. All of this was enriched with moments of discussion and interaction with stakeholders. The discussions revealed a general awareness of the effects of climate change on coastal areas, and the following main themes were highlighted:

- Increased wildfires requiring urgent intervention.

- Securing coastal forest habitats.
- Coastal erosion and risks to infrastructure and tourist activities.
- Conservation and protection of coastal biodiversity.
- Sustainable tourism and beach management.

Chapter 6. Strategies and Objectives of the Guidelines

These guidelines aim to outline a series of adaptation actions tailored to the context of the pilot site, based on the analyses and investigations conducted. Specifically, following the indications of the PNACC, the process for identifying adaptation strategies is based on:



01 - Understanding Future Climatic Conditions

The analysis conducted within the PNACC and the analysis of climatic indicators in the AdriaClim project have provided the knowledge framework for evaluating the current climate, future scenarios, and potential impacts. The PNACC offered a knowledge framework based on global and

European-scale models, providing projections according to two IPCC scenarios: specifically, RCP4.5 (Strong Mitigation) and RCP8.5 (Business as Usual).

The AdriaClim project's projections offered a more detailed study of the climate at the scale of the Adriatic Sea basin, utilizing only the IPCC RCP8.5 scenario. In both cases, the major drivers of change for the pilot site are associated with a significant increase in temperature indicators, while more modest variations are observed for precipitation indicators, with an agreement on the increase in drought periods. Concerning the marine environment, a significant rise in sea level and sea surface temperature is expected.

02 - Understanding Impacts

Selected indicators in the AdriaClim project represent the main impacts of climate change on the built environment, natural environment, cultural heritage, and social and economic spheres. They serve as proxies for estimating expected impacts on various components. For the pilot site in the coastal area of the Molise Region, the main expected impacts can be summarized, including impacts on natural systems, built environment, social aspects, cultural heritage, and the economy.

03 - Identification of Adaptation Actions

In addition to the considerations made in the previous chapters regarding adaptation actions, another fundamental contribution that provides a more in-depth analysis of the national context is the PNACC. Within the PNACC, a series of sectoral adaptation measures (361) were developed, each subjected to an evaluation methodology resulting in an assessment of value (high, medium-high, medium, medium-low, low) based on five criteria: effectiveness, efficiency, second-order effects, performance in the presence of uncertainty, and considerations of political implementation.

Among the 213 actions characterized by a "high" value judgment, the Plan identifies the set of actions most relevant from a technical and environmental perspective. In total, 21 most relevant actions have been defined, spanning various sectors and falling under the following four main themes: geological, hydrological, and hydraulic instability; coastal zone management; biodiversity; urban settlements.

Some impacts, such as those related to biodiversity, require not only adaptation measures that can enhance the resilience of species and habitats at the local level but also significant mitigation actions to counteract climate change (e.g., limiting the increase in average temperature). These mitigation efforts involve policies to be undertaken at the national and international levels and are not addressed in these guidelines. Regarding human health, adaptation actions aimed at strengthening the healthcare system, creating alert systems, etc., involve decisions to be made at the regional level and do not specifically concern the coastal environment but are relevant for the entire regional territory. In light of the anticipated impacts of climate change outlined in the previous paragraphs, a series of measures has been selected and reformulated, both specific to coastal areas and

transversal across multiple sectors, considered of greater relevance given the specificities of the pilot site.

Adaptation action 1	
Sector	Protected areas and biodiversity
Description of the impact	Increase and Spread of Invasive Species. The rise in temperatures and alterations in water regimes could facilitate the spread of invasive species already present along the Molise coastline (e.g., <i>Acacia saligna</i>), with significant consequences for species and habitats of conservation interest.
Main objective	Limiting the Spread of Invasive Species - Enhancing Resilience
Adaptation action	Implementing control and eradication measures for invasive alien species, such as <i>Acacia saligna</i> , in dune environments is crucial for increasing the resilience of natural ecosystems and containing ruderal species.
Action priority	High
Example of a project where the action was implemented	LIFE IT/NAT/000262 Maestrале

Adaptation action 2	
Sector	Protected areas and biodiversity
Description of the impact	Increase and Spread of Invasive and Ruderal Species. The rise in temperatures and changes in water regimes could diminish the resilience of natural systems.
Main objective	Enhancing Resilience through Reduction of Pressures/Threats.
Adaptation action	Creation of Elevated Preferred Paths (e.g., Boardwalks) for Access to Beaches and Protection of Dune System. Delimitation of Habitats to Reduce Trampling Pressure and Leveling.
Action priority	High
Example of a project where the action was implemented	LIFE IT/NAT/000262 Maestrале

Adaptation action 3	
Sector	Protected areas and biodiversity
Description of the impact	Possible Change in the Distribution and Abundance of Flora and Fauna Species; Increase in Thermophilic Species. The changing climatic conditions could trigger local extinction of habitats and species or the shifting of species towards more suitable conditions. The extensive fragmentation and degradation of coastal and dune ecosystems along the Adriatic coasts limit the possibility for species to colonize new territories.

Main objective	Creation of Suitable Spaces to Allow Expansion and Movement of Species/Habitats Even Outside Protected Areas.
Adaptation action	Creation of Suitable Spaces, Including the Removal of Impermeable Surfaces, to Allow the Expansion of Habitats and Species.
Action priority	Medium
Example of a project where the action was implemented	-

Adaptation action 4	
Sector	Protected areas and biodiversity
Description of the impact	Possible changes in the distribution and abundance of flora and fauna; increased prevalence of thermophilic species. The altered climatic conditions could trigger local extinction phenomena of habitats and species or the shifting of species towards more suitable conditions. The extensive fragmentation and degradation of coastal and dune ecosystems along the Adriatic coasts limit the possibility for species to colonize new territories.
Main objective	Creation of suitable spaces to allow the expansion and movement of species/habitats even outside protected areas.
Adaptation action	Monitoring and protection of habitats outside the network of protected areas.
Action priority	High
Example of a project where the action was implemented	Requalification project for the Northern Coast of Termoli (CB).

Adaptation action 5	
Sector	Protected areas and biodiversity
Description of the impact	Increase in hot days. The increase in hot days with high temperatures, heatwaves, and the decrease in precipitation, especially in the summer, could increase the risk of wildfires with possible destruction of entire habitats and loss of flora and fauna species
Main objective	Reduction of the fire risk.
Adaptation action	Creation of water points in the most at-risk areas and forest roads to increase the effectiveness of wildfire control actions.
Action priority	High
Example of a project where the action was implemented	-

Adaptation action 6	
Sector	Protected areas and biodiversity
Description of the impact	Increase in hot days. The increase in hot days with high temperatures, heatwaves, and the decrease in precipitation, especially in the summer, could increase the risk of wildfires with possible destruction of entire habitats and loss of flora and fauna species
Main objective	Reduction of the fire risk.
Adaptation action	Creation of water points in the most at-risk areas and forest roads to increase the effectiveness of wildfire control actions.
Action priority	High
Example of a project where the action was implemented	-

Adaptation action 7	
Sector	Protected areas and biodiversity
Description of the impact	Reduction of water resources. Increased evapotranspiration and reduced water supply may result in a potential loss of habitat and species associated with rear-dune wetlands.
Main objective	Increase the resilience of wetland areas.
Adaptation action	Expansion of existing wetland areas.
Action priority	Medium
Example of a project where the action was implemented	LIFE IT/NAT/000262 Maestrone

Adaptation action 8	
Sector	Protected areas and biodiversity
Description of the impact	Reduction of water resources. Increased evapotranspiration and reduced water supply may result in a potential loss of habitat and species associated with rear-dune wetlands.
Main objective	Increase the resilience of wetland areas.
Adaptation action	Promotion of sustainable use of water resources in agriculture to reduce water extraction from wetland areas.
Action priority	Medium
Example of a project where the action was implemented	-

Adaptation action 9	
Sector	Protected areas and biodiversity
Description of the impact	Coastal erosion. Increased coastal erosion, along with the rise in the frequency and intensity of extreme events, could lead to damage or destruction of anthropogenic structures.
Main objective	Reduction of coastal erosion.
Adaptation action	Restoration and improvement of dune habitats through nature-based interventions (e.g., naturalistic engineering).
Action priority	High
Example of a project where the action was implemented	LIFE IT/NAT/000262 Maestrale; North Coast Redevelopment Project in Termoli (CB)

Adaptation action 10	
Sector	Protected areas and biodiversity
Description of the impact	Coastal erosion. Increased coastal erosion, along with the rise in the frequency and intensity of extreme events, could lead to damage or destruction of anthropogenic structures.
Main objective	Reduction of coastal erosion.
Adaptation action	Promotion of specific meteoro-marine studies for the planning of effective defense works.
Action priority	High
Example of a project where the action was implemented	-

Adaptation action 11	
Sector	Infrastructure, Settlements, and Tourist Services
Description of the impact	Coastal erosion. Increased coastal erosion, along with the rise in the frequency and intensity of extreme events, could lead to damage or destruction of anthropogenic structures.
Main objective	Reduction of coastal erosion and reduction of risks related to extreme events.
Adaptation action	Multi-year planning of nourishment actions with identification of high-priority areas.
Action priority	High
Example of a project where the action was implemented	Sediment nourishment plan for the sands of the Marina Sveva Tourist Port, Montenero di Bisaccia (CB)

Adaptation action 12	
Sector	Infrastructure, Settlements, and Tourist Services
Description of the impact	Coastal erosion. Increased coastal erosion, along with the rise in the frequency and intensity of extreme events, could lead to damage or destruction of anthropogenic structures.
Main objective	Reduction of coastal erosion and reduction of risks related to extreme events.
Adaptation action	Implementation of nature-based and/or hybrid solutions to counter coastal erosion (restoration, improvement, and expansion of dune habitats and their zoning).
Action priority	High
Example of a project where the action was implemented	Requalification project for the Northern Coast of Termoli (CB).

Adaptation action 13	
Sector	Infrastructure, Settlements, and Tourist Services
Description of the impact	Coastal erosion. Increased coastal erosion, along with the rise in the frequency and intensity of extreme events, could lead to damage or destruction of anthropogenic structures.
Main objective	Reduce the population's exposure to risks related to climate change.
Adaptation action	Review of planning tools (Hydrogeological Zoning Plans, Building Plans, Master Plans, etc.) with the identification of high-risk zones to implement protection, accommodation, or "planned retreat" strategies.
Action priority	High
Example of a project where the action was implemented	-

Adaptation action 14	
Sector	Health and Human Well-being
Description of the impact	Increase in hot days. Increased risk of cardiorespiratory diseases due to heatwaves.
Main objective	Reduce the population's exposure to risks related to climate change.
Adaptation action	Identification and monitoring of potential heat islands based on the resident population and the structure of urban heat islands.

Action priority	Medium-High
Example of a project where the action was implemented	-

Adaptation action 15	
Sector	Health and Human Well-being
Description of the impact	Increase in hot days. Increased risk of cardiorespiratory diseases due to heatwaves.
Main objective	Reduce the population's exposure to risks related to climate change.
Adaptation action	Expansion of green areas within cities (green infrastructures) to reduce the phenomenon of heat islands.
Action priority	Medium-High
Example of a project where the action was implemented	-

Adaptation action 16	
Sector	Health and Human Well-being
Description of the impact	Temperature increase. Increased risk of allergic and/or asthmatic crises due to climatic conditions favoring invasive species.
Main objective	Reduce the population's exposure to risks related to climate change.
Adaptation action	Planning and management of urban greenery with the replacement of species that may cause allergic crises with species resilient to the microclimate and non-allergenic, especially in sensitive areas (public parks, schools, etc.).
Action priority	Medium
Example of a project where the action was implemented	-

Adaptation action 17	
Sector	Health and Human Well-being
Description of the impact	Temperature increase. Increased risk of allergic and/or asthmatic crises due to climatic conditions favoring invasive species.
Main objective	Reduce the population's exposure to risks related to climate change.
Adaptation action	Planning and management of urban greenery with the replacement of species that may cause allergic crises with species resilient to the

	microclimate and non-allergenic, especially in sensitive areas (public parks, schools, etc.).
Action priority	Medium
Example of a project where the action was implemented	-

Adaptation action 18	
Sector	Cultural Heritage
Description of the impact	Coastal erosion. Increased risk of damage/loss of cultural landscapes due to erosive phenomena.
Main objective	Reduce coastal erosion.
Adaptation action	Implementation of nature-based protection measures or hybrid solutions.
Action priority	High
Example of a project where the action was implemented	-

Adaptation action 19	
Sector	Cultural Heritage
Description of the impact	Increase in hot days. Increased risk of damage/loss of cultural landscapes due to fires (e.g., coastal pine forests).
Main objective	Reduce the risk of fire.
Adaptation action	Creation of water points in high-risk areas and forest roads to increase the effectiveness of wildfire control actions.
Action priority	High
Example of a project where the action was implemented	-

Adaptation action 20	
Sector	Cultural Heritage
Description of the impact	Erosione costiera. Aumento del rischio di danneggiamento/perdita di strutture con valenza storico-culturale (es. torri) a causa dei fenomeni erosivi.
Main objective	Reduce the risk of fire.
Adaptation action	Studio delle aree più a rischio e implementazione di sistemi di protezione.
Action priority	Medium

Example of a project where the action was implemented	-
---	---

Adaptation action 21	
Sector	Economy
Description of the impact	Resource consumption. Risk of blackouts in the summer due to increased demand for energy.
Main objective	Promote and increase better management of energy demand for cooling.
Adaptation action	Implementation of retrofit interventions on existing building heritage and hospitality structures to reduce air conditioning needs.
Action priority	Medium-High
Example of a project where the action was implemented	-

Adaptation action 22	
Sector	Economy
Description of the impact	Coastal erosion. Reduced attractiveness of tourist sites due to increased erosion.
Main objective	Counter coastal erosion while maintaining a high level of quality.
Adaptation action	Implementation of interventions to counter coastal erosion based on soft solutions (beach nourishment) and nature-based solutions (restoration of natural habitats).
Action priority	Medium-High
Example of a project where the action was implemented	Sand replenishment plan for the Marina Sveva Tourist Port, Montenero di Bisaccia (CB).

Adaptation action 23	
Sector	Economy
Description of the impact	Increase in sea water temperature. Change in distribution and abundance of fish species due to rising sea temperature and salinity.
Main objective	Improve knowledge about fish stocks.
Adaptation action	Implement monitoring plans to study variations in fish populations.
Action priority	Medium-High

Example of a project where the action was implemented	FLAG Molise Coastal and Innovative Management Plan.
---	---

Adaptation action 24	
Sector	Economy
Description of the impact	Aumento della temperatura delle acque marine. Cambiamento nella distribuzione e abbondanza delle specie ittiche a causa dell'aumento della temperatura del mare e della salinità.
Main objective	Ridurre la pressione di pesca sugli stock ittici.
Adaptation action	Attuare progetti di riduzione delle giornate di pesca (introducendo altre attività a sostegno dei pescatori) e incentivare l'acquacoltura.
Action priority	Medium-High
Example of a project where the action was implemented	Sand replenishment plan for the Marina Sveva Tourist Port, Montenero di Bisaccia (CB).