



eurac
research

Studio metodologico per la valutazione socio-economica degli impatti del climate change sulla gestione delle risorse idriche

nell'ambito del

Progetto Interreg Alcotra "Concert-Eaux"

NOVEMBRE 2020

Gruppo di Ricerca

Luca Cetara*

Tommaso Bastiani*

Pasquale La Malva**

*Eurac research

** Eurac research, Università degli Studi G. D'Annunzio di Chieti-Pescara, Fondazione Lombardia per l'Ambiente



Sommario

1. Contesto geografico e geomorfologico di riferimento	2
1.1. Definizione area di studio	2
1.2. Definizione dell'offerta	2
1.3. Definizione della Domanda	2
2. Contesto climatico territoriale	8
2.1. Scenari	8
2.2. Impatti e Settori	13
3. Valutazione di vulnerabilità e rischio	19
3.1. Fattori per un'analisi di vulnerabilità e rischio ambientale e socioeconomica	20
3.2. Verso un sistema di indicatori per un'analisi socioeconomica	22
3.3. Classificazione di indicatori in base a dimensioni rilevanti ai fini di un'analisi socioeconomica di un bacino idrografico	24
3.4. Usare gli indicatori selezionati in una valutazione socioeconomica territoriale.....	27
4. Governance e priorità di azione	30
4.1. Elementi di governance per l'analisi di impatti socioeconomici	30
4.2. Applicazione.....	31
4.3. Rilevanza e ordinamento degli impatti socioeconomici.....	36
4.4. Come realizzare un ordinamento tra impatti socioeconomici?.....	36
5. Bibliografia	41

1. Contesto geografico e geomorfologico di riferimento

1.1. Definizione area di studio

Il contesto geografico di riferimento rappresenta un elemento di conoscenza molto importante ai fini dello studio, soprattutto in termini delle risorse idriche rese disponibili dal bacino in termini di offerta e domanda diretta¹. In questa sezione sono fornite le principali informazioni e le relative metodologie che permettono la definizione delle caratteristiche del bacino idrografico dal punto di vista territoriale, ambientale, demografico. L'area oggetto di studio è il territorio relativo al bacino idrografico transfrontaliero del F. Roia, il bacino si estende per circa 670 km² nella Regione Liguria e nel distretto delle Alpi marittime dello stato francese, circa 70 km² ricadono in Italia nella provincia di Imperia. Il F. Roia nasce dal Colle di Tenda (1908 m s.l.m.), la porzione montana del bacino interamente ricompresa nel territorio francese comprende i comuni di Moulinet, Sospel, Tende, La Brigue, Fontan, Saorge, Breil-sur-Roia, invece quella italiana del bacino rappresenta la porzione più a W della Regione Liguria comprende i territori dei comuni di Ventimiglia, Camporosso Airole ed Olivetta San Michele.

1.2. Definizione dell'offerta

La porzione francese del bacino è caratterizzata da una morfologia a carattere prettamente montano, in tal senso la pressione antropica risulta poco evidente, un settore particolarmente sviluppato è quello idroelettrico, data la peculiare conformazione morfologica dei siti nonché l'importante rete idrografica con caratteristiche che ben si prestano; viceversa nella restante porzione di bacino ricadente nel territorio italiano caratterizzata da una morfologia più acclive e di pianura la pressione antropica risulta molto importante ed insiste sui territori comunali di Airole e Olivetta San Michele, Ventimiglia dove sono concentrate le principali attività economiche. Un elemento di notevole importanza all'interno del bacino idrografico del F. Roia è la presenza di una potente falda freatica individuata nei depositi alluvionali di fondovalle; essa ricade totalmente nel territorio della Provincia di Imperia, a Nord dell'abitato di Ventimiglia. L'acquifero alluvionale del F. Roia risulta di tipo libero e caratterizzato da una permeabilità elevata per porosità, la ricarica del sistema proviene prevalentemente dai corsi d'acqua F. Roia e il T. Bevera e in piccola parte dalla precipitazione efficace (Piano di Bacino Stralcio sul Bilancio Idrico del Fiume Roia). Non sussistono attualmente problemi di deficit idrico nella frazione ligure del bacino del F. Roia, infatti, il bilancio idrico annuale del sistema è in attivo in quanto le entrate sono maggiori delle uscite (Baruzzuoli P., 2012; Capaci F. et al., 2012). L'acquifero del F. Roia pur non presentando problematiche in termini di deficit idrico, risulta un ambiente ad elevata vulnerabilità, in termini di inquinamento delle acque sotterranee in considerazione del fatto che tale territorio, risulta intensamente utilizzato a scopo agricolo-florovivaistico, industriale, nonché fortemente urbanizzato. (Piano di Bacino Stralcio sul Bilancio Idrico del Fiume Roia, 2012).

1.3. Definizione della Domanda

Lo studio delle principali derivazioni e dei relativi acquedotti situati nell'area di riferimento permette di identificare con precisione i comuni che si qualificano come utilizzatori diretti (*domanda*) delle risorse idriche rese disponibili dal bacino² (*offerta*), inoltre permette di fornire un quadro generale dei principali settori di utilizzo della risorsa idrica. I prelievi della falda di subalveo (attribuiti principalmente alle grandi derivazioni di fondovalle) costituiscono la quasi totalità del rifornimento idrico dei territori ricompresi nella provincia di Imperia, parte della provincia di Savona, e il territorio francese della Costa Azzurra fino al Principato di Monaco. I pozzi individuati ricadono totalmente nel territorio italiano nella piana di fondovalle del Fiume

¹La domanda diretta che si prende in considerazione in questa analisi si riferisce agli usi diretti dell'acqua del bacino internamente all'area servita dalle risorse idriche originate nel bacino. Gli usi indiretti si riferiscono invece al consumo di beni e servizi la cui produzione e distribuzione abbia comportato l'uso di risorse idriche localizzate esternamente al bacino di riferimento.

² Naturalmente è possibile che alcuni comuni presentino un approvvigionamento idrico composito in cui solo una quota della risorsa idrica provenga dal bacino idrografico di riferimento.

Roia, nel territorio del Comune di Ventimiglia, i gestori e le specifiche destinazioni d'uso sono stati ricavati interpolando i dati raccolti dal portale web-gis, realizzato da UNIGE nel quadro del progetto Interreg Alcotra "Concert-Eaux" e il web-gis della Regione Liguria attraverso la carta delle rilevazioni idriche:

- I pozzi in località Porra sono gestiti in convenzione dalla Società italiana AIGA per conto del Comune di Ventimiglia per i quali risulta una concessione per grande derivazione per ad uso misto irriguo, e dalla Società francese ORFEO – VEOLIA per conto del Comune di Mentone.
- I tre pozzi in località Roverino (sempre nel Comune Ventimiglia) gestiti dalla Società AMAIE di Sanremo, per uso potabile
- I pozzi del Consorzio Irriguo PEIDAIGO, forniscono acque destinate a scopi agricoli, fino alla frontiera francese.
- I pozzi in località AIROLE forniscono acque ad uso idroelettrico d'acqua ad uso idroelettrico

I prelievi legati all'uso civile (potabile) della risorsa corrispondono a 30 milioni di mc/anno mentre il prelievo legato all'uso irriguo raggiunge 1 milione di mc/anno. (Piano di Bacino Stralcio sul Bilancio Idrico del Fiume Roia, 2012). L'uso potabile, rappresenta la quota più consistente, ma anche l'irriguo (oltre all'idroelettrico, totalmente restituito) costituisce un termine di prelievo consistente; ridotto invece l'utilizzo a scopo industriale e quasi del tutto trascurabile l'incidenza di uso igienico e piscicoltura (quest'ultimo comunque totalmente restituito) (Piano di Bacino Stralcio sul Bilancio Idrico del Fiume Roia, 2012).

Consumo idrico ad uso civile

L'individuazione dei comuni utilizzatori delle risorse idriche del bacino permette inoltre di stimare il *consumo idrico potenziale* (domanda) derivante da usi civili sulla base della popolazione residente, fluttuante e dalle presenze turistiche oltre a costituire la base per avviare un'indagine sommaria di natura economica e sociale procedendo a raccogliere, per essi, alcuni dati macroeconomici di rilievo (PIL, valore aggiunto, occupazione, etc.).

Per l'individuazione degli utilizzatori diretti si è partiti dall'analisi della distribuzione delle acque del F. Roia, realizzata mediante acquedotti, in parte interconnessi con altre reti ma per lo più indipendenti gli uni dagli altri.

- I pozzi in località Porra gestiti dalla Società italiana AIGA distribuiscono mediante acquedotti le acque estratte nel territorio del Comune di Ventimiglia la Società francese ORFEO – VEOLIA invece distribuisce le acque provenienti dai medesimi pozzi verso il territorio francese e monegasco.
- I tre pozzi in località Roverino gestiti dalla Società AMAIE alimentano invece la quasi totalità dei Comuni della fascia costiera tra cui il Comune di Sanremo e anche buona parte del Comune di Ospedaletti e parte del Comune di Taggia per poi connettersi con le reti acquedottistiche di altre società, fra le quali AMAT di Imperia, che le distribuiscono ai Comuni di San Lorenzo a Mare, Imperia, Pontedassio, Dolcedo (parziale), Diano Arentino, Diano Castello, Diano Marina, Diano San Pietro, San Bartolomeo a Mare, Cervo (fino al Comune di Andora, ricadente però in provincia di Savona).
- I pozzi del Consorzio Irriguo PEIDAIGO, forniscono acque destinate a scopi agricoli, fino alla frontiera francese.

Delimitata l'area dei comuni utilizzatori diretti della risorsa idrica è possibile tramite un'analisi demografica (dati ISTAT per comuni italiani, EUROSTAT per i comuni francesi e per il territorio monegasco) stimare la domanda/fabbisogno *idrica minima*³ sulla base della sola popolazione residente, inoltre è possibile calcolare anche il fabbisogno *idrico massimo* in base al numero di abitanti fluttuanti e alle presenze turistiche queste ultime calcolate sulla base delle affluenze e delle permanenze nelle strutture ricettive

³ il *fabbisogno idrico* rappresenta il volume di acqua (in l/ab.giorno) necessario

(alberghiero ed extra-alberghiero), tali dati possono essere elaborati all'interno del portale turistico della Regione Liguria "analisi del movimento turistico", in tal senso risulta inoltre opportuno considerare le affluenze nelle seconde case ed il turismo giornaliero particolarmente significativo nei week-end estivi.

Le analisi oltre all'individuazione degli utilizzatori diretti della risorsa idrica hanno messo in evidenza come la perimetrazione del bacino idrografico del F. Roia in termini areali non corrisponde con il territorio effettivamente servito dalla risorsa e come la maggior parte della domanda idrica avvenga al di fuori del bacino.

Consumo idrico ad uso irriguo

È possibile identificare il consumo idrico derivante da usi irrigui, tramite un'analisi delle tipologie di colture coltivate all'interno del servito dalla risorsa in questo caso nelle province di Imperia e Savona e nell'area della costa monegasca (dati ISTAT a livello Provinciale e Comunale, dati Eurostat a livello transazionale). Attraverso la Bibliografia di materia è possibile ricavare il consumo medio per le colture maggiormente "idroesigenti", un documento utile in tal senso è stato realizzato dall'ENEA nell'ambito del progetto Progetto Regi Lagni dal titolo: "Analisi di specifiche situazioni di degrado della qualità delle acque in Campania, in riferimento ai casi che maggiormente incidono negativamente sulle aree costiere", nel capitolo dedicato alla stima dei fabbisogno idrico colturale, viene rielaborato e contestualizzato alla realtà italiana, un documento della FAO "Guidelines for predicting crop water requirements. Irrigation drainage paper n. 24" nel quale, per ogni singola coltura, viene indicato il fabbisogno medio annuale di acqua. A titolo esemplificativo viene riportata in basso una tabella elaborata con la metodologia precedentemente descritta, con la descrizione delle principali colture e i relativi fabbisogni medi annui.

Seminativi non irrigui	metricubi/ha/anno
Frumento Duro	0.00
Altri Cereali (F. Tenero, Orzo, Avena)	0.00
Colza	0.00
Foraggere	0.00
Altri Seminativi	0.00
Erbai	0.00
Colture erbacee irrigue ciclo prim- est.	metricubi/ha/anno
Barbabietola da zucchero	3.00
Barbabietola da foraggio	2.00
Mais	2.28
Tabacco	4.47
Girasole	0.00
Veccia	0.00
Erba Medica	1.30
Colture orticole ciclo est-aut o est- prim	metricubi/ha/anno
Carciofo	2.50
Lenticchie	0.00
Cece	0.00
Piante proteiche, fava fresca	0.00
Finocchio	1.17
Cavolfiore, cavolo verza, cavoli,	0.00
Insalata	6.50
Patata	1.59
Broccoletto di rapa	0.00

Cipolla	1.30
Colture orticole ciclo primavera- estate	metricubi/ha/anno
Pomodoro	1.00
Asparago	450.00
Peperone	1.65
Melanzana	1.20
Anguria	2.75
Melone	2.25
Zucchini	4.00
Fagiolo, fagiolo verde, fagiolini	2.00
Fragola	1.50
Vigneti irrigui	650.00
Oliveti irrigui	450.00
Frutteti e frutti minori irrigui	metricubi/ha/anno
Agrumi	1.400

Tabella 1.1 Fabbisogni (metricubi/ha/anno) (da Enea- "Analisi di specifiche situazioni di degrado della qualità delle acque in Campania, in riferimento ai casi che maggiormente incidono negativamente sulle aree costiere"- Progetto Regi Lagni, 2002)

Consumo idrico derivante da usi industriali

Il contributo dovuto alle attività industriali può essere stimato moltiplicando il numero di addetti delle attività maggiormente "idroesigenti" presenti sul territorio, per un opportuno coefficiente, che rappresenta la teorica dotazione idrica giornaliera (mc/addetto giorno) tipica di ogni singola attività (PTA, REGIONE LIGURIA, 2015). Tali coefficienti possono essere ricavati e rielaborati dal documento "Piano per il corretto e razionale uso delle acque" della Provincia di Lucca. Il numero di addetti, per Comune e per categoria può essere ricavato dal Censimento permanente delle imprese (ISTAT 2019)

Il calcolo della "water footprint" o impronta idrica è un metodo alternativo di valutazione della dipendenza idrica di processi e prodotti non formalmente riconosciuto dai sistemi statistici. Si presta a essere applicato, secondo metodologie esplicite di valutazione, a scala di bacino idrografico, di prodotto e di impresa. Attraverso l'analisi della domanda di risorsa nella funzione di produzione di un'impresa per la produzione di beni o l'erogazione di servizi e della domanda espressa dalla supply chain in cui essa si inserisce si può stimare l'impronta idrica relativa a un territorio definito. In assenza di ulteriori basi di dati, questo metodo permette di stimare la sostenibilità di produzioni alternative (Hoekstra et al., 2011).

Inoltre, un'analisi di contesto inteso come "complesso delle circostanze e delle situazioni nelle quali un fatto o un fenomeno si verificano"⁴ costituisce il primo passaggio per la valutazione della vulnerabilità e dei rischi del territorio considerato. L'esame del contesto territoriale può essere efficacemente proposto declinando tre dimensioni dello sviluppo sostenibile: ambientale, sociale ed economico; in questo modo, facilitando anche una successiva correlazione rispetto ai fattori definiti in una eventuale Strategia di Sviluppo Sostenibile locale. L'indagine è tesa a caratterizzare la situazione attuale del territorio, a individuare tendenze in atto, anche evidenziando punti di forza e punti di debolezza dell'area di studio, in relazione alle minacce, ma anche alle opportunità che i cambiamenti climatici determineranno nei prossimi anni. Il set di indicatori utili ad una analisi di contesto dovrebbe supportare una lettura di sintesi – e per quanto possibile comparabile con altre situazioni territoriali – del contesto del territorio locale e del suo sviluppo socioeconomico e tecnologico. Ad esempio, il progetto "Adattamento locale ai Cambiamenti Climatici nelle Alpi: applicare la Carta di Budoia sul

⁴ Linee guida, principi e procedure standardizzate per l'analisi climatica e la valutazione della vulnerabilità a livello regionale e locale, LIFE Master Adapt.

Territorio” (2019) propone una serie di indicatori di base per una caratterizzazione speditiva delle proprie aree pilota (Tab. 1.2).

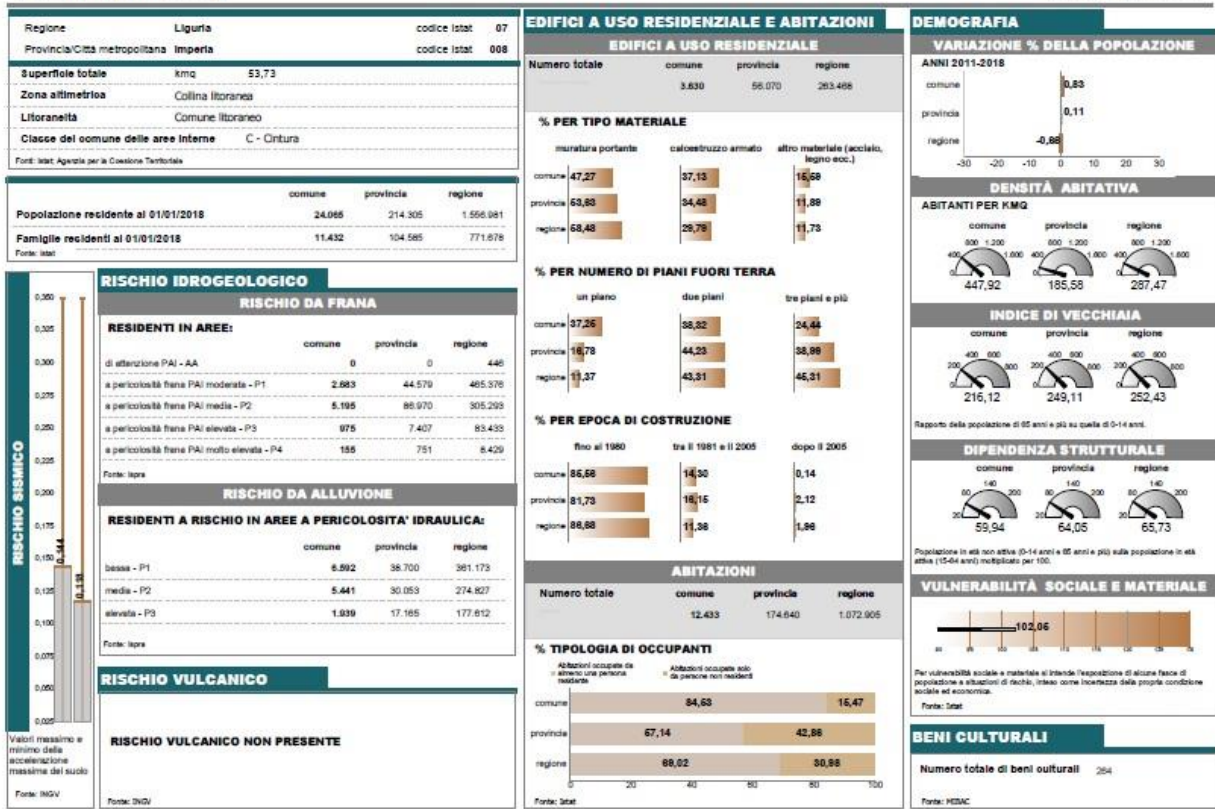
Indicatore	Fonte	Fattore	Rischio
Popolazione residente (2018)	ISTAT	FU	Esposizione
Densità abitativa (ab/km ²)	ISTAT	FU	Esposizione
Variazione % della popolazione (2011 - 2018)	ISTAT	FU	Capacità adattativa
Indice di vecchiaia (Rapporto della popolazione di 65 anni e più su quella di 0-14 anni.)	ISTAT	FU	Vulnerabilità
Dipendenza strutturale (Percentuale popolazione in età non attiva (0-14 e oltre 65) sulla popolazione in età attiva (15-64))	ISTAT	FU	Vulnerabilità
Popolazione residente in aree a pericolosità idraulica elevata (P3)	ISTAT	FU	Esposizione
Percentuale popolazione residente in aree a pericolosità idraulica elevata (P3)	ISTAT	FU	Esposizione
Popolazione residente in aree a pericolosità idrogeologica (Frane e dissesti) elevata o molto elevata (P3, P4)	ISTAT	FU	Esposizione
Percentuale popolazione residente in aree a pericolosità idrogeologica (Frane e dissesti) elevata o molto elevata (P3, P4)	ISTAT	FU	Esposizione
Indice di vulnerabilità sociale e materiale	ISTAT	FU	Vulnerabilità

Tabella 1.2 Indicatori di contesto (Cetara et al., 2020)

Le fonti dei dati di tali indicatori riguardano servizi di rilevanza nazionale, quali ISTAT e ISPRA; in particolare, va menzionato il progetto Carta dei Rischi dei Comuni d’Italia di ISTAT (a sua volta aggregatore di diverse fonti, Fig. 1.1, Fig. 1.2).

Ventimiglia (IM)

codice Istat 008065



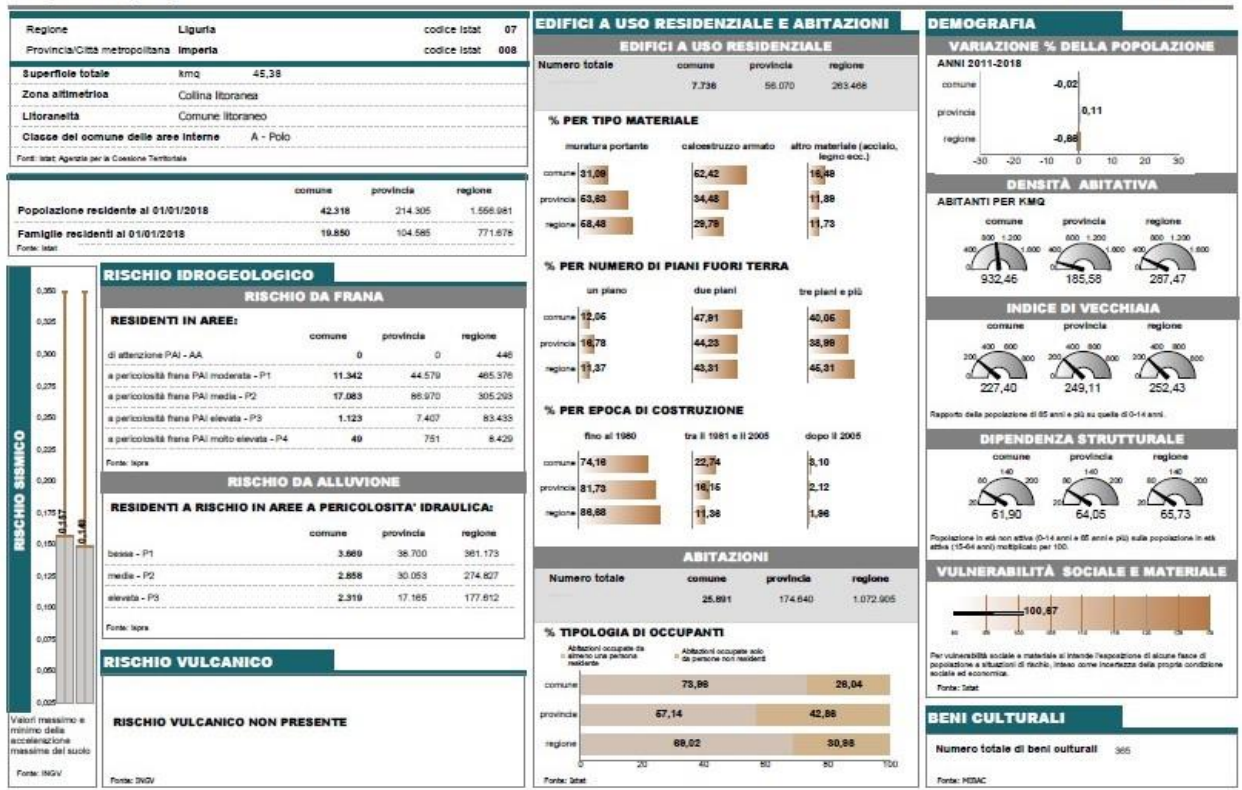
Metadati

<http://www.istat.it/it/mappe-riche>

Figura 1.1 Tavola degli indicatori del progetto Carta dei Rischi dei Comuni d'Italia per il Comune di Ventimiglia (ISTAT)

Imperia (IM)

codice Istat 008031



Metadati

<http://www.istat.it/it/mappe-riche>

Figura 1.2 Tavola degli indicatori del progetto Carta dei Rischi dei Comuni d'Italia per il Comune di Imperia (ISTAT)

2. Contesto climatico territoriale

Dopo aver identificato e definito le caratteristiche socioeconomiche del bacino idrografico del fiume Roja, per una corretta e completa valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici sulla gestione delle risorse idriche risulta necessaria una descrizione del contesto climatico del territorio considerato. La conoscenza rispetto al clima passato, presente e futuro di un territorio deriva dall'analisi di serie temporali di osservazioni meteorologiche rappresentative delle località in esame e dall'applicazione di modelli statistici per il riconoscimento e la stima delle tendenze. L'analisi degli estremi climatici diviene inoltre particolarmente rilevante per la valutazione degli impatti sull'ambiente e i principali settori coinvolti. La valutazione (di tipo previsionale) di tali impatti si fonda in primo luogo sulle variazioni climatiche osservate nei decenni recenti e nell'attualità e sulla stima delle variazioni future, per la quale si assume un livello più o meno elevato di incertezza. La gestione dell'incertezza degli impatti diverrà un elemento fondamentale di considerazione nel processo di policy-making che produrrà la risposta del sistema di governance che regola i settori e il territorio. L'analisi climatica a scala locale consente inoltre di valutare se eventuali segnali climatici siano già riconoscibili sul territorio. Solitamente, maggiore è il livello di dettaglio territoriale delle analisi climatiche considerate e maggiore sarà l'affidabilità della valutazione degli impatti del territorio di riferimento. Tuttavia, spesso risulta difficile reperire dati climatici a livello locale soprattutto per un territorio circoscritto e di carattere transfrontaliero come il bacino del Roja. Inoltre, tale bacino idrografico è caratterizzato da sistemi geomorfologici differenti tra loro ricoprendo una porzione di territorio compresa tra una zona costiera a regime mediterraneo e una zona montuosa a regime alpino con peculiarità climatiche distinte e impatti differenti. Di conseguenza, un buon punto di partenza potrebbe essere quello di considerare i dati climatici disponibili in letteratura anche se su scale territoriali differenti. In letteratura sono state individuate due fonti principali che hanno già svolto un'analisi climatica su scenari, impatti e settori coinvolti: il Primo Rapporto di Valutazione del Mediterraneo (MAR1, <https://www.medecc.org/first-mediterranean-assessment-report-mar1/>) svolto dalla rete indipendente di Esperti Mediterranei sui Cambiamenti Climatici e Ambientali (MedECC, 2020) e il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC, 2017). Mentre il primo documento riporta un'analisi climatica più recente ma ad un livello sovranazionale che vede considerato l'intero bacino del Mediterraneo, il secondo documento è su scala nazionale e ha permesso, seppur in maniera approssimativa, di identificare gli scenari climatici in riferimento alla porzione di territorio del bacino idrografico del Roja. Tali scenari sono riportati a scopo illustrativo all'interno del paragrafo seguente (1.1 Scenari) e rappresentano un esempio metodologico di analisi climatiche applicabile e replicabile ad un livello territoriale più basso. A questo proposito, è necessario segnalare l'esistenza di dati climatici disponibili su scala regionale e subregionale. Tali dati, ad esempio, sono reperibili all'interno della piattaforma online del Programma Europeo di osservazione della terra Copernicus (Di Carlo, Workshop 2020), un insieme complesso di sistemi che raccoglie informazioni da molteplici fonti, ossia satelliti di osservazione della Terra e sensori di terra, di mare ed aviotrasportati e che integra ed elabora tutti questi dati, fornendo agli utenti informazioni affidabili e aggiornate attraverso una serie di servizi che attengono all'ambiente, al territorio ed alla sicurezza (<https://www.copernicus.eu/it>). Inoltre, ulteriori dati regionali e subregionali vengono forniti dall'Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente ligure (ARPAL, <https://www.arpal.liguria.it/>) e da alcuni studi climatici condotti sul territorio ligure (Onorato, Rusca and Agrillo, 2014; Pavan *et al.*, 2019; Onorato *et al.*, 2020). All'interno della seconda sezione del presente capitolo (1.2 Impatti e Settori) è stata riportata una lista di indicatori provenienti da diverse fonti utile alla valutazione degli impatti potenziali sull'ambiente fisico e naturale. Infine, vengono discussi sinteticamente gli impatti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche e i principali settori coinvolti sulla base degli scenari climatici sviluppati all'interno del MAR1 (MedECC, 2020) e del PNACC (PNACC, 2017).

2.1. Scenari

Sulla base dei risultati delle analisi climatiche condotte all'interno del PNACC è stato possibile inquadrare a grandi linee il contesto climatico territoriale appartenente al bacino idrografico del Roja. Il metodo proposto dal PNACC per la caratterizzazione climatica del territorio italiano suddivide l'analisi climatica in due zonazioni territoriali differenti: una zonazione climatica terrestre e una zonazione climatica marina. Il processo metodologico riguardante la zonazione climatica terrestre si è sinteticamente sviluppato attraverso:

- l'individuazione di sei "macroregioni climatiche omogenee", per cui i dati osservati utilizzati riportano condizioni climatiche simili negli ultimi trent'anni (1981-2010), utilizzando il dataset E-OBS (Haylock et al. 2008);
- un'analisi delle anomalie climatiche attese per il XXI secolo, considerando due trentenni (2021-2050 e 2071-2100) e due diversi scenari climatici RCP (Representative Concentration Pathway 4.5 e 8.5, IPCC 2013a) a partire dai dati simulati dal modello climatico regionale COSMO-CLM.

Il Piano Nazionale sintetizza la condizione climatica attuale per il territorio del bacino idrografico del Roja come riportato nella tabella seguente (Tab. 2.1), secondo gli indici climatici che il Piano stesso ha selezionato.

Macroregione	Tmean	Giorni precipitazioni intense - R20	Frost days - FD	Summer days SU95p	Precipitazioni invernali cumulate - WP	Precipitazioni estive cumulate - SP	95° percentile e precipitazioni - R95p	Consecutive dry days - CDD
3	12.2 (±0.5)	4 (±1)	35 (±12)	15 (±8)	182 (±55)	76 (±28)	19	38 (±9)

Tabella 2.1 Parametri climatici descrittivi della condizione climatica attuale per il bacino idrografico del Roja definiti nel PNACC (per definizione estesa vedi Tab. 2.2)

Indicatore	Descrizione	Fonte	Fattore	Rischio
Tmean (Temperatura media annuale)	Media annuale della temperatura media giornaliera (°C)	PNACC	FN	Pericolo
R20 (Giorni di precipitazione intensa)	Media annua del numero di giorni con precipitazione giornaliera superiore ai 20 mm (giorni/anno)	PNACC	FN	Pericolo
FD (Frost days)	Media annuale del numero di giorni con temperatura minima al di sotto dei 0°C (giorni/anno)	PNACC	FN	Pericolo
SU95p (Summer days)	Media annua del numero di giorni con temperatura massima maggiore di 29.2 °C (valore medio del 95° percentile della distribuzione delle temperature massime osservate tramite E-OBS) (giorni/anno)	PNACC	FN	Pericolo
WP (Cumulata delle precipitazioni invernali)	Cumulata delle precipitazioni nei mesi invernali (Dicembre, Gennaio, Febbraio) (mm)	PNACC	FN	Pericolo
SP (Cumulata delle precipitazioni estive)	Cumulata delle precipitazioni nei mesi estivi (Giugno, Luglio, Agosto) (mm)	PNACC	FN	Pericolo
SC (Copertura nevosa)	Media annua del numero di giorni per cui l'ammontare di neve superficiale è maggiore di un 1 cm (giorni/anno)	PNACC	FN	Pericolo
Evap (Evaporazione)	Evaporazione cumulata annuale (mm/anno)	PNACC	FN	Pericolo
CDD (Consecutive dry days)	Media annua del massimo numero di giorni consecutivi con pioggia inferiore a 1 mm/giorno (giorni/anno)	PNACC	FN	Pericolo
R95p (95° percentile della precipitazione)	95° percentile della precipitazione (mm)	PNACC	FN	Pericolo

Tabella 2.2 Descrizione indicatori considerati (zonazione climatica terrestre)

L'area del bacino idrografico del Roja sembra ricadere solo all'interno della Macroregione 3 (Fig. 2.1) definita dal PNACC. Tale Macroregione individua prevalentemente l'Appennino centro-meridionale e alcune zone limitate dell'Italia nord-occidentale. Essa è caratterizzata da ridotte precipitazioni estive scarse e, in generale, da eventi estremi di precipitazione ridotti per frequenza e magnitudo, sebbene le precipitazioni invernali

presentino valori intermedi (Tab. 2.1); anche il numero massimo di giorni consecutivi senza pioggia risulta essere significativo (CDD).

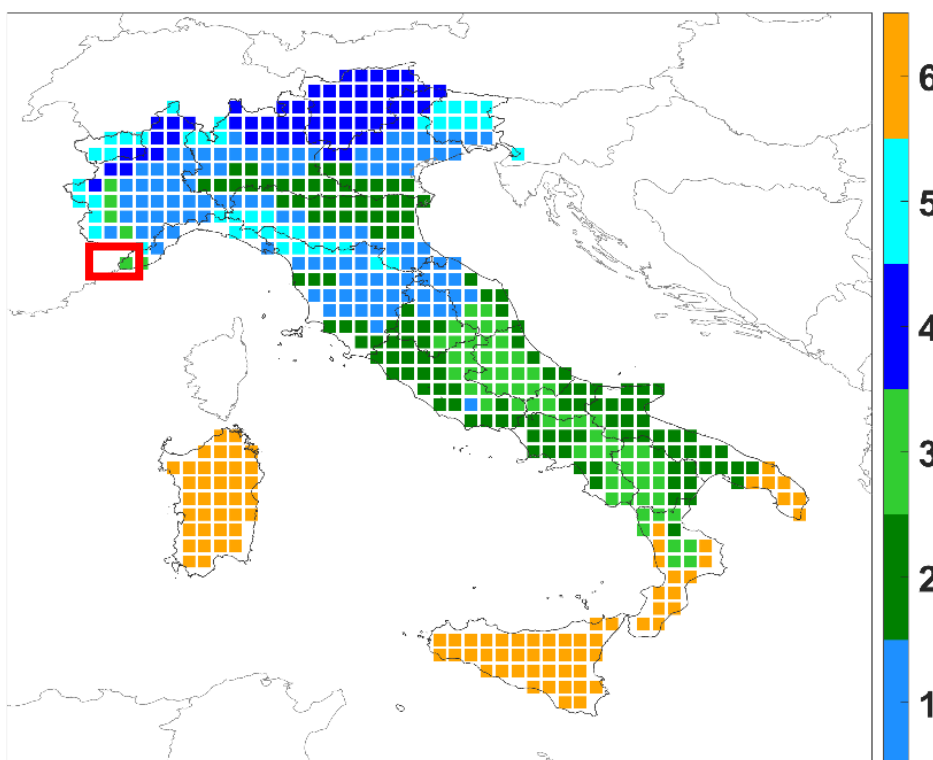


Figura 1.1 Zonazione climatica terrestre (1981-2010)

A fronte di tale caratterizzazione iniziale, le anomalie climatiche stimate dall'analisi prodotta per il PNACC rilevanti per il territorio del bacino idrografico del Roja sono riassumibili come riportato nello schema seguente (Tab. 2.3, Tab. 2.4). Le anomalie climatiche sono ottenute come differenza tra i valori medi degli indicatori nel periodo futuro 2021-2050 e quello di riferimento 1981-2010. Nell'analisi delle anomalie climatiche future, il PNACC considera l'indicatore Evap al posto dell'indicatore CDD (utilizzato nell'analisi del clima attuale) ed aggiunge l'indicatore relativo alla copertura nevosa, SC.

COSMO RCP4.5 (2021-2050 vs 1981-2010)

Cluster anomalie B (caldo invernale-secco estivo): è interessato da una riduzione sia delle precipitazioni estive (valore medio della riduzione pari al 24%) sia dei *frost days* (di 19 giorni/anno). Si osserva anche una moderata riduzione della copertura nevosa (di 8 giorni/anno).

CLUSTER	Tmean (°C)	R20 (giorni/anno)	FD (giorni/anno)	SU95p (giorni/anno)	WP (mm) (%)	SP (mm) (%)	SC (giorni/anno)	Evap (mm/anno) (%)	R95p (mm) (%)
B	1.3	-1	-19	9	-2	-24	-8	-3	3

Tabella 2.3 Valori anomalie climatiche, RCP 4.5

Aree climatiche omogenee: **3B**

Anomalie principali: l'intera Macroregione 3 presenta una riduzione complessiva dei frost day e una marcata riduzione delle precipitazioni estive (Fig. 2.2).

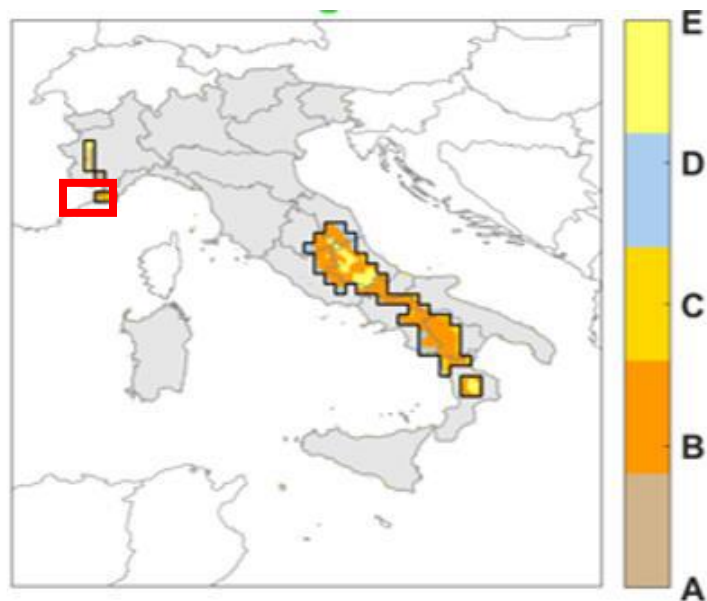


Figura 2.2 Area climatica omogenea 3, RCP 4.5

COSMO RCP8.5 (2021-2050 vs 1981-2010)

Cluster anomalie B (caldo invernale): il cluster B è interessato da una riduzione significativa sia dei *frost days* (di 28 giorni/anno) che della copertura nevosa (di 18 giorni/anno). Inoltre, si osserva una riduzione moderata delle precipitazioni estive (valore medio della riduzione pari al 7%).

Cluster anomalie C (piovoso-caldo estivo): è interessato da un aumento sia delle precipitazioni invernali che di quelle estive. Inoltre, si ha un aumento significativo dei fenomeni di precipitazione estremi (valore medio dell'aumento pari al 13%). Infine, si osserva un aumento rilevante dei *summer days* (di 12 giorni/anno).

CLUSTER	Tmean (°C)	R20 (giorni/anno)	FD (giorni/anno)	SU95p (giorni/anno)	WP (mm) (%)	SP (mm) (%)	SC (giorni/anno)	Evap (mm/anno) (%)	R95p (mm) (%)
B	1.6	0	-28	8	2	-7	-18	1	6
C	1.5	1	-14	12	7	3	-1	2	13

Tabella 2.4 Valori anomalie climatiche, RCP 8.5

Aree climatiche omogenee: 3B, 3C

Anomalie principali: riduzione significativa dei giorni con gelo (maggiore rispetto all'RCP4.5). Per le aree più esterne si assiste ad un aumento delle precipitazioni estive e dei fenomeni di precipitazione estremi (Fig. 2.3).

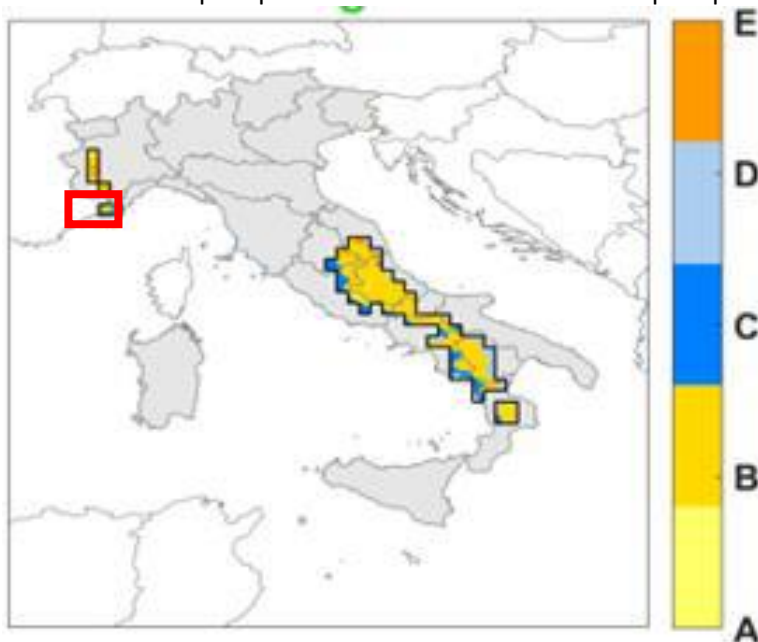


Figura 2.3 Area climatica omogenea 3, RCP 8.5

All'interno del PNACC è stata condotta un'ulteriore analisi sulle aree marino/costiere del territorio nazionale al fine di supportare l'analisi multisetoriale degli impatti derivanti. A causa del mancato reperimento nella letteratura scientifica di una metodologia *ad hoc* consolidata, è stata applicata alle variabili fisiche disponibili per le aree marine la stessa metodologia di *cluster analysis* utilizzata per le aree terrestri sviluppata sinteticamente attraverso:

- l'individuazione delle "macroregioni climatiche omogenee" con condizioni climatiche simili per il periodo di riferimento (1987-2010) utilizzando le rianalisi dei servizi marini Copernicus;
- un'analisi delle anomalie climatiche attese sulla base delle proiezioni climatiche future (2021-2050) per lo scenario climatico RCP8.5, ottenute tramite il modello oceanico NEMO (<https://www.nemo-ocean.eu>) applicato al Mar Mediterraneo (Lovato et al. 2013).

Il Piano Nazionale sintetizza la condizione climatica marino/costiera attuale per il territorio del bacino idrografico del Roja come riportato nella tabella seguente (Tab. 2.5), secondo gli indici climatici marini che il Piano stesso ha selezionato.

Macroregione	SST (°C)	SSH (m)
1	18.2	-0,229

Tabella 2.5 Parametri climatici descrittivi della condizione climatica attuale marino/costiera per il bacino idrografico del Roja definiti nel PNACC (per definizione estesa vedi Tab. 2.6)

Indicatore	Descrizione	Fonte	Fattore	Rischio
SST (Temperatura superficiale dell'acqua)	Temperatura dell'acqua del mare alla superficie (°C)	PNACC	FN	Pericolo
SSH (Livello del mare)	Altezza della superficie marina (m)	PNACC	FN	Pericolo

Tabella 2.6 Descrizione indicatori considerati (zonazione climatica marina)

L'area del bacino idrografico del Roja ricade all'interno della Macroregione marina 1 (Fig. 2.4) che 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 anomalie di livello del mare (Tab. 2.5).



Figura 2.4 Zonazione climatica marina (1987-2010)

A fronte di tale caratterizzazione iniziale, le anomalie climatiche stimate dall'analisi prodotta per il PNACC rilevanti per il territorio del bacino idrografico del Roja sono riassumibili come riportato nello schema seguente (Tab. 2.7). Le anomalie climatiche sono ottenute come differenza tra i valori medi degli indicatori nel periodo futuro 2021-2050 e quello di riferimento 1981-2010.

NEMO RCP8.5 (2021-2050 vs 1981-2010)

Cluster anomalie A: i Mari Ligure e Tirreno, sebbene separati in due macroregioni diverse, presentano la medesima caratterizzazione delle anomalie future, con un incremento atteso pari a 1.2°C per la temperatura e a 7 cm per il livello del mare. Quest'ultima variabile è caratterizzata dalle variazioni più marcate lungo la fascia costiera, con valori fino a +9 cm.

CLUSTER	Anomalia SSTA (°C)	Anomalia SSHA (m)
A	1.2	0.09

Tabella 2.7 Valori anomalie climatiche marine, RCP 8.5

Aree climatiche omogenee: 1A

Anomalie principali: la zona che individua il Mar Ligure e la parte settentrionale del Mare di Sardegna è soggetta ad un incremento significativo del livello del mare (9 cm) (Fig. 2.5).

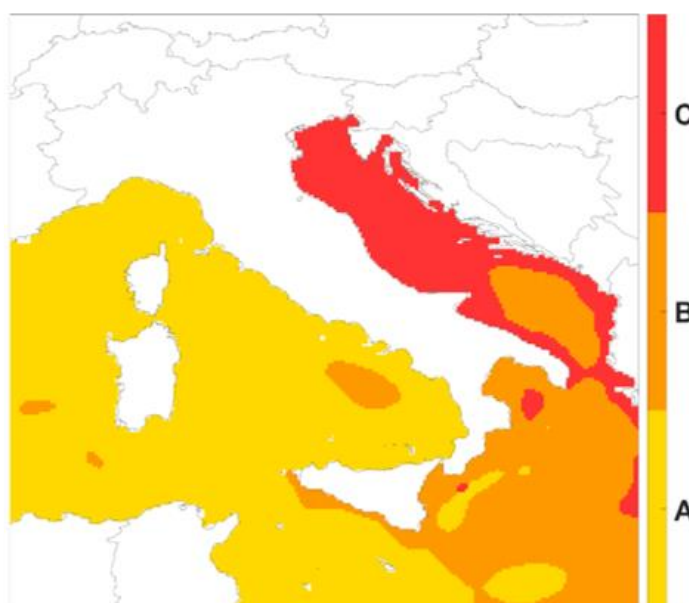


Figura 2.5 Aree climatiche marine omogenee, RCP 8.5

2.2. Impatti e Settori

I segnali climatici individuati dall'analisi della condizione climatica attuale e dalle proiezioni su quella futura costituiscono il dato in ingresso per le successive valutazioni di impatto. Nel caso almeno finora più comune, tali segnali vengono sottoposti all'interpretazione di esperti di settore, per derivarne indicazioni su come potrebbero evolvere ambiti e settori in scenari futuri, a partire dall'ambiente fisico e andando poi a quello sociale ed economico. In taluni casi, potrebbe essere possibile utilizzare quei segnali quali dati di input in modellistiche per la simulazione di fenomeni in senso previsionale. Tuttavia, bisogna senz'altro tenere conto del livello di incertezza generalmente piuttosto elevato che accompagna questo ambito, nonché dei limiti intrinseci dei modelli applicati. Il sistema territorio, inclusivo dell'attività umana che lo abita, è difatti un sistema complesso: un cambiamento del clima avrà innanzitutto un'influenza diretta sulle componenti fisiche, biologiche, chimiche del sistema stesso. A loro volta, tali influenze costituiranno dei fattori di pressione negli aspetti di vivibilità, benessere e sviluppo sociale ed economico del territorio. Si potranno definire, in altre parole, degli impatti diretti sull'ambiente fisico e degli impatti indiretti sul sistema socioeconomico. Il 5° Rapporto di Valutazione dell'IPCC (2014) definisce gli elementi utili all'analisi del rischio e degli impatti del cambiamento climatico: sorgente di pericolo, esposizione, vulnerabilità. Nell'ambito di tale

documento si definisce il concetto di sorgente di pericolo: l'effetto composto di un segnale climatico e del suo impatto diretto, ovvero impatto sull'ambiente fisico. La sorgente di pericolo costituisce un fattore di potenziale impatto diretto e negativo sul sistema⁵. Tali sorgenti di pericolo, al verificarsi di determinate condizioni, possono costituire ciò che il documento IPCC definisce Rischi: se esistono elementi (ad esempio beni, persone, ecc.) esposti ad un determinato pericolo e vulnerabili ad esso, allora esiste un rischio da considerare, ovvero un impatto indiretto (o intermedio) del cambiamento climatico su tali elementi (si veda per approfondimento il Capitolo 3).

Nella definizione degli impatti potenziali, l'uso di indicatori quantitativi può rivelarsi utile per diversi scopi. Un sistema di indicatori può essere utilizzato:

- per una descrizione quantitativa degli impatti;
- nella quantificazione della gravità degli impatti e quindi nella definizione di priorità di intervento;
- insieme agli indicatori di avanzamento delle misure, nell'ambito valutazioni di costo efficacia (nel monitorare il decremento quantitativo degli impatti).

L'uso di indicatori per descrivere gli impatti può aiutare una migliore comprensione del fenomeno, così come una sua più efficace rappresentazione e comunicabilità a tutti i portatori di interesse. La tabella sottostante presenta alcuni esempi possibili di descrizione quantitativa degli impatti (Tab. 2.8).

Descrizione impatto potenziale	Indicatore quantitativo		Periodo
Diminuzione della produttività delle rese agricole a causa della maggiore variabilità climatica e l'incremento di eventi climatici estremi (incremento dello stress idrico e termico delle colture per aumenti di frequenza di ondate di calore, ondate di freddo, piogge di forte intensità e periodi siccitosi) [Lombardia]	Mais	(-) 6.5%	2030
		(-) 1.7	2020
		(-) 2.2	2050
		(-) 1.3	2080
	Grano duro	(-) 5%	2030
	Vite/Uva	(-) 4.1%	2011-2030
(-) 6.5%		2031-2050	

Tabella 2.8 Esempi di indicatori quantitativi per la descrizione di impatti potenziali (fonte: Strategia Regionale per l'Adattamento al Cambiamento Climatico – Regione Lombardia)

Nella seguente tabella (Tab. 2.9) sono stati raccolti alcuni indicatori provenienti da fonti diverse e utilizzabili per una valutazione degli impatti sull'ambiente fisico e naturale (Cetara et al., 2020).

Indicatore	Fonte	Fattore	Rischio
Superficie di territori boscati e ambienti semi-naturali	MasterAdapt	FN	Esposizione
Corpi idrici (presenza)	MasterAdapt	FN	Esposizione
Superficie di aree protette	MasterAdapt	FN	Esposizione
Superficie di aree natura 2000	MasterAdapt	FN	Esposizione
Superficie Agricola Utilizzata (SAU)	MasterAdapt	FN	Esposizione
Superficie Agricola Totale (SAT)	MasterAdapt	FN	Esposizione
Runoff	MasterAdapt	FN	Sensibilità
Sup. per tempo tolleranza all'allagamento	MasterAdapt	FN	Sensibilità
% Aree verdi	MasterAdapt	FN	Sensibilità
% Acqua necessaria per colture	MasterAdapt	FN	Sensibilità
Aree non irrigue	MasterAdapt	FN	Sensibilità
Aree irrigue	MasterAdapt	FN	Sensibilità
Aree vegetate, miste e scarsamente boscate	MasterAdapt	FN	Sensibilità

⁵ Per sua natura, il documento IPCC è fortemente orientato all'analisi degli impatti negativi e meno alle possibili opportunità derivanti da mutate condizioni climatiche

% Aree irrigue	MasterAdapt	FN	Sensibilità
% Macchia mediterranea	MasterAdapt	FN	Sensibilità
% Aree di foresta	MasterAdapt	FN	Sensibilità
Acqua erogata pro capite (Istat, 2015, litri/abitante/giorno)	SDG_6_1_1	FN	Esposizione
Percentuale di corpi idrici che hanno raggiunto l'obiettivo di qualità ecologica sul totale dei corpi idrici delle acque superficiali (fiumi e laghi) (Ispra, Qualità elevata e buona, %)	SDG_6_3_2	FN	Esposizione
Prelievi di acqua per uso potabile (Istat, 2018, Milioni di m3)	SDG_6_4_2	FN	Vulnerabilità
Quota di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia (GSE- Gestore dei Servizi Energetici, 2017, %)	SDG_7_2_1	FN	Vulnerabilità
Consumi di energia da fonti rinnovabili escluso settore trasporti (in percentuale del consumo finale lordo di energia) (GSE- Gestore dei Servizi Energetici, 2017, %)	SDG_7_2_1	FN	Esposizione
Consumi di energia da fonti rinnovabili nel settore termico (in percentuale del consumo finale lordo di energia) (GSE- Gestore dei Servizi Energetici, 2017, %)	SDG_7_2_1	FN	Capacità adattativa
Energia da fonti rinnovabili - Quota di energia elettrica da fonti rinnovabili sul consumo interno lordo di energia elettrica (Terna Spa, 2018, %)	SDG_7_2_1	FN	Esposizione
Consumi di energia da fonti rinnovabili nel settore trasporti (in percentuale del consumo finale lordo di energia) (GSE- Gestore dei Servizi Energetici, 2017, %)	SDG_7_2_1	FN	Esposizione
Incidenza delle aree di verde urbano sulla superficie urbanizzata delle città (Istat, 2018, m2 per 100 m2 di superficie urbanizzata)	SDG_11_7_1	FN	Capacità adattativa
Incidenza del turismo sui rifiuti (Ispra, 2017, kg / abitante equivalente)	SDG_12_b_1	FN	Vulnerabilità
Impatto degli incendi boschivi: Superficie percorsa dal fuoco (Istat, Elaborazione su dati Corpo forestale dello Stato e Protezione Civile (2005-2015) e Comando Carabinieri Tutela forestale, Nucleo Informativo Antincendio Boschivo (2016-2017), 2018, per 1.000 kmq)	SDG_13_1_1	FN	Vulnerabilità
Aree forestali in rapporto alla superficie terrestre (FAO e INFC, 2015, %)	SDG_15_1_1	FN	Capacità adattativa
Coefficiente di boscosità (Elaborazioni ISPRA su dati FAO e Istat su dati INFC, 2015, %)	SDG_15_1_1	FN	Capacità adattativa
Aree protette (Istat, Elaborazione su dati Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, 2017, %)	SDG_15_1_2	FN	Capacità adattativa
Frammentazione del territorio naturale e agricolo (Ispra, 2018, %)	SDG_15_3_1	FN	Vulnerabilità

Tutela della biodiversità	C40_IA_QualitàAmb	FN	Capacità adattativa
Servizi ecosistemici	C40_IA_QualitàAmb	FN	Capacità adattativa
Diversità biologica	C40_IA_QualitàAmb	FN	Capacità adattativa
Popolazione di specie	C40_IA_QualitàAmb	FN	Vulnerabilità
Emissioni di gas serra	C40_IA_QualitàAmb	FN	Vulnerabilità
Degrado dei suoli	C40_IA_QualitàAmb	FN	Vulnerabilità
Struttura del suolo	C40_IA_QualitàAmb	FN	Esposizione
Temperatura dell'aria (interni)	C40_IA_QualitàAmb	FN	Pericolo
Temperature dell'aria (esterno)	C40_IA_QualitàAmb	FN	Pericolo
Qualità dei corsi d'acqua	OMB_Ambiente	FN	Esposizione
Captazione delle risorse idriche	OMB_Ambiente	FN	Vulnerabilità
Bilancio di massa dei ghiacciai	OMB_Ambiente	FN	Vulnerabilità
Superficie agricola utilizzata	OMB_Ambiente	FN	Esposizione
Superfici forestali	OMB_Ambiente	FN	Capacità adattativa
Superfici naturali	OMB_Ambiente	FN	Capacità adattativa
Numero di giorni d'estate	OMB_Ambiente	FN	Pericolo
Numero di notti tropicali	OMB_Ambiente	FN	Pericolo
Numero di giorni di gelo	OMB_Ambiente	FN	Pericolo
Numero di giorni sottozero	OMB_Ambiente	FN	Pericolo
Durata della stagione vegetativa	OMB_Ambiente	FN	Pericolo
Numero di gradi-giorno di riscaldamento	OMB_Ambiente	FN	Pericolo

Tabella 2.9 Indicatori di impatto dei cambiamenti climatici sull'ambiente fisico e naturale

Di seguito vengono presentati e discussi alcuni impatti sulle risorse idriche e i principali settori che subirebbero danni all'interno del contesto sovranazionale (MedECC, 2020) e nazionale (PNACC, 2017).

Risorse idriche (MedECC, 2020)

La disponibilità di acqua nel Bacino del Mediterraneo si ridurrà come conseguenza di tre fattori principali: (i) diminuzione delle precipitazioni, (ii) aumento della temperatura e (iii) crescita della popolazione, soprattutto nei paesi già attualmente a corto di acqua. A causa del solo cambiamento climatico, che provoca una maggiore evapotraspirazione e una riduzione delle precipitazioni, è probabile che la disponibilità di acqua dolce nella regione mediterranea diminuisca sostanzialmente (dal 2 al 15% per un riscaldamento di 2 °C), tra le maggiori diminuzioni al mondo (Cisneros et al., 2014; Gudmundsson & Seneviratne, 2016; Gudmundsson et al., 2017). Si prevede che la durata e la gravità dei periodi di siccità meteorologica aumenti in modo significativo (Kovats et al., 2014; Tsanis et al., 2011). Si prevede che la popolazione mediterranea classificata come "povera di acqua" (ovvero che ha accesso a meno di 1000 m³ pro capite all'anno) aumenterà da 180 milioni di persone nel 2013 a oltre 250 milioni entro 20 anni (UNEP/MAP, 2013). I paesi della sponda meridionale e orientale del Mediterraneo con clima semiarido sono più soggetti a carenza d'acqua e ad alta variabilità inter-annuale delle loro risorse idriche (Fig. 2.6). La portata dei fiumi è generalmente ridotta, soprattutto a sud e ad est, dove l'acqua è estremamente scarsa (Forzieri et al., 2014). I livelli dell'acqua nei laghi e nei bacini artificiali diminuiranno. Ad esempio, il più grande lago del Mediterraneo, il lago Beyşehir in Turchia, potrebbe prosciugarsi entro gli anni 2040 a meno che il suo regime di deflusso non venga modificato (Bucak et al., 2017). Lo sfruttamento intensivo delle risorse idriche sotterranee ha portato a cali critici dei livelli delle acque sotterranee in molte aree (Custudio et al., 2016; Moustdraf et al., 2008). Non solo la quantità di acque sotterranee diminuisce, ma anche la sua qualità si deteriora a causa del sovrasfruttamento, dell'inquinamento, dell'urbanizzazione crescente e dell'intrusione di acqua salata causata dall'aumento del livello del mare. L'aumento dell'inquinamento idrico tocca in particolare la sponda meridionale e orientale (Ludwig et al., 2010), a causa delle nuove industrie, dell'espansione urbana incontrollata, dello sviluppo del turismo, della migrazione e della crescita della popolazione. Alcune regioni aride dipendono in larga misura dalle risorse idriche fornite dallo scioglimento della neve nelle catene montuose. Per questi bacini dominati dalla neve (ad esempio nelle montagne dell'Atlante in Marocco o nelle Alpi in Italia, Francia) il cambiamento climatico si traduce in una diminuzione del deflusso primaverile associato a una ridotta copertura nevosa (Marchane et al., 2017), riducendo le risorse idriche disponibili. Inoltre, l'aumento della scarsità d'acqua è una conseguenza della maggiore richiesta di acqua. L'irrigazione rappresenta tra il 50% e il 90% del

fabbisogno totale di acqua del Mediterraneo (UNEP/MAP, 2009). Si prevede che il fabbisogno idrico per l'irrigazione nella regione mediterranea aumenterà tra il 4 e il 18% entro la fine del secolo a causa del solo cambiamento climatico. La crescita della popolazione e l'aumento della domanda possono aumentare questi numeri tra il 22 e il 74% (Fader et al., 2016). Si prevede inoltre che la domanda di acqua per la produzione aumenterà tra il 50 e il 100% fino al 2050 nei Balcani e nel sud della Francia (Forzieri et al., 2014). Il previsto aumento della popolazione, in particolare nelle aree costiere dei paesi del Mediterraneo orientale e meridionale, e la crescente urbanizzazione non solo porteranno a un aumento della domanda di acqua, ma anche a un ulteriore deterioramento della qualità dell'acqua. Soddisfare la crescente domanda di acqua potabile di buona qualità e di acqua per l'irrigazione è un problema complesso, che spesso comporta conflitti tra utenti delle acque sotterranee e proprietari terrieri o tra paesi. Le inondazioni, che dovrebbero essere più frequenti, possono effettivamente diminuire la disponibilità di acqua, in quanto possono provocare danni ai sistemi di approvvigionamento idrico, forniture di acqua potabile insufficienti e interruzioni dei sistemi di trasporto (Michelozzi and de' Donato, 2014).

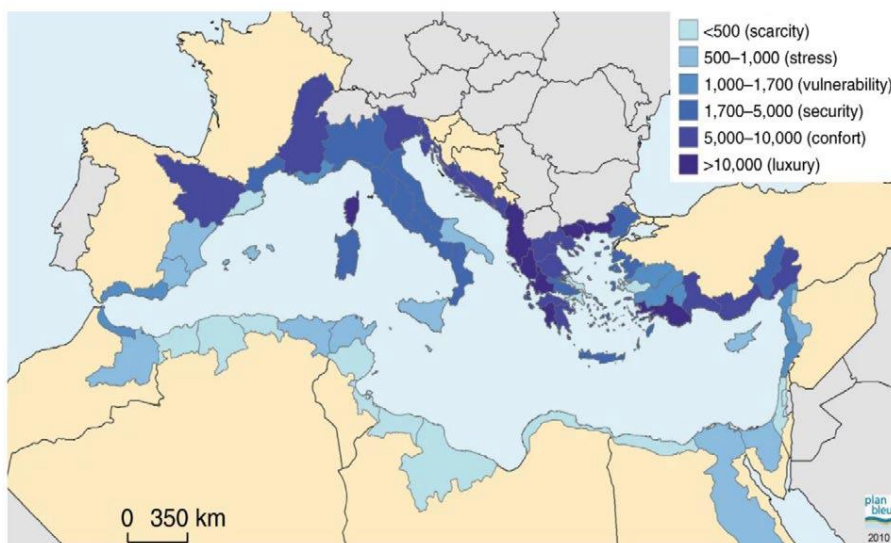


Figura 2.6 Risorse idriche naturali rinnovabili annuali pro capite nei principali bacini idrografici del Mediterraneo, espresse come livelli di carenza per uso umano (Plan Bleu, 2010)

Risorse idriche (PNACC, 2017)

Gran parte degli impatti dei cambiamenti climatici sono riconducibili a modifiche del ciclo idrologico e al conseguente aumento dei rischi che ne derivano. Le risorse idriche sono fondamentali per uno sviluppo equo e sostenibile e la sicurezza idrica è un requisito fondamentale per la competitività delle imprese e la tutela dell'ambiente naturale.

La quantità delle risorse idriche rinnovabili in Italia corrisponde a circa a 116 miliardi di m³. La Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNACC) ha stimato circa 52 miliardi di m³ di acqua effettivamente utilizzabile. I principali settori utilizzatori della risorsa sono l'agricoltura (circa 20 miliardi di m³), l'idropotabile (9,5 miliardi di m³) e l'industria manifatturiera (5,5 miliardi di m³). L'impiego nella produzione di energia non comporta maggiori consumi idrici rispetto alla disponibilità attuale. Si noti tuttavia come il raffreddamento degli impianti termoelettrici utilizzi circa 18,4 miliardi m³, di cui soltanto l'11,5% da acque interne. Da questo quadro emerge un impiego di oltre il 30% delle risorse rinnovabili disponibili nel nostro paese, ben superiore alla soglia del 20% indicata dall'obiettivo di un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse (EC 2011a, b). Di conseguenza l'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico (OCSE) ha classificato l'Italia come un paese soggetto a stress idrico medio-alto. Inoltre, la distribuzione della disponibilità e del fabbisogno della risorsa idrica è caratterizzata da una forte disomogeneità a livello subnazionale. L'assetto idrico comprende oltre 9.000 corpi naturali – definiti come significativi ai sensi del Decreto Legislativo 152/2006 – ed artificiali, composti dai canali di scolo e irrigazione, di lunghezza pari a oltre 180.000 km. I grandi invasi possono regolare un volume di risorsa corrispondente ad oltre 12 miliardi di m³.

Il cambiamento climatico potrebbe agire in modo più o meno diretto sulla qualità delle risorse idriche alterandone sia i parametri fisici (es. temperatura, pH, torbidità, stratificazione termica) che chimici (es. concentrazione di nutrienti, sostanza organica, ossigeno disciolto, metalli pesanti) con conseguenze a cascata su caratteristiche biologiche ed ecologiche (es. concentrazione di fitoplancton, composizione e struttura delle comunità). La valutazione di questi impatti risulta però particolarmente complessa dovendo prendere in considerazione non solo i processi legati agli effetti del cambiamento climatico sul ciclo idrologico, ma anche le numerose interazioni con la componente antropogenica (Carvalho and Kirika 2003; Greig et al., 2011). In particolare, risulta problematico determinare se gli impatti e le alterazioni osservate possano essere direttamente attribuibili al cambiamento climatico o ad altre perturbazioni di tipo antropico che insistono sui corpi d'acqua sia dal punto di vista qualitativo (es. eccessivo rapporto di nutrienti dovuto alle pratiche agricole o a scarichi civili) che quantitativo (es. il prelievo sulle riserve di acqua sotterranee e superficiali a scopi irrigui). Nonostante questa difficoltà, la determinazione dell'impatto del cambiamento climatico sullo stato qualitativo ed ecologico dei corpi idrici costituisce un aspetto fondamentale nella definizione dei requisiti di qualità ambientale delle acque definiti dalla normativa nazionale ed europea (Direttiva 2000/60/UE o Direttiva Quadro sulle Acque – DQA, Commissione Europea, 2000; D.lgs. 152/2006). In futuro, gli obiettivi di qualità definiti dagli stati membri potrebbero risultare inadeguati considerando la possibile variazione delle condizioni di riferimento dei corpi idrici indotta dalla forzante climatica (Kernan, 2015).

All'interno di un bacino idrografico come quello del Roja, gli impatti diretti dei cambiamenti climatici che graverebbero maggiormente sulla quantità e la qualità della risorsa idrica alterandone la disponibilità sono rappresentati principalmente dalla diminuzione delle precipitazioni, da un aumento dei fenomeni estremi come inondazioni e alluvioni (ad esempio precipitazioni di breve durata ma intense come la recente alluvione Alex) e dall'aumento della temperatura. Di conseguenza, tali impatti produrrebbero non solo impatti indiretti sui maggiori settori afferenti alle risorse idriche e cioè l'idropotabile, l'agricoltura, l'industria e il raffreddamento di impianti (Burak and Margat, 2016) ma la variazione della disponibilità idrica potrebbe causare ulteriori effetti dannosi su settori come il turismo e l'idroelettrico. Tuttavia, è possibile trarre delle opportunità dagli impatti sulla risorsa idrica attraverso l'applicazione di strategie mirate. Ad esempio, si potrebbe revisione completamente il settore agricolo abbandonando l'attuale modello produttivistico basato sulla massimizzazione della produzione e intraprendere modelli in cui si privilegia la qualità del prodotto rispetto alla quantità. Tale strategia sarebbe già in linea con alcune direttive europee e potrebbe essere considerata all'interno di programmi di cooperazione territoriale o all'interno del Programma di Sviluppo Rurale ligure (PSR) attualmente in revisione. Inoltre, una maggiore valorizzazione del prodotto tipico inciderebbe sull'economia multifunzionale dell'entroterra incentivando il settore turistico attraverso nuove forme di turismo (turismo esperienziale) affiancando al tradizionale e massivo turismo costiero e balneare ligure un turismo legato all'entroterra e alle tradizioni del territorio (agriturismi, prodotti DOP, marchi legati ai parchi). Un ulteriore esempio potrebbe riguardare il settore idroelettrico. Se a causa degli impatti dei cambiamenti climatici il bacino dovesse riportare una grave discontinuità e un maggiore rischio di deperimento per il futuro si potrebbero proporre ulteriori fonti di energia. La diversificazione della produzione di energia elettrica comporterebbe nuovi tipi di installazioni e nuove attività offrendo nuove occasioni per startup, spin-off e aziende giovani e nuove opportunità dal punto di vista socioeconomico.

3. Valutazione di vulnerabilità e rischio

Il bacino idrografico del F.Roia è situato all'interno di un territorio transfrontaliero e geomorfologicamente complesso. Per tale motivo sarebbe opportuno applicare un approccio misto all'interno di un'analisi di vulnerabilità non solo fisica ma anche socioeconomica tenendo presente l'esistenza di due sistemi potenzialmente differenti (territorio francese e italiano) con dinamiche diverse dal punto di vista normativo, turistico e di mercato. Inoltre, il bacino è un'entità geografica dominata da un fiume che è un oggetto estremamente dinamico, mutevole, sensibile e soprattutto legato all'attività antropica. Sistemi antropizzati e influenzati dall'attività umana tendono a lasciare meno spazio alla variabilità naturale e ad essere soggetti a nuovi tipi di vulnerabilità fisiche e ai conseguenti impatti indiretti. Un'ulteriore caratteristica fondamentale da considerare riguarda il *time-frame* (riferimento temporale) della fonte di pericolo e la variazione nel tempo del disastro considerato. In generale, gli impatti dei cambiamenti climatici sono caratterizzati da tempi relativamente lunghi ma gli eventi estremi correlati presentano insorgenze spesso rapide e poco prevedibili. Diviene rilevante, dunque, considerare dati sulle serie storiche riguardanti l'accadimento di fenomeni estremi in maniera da poterne stimare la frequenza di insorgenza e i tempi di ritorno. Inoltre, all'interno di un'analisi di vulnerabilità e rischio, non andrebbe trascurato il ruolo della percezione del rischio. Ad esempio, a livello amministrativo, una percezione del rischio differente potrebbe giocare un ruolo importante sulla quantità di risorse da investire e sulla rapidità nei tempi di pianificazione e gestione di un evento catastrofico. Infatti, quando un individuo subisce un'esperienza diretta con un evento estremo, il suo approccio rispetto al rischio tende a cambiare. In particolare, quando si verificano fenomeni di grandi intensità, la percezione del disastro è soggettiva per ogni individuo sulla base delle proprie esperienze passate. Tali vissuti potrebbero di conseguenza generare negli individui reazioni differenti che li porterebbero ad agire e a comportarsi in maniera diversa rispetto agli eventi estremi. In generale, le esperienze dirette dovrebbero promuovere una maggiore sensibilità e apertura nei confronti di comunicazioni climatiche pro-ambientali e una maggiore disponibilità ad intraprendere azioni di mitigazione e adattamento. Tale effetto però non è necessariamente persistente nel tempo. La percezione è mutevole ed è veicolata da molteplici fattori come, ad esempio, la gestione del fenomeno disastroso. Infatti, potrebbe non essere determinata solo dall'esposizione diretta al pericolo ma anche dai feedback favorevoli o sfavorevoli sulla gestione del disastro da parte della comunità (soccorso, protezione civile, vigili del fuoco, amministrazione). Lo scopo principale di un'analisi di vulnerabilità e rischio è quello di fornire una valutazione di vulnerabilità del territorio considerato attraverso la quale dovrebbe essere possibile selezionare una strategia strutturata di gestione del rischio più idonea ed efficace. Rilevante a tal fine è la considerazione e l'integrazione di approcci pragmatici e logici come quelli del *Disaster Risk Reduction*. Comunque, la valutazione di vulnerabilità e rischio è una metodologia che può consentire di tradurre, almeno parzialmente, considerazioni rispetto agli impatti dei cambiamenti climatici in analisi quantitative o semi-quantitative. Tali valutazioni consentono in prima istanza un'analisi circostanziata degli impatti, per poi identificare su quali elementi del sistema tali impatti hanno influenza, come (seppure in maniera sintetica) e quanto; indicando quindi contestualmente su quali fattori è possibile agire per minimizzare gli impatti negativi.

La vulnerabilità può rappresentare due concetti apparentemente diversi ma in relazione tra loro all'interno di un processo di analisi di rischio: vulnerabilità intesa come l'insieme delle caratteristiche di esposizione, sensibilità e capacità adattativa e vulnerabilità che racchiude al suo interno elementi di sensibilità e capacità adattativa e viene compresa insieme alle dimensioni di disastro ed esposizione all'interno della valutazione del rischio. In generale, i fattori fondamentali da considerare in una valutazione della vulnerabilità e del rischio sono:

- *I fattori agenti nell'impatto*, ovvero le cause potenziali del danno o dell'influenza. Nel caso di fattori dannosi (anche sorgenti di pericolo), essi vengono comunemente distinti in due tipi: *shock*, un evento di breve durata e notevole intensità, come ad esempio una tempesta o un incendio, un'ondata di calore; e *stress*, una condizione prolungata che determini conseguenze negative, come una siccità prolungata, il generale incremento delle temperature medie, una diminuzione di piogge stagionali. I fattori agenti, più in generale, determinano nuove condizioni per il territorio,

non necessariamente dannose, ma altrettanto importanti da valutare, come ad esempio l'espansione di areali a vocazionalità agricola.

L'esposizione: persone, animali, ecosistemi, beni in un territorio, che possono subire un impatto o un'influenza da parte di un evento o una condizione, in questo caso determinata almeno originariamente dal clima e dal suo cambiamento. Più in generale, può identificare tutto ciò che è potenzialmente affetto, compreso un settore economico o beni immateriali, quali le tradizioni locali.

- *Le caratteristiche che rendono il territorio*, e tutto ciò che risiedendo in esso è "esposto", *suscettibile di essere influenzato*: ad esempio, la stabilità dei versanti nei confronti del rischio idrogeologico; l'impermeabilizzazione dei suoli; l'assenza di ombreggiamento in ambienti urbani.

Le *Linee guida, principi e procedure standardizzate per l'analisi climatica e la valutazione della vulnerabilità a livello regionale e locale* prodotte nell'ambito del progetto Master Adapt propongono, oltre ad una disamina teorica dell'approccio al tema, un metodo basato in sintesi su 7 passi per l'analisi di rischio e vulnerabilità del territorio.

Analisi di rischio						
Passo 1	Passo 2	Passo 3	Passo 4	Passo 5	Passo 6	Passo 7
Contesto ambientale e socioeconomico	Sorgenti di pericolo di natura climatica	Potenziali impatti	Fattori esposti	Sensitività	Capacità di adattamento	Vulnerabilità ai cambiamenti climatici

La valutazione di vulnerabilità e rischio rimane un elemento fondamentale in un approccio sistemico di costruzione di obiettivi di adattamento, poiché identifica gli elementi concettuali sui quali è possibile operare con politiche e azioni di adattamento nella realtà e permette, teoricamente, di tenerne traccia.

3.1. Fattori per un'analisi di vulnerabilità e rischio ambientale e socioeconomica

Nel precedente capitolo è stato considerato il fattore riguardante la sorgente di pericolo che racchiude il concetto di impatto potenziale a seguito di un segnale climatico mutevole e la differenza tra impatti diretti e indiretti. Di seguito verranno approfonditi gli altri elementi fondamentali per un'analisi di rischio: esposizione, sensibilità e capacità adattativa (Fig. 3.1).

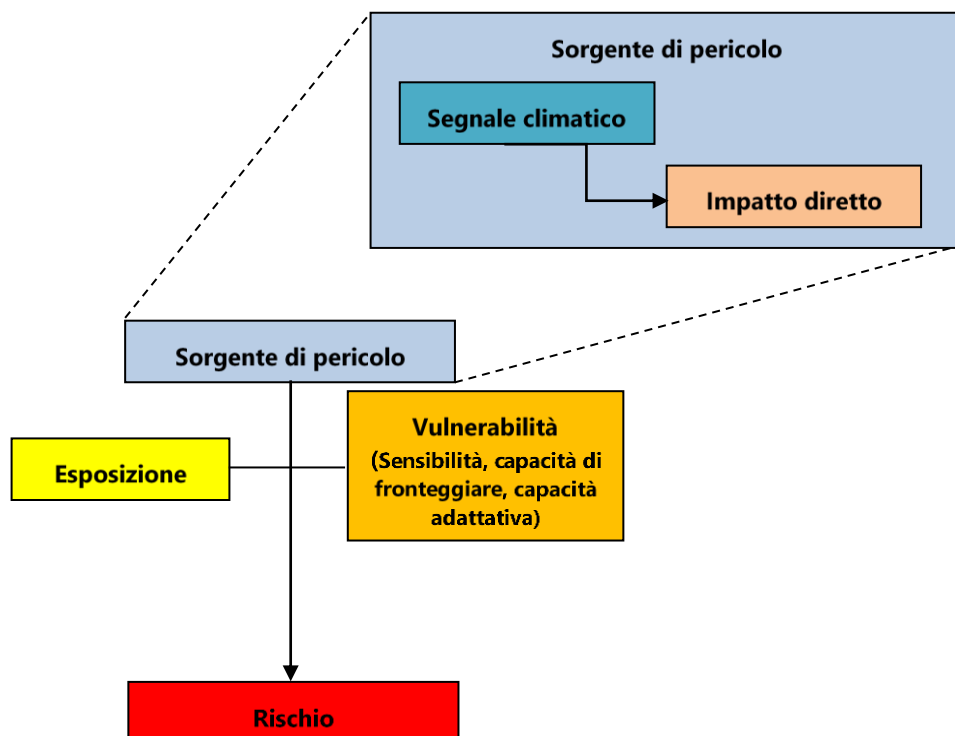


Figura 3.1 Schema concettuale per la definizione dei fattori del rischio (rielaborazione da IPCC AR5) (LIFE Master Adapt)

Esposizione

Come già evidenziato, il fattore esposizione identifica “la presenza di persone, mezzi di sussistenza, specie o ecosistemi, funzioni ambientali, servizi e risorse infrastrutture, beni economici, sociali o culturali in luoghi che potrebbero essere colpiti negativamente” (IPCC, 2014).

Il progetto LIFE Master ADAPT propone un set di possibili indicatori, che sono da prendere a riferimento ma poi adattati alle specifiche condizioni locali (Tab. 3.1).

Indicatore	Fonte	Fattore	Rischio
Superficie destinata a settore industriale	MasterAdapt	FI	Esposizione
Superficie destinata al settore commerciale	MasterAdapt	FI	Esposizione
Superficie destinata a servizi pubblici e privati	MasterAdapt	FI	Esposizione
Superficie di territori boscati e ambienti semi-naturali	MasterAdapt	FN	Esposizione
Corpi idrici (presenza)	MasterAdapt	FN	Esposizione
Superficie di aree protette	MasterAdapt	FN	Esposizione
Superficie di aree natura 2000	MasterAdapt	FN	Esposizione
Superficie Agricola Utilizzata (SAU)	MasterAdapt	FN	Esposizione
Superficie Agricola Totale (SAT)	MasterAdapt	FN	Esposizione
Popolazione residente	MasterAdapt	FU	Esposizione
Densità della popolazione	MasterAdapt	FU	Esposizione
Superfici aree urbanizzate residenziali	MasterAdapt	FU	Esposizione
Valore aggiunto lordo in agricoltura	MasterAdapt	FE	Esposizione
Valore aggiunto lordo nell'industria	MasterAdapt	FE	Esposizione

Tabella 3.1 Elementi esposti e indicatori di esposizione (Linee guida, principi e procedure standardizzate per l'analisi climatica e la valutazione della vulnerabilità a livello regionale e locale, LIFE Master ADAPT)

Sensibilità

La sensibilità, nell'ambito del metodo Master Adapt, viene definita come: *il grado secondo il quale un sistema viene influenzato, in maniera negativa o positiva, da stimoli correlati al clima. L'effetto può essere diretto (ad esempio cambiamento della resa delle colture in risposta ad un cambiamento della media, gamma, o variabilità della temperatura) o indiretto (ad esempio danni provocati da un aumento della frequenza di alluvioni costiere dovuto all'innalzamento del livello del mare)* (IPCC,2013).

La tabella sottostante riassume degli esempi di indicatori di sensibilità del sistema a diversi possibili impatti climatici o sorgenti di pericolo (Tab. 3.2).

Impatto	Indicatori	Fonte	Fattore	Rischio
Allagamenti	Indice di runoff, sottopassi, % strade, % superficie drenante, % edifici pessimo stato, beni storici, % aree allagate (storico)	MasterAdapt	FI	Sensibilità
	- popolazione giovane, % popolazione anziana	MasterAdapt	FU	Sensibilità
	<ul style="list-style-type: none"> - % anziani soli - Runoff - Sup. per tempo tolleranza all'allagamento - Stranieri - Poveri - n. sottopassi - Strade - Pop. per fasce di età - Superfici drenanti 	MasterAdapt	FI, FU, FN	Sensibilità

	- % analfabeti - % edifici in cattivo stato % famiglie disagiate			
Isola di calore urbano	% popolazione giovane, % popolazione anziana, Densità di popolazione	MasterAdapt	FU	Sensibilità
	Densità di costruito, permeabilità dei suoli, % impermeabilizzato, aree verdi pro capite, suolo impermeabile, % anziani soli	MasterAdapt	FI	Sensibilità
Siccità	Aree irrigue, % aree verdi, % acqua necessaria per culture, aree non irrigue	MasterAdapt	FN	Sensibilità
Fuoco/incendi	Aree vegetate, miste e scarsamente boscate, % aree irrigue, % macchia mediterranea, % aree di foresta	MasterAdapt	FN	Sensibilità
	% popolazione giovane, % popolazione anziana	MasterAdapt	FU	Sensibilità

Tabella 3.2 Indicatori di sensibilità per impatti

Capacità di adattamento

La capacità di adattamento viene definita come la *capacità dei sistemi, delle istituzioni, degli esseri umani e altri organismi di adattarsi a potenziali danni, per sfruttare le opportunità o rispondere alle conseguenze* (IPCC, 2013).

Costituisce certamente uno dei fattori più complicati da valutare, sia per la intrinseca vaghezza della sua definizione, sia per la complessità dei fattori da identificare prima e valutare poi.

La tabella seguente identifica alcuni elementi esemplificativi di fattori di capacità adattativa (Tab. 3.3).

Indicatore	Fonte	Fattore	Rischio
Budget comunali per la gestione ambientale	MasterAdapt	FE	Capacità adattativa
Popolazione con titolo di studio	MasterAdapt	FU	Capacità adattativa
Diploma di scuola secondaria superiore e laurea e relativa incidenza	MasterAdapt	FU	Capacità adattativa
Centri sociosanitari pubblici (appartenenti all'unità locale sociosanitaria)	MasterAdapt	FU	Capacità adattativa
Posti letto nella / nelle struttura/e ospedaliera/e	MasterAdapt	FU	Capacità adattativa
Dichiarazioni di stato di allarme climatico	MasterAdapt	FU	Capacità adattativa
Numero di codici rossi annui	MasterAdapt	FU	Capacità adattativa
Numero di codici arancioni annui	MasterAdapt	FU	Capacità adattativa

Tabella 3.3 Indicatori di capacità adattativa per aree tematiche

3.2. Verso un sistema di indicatori per un'analisi socioeconomica

Ai fini di uno studio socioeconomico, la selezione di indicatori finalizzati all'analisi del rischio dipendente da variabili economiche e sociali è fondamentale.

È noto che le analisi di rischio e vulnerabilità sviluppate in linea con la pratica e la comunità scientifica nel campo della DRR tendano a trascurare alcuni impatti sulla società e sull'economia. Ciò avverrebbe in quanto di complessa valutazione e soggetti a livelli elevati di incertezza, o in quanto secondari rispetto ai bersagli diretti di eventi catastrofici o dannosi. Inoltre, alcuni di tali impatti potrebbero presentare un fattore percettivo importante, essendo la loro rilevanza funzione delle percezioni che intorno a essi sviluppino le comunità interessate.

Tuttavia, è possibile ricondurre le dimensioni sociali ed economiche a una funzione di rischio conformata in linea con il modello prevalente nella recente letteratura di DRR anche applicata ai rischi connessi ai cambiamenti climatici.

La funzione risultante costituirebbe una componente parziale di un approccio più articolato alla valutazione del rischio, ma permetterebbe di studiare le componenti riferite alle dimensioni selezionate (sociali ed economiche in primo luogo). In estrema sintesi, tale *funzione di rischio socioeconomico* (se) potrebbe esprimersi in linea generale come:

$$R_{se} = H \times E_{se} \times V_{se}$$

In questa disamina metodologica, si richiamano alcuni set di indicatori che investono dimensioni economiche e sociali dei territori su cui possono manifestarsi impatti avversi. Tali indicatori sono spesso di tipo qualitativo o semi-quantitativo e costituiscono metriche per la misurazione di rischi/vulnerabilità, impatti o progressi nell'attuazione di misure di risposta (ad esempio nel caso dell'adattamento ai cambiamenti climatici). Come si vedrà meglio in seguito, si suggerisce che le misure che partecipino alla definizione delle componenti base della funzione di rischio socioeconomico possano essere classificate in base ad alcune categorie standard e precisamente: fattore umano (FU), fattore economico (FE), fattore infrastrutturale (FI) e – in via residuale – fattore naturale (FN). La considerazione dei valori assunti dagli indicatori appartenenti a una o più di tali categorie standard, permettono di stimare la componente socioeconomica (se) della funzione di rischio complessiva per un territorio (Fig. 3.2), che abbiamo identificato come *funzione di rischio socioeconomico*.

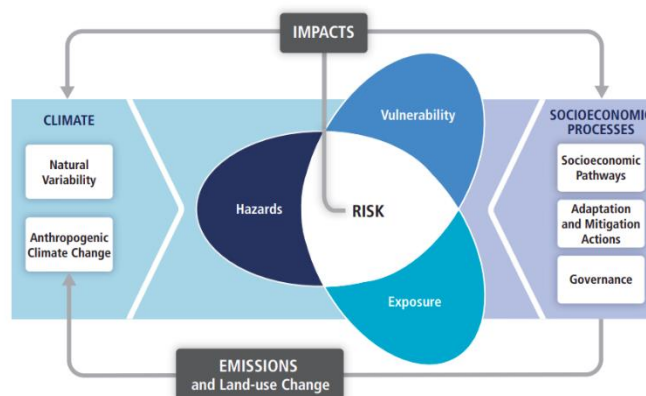


Figura 3.2 Rappresentazione di una valutazione di rischio climatico dipendente da pericolo, vulnerabilità, esposizione e processi socioeconomici (IPCC WGII AR5)

Pertanto, in linea con la definizione di valutazione del rischio come composizione di pericolo (H), vulnerabilità (V) ed esposizione (E) secondo l'approccio prevalente (IPCC WGII AR5), qui in particolare, si segnalano indicatori utili a qualificare i processi socioeconomici che possono determinare o interagire direttamente con tali elementi costitutivi e quindi con il rischio che ne derivi.

Per ogni indicatore si propone una corrispondenza relativamente a:

- Categorie standard di impatto socioeconomico e ambientale (FU, FE, FI, FN);
- Componente della funzione di rischio (V, E e ove opportuno H, ma ci si riserva la possibilità di associare gli indicatori anche alle dimensioni di sensibilità (s) e capacità adattiva (ac), in alcuni casi)

Alcune raccolte di indicatori nate in un contesto di adattamento ai cambiamenti climatici, complessivamente o in parte, considerano dimensioni sociali ed economiche dello sviluppo territoriale in relazione a rischi o possibili impatti esterni. Anche la letteratura nazionale e gli sviluppi in questa direzione da parte della rete delle agenzie ambientali e dall'ISPRA sono stati significativi negli ultimi anni, come dimostrano i lavori svolti da ISPRA e da molte agenzie regionali per l'ambiente (Giordano et al., 2018), oltre al PNACC (2017). Infine, progetti di ricerca e cooperazione a scala regionale e subregionale hanno elaborato metodologie corredate

da liste di indicatori riferiti a diverse dimensioni teoriche (fattore umano, fattore naturale, economia), incluse quelle sociali ed economiche (MasterAdapt, 2020). Si è ritenuto utile includerli tra le fonti utilizzate in questa sede e armonizzare le categorie usate nelle quattro suddette (FU, FE, FI, FN).

Alcuni indicatori sono stati selezionati esplicitamente per essere utilizzati nella valutazione delle Strategie di Sviluppo Sostenibile per il raggiungimento degli SDG su scala locale/urbana (C40 & Ramboll, 2020) e regionale in relazione all'attuazione di misure di adattamento subregionale ai cambiamenti climatici (AdaptMontBlanc, 2020). La lettura di questi indicatori permette di valutare l'andamento di variabili sociali ed economiche in linea con un obiettivo complessivo di sviluppo sostenibile. Con riferimento agli scopi di questo studio, la selezione di indicatori proposta permette inoltre di investigare le sinergie bidirezionali che si verificano tra gli ambiti dell'adattamento al cambiamento climatico e dello sviluppo sostenibile.

Gli indicatori di sviluppo sostenibile sono in larga misura di natura sociale ed economica, in linea con gli obiettivi e i target che intendono monitorare. Elaborati nell'ambito del processo di monitoraggio nell'attuazione degli obiettivi ONU di sviluppo sostenibile (SDG) a partire dal 2015, possono contribuire a valutare il progresso nell'attuazione di misure di adattamento ai cambiamenti climatici su territori specifici (AdaptMontBlanc, 2020; Cetara et al., 2020) ed essere applicati utilmente alla dimensione fisica di bacino idrografico oggetto di questo studio.

Qui non saranno considerati gli indicatori relativi alla dimensione della governance delle misure di adattamento, pur di grande rilievo con riferimento alle misure di gestione degli impatti sociali ed economici. Essi saranno richiamati nel Capitolo 4.

3.3. Classificazione di indicatori in base a dimensioni rilevanti ai fini di un'analisi socioeconomica di un bacino idrografico

Gli indicatori raccolti nell'ambito dello studio coprono tematiche definite diversamente in fonti differenti. È possibile, infatti, individuare diverse categorie di raggruppamento degli indicatori in ragione della funzione che assolvono. La non univocità di tale funzione rende alcuni indicatori assegnabili a più categorie, pertanto diversi set di indicatori possono presentare occorrenze comuni pur assolvendo funzioni differenti. Da notare che sono possibili raggruppamenti di indicatori variabili, ad esempio:

- i. su base funzionale
- ii. su base settoriale
- iii. in base alla categoria di impatto in analisi
- iv. in base alle competenze amministrative coinvolte in sede di monitoraggio o di intervento (governance)

Ai fini di questo studio, si ritengono rilevanti tutti gli indicatori che affrontino una dimensione sociale o economica di un processo di sviluppo territoriale complesso. Si ritiene che tali indicatori possano fornire informazioni in merito a:

1. *Dinamiche sociali e demografiche*
2. *Dinamiche economiche*
3. *Mercato del lavoro*
4. *Settori economici rilevanti (v. anche settori in Capitoli 1 e 2)*
5. *Cultura*
6. *Qualità della Vita/Alimentazione/Stili di vita*
7. *Salute*
8. *Istruzione*

Un'articolazione di base di tali indicatori può tuttavia basarsi su alcune macrocategorie omogenee che si individuano in:

1. *Fattore umano (FU)*
2. *Fattore economico (FE)*
3. *Fattore infrastrutturale (FI)*
4. *Fattore naturale (FN)*

La scelta di valutare separatamente le infrastrutture deriva dalla chiara indicazione degli effetti sociali ed economici che la loro presenza, funzionamento e percorribilità può generare a vantaggio dei territori e delle popolazioni servite. Tutti gli indicatori proposti, con riferimento all'area di studio, possono essere riferiti all'area geografica che esprime una domanda idrica, come definita nel Capitolo 1.

Di seguito si propone una selezione di indicatori estratti dalle fonti richiamate e riorganizzati secondo le classificazioni qui brevemente discusse: *fattore umano (FU)*, *fattore economico (FE)* e *fattore infrastrutturale (FI)*. Per ciascun indicatore si richiama la fonte e la dimensione di riferimento dello stesso in una funzione di rischio in linea con IPCC WGII AR5, tra vulnerabilità, rischio ed esposizione (e occasionalmente capacità adattiva e sensibilità).

Fattore Umano

Indicatore	Fattore	Fonte	Rischio
Popolazione residente (2018)	ISTAT	FU	Esposizione
Densità abitativa (ab/km2)	ISTAT	FU	Esposizione
Variatione % della popolazione (2011 - 2018)	ISTAT	FU	Capacità adattativa
Indice di vecchiaia (Rapporto della popolazione di 65 anni e più su quella di 0-14 anni.)	ISTAT	FU	Vulnerabilità
Dipendenza strutturale (Percentuale popolazione in età non attiva (0-14 e oltre 65) sulla popolazione in età attiva (15-64))	ISTAT	FU	Vulnerabilità
Popolazione residente in aree a pericolosità idraulica elevata (P3)	ISTAT	FU	Esposizione
Percentuale popolazione residente in aree a pericolosità idrogeologica (Frane e dissesti) elevata o molto elevata (P3, P4)	ISTAT	FU	Esposizione
Indice di vulnerabilità sociale e materiale (*)	ISTAT	FU	Vulnerabilità
popolazione giovane, %	MasterAdapt	FU	Sensibilità
popolazione anziana, %	MasterAdapt	FU	Sensibilità
% anziani soli	MasterAdapt	FU	Sensibilità
- Stranieri	MasterAdapt	FU	Sensibilità
- Poveri	MasterAdapt	FU	Sensibilità
- Pop. per fasce di età	MasterAdapt	FU	Sensibilità
- Superfici drenanti	MasterAdapt	FU	Sensibilità
- % analfabeti	MasterAdapt	FU	Sensibilità
- % edifici in cattivo stato	MasterAdapt	FU	Sensibilità
% famiglie disagiate	MasterAdapt	FU	Sensibilità
Popolazione con titolo di studio	MasterAdapt	FU	Capacità adattativa
Diploma di scuola secondaria superiore e laurea e relativa incidenza	MasterAdapt	FU	Capacità adattativa
Centri sociosanitari pubblici (appartenenti all'unità locale sociosanitaria)	MasterAdapt	FU	Capacità adattativa
Posti letto nella / nelle struttura/e ospedaliera/e	MasterAdapt	FU	Capacità adattativa

Dichiarazioni di stato di allarme climatico	MasterAdapt	FU	Capacità adattativa
Numero di codici rossi annui	MasterAdapt	FU	Capacità adattativa
Numero di codici arancioni annui	MasterAdapt	FU	Capacità adattativa
Famiglie molto o abbastanza soddisfatte per la continuità del servizio elettrico (Istat, 2019, %)	SDG_1_4_1	FU	Capacità adattativa
Famiglie che lamentano irregolarità nell'erogazione di acqua (Istat, 2019, %)	SDG_1_4_1	FU	Vulnerabilità
Famiglie che lamentano irregolarità nell'erogazione di acqua (Istat, 2019, %)	SDG_6_1_1	FU	Vulnerabilità
Famiglie molto o abbastanza soddisfatte per la continuità del servizio elettrico (Istat, 2019, %)	SDG_7_1_1	FU	Capacità adattativa
Tasso di disoccupazione (Istat, 2019, %)	SDG_8_5_2	FU	Vulnerabilità
Tasso di mancata partecipazione al lavoro (Istat, 2019, %)	SDG_8_5_2	FU	Vulnerabilità
Tasso di occupazione (15-64 anni) (Istat, 2019, %)	SDG_8_5_2	FU	Esposizione
Tasso di occupazione (20-64 anni) (Istat, 2019, %)	SDG_8_5_2	FU	Esposizione
Percentuale occupati sul totale popolazione (Istat, 2019, %)	SDG_8_5_2	FU	Esposizione
Popolazione esposta al rischio di frane (Ispra, 2017, %)	SDG_11_5_1	FU	Vulnerabilità
Popolazione esposta al rischio di alluvioni (Ispra, 2017, %)	SDG_11_5_1	FU	Vulnerabilità
Popolazione esposta al rischio di alluvioni (Ispra, 2017, %)	SDG_13_1_1	FU	Esposizione
Popolazione esposta al rischio di frane (Ispra, 2017, %)	SDG_13_1_1	FU	Esposizione
Pericoli per la salute e di morte	C40_IS_Salute	FU	Vulnerabilità
Attività fisica	C40_IS_Salute	FU	Capacità adattativa
Attrattività delle città	C40_IS_Qualità_Vita	FU	Capacità adattativa
Educazione agli usi energetici	C40_IS_Cultura	FU	Capacità adattativa
Educazione agli usi dell'acqua	C40_IS_Cultura	FU	Capacità adattativa
Educazione all'igiene e alla sanità	C40_IS_Cultura	FU	Capacità adattativa
Consumi di cibo e educazione alle diete	C40_IS_Cultura	FU	Capacità adattativa

Tabella 3.4 Indicatori di sviluppo sostenibile: Fattore Umano (FU)

Fattore Economico

Indicatore	Fonte	Fattore	Rischio
Valore aggiunto lordo in agricoltura	MasterAdapt	FE	Esposizione
Valore aggiunto lordo nell'industria	MasterAdapt	FE	Esposizione
Budget comunali per la gestione ambientale	MasterAdapt	FE	Capacità adattativa
Indice di intensità turistica (Istat, 2018, per 1.000 abitanti)	SDG_12_b_1	FE	Esposizione
Presenze in esercizi ricettivi open air, agriturismi e rifugi montani sul totale delle presenze in esercizi ricettivi (%) (Istat, 2018, %)	SDG_12_b_1	FE	Capacità adattativa
Produzione economica	C40_IE_Economia	FE	Esposizione
Produttività del lavoro	C40_IE_Economia	FE	Capacità adattativa
Qualità dell'ambiente di lavoro	C40_IE_Economia	FE	Capacità adattativa

Sviluppo locale di nuovi settori e industrie	C40_IE_Economia	FE	Capacità adattativa
Valore delle proprietà	C40_IE_Economia	FE	Esposizione
Sfruttamento di risorse locali	C40_IE_Economia	FE	Capacità adattativa
Numero di lavoratori per settore economico	OMB_Economia Generale	FE	Esposizione
Tasso di disoccupazione	OMB_Economia Generale	FE	Vulnerabilità
Posti letto in strutture ricettive	OMB_Economia Generale	FE	Esposizione
Pernottamenti in strutture ricettive	OMB_Economia Generale	FE	Esposizione
Frequenzazione dei siti turistici	OMB_Economia Generale	FE	Esposizione
Numero di giornate sciatore per stagione	OMB_Economia Generale	FE	Esposizione

Tabella 3.5 Indicatori di sviluppo sostenibile: Fattore Economico (FE)

Fattore Infrastrutturale

Indicatore	Fonte	Fattore	Rischio
Sup. per tempo tolleranza all'allagamento	MasterAdapt	FI	Sensibilità
Beni storici	MasterAdapt	FI	Sensibilità
Superficie destinata a settore industriale	MasterAdapt	FI	Esposizione
Superficie destinata al settore commerciale	MasterAdapt	FI	Esposizione
Superficie destinata a servizi pubblici e privati	MasterAdapt	FI	Esposizione
Indice di runoff	MasterAdapt	FI	Sensibilità
Sottopassi	MasterAdapt	FI	Sensibilità
% Strade	MasterAdapt	FI	Sensibilità
% Superficie drenante	MasterAdapt	FI	Sensibilità
% Edifici pessimo stato	MasterAdapt	FI	Sensibilità
N. sottopassi	MasterAdapt	FI	Sensibilità
Strade	MasterAdapt	FI	Sensibilità
% Aree allagate (storico)	MasterAdapt	FI	Sensibilità
Densità di costruito	MasterAdapt	FI	Sensibilità
Permeabilità dei suoli	MasterAdapt	FI	Sensibilità
% Impermeabilizzato	MasterAdapt	FI	Sensibilità
Aree verdi pro capite	MasterAdapt	FI	Sensibilità
Suolo impermeabile	MasterAdapt	FI	Sensibilità

Tabella 3.6 Indicatori di sviluppo sostenibile: Fattore Infrastrutturale (FI)

3.4. Usare gli indicatori selezionati in una valutazione socioeconomica territoriale

Le finalità degli indicatori relativi a status quo e dinamiche territoriali, come si è visto, sono plurime. In questa e altre sedi si sono individuate alcune funzioni ricorrenti degli indicatori nell'ambito di indagini territoriali e di policy, brevemente illustrate nelle categorie richiamate di seguito:

1. *Contesto*
2. *Rischio e vulnerabilità*
3. *Avanzamento di politiche territoriali*
4. *Impatto potenziale/efficacia delle azioni/monitoraggio*
5. *Sviluppo sostenibile (SDG)*

Gli indicatori di contesto sono misure in grado di descrivere in termini semi-quantitativi il contesto per il quale si vogliono esaminare gli impatti e sviluppare azioni o strategie di adattamento. Possono fornire informazioni di carattere generale sulla popolazione, le caratteristiche del territorio e del suo sistema sociale ed economico. In alcuni casi possono essere utilizzati per valutare l'esposizione o la vulnerabilità del sistema agli impatti climatici: pertanto benché li precedano nella messa a punto di

uno strumento analitico territoriale, possono essere considerati in discreta misura un sottoinsieme degli indicatori di esposizione e vulnerabilità (MasterAdapt, 2020; AdaptMontBlanc, 2020).

Gli **indicatori di rischio e vulnerabilità** permettono di valutare la vulnerabilità e/o il rischio e possono appartenere alle categorie di esposizione, sensibilità, indicatori di capacità adattativa. È possibile ricordare questi indicatori a specifici settori rispetto ai quali si manifesti il rischio / vulnerabilità.

Gli **indicatori di avanzamento di politiche territoriali** misurano lo stato di attuazione o completezza di politiche e azioni di adattamento nell'area interessata. Possono contribuire ad accrescere la capacità adattiva del territorio o delle istituzioni responsabili e più in generale ridurre il rischio per l'area interessata. Molti di tali indicatori possono essere associati a specifici settori o adattati a tali settori, laddove i dati che li alimentano siano disponibili.

Gli **indicatori di impatto potenziale (o di efficacia delle azioni, o di monitoraggio)** possono quantificare i possibili effetti e intensità degli impatti individuati su alcuni settori economici. In considerazione del fatto che la minimizzazione degli impatti avversi e la massimizzazione degli impatti benefici sono obiettivi primari di adattamento (o di mitigazione del rischio), tali indicatori possono essere utilizzati per valutare l'efficacia delle azioni adottate nel ridurre l'impatto correlato (o nello sfruttare le opportunità occorse) durante il periodo di loro adozione o in seguito (ex post).

Gli **indicatori di sviluppo sostenibile (SDG)** si riferiscono a obiettivi di politiche di sviluppo sostenibile settoriali o complessive ed esistono indipendentemente dallo svolgimento di una valutazione degli effetti di un fenomeno su un territorio. Tuttavia, gli ambiti e gli obiettivi di influenza di tali indicatori possono contribuire al conseguimento di obiettivi di adattamento, e viceversa. Assumono particolare rilievo in ragione delle Strategie Regionali di Sviluppo Sostenibile, in fase di stesura. Nell'ambito di tali strategie regionali in attuazione della UN Agenda 2030 in Italia, ne sono stati individuati 43. A questa categoria si fanno afferire nel caso di questo studio anche gli obiettivi individuati in C40 UCAIF. Anche tali indicatori possono essere associati a specifici settori o a essi adattati.

Tutte le tipologie di indicatori presentate sopra sono utili allo sviluppo di una valutazione sociale ed economica degli impatti territoriali dei cambiamenti climatici a scala di bacino idrografico. La classificazione proposta nelle tabelle da 1 a 3 permette di individuare gli indicatori tematici di maggiore interesse per questo tipo di valutazioni, che sono abitualmente distribuiti in differenti fasi di un esercizio di valutazione più complesso.

Come accennato, è possibile associare almeno una selezione di tali indicatori a settori specifici nel caso in cui si intenda fornire una valutazione settoriale del rischio socioeconomico (o, volendo, anche di altro tipo).

In questo studio, sono state proposte alcune sezioni interconnesse corrispondenti ai quattro capitoli di cui lo studio è composto. Nella tabella che segue si illustrano tali sezioni; si mostra come i fattori umani (FU), economici (FE) e infrastrutturali (FI) individuati nelle Tabelle 3.4/3.5/3.6 siano presenti in ciascuna sezione e costituiscano fonti informative essenziali a un'analisi focalizzata sulla dimensione sociale ed economica del rischio (Tab. 3.7).

Sezione	Indicatori FU	Indicatori FE	Indicatori FI	Indicatori FN
Capitolo 1: Contesto, Offerta idrica, Domanda idrica, Settori economici e sociali	ISTAT			
Capitolo 2: Scenari climatici, Impatti, Settori economici e sociali				MasterAdapt, SDG, C40, OMB

Capitolo 3: Analisi di rischio	ISTAT, MasterAdapt, SDG, C40	MasterAdapt, SDG, C40, OMB	MasterAdapt	
Capitolo 4: Politiche di sviluppo sostenibile e Governance	PNACC, SDG, C40	PNACC, SDG, C40	PNACC, C40	PNACC, SDG, C40

Tabella 3.7 Corrispondenza tra categorie funzionali degli indicatori e fattori tematici standard applicati agli stessi (FU, FE, FI, FN)

Per mettere a punto uno studio relativo ad aspetti economici e sociali in riferimento a un bacino idrografico, gli indicatori e le statistiche richiamate si distribuiscono pertanto in cinque sezioni:

1. **Contesto:** individua e caratterizza il territorio in cui gli impatti possono manifestarsi (ad esempio il territorio dei comuni serviti dalle risorse idriche del bacino secondo la delimitazione del Capitolo 1; la regione di riferimento degli scenari climatici e impatti individuata nel PNACC nel Capitolo 2)
2. **Valutazione della domanda e degli usi della risorsa idrica** del bacino idrografico studiato (ad esempio nel Capitolo 1)
3. **Settori interessati dagli impatti** (nel caso: dei cambiamenti climatici)
4. **Analisi del rischio**, della vulnerabilità, della esposizione, della sensibilità, a seconda dell’approccio scelto (ad esempio nella prima parte del Capitolo 3)
5. **Strategie, obiettivi e misure di sviluppo sostenibile** nel territorio individuato dalla sezione di contesto (facoltativa; potrebbe in parte sovrapporsi alla sezione dedicata alla valutazione di rischio/vulnerabilità).
6. **Governance** (piani, programmi, attori, responsabilità, strumenti, loro efficacia ed efficienza)

In ciascuna delle sezioni individuate, gli indicatori suggeriti mettono in luce gli elementi di maggior rilievo ai fini dell’analisi e permettono di individuare la vulnerabilità sociale ed economica dei settori presenti sul territorio in funzione della tipologia e dell’intensità degli impatti potenziali.

La lettura della dimensione socioeconomica delle sezioni avviene attraverso gli indicatori che qualificheranno le diverse fasi di un’indagine di questo genere. Essi permettono inoltre di porre le basi per effettuare una valutazione del rischio socioeconomico associato a scenari e scelte di intervento alternative, a sostegno di scelte pubbliche e private maggiormente consapevoli dei possibili effetti combinati di variabili “esterne” e di scelte controllabili dal decisore.

Si pensi ad esempio agli effetti combinati di una variabile “esterna”, come la dimensione fisica di un pericolo naturale come una siccità o un’alluvione (H nella funzione di rischio), e di una scelta interna (controllabile), come l’investimento in mitigazione della vulnerabilità di un territorio o la messa in opera di politiche/misure pubbliche o scelte private in grado di aumentare la flessibilità di un sistema sociale ed economico, con effetti sulla funzione di rischio, ad esempio sulle variabili V, E, e sulla *capacità adattiva* (AC) qualora si adotti una definizione che includa tale variabile.

Tali azioni determinerebbero (nel tempo) una variazione del valore di alcuni tra gli indicatori assegnati alle diverse sezioni (v. Capitoli 1, 2, 3, 4 di questo studio), i cui effetti sociali ed economici modificherebbero il valore della relativa funzione di rischio socioeconomico. Uno studio accurato dovrebbe essere in grado di porre in relazione a scenari di impatto alternativi dei livelli di rischio/vulnerabilità economica variabili.

In questo senso, gli strumenti messi a disposizione in questa disamina metodologica si prestano a sostenere modelli di governance in grado di generare effetti valutati desiderabili nel territorio in questione. Tuttavia, la definizione della desiderabilità e il conseguente ordinamento (*ranking*) tra scenari alternativi attiene alla dimensione della governance.

4. Governance e priorità di azione

(a) La governance di un processo di qualsiasi genere abitualmente comprende “l’insieme di *strutture, processi, interdipendenze che determinano come gli attori (pubbliche amministrazioni, livelli politici, comunità scientifica, professionisti, comunità business, società civile) prendono decisioni, condividono responsabilità, esercitano potere e assicurano la trasparenza dei processi*” (MasterAdapt, 2020)

In questa sede rileva identificare gli obiettivi di governance relativi a un territorio omogeneo, coincidente con un bacino idrografico (nelle dimensioni di domanda e offerta definite nel capitolo 1), di cui si considerano le dimensioni sociale ed economica, secondo la classificazione utilizzata che distingue tra fattore umano (FU), economico (FE) e infrastrutturale (FI). Naturalmente, esistono anche altri fattori territoriali (*in primis* quello naturale o ecologico, FN) che in questa sede assumono tuttavia un peso marginale e in ogni caso funzionale al conseguimento di obiettivi interni alla dimensione sociale ed economica come definita ai fini dello studio (si pensi al caso di politiche basate sul concetto di *nature-based solution*).

4.1. Elementi di governance per l’analisi di impatti socioeconomici

La governance riguarda un equilibrio dinamico tra politiche, misure, attori e conoscenze e reciproche interazioni (GoApply, 2019). In diversi contesti territoriali variano gli obiettivi, gli attori, le politiche, le responsabilità, le risorse disponibili e naturalmente l’area geografica di riferimento.

I macro-obiettivi di governance nel caso del bacino idrografico in analisi sono:

- i. la **minimizzazione della funzione di rischio socioeconomico**, individuata in base all’analisi di un *set* di indicatori relativi a fattori umani, economici e infrastrutturali;
- ii. il **perseguimento di obiettivi di sviluppo sostenibile nel territorio**, individuati in linea con gli obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite (UN SDGs), le Strategie Nazionali di Sviluppo Sostenibile (SNSS) e le (attese) Strategie Regionali di Sviluppo Sostenibile (SRSS), il framework UCAIF4 C40;
- iii. il **perseguimento dell’efficienza e dell’efficacia** dell’azione di governance nel complesso.

Tali obiettivi sono stati strutturati indipendentemente dagli impatti sottostanti, tuttavia la minimizzazione del rischio potrà variare significativamente in relazione all’intensità, estensione e percezione degli impatti socioeconomici registrati o previsti nel territorio di riferimento. Di seguito, si considereranno i seguenti elementi limitatamente alla sfera socioeconomica come definita sopra e agli obiettivi di governance dichiarati.

Politiche	leggi, regolamenti, strategie, piani di azione, programmi pilota, programmi finanziari di natura settoriale
Misure	ogni attività o azione concreta che possa costituire una forma di applicazione dell’adattamento; possono essere settoriali o trasversali, obbligatorie per legge o volontarie, “una tantum” o di routine, strutturali (hard) e non strutturali (soft)
Conoscenze	esplicite o implicite, cognitive, operative, sperimentali; possono originare da attività di ricerca di base o applicata, generata e/o fruita da attori coinvolti in un processo di adattamento (ad es. Scenari climatici, analisi di impatto, analisi di rischio e vulnerabilità, sistemi e strumenti di supporto alle decisioni, database, centri informativi tematici o settoriali, etc.).
Attori	individui, gruppi, organizzazioni (ad es. agenzie, uffici, gruppi di lavoro, reti) afferenti alle pubbliche amministrazioni, alla ricerca scientifica, alla politica, all’imprenditoria e industria, etc.
(Interazioni tra i precedenti)	

Tabella 4.1 Componenti costitutivi della governance di un processo (elaborazione su MasterAdapt, 2020; GoApply, 2019; AdaptMontBlanc, 2020)

Con riferimento a un medesimo territorio ben delineato (per es. un bacino idrografico), è sempre possibile concepire “opzioni” di *governance*, cioè modalità alternative, a parità di efficienza o efficacia, di realizzare misure finalizzate al conseguimento degli obiettivi stabiliti per il territorio, definendo un equilibrio

dinamico in linea con la definizione di governance (a). Ad esempio, nell'opzione 1) potranno essere coinvolti diversi elementi (politiche, misure, attori, conoscenze) da quelli coinvolti nell'opzione 2); inoltre, le due opzioni potranno differire anche rispetto alle interazioni instaurate tra le rispettive parti (identiche o differenti che esse siano).

4.2. Applicazione

Nel caso del bacino idrografico in analisi, si ritiene che:

- gli indicatori da varie fonti selezionati e organizzati nelle categorie di FU, FE, FI (e indirettamente FN) nel capitolo 3, costituiscano la base utile per valutare l'andamento nel tempo della funzione-obiettivo di rischio socioeconomico (primo macro-obiettivo di governance);
- gli obiettivi di sviluppo sostenibile (SDG) e i relativi indicatori costituiscano una buona approssimazione del secondo macro-obiettivo di governance;
- gli obiettivi di governance proposti nel PNACC e i relativi indicatori costituiscano una base utile al terzo macro-obiettivo di governance.

I macro-obiettivi di *governance* 1. e 2. in particolare, possono essere declinati meglio rispetto al territorio studiato. Tenendo presente il quadro delle politiche di riferimento, almeno sul lato italiano del bacino, si propone di seguito una procedura analitica finalizzata a fornire elementi per la caratterizzazione delle funzioni-obiettivo relative a 1. e 2., basata sull'uso degli indicatori da varie fonti selezionati e organizzati nelle categorie di FU, FE, FI (e indirettamente FN) nel capitolo 3, degli indicatori di *governance* proposti dal PNACC e degli indicatori di sviluppo sostenibile (SDG) rilevanti per i fattori umano, economico, infrastrutturale (e naturale) associati con gli indicatori UCAIF C40. Ciascun indicatore SDG è stato assegnato pertanto a una categoria tra FU, FE e FI (residualmente: FN) per armonizzare i gruppi di indicatori sociali ed economici considerati. La selezione proposta degli indicatori di *governance* del PNACC invece si ritiene in grado di soddisfare il terzo macro-obiettivo.

Di seguito si riportano due tabelle contenenti gli indicatori armonizzati finalizzati al conseguimento dei macro-obiettivi di governance 2. e 3. Gli indicatori finalizzati al conseguimento del macro-obiettivo di governance 1. sono quelli già richiamati nel Capitolo 3.

Indicatori di sviluppo sostenibile (SDG e C40 UCAIF) (macro-obiettivo 2)

Indicatore	Fonte	Rischio	Fattore
Indice di intensità turistica (Istat, 2018, per 1.000 abitanti)	SDG_12_b_1	Esposizione	FE
Presenze in esercizi ricettivi open air, agriturismi e rifugi montani sul totale delle presenze in esercizi ricettivi (%) (Istat, 2018, %)	SDG_12_b_1	Capacità adattativa	FE
Produzione economica	C40_IE_Economia	Esposizione	FE
Produttività del lavoro	C40_IE_Economia	Capacità adattativa	FE
Qualità dell'ambiente di lavoro	C40_IE_Economia	Capacità adattativa	FE
Sviluppo locale di nuovi settori e industrie	C40_IE_Economia	Capacità adattativa	FE
Valore delle proprietà	C40_IE_Economia	Esposizione	FE
Sfruttamento di risorse locali	C40_IE_Economia	Capacità adattativa	FE
Qualità delle abitazioni	C40_IS_Qualità_Vita	Capacità adattativa	FI
Famiglie molto o abbastanza soddisfatte per la continuità del servizio elettrico (Istat, 2019, %)	SDG_1_4_1	Capacità adattativa	FU

Famiglie che lamentano irregolarità nell'erogazione di acqua (Istat, 2019, %)	SDG_1_4_1	Vulnerabilità	FU
Popolazione esposta al rischio di frane (Ispra, 2017, %)	SDG_11_5_1	Vulnerabilità	FU
Popolazione esposta al rischio di alluvioni (Ispra, 2017, %)	SDG_11_5_1	Vulnerabilità	FU
Tasso di disoccupazione (Istat, 2019, %)	SDG_8_5_2	Vulnerabilità	FU
Tasso di mancata partecipazione al lavoro (Istat, 2019, %)	SDG_8_5_2	Vulnerabilità	FU
Tasso di occupazione (15-64 anni) (Istat, 2019, %)	SDG_8_5_2	Esposizione	FU
Tasso di occupazione (20-64 anni) (Istat, 2019, %)	SDG_8_5_2	Esposizione	FU
Percentuale occupati sul totale popolazione (Istat, 2019, %)	SDG_8_5_2	Esposizione	FU
Educazione agli usi energetici	C40_IS_Cultura	Capacità adattativa	FU
Educazione agli usi dell'acqua	C40_IS_Cultura	Capacità adattativa	FU
Educazione all'igiene e alla sanità	C40_IS_Cultura	Capacità adattativa	FU
Consumi di cibo e educazione alle diete	C40_IS_Cultura	Capacità adattativa	FU
Attrattività delle città	C40_IS_Qualità_Vita	Capacità adattativa	FU
Pericoli per la salute e di morte	C40_IS_Salute	Vulnerabilità	FU
Attività fisica	C40_IS_Salute	Capacità adattativa	FU
Incidenza delle aree di verde urbano sulla superficie urbanizzata delle città (Istat, 2018, m2 per 100 m2 di superficie urbanizzata)	SDG_11_7_1	Capacità adattativa	FN
Incidenza del turismo sui rifiuti (Ispra, 2017, kg / abitante equivalente)	SDG_12_b_1	Vulnerabilità	FN
Aree forestali in rapporto alla superficie terrestre (FAO e INFC, 2015, %)	SDG_15_1_1	Capacità adattativa	FN
Coefficiente di boscosità (Elaborazioni ISPRA su dati FAO e Istat su dati INFC, 2015, %)	SDG_15_1_1	Capacità adattativa	FN
Aree protette (Istat, Elaborazione su dati Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, 2017, %)	SDG_15_1_2	Capacità adattativa	FN
Frammentazione del territorio naturale e agricolo (Ispra, 2018, %)	SDG_15_3_1	Vulnerabilità	FN
Acqua erogata pro capite (Istat, 2015, litri/abitante/giorno)	SDG_6_1_1	Esposizione	FN
Percentuale di corpi idrici che hanno raggiunto l'obiettivo di qualità ecologica sul totale dei corpi idrici delle acque superficiali (fiumi e laghi) (Ispra, Qualità elevata e buona, %)	SDG_6_3_2	Esposizione	FN
Prelievi di acqua per uso potabile (Istat, 2018, Milioni di m3)	SDG_6_4_2	Vulnerabilità	FN
Quota di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia (GSE- Gestore dei Servizi Energetici, 2017, %)	SDG_7_2_1	Vulnerabilità	FN
Consumi di energia da fonti rinnovabili escluso settore trasporti (in percentuale del consumo finale lordo di energia) (GSE- Gestore dei Servizi Energetici, 2017, %)	SDG_7_2_1	Vulnerabilità	FN
Consumi di energia da fonti rinnovabili nel settore termico (in percentuale del consumo finale lordo di energia) (GSE- Gestore dei Servizi Energetici, 2017, %)	SDG_7_2_1	Vulnerabilità	FN
Energia da fonti rinnovabili - Quota di energia elettrica da fonti rinnovabili sul consumo interno lordo di energia elettrica (Terna Spa, 2018, %)	SDG_7_2_1	Vulnerabilità	FN
Consumi di energia da fonti rinnovabili nel settore trasporti (in percentuale del consumo finale lordo di energia) (GSE- Gestore dei Servizi Energetici, 2017, %)	SDG_7_2_1	Vulnerabilità	FN
Tutela della biodiversità	C40_IA_QualitàAmb	Capacità adattativa	FN

Servizi ecosistemici	C40_IA_QualitàAmb	Capacità adattativa	FN
Diversità biologica	C40_IA_QualitàAmb	Capacità adattativa	FN
Popolazione di specie	C40_IA_QualitàAmb	Vulnerabilità	FN
Emissioni di gas serra	C40_IA_QualitàAmb	Vulnerabilità	FN
Degrado dei suoli	C40_IA_QualitàAmb	Vulnerabilità	FN
Struttura del suolo	C40_IA_QualitàAmb	Esposizione	FN
Temperatura dell'aria (interni)	C40_IA_QualitàAmb	Pericolo	FN
Temperature dell'aria (esterno)	C40_IA_QualitàAmb	Pericolo	FN
Impatto degli incendi boschivi: Superficie percorsa dal fuoco (Istat, Elaborazione su dati Corpo forestale dello Stato e Protezione Civile (2005-2015) e Comando Carabinieri Tutela forestale, Nucleo Informativo Antincendio Boschivo (2016-2017), 2018, per 1.000 kmq)	SDG_13_1_1	Vulnerabilità	FN

Tabella 4.2 Indicatori funzionali al conseguimento del macro-obiettivo di governance 2

Indicatori di governance PNACC (macro-obiettivo 3)

Categoria	Strumento di riferimento	Indicatore		Fattore
Piani e strategie	Piani e strategie	Mantenimento / aumento della produttività delle attività economiche	Capacità adattativa	FE
		Diminuzione della perdita di habitat a causa di cambiamenti climatici (ha e tipi di habitat)	Capacità adattativa	FN
		Aumento dell'estensione (ha) delle aree protette	Capacità adattativa	FN
		Riduzione dei danni (economici e ambientali) legati a eventi siccitosi	Capacità adattativa	FE
		Diminuzione dei ritardi di trasporto (frequenza, tempi) dovuti a condizioni meteorologiche estreme	Capacità adattativa	FI/FE
		Riduzione degli incidenti indotti da condizioni meteorologiche estreme	Capacità adattativa	FU/FI
		Numero di persone coinvolte nelle campagne di preparazione alle emergenze e di evacuazione	Capacità adattativa	FU
		Aumento del numero di edifici protetti dalle inondazioni fluviali e marine	Capacità adattativa	FI
		Riduzione del numero di decessi legati a estremi di temperatura e eventi meteo estremi	Capacità adattativa	FU
		Riduzione del numero di ricoveri ospedalieri legati a estremi di temperatura e eventi meteo estremi	Capacità adattativa	FU
		Aumento del numero di specie forestali adattate alle mutevoli condizioni climatiche o di specie forestali resilienti	Capacità adattativa	FN/FE
		Miglioramento dello status ecologico delle acque	Capacità adattativa	FN
		Riduzione della frequenza dei fenomeni di dissesto idrogeologico	Capacità adattativa	FU/FE
Riduzione del numero di nuove strutture costruite in zone vulnerabili	Capacità adattativa	FI/FE/FU		

		Riduzione del numero di persone che vivono in zone ad alto rischio	Capacità adattativa	FU
		Miglioramento dell'indice di funzionalità fluviale	Capacità adattativa	FN
		Km lineari di costa ad elevato valore naturalistico	Capacità adattativa	FN
		Aumento dei regolamenti edilizi (o formule alternative) che incorporano indicatori di efficienza climatica	Capacità adattativa	FI
		Diminuzione del rapporto eventi ex ante e post-intervento a parità di condizioni al contorno	Capacità adattativa	FU/FE
		Riduzione dei danni (economici o ambientali) e intensità degli incendi boschivi	Capacità adattativa	FE
		Riduzione delle aree forestali o ricoperte di vegetazione soggette a rischio di incendio	Capacità adattativa	FU/FN
		Numero di piani regionali e locali che prendono in considerazione l'adattamento	Capacità adattativa	FU/FE/ FI/FN
		Aumento della produzione di energia da fonti rinnovabili	Capacità adattativa	FN
Indirizzo	Buone pratiche	Aumento della qualità delle risorse naturali	Capacità adattativa	FN
	Linee guida	Numero di regioni che aggiornano le rispettive norme di riferimento	Capacità adattativa	FU
	Sperimentazione e progetti pilota	Aumento del numero di specie	Capacità adattativa	FN
Adegua menti legislatio ne e regolativi	Adegua menti legislativi e regolativi	Aggiornamento delle procedure di VAS/ VIA	Capacità adattativa	FU/FN
		Aumento del numero di città con protocolli attivi (ad es. il controllo sostenibile dei vettori di malattie)	Capacità adattativa	FU
Strumen ti economi ci e finanziari	Compensazioni / Incentivi economici e finanziari / Assicurazioni e altri strumenti del trasferimento di rischio	Protezione finanziaria dagli impatti economici derivanti da eventi meteorologici estremi	Capacità adattativa	FE
	Certificazioni ambientali	Aumento assoluto (euro) e relativo (%) della redditività economica delle singole attività produttive	Capacità adattativa	FE
	Assicurazioni e altri strumenti del trasferimento di rischio	Valutazione economica dei danni non coperti da strumenti assicurativi	Capacità adattativa	FE
		Riduzione degli impatti derivanti da eventi climatici dannosi	Capacità adattativa	FE
	Incentivi economici e finanziari	Area sottratta all'abbandono	Capacità adattativa	FU
		Aumento della biodiversità	Capacità adattativa	FN

		Risparmio della risorsa idrica	Capacità adattativa	FE/FN
		Diminuzione dei consumi dell'impresa a parità di redditività di produzione	Capacità adattativa	FE
		Sopravvivenza dell'impresa a 5 anni dall'implementazione	Capacità adattativa	FE
		Aumento dell'efficienza energetica	Capacità adattativa	FE
		Riduzione della domanda	Capacità adattativa	FE
		Finanziamento sostenibile delle infrastrutture	Capacità adattativa	FI/FE
		Riduzione delle aree abitate nella zona costiera prive di misure di difesa	Capacità adattativa	FU
	Piano di investimenti	Riduzione delle aree soggette a dissesto idrogeologico	Capacità adattativa	FU/FN
		Incremento delle aree ripristinate in seguito a calamità naturali o eventi catastrofici (ha)	Capacità adattativa	FE/FN
		Riduzione dei danni (euro) alle infrastrutture grazie alle opere di prevenzione realizzate	Capacità adattativa	FE
Organizzazione e gestione	Diversificazione delle strategie aziendali	Mantenimento della produttività colturale	Capacità adattativa	FE
	Organizzazione della protezione civile a livello locale	Aumento del numero di attori / organizzazioni coinvolti nelle reti internazionali di supporto rilevanti per l'adattamento	Capacità adattativa	FU
		Aumento della copertura regionale e nazionale dei controlli effettuati	Capacità adattativa	FU
Partenariato e partecipazione	Coordinamento intersettoriale, tavoli, comitati e reti	Numero di attori coinvolti, settori coperti ed aree territoriali rappresentate	Capacità adattativa	FU

Tabella 4.3 Indicatori funzionali al conseguimento del macro-obiettivo di governance 3

Finora, l'interpretazione offerta della governance si riferisce ai suoi obiettivi generali (macro-obiettivi). Tuttavia, la struttura e le definizioni proposte evidenziano come la governance sia realizzata attraverso un processo complesso di attuazione di misure su un territorio delimitato.

Il conseguimento degli obiettivi alla base di una strategia di governance richiede una pluralità di misure, spesso settoriali.

In ogni caso, la modalità più comune di interpretare la governance operativamente si basa sulla ricerca di metodi per l'assegnazione di priorità alle misure da applicare.

La procedura di assegnazione di priorità richiede un ordinamento (ranking) degli impatti a cui un sistema di governance decida di rispondere, per giungere al quale esistono metodi standardizzati. Si propongono di seguito alcuni criteri e metodi utili a strutturare quegli interventi di governance opportuni per il conseguimento di obiettivi strategici di natura primariamente sociale ed economica.

4.3. Rilevanza e ordinamento degli impatti socioeconomici

Gli impatti sociali, economici e naturali possono essere rappresentati e descritti nei loro effetti attraverso indicatori quantitativi o semi-quantitativi ascrivibili ai tre fattori di riferimento per questo studio (FU, FE, FN). La quantificazione anche sommaria di tali effetti costituisce una misura diretta su cui fondare un loro ordinamento oggettivo, basato cioè sull'andamento dei valori degli indicatori associati a tali impatti. I livelli di incertezza propri degli indicatori utilizzati e i rischi ascrivibili al considerare singoli indicatori descrittivi estrapolandoli dal contesto generale devono tuttavia essere considerati come limiti significativi di ogni esercizio di ordinamento tra impatti.

D'altra parte, gli impatti sociali, economici e naturali possono essere oggetto di rappresentazioni soggettive, legati a percezioni o particolari interessi. In questo senso spesso si osservano anche possibili ordinamenti soggettivi o *community-based* che possono avere un rilievo significativo per le decisioni di risposta agli stessi.

Di seguito si propone un sistema di ordinamento finalizzato a fornire una visione complessa ai soggetti chiamati a decidere, articolato in linea con la struttura di governance discussa sopra e in particolare con i tre macro-obiettivi posti alla sua base.

4.4. Come realizzare un ordinamento tra impatti socioeconomici?

Gli impatti socioeconomici individuati nel bacino di riferimento sono relativi ai settori indicati e la loro intensità è stimabile attraverso gli indicatori di tipo FU, FE, FI, (e FN), richiamati ad es. nel Capitolo 3. Esiste naturalmente un problema di misurabilità, accuratezza e completezza degli stessi, di cui tuttavia in questa sede non si discute.

a) Ambito di applicazione

L'applicazione delle informazioni sulla intensità degli impatti qualificata attraverso indicatori multipli di tipo FU, FE, FI, (e FN) si presta a qualificare una *funzione di rischio socioeconomico* territorializzato rispetto al bacino di riferimento (nel nostro caso dall'estensione sociale e geografica della domanda di risorsa idrica). Questo indica come gli impatti socioeconomici possano essere considerati entro la dimensione geografica definita dalla domanda. Questo differenzia una valutazione socioeconomico da valutazioni di altro tipo, che potrebbero adottare un criterio diverso da quello della domanda, o definire l'area di riferimento sulla base dell'estensione del danno fisico, ad esempio.

b) Quantificazione

Le modalità disponibili per la quantificazione degli impatti sociali ed economici legati a specifici effetti dei cambiamenti climatici o in generale a *shock* esogeni sono molteplici. In genere, queste analisi presentano un significativo rilievo politico e sociale. Difficilmente, pertanto, si prestano a valutazioni strettamente economiche, richiedendo che sia inclusa una dimensione soggettiva di analisi e una componente discrezionale, che può in ogni caso essere lasciata al dominio delle responsabilità della scelta e svolgersi in una fase distinta del processo, di natura decisionale, come si suggerisce anche in questa sede.

La dimensione economica costituisce tuttavia un elemento fondamentale per l'analisi di tali effetti. In questa sede si propone di valutare il *rischio economico* come alternativa alla quantificazione dell'impatto. Si suggerisce in particolare di associare una *misura di rischio socioeconomico* (o di vulnerabilità) basata su indicatori multidimensionali ai settori economici e sociali maggiormente interessati dagli effetti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche di un bacino idrografico, come indicato dalle evidenze richiamate nei Capitoli 1 e 2. Essendo tale misura basata sulla composizione dei valori registrati da un ampio set di indicatori, qualificati rispetto a fattori specifici (FU, FE, FI ed eventualmente FN), è possibile individuare anche *misure di rischio alternative*: sociale/umano, economico *tout court*, infrastrutturale e naturale, e le loro composizioni. La scelta della misura dovrebbe dipendere dal particolare obiettivo dello studio.

Il vantaggio di tale metodo risiede nella sua usabilità anche in assenza di una lista di valori completa per tutti gli indicatori selezionati. Si tratta di un metodo flessibile. Esso permette di ottenere un ordinamento basato su una misura di *rischio relativo*, ad esempio tra settori interessati da impatti avversi connessi alla

disponibilità di risorsa idrica, o da eventi estremi legati al medesimo elemento (es. frane, alluvioni e altri fenomeni connessi con il dissesto idrogeologico). È pertanto possibile ottenere un ordinamento tra i settori interessati e tra gli impatti che emergano in ciascuno o più di essi.

c) Considerare i fattori percettivi sociali e soggettivi

Esistono diverse ragioni per la considerazione di fattori percettivi individuali e di gruppo e quindi per un coinvolgimento dei portatori di interesse (MasterAdapt, 2020; AdaptMontBlanc, 2020) nell'individuazione di un ordinamento di impatti socioeconomici:

- *Valorizzare le conoscenze di esperti e portatori di interessi* tecnicamente qualificati che possono rivelarsi altrettanto importanti delle componenti statistico-oggettive;
- *individuare le priorità di adattamento dell'amministrazione e del territorio* (stakeholder qualificati, altre amministrazioni di diverso livello, etc.);
- *comprendere la sensibilità dei soggetti coinvolti sul tema* dei cambiamenti climatici o del rischio atteso;
- *Comprendere strumenti e aspetti specifici per la gestione del territorio* di interesse (piani e programmi settoriali attinenti, politiche, elementi di debolezza e punti di forza delle politiche correnti, ambiti tematici e geografici dove siano più urgenti nuove misure).

La pratica di valutare il rilievo degli impatti presso un target di soggetti competenti in materia, in particolare attraverso questionari di sondaggio guidato (domande chiuse e domande aperte) si rivela in molti casi efficace (MasterAdapt, 2020; Carta di Budoia, 2019). Un metodo simile è stato applicato anche nell'ambito dello svolgimento di questo studio, come rivelano le domande formulate per gli esperti coinvolti nelle interviste seminariali che ne costituiscono parte integrante.

La dimensione soggettiva dell'indagine sulla percezione degli impatti del cambiamento climatico deve in ogni caso essere bilanciata opportunamente dalla ricerca di riscontri nella letteratura e nelle fonti tecnico-scientifiche, che confermano e complementano gli elementi acquisiti sul territorio, possibilmente portando dati quantitativi a supporto dei fattori individuati anche mediante i fattori sociali e soggettivi.

Nella valutazione degli impatti è possibile usare i fattori oggettivi/statistici/quantitativi e i fattori percettivi dapprima separatamente, definendo due o più ordinamenti alternativi e in seguito congiuntamente per la definizione di una funzione di *rischio socioeconomico* che integri la dimensione percettiva.

In termini operativi, prima di integrare i due ordinamenti parziali, potrebbe essere utile assegnare un peso all'ordinamento percettivo sulla base di uno o più criteri di governance ritenuti significativi ai fini dell'efficacia delle azioni di risposta da realizzare, ad esempio: le competenze degli intervistati, l'importanza dell'azione delle comunità coinvolte ai fini dell'efficacia dell'azione, l'esposizione al rischio degli intervistati o dei loro beni. È buona regola presentare i risultati sia degli ordinamenti parziali (oggettivo e soggettivo/percettivo) sia dell'ordinamento sintetico risultante.

d) Decisioni multi-criteriali

Come si è visto, la valutazione dei rischi associati a determinati scenari e riferiti a specifici settori può essere svolta attraverso sistemi di indicatori accuratamente selezionati e organizzati in categorie omogenee (ad es. FU, FE, FI, FN). Nella maggior parte dei casi, tali indicatori e specialmente gli indicatori di sviluppo sostenibile misurano la variazione nel tempo di alcune grandezze sottostanti (*stock*) o l'evoluzione di fenomeni sociali ed economici, e sono spesso qualificati, nel complesso, come indicatori di progresso di una società.

In alcuni casi, è possibile stabilire dei "valori-soglia" per alcuni indicatori o gruppi di indicatori, che informino l'interprete circa la prossimità a livelli pericolosi che potrebbero causare alterazioni irreversibili o segnare discontinuità e punti di non-ritorno (*tipping points*) nell'ambito di processi di sviluppo economico o di natura fisica.

L'uso contemporaneo di indicatori diversi consente di valutare il progresso rispetto a determinati obiettivi (o criteri) di un sistema complesso, come ad esempio, nel nostro caso, i macro-obiettivi di governance del sistema sociale ed economico individuato dall'analisi della domanda incidente sul bacino idrografico, che corrisponde a una porzione di territorio compresa nei confini amministrativi dei comuni richiamati nel Capitolo 1.

Con una decisione multi-criteriale si intende valutare quanto combinazioni alternative di azioni, in grado di influire su diverse caratteristiche del sistema, siano efficaci nel conseguimento di uno o più obiettivi posti per il sistema stesso.

La prima fase di valutazione prescinde dalla assegnazione di preferenze relativamente a uno specifico obiettivo, in quanto si considerano separatamente i singoli obiettivi di governance. Nel caso del macro-obiettivo di governance rappresentato dalla *funzione di rischio socioeconomico*, diverse combinazioni di azioni (o diverse politiche) tenderanno a generare variazioni diverse nei valori registrati del set di indicatori considerati in una delle *misure di rischio socioeconomico* definite in b). Attraverso la lettura e interpretazione dei valori assunti dagli indicatori e delle loro variazioni sarà possibile valutare la variazione della *misura di rischio socioeconomico* in analisi e quindi stimare con quale grado di efficacia ogni combinazione di azioni (o politica) sia in grado di approssimare il conseguimento di uno o più dei macro-obiettivi di governance del bacino idrografico.

Lo stesso potrebbe argomentarsi con riferimento agli altri due macro-obiettivi di governance, relativi rispettivamente allo sviluppo sostenibile e all'efficacia ed efficienza dei processi di governance connessi.

È pertanto possibile valutare quale corso di azione generi un risultato preferibile relativamente a *ciascuno* dei macro-obiettivi di governance stabiliti per il bacino idrografico, attraverso la lettura dei valori assunti dagli indicatori che siano stati assegnati a ciascuno di essi (v. Capitolo 3 e Capitolo 4, sopra). Sul piano analitico, i valori degli indicatori afferenti a ciascun obiettivo potrebbero essere normalizzati e pesati (per es. secondo una valutazione da parte di esperti del settore, o si potrebbe scegliere di assegnare a essi egual peso: si tratterebbe in ogni caso di una valutazione etico-normativa).

Abbiamo tuttavia osservato come il problema di scelta sia di norma più complesso in quanto la governance è per definizione una *combinazione* di processi e obiettivi settoriali. D'altra parte, anche nel caso di settori economici presenti sul medesimo territorio possono darsi conflitti nell'uso delle risorse o nella distribuzione di benefici.

Abitualmente, un sistema di supporto alle decisioni (DSS) permette di verificare l'efficacia di corsi di azione alternativi (combinazioni di azioni, corrispondenti a "politiche") rispetto a una serie di obiettivi posti discrezionalmente.

Il decisore dispone di alcune informazioni, sulla base di cui è chiamato ad assumere una decisione, in particolare:

- *la decisione è un corso di azione A_j (cioè una combinazione di misure, corrispondente a una politica) ed esistono corsi di azione alternativi;*
- *il decisore dispone di una serie di criteri o di obiettivi C_i in base a cui compiere la propria scelta, con gradi di efficacia variabile;*
- *il decisore può assegnare un peso w_i a ciascun criterio o obiettivo in considerazione del rilievo che vi assegni.*

Il decisore si trova di fronte a un problema simile a quello presentato nella Matrice 1 di seguito, in cui deve assegnare un peso w a ciascun obiettivo C , in corrispondenza con ogni corso di azione A , con la condizione che la somma dei pesi sia pari a 1.

	C_1	C_2	C_3	... C_m
A_1	0.1	0.5	0.2	w_{1m}
A_2	0.3	0.4	0.3	w_{2m}
A_3	0.5	0.2	0.0	w_{3m}

... A _n	0.0	0.1	0.6	w _{nm}
--------------------	-----	-----	-----	-----------------

Matrice 4.1 Il problema di scelta tra n corsi di azione A_j sulla base della pesatura di m obiettivi C_i con pesi w_i a somma 1.

Considerando gli obiettivi di governance proposti sopra, otterremo il problema di scelta seguente:

Dati gli obiettivi di governance:

- C_1 : Min funzione di rischio socioeconomico
- C_2 : Perseguimento dello sviluppo sostenibile (SDG)
- C_3 : Efficacia ed efficienza dei processi di governance

Pesi:

- w_1, w_2, w_3

tali che la loro somma sia pari a 1:

- $\sum_{w_i=1-3} = 1$

Possono esistere n corsi di azione alternativi, rispetto a ciascuno dei quali il decisore esprime una valutazione attraverso l'assegnazione di pesi circa il rilievo che ciascun obiettivo C_i assume in corsi di azione alternativi A_j .

	C_1 : rischio SE	C_2 : SDG	C_3 : effic./effic.
A_1	0.3	0.5	0.2
A_2	0.3	0.6	0.1
A_3	0.8	0.2	0.0
... A_n	0.5	0.1	0.4

Matrice 4.2 Il problema di scelta tra n corsi di azione A_j sulla base della pesatura di tre obiettivi C_i con pesi w_i a somma 1

Ciascun corso di azione A_j mostrerà un diverso grado di efficacia nel soddisfare separatamente ciascuno dei tre obiettivi C_i , tuttavia l'incidenza di tale efficacia relativa rispetto al problema complessivo di governance varierà a seconda dell'assegnazione dei pesi da parte del decisore.

Questo metodo permette al decisore di valutare la portata complessiva di una politica rispetto alle proprie preferenze: ad esempio, si potrebbe decidere di dare peso maggiore alla minimizzazione del rischio rispetto allo sviluppo sostenibile e scegliere una soluzione precauzionale, o preferire una soluzione meno ambiziosa in termini di sviluppo sostenibile ma più efficace ed efficiente.

e) Scegliere le azioni di risposta e l'analisi costo-efficacia

È stato osservato che, attraverso un sistema di supporto alle decisioni basato sull'andamento dei valori di un set di indicatori multidimensionali, sia possibile individuare un corso di azione (cioè una combinazione di azioni corrispondenti a una politica) in grado di fornire risposte ai macro-obiettivi di governance in linea con le preferenze del decisore, espresse attraverso i pesi assegnati a ciascun obiettivo.

È tuttavia utile fornire una valutazione della fattibilità dei corsi di azione preferibili individuati sulla base dell'andamento di indicatori e quindi non direttamente collegati a una valutazione monetaria o di costo. In sostanza, i corsi di azione sono stati selezionati in ragione della loro efficacia sociale ed economica rispetto a dinamiche relative al benessere della società o del territorio a cui si rivolgano e non in ragione della loro efficienza economica o del livello di spesa che essi generano per i decisori coinvolti o per la società chiamata a coprirne i costi.

La flessibilità del sistema proposto per l'assegnazione di priorità a impatti e settori e quindi ai corsi di azione a essi relativi comporta un trade-off rispetto a un'analisi costi-benefici, perché non fornisce informazioni relative ai costi e benefici economici collegati alle politiche proposte.

Per questo, si ritiene utile proporre un metodo da applicare ai fini della risoluzione di uno dei problemi seguenti:

1. Relativamente alle azioni che compongono un singolo corso di azione A_i al fine di individuare la modalità di realizzazione meno costosa per raggiungere l'obiettivo fissato;
2. Relativamente a n corsi di azione $A_{j=1...n}$ con diverso livello di efficacia, al fine di individuare il corso di azione meno costoso per raggiungere il massimo livello di efficacia possibile.

La prima modalità, applicata alle singole azioni componenti un corso e quindi una politica, intende individuare le opzioni più economicamente vantaggiose per realizzarle (che generino quindi maggior risparmio o minore spesa) a parità di risultato (obiettivo). Tale obiettivo è dato per inamovibile nell'analisi e può essere misurato con qualsiasi metrica (fisica, sociale, economica, infrastrutturale, etc.)

La seconda modalità intende sostenere il decisore nella pratica decisionale in condizioni caratterizzate da una limitata disponibilità di risorse finanziarie. In questo caso si è coscienti dall'inizio che il corso di azione realizzato potrebbe essere sub-ottimale, ma si è consapevoli della sua posizione rispetto a un ordinamento realizzato attraverso le indicazioni fornite in d). A riguardo, si raccomanda in ogni caso di valutare attentamente il livello di efficacia rispetto a un obiettivo minimo per l'azione al fine di evitare investimenti incauti che potrebbero tradursi in perdite nette.

L'analisi costi-efficacia (ACE) permette di risolvere i problemi 1. e 2., tenendo conto delle limitazioni richiamate. In generale, essa ha lo scopo di trovare l'opzione (o le opzioni) di intervento meno costosa per raggiungere uno o più obiettivi selezionati. La ACE si applica quando sono stati già individuati gli obiettivi delle azioni o delle politiche e il passo successivo è individuare l'opzione a più basso costo per il raggiungimento di tali obiettivi. Si usa per valutare le opzioni di azione nei casi in cui i benefici sono difficili da esprimere in termini monetari (ad esempio, la salute umana, i sistemi di distribuzione di acqua potabile, gli eventi meteorologici estremi, la biodiversità e i servizi ecosistemici), ma in cui i costi possono essere quantificati. Nella tabella 4.4 vi è una breve descrizione della ACE nelle sue fasi principali.

N.	Fase	Descrizione
1.	Individuare l'obiettivo specifico che si intende conseguire mediante un corso di azione (politica) o le singole azioni oggetto di valutazione	L'obiettivo deve essere misurabile attraverso una metrica
2.	Individuare il corso di azione o le azioni oggetto di valutazione	Definire precisamente le azioni oggetto di valutazione
3.	Stabilire una situazione di controllo	Individuare un esito in assenza del corso di azione o delle azioni in analisi e definire un indicatore non-monetario per tale esito che possa applicarsi nel tempo (es. litri di acqua)
4.	Quantificare e aggregare i diversi costi rilevanti ai fini dell'analisi	Considerare tutti i costi del corso di azione o delle azioni: diretti (per es. di investimento e legali) e indiretti (per es. perdite di benessere e costi di transazione), da scontare al valore attuale netto (VAN) a un tasso di sconto concordato per l'analisi
5.	Determinare l'efficacia del corso di azione o delle azioni	Dipendente dalla situazione di controllo, dagli obiettivi specifici ed eventualmente minimi (soglie di accettabilità)
6.	Confrontare l'efficacia rispetto ai costi di corsi di azione o azioni alternative	<p>Criterio di scelta è il confronto del livello di costo per unità di efficacia (rapporto costo-efficacia: RCE) (per es. €/litro) associato a corsi di azione alternativi.</p> <p>Il RCE può essere calcolato nel complesso o in termini incrementali tra azione a (più efficace) e azione b (second best), o con la situazione di controllo (rapporto incrementale costo-efficacia):</p> $RICE = (\text{costo azione a} - \text{costo azione b}) / (\text{efficacia azione a} - \text{efficacia azione b})$ <p>Se inizialmente $RICE_a > RICE_b$, esisterà un livello di azione a oltre il quale la azione b risulterà avere $RICE_b > RICE_a$, per cui converrà sostituire l'azione a con l'azione b, oltre tale livello</p>
7.	Scegliere il corso di azione o l'azione preferibile	Scegliere il corso di azione con RCE totale maggiore o combinare i corsi di azione in base alle variazioni relative del RICE

Tabella 4.4 Fasi del processo di analisi costo-efficacia di corsi di azione o azioni differenti

5. Bibliografia

- A.T.I. Heurein, TiForma, Utilitatis, Farnetani (2012). PROVINCIA DI IMPERIA. Ambito Territoriale Ottimale. Aggiornamento del Piano di Ambito dell'ATO idrico di Imperia Relazione http://www.rivieracqua.it/documents/19935/94805/Relazione_Parte_2_post_Commissione_02.pdf/85a2ed5bff14-40f0-84b9-1a40cd30baa2;jsessionid=F99719A40C7BC425C023F0E6C86F41BE?version=1.0
- Baruzzuoli P., Capaci F., Migliorini J., Rigati R, (2012). Studi di approfondimento delle conoscenze tecnico-scientifiche relative alla vulnerabilità delle risorse idriche in relazione ai diversi rischi naturali del Bacino del Fiume Roja. Programma Italia - Francia Alcotrà Risknat 2007-2013 http://media.risknet-alcotra.org/atlante-risknat/RiskNat/Relazioni/Relazione_UniSi.pdf
- Bucak T et al. (2017) Future water availability in the largest freshwater Mediterranean lake is at great risk as evidenced from simulations with the SWAT model. *Science of the Total Environment*, 581-582, 413-425
- Burak, S., & Margat, J. (2016). Water management in the Mediterranean region: concepts and policies. *Water Resources Management*, 30(15), 5779-5797.
- C40 & Ramboll (2020). The Urban Climate Action Impacts Framework. <https://city2city.network/urban-climate-action-impacts-framework-framework-describing-and-measuring-wider-impacts-urban>
- Carvalho L, Kirika A (2003) Changes in shallow lake functioning: response to climate change and nutrient reduction. *Hydrobiologia* 506:789–796. doi: 10.1023/b:hydr.0000008600.84544.0a
- Cetara L., La Malva P., Pregnotato M., Ballarin Denti A. (2020). Local climate change adaptation in the mountain region: an indicator-based decision support system methodology. 8th SISC Annual Conference. *ClimRisk 2020: Time for Action*. Online conference 21-23 October, 2020.
- Cetara L., Pregnotato M., La Malva P. (2020). Studio propedeutico alla definizione della Strategia regionale di adattamento ai cambiamenti climatici della Valle d'Aosta. Progetto INTERREG ALCOTRA Adapt Mont-Blanc. *In press*
- Cisneros JBE et al. (2014) Freshwater resources. 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 CB et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 229-269
- Custudio E et al. (2016) Groundwater intensive use and mining in south-eastern peninsular Spain: Hydrogeological, economic and social aspects. *Science of the Total Environment*, 559, 302-316
- EC (2011a) A resource-efficient Europe – Flagship initiative under the Europe 2020 Strategy - COM(2011) 21.
- EC (2011b) Roadmap to a resource efficient Europe - COM(2011) 571 final.
- Fader M, Shi S, Von Bloh W, Bondeau A, Cramer W (2016) Mediterranean irrigation under climate change: more efficient irrigation needed to compensate increases in irrigation water requirements. *Hydrology and Earth System Sciences*, 20, 953-973
- Forzieri G et al. (2014) Ensemble projections of future streamflow droughts in Europe. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18, 85-108
- Giordano F., Sebbio C., Antolini G. et al. (2018). Criteri per la definizione di indicatori prioritari di impatto dei cambiamenti climatici: verso un set a livello nazionale. *Ingegneria dell'ambiente* 3-2018.
- Greig HS, Kratina P, Thompson PL, et al (2011) Warming, eutrophication, and predator loss amplify subsidies between aquatic and terrestrial ecosystems. *Glob Chang Biol* 18:504–514. doi: 10.1111/j.1365-2486.2011.02540.x

- Gudmundsson L, Seneviratne SI (2016) Anthropogenic climate change affects meteorological drought risk in Europe. *Environmental Research Letters*, 11(4), 044005
- Gudmundsson L, Seneviratne SI, Zhang X (2017) Anthropogenic climate change detected in European renewable freshwater resources. *Nature Climate Change*, 7(11), 813-816
- Haylock MR, Hofstra N, Tank AMGK, et al (2008) A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950-2006. *J Geophys Res.* doi: 10.1029/2008jd010201
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2011). *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*. London, UK: Earthscan.
- IPCC (2013a) Summary for Policymakers. In: Stocker TF, D. Qin, G.-K. Plattner, et al. (eds) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge (United Kingdom) and New York (NY, USA), pp 1–30
- IPCC, 2014: *Climate Change 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, Switzerland, 151 pp.
- Kernan M (2015) Climate change and the impact of invasive species on aquatic ecosystems. *Aquat Ecosyst Heal & Manag* 4988:321–333. doi: 10.1080/14634988.2015.1027636
- Kovats RS et al. (2014) Europe. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros VR et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1267-1326
- Lovato T, Vichi M, Oddo P (2013) High-Resolution Simulations of Mediterranean Sea Physical Oceanography Under Current and Scenario Climate Conditions: Model Description, Assessment and Scenario Analysis.
- Ludwig W, Bouwman AF, Dumont F, Lespinas F (2010) Water and nutrient fluxes from major Mediterranean and Black Sea rivers: Past and future trends and their implications for the basin- scale budgets. *Global Biogeochemical Cycles*, 24(4), GB0A13
- Marchane A, Trambly Y, Hanich L, Ruelland D, Jarlan L (2017) Climate change impacts on surface water resources in the Rheraya catchment (High-Atlas, Morocco). *Hydrological Sciences Journal*, 62(6), 979-995
- MasterAdapt (2020). *Linee guida, principi e procedure standardizzate per l'analisi climatica e la valutazione della vulnerabilità a livello regionale e locale*. <https://masteradapt.eu/strumenti/?lang=en>
- MATM - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (a cura di), (2017). "Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici PNACC". First draft for public consultation, Roma
- MATM - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (a cura di) (2017). "Piano MedECC (2020) Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future. First Mediterranean Assessment Report [Cramer, W., Guiot, J., Marini, K. (eds.)] Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP, Marseille, France, 600pp, in press
- Michelozzi P, de'Donato F (2014) Climate changes, floods, and health consequences. *Recenti Progressi in Medicina*, 105(2), 48-50
- Moustdrafi J, Razack M, Sinan M (2008) Evaluation of the impacts of climate changes on the coastal Chaouia aquifer, Morocco, using numerical modeling. *Hydrogeology Journal*, 16(7), 1411-1426

Onorato L., Iengo A., Durante F., Rusca L., Monteverde C. (2020). Changes in rainfall distribution patterns over Liguria Region. Poster presented in 8th Annual Conference of Italian Society for Climate Sciences (SISC). 21-23 October 2020 - Online Conference.

Onorato, L., Rusca, L., & Agrillo, G. (2014). ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA ESTIVA SUL PERIODO 1963-2014 PER LA STAZIONE DI GENOVA SESTRI. QUALITÀ DELL'AMBIENTE URBANO, 117.

Pavan, V., Antolini, G., Barbiero, R., Berni, N., Brunier, F., Cacciamani, C., ... & Di Carlo, E. (2019). High resolution climate precipitation analysis for north-central Italy, 1961–2015. *Climate Dynamics*, 52(5-6), 3435-3453.

Portale web-gis, realizzato da UNIGE nel quadro del progetto Interreg Alcotra "Concert-Eaux",
<https://www.concerteaux-iisl.eu/geografia/>

PROVINCIA DI IMPERIA., (a cura di) Piano di Bacino Stralcio sul Bilancio Idrico del Fiume Roia
<http://pianidibacino.provincia.imperia.it/site/11031/default.aspx>

Regione Liguria, Piano di Tutela delle Acque, Stima del fabbisogno idrico, Allegato VI (2015) , (a cura di),
http://www.ambienteinliguria.it/eco3/DTS_GENERALE/20110117/06_ALLEGATO_VI_stima_fabbisogno_idrico.pdf

Regione Liguria, web-gis carta delle rilevazioni idriche https://servizi.regione.liguria.it/page/welcome/DERIVAZIONI_IDRICHE

REGIONE LIGURIA, Osservatorio Turistico Regionale, Analisi del movimento Turistico <https://www.regione.liguria.it/homepage/turismo/osservatorio-turistico-regionale/analisi-del-movimento-turistico/report-2019/documents.html?showSubCatsBreadcrumb=0&showSubCatsBreadcrumbStatus=1&view=documents&catid=101179&showSubCats=1&showNameCat=0&showDescrCat=1&showNameCat=0&docCatOrderField=2&docCatOrderDir=0&docOrderField=2&docOrderDir=1&docShowCategories=1>

Regione Liguria, Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (a cura di), (2019). PIANO DI BACINO STRALCIO PER LA TUTELA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO- FIUME ROIA E TORRENTI LATTE E S. LUIGI - Ambito di Bacino n° 1 –Roia
http://www.pianidibacino.ambienteinliguria.it/IM/roia/documenti/IM_Roia_PianoInterventi_rev01.pdf

Sgroi, S., ENEA, (2002). analisi di specifiche situazioni di degrado della qualità delle acque in Campania, in riferimento ai casi che maggiormente incidono negativamente sulle aree costiere", ACCORDO DI PROGRAMMA ENEA-MINISTERO DELL'AMBIENTE- Progetto Regi Lagni <http://eboals.bologna.enea.it/ambtd/regi-lagni/volume-1/02-1-vol1-cus.html#09-fabb-ic>

Tsanis IK, Koutroulis AG, Daliakopoulos IN, Jacob D (2011) Severe climate-induced water shortage and extremes in Crete. *Climatic Change*, 106(4), 667-677

UNEP/MAP (2013) State of the Mediterranean Marine and Coastal Environment, UNEP/MAP - Barcelona Convention, Athens

UNEP/MAP, Plan Bleu (2009) State of the environment and development in the Mediterranean. Technical report, Athens, 200 p.