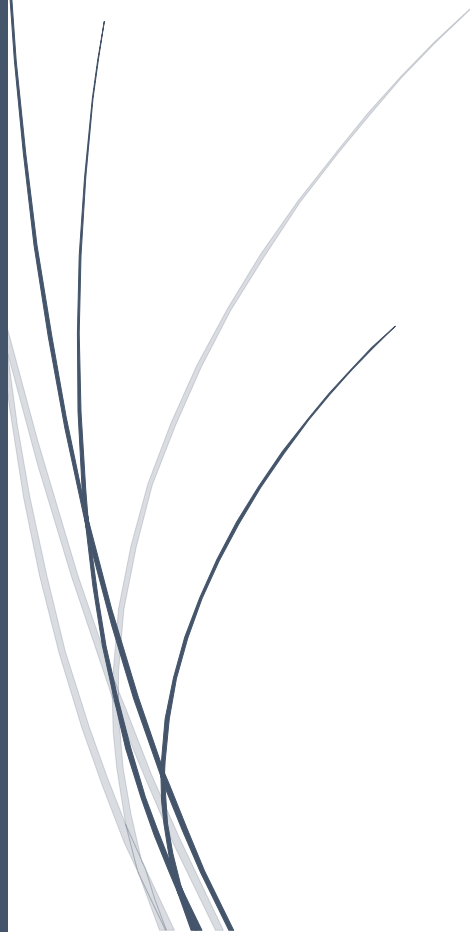


A dark blue vertical bar on the left side of the page. A blue arrow points to the right from the bar, containing the date.

15/10/2015

Analisi del cambiamento climatico nel Distretto Appennino Settentrionale e individuazione delle criticità di Piano

Several thin, curved lines in dark blue and light grey that originate from the bottom left and sweep upwards and to the right.

Giovanni montini
Autorità di Bacino del fiume Arno

Sommario

1. Stato delle conoscenze sui cambiamenti climatici nel Distretto.....	2
1.1 Temperatura media annua	2
1.2 Precipitazioni cumulate annue.....	3
1.3 Precipitazione massima giornaliera.....	3
1.4 Durata dei periodi siccitosi.....	4
1.5 Conclusioni.....	5
2. Proiezioni climatiche future.....	6
2.1 Temperatura.....	7
2.2 Precipitazioni.....	8
3. Proiezioni sull'andamento dei principali settori socio-economici.....	9
3.1 Settore civile.....	9
3.2 Settore industriale.....	10
3.3 Settore agricolo.....	11
4. Metodologia per l'individuazione delle criticità del Piano di Gestione delle Acque in relazione ai cambiamenti climatici	11
4.1 Analisi delle pressioni indotte dal cambiamento climatico.....	12
4.2 Analisi della disponibilità idrica dei corpi idrici superficiali	13
4.3 Determinazione dell'impatto del cambiamento climatico sui corpi idrici	17
4.4 Interazione delle classi di cambiamento climatico con lo stato ecologico dei corpi idrici ..	20
5. Efficacia delle misure di Piano in riferimento ai cambiamenti climatici	22
5.1 Analisi delle misure di Piano in riferimento alla SNACC	22
5.2 Valutazioni sulla necessità di misure integrative.....	25
6. Organizzazione dei dati	26
7. Conclusioni	27
Appendice 1 – Inserimento delle valutazioni sul cambiamento climatico nelle schede dei corpi idrici	28

1. Stato delle conoscenze sui cambiamenti climatici nel Distretto

Esistono diversi studi finalizzati all'analisi del cambiamento climatico a livello nazionale che mettono in evidenza un incremento omogeneo di temperatura di circa 1°/secolo nel periodo 1800-2000 con una decisa accelerazione a partire dal 1980.

In seguito all'esigenza di armonizzare e standardizzare i metodi di elaborazione dei dati climatici e rendere disponibili alcuni indicatori utili alla rappresentazione dello stato del clima in Italia e della sua evoluzione, l'Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione Ambientale (ISPRA) ha realizzato il Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione dei dati Climatici di Interesse Ambientale (SCIA)¹, attraverso il quale è possibile analizzare e scaricare le serie storiche di alcuni indicatori climatici, con possibilità di produrre mappe di distribuzione spaziale dei diversi parametri su tutto il territorio nazionale.

Per effettuare un'analisi dell'evoluzione del clima nel Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale sono stati in particolare scelti quattro indicatori, di cui due (temperatura media annua e precipitazione cumulata annua) utili a descrivere la tendenza media della forzante climatica nel tempo e altri due (precipitazione massima giornaliera e numero di giorni asciutti consecutivi) finalizzati invece a verificare l'evoluzione dei fenomeni estremi. In particolare, per ognuno dei parametri analizzati è stato verificato l'andamento dell'anomalia rispetto al valore medio del trentennio di riferimento climatologico 1961-1990, confrontando sempre i risultati ottenuti per il Distretto Appennino Settentrionale con quelli riguardanti l'intero territorio nazionale.

1.1 Temperatura media annua

In Figura 1 è riportato l'andamento della temperatura media annua nel periodo 1960-2014, espressa come anomalia termica rispetto al periodo 1961-1990. Come possiamo osservare risulta evidente il trend di aumento della temperatura media annua, con una decisa accelerazione a partire dal 1980 dove l'anomalia termica a livello di Distretto tende a superare quella nazionale.

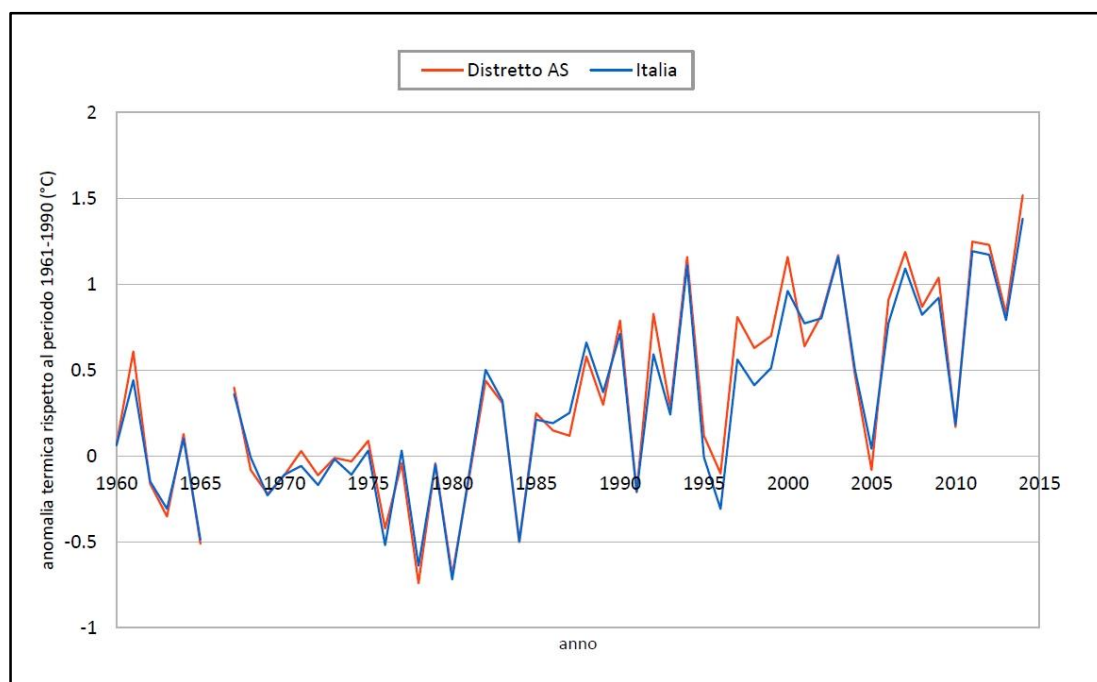


Figura 1 – Andamento dell'anomalia termica nel periodo 1960-2014

Prendendo in considerazione gli ultimi 24 anni (1991-2014) e confrontandoli con il trentennio

¹http://www.scia.isprambiente.it/home_new.asp

di riferimento climatologico 1961-1990, emerge un aumento medio della temperatura annua di circa 0.71°C per il Distretto Appennino Settentrionale e di circa 0.63°C per l'intero territorio nazionale. I valori massimi per il territorio del Distretto arrivano in alcuni casi ad incrementi superiori ad $1-1.5^{\circ}\text{C}$ e risultano in particolare localizzati in Liguria e Toscana meridionale, mentre i valori minimi, dell'ordine di $0.1-0.2^{\circ}\text{C}$, si trovano prevalentemente in corrispondenza del versante adriatico della regione Emilia-Romagna.

1.2 Precipitazioni cumulate annue

In Figura 2 è riportato l'andamento della precipitazione cumulata annua nel periodo 1960-2014, espressa come anomalia pluviometrica rispetto al periodo 1961-1990. Anche in questo caso risulta abbastanza evidente un trend generale di diminuzione delle precipitazioni cumulate annue nel tempo sia a livello di Distretto che per l'intero territorio nazionale. In particolare, possiamo notare che a partire dalla metà degli anni 80 si osserva un'inversione nell'andamento dell'anomalia pluviometrica per il Distretto Appennino Settentrionale che tende a superare l'anomalia media nazionale, evidenziando, come già intuibile dall'andamento dell'anomalia termica di Figura 1, uno spostamento verso nord di caratteri climatici secchi generalmente legati alle sole regioni meridionali d'Italia.

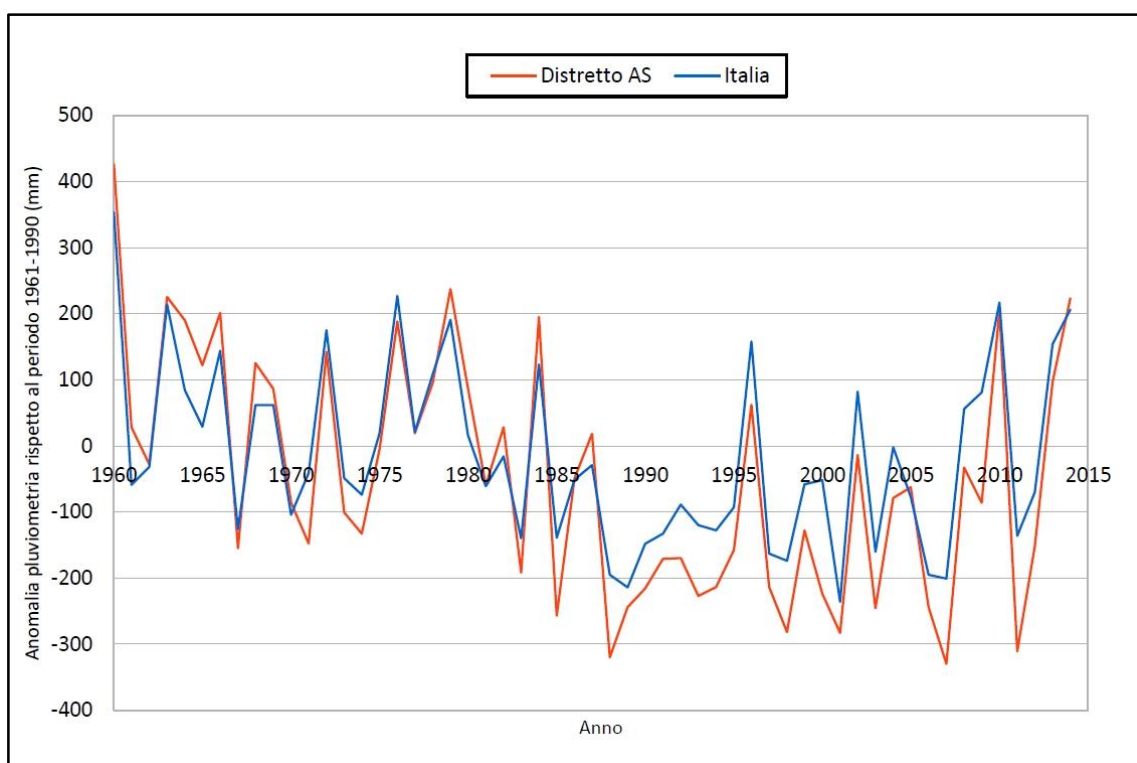


Figura 2 – Andamento dell'anomalia pluviometrica nel periodo 1960-2014

Prendendo in considerazione gli ultimi 24 anni (1991-2014) e confrontandoli con il trentennio di riferimento climatologico 1961-1990, emerge una diminuzione media della precipitazione cumulata annua di circa 120-130 mm per il Distretto Appennino Settentrionale mentre la media nazionale si attesta sui 50 mm. I valori massimi per il territorio del Distretto arrivano in alcuni casi a diminuzioni dell'ordine di 400-500 mm e risultano in particolare localizzati nella dorsale appenninica toscano-romagnola. Il periodo 1991-2014 in generale ha registrato una perdita media di precipitazione cumulata annua pari a circa il 13% rispetto al periodo 1961-1990.

1.3 Precipitazione massima giornaliera

In Figura 3 è riportato l'andamento della precipitazione massima giornaliera registrata

nell'anno per il periodo 1960-2014, espressa come anomalia di pioggia massima giornaliera rispetto al periodo 1961-1990. Come possiamo osservare risulta evidente il trend di aumento dei valori di precipitazione massima giornaliera registrati negli anni considerati, con una decisa accelerazione a partire dalla metà degli anni 80. Prendendo in considerazione gli ultimi 24 anni (1991-2014) e confrontandoli con il trentennio di riferimento climatologico 1961-1990, emerge un aumento medio della precipitazione massima giornaliera di circa 15-20 mm sia per il Distretto Appennino Settentrionale che per l'intero territorio nazionale. I valori massimi per il territorio del Distretto arrivano in alcuni casi ad incrementi superiori a 30 mm e risultano in particolare localizzati nelle aree di pianura dei bacini toscani dei fiumi Arno e Ombrone grossetano e in Liguria di ponente.

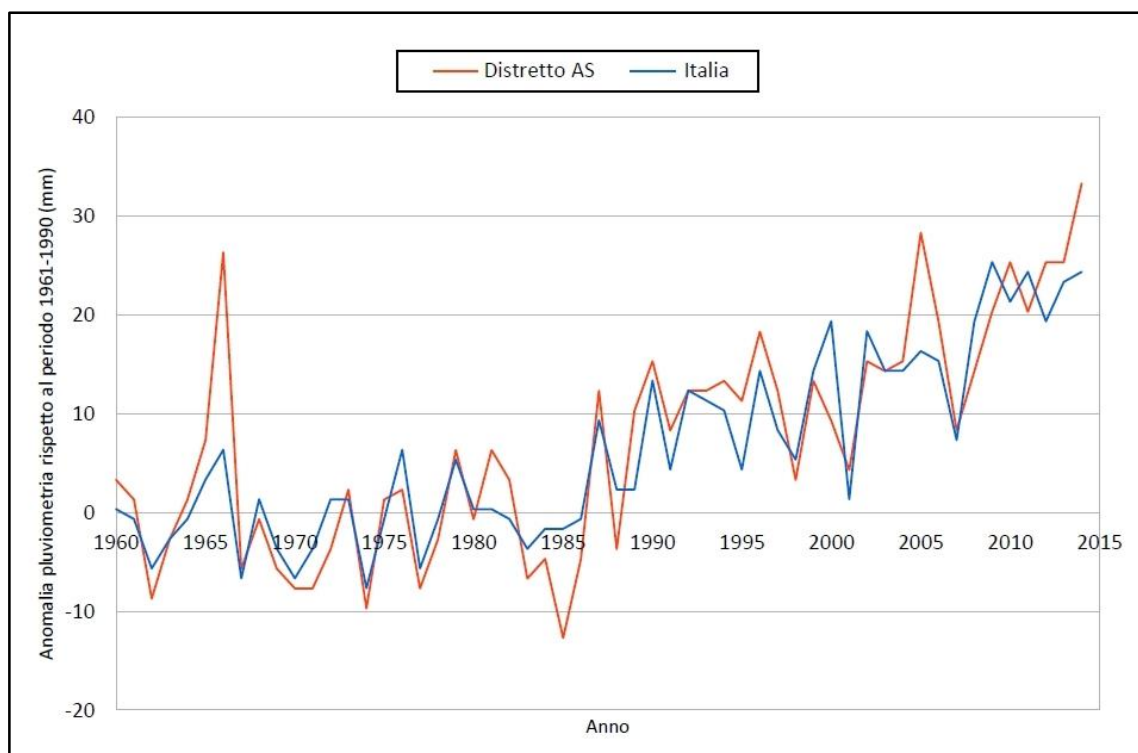


Figura 3 – Andamento dell'anomalia della pioggia massima giornaliera nel periodo 1960-2014

Tale indicatore, sebbene si riferisca alla precipitazione massima giornaliera registrata nell'anno, risulta strettamente correlato alla ricorrenza di fenomeni pluviometrici brevi e intensi e fornisce un valido aiuto per comprendere come i cambiamenti climatici influenzino le caratteristiche delle precipitazioni e di conseguenza influiscano sui valori del coefficiente di deflusso e, in generale, sui termini del bilancio idrico generale.

1.4 Durata dei periodi siccitosi

In Figura 4 è riportato infine l'andamento della durata massima annua dei periodi siccitosi (precipitazione < 1 mm) nel periodo 1960-2014, espressa come anomalia rispetto all'intervallo temporale di riferimento 1961-1990. Come possiamo osservare, in questo caso non si riscontra un trend evidente nell'andamento del parametro esaminato durante il periodo di riferimento. Non è quindi ipotizzabile, sia a livello di Distretto che a livello nazionale, una marcata variazione nella durata massima del numero di giorni consecutivi senza pioggia. Per quanto riguarda il Distretto Appennino Settentrionale bisogna comunque evidenziare che la durata massima del numero di giorni consecutivi senza pioggia nei vari anni è passata da un valore medio di 32 giorni per il periodo 1961-1990 ad un valore medio di 34 giorni nel periodo 1991-2014, evidenziando comunque una tendenza, anche se minima, all'aumento della durata dei periodi siccitosi durante l'anno.

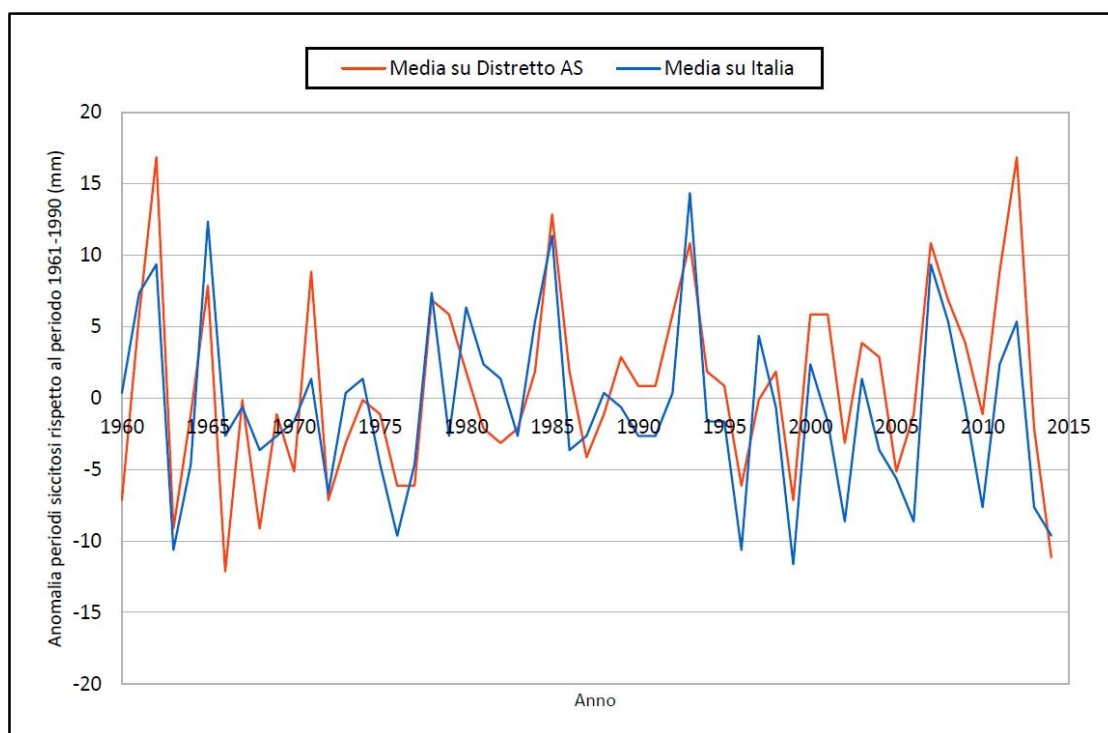


Figura 4 – Andamento dell'anomalia dei periodi siccitosi nel periodo 1960-2014

1.5 Conclusioni

Dall'analisi dei quattro indicatori climatici considerati appare comunque evidente che il Distretto Appennino Settentrionale risulta interessato da un progressivo aumento di temperatura media (circa 0.7°C rispetto al periodo 1961-1990) e da una diminuzione delle precipitazioni cumulate annue (circa il 13% rispetto al periodo 1961-1990) con possibili pesanti conseguenze sulla disponibilità idrica e sulla conservazione degli ecosistemi; tale situazione risulta ulteriormente aggravata dall'aumento dell'intensità degli eventi estremi che hanno portato all'intensificarsi dei fenomeni alluvionali improvvisi (flash flood) e all'aumento della durata dei periodi siccitosi nel periodo estivo con conseguente impatto sulla disponibilità della risorsa idrica.

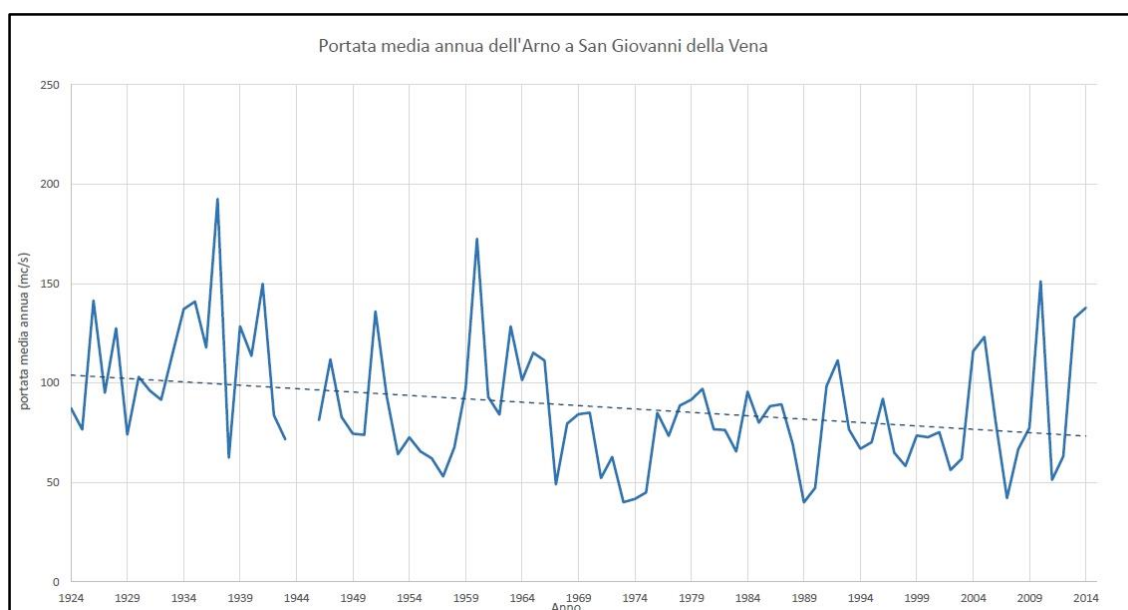


Figura 5 – Andamento delle portate medie annue del fiume Arno a San Giovanni della Vena nel periodo 1924-2014

Come possiamo osservare, anche se in misura abbastanza contenuta, si ha una tendenza generale alla diminuzione dei deflussi nel tempo da mettere in relazione sia alla diminuzione degli afflussi che all'aumento dell'evapotraspirazione dovuto alle maggiori temperature. Le serie storiche mostrano che, negli ultimi 30 anni, si è avuta una riduzione di portata dell'Arno del 50% durante l'inverno, del 30% in primavera, del 20% in autunno e del 30% in estate².

2. Proiezioni climatiche future

Le proiezioni climatiche forniscono la probabilità con cui determinate variazioni del clima possono verificarsi nei prossimi decenni, in relazione a diverse possibili evoluzioni dello sviluppo socio-economico globale.

Tali condizioni (scenari) comportano, in particolare, diversi andamenti delle emissioni di gas climalteranti in atmosfera. A tale proposito, l'Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC) ha recentemente ridefinito gli scenari futuri a scala globale (Representative Concentration Pathways – RCP)³ allo scopo di fornire informazioni sulla probabile evoluzione delle diverse componenti della forzante radiativa (emissioni di gas serra, inquinanti e uso del suolo), da utilizzare come input per i modelli climatici (Figura 6). Gli scenari RCP sostituiscono i precedenti scenari pubblicati dall'IPCC nello Special Report on Emission Scenarios (SRES)⁴ e includono uno scenario di mitigazione, che stima un valore molto basso della forzante radiativa al 2100 (2.6 W/m² - RCP2.6), due scenari intermedi (4.5 W/m² - RCP4.5 e 6 W/m² - RCP6) e uno scenario caratterizzato da un'elevata emissione e da un elevato valore della forzante radiativa (8.5 W/m² – RCP8.5). Le variazioni climatiche future sono state valutate in termini di differenze tra il valore di una variabile o di un indice su un trentennio e il valore corrispondente nel periodo climatologico di riferimento 1971-2000.

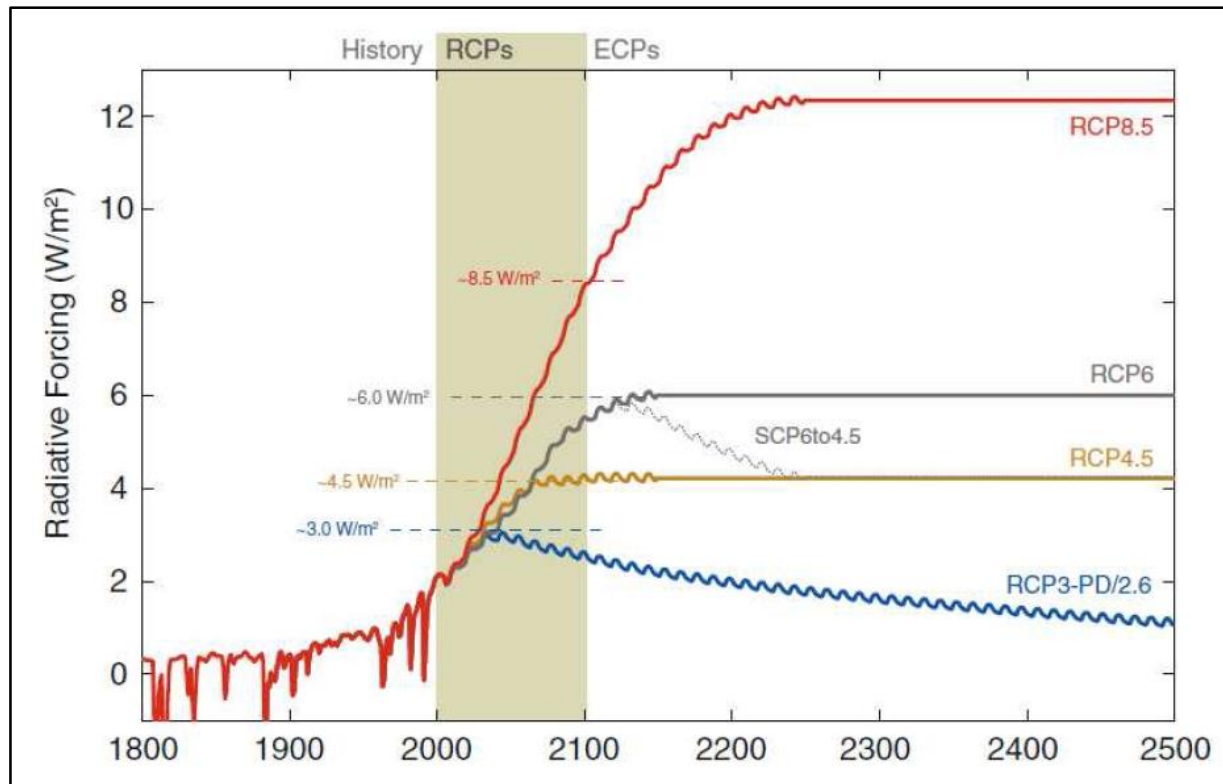


Figura 6 – Evoluzione della forzante radiativa per i diversi scenari di emissione (Meinshausen et al. 2011)

² Cambiamenti climatici e sostenibilità; problemi e soluzioni in Toscana. Ibimet CNR (ISBN: 88-901460-5-2)

³ https://www.wmo.int/pages/themes/climate/climate_projections.php

⁴ <http://www.ipcc-data.org/guidelines/pages/definitions.html>

La fonte più importante e aggiornata di proiezioni modellistiche sull'area del Mediterraneo e quindi sull'Italia è costituita da Med-CORDEX⁵, un'iniziativa proposta dalla comunità scientifica che studia il clima del Mediterraneo. Ai nostri fini, dall'insieme degli output dei modelli disponibili, sono state estratte e analizzate le proiezioni di temperatura media e precipitazione cumulata annua fino al 2100 di quattro modelli, negli scenari di emissione RCP4.5 e RCP8.5⁶.

2.1 Temperatura

Per quanto riguarda la temperatura (Figura 7), i modelli concordano nel prevedere un aumento piuttosto costante nel tempo, di entità all'incirca doppia nello scenario RCP8.5 rispetto all' RCP4.5. Nel corso di un secolo i quattro modelli prevedono un aumento della temperatura media in Italia compreso tra 1.8 e 3.1°C (*ensemble mean* 2.5°C) nello scenario RCP4.5 e tra 3.5 e 5.4°C nello scenario RCP8.5 (*ensemble mean* 4.4°C).

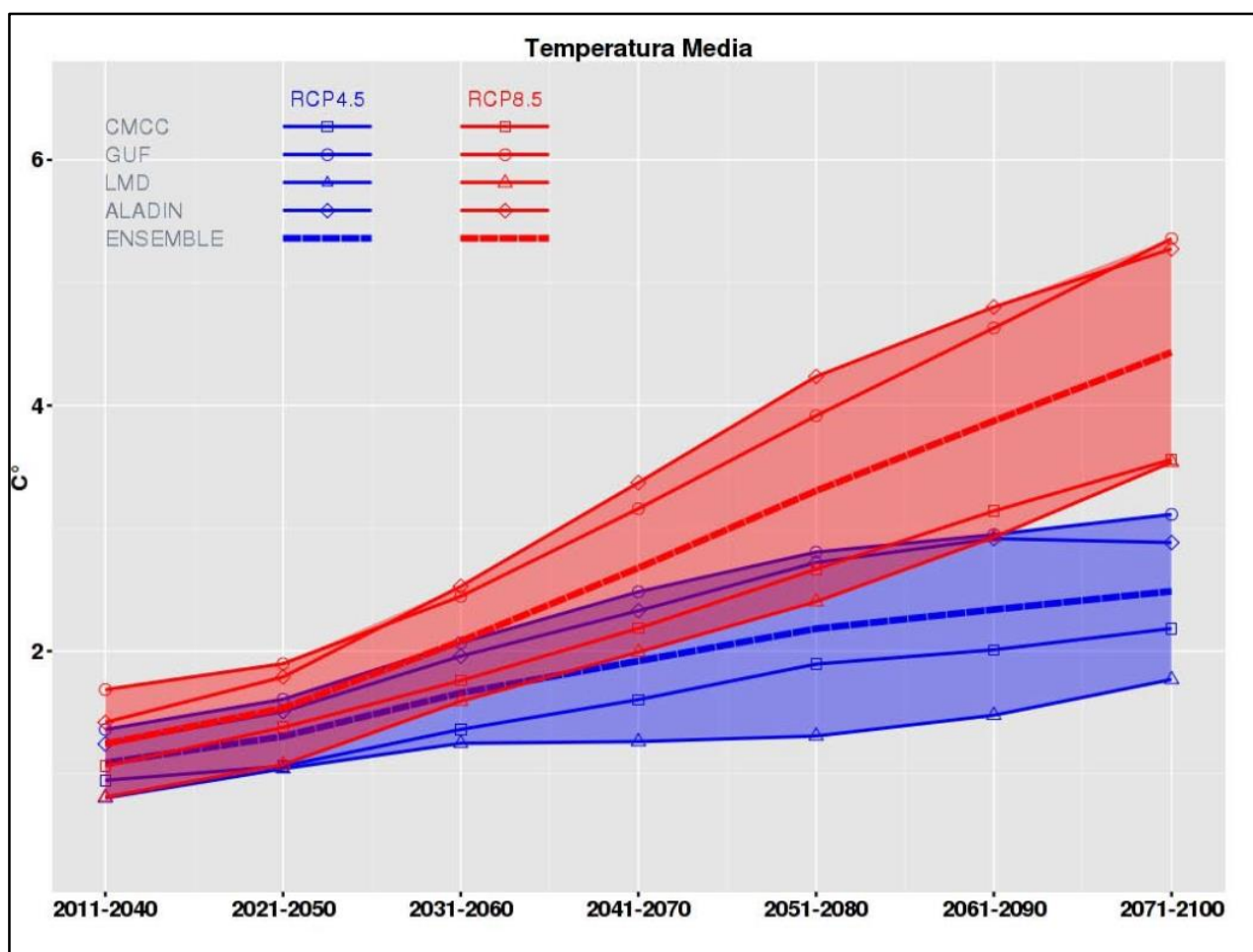


Figura 7 – Andamento della variazione di temperatura media annua per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5

Il previsto aumento della temperatura media è attribuibile in modo più o meno equivalente sia all'aumento delle temperature massime diurne che delle temperature minime notturne. Le variazioni previste dai modelli sono piuttosto uniformi nello spazio, in virtù del fatto che il riscaldamento ha origine da forzanti e dinamiche a grande scala e quindi interessa in modo abbastanza uniforme tutto il territorio nazionale. L'aumento più marcato della temperatura media si prevede nella stagione estiva, con variazioni in un secolo comprese tra 2.5 e 3.6°C

⁵ <https://www.medcordex.eu/medcordex.php>

⁶ <http://www.scia.isprambiente.it/Documentazione/IlClimaFuturoInItalia.pdf>

nello scenario RCP4.5 e tra 4.2 e 7.0°C nello scenario RCP8.5. In primavera si prevede l'aumento meno marcato, con variazioni in un secolo comprese tra 1.3 e 2.7°C nello scenario RCP4.5 e tra 2.8 e 4.8°C nello scenario RCP8.5. Il segno delle variazioni è positivo (aumento della temperatura) in tutte le stagioni e coerente per tutti i modelli, ma l'entità delle variazioni differisce spesso in modo significativo da un modello all'altro.

2.2 Precipitazioni

Le proiezioni delle precipitazioni cumulate annue riferite al periodo climatologico 1971-2000 (Figura 8) sono molto più incerte di quelle della temperatura e i due scenari non si possono distinguere con altrettanta chiarezza. Considerando la media nazionale della precipitazione cumulata annuale, nello scenario RCP4.5 tre modelli su quattro prevedono in un secolo una debole diminuzione e un solo modello un debole aumento delle precipitazioni. Complessivamente, le variazioni previste al 2071-2100 sono comprese tra una diminuzione di circa l'8% e un aumento del 5% circa; tenendo presente un valore medio in Italia di circa 900 mm della precipitazione cumulata annuale nel trentennio di riferimento, l'*ensemble mean* indica una riduzione dell'1.5% circa. Nello scenario RCP8.5 tale intervallo si allarga (risultando compreso tra -15% e +2%) e l'*ensemble mean* si sposta nel senso di una riduzione delle precipitazioni dell'8%.

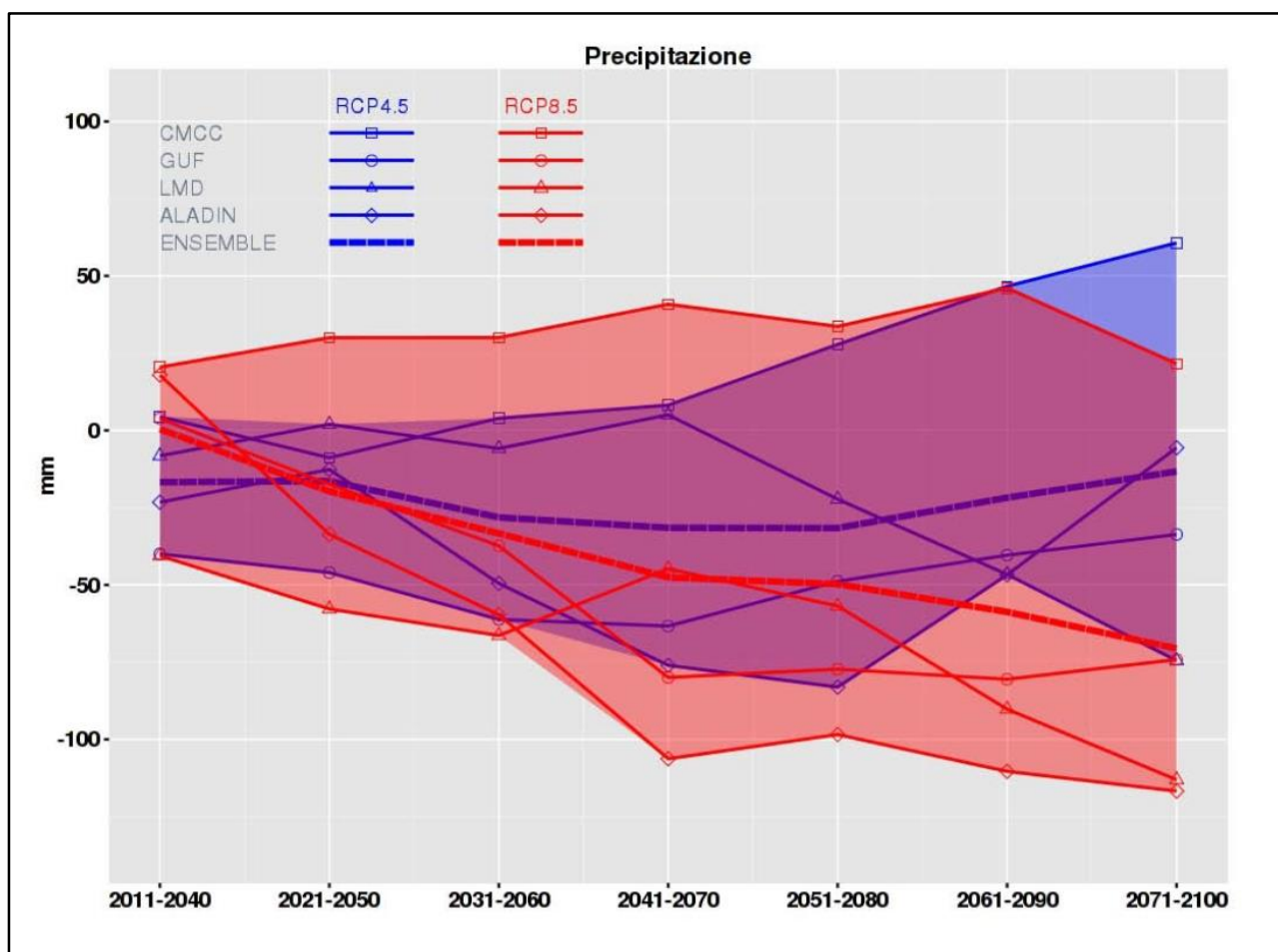


Figura 8 – Andamento della variazione di precipitazioni cumulate annue per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5

Anche la distribuzione spaziale delle variazioni previste è molto diversificata da un modello all'altro. Nell'insieme, emerge solo l'indicazione che dalla riduzione delle precipitazioni sarebbero più probabilmente esentate le regioni nord-orientali. I valori medi nazionali risultano

prevalentemente in modesta diminuzione in primavera, estate e autunno, e in modesto aumento in inverno. Localmente, la variazione della precipitazione cumulata assume valori di rilievo, fino a punte di riduzione di 150-200 mm in primavera o in estate, e di aumento di 100-150 mm in inverno. Diversamente dalla temperatura, la distribuzione dei valori di precipitazione non presenta differenze molto marcate tra i due scenari. Per la cumulata annuale, al 2061-2090, il modello più "secco" prevede variazioni comprese tra -225 e +54 mm nello scenario RCP4.5, contro variazioni comprese tra -347 e +108 mm nello scenario RCP8.5. Le proiezioni di alcuni indici rappresentativi della frequenza, dell'intensità e degli estremi di precipitazione indicano una futura, progressiva concentrazione delle precipitazioni in eventi più intensi e meno frequenti. L'entità di queste variazioni risulta comunque molto incerta e mediamente debole o moderata. Ad esempio, la più consistente variazione della precipitazione massima giornaliera nello scenario RCP8.5 è di circa 50 mm, a fronte di valori attualmente osservati dell'ordine di 300-400 mm. Infine, l'analisi dell'indice "giorni secchi consecutivi" indica un probabile aumento della durata dei periodi di siccità su quasi tutto il territorio nazionale, con aumenti più marcati nello scenario RCP8.5 e al Sud e sulle Isole (fino a +35 giorni in un secolo).

3. Proiezioni sull'andamento dei principali settori socio-economici

Come riportato nel paragrafo precedente, le proiezioni dell'IPCC prevedono per l'area mediterranea un incremento delle temperature e una riduzione delle precipitazioni totali, pur con un intensificazione delle precipitazioni più intense. Tali risultati, confermati chiaramente anche dalle analisi svolte alla scala locale, evidenziano la necessità di investigare gli impatti, attuali e futuri, dei cambiamenti climatici sui valori delle portate fluviali e sui regimi idrologici nei corpi idrici del Distretto Appennino Settentrionale, che influenzano direttamente sia la qualità dei corpi idrici che la disponibilità di risorsa per i diversi usi e per l'ambiente.

Il verificarsi di eventi estremi di siccità o di piena costituisce un grave squilibrio soprattutto per la componente biologica, e pregiudica la possibilità di raggiungere o mantenere un buono stato di qualità ecologica. Nel caso delle acque sotterranee, prolungati periodi di scarse precipitazioni, soprattutto nei mesi caratterizzati dalla maggiore predisposizione alla ricarica delle falde, possono causare l'abbassamento del loro livello e la conseguente concentrazione di inquinanti.

Agli impatti sul territorio determinati dai cambiamenti climatici bisogna poi sommare gli ulteriori impatti prevedibili in base ai futuri scenari socio-economici dei principali settori (civile-domestico, industriale-energetico, agricolo).

3.1 Settore civile

Per quanto riguarda il settore civile-domestico, possiamo osservare che la popolazione residente nel Distretto risultante dal censimento ISTAT 2011 ammonta a circa 7,7 milioni con un trend positivo (+6%) dal 2001. Secondo le proiezioni di ISTAT adattate al territorio del Distretto Appennino Settentrionale (Figura 8), il numero di residenti è destinato ad aumentare sotto tutti gli scenari demografici (centrale, basso, alto) raggiungendo nel 2050 valori compresi fra i 7,8 e i 9,2 milioni (da +1,2% a + 18,7% rispetto al 2011).

Allo sviluppo urbano corrisponde una previsione di sviluppo positivo anche per i territori urbani, e di conseguenza della domanda idrica per scopi residenziali, anche se le previsioni di modifica della composizione sociale (aumento del numero di anziani ecc.) potrebbero controbilanciare la tendenza generale. La richiesta di risorsa idrica ai fini idropotabili vedrà quindi probabilmente un aumento generale nel medio periodo dovuto all'aumento della pressione demografica sul bacino. Nel lungo periodo la tendenza può essere stimata in diminuzione, grazie a dinamiche di cambiamento sociale, campagne di sensibilizzazione al risparmio e maggiore efficienza delle apparecchiature domestiche.

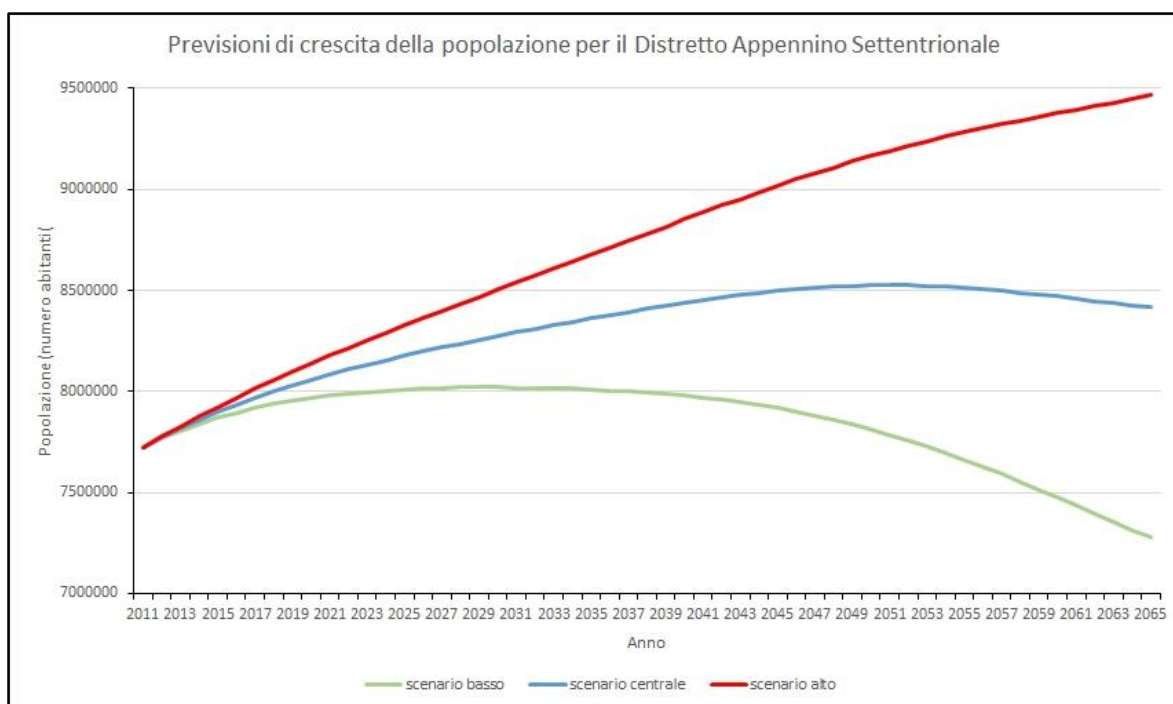


Figura 8 – Previsioni di crescita della popolazione nel Distretto Appennino Settentrionale

3.2 Settore industriale

Per quanto riguarda l'andamento del settore industriale-energetico, è stato analizzato un recente studio condotto da ISPRA (2015) che tiene conto di tre possibili scenari di evoluzione futura della richiesta di energia elettrica fino al 2050, ovvero uno scenario base, con previsione di crescita moderata in linea con l'andamento del PIL, uno scenario di alta domanda, con previsione di domanda alta e crescente, e uno scenario alta efficienza, simile allo scenario base ma con un rinnovo tecnologico con miglioramento di efficienza pari al 10% (Figura 9).

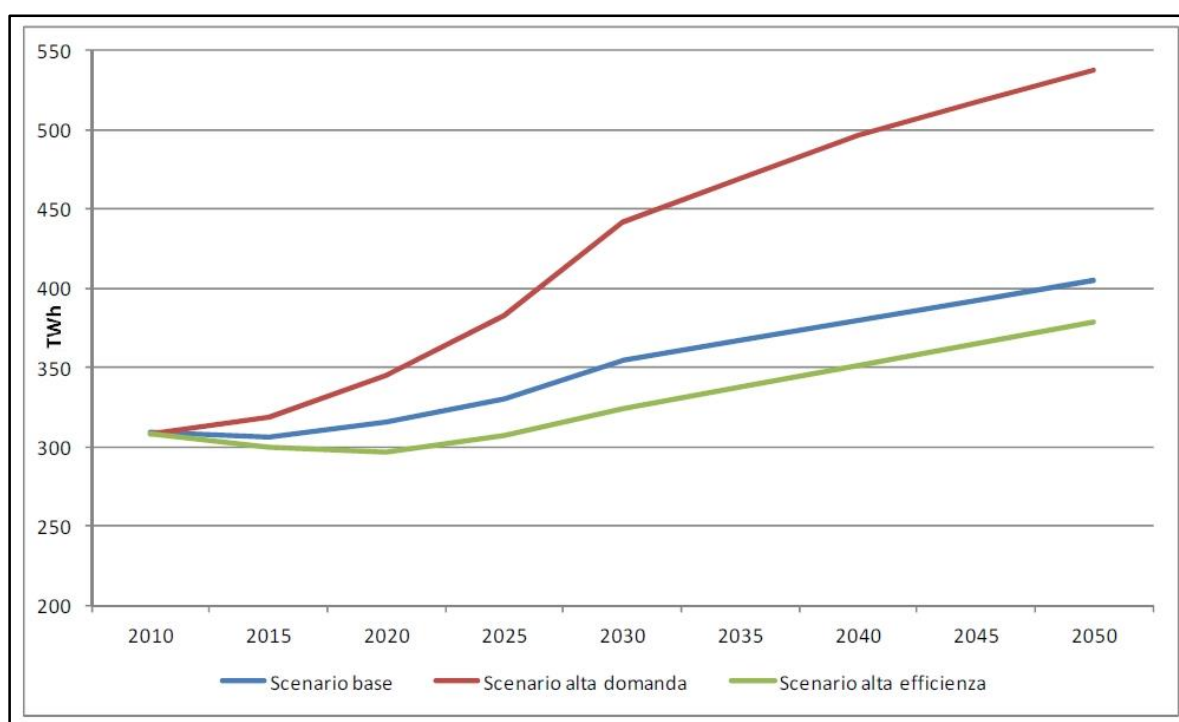


Figura 9 – Previsioni di crescita del consumo di energia elettrica al 2050 (ISPRA, 2015)

Come possiamo osservare per tutti gli scenari è previsto al 2050 un aumento della richiesta di energia elettrica variabile dal 15% all'80% del valore 2010. Questo comporterà anche un conseguente aumento della richiesta idrica nei settori industriali ed energetico nel medio-lungo periodo.

3.3 Settore agricolo

Per quanto riguarda infine il settore agricolo, lo scenario evolutivo della richiesta risulta più incerto. Le politiche Europee, come la Politica Agricola Comunitaria (PAC) 2014-2020 e le politiche nazionali come il Piano Irriguo Nazionale, richiedono un aumento consistente dell'efficienza irrigua nel settore; inoltre, il Sesto Censimento Agricolo Nazionale mostra una prolungata fase di contrazione del settore. A ciò si contrappone l'aumento della temperatura e della variabilità annuale e stagionale, con l'incremento della frequenza ed intensità di onde di calore e siccità. Un aumento della domanda irrigua, tuttavia, potrebbe essere compensato dall'incremento dell'efficienza delle reti di distribuzione e della loro gestione, settore in cui è presente un consistente margine di miglioramento; occorre tenere presente anche in questo caso, però, che sussistono vincoli dai vincoli strutturali del sistema irriguo rispondenti a specifiche caratteristiche territoriali che rendono economicamente non sostenibili, o tecnicamente non efficaci, interventi di modifica sostanziale dell'assetto distributivo. L'aumento delle temperature e dell'evapotraspirazione potrà comportare un aumento della domanda nelle stagioni più calde, incrementando lo stress idrico dovuto a potenziali siccità. Le richieste del mercato continueranno ad avere un'influenza preponderante sulle scelte di produzione agricola, molto più che la disponibilità idrica. A questo si aggiunge la scarsità di piogge che si tradurrà in una minore disponibilità di acqua per l'irrigazione. Gli ecosistemi si adatteranno migrando a nord, per cercare temperature adeguate e acqua a sufficienza per il loro ciclo produttivo.

In ogni caso, le proiezioni effettuate dai diversi modelli climatici concordano nel prevedere la riduzione di produttività delle colture in vaste zone dell'Europa meridionale. Una proiezione al 2050 sulla resa delle colture in seguito alla minore disponibilità idrica dovuta al cambiamento climatico stima per gran parte dell'Italia una perdita tra il 5% e il 15% della produzione⁷.

4. Metodologia per l'individuazione delle criticità del Piano di Gestione delle Acque in relazione ai cambiamenti climatici

Una volta analizzato l'andamento degli indicatori climatici per il Distretto Appennino Settentrionale è necessario capire quali siano i corpi idrici che, in relazione agli scenari di temperatura e precipitazione previsti dall'IPCC, risultino a maggior rischio di compromettere il raggiungimento o il mantenimento dello stato di qualità previsto dal Piano di Gestione. Alterazioni dei trend di precipitazioni e temperature influenzano infatti la disponibilità della risorsa idrica e, conseguentemente, aumentano le problematiche legate alla sua gestione.

Per effettuare questa analisi è stata messa a punto una metodologia speditiva, di natura semi-quantitativa e facilmente realizzabile in ambiente GIS, che permette di confrontare l'aumento delle pressioni sul territorio dovute al cambiamento climatico con la disponibilità idrica dei corpi idrici superficiali per i quali è prevedibile un minore apporto idrologico in relazione sia alla diminuzione delle precipitazioni che alla maggiore evapotraspirazione determinata dall'aumento di temperatura al suolo. In questo modo risulta possibile individuare i corpi idrici maggiormente impattati dalla minore disponibilità idrica e quindi valutare se le

⁷ Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012

misure previste per il raggiungimento degli obiettivi di Piano mantengano la loro efficacia anche con l'aggravante del cambiamento climatico (climate check).

4.1 Analisi delle pressioni indotte dal cambiamento climatico

Partendo dal presupposto che le pressioni antropiche sulla disponibilità idrica tenderanno ad aumentare con l'intensificarsi del cambiamento climatico, sono state analizzate tutte le pressioni considerate nel Piano di Gestione delle Acque, individuate in funzione delle categorie riportate in *Annex 1 – WFD Reporting Guidance 2016* ed eventualmente aggiornate per adattarle meglio alle diverse realtà regionali. In Figura 10 è riportata la lista completa delle pressioni considerate; con il colore arancio sono evidenziate invece solamente le pressioni ritenute maggiormente sensibili al cambiamento climatico e considerate nella successiva analisi.

code	pressure	climate_dep	code	pressure	climate_dep
1.1	Point - Urban waste water	0	4.2	Dams, barriers and locks	0
1.2	Point - Storm Overflows	1	4.2.1	Dams, barriers and locks for hydropower	0
1.3	Point - IED plants	0	4.2.2	Dams, barriers and locks for flood protection	0
1.4	Point - Non IED plants	0	4.2.3	Dams, barriers and locks for drinking water	0
1.5	Point - Contaminated Sites/Abandoned industrial sites	0	4.2.4	Dams, barriers and locks for irrigation	0
1.6	Point - Waste disposal sites	0	4.2.5	Dams, barriers and locks for recreation	0
1.7	Point - Mine waters	0	4.2.6	Dams, barriers and locks for industry	0
1.8	Point - Aquaculture	0	4.2.7	Dams, barriers and locks for navigation	0
1.9	Point - Other	0	4.2.8	Dams, barriers and locks - other	0
1.9.1	Point - Other (pit)	0	4.2a	Dams, barriers, locks - Large dams	0
1.9.2	Point - Other (urban waste water discharges)	0	4.2b	Dams, barriers, locks - Trasversal barriers	0
1.9.3	Point - Other (IPPC installations discharges)	0	4.3	Hydrological alteration	1
1.9.4	Point - Other (not IPPC installations discharges)	0	4.3.1	Hydrological alteration - agriculture	1
1.9.5a	Point - Other (yachting)	0	4.3.2	Hydrological alteration - transport	1
2.1	Diffuse - Urban run off	1	4.3.3	Hydrological alteration - hydropower	1
2.10	Diffuse - Other	0	4.3.4	Hydrological alteration - public water supply	1
2.10a	Diffuse - Industrial Waste Water	0	4.3.5	Hydrological alteration - aquaculture	1
2.10b	Diffuse - Industrial Areas	0	4.3.6	Hydrological alteration - other	1
2.10c	Diffuse - Mining, waste disposal sites	0	4.4	Physical loss (or part of) whole water bodies	1
2.10d	Diffuse - Agricultural - Pesticides	1	4.5	Other hydromorphological alterations	0
2.10e	Diffuse - Agricultural - Nutrient	1	4.5.1a	Other hydromorphological alterations (roads)	0
2.2	Diffuse - Agricultural	1	4.5.1b	Other hydromorphological alterations (railways)	0
2.3	Diffuse - Forestry	0	4.5.2	Other hydromorphological alterations (ripascimenti)	0
2.4	Diffuse - Transport	0	4.6	Other hydromorphological alterations (zona riparia)	0
2.5	Diffuse - Contaminated sites/Abandoned industrial sites	0	5.1	Introduced species and diseases	1
2.6	Diffuse - Discharges not connected to sewerage network	0	5.2	Exploitation of/removal of animals/plants	1
2.6b	Diffuse - Discharges not connected to sewerage network. Storm overflow	1	5.3	Litter/fly tipping	0
2.7	Diffuse - Atmospheric deposition	0	6.1	Groundwater recharges	1
2.8	Diffuse - Mining	0	6.2	Groundwater - alteration of water level or volume	1
2.9	Diffuse - Aquaculture	0	7	Other anthropogenic pressures	0
3	Abstraction/Flow Diversion	1	7.1	Other anthropogenic pressures (saltwater contamination)	1
3.1	Abstraction/Flow Diversion - Agriculture	1	8	Unknown Pressures	0
3.2	Abstraction/Flow Diversion - Public Water Supply	1			
3.3	Abstraction/Flow Diversion - Industry	1			
3.4	Abstraction/Flow Diversion - Cooling water	1			
3.5	Abstraction/Flow Diversion - Fish farms	1			
3.6	Abstraction/Flow Diversion - other	1			
3.6.1	Abstraction/Flow Diversion - other (hydroelectric)	1			
3.6.3	Abstraction/Flow Diversion - other (sanitary end similar)	1			
4.1	Physical alteration of channel/bed/riparian area/shore	1			
4.1.1	Physical alteration of channel/bed/riparian area/shore of water body for flood protection	1			
4.1.2	Physical alteration of channel/bed/riparian area/shore of water body for agriculture	1			
4.1.3	Physical alteration of channel/bed/riparian area/shore of water body for navigation	1			
4.1.4	Physical alteration of channel/bed/riparian area/shore ÔÇô other	1			
4.1.5	Physical alteration of channel/bed/riparian area/shore ÔÇô unknown	1			

Figura 10 – selezione delle pressioni maggiormente sensibili ai cambiamenti climatici

I principali determinanti (drivers) a cui ricondurre le pressioni selezionate sono dati ovviamente da agricoltura, energia, industria, sviluppo urbano e protezione dalle alluvioni.

Una volta definite le pressione maggiormente significative nell'ottica del cambiamento climatico, si è cercato di assegnare ad ogni corpo idrico superficiale del distretto un valore di riferimento per quantificare l'impatto su di esso delle diverse pressioni "clima-sensibili" selezionate.

Per effettuare questa operazione si è tenuto conto sia dell'eventuale presenza delle diverse pressioni selezionate che della loro importanza, quantificata tramite un valore compreso tra 1 (bassa significatività) e 3 (elevata significatività). In particolare, per ogni corpo idrico, l'indice di riferimento (ID) è stato definito come il prodotto tra il numero di pressioni clima-sensibili insistenti sul corpo idrico stesso e la somma del loro valore di significatività (grado). La

distribuzione spaziale dell'indice di riferimento per le pressioni clima-sensibili sui corpi idrici superficiali (fiumi) del Distretto Appennino Settentrionale è riportata il Figura 11. Come possiamo osservare, appare evidente la particolare presenza di pressioni clima-sensibili sull'asta del fiume Arno e dei suoi principali affluenti, riconducibile in prevalenza alla forte antropizzazione del territorio sia in termini di sviluppo urbano che in termini di richiesta idrica.

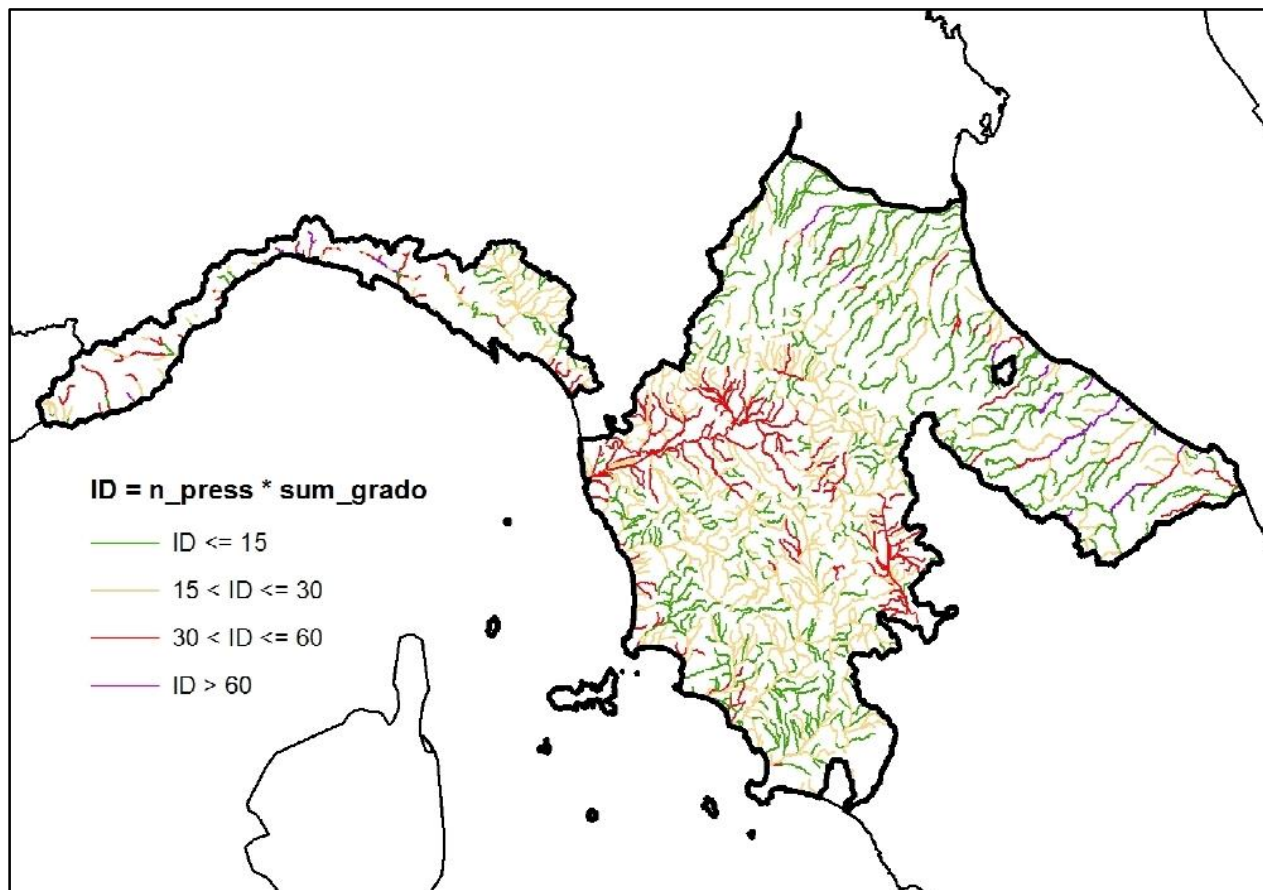


Figura 11 – distribuzione dei corpi idrici superficiali maggiormente interessati da pressioni sensibili ai cambiamenti climatici

Le restanti situazioni di criticità sono prevalentemente determinate dalla forte richiesta idrica nei settori agricolo, industriale e idropotabile, oltre che alle importanti alterazioni morfologiche da ricondurre principalmente alla difesa delle alluvioni.

4.2 Analisi della disponibilità idrica dei corpi idrici superficiali

Come accennato precedentemente, il secondo parametro considerato per l'analisi dell'impatto del cambiamento climatico sui corpi idrici superficiali del Distretto è un indice di "disponibilità idrica", utile a comprendere come l'eventuale aumento delle pressioni possa essere compatibile con le caratteristiche idrologiche del corso d'acqua esaminato.

A tal fine sono state considerate le portate naturali dei corpi idrici del Distretto, escludendo ovviamente quelli che avevano perso completamente l'originario carattere di naturalità. In particolare, per normalizzare il valore della portata naturale in funzione del bacino di alimentazione posto a monte del punto di misura, la portata naturale (espressa in mc/s) è stata divisa per la superficie (espressa in kmq) dell'intero bacino sotteso. Inoltre per avere un indice che, come nel caso dell'indice di pressione visto al paragrafo precedente, aumentasse di valore all'aumentare della criticità, ovvero al diminuire della disponibilità idrica, come indice finale (Index) è stato considerato l'inverso del rapporto tra portata e superficie a monte.

Nelle figure seguenti sono riportati gli istogrammi di frequenza e la curva di distribuzione dei quantili del suddetto indice (inverso del rapporto portata/superficie) sia per i corpi idrici in stato ecologico buono (Figura 12) che per quelli in stato ecologico non buono (Figura 13). In particolare, i grafici sulla sinistra delle immagini si riferiscono ai valori reali dell'indice mentre i grafici sulla destra si riferiscono agli stessi valori sottoposti però a trasformazione logaritmica.

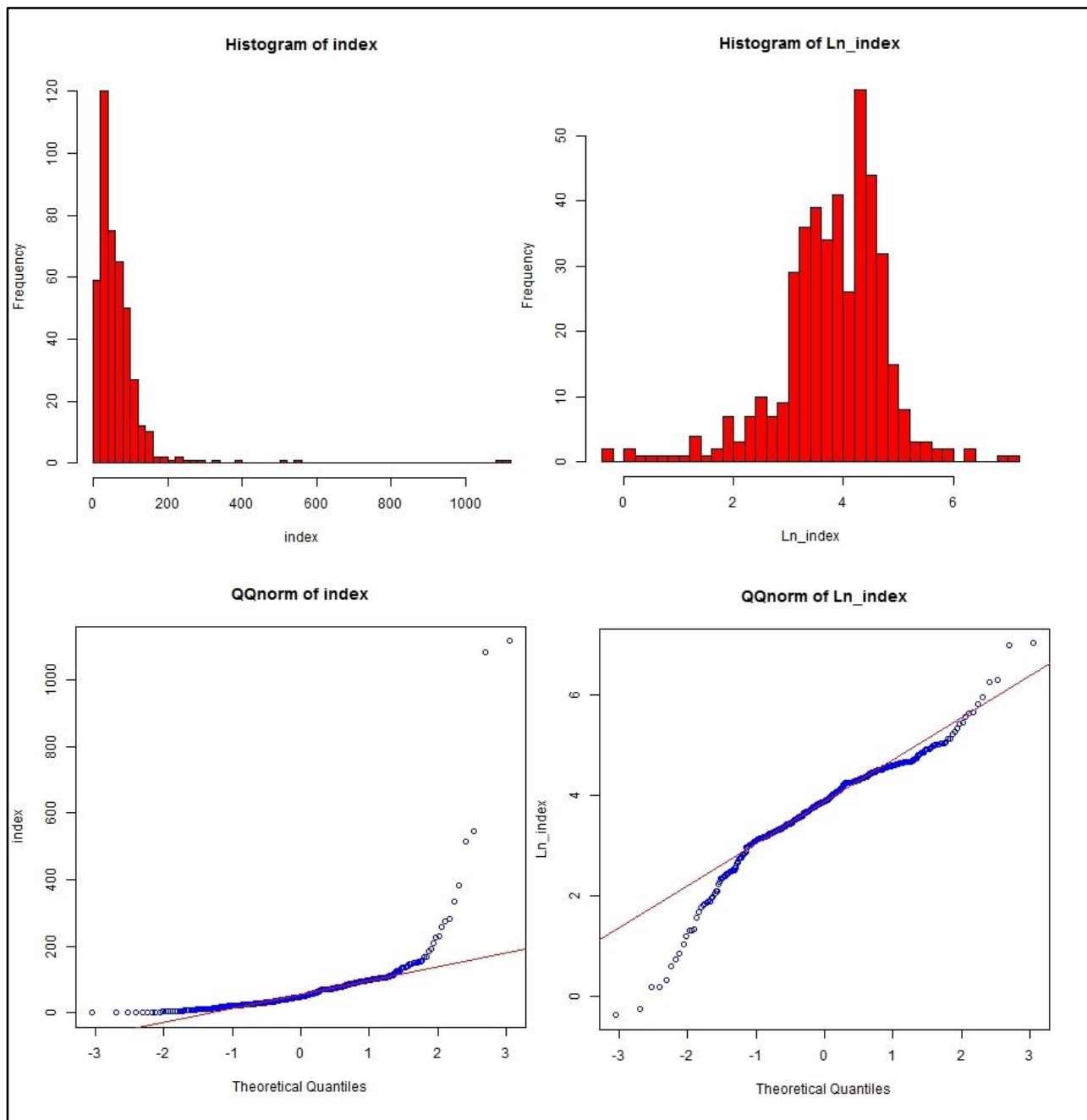


Figura 12 – analisi statistica del rapporto area/portata per i corpi idrici superficiali in stato buono; a sinistra sono riportati i valori reali, mentre a destra è stata applicata una trasformazione logaritmica

Come possiamo osservare, la distribuzione dei valori reali si presenta fortemente asimmetrica, con un valore di skewness pari a 7.7 per i corpi idrici in stato ecologico buono e 6.7 per quelli in stato ecologico non buono. Per entrambe le popolazioni inoltre è evidente un discostamento dalla distribuzione normale come osservabile nelle curve di confronto dei quantili con quelli di una gaussiana a uguale media e deviazione standard. Un risultato più soddisfacente, in termini di adattamento alla distribuzione normale, può essere raggiunto

applicando una trasformazione logaritmica ai valori originari, come è osservabile nei grafici a destra delle Figure 12 e 13. In questo caso si ha una forte riduzione dell'asimmetria, che passa a valori uguali a -0.9 per i corpi idrici in stato ecologico buono e -1.7 per quelli in stato ecologico non buono, oltre ad una migliore distribuzione dei quantili almeno nella parte centrale della curva.

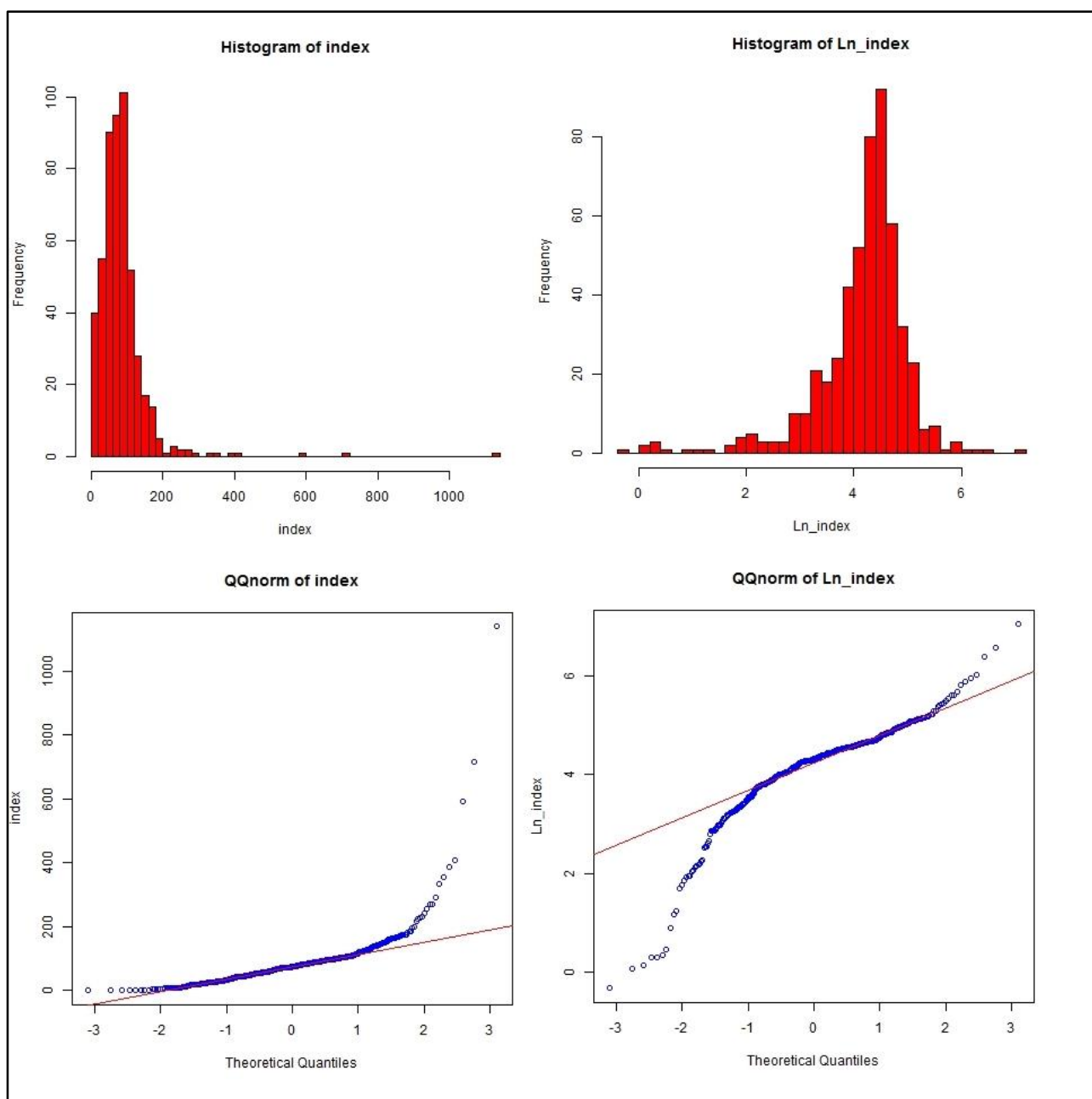


Figura 13 – analisi statistica del rapporto area/portata per i corpi idrici superficiali in stato non buono; a sinistra sono riportati i valori reali, mentre a destra è stata applicata una trasformazione logaritmica

Considerato che le successive valutazioni sulla definizione delle classi di disponibilità idrica sono basate su parametri statistici descrittivi (media, mediana, deviazione standard) dell'indice sopra definito, in seguito a questa analisi è stato deciso di utilizzare come indice definitivo il logaritmo naturale dell'inverso del rapporto tra portata e intera superficie a monte del corpo idrico esaminato.

In Figura14 sono riportati i risultati di un'analisi riguardante il confronto tra le distribuzioni di frequenza dei valori del logaritmo naturale dell'indice di disponibilità idrica per i corpi idrici

superficiali in stato ecologico buono e in stato ecologico non buono. Come possiamo osservare si tratta di due popolazioni chiaramente distinguibili tra loro con parametri statistici significativamente diversi che implicano diverse relazioni tra portata naturale e superficie a monte. In particolare, i corpi idrici in stato non buono mostrano sistematicamente, a parità di superficie a monte, un valore di portata significativamente inferiore che, per il valore mediano delle curve di frequenza di Figura 14, porta a stimare una differenza di disponibilità idrica pari a 1200 mm/anno.

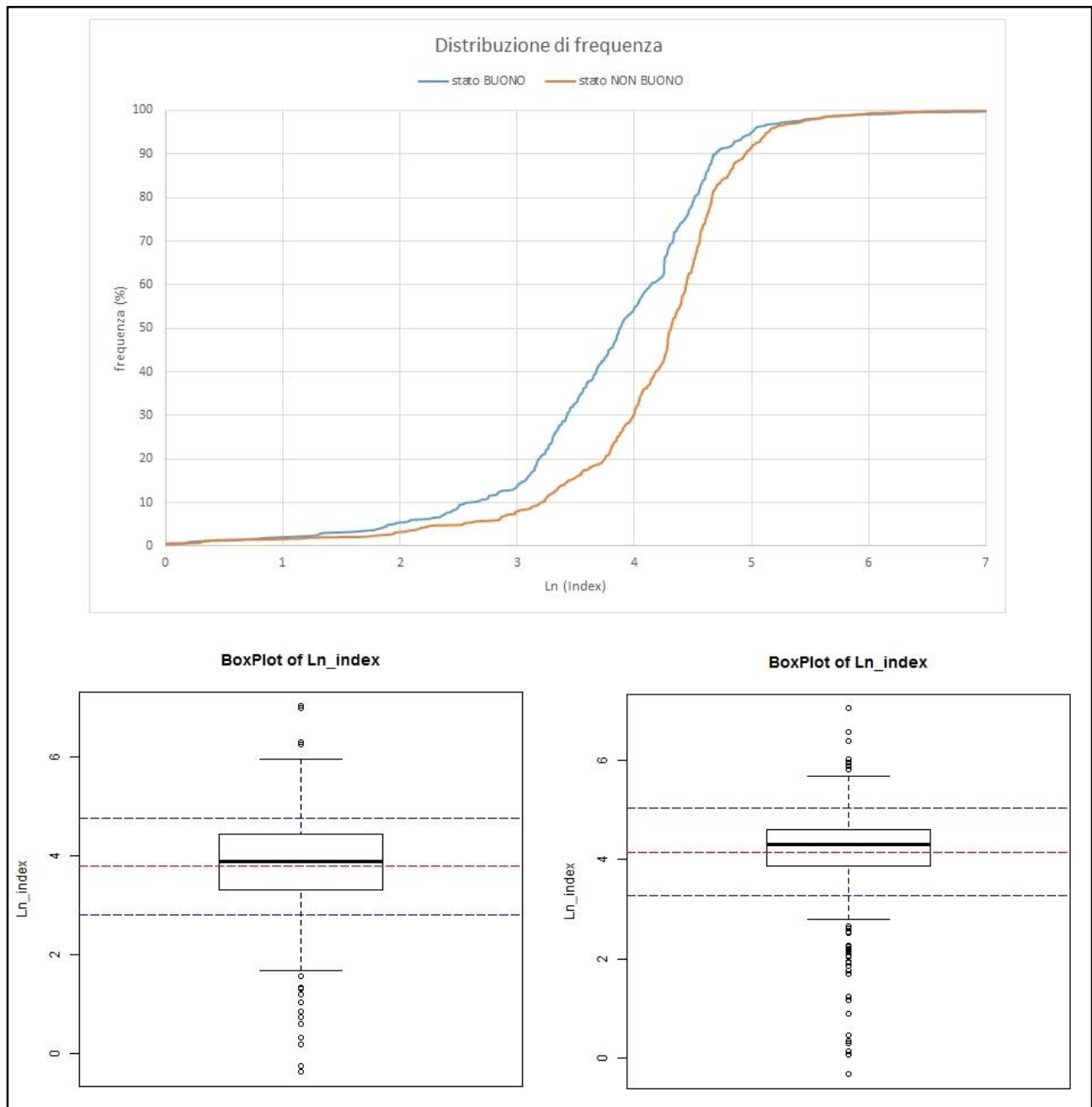


Figura 14 – confronto tra le distribuzioni di frequenza del rapporto area/portata (espresso come logaritmo naturale) per i corpi idrici superficiali in stato buono e non buono

Come visto precedentemente, a parità di superficie a monte del punto di misura, risulta che i corpi idrici superficiali in stato ecologico buono sono caratterizzati da una maggiore disponibilità idrica rispetto ai corpi idrici in stato ecologico non buono. Assumendo che questa minore disponibilità idrica sia una concausa (unitamente alle pressioni antropiche) dello

stato ecologico non buono, possiamo ragionevolmente ipotizzare che più l'indice di disponibilità idrica risulti superiore al valore medio riferito ai soli corpi idrici in stato ecologico buono e più la disponibilità idrica del corso d'acqua per far fronte al cambiamento climatico sia limitata. Partendo da questa assunzione sono state definite quattro classi di disponibilità idrica facendo riferimento a media (M) e deviazione standard (DS) dell'indice dei corpi idrici in stato ecologico buono, ovvero una classe a buona disponibilità idrica, con valori dell'indice inferiori a $M+DS$, una classe a media disponibilità idrica, con valori dell'indice compresi tra $M+DS$ e $M+1.5DS$, una classe a bassa disponibilità idrica, con valori dell'indice compresi tra $M+1.5DS$ e $M+2DS$, ed infine una classe a disponibilità idrica molto limitata con valori dell'indice superiori a $M+2DS$.

In Figura 15 è riportata la distribuzione spaziale dei corpi idrici superficiali del Distretto classificati in funzione dell'indice di disponibilità idrica sopra definito.

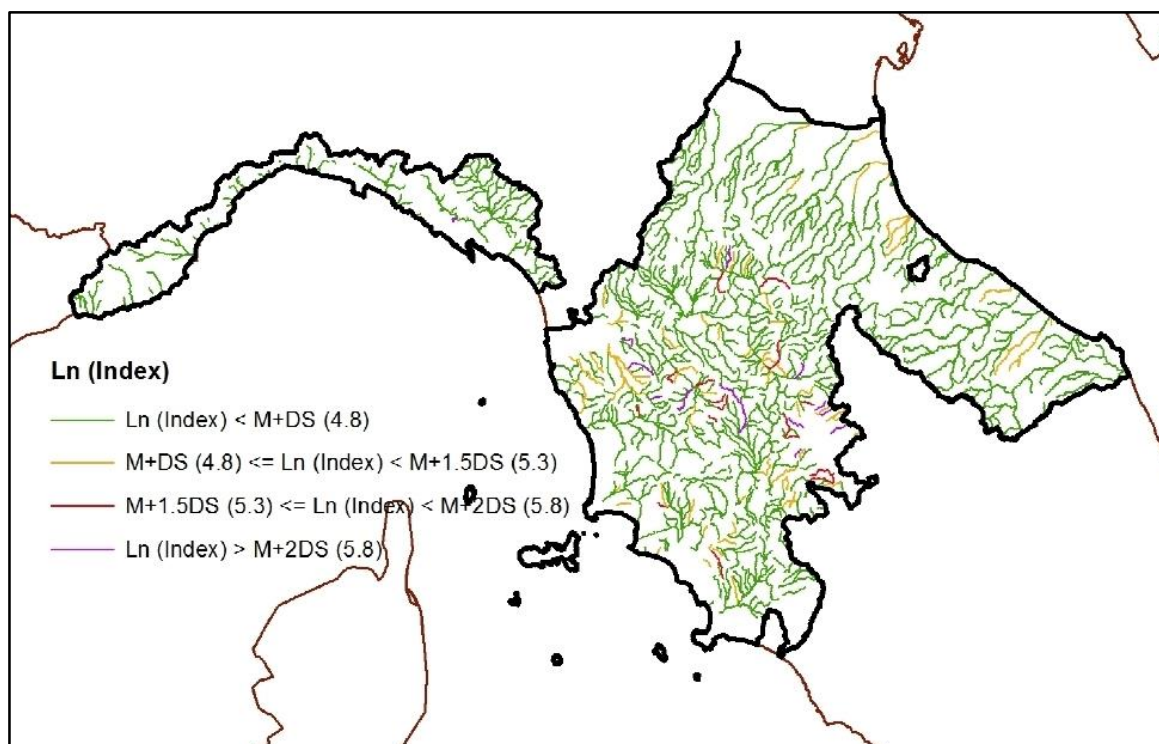


Figura 15 – distribuzione spaziale del rapporto area/portata per i corpi idrici superficiali (fiumi) analizzati

Come possiamo osservare, la distribuzione spaziale dei corpi idrici mostra dei valori dell'indice di disponibilità idrica relativamente buoni, con circa il 90% dei corpi idrici esaminati ricadenti nella classe con valori $\text{Ln (Index)} < M+DS$. Questo ovviamente non vuol dire che questi corsi d'acqua non presentano problematiche legate alla scarsità idrica, ma significa che in uno stato naturale, cioè in assenza di qualsiasi pressione esercitata dall'uomo, questi presenterebbero dei valori di portata probabilmente sufficienti ad assicurare un buono stato ecologico al tratto esaminato. Le situazioni di maggiori criticità, dove risulta $\text{Ln (Index)} > M+DS$, corrispondenti a circa il 10% dei casi esaminati, risultano invece localizzate in aree caratterizzate da modesti bacini di alimentazione con bassi coefficienti di deflusso ed elevati tassi di infiltrazione; in queste situazioni, anche in condizioni di assoluta naturalità, la componente di deflusso superficiale non sarebbe probabilmente in grado di assicurare una disponibilità idrica sufficiente al mantenimento del buono stato ecologico.

4.3 Determinazione dell'impatto del cambiamento climatico sui corpi idrici

Una volta definiti i due parametri di riferimento (pressioni e disponibilità idrica) per valutare il potenziale impatto del cambiamento climatico sui corpi idrici superficiali del Distretto, è

stata messa a punto una matrice di confronto tra le diverse classi di criticità in modo da assegnare, ad ogni possibile combinazione, una classe di potenziale impatto del cambiamento climatico sui corpi idrici selezionati.

In Figura 16 è riportato un riepilogo delle classi di pressioni clima-sensibili e di disponibilità idrica utilizzate per il confronto, unitamente alla matrice di contingenza dove è possibile classificare l'impatto del cambiamento climatico sui corpi idrici superficiali in funzione della particolare combinazione dei due parametri.

Pressioni clima-sensibili	
A0	$N_{press_clima} * sum_grado \leq 15$
A1	$15 < N_{press_clima} * sum_grado \leq 30$
A2	$30 < N_{press_clima} * sum_grado \leq 60$
A3	$N_{press_clima} * sum_grado > 60$

Disponibilità idrica	
B0	$Ln(A/Q) \leq M + DS$
B1	$M + DS < Ln(A/Q) \leq M + 1.5DS$
B2	$M + 1.5DS < Ln(A/Q) \leq M + 2DS$
B3	$Ln(A/Q) > M + 2DS$

PRESSIONI CLIMA		A0	A1	A2	A3
DISPONIBILITÀ IDRICA	B0	C0	C0	C1	C2
	B1	C0	C1	C1	C2
	B2	C1	C1	C2	C3
	B3	C2	C2	C3	C3

C0	Impatto CC basso
C1	Impatto CC medio
C2	Impatto CC elevato
C3	Impatto CC molto elevato

Figura 16 – matrice di confronto utilizzata per la definizione delle classi di impatto dei cambiamenti climatici sui corpi idrici superficiali (fiumi) del Distretto

Con questa matrice si è cercato di dare uno stesso peso alle quattro classi dei due parametri considerati, come osservabile dalla simmetria della matrice rispetto alla diagonale che unisce i vertici A0B0 e A3B3. Nella prima riga della matrice sono riportate le quattro classi del parametro A (pressioni clima-sensibili) definite con le sigle A0, A1, A2 e A3, mentre nella seconda colonna di sinistra sono riportate le quattro classi del parametro B (disponibilità idrica) definite con le sigle B1, B2, B3 e B4; la casella ottenuta dall'intersezione della colonna

di una determinata classe del parametro A con la riga di una determinata classe del parametro B fornisce la classe definitiva del parametro C (impatto del cambiamento climatico), suddiviso secondo le quattro classi C0 (impatto basso), C1 (impatto medio), C2 (impatto elevato) e C3 (impatto molto elevato).

In Figura 17 è riportata la distribuzione spaziale dei corpi idrici del Distretto Appennino Settentrionale classificati secondo le quattro classi di impatto del cambiamento climatico come definite al paragrafo precedente, mentre in Figura 18 è riportato il grafico a torta con le relative percentuali.

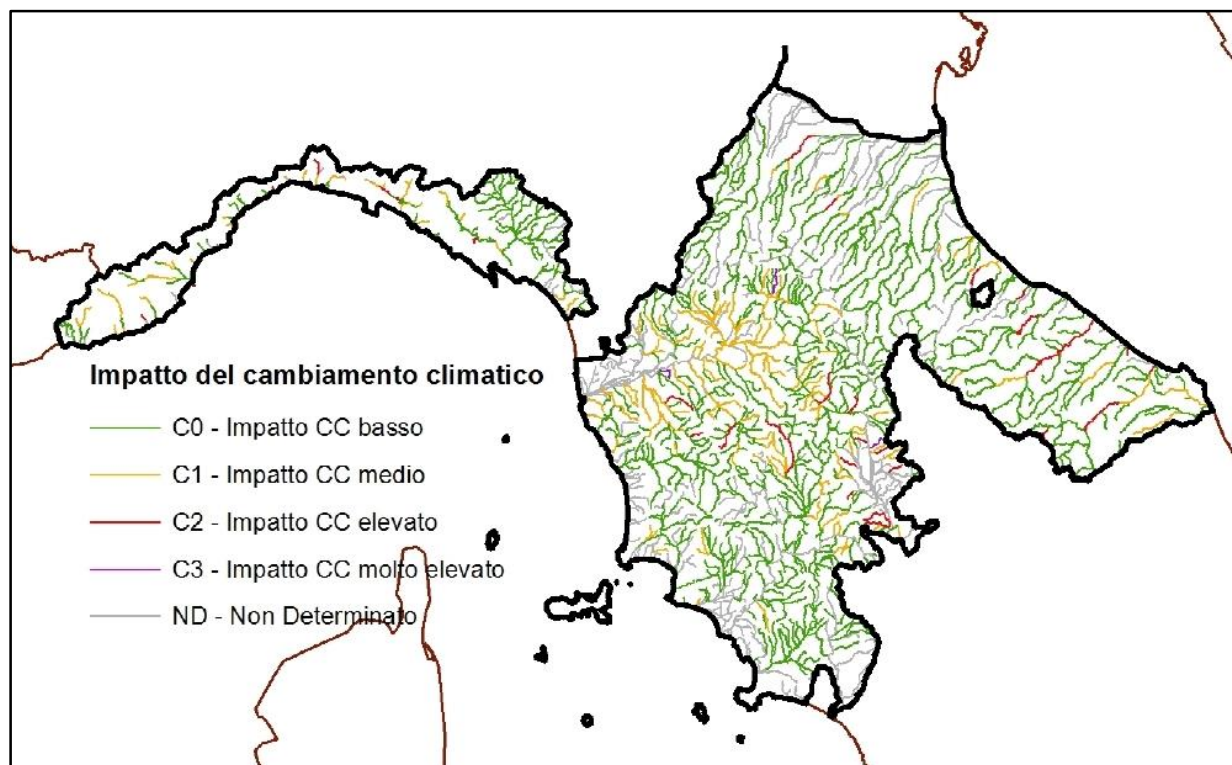


Figura 17 – distribuzione delle classi di impatto dei cambiamenti climatici sui corpi idrici superficiali (fiumi) del Distretto

Come possiamo osservare la maggior parte dei corpi idrici (circa 56%) mostra una buona risposta al cambiamento climatico (basso impatto), anche se la loro distribuzione spaziale non risulta omogenea a livello di Distretto. I corpi idrici a basso impatto (740) risultando infatti maggiormente rappresentati nelle aree montane e collinari del Distretto, dove le pressioni antropiche sono meno intense e vi è una buona disponibilità idrica in condizioni naturali. Tra questi si trovano, in uguali proporzioni, sia corpi idrici in stato ecologico buono (48%) sia corpi idrici in stato ecologico non buono (52%). Il basso impatto del cambiamento climatico su questi corpi idrici non deve ovviamente essere sottovalutato, in quanto anche se non dovrebbe comportare particolari problemi ai corpi idrici in stato ecologico eccellente, buono o sufficiente, potrebbe comunque aumentare le difficoltà per i corpi idrici in stato ecologico scarso o pessimo.

La classe a impatto medio comprende invece circa il 12.5% dei corpi idrici superficiali (164), di cui il 37% in stato ecologico buono e il restante 63% in stato ecologico non buono. Come possiamo osservare questa classe risulta ben rappresentata in tutte le Regioni del Distretto, evidenziando alcune criticità legate principalmente alle pressioni antropiche sensibili al cambiamento climatico piuttosto che alla scarsa disponibilità idrica in condizioni naturali. Tale situazione risulta particolarmente evidente nel bacino del fiume Arno, dove è presente un elevato numero di pressioni clima-sensibili ad alto grado da mettere in relazione sia allo sviluppo urbano che agli elevati prelievi idrici ad uso civile, agricolo e industriale. L' impatto

del cambiamento climatico su questi corpi idrici, oltre ad aggravare ulteriormente lo stato ecologico dei corpi idrici già sofferenti, potrebbe anche compromettere il mantenimento dello stato ecologico buono ove già raggiunto.

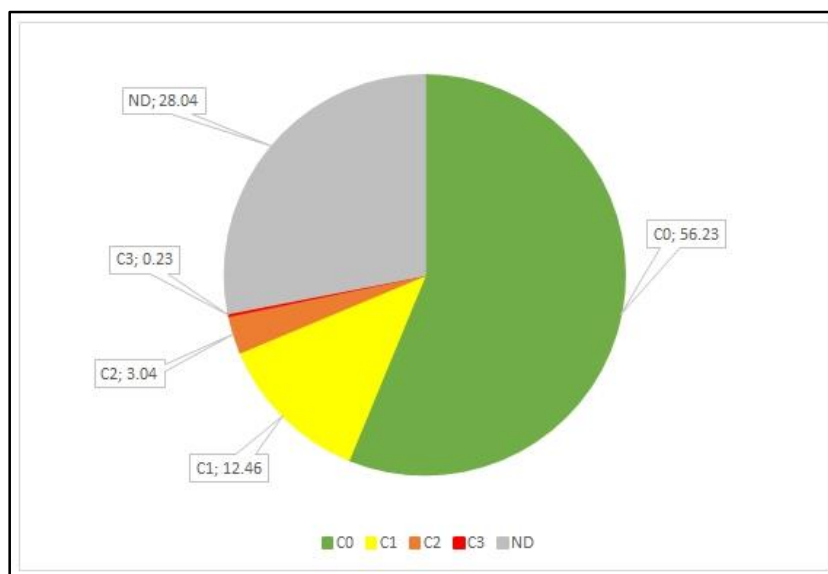


Figura 18 – Distribuzione percentuale delle classi di impatto dei cambiamenti climatici sui corpi idrici superficiali (fiumi) del Distretto

Le restanti classi a impatto elevato e molto elevato comprendono circa il 3.5% dei corpi idrici superficiali (43), di cui il 42% in stato ecologico buono e il restante 58% in stato ecologico non buono. Ovviamente, anche se il numero di tratti interessati è relativamente modesto, questi corpi idrici devono essere considerati dei “sorvegliati speciali”, in quanto presentano delle caratteristiche, sia naturali che antropiche, per cui l’impatto dei cambiamenti climatici potrebbe risultare particolarmente pesante.

Come osservabile dalla Figura 18 infine, una quantità consistente di corpi idrici (369, circa il 28%) presenta una classe di impatto dei cambiamenti climatici non determinata (ND) in quanto non è stato possibile definire un valore di portata naturale a causa della natura artificiale o fortemente modificata dei corpi idrici interessati. Tali corpi idrici peraltro, essendo strettamente connessi ad attività antropiche sensibili al cambiamento climatico (canali d’irrigazione, canali scolmatori e altre opere di difesa o derivazione), dovrebbero essere considerati ad elevato impatto.

4.4 Interazione delle classi di cambiamento climatico con lo stato ecologico dei corpi idrici

In Figura 19 è riportato uno schema riepilogativo di quali potrebbero gli stati ecologici, e quindi i corpi idrici, su cui potrebbero avere un’influenza maggiore le quattro classi di impatto del cambiamento climatico considerate.

		STATO ECOLOGICO				
		Elevato	Buono	Sufficiente	Scarso	Pessimo
CLASSI	C0				X	X
	C1		X	X	X	X
	C2	X	X	X	X	X
	C3	X	X	X	X	X

Figura 19 – Matrice per la definizione dell’interazione tra classi di impatto del cambiamento climatico e stato ecologico dei corpi idrici superficiali

Per effettuare questa valutazione sono state esaminate le distribuzioni di frequenza del rapporto tra portata e superficie a monte dei corpi idrici in stato buono e non buono (Figura 14) mettendole in riferimento alle previsioni di diminuzione della risorsa idrica ipotizzabili in funzione degli scenari IPCC RCP4.5 e RCP8.5.

Nella tabella 1 sono riportati, sia per l'Italia che per il Distretto Appennino Settentrionale, i valori di precipitazione cumulata annua (Pcum), temperatura media annua (Tmed), evapotraspirazione media annua (EP) e precipitazione efficace (Peff = Pcum - EP), per gli scenari IPCC RCP4.5 e RCP8.5 definiti in riferimento al periodo climatologico 1971-2000 (vedi capitolo 2). L'analisi della distribuzione dei percentili del rapporto tra portata e superficie a monte dei corpi idrici ha evidenziato che, a parità di bacino sotteso, esiste un deficit di portata di circa il 29% tra corpi idrici in stato non buono e corpi idrici in stato buono.

Regione	Scenario	Pcum (mm)	Tmed (°C)	EP (mm)	Peff (mm)	Dif_Peff (%)
ITALIA	Media 1971-2000	890	11.28	118	772	0.00
ITALIA	RCP4.5	877	13.78	185	692	10.36
ITALIA	RCP8.5	819	15.68	264	555	28.11
DISTRETTO AS	Media 1971-2000	880	12.25	142	738	0.00
DISTRETTO AS	RCP4.5	867	14.75	219	648	12.20
DISTRETTO AS	RCP8.5	810	16.65	304	506	31.44

Tabella 1 – analisi degli scenari IPCC RCP4.5 e RCP8.5 per l'Italia e per il Distretto Appennino Settentrionale

Tale differenza è compatibile con la riduzione di precipitazione efficace stimata sul Distretto Appennino settentrionale in base allo scenario IPCC RCP8.5 (vedi tabella) e per questo motivo è ragionevole ipotizzare che, anche se il corpo idrico presenta una classe d'impatto al cambiamento climatico media (C1), esso possa essere comunque in difficoltà nel mantenere lo stato di qualità buono. Per la classe C0 è stato invece ipotizzato che il basso impatto possa influire solo su situazioni di stato ecologico particolarmente compromesso (scarso o pessimo), mentre le classi a massimo impatto (C2 e C3) sono state considerate entrambe in grado di influire negativamente sul qualsiasi valore dello stato ecologico presentato dal corpo idrico.

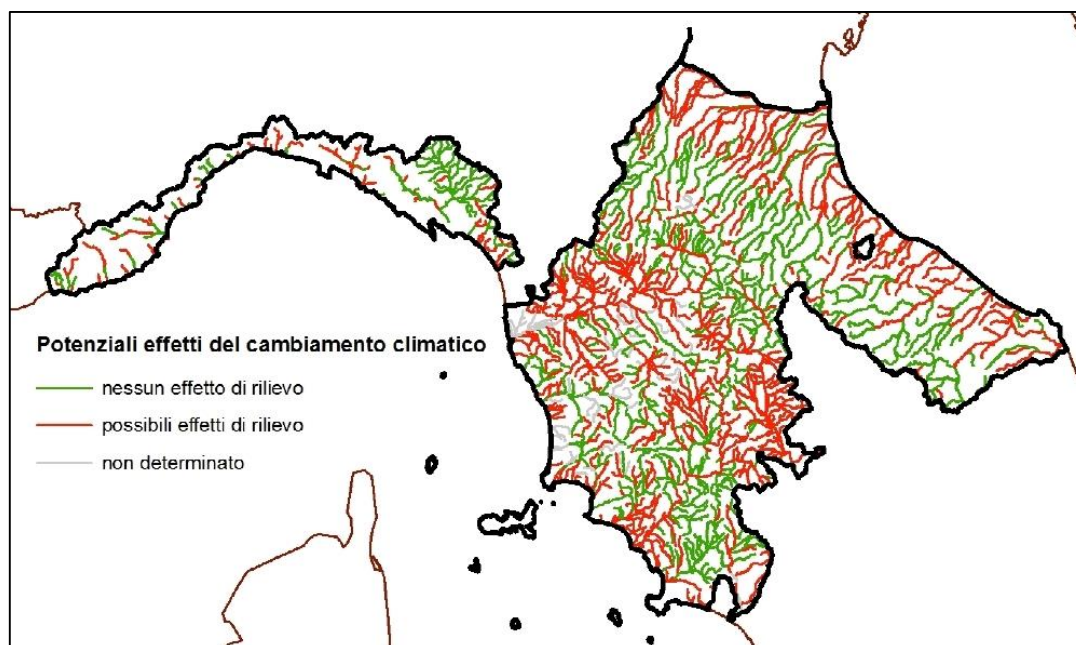


Figura 20 – Individuazione dei corpi idrici potenzialmente impattabili dal cambiamento climatico
In Figura 20 è riportata la distribuzione dei corpi idrici superficiali che, secondo lo schema

di Figura 19, potrebbero subire un deterioramento dello stato di qualità ecologica a causa della minore disponibilità idrica determinata dal cambiamento climatico. Come possiamo osservare, la distribuzione a livello di Distretto risulta particolarmente concentrata nel bacino del fiume Arno e in corrispondenza delle zone costiere sia adriatiche che tirreniche.

5. Efficacia delle misure di Piano in riferimento ai cambiamenti climatici

Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), con Decreto Direttoriale Prot. 86/CLE del 16 giugno 2015, ha approvato la Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNACC) con cui vengono definiti *“i principi e le misure per ridurre al minimo i rischi derivanti dai cambiamenti climatici, proteggere la salute, il benessere e i beni della popolazione, preservare il patrimonio naturale, mantenere o migliorare la resilienza e la capacità di adattamento dei sistemi naturali, sociali ed economici, nonché trarre vantaggio dalle eventuali opportunità che si potranno presentare con le nuove condizioni climatiche.”* All'allegato 3 dello SNACC, in particolare, sono riportate le azioni e le misure settoriali considerate più urgenti e potenzialmente più efficaci al fine di rafforzare la capacità dei sistemi vulnerabili di affrontare i rischi aggiuntivi che i cambiamenti climatici comporteranno, e al contempo promuoverne la resilienza.

5.1 Analisi delle misure di Piano in riferimento alla SNACC

Facendo riferimento al suddetto allegato, è stata effettuata una verifica del Programma delle Misure (PdM) del Distretto Appennino Settentrionale in modo da individuare quali sono le misure contenute nel PdM che perseguono efficacemente l'adattamento al cambiamento climatico. Questa verifica è stata effettuata confrontando le misure contenute nel PdM con l'insieme di riferimento contenuto nella SNACC, in modo da mappare il numero e la tipologia delle misure del PdM del Distretto Appennino Settentrionale rispetto ai settori della SNACC ed eventualmente verificare i settori che rimangono scoperti.

id_mis	Descrizione	SNACC	settore SNACC	tipologia SNACC
1	Definizione del bilancio idrico e del DMV per ogni bacino del Distretto	SI	risorse idriche	soft
3	Gestione del sistema di prelievi e rilasci, anche attraverso riduzione dei volumi concessi, finalizzata a garantire la tutela dell'ambiente e l'ottimizzazione dei processi produttivi	SI	risorse idriche	soft
11	Formulazione di indirizzi e prescrizioni tecniche per mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica e morfologica	SI	dissesto idrogeologico	soft
12	Attuazione di interventi di difesa degli abitati e delle strutture esistenti che tengono conto del mantenimento delle condizioni di naturalità dei fiumi, incentivando il recupero di particolari fruizioni compatibili	SI	dissesto idrogeologico	da valutare
15	Coordinamento ed ottimizzazione delle attività di controllo/contrasto delle escavazioni abusive in alveo	NO		
19	Applicazione della disciplina degli scarichi delle acque reflue (trattamento di tipo secondario o trattamento equivalente) agli scarichi derivanti dagli agglomerati con popolazione compresa fra 2.000 e 15.000 Abitanti Equivalenti (AE), ovvero fra 2.000 e	SI	risorse idriche	grey
21	Applicazione dei piani d'azione per le zone vulnerabili e codici di buona pratica agricola	SI	agricoltura	soft
23	Applicazione dei trattamenti piastre del secondario per l'abbattimento del fosforo, nel rispetto dei valori limite di emissione per il parametro "fosforo totale", agli scarichi di acque reflue urbane degli agglomerati ricadenti	NO		
24	Applicazione dei trattamenti piastre del secondario per l'abbattimento dell'azoto agli scarichi di acque reflue urbane degli agglomerati ricadenti in aree sensibili e nei bacini drenanti ad esse afferenti con popolazione superiore a	NO		
27	Divieto di utilizzare gli additivi al fosforo nei detersivi	NO		
29	Completamento e manutenzione delle reti fognarie	SI	risorse idriche	grey
30	Revisione, ove necessario, delle zone vulnerabili ai nitrati da origine agricola, ai fitofarmaci, e delle aree sensibili all'eutrofizzazione	SI	agricoltura	soft

31	Revisione, ove necessario, delle aree sensibili e delle conseguenti misure di prevenzione di fenomeni di deterioramento	SI	agricoltura	soft
32	Miglioramento delle caratteristiche tecniche del sistema di depurazione degli impianti a servizio dei centri urbani	SI	risorse idriche	grey
33	Attuazione di interventi finalizzati alla riduzione dello scarico di sostanze pericolose	SI	industrie pericolose	grey
36	Differenziazione delle fonti di approvvigionamento idrico, prevedendo, ove sostenibile, l'adduzione e l'utilizzo di acque di minore qualità; per gli usi che non richiedono risorse pregiate	SI	risorse idriche	soft
37	Interventi per la promozione del risparmio idrico in agricoltura, anche attraverso il miglioramento dei prelievi, la riduzione delle perdite nelle reti irrigue di distribuzione, l'introduzione di metodi sostenibili di irrigazione e l'introdu	SI	agricoltura	soft
39	Attuazione dei piani di conservazione regionali	NO		
40	Miglioramento delle reti di monitoraggio ambientale e per la misura dell'efficacia del piano	SI	trasversali	soft
45	Armonizzazione delle competenze e delle funzioni esercitate, in campo ambientale, dalle pubbliche amministrazioni nel distretto	NO		
48	Applicazione degli indirizzi regionali per l'utilizzo dei fanghi di depurazione in agricoltura	NO		
54	Sensibilizzazione dei cittadini, degli operatori e dei fruitori sulle tematiche ambientali	SI	trasversali	soft
56	Gestione integrata complessiva della fascia costiera	SI	zone costiere	soft
57	Riduzione delle emissioni nell'ambiente, in particolare nelle acque, degli stabilimenti/impianti industriali soggetti alle disposizioni del DLgs 4 agosto 1999 n. 372 e Attuazione della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione in	SI	trasversali	grey
67	Potenziamento del controllo dei prelievi nelle aree a rischio	SI	risorse idriche	soft
82	Completamento degli interventi di bonifica programmati	NO		
105	Realizzazione di nuovi invasi al fine di risolvere o ridurre situazioni di crisi idrica, ovvero riconversione di bacini, provenienti ad esempio da cave, con funzione di accumulo	SI	risorse idriche	grey
108	Interventi per la riduzione delle perdite e per la manutenzione nelle reti acquedottistiche	SI	risorse idriche	grey
114	Interconnessione delle reti di approvvigionamento	SI	risorse idriche	grey
118	Monitoraggio e pianificazione delle misure atte a limitare i problemi legati alla subsidenza	NO		
119	Applicazione del principio "chi inquina paga"	NO		
120	Dismissione, adeguamento e gestione delle opere per l'uso della risorsa idrica al fine di migliorare i processi geomorfologici e le forme fluviali naturali	SI	dissesto idrogeologico	green
129	Programmi di tutela e miglioramento per il raggiungimento degli obiettivi di qualità; per specifica destinazione	SI	trasversali	da valutare
130	Applicazione del principio del recupero dei costi relativi ai servizi idrici, compresi quelli ambientali e relativi alla risorsa (art. 119 del D. Lgs. 152/2006)	NO		
132	Realizzazione di fasce tampone lungo il reticolo drenante naturale e artificiale	SI	risorse idriche	green
133	Applicazione dei Codici di Buona pratica agricola, anche attraverso i piani di sviluppo rurale regionali	SI	agricoltura	soft
138	Mantenimento della permeabilità; dei suoli e della capacità di invaso	SI	insediamenti urbani	da valutare
153	Miglioramento della conoscenza della rete idraulica minore a livello topografico, morfologico ed idrologico	SI	dissesto idrogeologico	soft
154	Sensibilizzazione della popolazione sui temi della percezione del rischio	SI	trasversali	soft
155	Predisposizione delle schede di funzionalità; fluviale (IFF)	SI	dissesto idrogeologico	soft
158	Predisposizione dei piani di gestione delle aree SIC e ZPS del bacino	SI	biodiversità ed ecosistemi	soft
162	Predisposizione delle Carte ittiche per i bacini e sottobacini	SI	biodiversità ed ecosistemi	soft
165	Aumento delle conoscenze sulle specie e habitat prioritari e redazione delle corrispondenti check-list	SI	biodiversità ed ecosistemi	soft
189	Sostegno alla partecipazione dei cittadini e alla diffusione di forme di governance in applicazione del principio di sussidiarietà;	NO		
190	Integrazione di quanto già previsto da altri strumenti a livello nazionale ed europeo (Piani Strategici, riforma PAC, norme gestione sostenibile, Rete Natura 2000, difesa del suolo, ecc.) e a livello regionale	SI	biodiversità ed ecosistemi	soft
191	Certificazione UE per l'autorizzazione al prelievo per usi agricoli (ved. Reg. CE n. 74/2009 del Consiglio del 19 gennaio 2009)	NO		

Figura 21 – Corrispondenza tra PdM del Distretto e misure contenute nella SNACC

In Figura 21 è riportata la corrispondenza tra le misure previste dal PdM del Distretto Appennino Settentrionale e le misure contenute nella SNACC. Tramite questa tabella è quindi

possibile verificare l'efficacia delle misure previste dal Piano nei confronti del cambiamento climatico e, in particolare, verificare se ai corpi idrici maggiormente esposti all'impatto del cambiamento climatico, individuati con la procedura descritta nel capitolo precedente, siano associate misure sufficientemente efficaci a contrastarne gli effetti.

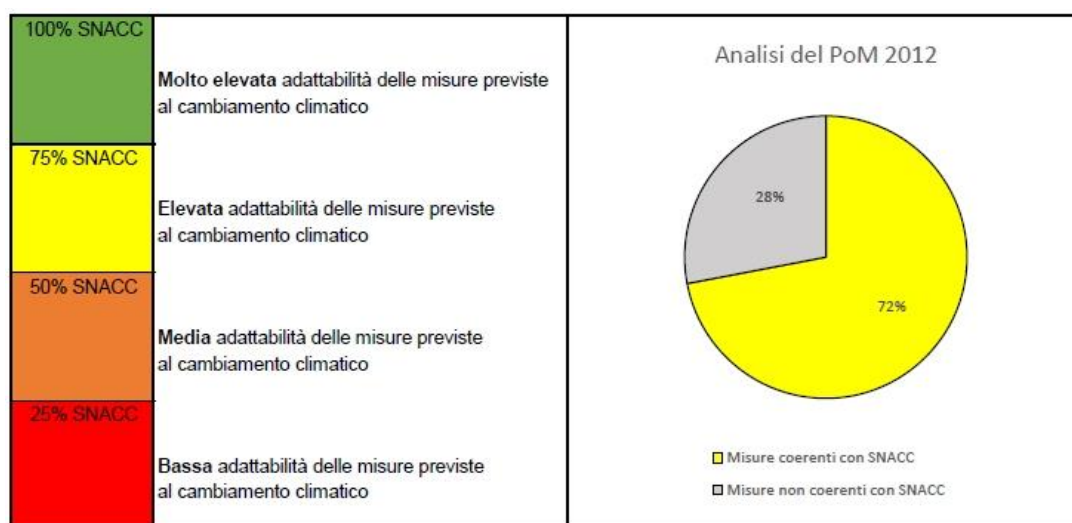


Figura 22 – possibile valutazione dell'adattabilità delle misure di piano al cambiamento climatico in funzione della loro coerenza con la SNACC

In particolare, come osservabile nella parte sinistra di Figura 22, l'efficacia delle misure di Piano in relazione al cambiamento climatico può essere valutata stimando, a livello di corpo idrico, la percentuale di misure coerenti con la SNACC rispetto al totale delle misure previste.

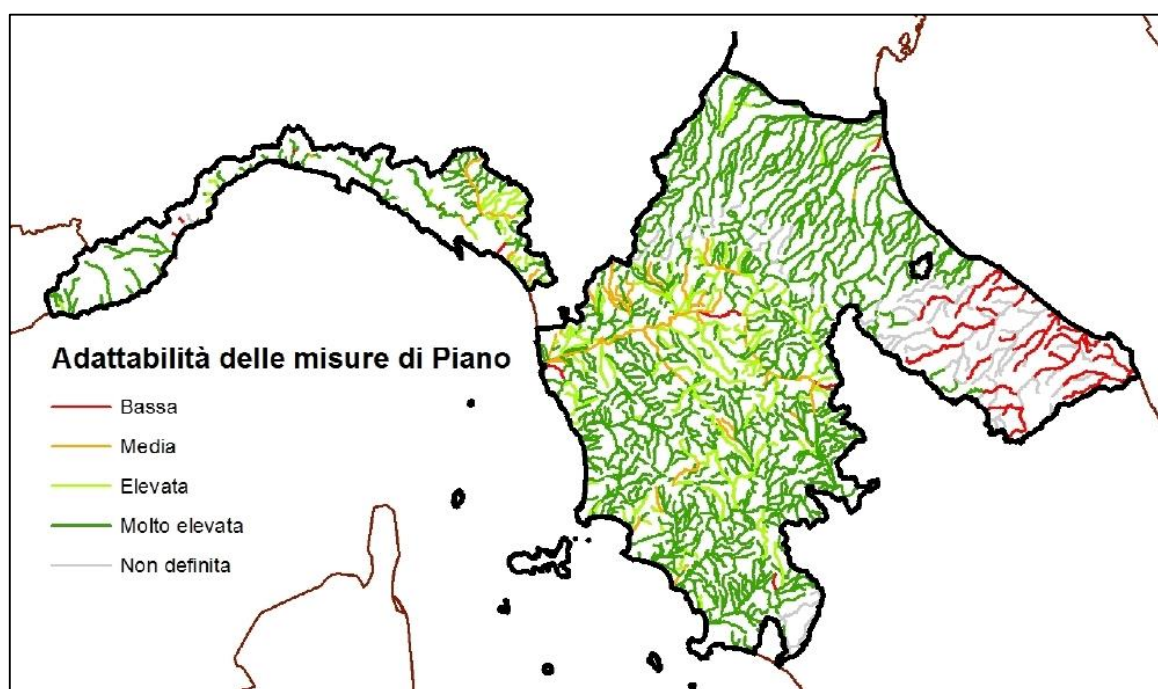


Figura 23 – Adattabilità delle misure di Piano dei corpi idrici superficiali al cambiamento climatico

In questo modo, oltre a poter valutare se un certo corpo idrico particolarmente sensibile ai possibili effetti del cambiamento climatico presenta delle misure adeguate, è anche possibile effettuare una valutazione generale delle misure previste per il raggiungimento degli obiettivi di Piano e verificare la loro efficacia anche con l'aggravante del cambiamento climatico (climate check).

Come possiamo osservare nel grafico a torta riportato nella parte destra di Figura 22, il 72% delle misure di Piano sono riconducibili a tipologie di misure previste dalla SNACC e pertanto a livello generale possiamo valutare un'elevata adattabilità delle misure di piano al previsto scenario di cambiamento climatico. In Figura 23 invece è riportata la distribuzione spaziale dei corpi idrici del Distretto classificati in funzione dell'adattabilità delle misure di Piano per essi previste, sempre secondo lo schema di Figura 22. Anche in questo caso risulta un'ottima adattabilità al cambiamento climatico delle misure previste per i corpi idrici superficiali che, considerando solo le misure di tipo "on-going", risultano per circa l'85% dei tratti considerati classificabili come ad adattabilità elevata o molto elevata.

5.2 Valutazioni sulla necessità di misure integrative

Come mostrato in Figura 24, confrontando l'adattabilità delle misure di Piano alla SNACC (Figure 22 e 23) con i potenziali effetti negativi del cambiamento climatico sullo stato di qualità dei corpi idrici (Figure 19 e 20), è possibile valutare se le misure previste dal Piano di Gestione mantengano la loro efficacia anche nell'ottica del cambiamento climatico oppure necessitino di essere riviste o integrate.

		Adattabilità Misure			
		BASSA	MEDIA	ELEVATA	MOLTO ELEVATA
Possibili effetti	SI	X	X		
	NO				

Figura 24 – matrice per la valutazione della necessità di integrare le misure di Piano per renderle maggiormente adattabili al cambiamento climatico; con la X sono contrassegnate le combinazioni di fattori ritenute critiche

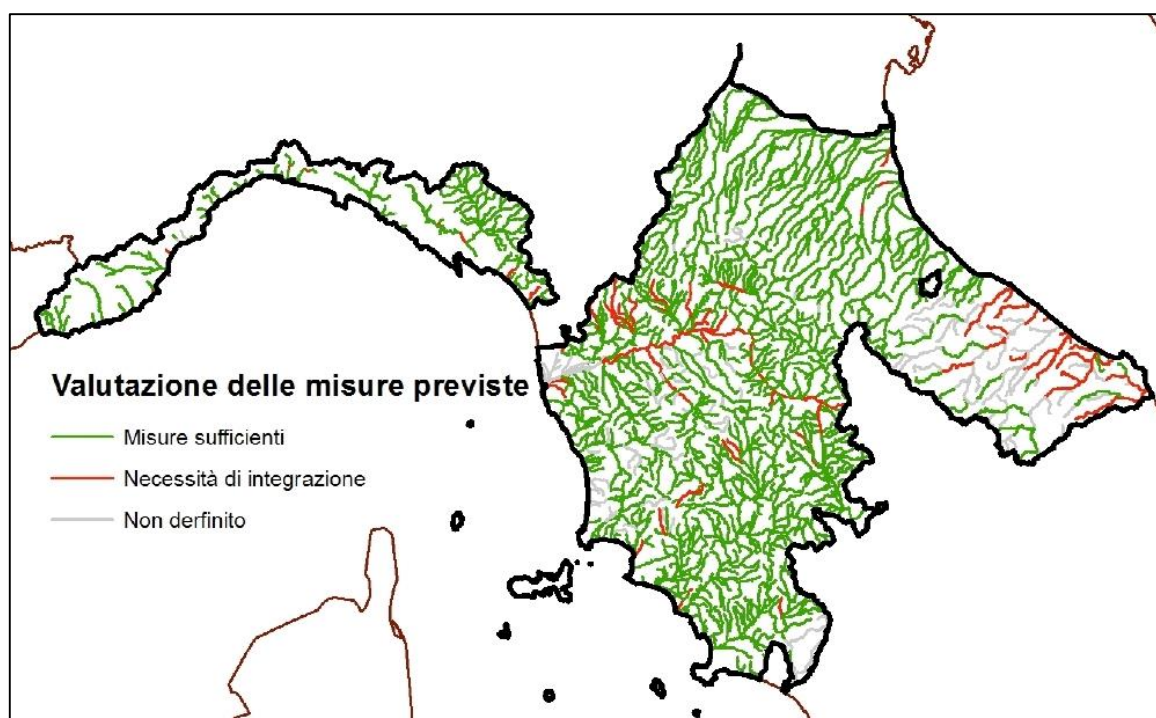


Figura 25 – Valutazione dell'efficacia delle misure di Piano rispetto al cambiamento climatico e definizione dei corpi idrici dove è necessaria un'integrazione

In Figura 25 è mostrato il risultato ottenuto da questa tipologia di analisi sui corpi idrici superficiali (fiumi) del Distretto. Come possiamo osservare, la gran parte delle misure previste risultano adeguate a contrastare il cambiamento climatico e non necessitano di particolari integrazioni, mentre per circa il 6% dei corpi idrici sarebbe opportuno integrare le misure

previste con ulteriori interventi compatibili con le azioni della SNACC. In particolare, i corpi idrici più carenti di misure idonee a contrastare il cambiamento climatico risultano localizzati nel medio-basso valdarno e nelle aree costiere della Regione Marche.

6. Organizzazione dei dati

In Figura 26 è riportato lo schema logico con l'inserimento dei risultati ottenuti all'interno del geodatabase postgres sit.piano_gestione; in particolare, la tabella `impatto_cc` riporta i valori dei quattro parametri utili alla definizione dell'effetto del cambiamento climatico sui corpi idrici e della loro capacità di fronteggiarlo.

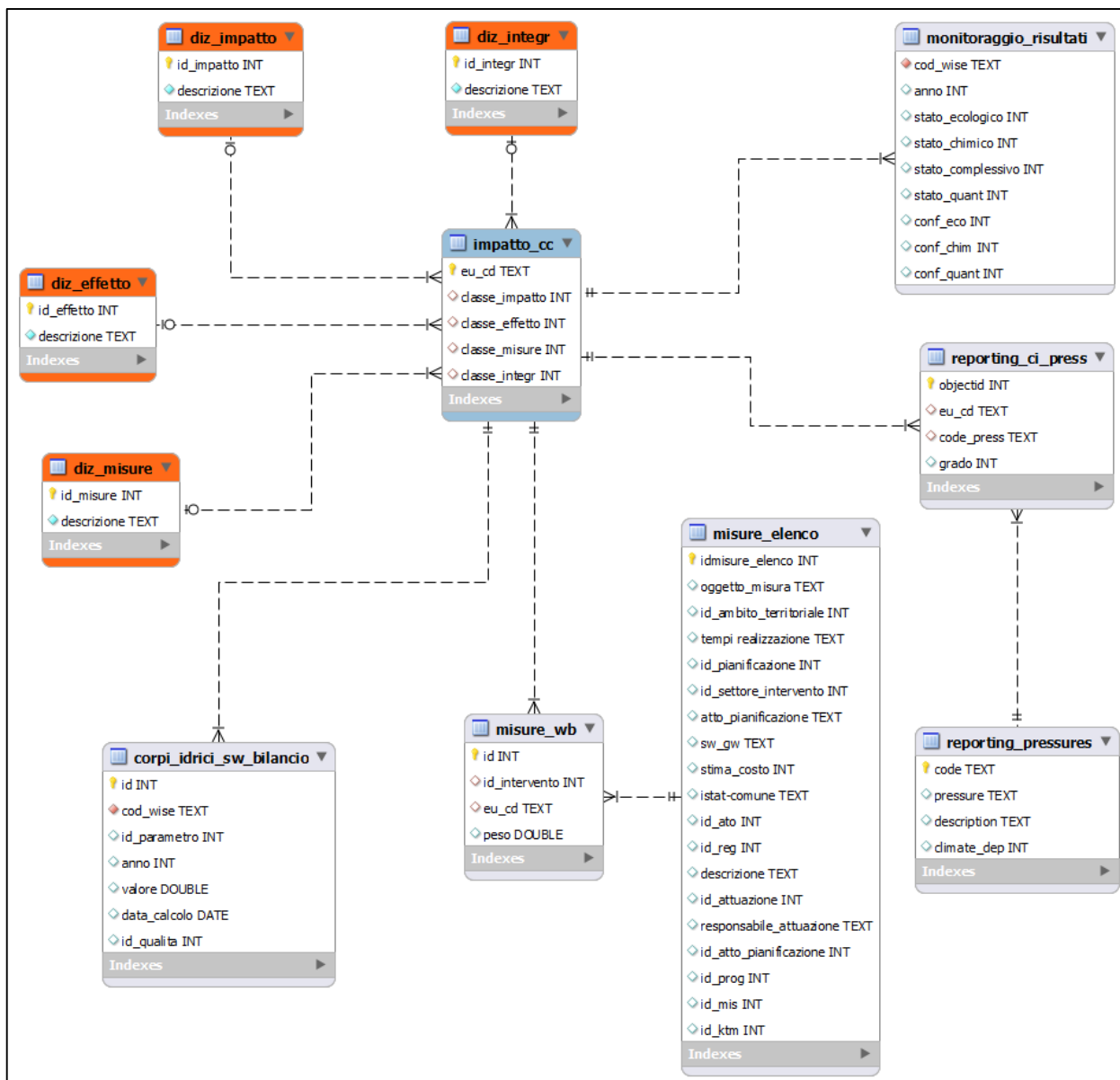


Figura 26 – Schema logico con l'inserimento delle elaborazioni svolte nel geodatabase postgres sit.piano_gestione

Questi parametri sono, in particolare, il potenziale impatto del cambiamento climatico sui corpi idrici (`classe_impatto`) come illustrato al paragrafo 4.3, la potenziale interazione sullo stato di qualità dei corpi idrici (`classe_effetto`) come illustrato al paragrafo 4.4, l'adattabilità delle misure di Piano previste per i corpi idrici alla SNACC (`classe_misure`) come illustrato al paragrafo 5.1 e l'eventuale necessità di prevedere misure integrative per contrastare

meglio i possibili effetti del cambiamento climatico (classe_integr) come illustrato al paragrafo 5.2. Nella tabella impatto_cc i quattro parametri sono definiti come valori numerici, a loro volta decodificabili tramite le quattro tabelle dizionario diz_impatto, diz_effetto, diz_misure e diz_integr.

In Figura 26 sono riportate anche le relazioni con le altre tabelle del geodatabase (colore grigio) utilizzate per estrarre i dati alla base di tutte le elaborazioni svolte.

7. Conclusioni

Con il presente report si è voluto effettuare una valutazione del cambiamento climatico nel Distretto idrografico Appennino Settentrionale e mettere a punto una procedura per poter individuare le aree dove gli effetti del cambiamento potrebbero risultare più intensi, in modo da verificare l'adeguatezza delle misure previste dal Piano di Gestione delle Acque.

Utilizzando le lunghe serie storiche e i risultati del monitoraggio pubblicati da ISPRA nel Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione dei dati Climatici di Interesse Ambientale (SCIA), è stata svolta un'analisi specifica sul territorio del Distretto che ha evidenziato, coerentemente con quanto osservato a livello nazionale ed europeo, un aumento di temperatura media annua che, in riferimento agli ultimi 25 anni, risulta essere di circa 0.7°C. Allo stesso tempo è stato possibile verificare una diminuzione delle precipitazioni cumulate annue (circa 100 mm negli ultimi 25 anni) e un aumento degli eventi estremi con particolare riferimento alle precipitazioni massime giornaliere, che hanno fatto registrare un aumento medio di circa 15-20 mm a partire dagli anni '90.

Sono stati quindi esaminati i nuovi scenari IPCC basati sulla probabile evoluzione delle diverse componenti della forzante radiativa (emissioni di gas serra, inquinanti e uso del suolo) fino al 2100 in modo da valutare il futuro andamento di precipitazione e temperatura. Allo stesso tempo è stata effettuata anche un'analisi dello sviluppo della pressione antropica sul territorio indipendentemente dal cambiamento climatico e con particolare riferimento allo sviluppo demografico ed all'evoluzione dei principali settori economici.

In base alla precedente analisi è stata quindi messa a punto una procedura che, in funzione della minore disponibilità idrica e della maggiore pressione antropica sulla risorsa acqua, è in grado di individuare i corpi idrici del distretto più esposti agli effetti del cambiamento climatico, in modo da verificare l'adeguatezza delle misure previste dal Piano di Gestione delle Acque per il raggiungimento o per il mantenimento degli obiettivi ambientali. Relativamente a quest'ultimo aspetto, si è fatto riferimento alla Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNACC) dove sono individuate le misure sia a carattere non strutturale (soft) che strutturale (grey e green) messe a punto dal MATTM per far fronte al potenziale impatto del cambiamento climatico sull'ambiente.

Tutte le valutazioni effettuate sui corpi idrici sono state infine inserite nelle relative schede di riferimento (cruscotto) in modo da poter fornire un'ulteriore strumento per la valutazione delle criticità del Piano di Gestione delle Acque in relazione al potenziale impatto del cambiamento climatico sulla risorsa idrica.

Appendice 1 – Inserimento delle valutazioni sul cambiamento climatico nelle schede dei corpi idrici

La scheda di ogni corpo idrico potrebbe essere integrata con il seguente quadro riepilogativo inerente l'analisi del cambiamento climatico:

Potenziale impatto sul corpo idrico	Basso (medio, elevato, molto elevato)
Possibili effetti negativi sullo stato di qualità	Si (no)
Adattabilità delle misure di Piano	Bassa (media, elevata, molto elevata)
Necessità di ulteriori misure	Si (no)

I quattro parametri analizzati (Potenziale impatto, Possibili effetti, Adattabilità delle misure e Necessità di ulteriori misure) cercano di fornire un quadro esaustivo sui possibili effetti del cambiamento climatico sui corpi idrici superficiali (fiumi) e su come le misure previste siano sufficienti a contrastare i possibili effetti negativi sullo stato di qualità.

In seguito sono riportati i criteri da utilizzare per la stima dei quattro parametri considerati.

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE IMPATTO SUL CORPO IDRICO

Per effettuare questo tipo di valutazione viene utilizzata la matrice che, in base alle classi di disponibilità idrica e pressioni clima-sensibili, individua una classe di potenziale impatto del cambiamento climatico:

PRESSIONI CLIMA		A0	A1	A2	A3
DISPONIBILITÀ IDRICA	B0	C0	C0	C1	C2
	B1	C0	C1	C1	C2
	B2	C1	C1	C2	C3
	B3	C2	C2	C3	C3

Possibili valori di impatto: BASSO, MEDIO, ELEVATO, MOLTO ELEVATO

VALUTAZIONE DEI POSSIBILI EFFETTI NEGATIVI SULLO STATO DI QUALITÀ

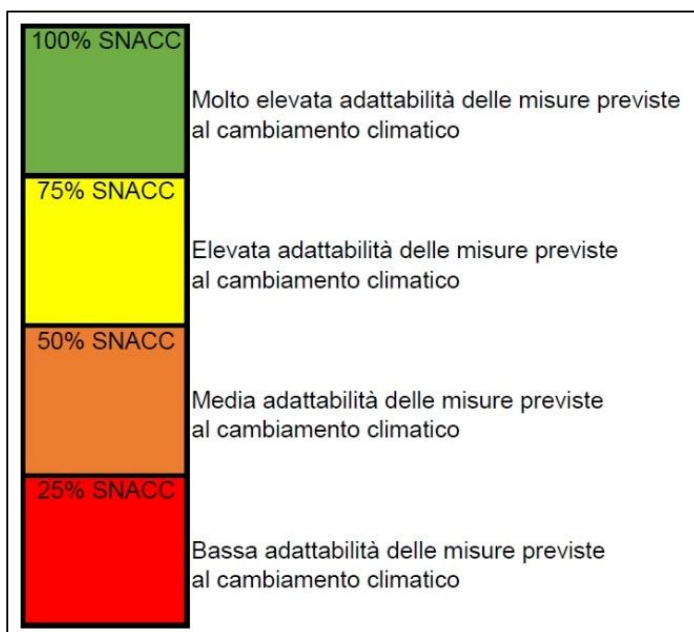
Per effettuare questo tipo di valutazione viene utilizzata la matrice che, in funzione dello stato di qualità ecologica del corpo idrico e della classe di impatto potenziale, individua la possibile interazione tra i due parametri:

		STATO ECOLOGICO				
		Elevato	Buono	Sufficiente	Scarso	Pessimo
CLASSI	C0				X	X
	C1		X	X	X	X
	C2	X	X	X	X	X
	C3	X	X	X	X	X

Possibili valori dell'effetto: SI, NO

VALUTAZIONE DELL'ADATTABILITA' DELLE MISURE DI PIANO

Per effettuare questa valutazione viene utilizzata la percentuale delle misure riconducibili alle tipologie previste nella Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNACC) rispetto al totale delle misure previste:



Possibili valori di adattabilità: BASSA, MEDIA, ELEVATA, MOLTO ELEVATA

VALUTAZIONE DELLA NECESSITA' DI ULTERIORI MISURE

Per effettuare questa valutazione viene utilizzata la matrice di confronto tra i possibili effetti del cambiamento climatico sullo stato ecologico dei corpi idrici e l'adattabilità delle misure previste dal Piano rispetto al cambiamento climatico:

		Adattabilità Misure			
		BASSA	MEDIA	ELEVATA	MOLTO ELEVATA
Possibili effetti	SI	X	X		
	NO				

Possibili valori per la necessità di integrazione: SI, NO