

Siccità, scarsità e crisi idriche

Il contributo della ricerca
a supporto della definizione
del bilancio idrico



A cura di
Emanuele Romano
Ivan Portoghese

HABITAT SIGNA

Studi e ricerche su sistema terra e ambiente

collana del
Consiglio Nazionale delle Ricerche
Dipartimento Scienze del sistema terra e tecnologie per l'ambiente

diretta da
Francesco Petracchini

comitato scientifico a cura del consiglio scientifico di dipartimento
Andrea Billi, Claudio Faccenna, Gian Luigi Liberti, Andrea Rinaldo, Sabrina Speich

comitato editoriale
Sara Di Marcello, Maria Elena Martinotti

ideazione del nome e design della collana
Lucia Caraffa

Siccità, scarsità e crisi idriche

Volume 1 della collana HABITAT SIGNA

editing
Sara Di Marcello, Ivan Portoghese, Emanuele Romano, Angelica Zonta

impaginazione e copertina
Lucia Caraffa

graphical abstract
Matteo Tucci
www.luminescentia.com

crediti fotografici

Copertina e pag. 4 - Greg Montani, Pixabay.com; pagg. 20, 27, 562 - Carolyn, Pexels.com; pag. 238 - George Becker, Pexels.com; pagg. 477 e 512 - Frank Cone, Pexels.com; pag. 482 - FOX, Pexels.com; pag. 495 - Teono123, Pexels.com
Freepik.com: pagg. 30, 47, 50, 56, 68, 70,75, 86, 89, 96, 99, 104, 118, 121, 202, 212, 258, 268, 278, 284, 301, 303, 304, 311,325, 328, 339, 347, 350, 357, 366, 369, 384, 388, 391, 397, 406, 401, 402, 432, 426, 438, 440, 461, 480, 513, 514, 517, 518, 523, 541.
L'Editore è a disposizione degli aventi diritto per eventuali inesattezze nella citazione delle fonti.

© Cnr Edizioni, 2024

P.le Aldo Moro 7
00185 Roma
www.edizioni.cnr.it

ISSN 3035-2290

ISBN (ed. stampa) 978 88 8080 673 8

ISBN (ed. digitale) 978 88 8080 674 5

DOI <https://doi.org/10.69115/habitatsigna-2024-1>



This work is licensed under CC BY-SA 4.0



Siccità, scarsità e crisi idriche

Il contributo della ricerca
a supporto della definizione
del bilancio idrico

A cura di
Emanuele Romano
Ivan Portoghese



Indice

[5](#)

Prefazioni

[21](#)

Introduzione

[29](#)

1

Il bilancio idrologico, la disponibilità di risorsa idrica e il bilancio idrico

a cura di **Stefano Mariani**

Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA)

[49](#)

2

La governance dell'acqua in Italia

a cura di **Gerardo Sansone**

Presidenza del Consiglio dei ministri

[73](#)

3

Previsione, prevenzione e contrasto delle crisi idriche: il valore aggiunto della conoscenza tecnico-scientifica nelle attività di protezione civile

a cura di **Andrea Duro**

Dipartimento della protezione civile

[103](#)

4

Il regime meteo-climatico

a cura di **Stefano Federico**

CNR - Istituto di scienze dell'atmosfera e del clima (ISAC)

[145](#)

5

La criosfera

a cura di **Fabrizio de Blasi**

CNR - Istituto di scienze polari (ISP)

[201](#)

6

Il suolo e la zona insatura

a cura di **Marco Berardi**

CNR - Istituto di ricerca sulle acque (IRSA)

[237](#)

7

Acque superficiali e invasi

a cura di **Luca Brocca**

CNR - Istituto di ricerca per la protezione idrogeologica (IRPI)

[267](#)

8

Acque sotterranee

a cura di **Cristina di Salvo**

CNR - Istituto di geologia ambientale e geoingegneria (IGAG)

Matia Menichini

CNR - Istituto di geoscienze e georisorse (IGG)

[327](#)

9

Interazione acque continentali - acque marine

a cura di **Christian Ferrarin**

CNR - Istituto di scienze marine (ISMAR)

[349](#)

10

Le risorse idriche non convenzionali

a cura di **Domenica Mosca Angelucci**

CNR - Istituto di ricerca sulle acque (IRSA)

[386](#)

11

Gli utilizzi idrici e la gestione sostenibile delle risorse

a cura di **Marco Lauteri**

CNR - Istituto di ricerca sugli ecosistemi terrestri (IRET)

Emanuele Romano e Ivan Portoghese

CNR - Istituto di ricerca sulle acque (IRSA)

[475](#)

12

Siccità ed ecosistemi

a cura di **Fabrizio Stefani**

CNR - Istituto di ricerca sulle acque (IRSA)

[513](#)

13

Siccità e Land Degradation

a cura di **Vito Imbrenda**

CNR - Istituto di metodologie per l'analisi ambientale (IMAA)

[554](#)

Conclusioni

Keywords

water crisis
civil protection
forecasting
prevention

Parole-chiave

crisi idrica
protezione civile
previsione
prevenzione

Previsione, prevenzione e contrasto delle crisi idriche: il valore aggiunto della conoscenza tecnico-scientifica nelle attività di protezione civile

Curatore

Andrea Duro

Dipartimento della protezione civile

Con contributi di

Dipartimento della protezione civile

Mario Barbani

Emanuela Campione

Cinzia Conte

Emilio De Francesco

Luca Delli Passeri

Andrea Gollini

Flavia Massimi

Silvia Puca

Per le immagini fornite e

per il supporto nella stesura dei testi,

gli Autori desiderano ringraziare:

Emanuela Piervitali e Walter Perconti

ISPRA

Massimiliano Pasqui

CNR-IBE

Valentina Pavan

ARPAE-SIMC

Luca Brocca

CNR-IRPI

Alberto Maieli

Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po

Luca Pulvirenti e Luca Cenci

Fondazione CIMA

Le informazioni contenute in questo capitolo non riflettono necessariamente la posizione o il parere degli Enti di appartenenza degli Autori.

Gli Autori non sono responsabili per ogni uso che potrebbe essere fatto delle informazioni in essa contenute.

3.1	Introduzione	74
3.2	Previsione e prevenzione delle crisi idriche: aspetti di protezione civile	76
3.2.1	Il Gruppo tecnico-scientifico per le previsioni mensili e stagionali	83
3.2.2	Le misure di prevenzione e mitigazione	85
3.3	Il contrasto e il superamento delle crisi idriche	87
3.4	Il valore aggiunto della conoscenza tecnico-scientifica	92
3.5	Lezioni apprese e scenari futuri	97
3.6	Referenze bibliografiche	100

Negli ultimi venticinque anni, il territorio italiano è stato interessato, con crescente frequenza, da numerosi eventi siccitosi che hanno determinato la temporanea e consistente riduzione delle risorse idriche disponibili per i differenti comparti d'uso (idropotabile, irriguo, industriale, energetico, etc.): nella tabella 3.1 sono state elencate le principali crisi idriche verificatesi a partire dal 2000 nel territorio nazionale. In particolare, si evidenzia il ripetersi di eventi siccitosi nel bacino del fiume Po, dove, nel periodo 2022-2023, è stata registrata la più grave siccità degli ultimi 200 anni (Montanari et al., 2023). Dai primi mesi del 2024, una crisi idrica di notevole gravità sta interessando la Sicilia. Nella gran parte dei casi elencati nella tabella di seguito riportata è stata emanata la dichiarazione dello stato di emergenza.

Nell'ambito delle competenze istituzionalmente attribuite, il Dipartimento della protezione civile (DPC) e, più in generale, il Servizio nazionale della protezione civile, hanno affrontato gli effetti delle numerose crisi idriche, con particolare riferimento alle conseguenze sull'approvvigionamento idropotabile.

È opportuno evidenziare che le attività di gestione delle risorse idriche e la realizzazione di interventi strutturali rientrano negli ambiti di competenza di ammini-

strazioni e di soggetti pubblici e/o privati, mentre il ruolo del sistema nazionale della protezione civile è incentrato nelle azioni di previsione, prevenzione e contrasto delle crisi idriche che interessano il settore idropotabile e che comportano spesso notevoli disagi per la popolazione: turnazioni, riduzione delle erogazioni, intermittenza del servizio.

È importante ricordare, al riguardo, che il Codice della protezione civile (di cui al D.Lgs. 2 gennaio 2018, n.1) recita all'art.16, comma 1 che "l'azione del Servizio nazionale si esplica, in particolare, in relazione alle seguenti tipologie di rischi: sismico, vulcanico, da maremoto, idraulico, idrogeologico, da fenomeni meteorologici avversi, da deficit idrico e da incendi boschivi". Il rischio da deficit

idrico viene quindi dal legislatore annoverato, a pieno titolo, tra quelli in cui si esercita la funzione di protezione civile, intesa come "l'insieme delle competenze e delle attività volte a tutelare la vita, l'integrità fisica, i beni, gli insediamenti, gli animali e l'ambiente dai danni o dal pericolo di danni derivanti da eventi calamitosi di origine naturale o derivanti dall'attività dell'uomo" (art.1 del Codice).

Nei paragrafi successivi si descriverà sinteticamente il ruolo svolto dal DPC nell'intero ciclo di gestione delle crisi idriche, e quindi nelle attività volte alla previsione, prevenzione e mitigazione dei rischi, alla gestione delle emergenze e al loro superamento. Verrà evidenziato, inoltre, il valore aggiunto svolto dalla conoscenza tecnico-scientifica in tali ambiti.

Anno/i	Territori colpiti dalla crisi idrica (regioni e/o bacini)
2000	Nord Italia
2001-2002	Umbria, Puglia, Basilicata, Sicilia e Sardegna
2003	Bacino del fiume Po, Friuli Venezia Giulia
2006	Bacino del fiume Po
2007	Regioni centro-settentrionali
2012	Toscana, Umbria
2017	Piemonte, Emilia-Romagna, Marche, Umbria, Lazio
2022-2023	Piemonte, Lombardia, Liguria, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Emilia-Romagna, Toscana, Marche, Umbria, Lazio
2024	Sicilia*

Tabella 3.1
Elenco delle principali crisi idriche avvenute dall'anno 2000 a oggi nel territorio nazionale. *Dato aggiornato al 31 agosto 2024.
Fonte: Dipartimento della protezione civile.

Previsione e prevenzione delle crisi idriche: aspetti di protezione civile

La finalità principale delle attività di previsione delle crisi idriche a fini di protezione civile è quella di prevedere, con il maggior anticipo possibile, condizioni meteorologiche e di disponibilità delle risorse potenzialmente predisponenti all'insorgere di crisi, in modo tale da dare agli Enti e ai soggetti responsabili della programmazione e della gestione il tempo necessario per la pianificazione e attuazione delle necessarie misure di prevenzione e di contrasto. Tra queste possiamo menzionare: la riprogrammazione e/o il trasferimento di risorsa idrica da altri sistemi di approvvigionamento; la ricerca di nuove fonti o di risorse alternative, misure di risparmio idrico, campagne di sensibilizzazione, etc. In tal modo, gli effetti dei fenomeni siccitosi potranno essere contenuti, riducen-

do così significativamente i disagi per la popolazione.

A differenza di molte altre calamità naturali quali, ad esempio, terremoti, eruzioni vulcaniche, inondazioni che si manifestano in tempi molto ristretti (secondi, minuti, ore o giorni), la siccità e le crisi idriche si sviluppano su archi temporali molto lunghi, dell'ordine di mesi o anni. Occorre dunque un periodo prolungato di deficit pluviometrico e idrologico affinché si possano dispiegare gli effetti sul territorio (Fig. 3.1).

È importante, comunque, non agire dopo il manifestarsi delle criticità nell'approvvigionamento idrico (approccio di tipo *reattivo*), ma prepararsi, con un approccio di tipo *proattivo* (Rossi et al., 1995, Rossi, 2000; Rossi et al., 2007),

basato sul costante e continuo monitoraggio delle variabili idrometeorologiche e delle disponibilità di risorsa, sul continuo aggiornamento degli scenari di impatto e sulla predisposizione di misure e interventi. Un'ulteriore strategia di gestione della risorsa idrica, anche in condizioni di scarsità, è quella di tipo *adattivo* (ad esempio, Owens, 2009; Williams, 2011) nella quale, data la complessità e l'incertezza dei fenomeni coinvolti, gli effetti delle azioni pianificate sono costantemente monitorati per apportare i necessari aggiustamenti al fine di conseguire gli scopi prefissati.

Tali strategie sono senz'altro più adeguate rispetto a un approccio di tipo *reattivo*, che sovente si traduce in una mera gestione della crisi spesso improvvisata e priva di un coordinamento; mentre è del tutto evidente che l'adozione di un approccio di tipo *proattivo* consente di ottenere risultati più efficaci e duraturi.

Il Dipartimento della protezione civile, congiuntamente ad altre amministrazioni, sia centrali che periferiche, è direttamente impegnato nell'adozione e nella promozione di metodologie operative ispirate all'approccio *proattivo*.

Come precedentemente richiamato, le attività di previsione e prevenzione sono strettamente connesse tra loro. Prevedere tempestivamente l'approssimarsi di condizioni siccitose consente di predisporre in tempo utile misure e interventi che possono permettere di mitigare gli impatti dei fenomeni siccitosi per lo meno nelle loro forme più estreme.

È pertanto di notevole rilevanza delineare i caratteri fondamentali dei possibili scenari di evento e di rischio delle crisi idriche, anche con il supporto di istituti di ricerca, università e fondazioni scientifiche: infatti, per quanto attiene la previsione, il Codice della protezione civile recita all'art. 2, comma 2, che la stessa

“consiste nell'insieme delle attività, svolte anche con il concorso di soggetti dotati di competenza scientifica, tecnica e amministrativa, dirette all'identificazione e allo studio, anche dinamico, degli scenari di rischio possibili, per le esigenze di allertamento del Servizio nazionale, ove possibile, e di pianificazione di protezione civile”. In particolare, per tali attività, il Dipartimento si avvale dell'apporto dei Centri di competenza, e cioè di soggetti che forniscono servizi, informazioni, dati, elaborazioni e contributi tecnico-scientifici in ambiti specifici. Per quanto concerne la prevenzione, l'art. 2 comma 3 stabilisce che: “la prevenzione consiste nell'insieme delle attività di natura strutturale e non strutturale, svolte anche in forma integrata, dirette a evitare o a ridurre la possibilità che si verificano danni conseguenti a eventi calamitosi anche sulla base delle conoscenze acquisite per effetto delle attività di previsione”.

La previsione della siccità e delle crisi idriche è un'attività complessa e articolata, che non può essere ricondotta alla rilevazione sistematica di una sola grandezza fisica, ma deve contemplare necessariamente l'analisi integrata di numerosi elementi tecnici e informativi e anche opportuni riscontri e giudizi di tipo esperto.

In linea generale, l'attività di previsione della siccità e delle crisi idriche a fini di protezione civile viene svolta effettuando costantemente il monitoraggio delle variabili meteorologiche e delle disponibilità idriche. Si tratta di due ampi filoni di attività, non mutuamente esclusivi, ma complementari e tra i quali esistono ampie interconnessioni, come evidenziato nei paragrafi che seguono. Per una valutazione più esaustiva del rischio da deficit idrico, occorre essere in grado di formulare una previsione delle disponibilità idriche a lungo termine e delle esigenze dei differenti comparti d'uso (Rossi, 2000).

Figura 3.1

Il Porto di Torricella, nel Comune di Sissa Trecasali (PR), sul fiume Po, visto dal drone aereo del giornalista Marco Epifani (giugno 2022). (Cortesia Ufficio comunicazione Autorità di bacino distrettuale del fiume Po).



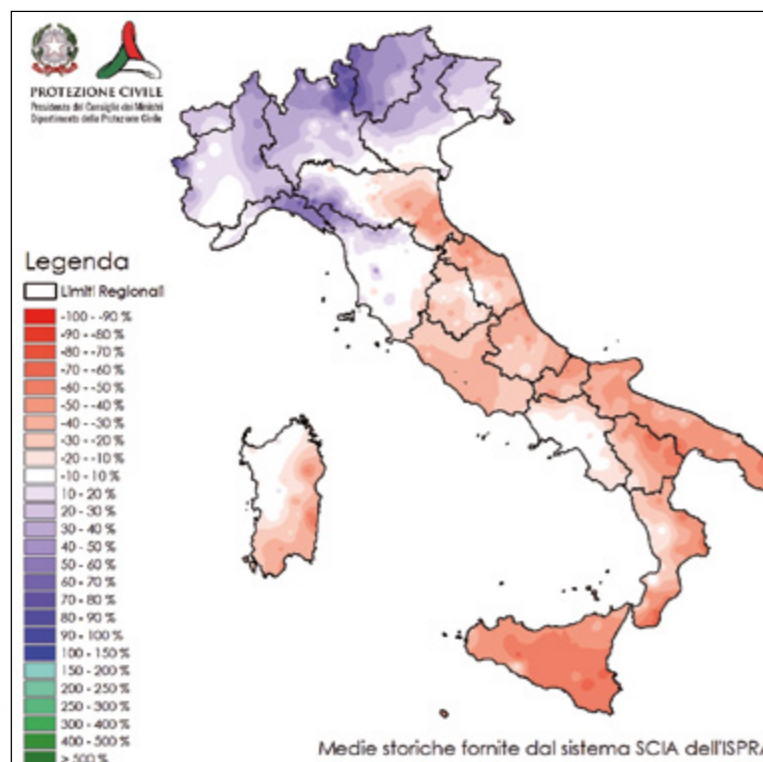


Figura 3.2

Esempio di anomalie pluviometriche percentuali del periodo set. 2023 – apr. 2024, rispetto alle medie storiche di riferimento. Elaborazioni del CFC del Dipartimento della protezione civile, medie storiche fornite dal sistema SCIA dell'ISPRA.

Una delle attività maggiormente rilevanti che viene effettuata costantemente dal DPC, e in particolare dal Centro funzionale centrale (CFC), è il monitoraggio delle precipitazioni, tipicamente su base mensile, e degli eventuali scostamenti degli afflussi meteorici rispetto alle medie storiche di riferimento (Fig. 3.2).

La persistenza di significative anomalie pluviometriche negative su ampie aree è uno degli elementi che, il più delle volte, richiama l'attenzione degli operatori e suggerisce un'intensificazione delle attività di monitoraggio, nonché l'analisi di altri elementi tecnici. Pur in presenza di condizioni di riduzione delle precipitazioni relativamente simili, in termini di durata e severità, l'innesco effettivo di una crisi idrica si presenta in modo differente da un'area all'altra, in ragione di numerosi fattori che riguardano il numero e la tipologia delle fonti di approvvigionamento idrico (ad esempio, se siano superficiali o sotterranee), le caratteristiche del sistema di approvvigionamento e di distribuzione, la presenza o meno di fonti alternative, l'interconnessione con altri schemi idri-

ci, le perdite di rete, etc. I predetti fattori concorrono a determinare quella che può essere definita in senso generale come la resilienza di un sistema di approvvigionamento idrico nei confronti di un fenomeno siccitoso e cioè la capacità dello stesso di assicurare una dotazione idrica sufficiente, pur in presenza di intensi fattori di stress quali la prolungata assenza di significativi apporti meteorici.

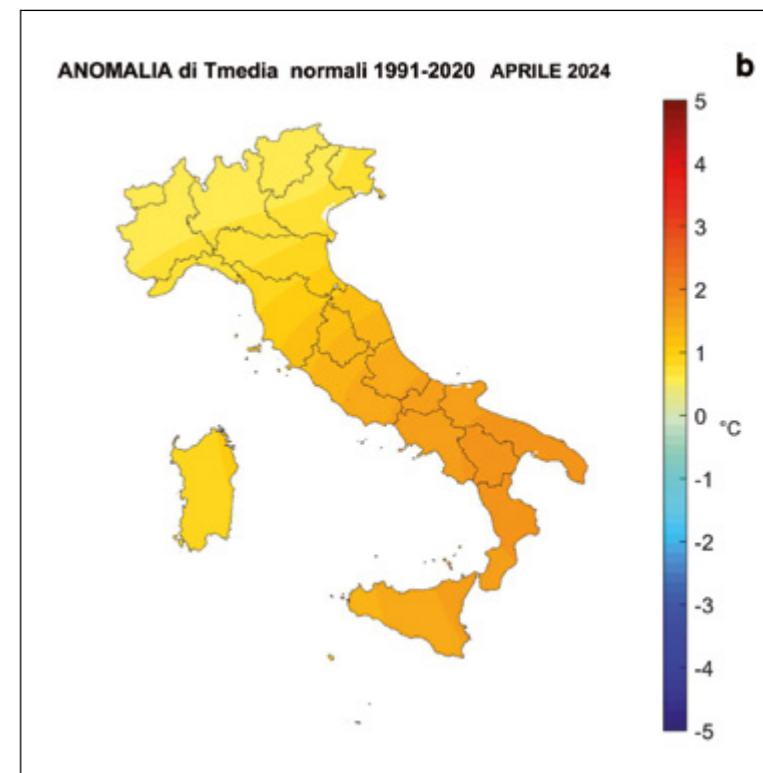
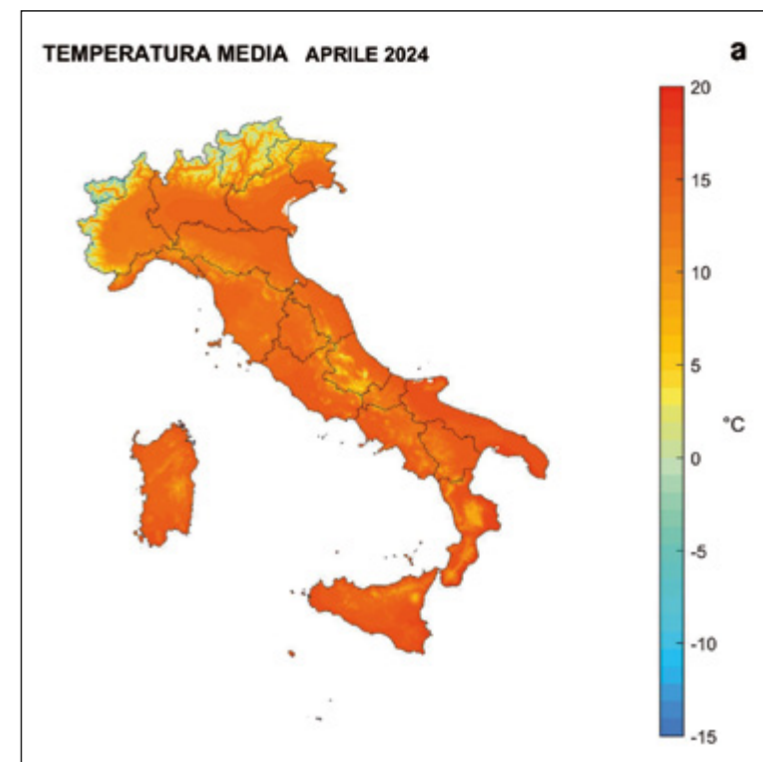
Oltre che le anomalie di precipitazione, il DPC esamina anche l'indice di precipitazione statistico SPI (Standardized Precipitation Index, McKee et al., 1993), uno degli indicatori maggiormente utilizzato a livello internazionale per il monitoraggio della siccità (meteorologica, idrologica e agricola). Lo SPI esprime la rarità di un evento siccitoso (inteso come deficit di precipitazione) a una determinata scala temporale, di solito dell'ordine dei mesi, sulla base dei dati storici (sull'uso di indici per il monitoraggio della siccità, si veda anche il paragrafo 11.5). Tale attività è condotta in stretta sinergia con il Centro di competenza ISPRA.

Unitamente al monitoraggio delle precipitazioni, viene effettuata anche l'analisi dell'andamento delle temperature, i cui aumenti possono incrementare in modo significativo l'ammontare dei prelievi e dei consumi per i diversi settori d'uso delle risorse idriche (Tibaldi et al., 2010; Vezzoli et al., 2016). Si sottolinea inoltre che, durante il periodo estivo, l'incremento delle temperature determina l'aumento della richiesta di energia per il raffrescamento degli edifici, con la conseguente riduzione delle risorse idriche presenti nei serbatoi artificiali adibiti alla produzione idroelettrica. Anche in questo caso, è di particolare interesse, non solo l'analisi dei valori di temperatura, ma anche l'esame degli scostamenti delle temperature rispetto alle medie storiche di riferimento (Fig. 3.3).

Occorre infine evidenziare che in taluni casi, peraltro sempre più frequenti, le temperature alte, spesso associate a condizioni di siccità, di per sé determinano un evidente stress termico che danneggia le colture agricole, e in particolare le superfici dei frutti e delle verdure.

È molto utile, in tale contesto, non solo il monitoraggio dei predetti valori meteorologici ma anche la consultazione di bollettini e report riguardanti la variazione di alcuni indici e indicatori. Tali bollettini vengono redatti da ministeri, regioni, istituti di ricerca, etc. e riportano l'andamento di indicatori di particolare interesse per il monitoraggio della siccità, come ad esempio, il citato indice SPI. Per quanto di notevole rilevanza, il monitoraggio delle variabili meteorologiche, precipitazioni e temperatura, non è tuttavia il più delle volte sufficiente a predire con precisione l'imminente insorgenza di criticità nell'approvvigionamento idrico. Infatti, come precedentemente richiamato, l'innesco di crisi idriche dipende da numerosi fattori.

Pertanto, il monitoraggio delle variabili meteorologiche viene generalmente integrato con l'analisi della disponibilità idrica nelle diverse forme (USGS, 2002; Wilhite e Pulwarty, 2018). Gli indicatori di disponibilità idrica più comuni rilevati con cadenza giornaliera, settimanale o mensile sono relativi alle acque superficiali (portate idriche, estensione della copertura nevosa, equivalente idrico della neve, etc.) e alle acque sotterranee (numero dei pozzi, portate erogate, andamento dei livelli piezometrici, salinità, etc.). Gli indicatori relativi agli utilizzi sono rilevati generalmente con differente cadenza temporale e prendono in considerazione i prelievi, distinti per tipologia delle fonti (superficiali o sotterranee) e tipo di utilizzo (irriguo, industriale, idropotabile, etc.), i differenti volumi idrici trattati (acqua potabilizzata, acqua addotta, acqua fatturata), la popolazione servita, le perdite di rete, etc.



Per quanto concerne le acque superficiali, nel territorio nazionale si effettua il monitoraggio periodico sia delle portate delle grandi aste fluviali (Po, Adige, Tevere, Arno, etc.), sia di quelle di corsi d'acqua che assumono notevole importanza a livello locale e regionale. I dati provengono prevalentemente dalle stazioni di monito-

Figura 3.3

a) Temperatura media mensile; b) anomalia della temperatura media mensile calcolata rispetto al clima 1991-2020 del sistema SCIA di ISPRA. Dati riferiti al mese di aprile 2024. Fonte: rete dei Centri funzionali, elaborazioni ISPRA.

raggio in telemisura afferenti alla rete dei Centri funzionali, usate per le attività di monitoraggio strumentale per la previsione e prevenzione degli eventi alluvionali.

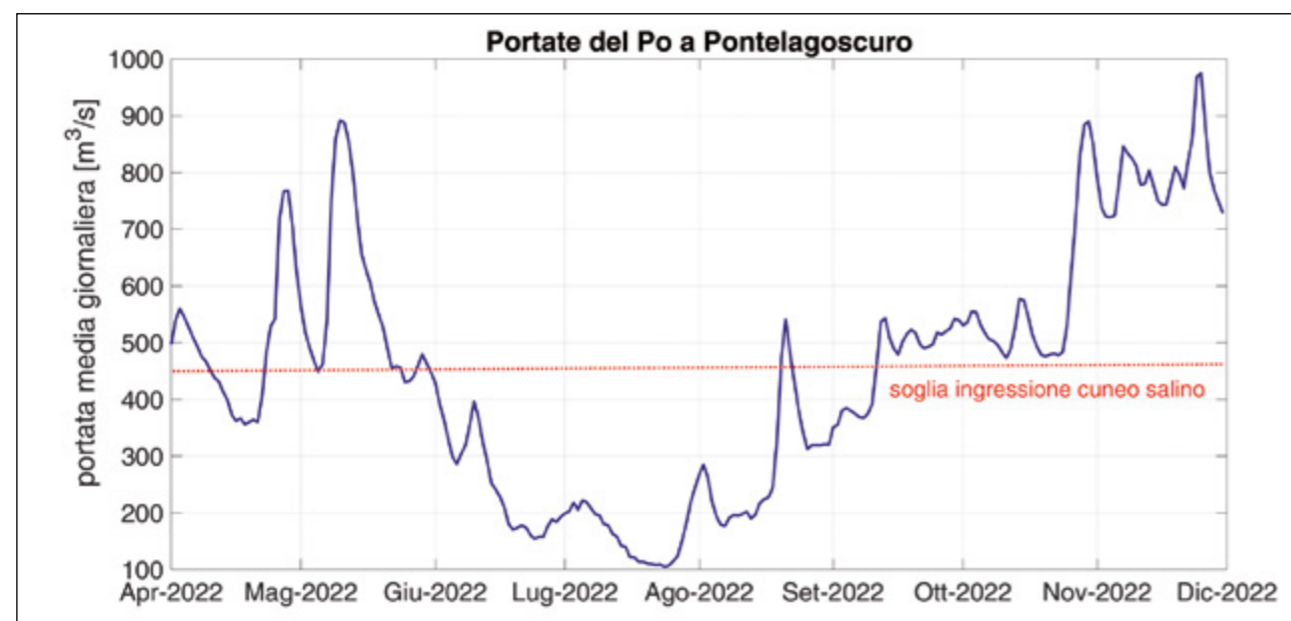
Di norma, viene effettuato il confronto delle portate dell'anno in corso con le medie storiche di riferimento e/o con le portate di anni nei quali si sono verificati episodi siccitosi. Inoltre, il monitoraggio dei deflussi superficiali delle grandi aste fluviali (come nel caso del Po e dell'Adige) è importante per comprendere se vi siano in atto fenomeni di intrusione salina oppure per prevedere il loro verificarsi (Fig. 3.4).

Infatti, nel caso di portate fluviali piuttosto ridotte, inferiori rispetto a soglie specifiche per ogni corso d'acqua, l'intrusione del cuneo salino si estende anche per decine di chilometri, come avvenuto nel 2022 per il Po (Tarolli et al., 2023; Tornatore et al., 2023). La risalita del cuneo salino pone notevoli difficoltà per l'irrigazione dei campi e l'approvvigionamento idrico a scopo idropotabile, come avvenuto sempre nel 2022 in alcune centrali di potabilizzazione che prelevano acqua dal fiume Po. Per tali ragioni, il sistema di protezione civile interviene per quanto riguarda l'approvvigionamento idropotabile mediante la

fornitura d'acqua per mezzo di autobotti o mediante il ricorso a fonti alternative. Negli ultimi anni, il fenomeno dell'intrusione salina è diventato sempre più frequente ed è probabile in futuro un ulteriore incremento della sua frequenza, in relazione alla crisi climatica in atto (Tarolli et al., 2023). Ai processi di interazione tra acque continentali e acque marine è dedicato il Capitolo 9 del presente volume.

Molto importante è anche il monitoraggio dei volumi idrici invasati nei serbatoi artificiali, presenti in tutto il territorio nazionale, ma maggiormente diffusi nelle regioni settentrionali, per l'uso idroelettrico, e nel Mezzogiorno, per gli utilizzi irriguo e idropotabile. Anche in questo caso i valori dei volumi idrici invasati, rilevati generalmente su scala mensile, ma anche su altre scale temporali, vengono confrontati con i valori medi storici o con quelli di anni nei quali si sono verificate crisi idriche di particolare gravità come nel 2002 nel caso delle regioni meridionali e insulari. I dati dei volumi d'invaso sono forniti prevalentemente dalle Amministrazioni regionali o dalle Autorità di bacino distrettuali, che li raccolgono presso gli enti gestori. Alle acque superficiali e agli invasi è dedicato il Capitolo 7 del presente volume.

Figura 3.4
Portate medie giornaliere del fiume Po alla sezione di Pontelagoscuro (FE) nell'estate 2022. Fonte: Arpae Emilia-Romagna.



Il monitoraggio dei volumi idrici invasati viene, inoltre, regolarmente effettuato nei laghi regolati di significativa estensione: nel caso dell'Italia, e in particolare delle regioni settentrionali, notevole importanza per gli usi irrigui della Pianura Padana assumono i grandi laghi alpini regolati: il lago Maggiore, il lago di Como, il lago d'Iseo, il lago di Garda e il lago d'Idro. Si tratta di corpi idrici di consistente volume ed estensione, la cui regolazione avviene per mezzo di opere di sbarramento idraulico che consentono la modulazione dei deflussi nei fiumi emissari, affluenti in riva sinistra del Po (Baratti, 1997).

Proprio nelle aree a monte dei grandi laghi alpini regolati, in inverno sono presenti estese coltri nevose la cui fusione nel periodo primaverile determina il rilascio di ingenti volumi idrici: pertanto, la valutazione dell'estensione della copertura nevosa, e la raccolta dei dati a terra necessari per la determinazione della densità e dell'altezza del manto nevoso, sono necessari per quantificare l'acqua presente sotto forma di neve, il cosiddetto equivalente idrico della neve (SWE - Snow Water Equivalent).

Ai fini del monitoraggio e del calcolo dell'estensione della coltre nevosa vengono di norma utilizzate immagini satellitari che consentono di ottenere dati molto accurati. Le piattaforme satellitari maggiormente utilizzate per tale attività sono i satelliti polari MODIS Terra e MODIS Acqua (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), nonché i satelliti Sentinel-2 del programma europeo Copernicus.

Un notevole limite per la stima dell'estensione della coltre nevosa, tuttavia, è la presenza di copertura nuvolosa. I satelliti europei di nuova generazione, come per esempio, MTG - Meteosat Third Generation, possono offrire un'utile soluzione a questo problema poi-

ché, essendo geostazionari, hanno una frequenza di acquisizione maggiore e la possibilità di reperire porzioni di territorio momentaneamente prive di nuvole; questo avviene a scapito, però, della risoluzione che, tuttavia, in casi di rappresentazioni a media scala, può essere considerata accettabile.

I dati a terra in tempo reale provengono dai nivometri della rete dei Centri funzionali, di proprietà delle Amministrazioni regionali. Rilievi su base giornaliera dell'altezza e della densità del manto nevoso sono effettuati nei campi neve dai Carabinieri forestali, dal Comando truppe alpine e dall'AINEVA (Associazione interregionale di coordinamento e documentazione per i problemi inerenti alla neve e alle valanghe). I dati dell'altezza del manto nevoso vengono forniti dai Carabinieri forestali, secondo quanto previsto dal protocollo Nevemont, anche in contesti non montani (pianura e/o collina), principalmente a supporto del monitoraggio degli effetti delle nevicate sulla viabilità, ma sono utili anche per la stima dell'equivalente idrico nell'ambito dell'allertamento per la valutazione delle criticità idrauliche legate al contributo nivale sui corsi d'acqua, qualora dovessero verificarsi repentini rialzi termici e precipitazioni acquose dopo intense nevicate sui bacini idrici. Ulteriori dettagli sul monitoraggio della coltre nevosa e, più in generale, della criosfera sono riportati nel Capitolo 5 del presente volume.

Inoltre, sempre nell'ambito del monitoraggio della disponibilità idrica, viene data rilevanza alle acque sotterranee, che costituiscono una risorsa strategica per l'approvvigionamento idrico, in particolare per le zone dove non sono presenti fonti idriche superficiali. Il monitoraggio viene generalmente finalizzato a comprendere l'andamento temporale dei livelli piezometrici delle falde freatiche, con un maggiore risalto, ad esempio, per i campi pozzi a

servizio di centri abitati. Per quanto riguarda invece le sorgenti, ubicate in corrispondenza dell'intersezione tra le superfici di falda e la superficie del terreno, si monitora generalmente la portata erogata, che in alcuni casi può essere molto significativa, come ad esempio per le sorgenti del Sele, in territorio campano, che riforniscono un'ampia porzione della Puglia (Viggiani, 2002), oppure per quelle del Peschiera, dalle quali sgorga buona parte dell'acqua che fluisce negli acquedotti di Roma (Pandolfi, 2008). Nonostante la notevole importanza del monitoraggio delle acque sotterranee, anche a fini di protezione civile, ancora oggi non sono disponibili i dati di monitoraggio quantitativo per numerosi corpi idrici sotterranei soggetti a utilizzo potabile e irriguo. Ulteriori informazioni sul monitoraggio delle acque sotterranee sono riportate nel Capitolo 8 del presente volume.

Nel caso di crisi idriche già in corso, viene inoltre effettuata una ricognizione degli impatti sulla popolazione mediante opportuni indicatori, come ad esempio la percentuale di riduzione delle portate immesse in rete, la durata e la frequenza delle turnazioni, etc. Queste informazioni sono di rilevanza fondamentale per comprendere l'entità dei disagi, nonché l'estensione delle aree interessate dagli stessi e, a loro volta, per comprendere in quali zone dovrà focalizzarsi l'azione delle differenti componenti del Servizio nazionale della protezione civile.

I dati relativi agli utilizzi vengono invece raccolti con cadenza molto variabile, da giornaliera ad annuale: per quanto riguarda le statistiche sull'acqua, generalmente su base annuale, spicca senza dubbio per importanza il consistente lavoro svolto dall'ISTAT, costantemente pubblicato in appositi studi e report resi disponibili sul proprio sito internet istituzionale. Agli utilizzi idrici nei diversi comparti è dedicato il Capitolo 11 del presente volume.

Dalla sintetica rassegna delle attività di monitoraggio delle variabili meteorologiche e di disponibilità idrica sopra riportata, emerge con chiarezza la grande mole e la differenziazione dei dati e delle informazioni necessarie sia per il monitoraggio che per il preannuncio delle crisi idriche. Al riguardo è opportuno evidenziare che i dati relativi al monitoraggio delle variabili meteorologiche e al quadro della disponibilità idrica, sia essa superficiale che sotterranea, nonché quelli relativi agli impatti, vengono raccolti da autorità di bacino distrettuali, amministrazioni regionali, consorzi di bonifica, associazioni di categoria, imprese private, etc. Non è un'attività semplice, in ragione di numerosi fattori, non sempre di natura tecnica, che vanno dall'elevata frammentazione gestionale all'incompletezza delle serie storiche, dall'assenza di studi dedicati all'inadeguatezza di forme di cooperazione e condivisione.

Il tempestivo preannuncio di una crisi idrica richiede necessariamente l'impegno congiunto, costante e condiviso di una pluralità di soggetti istituzionali, a vario titolo competenti in materia di gestione delle risorse idriche e di previsione, prevenzione e gestione delle crisi.

Consapevole di tali criticità, il Dipartimento della protezione civile ha sottoscritto a luglio 2016 i protocolli d'intesa istitutivi degli Osservatori distrettuali permanenti sugli utilizzi idrici delle Autorità di bacino distrettuali, la cui istituzione è stata promossa dall'allora Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare (MATTM), oggi Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica (MASE). Gli Osservatori distrettuali permanenti sugli utilizzi idrici sono organismi collegiali con compiti di raccolta, analisi e valutazione congiunta dei dati riguardanti le variabili meteorologiche e le disponibilità idriche, a supporto degli enti istituzionalmente competenti in materia di gestione della risorsa idrica.

Tali organismi rispondono all'esigenza di fornire supporto tecnico a una nuova *governance* dell'acqua che tenga conto della notevole complessità della gestione della risorsa idrica intesa nel senso più ampio, e cioè comprensiva della conoscenza dei sistemi di approvvigionamento idrico, del quadro degli utilizzi, dell'entità dei prelievi.

Per le attività di monitoraggio degli Osservatori sono state elaborate specifiche linee guida, ad esempio per quanto riguarda gli indicatori di scarsità idrica (Mariani et al., 2018).

La validità di questa innovativa forma di supporto tecnico è stata riconosciuta dal legislatore: infatti, con l'art. 11 D.L. 39/2023, convertito, con modificazioni, dalla legge n. 68/2023, l'istituzione de-

gli Osservatori è stata recepita a livello di norma primaria e tali strutture sono diventate organi delle Autorità di bacino distrettuali con il compito precipuo di svolgere "funzioni di supporto per il governo integrato delle risorse idriche".

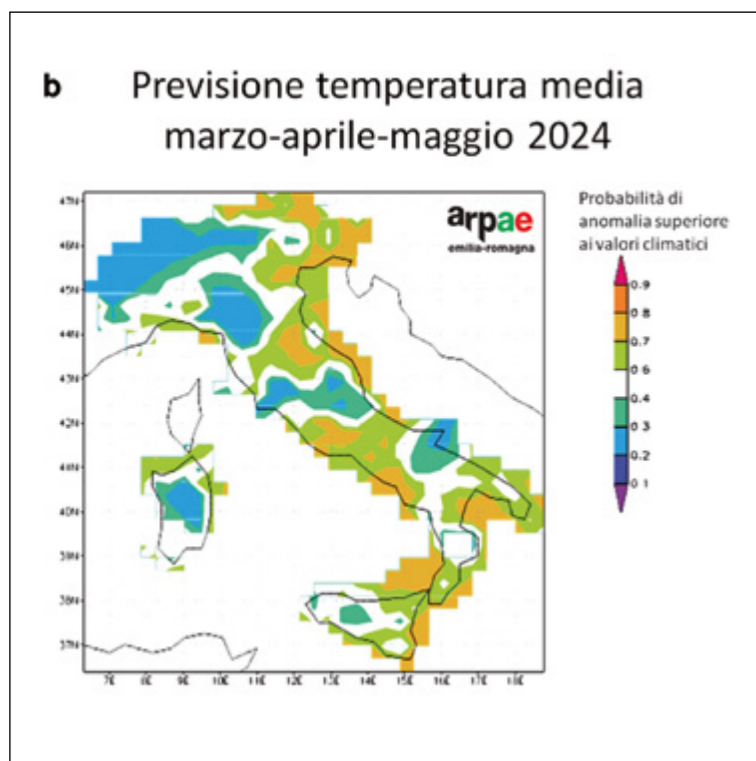
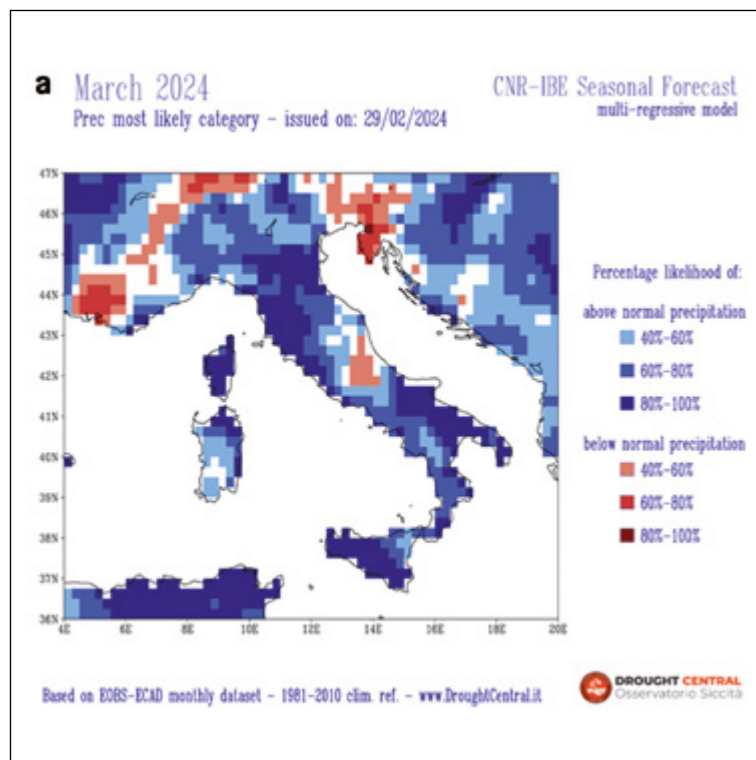
Dal punto di vista di protezione civile, la cornice multilaterale fornita dagli Osservatori costituisce la sede adeguata nella quale le informazioni disponibili possono essere condivise da parte degli attori istituzionali competenti che, preso atto degli scenari previsti, programmano e attuano gli interventi, le attività e i provvedimenti volti alla prevenzione e alla mitigazione delle crisi idriche. L'efficacia di tale modello di *governance* è strettamente connessa alla tempestività e appropriatezza delle azioni di mitigazione.

Il Gruppo tecnico-scientifico per le previsioni mensili e stagionali

Per quanto riguarda la predizione di possibili condizioni favorevoli per l'insorgenza di episodi siccitosi, il DPC, sin dal 2007, ha promosso la costituzione di un tavolo tecnico per le previsioni meteorologiche mensili e stagionali, avvalendosi della collaborazione di meteorologi e climatologi afferenti a vari enti e istituti di ricerca. Nel 2008, con decreto del Capo del Dipartimento della protezione civile, successivamente modificato nel 2015, è stato formalmente costituito il Gruppo tecnico-scientifico per le previsioni meteorologiche mensili e stagionali a scala nazionale e per le analisi climatologiche, composto dai rappresentanti del Centro nazionale di meteorologia e climatologia aerospaziale dell'aeronautica militare (CNMCA), dell'Istituto per la bioeconomia del CNR, del Servizio idro-meteo-clima dell'ARPAE della Regione Emilia-Romagna (ARPAE - SIMC), dell'Istituto di scienze dell'atmosfera e del clima del CNR, del CREA e dell'ISPRA.

Il Gruppo tecnico-scientifico, coordinato dal Dirigente del CFC, si riunisce con cadenza periodica presso il DPC, per individuare e condividere gli scenari climatologici previsionali più probabili, per il mese successivo (previsione mensile) e per il trimestre di riferimento (previsione trimestrale) sulla nostra penisola. In ciascuna riunione viene formulata una Sintesi previsionale condivisa, che rappresenta lo scenario meteorologico previsionale più probabile, quello di possibile impatto per il rischio da deficit idrico, per il rischio incendi e per le ondate di calore (Delli Passeri e Campione, 2021). Occorre tuttavia precisare che le previsioni meteorologiche a medio-lungo termine sono caratterizzate da un'incertezza previsionale diversa rispetto alle previsioni meteorologiche a pochi giorni ma, soprattutto negli ultimi anni, gli score previsionali del Gruppo sono da ritenersi molto soddisfacenti.

Figura 3.5
a) Previsione mensile del campo di precipitazione (fonte CNR-IBE); b) previsione trimestrale del campo delle temperature medie (ARPAE-SIMC.)



Durante le riunioni vengono esaminati, inoltre, alcuni indicatori climatici a livello globale, quali la temperatura superficiale del mare, il ghiaccio marino artico e la copertura nevosa su terraferma, che possono avere influenza sulla predicibilità atmosferica nel medio e lungo termine sull'Europa, Italia compresa.

Il Gruppo tecnico, fin dalla sua costituzione, valuta anche le analisi climatologiche disponibili, i risultati del monitoraggio della condizione idrica nazionale e fornisce indicazioni utili per la predisposizione di scenari di disponibilità idrica, condividendo le valutazioni previsionali e le analisi climatologiche con le Autorità di bacino distrettuali, gli Osservatori distrettuali permanenti sugli utilizzi idrici, le Regioni e altri potenziali fruitori (https://www.isprambiente.gov.it/pre_meteo/idro/SeverIdrica.html).

Seguono alcuni esempi degli scenari previsionali esaminati, mensili e stagionali, prodotti dai Centri di competenza (Fig. 3.5).

Durante gli anni 2022 e 2023, proprio a causa della crisi idrica nelle regioni del centro-nord, il Gruppo tecnico ha intensificato le proprie attività previsionali con un fitto calendario di riunioni, per supportare le azioni connesse al rischio da deficit idrico e al rischio incendi, fornendo anche mensilmente al DPC e a tutti i portatori di interesse, gli scenari previsionali di temperatura e precipitazioni.

In quest'ultimo periodo il Dipartimento della protezione civile sta promuovendo il rafforzamento del tavolo tecnico, con il previsto inserimento del Centro euro-mediterraneo sui cambiamenti climatici (CMCC), un istituto di ricerca specializzato, tra l'altro, nell'elaborazione di scenari climatici previsionali fino a tre-sei mesi. Il contributo di tali scenari previsionali è utile per finalità di protezione civile. Scenari climatici previsionali con limite maggiore sono utili per la pianificazione degli interventi infrastrutturali, un'attività che, come precedentemente richiamato, esula dall'ambito di competenza del sistema nazionale di protezione civile.

Le misure di prevenzione e mitigazione sono finalizzate a ridurre gli impatti delle crisi idriche e, come precedentemente richiamato, sono strettamente connesse alle attività di previsione: le misure e gli interventi di prevenzione vengono realizzati laddove sia possibile il manifestarsi di criticità idriche e, comunque, ai fini di un'ottimale gestione della risorsa idrica. Esiste una vasta letteratura scientifica in merito alle misure di prevenzione (Rossi, 2000; Rossi et al., 2007; Wilhite e Pulwarty, 2018), classificate in base a differenti criteri: finalità, tempistica di attuazione, approccio realizzativo, etc. Di particolare interesse sono le classificazioni basate su una combinazione delle differenti scale temporali (breve o lungo termine) con le categorie delle azioni e i settori coinvolti (agricolo, urbano, industriale, etc.).

Nello specifico, si possono distinguere tre differenti macrocategorie di misure in relazione alle finalità: riduzione della domanda, incremento della disponibilità e minimizzazione degli impatti.

Nel lungo termine, ai fini della riduzione della domanda, vi sono tecniche per la diminuzione dei consumi in agricoltura, incentivi economici per il risparmio idrico, impiego di colture meno idroesigenti, uso di reti duali in ambito urbano, riciclo dell'acqua nelle industrie, etc. Vi sono inoltre azioni volte all'aumento delle risorse quali, ad esempio, l'approvvigionamento idrico da altri bacini o altre parti del bacino (anche mediante la realizzazione di interconnessioni), la costruzione di nuovi serbatoi artificiali e/o l'aumento delle ca-

pacità d'invaso dei serbatoi esistenti, la realizzazione di laghetti collinari, il riuso di acque reflue depurate, l'utilizzo di desalinizzatori. Tra le misure finalizzate alla minimizzazione degli impatti possono essere annoverate lo sviluppo di sistemi di *early warning* per la siccità, l'implementazione di piani di emergenza, campagne di sensibilizzazione, programmi assicurativi, etc.

Nel breve termine, le azioni di riduzione della domanda più comuni consistono nella restrizione di taluni utilizzi in ambito urbano (ad esempio, lavaggio degli autoveicoli, annaffiature dei giardini), restrizioni nelle irrigazioni, razionalizzazione degli usi, campagne di sensibilizzazione, etc. Anche nel breve termine, possono essere realizzate azioni e interventi per l'aumento delle risorse quali, ad esempio, il ricorso a nuove regole gestionali, l'uso di nuove fonti o di fonti alternative, il potenziamento o l'efficientamento dei dispositivi idraulici. In ultimo, possono essere altresì avviate iniziative e attività per la minimizzazione degli impatti, quali l'impiego di mezzi per assicurare una dotazione idrica sufficiente (autobotti, navi cisterna, etc.), la temporanea riallocazione delle risorse idriche, i provvedimenti di tipo economico, fiscale, etc.

La selezione delle misure da adottare non può essere effettuata a priori secondo schemi prefissati, ma dipende dallo specifico contesto territoriale ed è chiaramente l'esito finale di complesse valutazioni che integrano differenti considerazioni di natura non solo tecnica, ma anche istituzionale, economica, sociale.

Le attività di costruzione di nuove infrastrutture e la programmazione e la gestione delle risorse idriche rientrano nelle competenze di numerose amministrazioni e soggetti, quali ministeri, autorità di bacino distrettuali, amministrazioni regionali, enti gestori, etc.

Il Servizio nazionale della protezione ci-

vile esplica, invece, la propria azione prevalentemente in un orizzonte temporale di breve termine, predisponendo e attuando "in collaborazione con le amministrazioni e i soggetti preposti" azioni contingibili e urgenti finalizzate in particolare ad alleviare i disagi alle popolazioni interessate dalle crisi idriche.



Il contrasto e il superamento delle crisi idriche

Come visto in precedenza, le attività di previsione e prevenzione delle crisi idriche rivestono importanza notevole ai fini della mitigazione degli impatti da queste provocati. È evidente, tuttavia, che l'eventuale perdurare di fasi meteorologiche prive di significativi apporti meteorici e i fattori di debolezza che ancora oggi connotano il sistema idrico italiano, rendono possibile, nonostante la tempestiva adozione di misure di prevenzione, l'insorgenza di vere e proprie emergenze idriche che possono determinare pesanti conseguenze per il settore agricolo e, in taluni casi, anche per l'approvvigionamento idropotabile.

In tali circostanze, il Dipartimento della protezione civile è intervenuto non solo monitorando con continuità l'evolversi della situazione meteorologica e idrologica in atto, ma anche fornendo al Presidente del Consiglio dei ministri e al Consiglio dei ministri supporto tecnico per le attività propedeutiche alla deliberazione dello stato di emergenza, a seguito delle richieste formulate dalle amministrazioni regionali territorialmente interessate, ai sensi dell'art. 24, commi 1 e 2 del D.Lgs. 2 gennaio 2018, n.1.

Al riguardo, la fase istruttoria e la successiva fase dei provvedimenti emergenziali si possono schematizzare così come di seguito riportato:

- 1. Richiesta della dichiarazione dello stato di emergenza.**
- 2. Istruttoria del Dipartimento della protezione civile.**
- 3. Deliberazione dello stato di emergenza del Consiglio dei ministri.**
- 4. Ordinanze di protezione civile, nomina Commissario delegato e attuazione in interventi.**

La prima fase è dunque quella della richiesta della dichiarazione dello stato di emergenza. Le Regioni e le Province autonome interessate, al verificarsi di "eventi calamitosi di origine naturale o derivanti dall'attività dell'uomo che in ragione della loro intensità o estensione debbono, con immediatezza d'intervento, essere fronteggiate con mezzi e poteri straordinari da impiegare durante limitati e predefiniti periodi di tempo [...]" (art. 7, comma 1 lett. c del Codice), ovvero nella loro imminenza, formulano la richiesta di deliberazione dello stato di emergenza di rilievo nazionale al Presidente del Consiglio dei ministri.

Presupposto della richiesta è che l'evento sia tale da richiedere l'adozione di misure che trascendano le capacità operative e finanziarie degli enti competenti in via ordinaria, tenuto conto dell'intensità o dell'estensione dell'evento, dello scenario di danno e di rischio residuo, nonché dell'urgenza dell'intervento volto alla salvaguardia della pubblica e privata incolumità e alla ripresa delle normali condizioni di vita da parte della popolazione colpita; la richiesta deve altresì essere corredata da informazioni e dati ai fini della successiva istruttoria del Dipartimento.

A seguito della richiesta, inizia dunque l'istruttoria del Dipartimento della protezione civile. Allo scopo di orientare le valutazioni del Consiglio dei ministri in ordine alla necessità di deliberare lo stato di emergenza, il Dipartimento della protezione civile effettua l'istruttoria tecnico-amministrativa e valuta se ricorrano

i presupposti per la deliberazione: a tal riguardo, vengono compiuti tutti i necessari approfondimenti, se del caso con sopralluoghi sul territorio interessato.

Il Consiglio dei ministri, sulla base della predetta istruttoria e su proposta del Presidente del Consiglio, delibera lo stato di emergenza di rilievo nazionale, fissandone la durata (che per norma è al massimo di 12 mesi, prorogabile per ulteriori 12 mesi) e determinandone l'estensione territoriale con riferimento alla natura e alla qualità degli interventi. Con l'emanazione della deliberazione dello stato di emergenza, il Consiglio dei ministri autorizza altresì il Capo del Dipartimento della protezione civile all'emanazione di proprie ordinanze. La delibera, inoltre, individua le prime risorse finanziarie da destinare all'avvio delle attività di soccorso e assistenza alla popolazione e degli interventi più urgenti di cui all'articolo 25, comma 2, lettere a) e b) del Codice, nelle more della ricognizione in ordine agli effettivi fabbisogni, e autorizza la spesa nell'ambito del Fondo per le emergenze nazionali (FEN). Ulteriori eventuali necessità vengono finanziate mediante successive deliberazioni del Consiglio dei ministri.

Segue dunque la fase vera e propria dell'attuazione degli interventi di tipo emergenziale. Come precedentemente richiamato, per il coordinamento dell'attuazione degli interventi da effettuare durante lo stato di emergenza di rilievo nazionale si provvede mediante ordinanze del Capo del Dipartimento della protezione civile, da adottarsi in deroga ad ogni disposizione vigente, nei limiti e con le modalità indicati nella deliberazione dello stato di emergenza e nel rispetto dei principi generali dell'ordinamento giuridico e delle norme dell'Unione europea. Le ordinanze sono emanate acquisita l'intesa delle Regioni e delle Province autonome territorialmente interessate e, ove rechi-

no deroghe alle leggi vigenti, contengono l'indicazione delle norme alle quali si intende derogare.

Nelle ordinanze vengono altresì nominati i Commissari delegati che, per fronteggiare le emergenze, attuano le disposizioni delle medesime ordinanze nei territori di competenza attraverso la redazione di Piani degli interventi e quindi l'esecuzione degli stessi, anche avvalendosi di soggetti attuatori. L'approvazione e il controllo attraverso il monitoraggio del Piano degli interventi è demandato al DPC.

Durante la vigenza dello stato di emergenza, il Commissario delegato può modificare o integrare il Piano degli interventi per intervenute esigenze o a seguito dell'accertamento di economie.

Nello specifico caso dell'emergenza idrica tutte le misure e le opere contenute nel piano dei primi interventi urgenti devono essere volte a reperire e a rendere disponibile ulteriore risorsa idrica o a gestire quella disponibile, in un orizzonte temporale congruo con la durata dello stato di emergenza, come meglio specificato nel box di questo capitolo *La crisi idrica del 2022-2023. Gli interventi emergenziali di protezione civile*.

Inoltre, sempre sulla base del quadro normativo vigente in materia di protezione civile, è possibile:

- **definire uno speciale regime derogatorio per la semplificazione e l'accelerazione della realizzazione delle opere e degli interventi sopra descritti;**
- **avviare la raccolta dei fabbisogni più generali in materia di esigenze strutturali, ai fini della relativa valutazione da parte degli organi competenti.**

Di contro, non rientrano nell'azione di protezione civile, ai sensi dell'articolo 16, comma 3, del Codice della protezione civile, gli interventi e le opere per eventi programmati o programmabili in tempo utile.

Sempre a titolo di esempio, si riportano alcune misure ritenute non ammissibili:

- **gli interventi aventi una tempistica progettuale e realizzativa superiore al periodo di vigenza dello stato di emergenza o della relativa contabilità speciale;**
- **tutti gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria di competenza dei gestori, ricompresi nelle tariffe e nei contratti di concessione.**

Di conseguenza, è evidente che le misure di protezione civile devono essere necessariamente affiancate da rilevanti azioni di miglioramento dell'efficienza e della resilienza dei sistemi di approvvigionamento idrico: si tratta di interventi e misure che agiscono su orizzonti temporali di medio-lungo termine e che sono riconducibili alle competenze di ministeri, amministrazioni regionali, enti gestori, consorzi di bonifica, etc.

La crisi idrica del 2022-2023. Gli interventi emergenziali di protezione civile

Negli anni 2022-2023 si è verificata una grave ed estesa crisi idrica. Durante l'estate nel 2022 è stato dichiarato lo stato di emergenza per nove Regioni dell'Italia centro-settentrionale (Piemonte, Liguria, Lombardia, Emilia-Romagna, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Toscana, Umbria, Lazio) e sono state emanate le relative ordinanze di protezione civile, con le quali, come generalmente avvenuto in passato, i Presidenti delle Regioni sono stati nominati Commissari delegati per i rispettivi territori di competenza. In relazione al protrarsi delle condizioni di criticità e alla necessità di implementare adeguate strategie operative a medio/lungo termine, il 28 dicembre 2022 è stato prorogato per 12 mesi lo stato di emergenza per le predette Regioni ed è stata disposta l'estensione dello stato di emergenza alla Regione Marche.

Di seguito viene riportata una tabella con l'elenco delle dichiarazioni dello stato di emergenza e delle relative ordinanze di protezione civile emanate negli anni 2022 e 2023 per il contrasto della crisi idrica (Tab. 3.2).

Regione	Data Delibera Consiglio dei Ministri	Ordinanza Capo Dipartimento Protezione Civile	Fondi assegnati (mln. €)
Piemonte	04/07/2022	906, 21/07/2022	7.6
Lombardia	04/07/2022	906, 21/07/2022	9.0
Emilia-Romagna	04/07/2022	906, 21/07/2022	10.9
Veneto	04/07/2022	906, 21/07/2022	4.8
Friuli Venezia Giulia	04/07/2022	906, 21/07/2022	4.2
Umbria	14/07/2022	909, 28/07/2022	2.8
Lazio	04/08/2022, 01/09/2022	916, 26/08/2022	5.8
Liguria	01/09/2022	920, 14/09/2022	5.7
Toscana	01/09/2022	920, 14/09/2022	4.3
Marche	28/12/2022	961, 25/01/2023	0.965
Totale			56.065

Tabella 3.2

Elenco delle dichiarazioni dello stato di emergenza e delle ordinanze di protezione civile emanate per il contrasto della crisi idrica del 2022-2023.

Durante l'estate del 2022, le misure di protezione civile hanno consentito di ridurre significativamente i disagi per la popolazione, soprattutto per quanto riguarda il settore idropotabile (Duro et al., 2023). In particolare, per velocizzare l'iter di presentazione dei piani dei primi interventi urgenti da parte dei Commissari delegati e la relativa approvazione da parte del DPC, come previsto dalle ordinanze prima citate, sono stati condivisi con le Regioni i contenuti minimi della relazione esplicativa tipo dei piani, che è stata così strutturata: una premessa, un inquadramento meteo-idrologico a scala regionale/provinciale, una descrizione a scala regionale/provinciale della condizione di criticità nel settore dell'approvvigionamento a uso idropotabile e cenni alle eventuali criticità in altri settori (irriguo, attività produttive, produzione di energia, etc.), in particolare per le situazioni di diretta interconnessione con il settore idropotabile.

Sono state, altresì, condivise le misure non strutturali e strutturali, nonché l'orizzonte temporale di attuazione: pertanto, nei piani presentati dai commissari delegati e approvati dal Capo del Dipartimento della protezione civile sono state proposte e successivamente attuate varie misure di breve termine, quali per esempio:

- l'utilizzo di autobotti per il trasporto e il rifornimento dell'acqua nei serbatoi;
- la realizzazione di punti di distribuzione della risorsa idrica alimentati mediante autobotti;
- la realizzazione di serbatoi e accumuli di carattere temporaneo;
- la posa di gruppi di pompaggio;
- l'attivazione di nuove fonti;
- il ripristino di fonti abbandonate e il *revamping* dei pozzi;
- la posa di tubazioni provvisorie (Fig. 3.6) per il potenziamento o la sostituzione di tratti della rete di adduzione;
- interventi di interconnessione di reti acquedottistiche esistenti;
- l'implementazione di sistemi di telecontrollo o efficientamento di dispositivi idraulici volti alla misurazione e alla gestione della risorsa idrica per ottimizzarne l'uso;
- la realizzazione di nuovi pozzi o approfondimento di pozzi esistenti;
- la risagomatura dell'alveo per convogliare l'acqua verso le prese;
- l'aumento temporaneo della capacità di stoccaggio delle acque.



Figura 3.6

Condotte provvisorie.
Foto Dipartimento della protezione civile.

Il valore aggiunto della conoscenza tecnico-scientifica

Nel corso degli anni il ruolo della conoscenza tecnico-scientifica nelle attività di protezione civile è progressivamente divenuto sempre più strategico. Con la legge n. 996/1970 veniva utilizzato per la prima volta nell'ordinamento giuridico il termine "Protezione Civile"; la norma disciplinava quasi esclusivamente l'attività di soccorso e assistenza alla popolazione.

La legge n. 225/1992 istituì il Servizio nazionale della protezione civile e valorizzò il dialogo con la comunità scientifica e le attività di previsione e prevenzione. Il disegno complessivo era – e rimane – quello di prevedere gli scenari di evento e di rischio relativi alle differenti tipologie di *hazard* e, sulla base di questi, calibrare le attività di prevenzione non strutturale, contrasto e gestione emergenziale.

Nascevano dunque la Commissione nazionale per la previsione e la prevenzione dei grandi rischi – organo di alta consulenza scientifica e di raccordo con la comunità scientifica – e, in un secondo momento, la rete dei Centri di competenza.

Il Codice della protezione civile ha ribadito l'importanza della conoscenza tecnico-scientifica nell'implementazione delle misure di protezione civile, in particolare per quanto riguarda le misure di previsione e di prevenzione non strutturale.

Per quanto riguarda più specificatamente il rischio da deficit idrico, è di tutta evidenza che le attività sommariamente richiamate nei paragrafi precedenti non

sarebbero state assolutamente possibili in assenza di dati tecnico-scientifici attendibili e costantemente aggiornati, relativi in primo luogo alla variazione temporale dei parametri meteorologici, nonché al quadro della disponibilità idrica, sia essa superficiale che sotterranea. Si tratta di dati che, come si evince dagli altri capitoli del volume, sono essenziali per la definizione dei bilanci idrici. È importante sottolineare nuovamente che, ai fini di protezione civile, è importante disporre anche di informazioni sugli impatti delle crisi idriche sull'approvvigionamento e sulla popolazione (riduzione percentuale del volume d'acqua immesso in rete, durata e frequenza delle turnazioni, etc.).

Per quanto concerne il monitoraggio degli afflussi meteorici, i progressi effettuati sono stati rimarchevoli, in particolare con la realizzazione della rete idro-pluviometrica dei Centri funzionali, rafforzata significativamente dopo l'evento di Sarno del 5-6 maggio 1998, con l'installazione di un numero considerevole di stazioni in telemisura e una distribuzione spaziale sufficientemente omogenea (circa 5000 sensori tra pluviometri, idrometri, anemometri, nivometri, barometri, etc.). Pur essendo stata strutturata per le finalità del Sistema di allertamento di cui alla Dir. P.C.M. 27 febbraio 2004 e s.m.i., la rete nazionale idro-meteo-pluviometrica (Figura 3.7) consente di rilevare, attraverso elaborazioni con i dati di precipitazione, anomalie pluviometriche che, qualora negative e protratte nel tempo, potrebbero preludere a condizioni di criticità per l'approvvigiona-



Figura 3.7
Stazioni idro-meteo-pluviometriche in telemisura della Rete dei centri funzionali del DPC. Immagine tratta dalla piattaforma Dewetra.

mento idrico. Per quanto riguarda il monitoraggio idro-meteo-pluviometrico si vedano anche i capitoli 4 (Il regime meteo-climatico), 5 (La criosfera), 7 (Acque superficiali e invasi) e 8 (Acque sotterranee).

Per quanto concerne la qualità del dato, occorre far presente che i dati meteo-idro-pluviometrici della rete dei Centri funzionali del DPC, sono disponibili in tempo quasi reale (*near real time*), ma non sono validati, e dunque potrebbero essere affetti da errori. La qualità di questo tipo di dati è quindi strettamente legata alla funzionalità della rete in telemisura, la quale potrebbe subire ritardi di trasmissione, mancate trasmissioni, manutenzioni pro-

grammate o malfunzionamenti improvvisi. Su tali dati viene effettuato solamente un primo controllo con sistemi automatici, per garantirne una certa affidabilità ed essere utilizzati nel tempo reale dalla rete dei Centri funzionali per le attività di allertamento nazionale.

Nel tempo differito, i dati subiscono un attento processo di validazione da parte degli enti proprietari (agenzie per la protezione ambientale di Regioni e Province autonome, Centri funzionali decentrati, etc.) per gli utilizzi nel campo della climatologia e dell'idrologia, nonché per le finalità del Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente (SNPA).

Nell'ambito della valutazione della siccità e in particolare nelle attività di supporto ai tavoli tecnici degli Osservatori sugli utilizzi idrici, occorre fornire un quadro tempestivo della situazione in atto, utilizzando, quindi, un set di dati nel tempo reale, seppur non validato, che possa fornire scenari sempre aggiornati per quanto riguarda la possibile insorgenza di crisi idriche sul territorio nazionale. Necessità questa, sempre più sentita da parte anche delle amministrazioni competenti, chiamate a prendere decisioni rapide sulla base dei dati a disposizione.

Diversamente, in ambito climatologico e idrologico, ossia per quegli studi che si sviluppano nel tempo differito, la qualità del dato gioca un ruolo più rilevante, rispetto alla disponibilità immediata del dato stesso. Occorrerebbe potenziare questa attività di validazione del dato proveniente dalla rete in telemisura al fine di costituire un adeguato numero di serie storiche quanto più lunghe e continue, a supporto non solo delle attività di previsione e prevenzione della siccità, ma anche di quelle di pianificazione del territorio.

Rimangono, in particolare, alcune lacune relative sia ai dati relativi alla disponibilità idrica, sia ai dati sui prelievi e gli utilizzi, ancora oggi di non facile acquisizione. Si tratta di informazioni importanti per la previsione di condizioni di scarsità idrica e anche per la tempestiva programmazione di misure di rimodulazione delle erogazioni che possano consentire di mitigare i disagi per la popolazione.

In relazione al monitoraggio della disponibilità idrica, occorre fare ancora molto per approfondire la conoscenza dello stato delle acque sotterranee: non sempre i dati relativi al monitoraggio dei livelli piezometrici delle falde freatiche e delle portate erogate dalle sorgenti vengono rilevati o condivisi, nonostante

emerga sempre più la necessità di comprendere meglio la dinamica dei corpi idrici sotterranei. Esistono esempi di reti di monitoraggio dedicate, ma occorre senza dubbio intensificare la conoscenza e il monitoraggio dei corpi idrici sotterranei, che – come precedentemente richiamato – in alcune aree costituiscono l'unica fonte di approvvigionamento idrico.

Una situazione migliore si riscontra per le acque superficiali, quali quelle invase in laghi naturali, regolati o meno, serbatoi artificiali o acque defluenti lungo le aste fluviali del reticolo idrografico. Anche in questo caso, tuttavia, non mancano margini di miglioramento: ancora oggi non sempre si conoscono i volumi invasi in molti serbatoi artificiali, per i quali è necessario avere una frequenza di acquisizione perlomeno mensile e durante le crisi idriche, almeno settimanale.

A tal riguardo, Fondazione CIMA, Centro di competenza del Dipartimento della protezione civile, sta sviluppando una metodologia di rilevamento satellitare per il monitoraggio delle superfici delle acque ferme (laghi, invasi, traverse), al fine di supportare e integrare le consuete attività di monitoraggio degli Osservatori sugli utilizzi idrici e dell'intero Servizio nazionale della protezione civile. Tale attività, ad oggi in fase sperimentale (Cenci et al., 2024; Pulvirenti et al., 2020; Pulvirenti et al., 2021), è condotta in stretto raccordo con alcune Autorità di bacino distrettuali e con enti gestori ed è finalizzata a consentire un monitoraggio più frequente degli invasi.

Per quanto riguarda il reticolo idrografico, le portate delle aste dei fiumi più importanti vengono regolarmente monitorate con stazioni in telemisura per le finalità del sistema di allertamento: pertanto, la frequenza di acquisizione può considerarsi adeguata. Occorre tuttavia estendere il

monitoraggio a stazioni nei pressi di punti di prelievo della risorsa per poter verificare in tempo reale se la portata sia superiore o meno alla soglia minima per l'attingimento.

Inoltre, come precedentemente richiamato, la mancanza di informazioni certe, sistematiche e aggiornate in merito al quadro dei prelievi dai differenti corpi idrici e dei corrispondenti utilizzi, condiziona inevitabilmente la possibilità di mettere a punto sistemi di preannuncio basati sull'integrazione dei dati relativi agli afflussi meteorici, ai deflussi e ai prelievi e sul successivo confronto con le medie storiche di riferimento.

Queste difficoltà sono almeno in parte spiegabili con l'elevata frammentazione gestionale, in particolare nelle regioni meridionali, con numerose gestioni in economia da parte delle amministrazioni comunali (spesso associata alla ridotta dimensione dei sistemi di approvvigionamento idrico), nonché con la mancanza di personale tecnico specializzato che possa effettuare tali elaborazioni.

Questi dati sono peraltro molto importanti per comprendere meglio la dinamica delle crisi idriche e in particolare per consentirne il preannuncio che, come precedentemente richiamato, è fondamentale per poter dare alle amministrazioni e ai soggetti gestori la possibilità di attuare tempestivamente le necessarie misure di mitigazione.

Al riguardo, negli ultimi anni il Dipartimento della protezione civile ha sostenuto la ricerca scientifica finalizzata alla messa a punto di innovativi sistemi di preannuncio, come ad esempio il tool INOPIA sviluppato dall'Istituto di ricerca sulle acque del CNR (Romano et al., 2018), Centro di competenza del Dipartimento della protezione civile. La finalità di tali strumenti è quella di fornire, ove possibile, un *war-*

ning di condizioni di scarsità idrica, nonché supporto tecnico alle decisioni delle amministrazioni e dei soggetti responsabili della programmazione e gestione delle risorse idriche. Tale aspetto sta acquisendo maggiore centralità negli ultimi anni, in ragione della notevole frequenza delle crisi idriche e della necessità, da parte delle amministrazioni pubbliche, di disporre di sistemi che forniscano un ausilio alle decisioni basate su dati oggettivi, condivisi e trasparenti. Si pensi, ad esempio, alla programmazione delle risorse degli invasi per la stagione irrigua e per gli usi idropotabili che avviene usualmente alla fine della stagione invernale, a seguito di un confronto dei funzionari tecnici delle amministrazioni pubbliche con i referenti dei Consorzi di bonifica e degli Enti gestori del servizio idrico integrato.

Altro parametro fondamentale, che concorre, insieme alla precipitazione e agli altri indicatori (temperature, portate, etc.), alla stima della siccità e del bilancio idrico, è l'umidità del terreno. A differenza della precipitazione che subisce il fenomeno del ruscellamento, l'umidità del suolo rappresenta l'acqua che realmente riesce ad infiltrarsi nel terreno, stimata anche alle diverse profondità, e che pertanto contribuisce con tempistiche più lente, alla ricarica delle acque sotterranee. La stima di umidità del terreno viene elaborata da alcuni Centri di competenza esperti in ambito di idrologia, e in particolare dall'Istituto di ricerca per la protezione idrogeologica del CNR, attraverso i dati satellitari EUMETSAT H-SAF (<http://h-saf.eumetsat.int/>), distribuiti da Copernicus (Ciabatta et al., 2015) e dal data set di rianalisi ERA5 Land. Nello specifico, il contenuto di acqua viene stimato nei primi strati del terreno attraverso l'utilizzo del sensore ASCAT, a bordo di satelliti meteorologici polari europei e americani, e poi estrapolato a profondità maggiori, fino a 1-3 me-

tri, per valutare la ricarica delle falde. La valutazione dell'umidità del terreno nella stima della siccità è condotta in termini di anomalie rispetto ai valori medi degli ultimi decenni e confrontata anche con gli anni più critici.

Il parametro umidità, inoltre, gioca un ruolo rilevante nei modelli idrologici, come input per la previsione delle piene e della siccità, apportando spesso una migliore predicibilità dei fenomeni previsti (Brocca et al., 2024).

La variabile "umidità del suolo", in termini di monitoraggio e di ruolo nei processi idrologici è ampiamente trattata nel Capitolo 7 del presente volume.

Come già discusso nei paragrafi precedenti, il monitoraggio delle variabili climatiche risulta fortemente dipendente dal dato che si va a considerare, sia in termini di provenienza (amministrazioni pubbliche, altri soggetti pubblici e/o privati), sia in termini di tempestività e qualità del dato stesso.



Tutta la modellistica e i prodotti che vengono elaborati dal Dipartimento della protezione civile attraverso la rete dei Centri di competenza, una volta resi operativi, vengono distribuiti a tutta la rete dei Centri funzionali, alle Autorità di bacino distrettuali e all'intero sistema di protezione civile per permetterne l'effettivo utilizzo. La disseminazione dei prodotti avviene tramite seminari, *workshop*, *training on the job*, nonché percorsi formativi, con ricercatori scientifici e personale del DPC, come fatto ad esempio, recentemente con i corsi di aggiornamento agli operatori della rete dei Centri funzionali, tenutisi nei mesi di novembre 2023 e gennaio 2024.

In conclusione, la rassegna delle attività sommariamente richiamate consente da un lato di evidenziare l'importanza strategica della conoscenza tecnico-scientifica, dall'altro di comprendere la necessità di migliorare la conoscenza dei bilanci idrici, degli impatti e dell'assetto infrastrutturale dei sistemi di approvvigionamento idrico ai fini di una migliore capacità di previsione, prevenzione e contrasto delle crisi idriche.

Lezioni apprese e scenari futuri

Le numerose crisi idriche avvenute negli ultimi decenni hanno prodotto significativo nocumento ai differenti comparti d'uso dell'acqua (idropotabile, irriguo, industriale, energetico, etc.) e rallentato lo sviluppo economico e sociale del Paese. Gli impatti delle crisi idriche colpiscono i settori di utilizzo dell'acqua, anche con modalità complesse, connesse agli utilizzi plurimi e talora competitivi della risorsa: si pensi, ad esempio, come le ridotte portate del Po nell'estate del 2022 abbiano determinato criticità non solo ai prelievi ad uso idropotabile e ad uso irriguo, ma anche al raffreddamento dei gruppi di produzione delle centrali termoelettriche ubicate lungo l'asta principale (Montanari et al., 2023).

Sulla base di quanto avvenuto, è possibile trarre alcune considerazioni di carattere generale sulle cause delle crisi idriche, sulle loro modalità di evoluzione e sulle possibili dinamiche future: si tratta di elementi tecnici e informativi di notevole rilevanza al fine di prevenire e mitigare le conseguenze sui differenti comparti d'uso.

In primo luogo, emergono con sempre maggiore chiarezza le variazioni nelle dinamiche meteorologiche e idrologiche dovute alla crisi climatica in atto, le quali determinano non solo un aumento della frequenza degli episodi siccitosi, ma anche degli altri fenomeni estremi di interesse del sistema nazionale di protezione civile, spesso contraddistinti da una rapida evoluzione, come *flash floods*, colate rapide di fango, e *debris flows*, nonché ondate di calore e incendi boschivi.

Il costante aumento delle temperature medie e l'andamento spesso erratico

delle precipitazioni producono effetti che esasperano le criticità determinate dall'aumento dei prelievi e dall'assetto infrastrutturale, connotato da diffusi e rilevanti fattori di vulnerabilità. Si pensi, per esempio, alle ingenti perdite di rete, che determinano la sottrazione di cospicui volumi di risorsa alla fruizione. Nel 2022, l'Istituto nazionale di statistica ha stimato che il 42.4% dell'acqua potabile si disperde per inefficienza delle reti comunali di distribuzione (Istat, 2024).

Un altro fattore, riscontrato con evidenza durante le crisi idriche, è la diffusa mancanza di interconnessioni tra i sistemi di approvvigionamento idrico che impedisce l'attuazione di un'efficace misura di mitigazione come il semplice trasferimento della risorsa verso sistemi idrici maggiormente deficitari. La vulnerabilità infrastrutturale si riscontra pure nei sistemi idrici nei quali gli impianti sono inefficienti o inattivi da tempo, sia per mancata manutenzione, sia a seguito degli effetti di eventi estremi.

Va considerata, inoltre, la ridotta resilienza dei sistemi di fornitura idrica nei confronti della siccità originata da una limitata diversificazione delle fonti di approvvigionamento: infatti, in taluni casi, ampi territori sono riforniti da fonti idriche superficiali, notoriamente vulnerabili alla siccità, ma che a seguito di cospicui apporti meteorici incrementano significativamente la loro disponibilità in tempi relativamente ridotti. Di converso, le acque sotterranee presentano la caratteristica di non registrare consistenti riduzioni a seguito di episodi siccitosi non particolarmente prolungati, ma a seguito di lunghe stagioni prive di apporti

meteorici stentano ad aumentare la loro disponibilità, se non a seguito di precipitazioni protratte nel tempo. Individuare il giusto equilibrio tra fonti idriche superficiali e sotterranee è dunque strategico per la prevenzione delle crisi idriche.

Occorre, pertanto, una *governance* che sappia comprendere la complessità insita nella pianificazione delle risorse idriche, e che definisca nuovi e più efficaci criteri di gestione improntati a principi di sostenibilità e di equa ripartizione tra i territori e i differenti utilizzi della risorsa. In tale contesto, è di rilevanza strategica rafforzare l'attività di censimento e di monitoraggio sistematico delle fonti di approvvigionamento idrico.

A tal riguardo, l'innovazione avvenuta con l'istituzione degli Osservatori distrettuali permanenti sugli utilizzi idrici è stata senza dubbio positiva. Gli Osservatori hanno consentito di monitorare nel dettaglio l'evoluzione delle crisi idriche e, grazie alla loro struttura partecipata, di comprendere meglio la complessità dei sistemi di approvvigionamento e di distribuzione. Occorre, tuttavia, rafforzare il dialogo interistituzionale e rendere maggiormente efficace l'attività di tali strutture.

La tempestività dell'azione di prevenzione gioca un ruolo decisivo: proprio quanto avvenuto nel corso dell'estate del 2022 ha confermato la necessità di adottare un approccio proattivo. Per tali ragioni, con l'art. 15 del D.L. 9 agosto 2022, n. 115 (c.d. "Decreto aiuti- bis"), convertito, con modificazioni, dalla legge 21 settembre 2022, n. 142, è stato integrato l'art. 16 comma 1 del Codice della protezione civile, prevedendo, in relazione al rischio da deficit idrico, che "la deliberazione della stato di emergenza di rilievo nazionale [...] può essere adottata anche preventivamente, qualora, sulla base delle informazioni e dei dati, anche climatolo-

gici, disponibili e delle analisi prodotte dalle Autorità di bacino distrettuali e dai Centri di competenza [...], sia possibile prevedere che lo scenario in atto possa evolvere in una condizione emergenziale". Quindi, il disposto normativo sopra citato conferisce ulteriore, notevole rilevanza alle attività tecnico-scientifiche ai fini della riduzione del rischio da deficit idrico: pertanto, per una migliore ed efficace implementazione delle citate attività, è di fondamentale importanza un costante, continuo e integrato monitoraggio delle risorse idriche, sia superficiali che sotterranee.

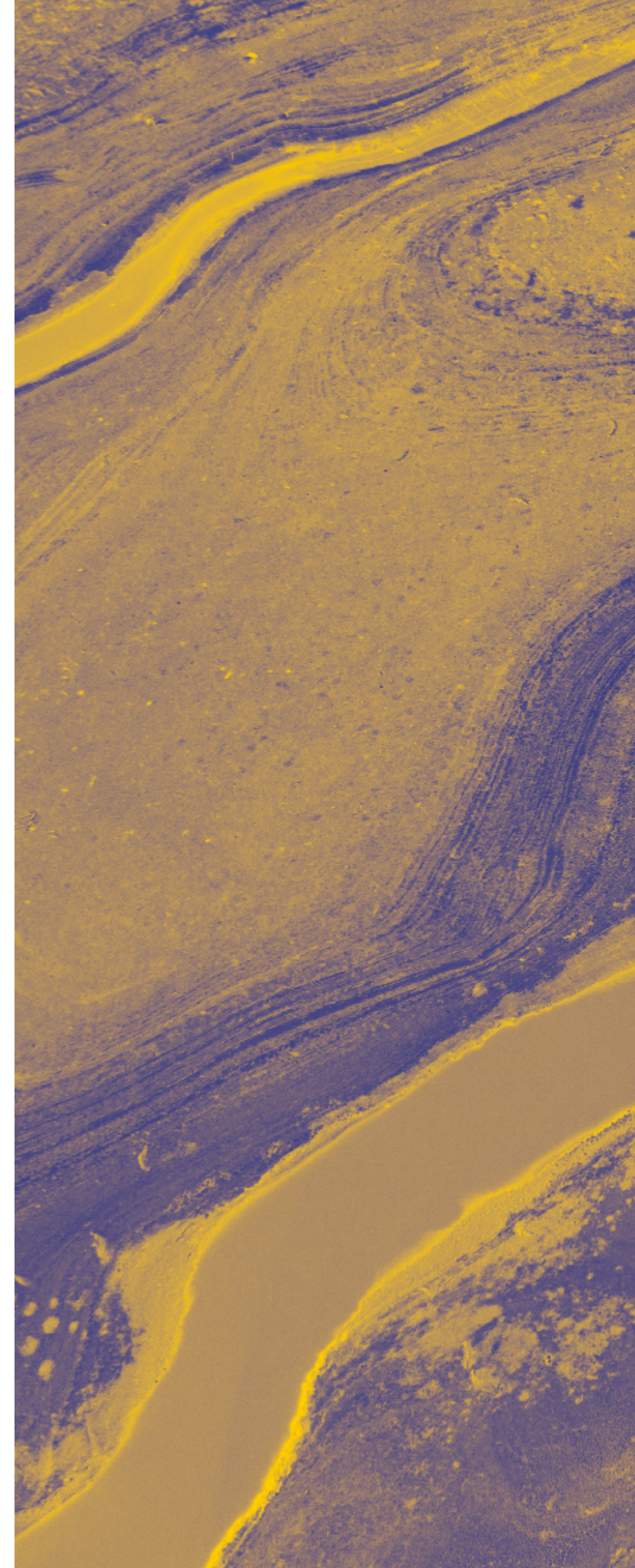
Le evidenze raccolte negli ultimi decenni confermano che, a causa della crisi climatica in atto, i fenomeni siccitosi diventeranno sempre più frequenti nel futuro, unitamente ad altre tipologie di eventi estremi quali inondazioni, precipitazioni intense, incendi boschivi, ondate di calore, etc. (IPCC, 2023). Occorrerà dunque prepararsi adeguatamente per fronteggiare gli effetti di tali calamità, che si manifestano sempre più spesso simultaneamente, come ad esempio le crisi idriche e gli incendi boschivi.

Per quanto riguarda il deficit idrico, le misure di protezione civile hanno consentito di mitigare significativamente gli impatti per la popolazione, ma non possono assolutamente essere considerate sostitutive di interventi finalizzati alla realizzazione di nuove infrastrutture o alla manutenzione e al riefficientamento di quelle esistenti.

Alla luce dell'aumentata frequenza delle crisi idriche, occorre una strategia che preveda l'integrazione di misure di breve termine, finalizzate primariamente a ridurre le ripercussioni della siccità sulla popolazione, con interventi proiettati nel medio-lungo termine, volti all'efficientamento delle reti, a una migliore intercon-

nessione tra gli schemi idrici, ad aumentare per quanto possibile la capacità di accumulo idrico e, in generale, a migliorare la resilienza dei sistemi di approvvigionamento idrico.

In tale ambito, le linee di investimento previste dal Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR) e le altre pianificazioni di settore vanno proprio nella direzione auspicata di migliorare la resilienza delle reti e di ridurre la probabilità di innesco delle crisi idriche. In particolare, tra le misure previste dal PNRR, sono compresi interventi finalizzati alla riduzione delle perdite di rete, al miglioramento delle infrastrutture primarie di approvvigionamento, alla digitalizzazione e al monitoraggio delle reti: sono cioè, nel loro complesso, interventi e misure che, se implementati con tempestività, potranno, unitamente, alle ulteriori misure precedentemente richiamate, consentire di ridurre il rischio di gravi crisi idriche nel futuro.



Baratti S., 1997. La regolazione dei grandi laghi dell'Italia del Nord: l'uso della risorsa idrica. In: Regione Lombardia, Assessorato all'Agricoltura – Enti Regolatori dei Grandi Laghi Alpini, La regolazione dei grandi laghi alpini. Giornate di studio. Gardone Riviera (BS), 2-3 maggio 1996, 13-23.

Brocca L., Barbetta S., Camici S., Ciabatta L., Dari J., Filippucci P., Massari C., Modanesi S., Tarpanelli A., Bonaccorsi B., Mosaffa H., Wagner W., Vreugdenhil M., Quast R., Alfieri L., Gabellani S., Avanzi F., Rains D., Miralles D. G., Mantovani S., Briese C., Domeneghetti A., Jacob A., Castelli M., Camps-Valls G., Volden E. and Fernandez D., 2024. A Digital Twin of the terrestrial water cycle: a glimpse into the future through high-resolution Earth observations. *Front. Sci.*, 1, 1190191. <https://doi.org/10.3389/fsci.2023.1190191>

Ciabatta L., Brocca L., Massari C., Moramarco, T., Puca S., Rinollo A., Gabellani S., Wagner W., 2015. Integration of Satellite Soil Moisture and Rainfall Observations over the Italian Territory. *J. Hydrometeorol.* 16(3), 1341-1355. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-14-0108.1>

Cenci, L., Squicciarino, L., Pulvirenti, L., Puca, S., Duro, A., 2024. Validation of a Prototype Monitoring System of Water Bodies Extent for Civil Protection Applications, IGARSS 2024 - 2024 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Athens, Greece, 2024, pp. 3765-3769, <http://doi.org/10.1109/IGARSS53475.2024.10641198>

Delli Passeri L., Campione E., 2021. Analisi meteorologiche e previsioni a lunga scadenza. *Ecoscienza*, 6/2021, 28-29.

Duro A., Barbani M., Campione E., Conte C., De Francesco E., Delli Passeri L., Massimi F., 2023. La crisi idrica del 2022-2023: le attività svolte dal Dipartimento della Protezione Civile. *Blue Book-2023*, Sezione IV capitolo 8, pagg. 75-90., Utilitalia – Utilitalia.

IPCC, 2023. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report*. A Report of the Intergovernmental Panel on Cli-

mate Change. Contributions of Working Group I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 34 pp. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>

Istat, 2024. Le statistiche dell'Istat sull'acqua - Anni 2020-2023. <https://www.istat.it/it/archivio/295148>

Mariani, S., Braca, G., Romano, E., Lastoria, B., e Bussettini, M., 2018. Linee Guida sugli indicatori di siccità e scarsità idrica da utilizzare nelle attività degli Osservatori permanenti per gli utilizzi idrici. Pubblicazione nell'ambito del progetto CREIAMO PA.

McKee T.B., Doesken N.J., Kleist J., 1993. The relationship of drought frequency and duration of time scales. Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, January 17-23, 1993, Anaheim CA, 179-186.

Montanari A., Nguyen H., Rubinetti S., Ceola S., Galelli S., Rubino A., Zanchettin D., 2023. Why the 2022 Po river drought is the worst in the past two centuries. *Sci. Adv.* 9, 32. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adg8304>

Owens P.N., 2009. Adaptive management frameworks for natural resource management at the landscape scale: implications and applications for sediment resources. *J. Soil Sediment.* 9, 578-593. <https://doi.org/10.1007/s11368-009-0137-2>

Pandolfi G., 2008. Roma e la cultura dell'acqua: un legame inscindibile. *Bollettino della Società Geografica Italiana*, XIII, 95-124.

Pulvirenti, L., Squicciarino, G., Fiori, E., 2020. A Method to Automatically Detect Changes in Multitemporal Spectral Indices: Application to Natural Disaster Damage Assessment. *Remote Sens.* 12, 2681 <https://doi.org/10.3390/rs12172681>

Pulvirenti, L., Squicciarino, G., Fiori, E., Ferraris, L., Puca, S., 2021. A Tool for Pre-O-

perational Daily Mapping of Floods and Permanent Water Using Sentinel-1 Data. *Remote Sens.* 13(7):1342. <https://doi.org/10.3390/rs13071342>

Romano E., Guyennon N., Duro A., Giordano R., Petrangeli A.B., Portoghese I., Salerno F., 2018. A stakeholder oriented Modelling Framework for the Early Detection of Shortage in Water Supply Systems. *Water*, 10 (6), 762. <https://doi.org/10.3390/w10060762>

Rossi G., Ancarani A., Cancelliere A., 1995. Gestione dei sistemi idrici durante i periodi di siccità: il ruolo dei modelli. Catania, Istituto di Idraulica, Idrologia e Gestione delle Acque, Facoltà di Ingegneria, Università di Catania.

Rossi G., 2000. Drought Mitigation Measures: a Comprehensive Approach. In: Vogt J.V., Somma F. (Eds.) – *Drought and Drought Mitigation in Europe*, 233-246, Kluwer, Dordrecht.

Rossi G., Castiglione L., Bonaccorso B., 2007. Guidelines for Planning and Implementing Drought Mitigation Measures. In: Rossi G., Vega T., Bonaccorso B. (Eds.) *Methods and Tools for Drought Analysis and Management*, 325-347, Springer, Dordrecht.

Tarolli P., Luo J., Straffelini E., Liou Y., Nguyen K., Laurenti R., Masin R., D'Agostino V., 2023. Saltwater intrusion and climate change on coastal agriculture. *PLOS Water* 2(4): e0000121. <https://doi.org/10.1371/journal.pwat.0000121>

Tibaldi S., Cacciamani C., Pecora S., 2010. Il Po nel clima che cambia. *Biologia Ambientale*, 24 (1): 21-28, 2010. Atti XVIII congresso S.It.E., Parma 1-3 settembre 2008, sessione speciale "Aggiornamento delle conoscenze sul bacino idrografico Padano", a cura di Viaroli P., Puma F. e Ferrari I.

Tornatore F., Leoni P., Bonaiuti F., Brian M., Ziccardi S., Roati G., 2023. Diminuisce la disponibilità idrica nel Distretto del Po. *Ecoscienza*, 6/2023, 6-9.

USGS, 2002. Concepts for National Assessment of Water Availability and Use. Report to Congress. Circular 1223, Reston.

Vezzoli R., Mercogliano P., Castellari S., 2016. Scenari di Cambiamenti Climatici nel periodo 2021-2050: Quale disponibilità idrica nel bacino del Fiume Po? *Ingegneria dell'Ambiente* n.1/2016 - Le Edizioni. <https://doi.org/10.14672/ida.v3i1.361>

Viggiani C., 2002. L'acquedotto pugliese. The apulian aqueduct. Hevelius Edizioni.

Wilhite D.A., Pulwarty, R.S., 2018 (Eds.). *Drought and Water Crises. Integrating Science, Management, and Policy*. CRC Press, Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.1201/b22009>

Williams B.K., 2011. Adaptive management of natural resources – framework and issue. *J. Environ Manage.* 92, 1346-1353, Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.10.041>

How to cite

Duro, A., Barbani, M., Campione, E., Conte, C., De Francesco, E., Delli Passeri, L., Gollini, A., Massimi, F., Puca, S. 2024. "Previsione, prevenzione e contrasto delle crisi idriche: il valore aggiunto della conoscenza tecnico-scientifica nelle attività di protezione civile", in *Siccità, scarsità e crisi idriche*, Emanuele Romano, Ivan Portoghese (a cura di), Habitat signa 1, 73-101. Roma: Cnr Edizioni. <https://doi.org/10.69115/habitatsigna-2024-1/03>

Emanuele Romano è ricercatore presso l'Istituto di ricerca sulle acque del CNR. Laureato in Fisica presso l'Università degli studi di Milano, ha conseguito il Dottorato di ricerca in Scienze della terra, svolgendo parte dell'attività presso l'École des Mines di Parigi. Autore di più di cinquanta pubblicazioni scientifiche, negli ultimi anni ha focalizzato le proprie ricerche sulla valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche e sui sistemi di approvvigionamento, con particolare riferimento agli eventi siccitosi. Membro della Commissione grandi rischi del Dipartimento della protezione civile, settore "Rischio da incendi boschivi e da deficit idrico" dal 2023, collabora con numerosi enti pubblici (Ministero dell'ambiente, ISPRA, Istat, Autorità di distretto) e gestori del servizio idrico integrato.

Ivan Portoghese è ricercatore presso l'Istituto di ricerca sulle acque del CNR. Laureato in Ingegneria civile presso il Politecnico di Bari, ha conseguito un Dottorato di ricerca in Idrologia sviluppando modelli matematici per la caratterizzazione dei bacini idrografici soggetti a forte variabilità climatica stagionale e inter-annuale. Negli ultimi anni si è occupato dello sviluppo e validazione di metodi e strumenti per la pianificazione e la gestione delle risorse idriche pubblicando numerosi articoli scientifici su varie riviste internazionali. È inoltre coinvolto nello sviluppo di studi e di politiche per la gestione sostenibile delle risorse idriche a supporto di istituzioni ed enti operanti nel settore.

Sempre più spesso i mezzi di comunicazione riportano eventi di siccità sul territorio italiano con impatti drammatici sulla popolazione e sugli ecosistemi.

L'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Forum scientifico intergovernativo sul cambiamento climatico istituito presso le Nazioni Unite, da tempo segnala l'intensificarsi di tali fenomeni nell'area mediterranea a seguito del cambiamento climatico.

Che fare? E quale può essere il ruolo della comunità scientifica a supporto di una *governance* dell'acqua? Il presente volume, redatto dal Gruppo di lavoro "Siccità, scarsità e crisi idriche" del Dipartimento di scienze del sistema terra e tecnologie per l'ambiente del CNR, con il supporto di altre Istituzioni (Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale, Dipartimento della protezione civile, Struttura commissariale per l'adozione di interventi urgenti connessi al fenomeno della scarsità idrica), ha visto il coinvolgimento di quasi cento ricercatrici e ricercatori che hanno tentato di dare risposta a tali quesiti fornendo elementi tecnico-scientifici a supporto di tutti i soggetti che, con diversi ruoli, contribuiscono alla *governance* dell'acqua.

