

---

# Energy for water sustainability

Sviluppare le sinergie elettrico-idrico per la sostenibilità



## **Team**

### **Althesys**

Alessandro Marangoni

Emanuele Vendramin

Gian Paolo Repetto

Alessandra Zacconi

### **Enel Foundation**

Carlo Papa

Claudio Pregagnoli

Mirko Armiento

Si ringrazia Edoardo Croci, docente all'Università Bocconi di Milano, per il contributo scientifico sulla teoria del valore del capitale naturale e l'applicazione alle risorse idriche.

## AVVERTENZE

*Lo scopo di questo studio è analizzare l'evoluzione delle relazioni tra il settore idrico e quello elettrico al fine di formulare proposte di policy per l'ottimizzazione dell'impiego congiunto delle risorse.*

*Il lavoro è stato condotto da Althesys per conto di Enel Foundation (il Committente). Non ha carattere esaustivo, è aggiornato alla data del 25 novembre 2019 e si basa su informazioni provenienti da fonti aperte, da istituti di ricerca, dai media e da istituzioni o dal Committente. Si intende tuttavia che la responsabilità circa i contenuti e le valutazioni rimane a totale carico di Althesys.*

*Sebbene il presente rapporto sia stato realizzato con la massima diligenza ed accuratezza, Althesys non garantisce in alcun modo la completezza e la correttezza delle informazioni contenute, che vengono riportate unicamente allo scopo di presentare il quadro attuale, le criticità e le possibili strategie future per la gestione sostenibile congiunta delle risorse idriche ed energetiche in Italia.*

*Il rapporto, strettamente confidenziale, è stato predisposto da Althesys ad uso esclusivo del Committente. Ricevendo questo documento, il destinatario si impegna ad usarlo esclusivamente a fini conoscitivi interni della propria Organizzazione, dei propri dipendenti o collaboratori e per nessun altro scopo. Si impegna altresì a non divulgare per alcun motivo ad alcun soggetto terzo il rapporto in tutto o in parte, né alcuna informazione contenuta, senza la preventiva autorizzazione scritta di Althesys.*

*Il presente documento non intende in alcun modo costituire un parere, un suggerimento d'investimento o un giudizio su fatti, persone o società citati. Gli autori non si assumono alcuna responsabilità per un eventuale uso improprio delle informazioni fornite e del contenuto del presente documento.*

*È vietata la riproduzione, totale o parziale, in qualsiasi forma o mezzo e di qualsiasi parte di questo rapporto senza l'autorizzazione scritta da parte di Althesys.*

Milano-Roma, gennaio 2020



## Indice

<b>Obiettivi e sintesi</b> .....	7
----------------------------------	---

## Parte I - La sostenibilità idrica e l'energia

<b>1. Il capitale naturale e le risorse idriche</b> .....	8
1.1 La teoria del valore del capitale naturale.....	8
1.1.1 Definizione di capitale naturale.....	8
1.1.2 Il capitale naturale ed i servizi ecosistemici.....	14
1.1.3 Misurare e valutare il capitale naturale .....	18
1.1.4 Applicazione alle risorse idriche e ai loro usi energetici.....	24
1.2. Il climate change e i suoi impatti sulle risorse.....	33
1.2.1. Ambiti e pattern di impatto del cambiamento climatico sulle risorse idriche.....	33
1.2.2. I conflitti tra usi alternativi dell'acqua.....	37
1.2.3. Vulnerabilità e resilienza.....	41
1.3. Il contributo alla decarbonizzazione dell'industria energetica negli usi idrici.....	48
1.3.1. Il nexus energia-acqua: trade-offs e sinergie .....	48
1.3.2 Le sfide per l'industria energetica dopo l'Accordo di Parigi e l'Agenda 2030.....	54
1.3.3. Gli strumenti di policy per la protezione e ottimizzazione degli usi delle risorse idriche	58
<b>2. Il quadro attuale</b> .....	62
2.1. Gli effetti del climate change sui settori idrico ed energetico .....	62
2.1.1. L'impiego di acqua nel settore energetico.....	63
2.1.2. L'utilizzo di energia nel settore idrico .....	68
2.1.3. Gli impatti del cambiamento climatico.....	72
2.1.4. L'impatto del cambiamento climatico sul settore energetico europeo.....	79
2.1.5. L'impatto del cambiamento climatico sul settore idrico europeo.....	80
2.2. La gestione dell'acqua e gli impatti sul territorio.....	82
2.3. Le interazioni tra i settori d'uso: agricoltura, civile, energia, industria.....	84
<b>3. La situazione italiana</b> .....	89
3.1. L'evoluzione delle risorse idriche ed energetiche.....	89
3.1.1. Le risorse idriche .....	89
3.1.2. Le risorse energetiche .....	92
3.2. I comparti d'impiego e la struttura dei diversi settori.....	94

3.2.1. I settori d'impiego dell'acqua.....	94
3.2.2. I settori d'impiego dell'energia .....	97
3.3. Il sistema infrastrutturale e il possibile sviluppo.....	99
3.3.1. Le infrastrutture idriche .....	99
3.3.2. Le infrastrutture energetiche .....	102
3.3.3. I possibili sviluppi.....	107
3.4. La trasformazione in atto: i key driver.....	109
3.5. Le aree di interazione industria elettrica-idrica.....	112

## Parte II - Il ruolo dell'industria elettrica

<b>1. Una nuova visione dell'acqua e dei suoi possibili impieghi.....</b>	<b>114</b>
<b>2. Il contributo del comparto elettrico alla sostenibilità idrica .....</b>	<b>115</b>
2.1. I benefici dell'idroelettrico per la tutela delle acque e del territorio.....	115
2.2. Le rinnovabili e la riduzione dei consumi idrici .....	120
2.3. Il ruolo del termoelettrico e le politiche di water saving.....	122
2.4. Le agroenergie .....	127
<b>3. Le interdipendenze con gli altri settori.....</b>	<b>129</b>
<b>4. Le possibili aree di sviluppo.....</b>	<b>131</b>

## Parte III - Gli impianti di desalinizzazione

<b>1. Introduzione .....</b>	<b>137</b>
<b>2. Le tecnologie di desalinizzazione .....</b>	<b>140</b>
2.1 I processi termici .....	141
2.1.1 Multi-stage flash (MSF) .....	141
2.1.2 Multi-effect distillation (MED) .....	142
2.1.3 Mechanical Vapor Compression (MVC).....	143
2.2 I processi a membrana .....	144
2.2.1 Osmosi inversa (OI).....	144
2.2.2 Elettrodialisi (ED).....	146
2.3 Le tecnologie innovative.....	147
2.3.1 Osmosi avanzata (Forward Osmosis, FO).....	147
2.3.2 Gli impianti ibridi.....	147
2.3.3 Le altre tecnologie innovative .....	148

<b>3. Gli economics della desalinizzazione</b> .....	149
<b>4. Le ricadute ambientali</b> .....	153
<b>5. Impianti di dissalazione e generazione di energia rinnovabile</b> .....	155
5.1 Le principali tecnologie rinnovabili per la desalinizzazione .....	156
5.1.1 Il solare.....	156
5.1.2 L'eolico .....	157
5.1.3 La geotermia .....	157
5.2 I benefici derivanti dall'impiego delle FER nella desalinizzazione .....	158
5.3 Le criticità .....	159
5.4 La situazione attuale degli impianti di desalinizzazione alimentati a FER.....	159
<b>6. Le interazioni con gli altri settori economici</b> .....	160
6.1 Desalinizzazione ed agricoltura.....	161
6.2 Riutilizzo del calore da acqua desalinizzata.....	162
6.3 Il recupero della salamoia.....	162
6.3.1 Salamoia e acquacoltura .....	162
6.3.2 Salamoia e agricoltura .....	163
6.3.3 Salamoia ed estrazione di minerali/sostanze chimiche .....	164
<b>7. Desalinizzazione: lo stato dell'arte a livello mondiale</b> .....	165
<b>8. Le prospettive della desalinizzazione</b> .....	168
<b>9. Alcuni casi italiani e l'analisi internazionale</b> .....	170
9.1 La desalinizzazione in Italia .....	170
9.1.1 Il progetto di dissalatore nell'Isola d'Elba.....	173
9.2 La desalinizzazione nei Paesi del Golfo .....	175
9.2.1 Arabia Saudita.....	175
9.2.2 Emirati Arabi Uniti.....	178
9.2.3 Kuwait.....	179
9.2.4 Oman.....	179
9.2.5 Qatar.....	180
9.2.6 Bahrain.....	181
9.3 La desalinizzazione negli Stati Uniti .....	181
9.4 La desalinizzazione in Australia .....	183
9.5 La desalinizzazione in Israele.....	185
9.6 La desalinizzazione in Spagna.....	186

## Parte IV - Idroelettrico e ottimizzazione della water supply security

<b>1. L'evoluzione degli impieghi idrici e l'idroelettrico</b> .....	189
1.1. Gli usi plurimi dell'acqua: coniugare obiettivi energetici e ambientali.....	189
1.2. Gestione delle acque e centrali idroelettriche .....	191
1.3. Stato e recenti dinamiche della produzione mini idroelettrica in Italia .....	193
<b>2. Configurazioni e funzionalità in sistemi diffusi</b> .....	196
2.1 Il Piano Invasi.....	196
2.2 Sinergia tra irrigazione e idroelettrico: il contributo dei Consorzi di Bonifica.....	200
2.3 Sistemi di accumulo diffusi: i laghetti collinari e i piccoli invasi.....	203
2.4 Sistemi di accumulo diffusi: la multifunzionalità dei bacini in quota .....	205
2.5 Il recupero di siti e strutture abbandonati.....	206
2.6 Utilizzo delle cave abbandonate per fronteggiare le crisi idriche.....	207
2.7 Le vasche di laminazione.....	208
2.8 Altre configurazioni polifunzionali: la valorizzazione delle condotte acquedottistiche.....	210
2.9 Altre configurazioni polifunzionali: valorizzazione del Deflusso Minimo Vitale.....	211
2.10 Il settore idrico e gli impianti elettrici.....	213
<b>3. I siti di maggiori dimensioni: dighe, opere incompiute, pompaggi</b> .....	215
3.1. Le grandi dighe .....	215
3.2. Le opere incompiute.....	217
3.3. Gli impianti di pompaggio.....	218
<b>4. I profili economici e le potenzialità sul territorio</b> .....	223
4.1. Le tecnologie idroelettriche applicabili nelle diverse configurazioni.....	223
4.2 I profili di costo e la sostenibilità economica.....	223
4.3 Potenzialità, criticità e prospettive sul territorio delle diverse soluzioni.....	228
4.3.1 La mappatura del Massimo Potenziale Idroelettrico.....	228
4.3.2 Il potenziale di sviluppo delle configurazioni analizzate .....	229

## Parte V – Alcune proposte di policy

<b>1. Le principali direttrici per una strategia nazionale</b> .....	235
<b>Bibliografia</b> .....	241

## Obiettivi e sintesi

La trasformazione del settore energetico e l'accelerazione degli effetti del climate change rendono sempre più stretto il nesso tra energia e acqua. La gestione delle risorse idriche ed energetiche è peraltro un elemento chiave non solo delle politiche ambientali ma anche di quelle economiche e industriali. La progressiva riduzione delle disponibilità idriche a livello globale si combina con l'aumento dei consumi energetici. Numerose sono le interazioni tra la gestione dell'acqua e le attività, attuali e potenziali, dell'industria elettrica.

Lo studio ha l'obiettivo di analizzare l'evoluzione del *water-energy nexus*, le criticità e le opportunità che prospetta, allo scopo di avanzare proposte per politiche volte a ottimizzare la gestione delle risorse idriche ed energetiche in modo congiunto.

Il lavoro intende contribuire a comprendere come la convergenza acqua-energia possa concorrere a cogliere obiettivi di sostenibilità. Vuole, quindi, definire quali possano essere le strategie e le misure concrete per sviluppare sinergie tra il settore elettrico e quello idrico in Italia.

Dopo un inquadramento teorico sul capitale naturale, la prima Parte del lavoro esamina il quadro attuale delle risorse idriche in Europa per concentrarsi poi sull'Italia. Nel nostro Paese, il settore idrico, nei suoi vari comparti, presenta varie criticità così come casi di eccellenza. Alcune attività dell'industria elettrica, oltre al tradizionale idroelettrico, possono offrire soluzioni per ottimizzare la gestione idrica. Parallelamente alcune infrastrutture per l'idrico possono offrire opportunità di sviluppo e sinergia al sistema elettrico.

Nella seconda Parte, si esamina il ruolo dell'industria elettrica nella prospettiva di una nuova visione dell'acqua e dei suoi possibili impieghi. Il contributo di questo comparto alla sostenibilità idrica può essere significativo, portando molteplici benefici in termini di water saving e di tutela del territorio. Diverse possono essere le aree di sviluppo: dalle nuove tecnologie a fonti rinnovabili alla desalinizzazione (Parte III), dalla geotermia ai pompaggi, dai bacini diffusi all'impiego dei grandi invasi a beneficio dell'agricoltura e della difesa del territorio (Parte IV).

L'ottimizzazione della supply security, sia idrica che energetica, a fronte dei crescenti impatti dei cambiamenti climatici è l'obiettivo principe di tutte le proposte di policy avanzate (Parte V).

Sono necessarie politiche proattive che, attraverso soluzioni win-win, coinvolgano in modo coordinato i vari settori (energia, industria, agricoltura, utility) nell'ottica dell'uso plurimo della risorsa. L'insieme delle azioni possibili porta un contributo potenziale di 5,9 TWh annui di elettricità aggiuntiva con una disponibilità idrica in più di circa 2,8 miliardi di metri cubi. Le principali aree di intervento riguardano: l'ultimazione delle opere incompiute ancora presenti nel nostro Paese, il rinnovamento dei grandi bacini idroelettrici, gli accumuli a pompaggio, gli impianti di desalinizzazione, le cave e miniere dismesse e l'avvio del Piano Invasi. Per tutti, servono una pianificazione integrata, fast track autorizzativi e adeguati strumenti finanziari.

Gli interventi, peraltro, devono inquadrarsi in una strategia organica a livello nazionale che, pur incentrata su una visione di lungo periodo, preveda azioni concrete che possano portare risultati anche in tempi relativamente brevi.

## Parte I - La sostenibilità idrica e l'energia

### 1. Il capitale naturale e le risorse idriche

(a cura di **Edoardo Croci** – ha contribuito *Benedetta Lucchitta*)

#### 1.1 La teoria del valore del capitale naturale

##### 1.1.1 Definizione di capitale naturale

La teoria economica riconosce oggi diverse tipologie di capitale:

- **infrastrutturale**, creato artificialmente dall'uomo, costituito da immobilizzazioni materiali in grado di supportare lo svolgimento delle attività economiche, di cui fanno parte edifici, reti infrastrutturali, macchinari, ecc.
- **naturale**, costituito dall'insieme delle risorse naturali e dei servizi da esse forniti, quale fondamentale base di supporto alla vita umana.
- **umano**, costituito dalle conoscenze acquisite dagli individui attraverso i loro percorsi di istruzione e formazione.
- **sociale**, costituito dall'insieme delle relazioni che legano fra di loro gli individui all'interno di un sistema sociale.

In generale il termine "capitale" è identificato come uno stock in grado di generare un flusso di beni o servizi nel tempo.

In questa categorizzazione non rientra dunque il capitale finanziario, cioè la ricchezza in forma numeraria, facilmente trasferibile ed in grado di essere impiegata nelle diverse forme di capitale sopra elencate.

Il termine "capitale naturale" viene per la prima volta utilizzato da E.F. Shumaker nel 1973 nel suo libro *Small is beautiful*. La sua incorporazione nella disciplina economica si realizza soprattutto grazie al lavoro di economisti ambientali, quali Herman Daly e Richard Pierce e di economisti ecologici, quali Robert Costanza e Johan Rockstrom. Il dibattito sull'esauribilità delle risorse naturali avviato dal Club di Roma, con il *Rapporto sui limiti dello sviluppo* nel 1972, che prediceva l'impossibilità di una crescita economica indefinita a causa sia della limitata disponibilità di risorse naturali che di quella della capacità di assorbimento degli inquinanti da parte del Pianeta, e la prima crisi petrolifera nel 1973, pongono il tema all'attenzione globale.

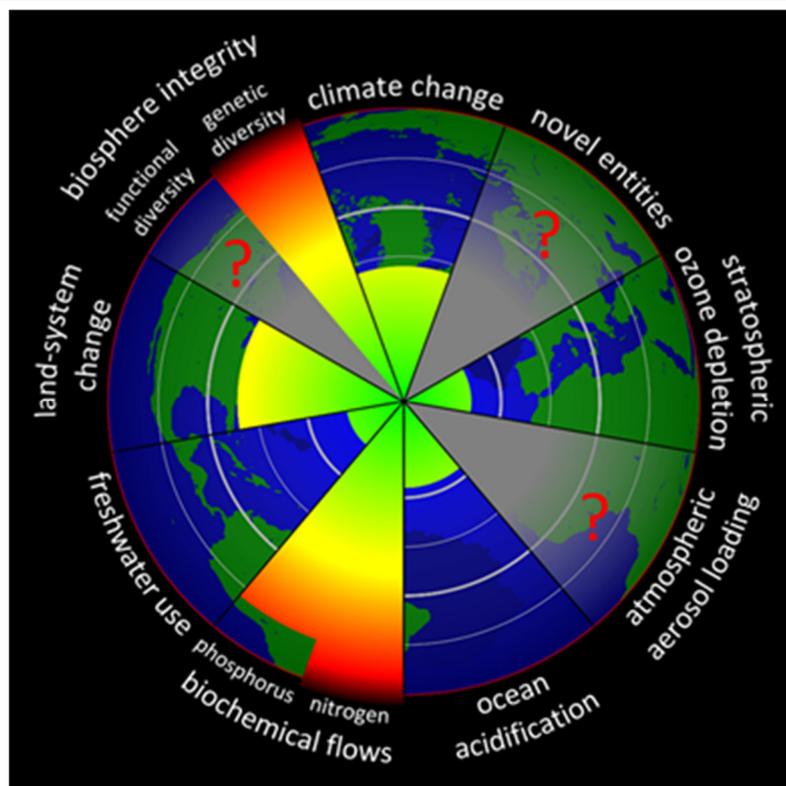
In particolare, a partire dal lavoro di David Pearce alla fine degli anni '80 viene messa in relazione la concettualizzazione di sviluppo sostenibile con l'alterazione del capitale naturale, fornendo definizioni alternative di sostenibilità in base al grado di sostituzione del capitale naturale con altre forme di capitale.

Più recentemente si è ipotizzata l'esistenza di soglie critiche per specifiche tipologie di capitale naturale, che, se oltrepassate, porterebbero ad una perdita di capacità irreversibile da parte dello stesso di fornire servizi ecosistemici (Elkins P. et al., 2003; Rockström J et al, 2009).

Il Millennium Ecosystem Assessment (MA), uno studio fondamentale sviluppato da 1.300 esperti di 95 Paesi rivela che circa il 60% dei servizi ecosistemici a supporto della vita sul Pianeta sono in stato di degrado o di uso insostenibile (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

La Fig. 1.1 illustra lo stato dei limiti planetari secondo lo Stockholm Resilience Center (Rockström et al. 2009; Steffen et al. 2015). Le aree verdi rappresentano le attività umane che rientrano nei limiti di sicurezza, quelle gialle le attività umane che potrebbero averli superati, quelle rosse le attività umane che li hanno superati, mentre le aree grigie con i punti interrogativi sono quelle per cui i limiti di sicurezza non sono ancora stati determinati.

**Figura 1.1. I limiti del Pianeta**



Fonte: Rockström et al. 2009 and Steffen et al. 2015

In realtà, l'economia già ai suoi albori alla fine del 1700 in Inghilterra aveva considerato la funzione produttiva della natura. La teoria economica classica includeva infatti la "terra" tra i fattori della produzione e vedeva nella limitata possibilità della crescita della produttività agricola un limite allo sviluppo. Qualche decennio prima in Francia i fisiocratici con l'Enciclopedia di Francois Quesnay avevano individuato l'agricoltura come la vera base di ogni attività economica e l'unica attività in grado di generare un surplus da reinvestire.

Esistono diverse **definizioni di capitale naturale**, a seconda del contesto in cui vengono utilizzate. Tra queste:

- Lo UK Natural Capital Committee definisce capitale naturale l'insieme degli elementi naturali che direttamente o indirettamente generano valore o benefici per le persone, comprendendo ecosistemi, specie vegetali e animali, acque dolci, suolo, minerali, l'aria e gli oceani, così come i processi e le funzioni naturali. Il Comitato elenca 10 categorie di capitale naturale: specie, comunità ecologiche, suoli, acque dolci, terra, coste, oceani, atmosfera, minerali e sottosuolo ([https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/516698/ncc-state-natural-capital-second-report.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/516698/ncc-state-natural-capital-second-report.pdf)).
- L'International Institute for Sustainable Development (IISD) definisce il capitale naturale come la terra, l'aria, l'acqua, gli organismi viventi e tutte le formazioni della biosfera terrestre che forniscono beni e servizi ecosistemici indispensabili per la sopravvivenza e il benessere umani. Inoltre il capitale naturale è alla base di tutta l'attività economica. Il capitale naturale può essere distinto in rinnovabile o attivo e non rinnovabile o passivo. Il capitale naturale rinnovabile (in cui rientrano gli ecosistemi) si autosostiene, mentre quello non rinnovabile, come i minerali e le risorse fossili, si è formato nel corso di tempi geologici lunghi e non è quindi in grado di riprodursi (<http://www.iisd.org/natres/agriculture/capital.asp>).
- Il World Forum on Natural Capital definisce il capitale naturale come lo stock globale di risorse naturali che comprendono elementi geologici, suolo, aria, acqua e organismi viventi. È dal capitale naturale che gli uomini traggono un ampio spettro di servizi, spesso definiti ecosistemici, che rendono la vita possibile (<http://www.naturalcapitalforum.com/what-is-natural-capital>).
- L'OECD definisce il capitale naturale come le risorse naturali nel loro ruolo di fornire input di risorse naturali e servizi ambientali per la produzione economica (<http://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=1730>).
- Per l'UNEP il capitale naturale comprende il suolo, i minerali e i combustibili fossili, l'energia solare, l'acqua, gli organismi viventi e i servizi forniti dall'interazione di tutti questi elementi nei sistemi ecologici (UNEP, 2012)
- La Natural Capital Coalition definisce il capitale naturale come un altro termine per denominare lo stock di risorse naturali rinnovabili e non rinnovabili (piante, animali, aria, acqua, suolo, minerali) che si combinano per generare un flusso di benefici a favore delle persone ([https://naturalcapitalcoalition.org/wp/content/uploads/2016/07/NCC\\_Pri-mer\\_WEB\\_2016-07-08.pdf](https://naturalcapitalcoalition.org/wp/content/uploads/2016/07/NCC_Pri-mer_WEB_2016-07-08.pdf))

In generale, tutte le definizioni mettono in evidenza l'insieme delle componenti naturali che fanno parte del capitale naturale (stock) e la loro capacità di generare servizi che hanno un valore economico per l'umanità (flussi).

A livello internazionale, è stato definito il Sistema di Contabilità Economico-Ambientale (SEEA) che contiene gli standard e le regole di contabilità per produrre statistiche internazionali sull'ambiente integrate con il sistema economico.

## SISTEMA DI CONTABILITA' ECONOMICO-AMBIENTALE

Nel 1993, la Divisione statistica delle Nazioni Unite ha pubblicato il Sistema di contabilità economico-ambientale (SEEA). Una versione più avanzata è stata pubblicata dieci anni dopo, al fine di fornire informazioni sempre più dettagliate su un quadro comune per misurare il contributo dell'ambiente all'economia e l'impatto dell'economia sull'ambiente. Il SEEA ha mirato a fornire ai decisori politici indicatori e statistiche descrittive per monitorare queste interazioni. A seguito di un ampio processo di revisione globale guidato dal Comitato di esperti delle Nazioni Unite in materia di contabilità ambientale ed economica, nel febbraio 2012 la Commissione statistica delle Nazioni Unite ha approvato il SEEA rivisto come standard statistico internazionale (coanalogo al Sistema dei conti nazionali), fornendo una metodologia condivisa per la produzione di conti economico-ambientali comparabili a livello internazionale.

Molti Paesi vogliono utilizzare la contabilità del capitale naturale per andare oltre la quantificazione delle "risorse materiali" considerate dal SEEA, al fine di includere i servizi ecosistemici e gli altri beni naturali che non sono scambiati sui mercati. A questo fine, il lavoro sperimentale sulla contabilità degli ecosistemi è stato completato nel 2013 (European Commission et al., 2013).

I conti fisici del SEEA (e della maggior parte degli altri sistemi di contabilità del capitale naturale) sono costituiti dai seguenti elementi chiave:

- conti di flusso: flussi fisici di materiali ed energia all'interno dell'economia e tra economia e ambiente.
- conti patrimoniali: stock di risorse ambientali e variazioni di questi stock (che comprendono la quantità e la qualità delle risorse naturali come terra, acqua, pesci, suoli, foreste, minerali ed energia e variazioni di questi stock in un dato periodo di tempo). Inoltre, il SEEA fornisce indicazioni sulla compilazione di conti monetari e spiega in modo chiaro i principi di registrazione e presentazione di conti e tabelle sia per gli stock che per i flussi.

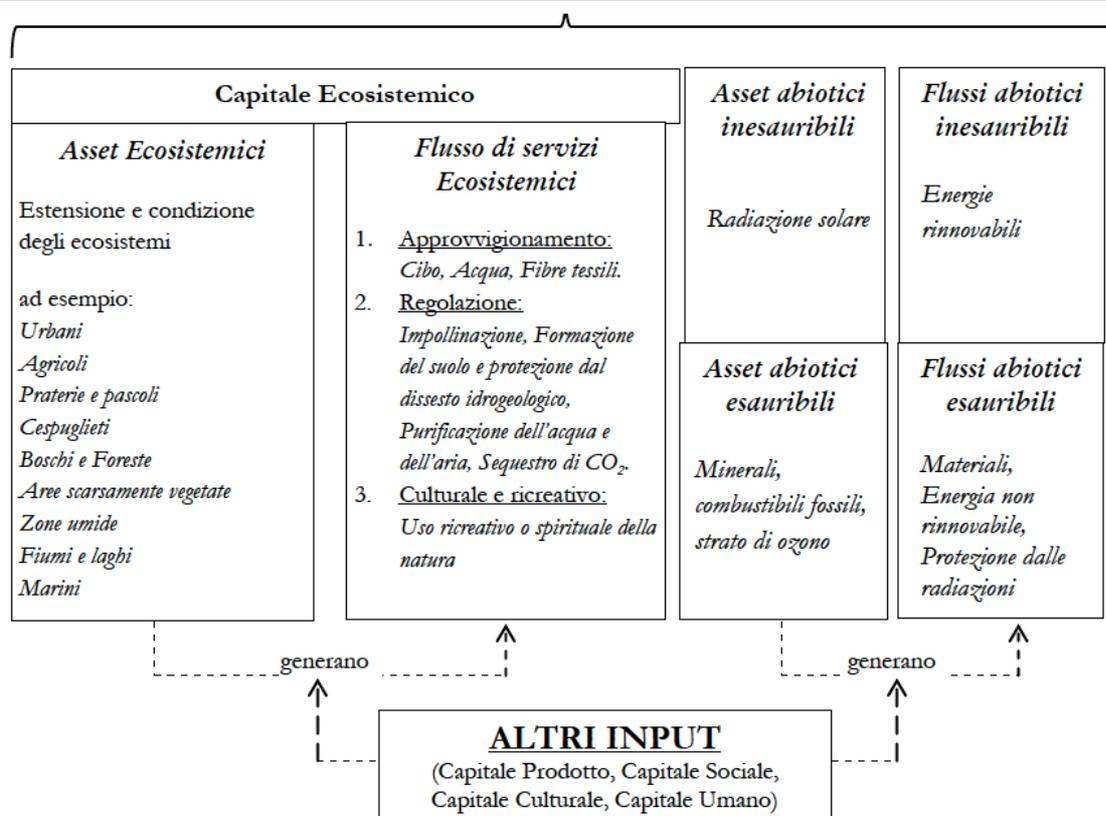
### Corrispondenza tra le categorie SEEA e categorie ampie di capitale naturale

SEEA CF and EEA categories	Broad categories of natural capital
1. Mineral and energy resources	Geological resources
9. Planetary systems (climate and hydrological systems)	Planetary systems
2. Land	Ecosystem capital
3. Soil resources	
4. Timber resources	
5. Aquatic resources	
6. Biological resources other than timber and aquatic resources	
7. Water resources (surface, groundwater and soil water resources)	
8. Ecosystem assets (other functions)	

Fonte: UNSD, 2019

Lo sforzo sviluppatosi a livello internazionale a partire dall'Earth Summit delle Nazioni Unite di Rio nel 1992 di fornire una definizione statistica di capitale naturale per poterlo correttamente considerare all'interno della contabilità economica nazionale non può dirsi ancora concluso. Il filone di ricerca e proposta nell'ambito della tematica "Oltre il PIL" ha generato una molteplicità di indicatori di sviluppo economico che cercano di superare i limiti del PIL. In questo ambito, la considerazione del valore del capitale naturale, ed in particolare del suo accrescimento o deterioramento è una delle aree di maggiore interesse. Ciò anche al fine di evitare paradossi statistici per cui la distruzione di risorse può portare nel breve periodo ad un aumento del PIL. La Fig. 1.2 illustra un'articolazione degli stock e dei flussi del capitale naturale.

**Figura 1.2 Le componenti e i flussi del capitale naturale**



Fonte: MATTMN, 2019, adattato da Haines-Young e Potschin, 2017

La Fig.1.3 mostra i trend globali nella capacità della natura di sostenere il proprio contributo ad una buona qualità di vita dal 1970 ad oggi, evidenziando un declino di 14 delle 18 categorie considerate come contributo della natura alle persone. I dati provengono da una review di oltre 2.000 studi sul tema. Gli indicatori sono stati selezionati sulla base della disponibilità di dati a livello globale, uso in valutazioni precedenti e coerenza con le 18 categorie.

Per molte categorie considerate sono riportati 2 indicatori che mostrano diversi aspetti della capacità della natura di contribuire al benessere umano nell'ambito di quella categoria. Gli indicatori sono costruiti in modo che un aumento nei loro valori sia associato ad un miglioramento del contributo fornito dalla natura.

**Figura 1.3 Trend nella capacità della natura di sostenere il proprio contributo al benessere**



Fonte: IPBES, 2019

L'impegno internazionale per la sostenibilità si è sviluppato nel tempo, soprattutto a partire dall'Earth Summit di Rio del 1992, che ha visto l'approvazione dell'Agenda 21 e la definizione di importanti accordi promossi dalle Nazioni Unite, come la Convenzione Quadro sul Cambiamento Climatico, la Convenzione per Combattere la Desertificazione e la Convenzione sulla Diversità Biologica. Questo processo si è sviluppato nel tempo, con una crescente consapevolezza

dei governi nazionali. Da ultima, l'Agenda 2030 ([https://www.unric.org/it/images/Agenda\\_2030\\_ITA.pdf](https://www.unric.org/it/images/Agenda_2030_ITA.pdf)) approvata dall'Assemblea Generale delle Nazioni Unite nel 2015 definisce 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile, in molti casi legati alla conservazione e valorizzazione del capitale naturale, ed un sistema di monitoraggio annuale con un orizzonte al 2030, attraverso un apposito sistema di indicatori, per tracciare le dinamiche globali.

In Italia, l'articolo 67 del Collegato Ambientale alla Legge di Stabilità 2015 ha previsto l'istituzione del Comitato per il Capitale Naturale (CCN), presieduto dal MATTM e composto da 10 Ministri, dall'ANCI, dalla Conferenza delle Regioni, e da Istituti pubblici di Ricerca ed esperti nominati dal MATTM. Principale compito del CCN è la redazione di un Rapporto contenente informazioni sullo stato del capitale naturale, corredato di informazioni e dati ambientali espressi in unità fisiche e monetarie, nonché di valutazioni ex-ante ed ex-post degli effetti delle politiche pubbliche sul capitale naturale e sui servizi ecosistemici. L'elaborazione del Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia (MATTMN, 2018), giunto nel 2018 alla seconda edizione, ha consentito di mettere in luce il fondamentale ruolo ricoperto dal capitale naturale italiano rispetto al sistema socio-economico collettivo del Paese.

La conservazione della capacità del capitale naturale di fornire servizi ecosistemici e contribuire al benessere umano non dipende solo dalle politiche pubbliche, ma anche da quello di una varietà di soggetti, tra cui le imprese e i cittadini.

Alla Conferenza delle Nazioni Unite Rio +20 nel 2012, svoltasi sempre a Rio de Janeiro, nell'ambito dell'impegno del settore privato a favore della green economy, è stata sottoscritta la Natural Capital Declaration ([https://www.unepfi.org/fileadmin/documents/ncd\\_booklet.pdf](https://www.unepfi.org/fileadmin/documents/ncd_booklet.pdf)) dai vertici di 40 istituzioni finanziarie con l'obiettivo di considerare gli impatti sul capitale naturale dei prodotti finanziari e di promuovere la contabilità ed il reporting ambientale.

L'impegno delle imprese si afferma nel 2016 anche con il Natural Capital Protocol ([https://naturalcapitalcoalition.org/wp-content/uploads/2016/07/NCC\\_Primer\\_WEB\\_2016-07-08.pdf](https://naturalcapitalcoalition.org/wp-content/uploads/2016/07/NCC_Primer_WEB_2016-07-08.pdf)), promosso dalla Natural Capital Coalition. Il Protocollo fornisce un quadro standardizzato a favore delle organizzazioni per identificare, misurare e valutare gli impatti diretti e indiretti delle loro attività sul capitale naturale, attraverso un insieme di appositi strumenti e metodologie.

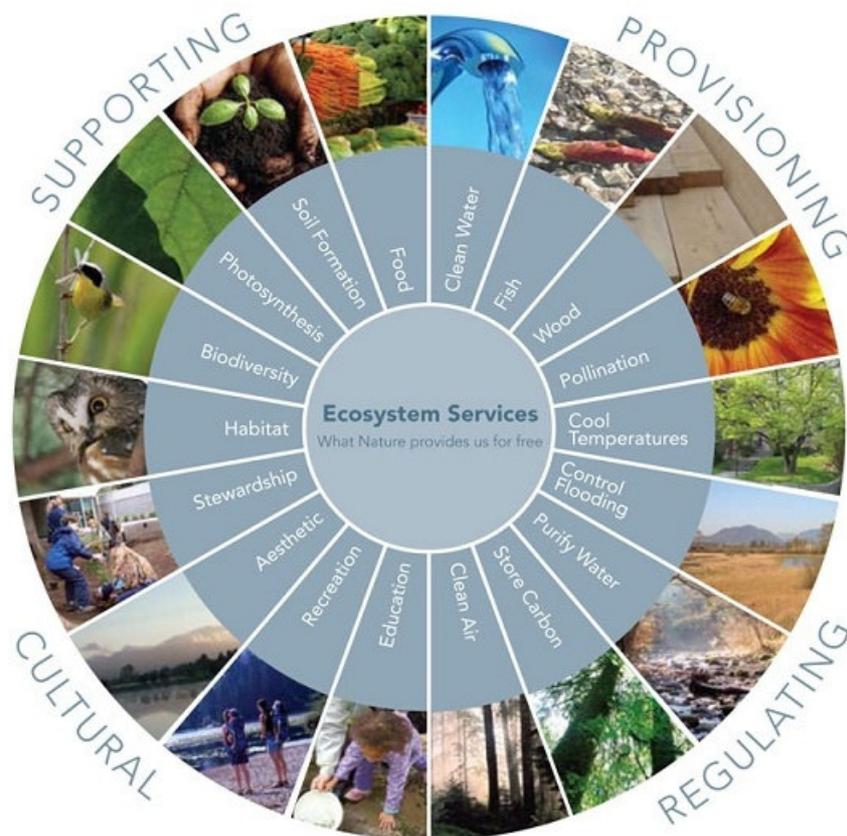
### 1.1.2 Il capitale naturale ed i servizi ecosistemici

Il capitale naturale di un territorio costituisce la base del benessere sociale e dello sviluppo economico duraturo, perciò è essenziale conoscerlo e valorizzarlo. Tale conoscenza è indispensabile per definire gli usi compatibili delle risorse naturali e le strategie di gestione che possano conservarne ed eventualmente aumentarne la disponibilità e il valore nel medio e lungo periodo.

Il *Millennium Ecosystem Assessment (MA, 2005)*, la più ampia e approfondita sistematizzazione delle conoscenze sino ad oggi acquisite sullo stato degli ecosistemi del pianeta, ha definito i servizi ecosistemici come quei "benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano". I beni prodotti dagli ecosistemi comprendono, ad esempio, il cibo, l'acqua, i carburanti e il legname; i servizi, invece, comprendono l'approvvigionamento idrico e la purificazione dell'aria,

il riciclo naturale dei rifiuti, la formazione del suolo, l'impollinazione e molti altri meccanismi regolatori naturali.

**Figura 1.4 I servizi ecosistemici**



Fonte: EEA, 2016

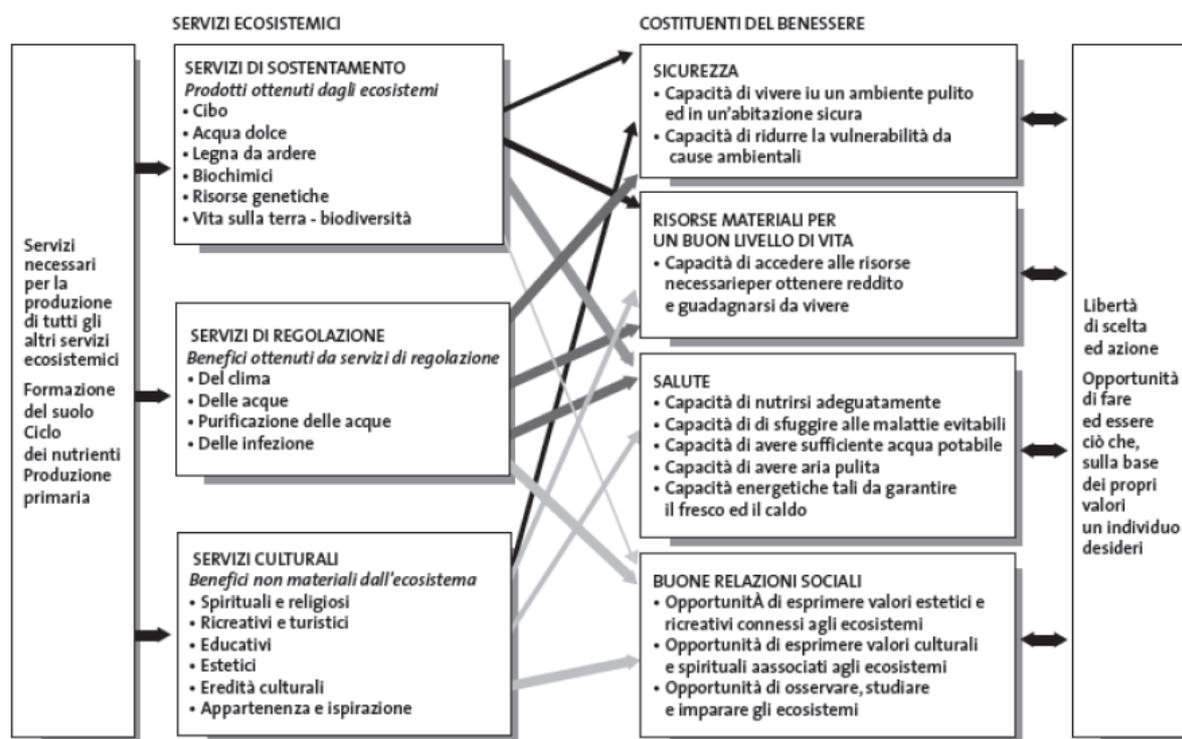
Il *Millennium Ecosystem Assessment* ha fornito una classificazione che attribuisce i servizi ecosistemici a 4 categorie funzionali principali:

- **Supporto:** queste funzioni raccolgono tutti quei servizi necessari per la produzione di tutti gli altri servizi ecosistemici e contribuisce alla conservazione (in situ) della diversità biologica e genetica e dei processi evolutivi.
- **Regolazione:** oltre al mantenimento della salute e del funzionamento degli ecosistemi, le funzioni regolative raccolgono molti altri servizi che comportano benefici diretti e indiretti per l'uomo (come la stabilizzazione del clima e il riciclo dei rifiuti), solitamente non riconosciuti fino al momento in cui non vengono persi o degradati.
- **Approvvigionamento:** queste funzioni raccolgono tutti quei servizi di fornitura di risorse che gli ecosistemi naturali e semi-naturali producono (ossigeno, acqua, cibo, ecc.).
- **Culturali:** gli ecosistemi naturali forniscono una essenziale "funzione di godimento" e contribuiscono al mantenimento della salute umana attraverso opportunità di riflessione, arricchimento spirituale, sviluppo cognitivo, esperienze ricreative ed estetiche.

La Fig. 1.4 illustra i principali servizi forniti dagli ecosistemi classificati nelle quattro categorie

funzionali sopra descritte. I servizi ecosistemici sono "i contributi diretti e indiretti degli ecosistemi al benessere umano" (TEEB 2010). Le funzioni ecosistemiche infatti forniscono i beni e i servizi utilizzati dalla società umana per soddisfare il proprio benessere. Le connessioni tra servizi ecosistemici e i fattori che determinano il benessere dell'uomo sono riportate nella Fig. 1.5. Gli ecosistemi sono **multifunzionali**, perciò uno stesso servizio può contribuire ad una pluralità di aspetti del benessere umano.

**Figura 1.5 Relazione tra servizi ecosistemici e benessere**



Fonte: MA, 2005

Gli ecosistemi funzionanti aumentano le capacità di adattamento climatico e di far fronte all'aumento del rischio di ondate di calore, di inondazioni, nonché l'approvvigionamento idrico, la salute, la sicurezza e l'inclusione sociale.

I servizi ecosistemici possono generare importanti **benefici a scale diverse**, sia in ambito urbano, che rurale. Esempi di importanti servizi ecosistemici in ambito urbano includono:

- riduzione dell'inquinamento atmosferico;
- regolazione microclimatica: riduzione del fenomeno dell'isola di calore e degli aumenti di temperatura dovuti al cambio climatico;
- benefici diretti per la salute, come ad esempio una minore prevalenza di asma nella prima infanzia; riduzione della mortalità, e miglioramenti di salute generale;
- produzione di beni alimentari (e di conseguenza in ambito rurale generazione di posti di lavoro legati all'attività agricola);
- supporto alla creazione dell'habitat per le specie autoctone;

- riduzione del rischio alluvionale;
- senso di appartenenza a un luogo dovuto alle caratteristiche peculiari di quel paesaggio;
- miglioramento della qualità della vita (inclusione sociale, sicurezza, aspetti culturali).

Anche l'agricoltura, e, più in generale, il territorio agroforestale, riveste un ruolo complesso nei confronti dei servizi ecosistemici. Infatti, se da un lato i processi produttivi agricoli utilizzano i servizi ecosistemici generati dal territorio circostante, dall'altro l'agricoltura può fornire servizi ecosistemici alla società. La quantificazione biofisica e la valutazione monetaria dei servizi consente, oltre a valutare i costi ambientali connessi a modificazioni dello stato degli agroecosistemi (cambiamenti nell'uso del suolo, innovazioni tecnologiche), di definire e pianificare correttamente l'intervento pubblico, ed in particolare le politiche agricole e ambientali volte alla conservazione della biodiversità. Il paesaggio agricolo italiano conserva una ricca varietà di habitat specifici di grande valore nel quale si mantengono elementi di biodiversità.

**Figura 1.6 Stato e tendenza dei servizi ecosistemici in Europa**

Services	Ecosystems	Agro ecosystems	Forests	Grasslands	Heath and scrubs	Wetlands	Lakes and rivers
<b>Provisioning</b>							
Crops/timber		↓	↑			↓	
Livestock		↓	=	=	=	↓	
Wild Foods		=	↓	↓		=	
Wood fuel			=		=		
Capture fisheries						=	=
Aquaculture						↓	↓
Genetic		=	↓	↓	=	=	
Fresh water			↓			↑	↑
<b>Regulating</b>							
Pollination		↑	↓	=			
Climate regulation			↑		=	=	=
Pest regulation		↑		=			
Erosion regulation			=	=	=		
Water regulation			=		↑	↑	=
Water purification						=	=
Hazard regulation						=	=
<b>Cultural</b>							
Recreation		↑	=	↓	↑	↑	=
Aesthetic		↑	=	=	=	↑	=

**Status for period 1990–present** ■ Degraded ■ Mixed ■ Enhanced ■ Unknown □ Not applicable

**Trend between periods**

↑ Positive change between the periods 1950–1990 and 1990 to present

↓ Negative change between the periods 1950–1990 and 1990 to present

= No change between the two periods

Fonte: EU, 2010

Si tratta di ambienti seminaturali sottoposti a forti pressioni, con il rischio di un loro ridimensionamento o addirittura di una loro perdita definitiva. Da qui una volontà sempre più forte e diffusa di salvaguardare questo patrimonio naturale, con un insieme di politiche e di misure che coinvolgono in primo luogo lo stesso mondo agricolo. Inoltre il Piano Strategico Nazionale per lo Sviluppo Rurale 2007-2013 (Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari, Forestali, 2010),

che definisce il quadro strategico di riferimento a livello nazionale, e i Piani di Sviluppo Regionali, attraverso i quali vengono identificati gli specifici interventi da attuare sul territorio, individuano la conservazione della biodiversità e la tutela dei sistemi agro-forestali ad alto valore naturale come uno degli obiettivi fondamentali delle politiche di sviluppo rurale.

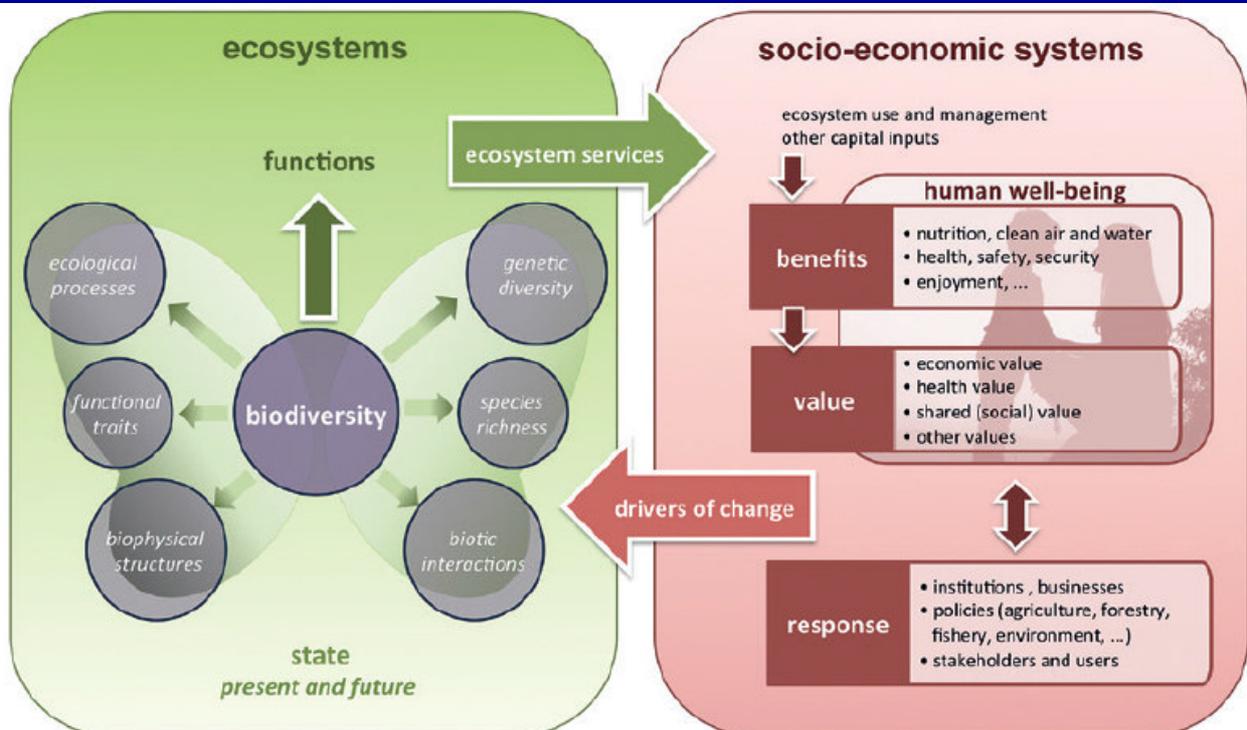
In ambito europeo, la capacità di molti ecosistemi di fornire con continuità servizi vede in molti casi manifestarsi uno stato di degrado ed una tendenza negativa (Fig. 1.6)

### 1.1.3 Misurare e valutare il capitale naturale

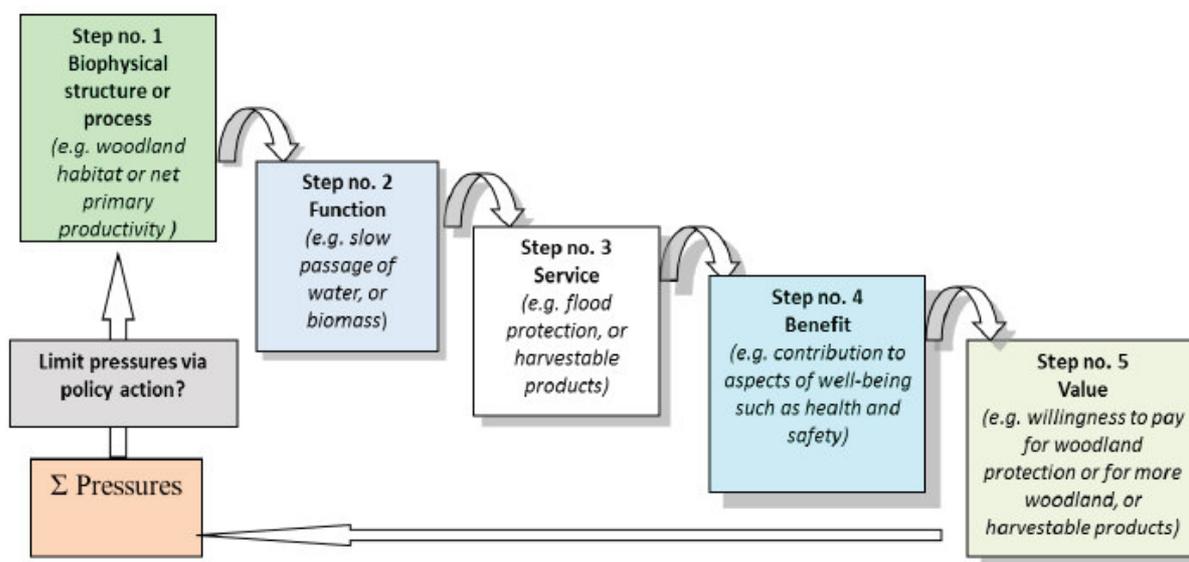
Il quadro concettuale delineato mette in relazione i sistemi socio-economici con gli ecosistemi attraverso i servizi forniti da questi ultimi e i driver del cambiamento che li interessano (Fig. 1.7), fino a comprendere le politiche e le misure in grado di influire sul mantenimento delle risorse naturali e della qualità dei servizi che generano.

Il modello a cascata (Fig. 1.8) lega gli ecosistemi al benessere umano attraverso un flusso di servizi ecosistemici (de Groot et al., 2010). La struttura biofisica e i processi di un ecosistema determinano le sue funzioni. Le funzioni a loro volta generano servizi caratterizzati da benefici in termini di contributo al benessere umano, a cui attraverso opportune metodologie sono attribuiti dei valori monetari.

Figura 1.7 Relazione fra ecosistemi e sistemi socio-economici



Fonte: EC, 2015

**Figura 1.8 Stato e tendenza dei servizi ecosistemici in Europa**


Fonte: EEA, 201

Negli ultimi anni, a partire dai grandi progetti di ricerca internazionale sui servizi ecosistemici, ed in particolare dal MEA - Millennium Ecosystem Assessment (2005), dal TEEB - The Economics of Ecosystems and Biodiversity (2010) e dal MAES - Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (2013), si è sviluppata e consolidata una metodologia per la valutazione economica dei servizi ecosistemici forniti dal capitale naturale, che consente di rappresentare pienamente il valore del flusso di benefici generati e di confrontare soluzioni alternative di utilizzo delle risorse naturali, tenendo conto non solo dei beni e servizi caratterizzati da un prezzo di mercato, ma anche delle esternalità positive generate. Infatti la maggior parte dei servizi ecosistemici - inquadrati nelle quattro categorie di approvvigionamento di risorse, regolazione dei cicli naturali, servizi culturali ed estetici, supporto alle funzioni di base che consentono la vita umana sul pianeta - non sono scambiati su mercati dove si incontrano domanda e offerta, ma sono generati e mantenuti in assenza di una remunerazione, pur offrendo benefici significativi. Per questa ragione, far emergere il “valore nascosto” dei servizi ecosistemici è un passo necessario per assicurare la conservazione e valorizzazione dello stock capitale naturale che li genera e che altrimenti rischia di essere irrimediabilmente compromesso.

La consapevolezza crescente da parte non solo degli studiosi, ma anche dei cittadini e dei policy maker, della rilevanza del capitale naturale, ed in particolare in questo caso dei benefici generati dalle infrastrutture verdi costituisce uno stimolo fondamentale alla piena considerazione del loro valore.

Anche il *Rapporto nazionale sul capitale naturale*, redatto dal Ministero dell’Ambiente in base al Collegato ambientale, giunto alla seconda edizione, fornisce una stima del valore del capitale naturale e dei servizi ecosistemici da esso generati, su cui sarà possibile fondare politiche innovative di tutela e valorizzazione dell’ambiente (MATTMN, 2018).

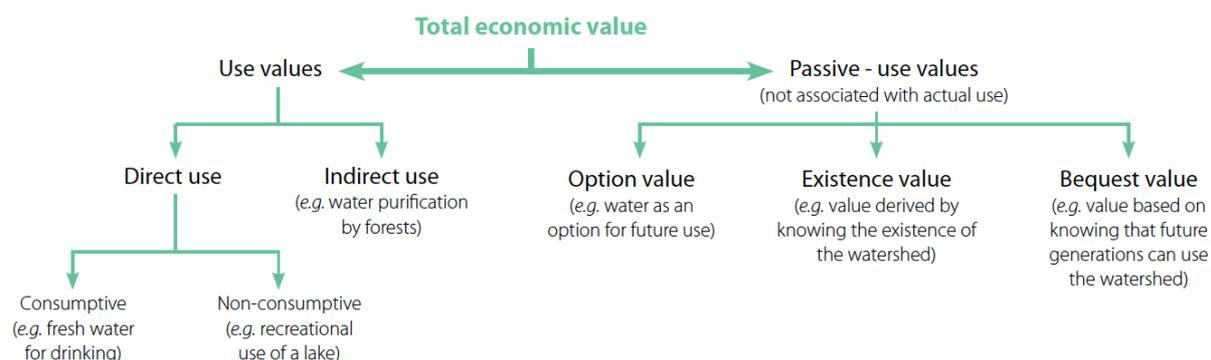
L’Agenzia Europea dell’Ambiente (EEA, 2008) ha sottolineato la necessità che le tecniche di

contabilità dei beni ambientali e naturali analizzino il rapporto fra i settori economici e la loro dipendenza dai beni e servizi ecosistemici e l'impatto su tali beni e servizi. La tematica dei servizi ecosistemici e della loro relazione con le attività antropiche che li contrastano o li valorizzano rientra nell'ampio campo dell'analisi delle esternalità, legato al disallineamento fra benefici (o costi) privati e sociali. L'argomento è trattato dagli economisti all'interno della categoria dei fallimenti del mercato, nel momento in cui i beni ambientali non trovano nella maggior parte dei casi adeguata remunerazione sui mercati e quindi vengono utilizzati a costi nulli o inferiori al loro valore. Attribuire un valore economico corretto ai beni ambientali e naturali costituisce un passo fondamentale per la gestione e la tutela degli ecosistemi che li producono e per la definizione e l'attuazione di opportuni meccanismi e strumenti di compensazione per le esternalità generate dalle diverse attività antropiche. I rischi associati sono molteplici: da un lato potrebbero manifestarsi fenomeni di *free-riding*, con conseguente sovra-sfruttamento delle risorse naturali, dall'altro, vi potrebbe essere una propensione a forme di gestione più redditizie (o meno costose), ma che non consentono di conseguire un'ottimizzazione del beneficio sociale. Una prima distinzione può essere fatta sulla base della presenza o meno di prezzi di mercato di riferimento. Nel primo caso è possibile utilizzare il valore monetario di beni/servizi uguali o analoghi a quelli considerati: ciò avviene, ad esempio, per alcuni servizi di approvvigionamento (es. legname, alcuni prodotti forestali non legnosi ecc.). Se i prezzi non sono disponibili, è possibile utilizzare metodi basati sui costi come *proxy* del valore che si desidera stimare.

In genere, nella gestione di un territorio, le decisioni che riguardano gli ecosistemi contengono una valutazione e una scelta tra alternative in competizione, che implica che quella selezionata abbia il "valore" più alto. Aggregare e pesare differenti valori in un processo decisionale risulta una questione complessa, che richiede un quadro integrato di conoscenze e un'ampia prospettiva di analisi. A tal proposito, la prospettiva dei servizi ecosistemici permette di integrare diverse dimensioni e sistemi e di attribuire il corretto valore ai servizi che vengono forniti all'uomo. In questo quadro il valore da attribuire alle risorse naturali (capitale naturale) che generano i servizi ecosistemici richiede alcuni passaggi per calcolarne il Net Present Value (NPV) generato dal flusso di servizi nel tempo (EC, 2013):

- assunzioni sulla composizione dei flussi ecosistemici futuri;
- la definizione del periodo per il quale il flusso di servizi ecosistemici sarà mantenuto (data la capacità degli ecosistemi di rigenerarsi, ciò equivale implicitamente a definire il tempo in cui l'asset naturale si conserva);
- la comprensione delle relazioni che fanno dipendere i servizi ecosistemici dalla risorsa naturale sottostante;
- la definizione di un opportuno tasso di sconto per il calcolo del NPV.

Il TEEB (2010) applica ai servizi ecosistemici il metodo del Valore Economico Totale calcolato come somma dei valori di tutti i servizi che i flussi di capitale naturale genera sia ora che in futuro opportunamente scontato (Figura 1.9).

**Figura 1.9 Componenti del Valore Economico Totale**


Fonte: UNECE, 2018

Il valore di un servizio ecosistemico può essere derivato dalle preferenze soggettive degli individui fornite da transazioni di mercato relative direttamente al servizio. In questo caso si utilizzano metodi di valutazione *diretti* che utilizzano i dati dai mercati reali, e riflettono quindi le preferenze o costi effettivi per i singoli individui, mediante metodi *market priced based, cost based e production function based approaches*. In mancanza di tali informazioni, i prezzi devono essere derivati da transazioni su mercati paralleli che sono associati indirettamente con il bene oggetto di valutazione. Se entrambe le informazioni sono assenti, possono essere creati dei mercati ipotetici in modo da ottenere i valori.

Nel caso dei servizi ecosistemici è difficile riferirsi a valori di mercato e dunque si possono utilizzare metodi basati sulla costruzione di curve di domanda, ricorrendo a *mercati surrogati o ipotetici*. Nel primo caso si utilizzano metodi indiretti, fondati sulle preferenze rilevate, che prevedono di stimare il valore di un determinato servizio sulla base dell'osservazione del comportamento degli utilizzatori dello stesso. Rientrano in questa categoria, ad esempio, il metodo del costo del viaggio che consente di stimare il valore ricreativo di un sito sulla base dei costi sostenuti dai visitatori per raggiungerlo, il metodo dei prezzi edonici che assume che tra il bene ambientale e quello privato puro ci sia un rapporto di complementarità.

I metodi indiretti utilizzano il rapporto tra beni ambientali e quelli privati tra loro complementari: tramite la curva della domanda dei secondi è possibile ricostruire la funzione di domanda dei primi. In tal caso, uno dei limiti risiede nel fatto che consentono di stimare solo il valore d'uso diretto (Giupponi et al., 2009). I metodi che ricorrono a mercati ipotetici si basano sulla simulazione del mercato e della domanda per i servizi ecosistemici per mezzo di indagini su variazioni ipotetiche utilizzati per stimare sia il valore d'uso che di non uso e mirano a raccogliere in maniera esplicita le preferenze in termini di disponibilità a pagare per un determinato servizio mediante interviste agli utilizzatori, attraverso *valutazione contingente, group evaluation e modeling choice*.

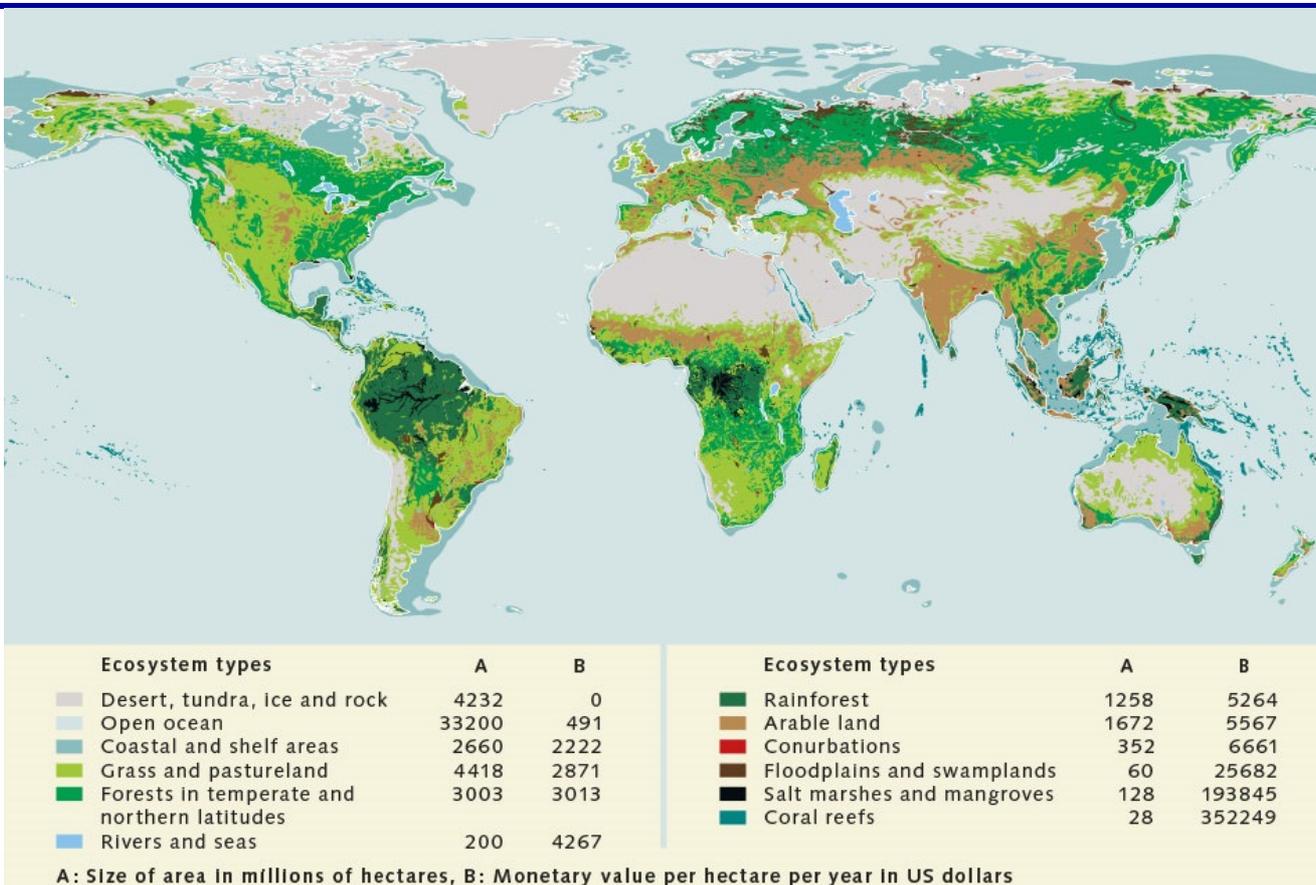
Le metodologie utilizzate per la valutazione/contabilizzazione dei servizi forniti dagli ecosistemi sono disparate e spesso è necessaria la combinazione di più metodologie di valutazione. La metodologia dei costi evitati e dei costi di sostituzione sono spesso utilizzati per calcolare i valori di servizi regolazione come la mitigazione all'inquinamento atmosferico e la regolazione

microclimatica (Sander et al., 2010). Tra i metodi più utilizzati per la valutazione de servizi ecosistemici figurano quelli dei prezzi edonici, delle preferenze dichiarate e di valutazione contingente. I prezzi edonici sono applicati spesso a casi di valutazione di benefici ricreativi (Tyrväinen e Miettinen, 2000), culturali ed estetici (Anderson e Cordell, 1985; Sander et al., 2010), riduzione del rumore (Kim et al., 2007), qualità dell'aria (Chattopadhyay, 1999), e qualità dell'acqua (Leggett e Bockstael, 2000).

Costanza et al. (2013) hanno mostrato come i cambiamenti nell'uso dei suoli tra il 1997 e il 2011 abbiano provocato una perdita di servizi ecosistemici stimata fra 4.3 e 20.2 trilioni di US dollari all'anno.

Inoltre Costanza et al. (2014) hanno evidenziato che i sistemi più rari e spesso fragili sono in grado di generare i benefici maggiori per unità di superficie (Fig. 1.10).

**Figura 1.10 Valore dei servizi ecosistemici generati per diverse tipologie**



Fonte: Costanza et al., 2014

Con riferimento ad una specifica applicazione alla risorsa idrica, un recente studio ha valutato, secondo una stima conservativa, il valore economico totale delle acque del bacino del fiume South Saskatchewan in Canada pari a circa 1 miliardo di dollari canadesi (Garnder Pinfold Consulting Economics, 2006). I valori delle attività di consumo idrico considerate sono descritte alla Fig. 1.11.

Figura 1.11 Valori delle attività di consumo idrico delle acque del bacino del fiume South Saskatchewan

TABLE 1: South Saskatchewan River Basin Water Values				
Consumption activity	Description	Water Consumption (m <sup>3</sup> )	Water Values (\$million)	Valuation Technique
Agricultural Production	Crop production, livestock watering and greenhouse production.	2.9 billion	202	Rent Valuation Techniques (a variation of the cost-savings approach) and Replacement Cost (the installation costs of wells to make up for surface water shortfalls)
Domestic Use	Municipal, farm and rural non-farm household water consumption.	212 million	460	Derived Market Demand Curve Approach and Willingness to Pay.
Commercial Activities	Businesses and Institutional water consumption.	77 million	42	Derived Market Demand Curve Approach and Willingness to Pay.
Industrial Production	Chemical, petroleum refining, pulp and paper and food processing industries.	344.5 million	138	Shadow Price Value
Oil and Gas, Mining and Mineral Activities	Oil and Gas Extraction mining and mineral production	6.3 million	4.1	Cost of Water Intake, Treatment and Recirculation.
Hydro Power Generation	Flow of water providing hydraulic power to turn turbines	377.5 billion	38.4	Alternative Cost Approach (replacing hydro power with thermal power plants)
Thermal Power Generation	Water used for cooling	113.5 million	78	Alternative Cost Approach (replacing coal power with gas power plants)
Recreation Activities	Recreational fishing	N/A	15.4	Benefit Transfer Approach
Passive Uses	Pleasure gained from the existence of a body of water.	N/A	21.5	Benefit Transfer Approach
Ecosystem Services	Wetland and riparian habitat services	N/A	N/A	Was not estimated but partly captured in recreational and passive uses.

Fonte: V. A. Voora, H.D. Varema, 2008

Questi studi di valutazione economica, oltre a contribuire a far conoscere la gravità dei fenomeni di deterioramento degli asset naturali e dei relativi servizi ecosistemici, costituiscono la base per la definizione di politiche di intervento a tutte le scale (Andreucci, 2018).

### 1.1.4 Applicazione alle risorse idriche e ai loro usi energetici

Gli ecosistemi comprendono tutte le matrici naturali riferibili alla geosfera e alla biosfera, incluse le componenti biotiche e abiotiche. Tra queste una parte rilevante riguarda ambienti intrinsecamente acquatici, quali mari e oceani, laghi e fiumi, acque sotterranee, ghiacciai, canali e reticoli idrici, o ambienti terrestri permanentemente caratterizzati dalla presenza di acqua, quali le zone umide, zone costiere o le sponde dei fiumi e dei laghi. Tutti gli ambienti terrestri sono comunque interessati da fenomeni meteorici. Per il suo valore in relazione ad alcuni usi la risorsa idrica viene inoltre stoccata e utilizzata quando necessaria attraverso infrastrutture di raccolta e distribuzione. Ciò vale, ad esempio, per gli usi potabili, per quelli irrigui e per quelli energetici ed industriali, ma anche per usi ricreativi e culturali (piscine e fontane).

I servizi ecosistemici connessi all'acqua riguardano aspetti ecologici ed economici di rilevanza sociale attraverso la generazione di reddito, la promozione del benessere e la prevenzione di danni alla società (Fig. 1.12)

**Figura 1.12 I servizi ecosistemici connessi all'acqua**

Ecological Services	Economic Services
Climate moderation	Food
Nutrient cycling	Drinking water
Waste treatment	Irrigation water
Flood control	Hydroelectricity
Groundwater recharge	Transportation corridors
Habitats for many species	Recreation
Genetic resources and biodiversity	Employment
Scientific information	

Fonte: UN, 2018a

La rilevanza delle risorse idriche per lo sviluppo sostenibile è messa in evidenza dall'attribuzione di uno specifico Obiettivo, il numero 6, dell'Agenda 2030 all'acqua: Garantire a tutti la disponibilità e la gestione sostenibile dell'acqua e delle strutture igienico-sanitarie, che riguarda le acque potabili, l'igiene pubblica, la qualità dei corpi idrici, l'uso efficiente ed integrato delle risorse idriche. All'interno dell'Obiettivo 6, assume particolare rilievo in termini di tutela e valorizzazione del capitale naturale, il Target 6.6 ("Proteggere e risanare entro il 2030 gli ecosistemi legati all'acqua, comprese le montagne, le foreste, le paludi, i fiumi, le falde acquifere e i laghi").

## **Obiettivo 6: Garantire a tutti la disponibilità e la gestione sostenibile dell'acqua e delle strutture igienico-sanitarie.**

Acqua accessibile e pulita è un aspetto essenziale del mondo in cui vogliamo vivere. Il nostro pianeta possiede sufficiente acqua potabile per raggiungere questo obiettivo. Ma a causa di infrastrutture scadenti o cattiva gestione economica, ogni anno milioni di persone, di cui la gran parte bambini, muoiono per malattie dovute ad approvvigionamento idrico, servizi sanitari e livelli d'igiene inadeguati. La carenza e la scarsa qualità dell'acqua, assieme a sistemi sanitari inadeguati, hanno un impatto negativo sulla sicurezza alimentare, sulla scelta dei mezzi di sostentamento e sulle opportunità di istruzione per le famiglie povere di tutto il mondo. La siccità colpisce alcuni dei Paesi più poveri, aggravando fame e malnutrizione. Entro il 2050 è probabile che almeno una persona su quattro sia colpita da carenza duratura o ricorrente di acqua potabile.

### **Fatti e cifre**

- Dal 1990 a oggi, 2,6 miliardi di persone in più hanno avuto accesso a migliori risorse di acqua potabile, ma ancora 663 milioni di persone ne sono sprovviste.
- 1,8 mld di persone nel mondo usano fonti di acqua potabile contaminate da escrementi.
- Tra 1990 e 2015, la proporzione di popolazione mondiale che utilizza migliori fonti di acqua potabile è salita dal 76 al 91%.
- La scarsità d'acqua colpisce più del 40% della popolazione globale, una percentuale di cui si prevede un aumento.
- 2,4 miliardi di persone non hanno accesso a servizi igienici di base come WC o latrine.
- L'80% delle acque di scarico è scaricato in fiumi o mari senza sistemi di depurazione.
- Ogni giorno, 1000 bambini muoiono a causa di malattie diarroiche prevenibili legate all'acqua e all'igiene.
- L'energia idrica è la più importante e più utilizzata fonte di energia rinnovabile; nel 2011, essa ha rappresentato il 16% della produzione elettrica totale mondiale.
- Circa il 70% dell'acqua estratta da fiumi, laghi e acquedotti è usata per l'irrigazione.
- Inondazioni e altre calamità legate all'acqua sono responsabili del 70% dei decessi dovuti a disastri naturali.

### **Obiettivi**

6.1 Ottenere entro il 2030 l'accesso universale ed equo all'acqua potabile che sia sicura ed economica per tutti.

6.2 Ottenere entro il 2030 l'accesso ad impianti sanitari e igienici adeguati ed equi per tutti e porre fine alla defecazione all'aperto, prestando particolare attenzione ai bisogni di donne e bambine e a chi si trova in situazioni di vulnerabilità.

6.3 Migliorare entro il 2030 la qualità dell'acqua eliminando le discariche, riducendo l'inquinamento e il rilascio di prodotti chimici e scorie pericolose, dimezzando la quantità di acque reflue non trattate e aumentando considerevolmente il riciclaggio e il reimpiego sicuro a livello globale.

6.4 Aumentare considerevolmente entro il 2030 l'efficienza nell'utilizzo dell'acqua in ogni settore e garantire approvvigionamenti e forniture sostenibili di acqua potabile, per affrontare la carenza idrica e ridurre in modo sostanzioso il numero di persone che ne subisce le conseguenze.

6.5 Implementare entro il 2030 una gestione delle risorse idriche integrata a tutti i livelli, anche tramite la cooperazione transfrontaliera, in modo appropriato.

6.6 Proteggere e risanare entro il 2030 gli ecosistemi legati all'acqua, comprese le montagne, le foreste, le paludi, i fiumi, le falde acquifere e i laghi.

6.A Espandere entro il 2030 la cooperazione internazionale e il supporto per creare attività e programmi legati all'acqua e agli impianti igienici nei paesi in via di sviluppo, compresa la raccolta d'acqua, la desalinizzazione, l'efficienza idrica, il trattamento delle acque reflue e le tecnologie di riciclaggio e reimpiego.

6.B Supportare e rafforzare la partecipazione delle comunità locali nel miglioramento della gestione dell'acqua e degli impianti igienici.

### **Indicatori correlati**

6.1.1 Percentuale di popolazione che utilizza servizi idrici di acqua potabile gestiti in maniera corretta.

6.2.1 Percentuale della popolazione che utilizza servizi igienico-sanitari gestiti in maniera corretta, inclusi gli impianti per lavare le mani con acqua e sapone  
6.3.1 Percentuale di acque reflue trattate in maniera sicura.

6.3.2 Percentuale di masse d'acqua con un ambiente idrico di qualità.

6.4.1 Variazione dell'efficacia dell'utilizzo dell'acqua nel tempo.

6.4.2 Livello di stress idrico: acqua dolce raccolta in proporzione alle risorse di acqua dolce disponibili.

6.5.1 Grado di attuazione della gestione integrata delle risorse idriche (0-100).

6.5.2 Percentuale di bacini transfrontalieri con gestione operativa per la cooperazione idrica.

6.6.1 Variazione della dimensione degli ecosistemi legati all'acqua nel tempo.

6.A.1 Quantità di aiuti pubblici allo sviluppo relativi all'acqua e ai sistemi igienico-sanitari inclusi in un piano finanziamenti coordinato dal governo.

6.B.1 Percentuale di unità amministrative locali con politiche e procedure operative stabilite per la partecipazione delle comunità locali nella gestione dell'acqua e dei sistemi igienico-sanitari

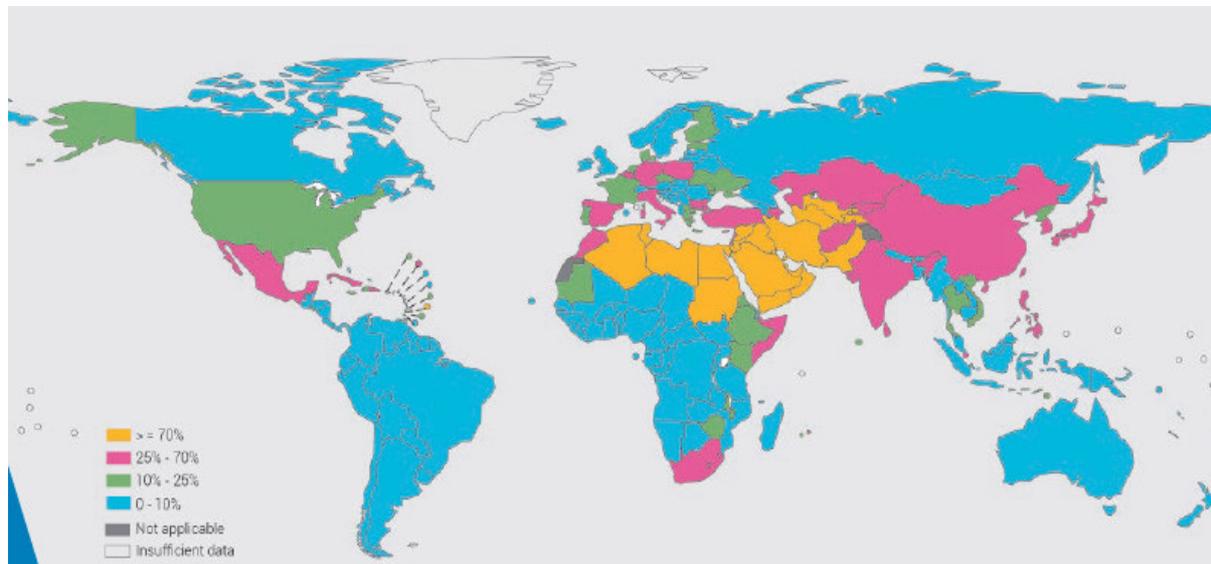
L'Obiettivo 6 dell'Agenda 2030 è strettamente legato ad altri SDGs. Questi i principali legami:

- con l'Obiettivo 7: Acqua e Energia presentano numerose interdipendenze. Tutte le forme di produzione e gestione dell'energia richiedono l'uso di acqua in diversa misura. La gestione delle risorse idriche a sua volta, richiedendo trattamenti e pompaggi, comporta l'uso di energia.
- con l'Obiettivo 11: Tra i servizi che le città e gli insediamenti umani richiedono vi sono l'acqua potabile ed i servizi di igiene pubblica (fognatura, depurazione). Le città inoltre

svolgono un ruolo crescente nella gestione degli ecosistemi acquatici e delle emergenze idriche (allagamenti e scarsità idrica).

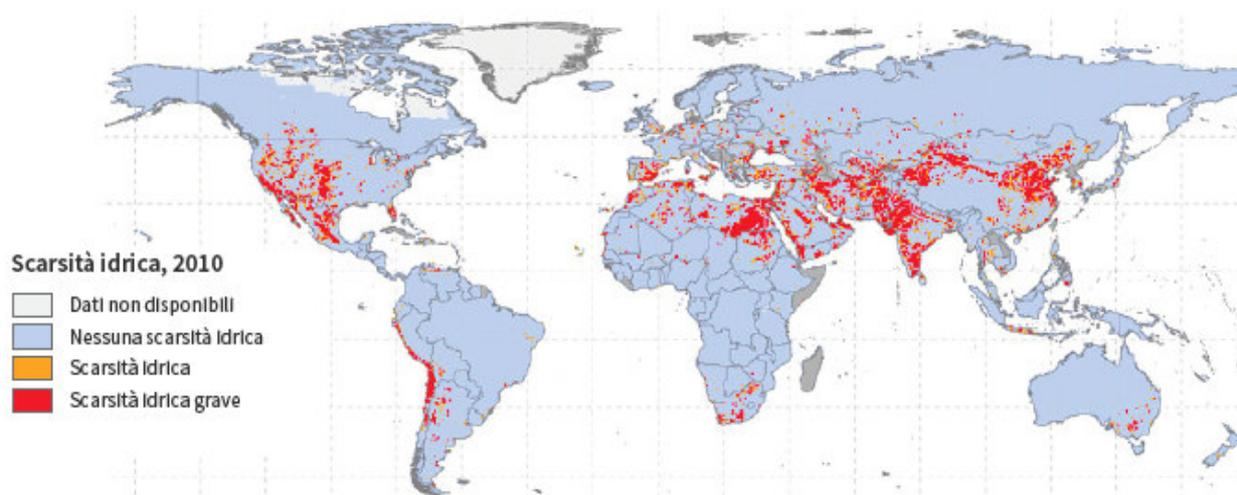
- con l'Obiettivo 12: L'acqua fa parte dei cicli produttivi di cibo, energia, merci e servizi. Una gestione sostenibile ed efficiente di questi cicli consente di preservare le risorse idriche dal punto di vista quantitativo e qualitativo.
- con l'Obiettivo 15: La gestione dei suoli è strettamente connessa con la gestione idrica. Gli usi agricoli assorbono rilevanti quantità d'acqua. L'impermeabilizzazione dei suoli, impedendo l'infiltrazione, favorisce gli allagamenti. Tutti gli ecosistemi, terrestri, acquatici e marini, dipendono dall'acqua per il loro funzionamento, la quale costituisce inoltre un elemento fondamentale del paesaggio.
- con l'Obiettivo 17: Gli aspetti di governance, comprese partnership, finanza, innovazione, capacity-building, monitoraggio, sono cruciali per il successo di tutti i gli obiettivi, compresi il n. 6. Più in generale, le risorse idriche sono essenziali per uno sviluppo sostenibile, sia nella salvaguardia degli ecosistemi, che nel mantenere il benessere umano, in aspetti quali la sicurezza alimentare, la tutela della salute e lo sradicamento della povertà. Lo stress idrico riguarda sia la quantità delle risorse idriche, a causa degli eccessivi prelievi rispetto alla capacità di ricostituzione degli acquiferi, che la qualità delle risorse idriche, a causa dell'eccessivo carico inquinante rispetto alla capacità depurativa intrinseca (Fig. 1.13 e 1.14). Il cambiamento climatico in atto amplifica queste tendenze.

**Figura 1.13 Livello di stress idrico**



Fonte: FAO, 2016

Figura 1.14 Scarsità idrica nel 2010



Fonte: UN, 2018a

La domanda globale di acqua è aumentata ad un tasso di circa l'1% all'anno in funzione della crescita della popolazione, dello sviluppo economico e dei cambiamenti nei modelli di consumo, tra gli altri fattori, e continuerà a crescere significativamente nei prossimi due decenni. La domanda di acqua per uso industriale e domestico aumenterà molto più rapidamente della domanda agricola, sebbene l'agricoltura rimarrà il maggiore utilizzatore. La stragrande maggioranza della crescente domanda di acqua si verificherà in Paesi con economie in via di sviluppo o emergenti. Allo stesso tempo, il ciclo globale dell'acqua si sta intensificando a causa dei cambiamenti climatici, con le regioni maggiormente umide che generalmente diventano più umide e le regioni più asciutte che diventano ancora più secche. Attualmente, circa 3,6 miliardi di persone (quasi la metà della popolazione mondiale) vivono in aree potenzialmente povere di acqua almeno un mese all'anno, e questa popolazione potrebbe aumentare fino a circa 4,8-5,7 miliardi entro il 2050 (UN, 2018c).

Altrettanto preoccupante è la tendenza per quanto riguarda la qualità delle risorse idriche. Dagli anni '90, l'inquinamento delle acque è peggiorato in quasi tutti i fiumi in Africa, Asia e America Latina. Si prevede che il deterioramento della qualità dell'acqua aumenterà ulteriormente nei prossimi decenni e ciò accrescerà le minacce per la salute umana, l'ambiente e lo sviluppo sostenibile. Anche i prodotti chimici hanno un rilevante impatto sulla qualità dell'acqua. Si stima che l'80% di tutte le acque reflue industriali e municipali siano immesse nell'ambiente senza alcun trattamento preventivo, il che si traduce in un crescente deterioramento della qualità complessiva dell'acqua con impatti negativi sulla salute umana e sugli ecosistemi (UN, 2017b). Nonostante decenni di regolamentazione e ingenti investimenti per ridurre l'inquinamento idrico da sorgenti puntuali nei Paesi sviluppati, le sfide in termini di qualità dell'acqua sono il risultato della presenza di fonti di inquinamento diffuse e sotto-regolate. La gestione del deflusso di sostanze nutrienti in eccesso dall'agricoltura, anche nelle acque sotterranee, è considerata la sfida principale relativa alla qualità dell'acqua a livello globale (UNEP, 2016, OCSE, 2017b). L'agricoltura rimane infatti la fonte predominante di sostanze azotate scaricate

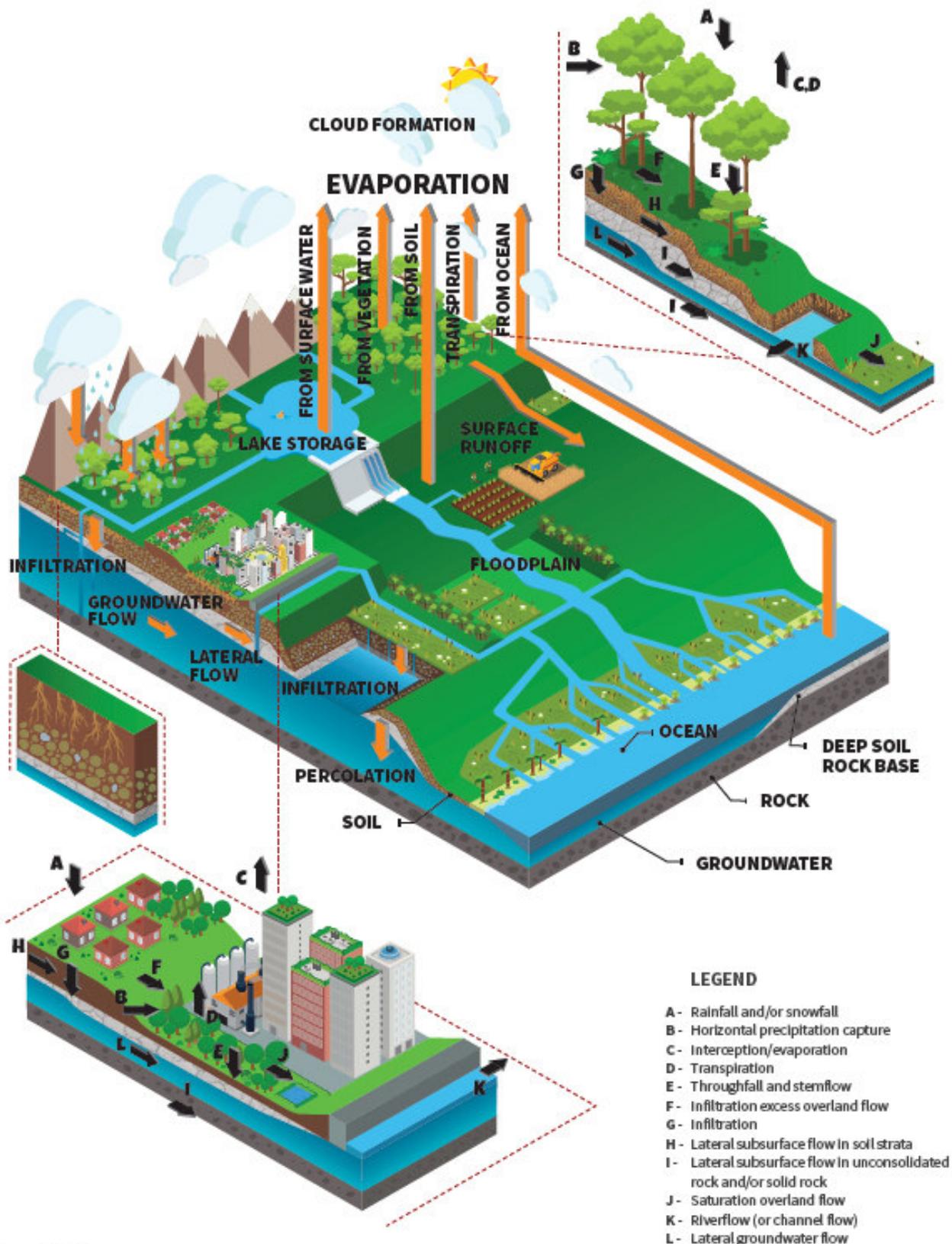
nell'ambiente e una fonte significativa di fosforo. L'intensificazione delle pratiche agricole ha già aumentato l'uso di sostanze chimiche a livello globale portandolo a circa due milioni di tonnellate all'anno, suddiviso tra erbicidi pari al 47,5%, insetticidi al 29,5%, fungicidi al 17,5% e altri per 5,5% (De et al., 2014).

Gli impatti di questa tendenza sono in gran parte non quantificati. Un recente rapporto (UN, 2017a) richiama l'attenzione sull'urgenza di migliori politiche di utilizzo dei pesticidi. Gli agenti inquinanti sono in continua evoluzione e in aumento, e spesso rilevati a concentrazioni superiori al previsto (Sauvé e Desrosiers, 2014). Esempi includono prodotti farmaceutici, ormoni, prodotti chimici industriali, prodotti per la cura personale, ritardanti di fiamma, detergenti, composti perfluorurati, caffeina, fragranze, cianotossine, nanomateriali e detergenti antimicrobici e i loro prodotti di trasformazione. Gli impatti sulle persone e sulla biodiversità saranno principalmente veicolati attraverso l'acqua e sono in gran parte sconosciuti (UN, 2017b).

Si prevede che i maggiori incrementi dell'esposizione agli inquinanti si verifichino nei Paesi a basso e medio-basso reddito, principalmente a causa della maggiore popolazione e crescita economica e della mancanza di sistemi di gestione delle acque reflue. Le tendenze nella disponibilità e qualità dell'acqua sono accompagnate da cambiamenti previsti nei rischi di alluvione e siccità. Si prevede che il numero di persone a rischio di inondazioni aumenti da 1,2 miliardi di oggi a circa 1,6 miliardi nel 2050 (quasi il 20% della popolazione mondiale). La popolazione attualmente colpita da degrado/desertificazione e siccità del suolo è stimata in 1,8 miliardi di persone, rendendo questa la categoria più importante di "disastro naturale" in base alla mortalità e all'impatto socio-economico in relazione al PIL pro capite (UN, 2018c).

Gli ecosistemi sono fortemente interrelati con i cicli idrici. I processi ecologici influenzano infatti la qualità dell'acqua ed i flussi tra diversi sistemi idrologici, così come la formazione del suolo, l'erosione, il trasporto e la deposizione dei sedimenti. Non sono solo le foreste, ma anche le praterie e le terre coltivate, a svolgere un importante ruolo a questo proposito. I suoli sono infatti fondamentali per controllare il movimento, lo stoccaggio e la trasformazione dell'acqua. Gli ecosistemi, anche in ragione delle diverse vegetazioni presenti, delle caratteristiche dei suoli e delle condizioni meteorologiche, esercitano importanti influenze sul riciclo delle acque meteoriche da scala locale a continentale. Globalmente, fino al 40% delle precipitazioni terrestri proviene dalla traspirazione delle piante controvento e dall'evaporazione dei suoli (con quest'ultima fonte che rappresenta la maggior parte delle precipitazioni in alcune regioni). Le decisioni sull'uso del suolo in un luogo possono quindi avere conseguenze significative per le risorse idriche, le persone, l'economia e l'ambiente in luoghi distanti, suggerendo una logica di "watershed management". La Fig. 1.15 rappresenta i cicli idrici in modo integrato.

Figura 1.15 I cicli idrici integrati



Fonte: UN, 2017b

Le zone umide (compresi fiumi e laghi) coprono solo il 2,6% della terra, ma svolgono un ruolo molto più elevato in proporzione in termini di idrologia per unità di superficie. Le stime sulla perdita globale di aree umide naturali a causa dell'attività umana sono comprese tra il 54% e il 57%, ma la perdita potrebbe ammontare all'87% rispetto al 1700, con un tasso di perdita delle zone umide 3,7 volte più rapido durante il XX e il XXI secolo, pari alla perdita del 64-71% della superficie delle zone umide rispetto al 1900 (Davidson, 2014). La perdita è stata maggiore e più veloce per le aree interne rispetto alle aree costiere. L'uso diretto del suolo da parte dell'uomo e il cambiamento nell'uso del suolo hanno importanti effetti sull'idrologia da scala locale a regionale fino a globale, per quanto non ancora misurabili con certezza. Per quanto riguarda l'Italia, il primo rapporto nazionale sul capitale naturale sintetizza le principali pressioni sulle risorse naturali nella Fig. 1.16.

**Figura 1.16 Principali categorie di fonti di pressione sulla natura in Italia**

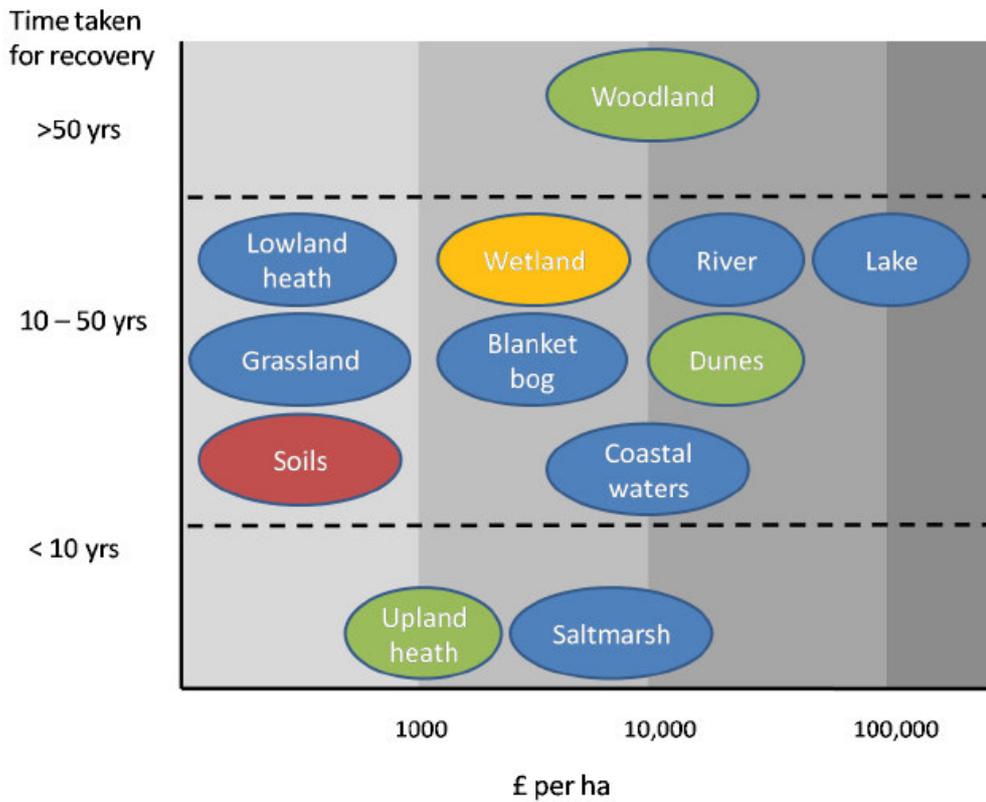
- <b>Abusivismo edilizio:</b> comportamenti illegali o non sanzionati, ivi inclusa la mancata attivazione delle procedure di demolizione e ripristino dei luoghi.	<i>Suolo</i>
- <b>Incendi boschivi:</b> forte impatto sulla biodiversità, sulle emissioni di gas serra in atmosfera e sul degrado e la desertificazione del territorio.	<i>Suolo</i> <i>Biodiversità</i> <i>Atmosfera</i>
- <b>Prelievo di risorse biotiche:</b> sfruttamento insostenibile e perdita di biodiversità (es. eccessiva pressione sulle risorse ittiche).	<i>Biodiversità</i>
- <b>Introduzione specie aliene invasive:</b> es. scarico incontrollato di acque di zavorra.	<i>Biodiversità</i>
- <b>Prelievo di risorse abiotiche:</b> sfruttamento insostenibile (es. minerali, acqua).	<i>Suolo</i> <i>Sottosuolo</i> <i>Acque</i>
- <b>Inquinamento:</b> emissioni di inquinanti in atmosfera, scarichi nei suoli e nelle acque, inquinamento dei suoli.	<i>Suolo</i> <i>Atmosfera</i> <i>Biodiversità</i> <i>Acque</i> <i>Sottosuolo</i>
- <b>Cambiamenti climatici:</b> emissioni di gas serra e assorbimenti di carbonio ascrivibili all'Italia, effetti attesi del cambiamento climatico, effetti sui regimi idrici.	<i>Atmosfera</i> <i>Biodiversità</i> <i>Acque</i> <i>Suolo</i>
- <b>Rifiuti:</b> fenomeni di accumulo di rifiuti non biodegradabili (es. dispersione rifiuti plastici, in strada e in mare).	<i>Atmosfera</i> <i>Biodiversità</i> <i>Acque</i> <i>Suolo</i>

Fonte: MATTM. 2018

In particolare, le risorse idriche sono potenzialmente minacciate da prelievi eccessivi, scarichi inquinanti, dispersione di rifiuti ed impatti dei cambiamenti climatici.

I tempi di recupero degli ambienti naturali acquatici varia a seconda della tipologia di ambiente, da meno di 10 anni nel caso di aree paludose ad oltre 50 anni per le foreste, con costi a loro volta variabili, che raggiungono il massimo (oltre 100.000 Sterline per ettaro) nel caso dei laghi. (Fig. 1.17).

**Figura 1.17 Costi e tempi di recupero per differenti tipologie di capitale naturale**



Note: restoration is highly location and context specific so these are indicative only. Colours denote confidence in the evidence: Red= low agreement, limited evidence; Amber = low agreement much evidence; Green = high agreement limited evidence; Blue=high agreement, much evidence.

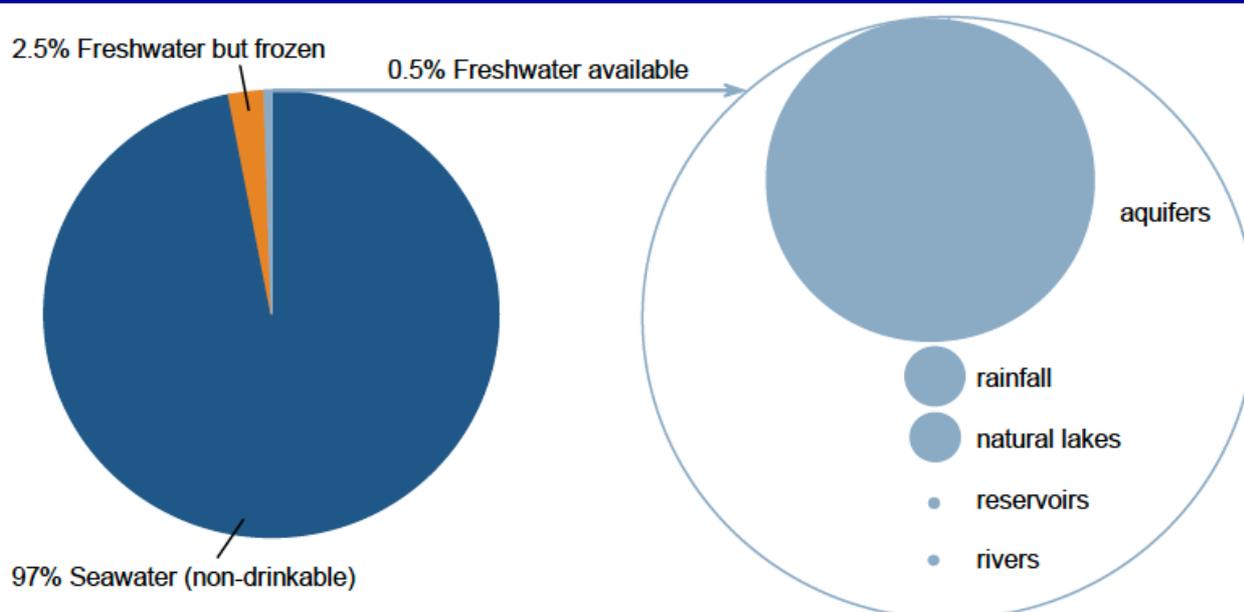
Fonte: UK Natural Capital Committee, 2014

## 1.2. Il climate change e i suoi impatti sulle risorse

### 1.2.1. Ambiti e pattern di impatto del cambiamento climatico sulle risorse idriche

Oltre il 70% del pianeta Terra è coperto dalle acque, di cui solo il 3% sono dolci: il 2,5% è intrappolata nei ghiacciai e solo lo 0,5% è presente negli acquiferi (laghi, fiumi e zone umide) utilizzabili dall'uomo, come si vede in Fig. 1.18(UNESCO, 2003).

**Figura 1.18** Disponibilità globale di acqua dolce



Fonte: World Energy Council, Water for energy, 2010

Le acque dolci sono una risorsa rinnovabile – con diversi tempi di ricostituzione – interessate dai fenomeni meteorologici e climatici.

L'equilibrio tra evaporazione e precipitazione è il processo primario attraverso il quale si percepisce il cambiamento climatico, con l'intensificazione e l'alterazione dei fenomeni di siccità, alluvioni, scioglimento dei ghiacciai, innalzamento del livello del mare e temporali.

Le variazioni nel ciclo idrico indotti dal cambiamento climatico manifestano impatti e rischi diversificati in ragione della loro interazione con condizioni territoriali, sociali ed economiche differenziate, nonché con diverse capacità di risposta da parte delle istituzioni, dei cittadini e delle imprese, che portano a situazioni di vulnerabilità locali. I messaggi chiave a cui il quarto rapporto di valutazione dell'IPCC attribuisce alta o altissima certezza (IPCC, 2007) in merito alle risorse di acqua dolce sono:

- Gli impatti osservati e previsti dei cambiamenti climatici sui sistemi di acqua dolce e la loro gestione sono dovuti principalmente all'aumento della temperatura e del livello del mare, ai cambiamenti locali delle precipitazioni e ai cambiamenti nella variabilità di tali quantità.
- Le aree semiaride e aride sono particolarmente esposte.

- Acqua più calda, precipitazioni più intense e periodi di flusso più lunghi riducono la qualità dell'acqua, con impatti sugli ecosistemi, sulla salute umana e sull'affidabilità e sui costi operativi dei servizi idrici.
- I cambiamenti climatici influenzano l'infrastruttura e le pratiche di gestione delle acque.
- Sono state sviluppate pratiche di adattamento e gestione del rischio per il settore idrico in alcuni Paesi e regioni.
- Gli impatti negativi del cambiamento climatico sui sistemi di acqua dolce superano i suoi benefici.

È probabile che i livelli di stress fisico dell'acqua aumentino man mano che le popolazioni e le loro richieste di acqua crescono e gli effetti dei cambiamenti climatici si intensificano (ONU, 2018). Anche i cambiamenti climatici e l'aumento della variabilità climatica possono variare a livello locale e di bacino e in diverse stagioni. Nella maggior parte dei casi, tuttavia, le aree asciutte tenderanno a diventare più asciutte e le aree umide più umide, in modo tale che i cambiamenti climatici probabilmente esacerberanno lo stress idrico nelle aree che sono già le più colpite. Le stime suggeriscono che, se il degrado dell'ambiente naturale e le pressioni insostenibili sulle risorse idriche globali continueranno, il 45% del prodotto interno lordo globale (PIL), il 52% della popolazione mondiale e il 40% della produzione globale di cereali saranno a rischio nel 2050. Le popolazioni povere ed emarginate saranno colpite in modo sproporzionato, esacerbando ulteriormente le disuguaglianze già in aumento (UN, 2018b).

L'acqua funge da medium nella generazione di una pluralità di impatti dei cambiamenti climatici, generando "hot spots" caratterizzati da alta vulnerabilità a causa dell'esposizione a rischi quali siccità o alluvioni e per la sensibilità ai loro effetti. Tra essi figurano:

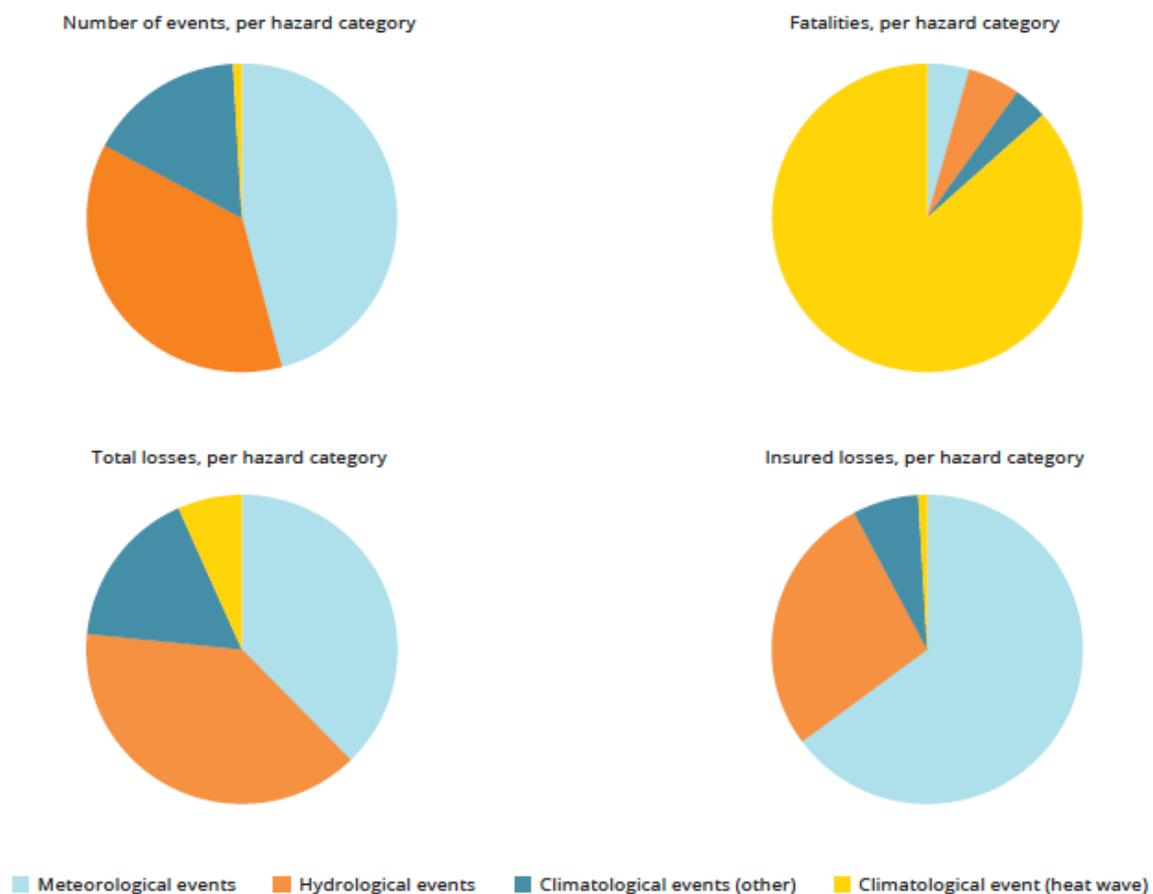
- megalopoli costiere - dove la maggiore frequenza di allagamenti e alluvioni esercita gli impatti più acuti;
- zone aride - dove la vulnerabilità rispetto a una maggiore o più frequente scarsità d'acqua è elevata a causa di minacce alla sicurezza alimentare, alla salute e allo sviluppo economico;
- piccole isole - dove la sensibilità all'erosione costiera, all'alluvione e all'intrusione di acqua salata è elevata a livello di comunità e nazionale;
- montagne e fiumi - dove il ritiro dei ghiacciai e la riduzione dell'estensione delle nevi invernali aumentano il rischio di catastrofi e spostano il volume e la tempistica della disponibilità di acqua a valle per gli usi irrigui, civili ed industriali (IUCN, 2009).

Con riferimento agli eventi estremi, le variazioni nella disponibilità idrica sono accompagnate da cambiamenti nei rischi di alluvione e siccità. In particolare, un crescente rischio di alluvione si verifica in alcune aree tradizionalmente caratterizzate da scarsità idrica (ad esempio in Cile, Cina e India, nonché in Medio Oriente e Nord Africa) dove le strategie locali per gestire gli eventi alluvionali sono poco sviluppate. Le perdite economiche dovute ai rischi idrici sono aumentate notevolmente negli ultimi decenni. Dal 1992 alluvioni, siccità e tempeste hanno colpito 4,2 miliardi di persone (il 95% di tutte le persone colpite da tutti i disastri), causando 1.300 miliardi di dollari di danni - il 63% di tutti i danni causati dalle calamità in tutto il mondo (UNESCAP / UNISDR, 2012).

Secondo l'OCSE, "il numero di persone a rischio di alluvioni aumenterà da 1,2 miliardi di oggi a circa 1,6 miliardi nel 2050 (quasi il 20% della popolazione mondiale) e il valore economico delle attività a rischio ammonterà a 45 trilioni di dollari nel 2050, una crescita di oltre il 340% rispetto al 2010 "(OECD, 2012).

Le alluvioni hanno rappresentato il 47% di tutti i disastri legati alle condizioni meteorologiche dal 1995, colpendo un totale di 2,3 miliardi di persone. Il numero di alluvioni è aumentato fino a raggiungere una media di 171 all'anno nel periodo 2005-2014, rispetto a una media annuale di 127 nel decennio precedente (CRED / UNISDR, 2015).

**Figura 1.19 Episodi e danni da disastri naturali collegati a clima e meteo in Europa 1980/2013**



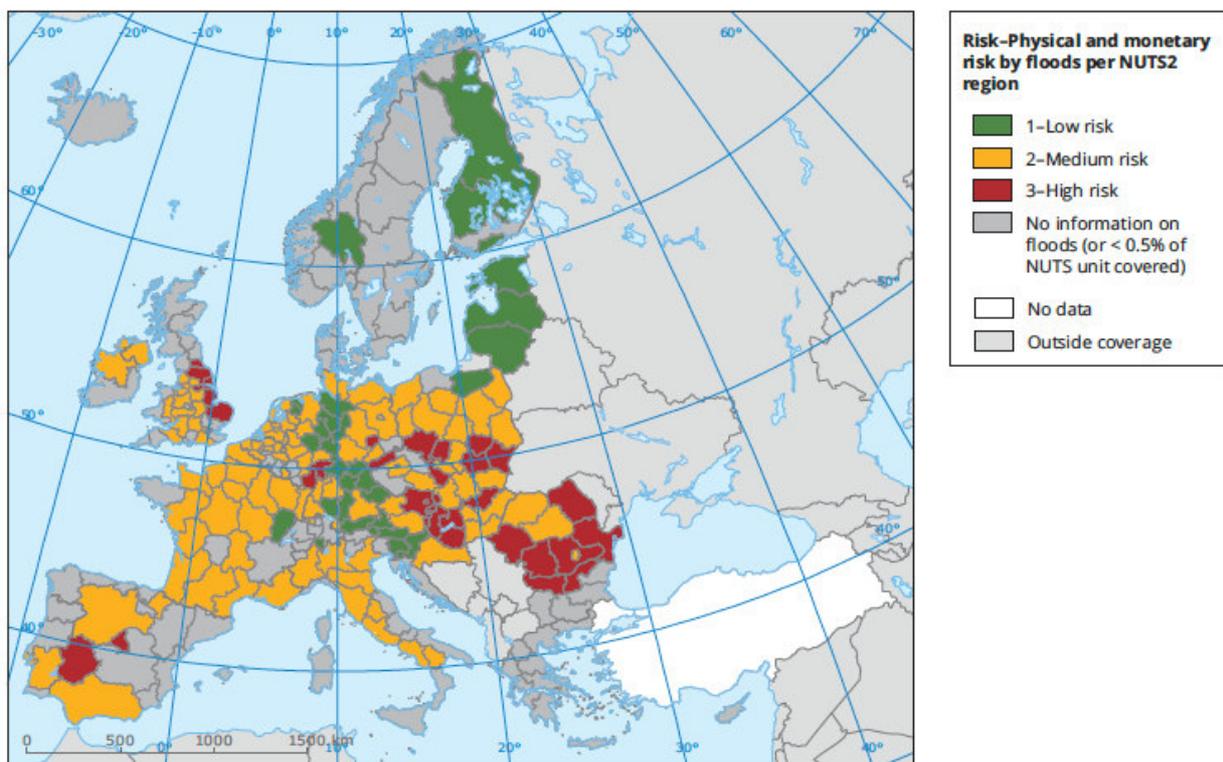
Fonte: EEA, 2017

La popolazione attualmente colpita da degrado/desertificazione e siccità del suolo è stimata in 1,8 miliardi di persone, rendendo questa la categoria più significativa di "calamità naturale" basata sulla mortalità e sull'impatto socio-economico relativo al PIL pro capite (Bassa, 2013). La siccità è anche un problema cronico a lungo termine. I cambiamenti nelle precipitazioni modificheranno la siccità e, di conseguenza, la disponibilità di umidità del suolo in molte parti del globo. La maggiore durata prevista e la severità della siccità possono essere alleviate da un maggior stoccaggio di acqua, che richiede un upscaling degli investimenti infrastrutturali (che a loro volta possono però comportare impatti ambientali e sociali negativi). A questo proposito,

lo stoccaggio di acqua nell'ambiente mediante infrastrutture verdi può rappresentare un'alternativa sostenibile. Gli impatti della siccità saranno aggravati dai crescenti consumi in risposta all'aumento della domanda di acqua.

Anche l'Europa, nonostante la relativa abbondanza di risorse idriche rinnovabili, è caratterizzata da aree di stress idrico, in particolare sulla sponda mediterranea, nonché da un sovra sfruttamento delle risorse idriche sotterranee e di superficie soprattutto nell'Europa occidentale e orientale. Gli usi civili ammontano mediamente a 102 litri per persona al giorno, configurando una situazione di assenza di stress idrico se non in periodi particolari soprattutto per le località turistiche e nelle piccole isole (EEA, 2015). Il territorio europeo è inoltre interessato da un crescente numero di catastrofi naturali legate al cambiamento climatico (Fig. 1.19). Sempre in riferimento all'Europa, la Fig. 1.20 mostra il rischio di allagamento a scala regionale.

**Figura 1.20** Mappa dei rischi di allagamento aggregata a livello di Regioni (NUTS 2)



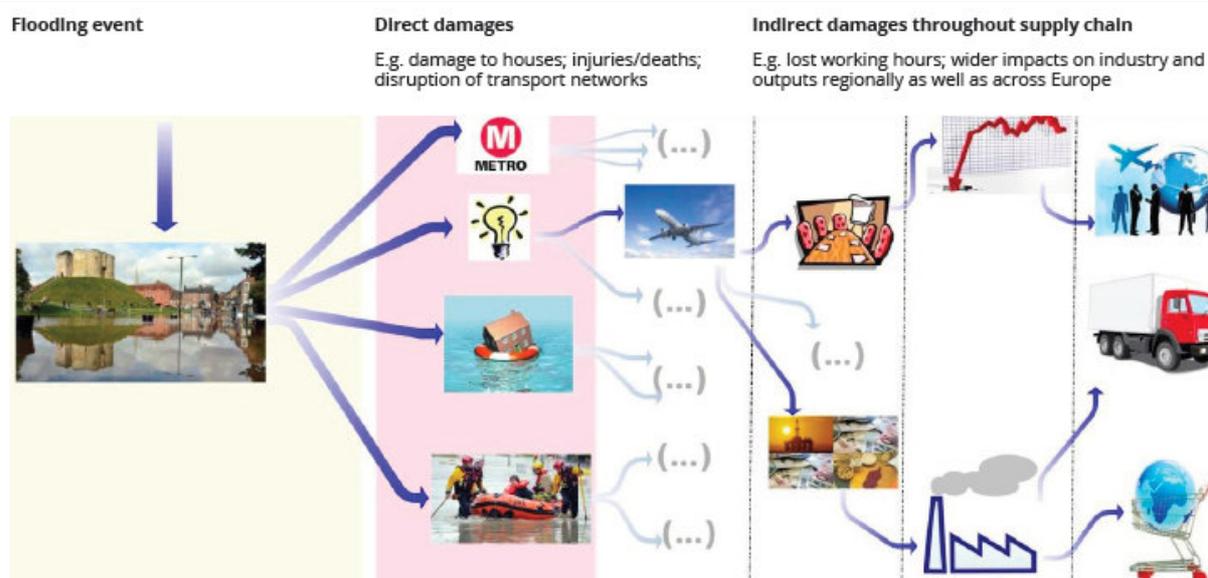
Fonte: EEA, 2015

Le alluvioni comportano danni diretti e indiretti, attraverso la supply chain, che interessano, oltre alle persone e le infrastrutture pubbliche e civili, anche il sistema industriale e dei trasporti, come evidenzia la Fig. 1.21.

Oltre alla quantità e alla distribuzione dell'acqua, i cambiamenti climatici influenzano la qualità dell'acqua in vari modi. Ad esempio, i cambiamenti nelle dinamiche spaziali e temporali e la variabilità delle precipitazioni influenzano i flussi di acqua superficiale e quindi gli effetti di diluizione, mentre gli aumenti di temperatura provocano maggiore evaporazione da superfici

e suoli aperti e l'aumento della traspirazione da parte della vegetazione può ridurre la disponibilità di acqua. L'ossigeno disciolto si esaurisce più rapidamente a causa di temperature dell'acqua più elevate e conseguentemente maggiori quantità di sostanze inquinanti possono scorrere nei corpi idrici a seguito a piogge intense (IPCC, 2014).

**Figura 1.21 Impatto complessivo dei disastri con danni diretti e indiretti**



Fonte: Triconomics, 2015

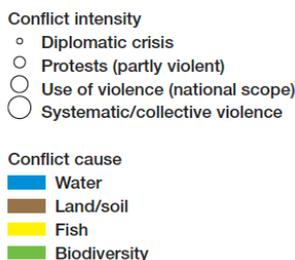
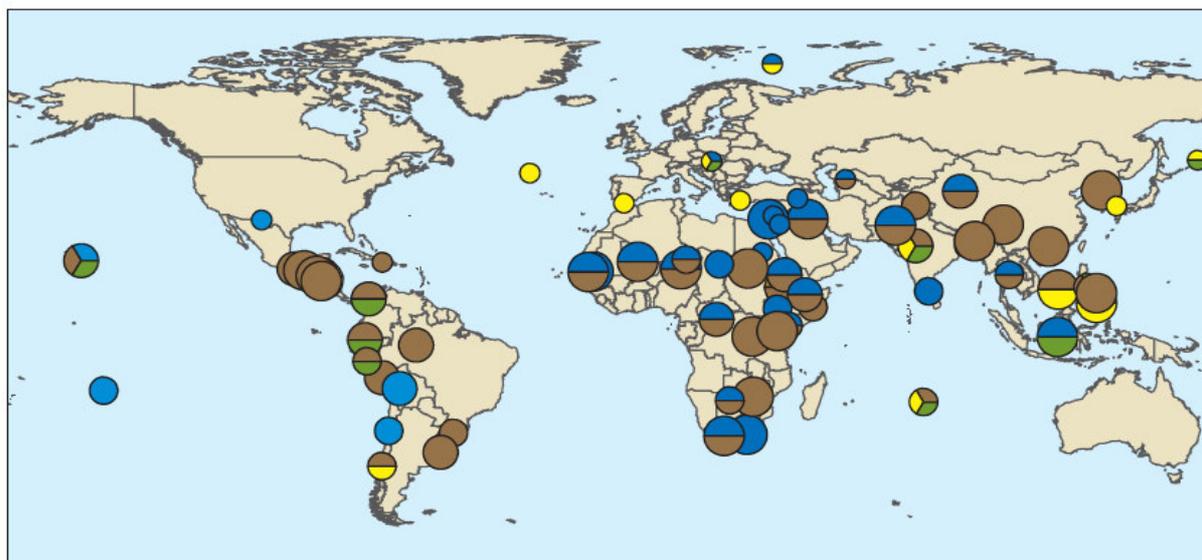
Per i laghi e i bacini idrici, i cambiamenti più frequenti sono l'eutrofizzazione più intensa e le proliferazioni algali a temperature più elevate, o tempi di ritenzione idraulica più brevi e carichi di nutrienti più elevati derivanti da un aumento del deflusso delle piogge. Un maggiore deflusso si traduce in maggiori carichi di sali, coliformi fecali, agenti patogeni e metalli pesanti. Per i fiumi, un maggiore deflusso, invece di diluire l'inquinamento, trascina più inquinanti dal terreno verso i corsi d'acqua (IPCC, 2014).

### 1.2.2. I conflitti tra usi alternativi dell'acqua

Il controllo delle risorse idriche è la principale causa di conflitti, di diversa intensità, sul pianeta, come rappresentato in Fig. 1.22. Questi conflitti possono manifestarsi a diversa scala e avere anche carattere internazionale. Più in generale, poiché le risorse idriche sono suscettibili di utilizzi diversi – e nella maggior parte dei casi alternativi fra loro – le scelte che li riguardano hanno carattere intrinsecamente conflittuale, nel senso che richiedono l'allocazione di una risorsa scarsa fra usi alternativi. Date le caratteristiche dell'acqua, che in molti casi si presenta come bene pubblico, ed in ragione di alcune tipologie di uso è un bene necessario e per altri usi riveste comunque una rilevanza strategica - condizionando la produzione agricola e quella energetica - tali conflitti non possono essere risolti solo dai mercati attraverso i meccanismi di prezzo, ma richiedono scelte politiche. A livello internazionale è stato definito un set di principi che riconoscono i valori multipli dell'acqua. Il primo è proprio: "Riconoscere e comprendere i valori

multipli dell'acqua. Dobbiamo identificare e tenere in considerazione i molteplici e diversi valori dell'acqua per diversi gruppi e interessi in tutte le decisioni che riguardano l'acqua. Vi sono profonde interconnessioni tra i bisogni umani, il benessere sociale ed economico, le credenze spirituali e la vitalità degli ecosistemi” (HLPW, 2018).

**Figura 1.22 I conflitti ambientali**



Fonte: WBGU, 2009

Il riconoscimento del valore economico dell'acqua è rilevante ai fini di evitare il suo sovra sfruttamento e degrado, che si manifesta appunto quando la sua scarsità non si riflette nel prezzo. Tuttavia si deve anche riconoscere che l'accesso ad una certa quantità di risorse idriche a fini potabili ed igienici rappresenta un diritto umano fondamentale. A questo proposito, il quarto principio afferma che "L'acqua ha un valore economico in tutti i suoi usi concorrenti e dovrebbe essere riconosciuta come un bene economico, è fondamentale riconoscere in primo luogo il diritto basilare di tutti gli esseri umani di avere accesso all'acqua pulita e ai servizi igienico-sanitari ad un prezzo accessibile. Tuttavia, l'incapacità del passato di riconoscere il valore economico dell'acqua ha portato a utilizzi della risorsa caratterizzati da sprechi e danni per l'ambiente" (ICWE, 1992).

Questi principi (chiamati principi di Dublino) sono stati affermati nell'ambito della Conferenza Internazionale sull'Acqua e l'Ambiente del 1992, in cui si è anche raccomandata la gestione in-

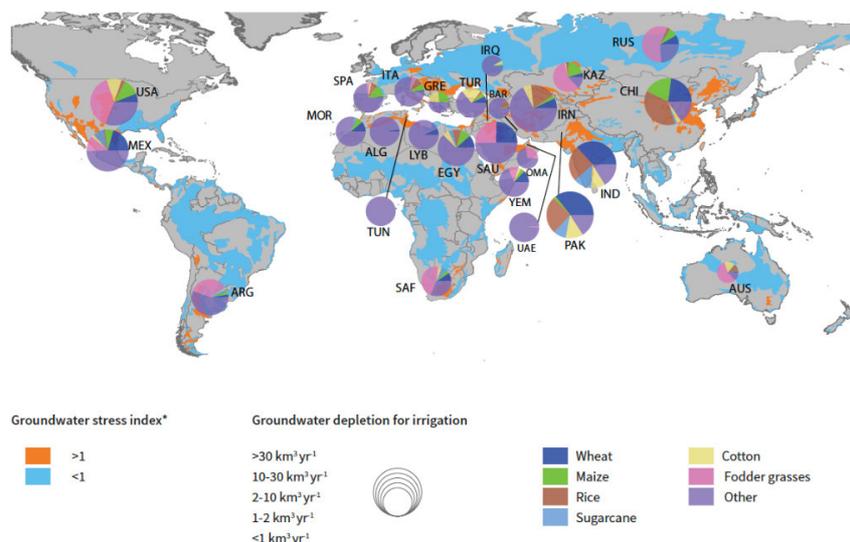
tegrata delle risorse idriche (IWRM) nell'ambito della Global Water Partnership (GWP), un network di 3.000 organizzazioni in 183 Paesi che promuove le conoscenze e il capacity building nella gestione delle risorse idriche.

Le applicazioni attuali di gestione integrata delle risorse idriche (IWRM) prevedono l'uso equo, efficiente e sostenibile dell'acqua e sono fondamentali per il bilanciamento delle dimensioni sociale, economica e ambientale dello sviluppo sostenibile. L'approccio dell'IWRM richiede il coordinamento tra tutti gli ambiti interessati di gestione, sviluppo, regolamentazione e decisione relativi all'acqua, al suolo e alle risorse correlate (GWP, 2000).

L'attuale domanda globale di acqua (prelievi<sup>1</sup>) è stimata a circa 4.600 km<sup>3</sup> all'anno. Esistono stime differenziate sulla sua evoluzione temporale. Alcune prevedono che i prelievi crescano fino a 5.500 - 6.000 km<sup>3</sup> all'anno entro il 2050 (Burek et al., 2016). A parte gli usi agricoli, per i quali l'effetto netto può avere un segno diverso, si prevede un aumento della domanda di acqua per l'industria, l'energia e gli usi civili (UN, 2014).

L'agricoltura rappresenta circa il 70% dei prelievi globali di acqua, la maggior parte dei quali vengono utilizzati per l'irrigazione. Tuttavia, le stime globali per la domanda annua di acqua per l'irrigazione sono caratterizzate da un elevato livello di incertezza. Ciò non è dovuto semplicemente a carenze nel monitoraggio e reporting sull'acqua utilizzata per l'irrigazione, ma anche alla variabilità intrinseca che caratterizza tali pratiche. Le quantità di acqua utilizzate per l'irrigazione in un dato momento variano in base al tipo di coltura e alle stagioni di crescita e dipendono anche dalle pratiche di coltivazione e dalla variabilità delle condizioni del suolo e del clima locali, nonché di eventuali cambiamenti nei terreni da irrigare.

**Figura 1.23 Contributo dell'agricoltura al consumo delle risorse idriche nel 2010**



Fonte: UN, 2018b

<sup>1</sup> Si deve distinguere tra:

- Prelievi idrici: il volume d'acqua rimosso da una fonte; per definizione i prelievi sono sempre maggiori o uguali al consumo.
- Consumi idrici: il volume prelevato che non viene restituito alla fonte (cioè evapora o viene trasportato in un altro luogo) e per definizione non è più disponibile per altri usi in loco.

L'efficienza delle diverse tecniche di irrigazione ha anche un impatto diretto sull'uso complessivo dell'acqua. Mentre Burek et al. (2016) hanno previsto aumenti del fabbisogno idrico globale per l'irrigazione delle colture per il 2050 tra il 23% e il 42 % rispetto al 2010, la FAO (2016) ha stimato un aumento del 5,5% dei prelievi idrici dall'irrigazione dal 2008 al 2050. In previsione di un incremento dell'efficienza negli usi idrici irrigui, l'OCSE (OECD, 2012) ha stimato addirittura un lieve calo del consumo di acqua per l'irrigazione nel periodo 2000-2050. La Fig. 1.23 mostra il contributo di alcune colture al consumo delle risorse idriche in diversi Paesi.

I principali effetti del cambiamento climatico nelle zone rurali si manifesteranno attraverso l'impatto sull'approvvigionamento idrico, sulla sicurezza alimentare e sui redditi agricoli. In alcune regioni, è probabile che si verifichino cambiamenti nella produzione agricola, non solo a causa di cambiamenti di temperatura e di piovosità, ma anche attraverso cambiamenti nella disponibilità di acqua per l'irrigazione. I cambiamenti climatici avranno un impatto sproporzionato sul benessere dei poveri nelle aree rurali, incluse le famiglie con capifamiglia donna e quelli con accesso limitato ai moderni mezzi agricoli, infrastrutture e istruzione (IPCC, 2014).

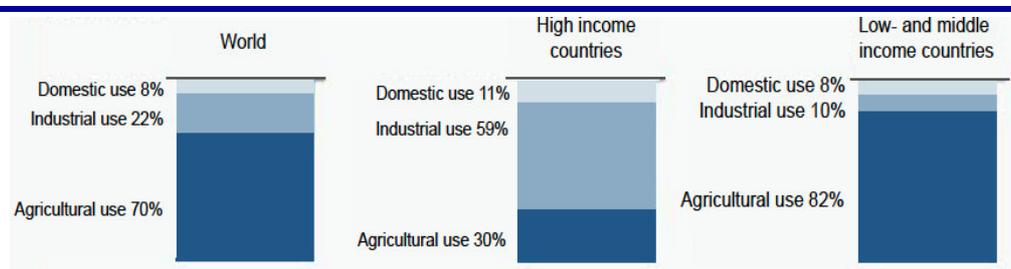
L'aumento della variabilità nei pattern di piovosità e la difficoltà della loro previsione, così come l'intensificarsi di alluvioni e siccità, richiederà maggiore attenzione alla gestione dell'acqua per usi irrigui. Diverse stime suggeriscono che la domanda globale di acqua da parte dell'industria aumenterà in tutte le regioni del mondo, con l'eccezione del Nord America e dell'Europa occidentale e meridionale. La domanda per usi industriali potrebbe aumentare fino a otto volte (in termini relativi) in gran parte dell'Africa, dove l'industria rappresenta attualmente una percentuale molto piccola del consumo totale di acqua. La domanda di acqua per usi industriali dovrebbe aumentare significativamente (fino a due volte e mezzo) anche nell'Asia meridionale, centrale e orientale (Burek et al., 2016).

Secondo l'OCSE (OECD,2012), la domanda di acqua per la produzione industriale aumenterà addirittura del 400% nel periodo 2000-2050. Si prevede che i prelievi globali di acqua per la produzione di energia aumenteranno di un quinto nel periodo 2010-2035, mentre il consumo di acqua aumenterà dell'85% a causa dello spostamento verso centrali più efficienti con sistemi di raffreddamento più avanzati (che riducono i prelievi di acqua ma aumentano il consumo) e l'incremento della produzione di biocarburanti (IEA, 2012). Chaturvedi et al. (2013) suggerisce che limitare la produzione di biomasse per usi energetici a terreni agricoli marginali o abbandonati non irrigati potrebbe alleviare gli impatti negativi sulla produzione alimentare e sui prezzi, sull'uso dell'acqua e sulla biodiversità. L'Agenzia internazionale per l'energia ha stimato (IEA, 2016) i prelievi idrici globali per la produzione di energia nel 2010 in 583 km<sup>3</sup> (pari a circa il 15% dei prelievi totali mondiali), di cui solo 66 km<sup>3</sup> consumati, in ragione della elevata quota di riutilizzo delle acque prelevate a tale fine. Entro il 2035, i ritiri potrebbero aumentare del 20% e il consumo dell'85%, spinti da uno spostamento verso centrali a più alta efficienza con sistemi di raffreddamento più avanzati (che riducono i prelievi di acqua ma aumentano i consumi) e aumento della produzione di biocarburanti. Gli impatti locali e regionali potrebbero essere notevoli, in quanto la produzione di biocarburanti comporta un consumo particolarmente elevato di acqua.

Si prevede che l'uso domestico dell'acqua, che rappresenta approssimativamente il restante 10% dei prelievi idrici globali, aumenterà significativamente nel periodo 2010-2050 in quasi tutte le regioni del mondo, ad eccezione dell'Europa occidentale, dove rimarrà costante. In termini relativi, i maggiori aumenti della domanda dovrebbero verificarsi in sub-regioni africane e asiatiche, dove potrebbero più che triplicare, e nel Centro e Sud America dove potrebbero più che raddoppiare (Burek et al., 2016). Questa stima di crescita va attribuita principalmente a un aumento dei servizi di approvvigionamento idrico negli insediamenti urbani.

La domanda di acqua è tuttavia molto diversificata a seconda del grado di sviluppo dei Paesi considerati, rappresentata dal PIL pro capite nella Fig. 1.24. In particolare l'uso industriale (che nella figura comprende anche gli usi energetici) è molto ridotto nei PVS rispetto ai Paesi sviluppati, mentre vale l'opposto per gli usi agricoli.

**Figura 1.24 Usi idrici in base al reddito pro capite<sup>2</sup>**



Fonte: UNESCO; 2003

### 1.2.3. Vulnerabilità e resilienza

Il recente rapporto del World Economic Forum (2019) sui rischi globali attuali (orizzonte 18 mesi) e futuri (orizzonte 10 anni) che misura le preoccupazioni dei leader del sistema industriale mondiale negli ambiti economico, ambientale, geopolitico, sociale e tecnologico, vede al primo posto tra i rischi del prossimo decennio le crisi idriche, a dimostrazione della consapevolezza sulla crescente criticità del tema, come evidenziato in Fig. 1.25. Ancor più in generale l'acqua è alla base anche degli altri rischi globali futuri (fallimento delle politiche di mitigazione e adattamento per il cambiamento climatico, eventi estremi, crisi del cibo).

La sicurezza idrica può essere considerata come l'obiettivo prioritario della gestione delle risorse idriche. Gli obiettivi della gestione delle risorse idriche possono essere raggruppati in due grandi categorie:

- 1) gestione idrica per sfruttare i benefici produttivi dell'acqua e promuovere il benessere umano, la vita umana e lo sviluppo socio-economico;
- 2) gestione idrica per proteggere società, economie ed ecosistemi dagli impatti distruttivi dell'acqua, come le malattie trasmesse dall'acqua, le alluvioni e la siccità (Gray e Sadoff 2007; Gray et al., 2013).

<sup>2</sup> L'uso industriale comprende qui anche gli usi energetici.

La sicurezza idrica è stata definita come "la disponibilità di una quantità accettabile e di qualità dell'acqua per la salute, la vita umana, gli ecosistemi e la produzione, insieme a un livello accettabile di rischi legati all'acqua per le persone, gli ambienti e le economie" (Gray, Sadoff 2007).

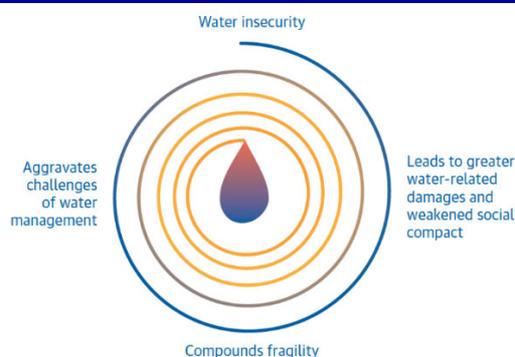
**Figura 1.25 I maggiori rischi globali**



Fonte: WEF, 2016

Più recentemente, l'UN-Water ha sviluppato una definizione di sicurezza idrica che coglie esplicitamente le interazioni con i più ampi sistemi sociali, economici, politici e ambientali, come "la capacità di una popolazione di salvaguardare l'accesso sostenibile a quantità adeguate di acqua di qualità accettabile per sostenere la vita umana, il benessere umano e lo sviluppo socio-economico, per garantire la protezione contro l'inquinamento idrico e le catastrofi legate all'acqua, e per preservare gli ecosistemi in un clima di pace e stabilità politica" (UN-Water 2013). La Fig. 1.26 descrive l'interazione fra l'insicurezza idrica e la fragilità come un circolo vizioso: man mano che la sicurezza idrica diventa più difficile da raggiungere a causa della fragilità, il mancato raggiungimento comporta maggiori costi e conseguenze sociali, politiche ed economiche, portando ad una maggiore fragilità.

**Figura 1.26 IL circolo vizioso dell'insicurezza e fragilità idrica**



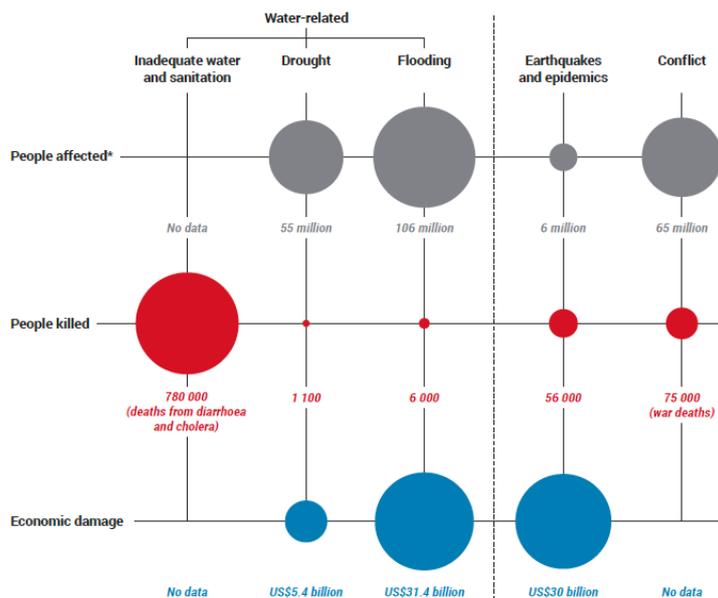
Fonte: World Bank, 2015

Si considerano tre tipologie di fallimenti possibili nelle politiche che possono ingenerare il circolo vizioso insicurezza idrica – fragilità:

1. mancata erogazione di servizi idrici;

2. mancata protezione contro le catastrofi legate all'acqua;
  3. mancata protezione delle risorse idriche superficiali, terrestri e transfrontaliere.
- Si deve, peraltro, rilevare come in termini sia di numero di persone colpite che di numero di morti, l'impatto di alluvioni, siccità e conflitti per l'acqua è ampiamente superato dal numero di persone colpite o morte per servizi inadeguati di acqua potabile e igienici (Figura 1.27).

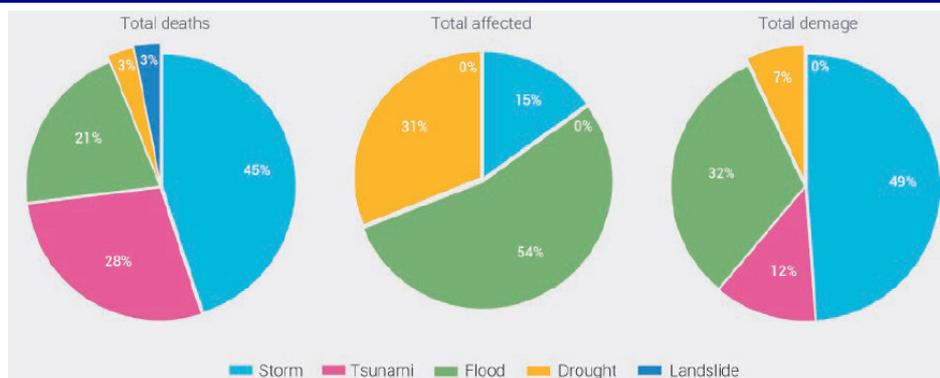
**Figura 1.27 Impatto medio annuale di acqua potabile e servizi igienici inadeguati, catastrofi legate all'acqua, epidemie, terremoti e conflitti**



Fonte: UN, 2019

I rischi legati all'acqua rappresentano una quantità significativa di perdite e di impatto in caso di calamità (Fig. 1.28). Più di 1,6 milioni di persone sono morte e 5,5 miliardi di persone sono state colpite da pericoli naturali censiti a livello internazionale tra il 1990 e il 2015. I pericoli legati all'acqua hanno rappresentato il 62% dei decessi, il 96% delle persone colpite e il 75% del totale costi per danni pari a 2,5 trilioni di dollari.

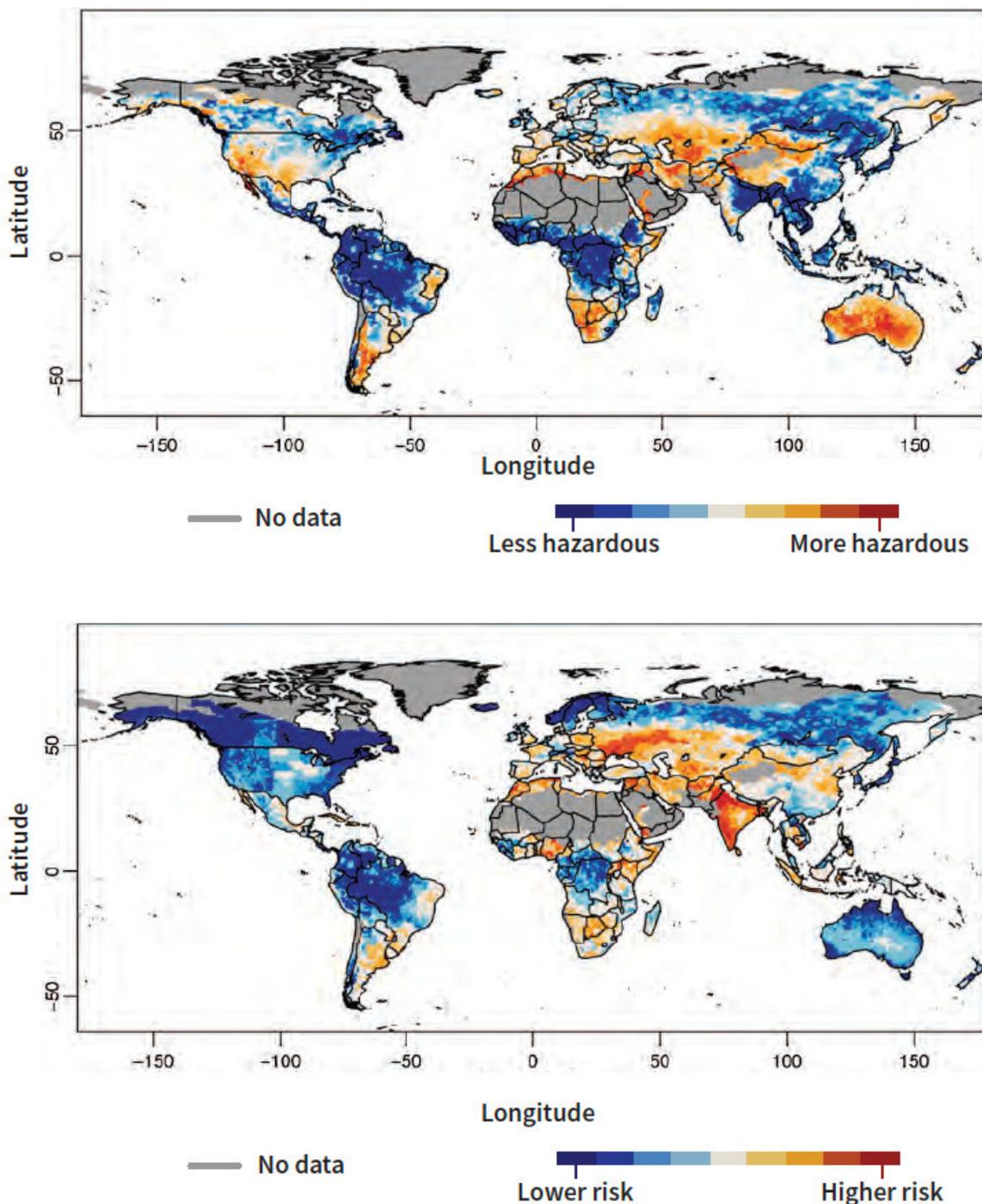
**Figura 1.28 Mortalità per disastri, numero di persone colpite, danni da rischi legati all'acqua (1995-2015)**



Fonte: CRED, 2018

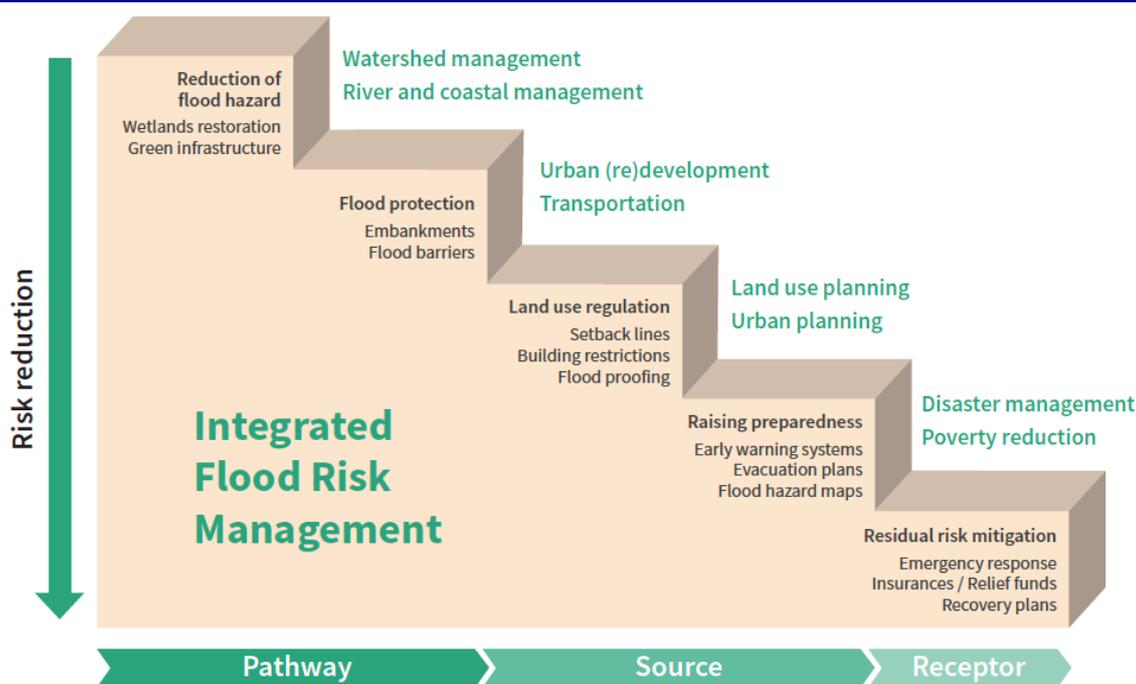
La Fig. 1.29 rappresenta la mappa dei rischi di siccità, che sono diversificati a secondo delle aree del globo.

**Figura 1.29** Mappa dei rischi di siccità



Fonte: UN, 2018b

In questo senso, la gestione integrata dei rischi di alluvione, attraverso la considerazione di tutti i fattori di rischio e di tutti gli ambiti di impatto, (Fig. 1.30) può costituire una strategia di prevenzione e di rimedio efficace.

**Figura 1.30 Gestione integrata dei rischi di alluvione**


Fonte: UN, 2018b

Esistono numerose prove del fatto che l'alterazione degli ecosistemi abbia aumentato i rischi e la vulnerabilità territoriali. Il cambiamento dell'uso del suolo, il degrado del suolo e l'erosione e la perdita delle zone umide contribuiscono ad aumentare il rischio di catastrofi (Wisner et al., 2012). Vi è una spirale viziosa tra impatti dei cambiamenti climatici, degrado degli ecosistemi e aumento del rischio di disastri legati al clima (Munang et al., 2013).

Per questo è opportuno promuovere misure che preservino e accrescano il capitale naturale. Al fine di preservare le risorse idriche e mantenere o aumentare la loro capacità di fornire servizi ecosistemici è possibile intervenire con soluzioni basate sull'uso di infrastrutture verdi, come quelle illustrate in Fig. 1.31. Le infrastrutture verdi comprendono soluzioni di drenaggio avanzate, come i tetti verdi e i sistemi di drenaggio urbano sostenibile (SUDS), che coprono una vasta gamma di approcci che vanno dalla filtrazione dell'acqua alla raccolta delle acque piovane. Gill et al. (2007, citato in Defra, 2011) hanno rilevato che un aumento del 10% delle aree verdi nelle aree urbane residenziali riduce il deflusso del 4,9%, mentre un aumento degli alberi (in termini di superficie delle chiome arboree) del 10% porta a una riduzione del 5,7%. Si devono aggiungere anche altri potenziali risparmi in termini di prevenzione dell'erosione del suolo, diminuzione del bisogno di dragaggio e calo del numero di inquinanti negli ecosistemi acquatici (Andreucci, 2018).

Al fine di perseguire soluzioni efficaci di adattamento a livello nazionale, si devono implementare misure basate sulla gestione delle risorse idriche per ridurre la vulnerabilità e aumentare la resilienza, come:

1. mettere la gestione integrata delle risorse idriche adattiva (IWRM) al centro della pianificazione e degli investimenti per l'adattamento ai cambiamenti climatici.

2. Promuovere investimenti e azioni che includano il ripristino della gestione e la sostenibilità delle "infrastrutture naturali" che generano servizi ecosistemici.
3. Sostenere azioni su vasta scala per costruire la resilienza climatica associando la gestione dei bacini idrici, la realizzazione di infrastrutture sostenibili, empowerment e apprendimento da parte delle istituzioni e comunità locali.
4. Una categoria di soggetti particolarmente rilevanti in ragione della vulnerabilità al cambiamento climatico dei servizi che erogano e allo stesso tempo di potenziale di aumento della resilienza delle infrastrutture e dei servizi che gestiscono è costituito dalle utilities.

**Figura 1.31 Soluzione basate sulla natura per gestire il rischio idrico**



Fonte: IUCN, 2015

In particolare, i gestori dei servizi idrici devono tener conto di:

- Temperature ambientali più elevate, che riducono i volumi di neve e ghiaccio e aumentano il tasso di evaporazione da laghi, bacini e falde acquifere. Questi cambiamenti riducono lo stoccaggio naturale dell'acqua, e quindi la sua disponibilità. Inoltre, temperature ambientali più elevate aumentano la domanda di acqua, e con essa la competizione per la risorsa.
- Cambiamenti nella dinamica dei flussi fluviali e possibili siccità più frequenti o intense, che aumentano la necessità di stoccaggio artificiale dell'acqua.
- Temperature dell'acqua più elevate, che favoriscono la proliferazione delle alghe e aumentano i rischi di cianotossine e sostanze organiche naturali nelle fonti d'acqua, che richiedono un trattamento aggiuntivo o nuovo di acqua potabile.

- Condizioni potenzialmente più asciutte, che aumentano le concentrazioni di inquinanti. Questa è una preoccupazione soprattutto per le fonti di acque sotterranee di bassa qualità.
- Aumento del deflusso delle acque pluviali, che aumenta il carico di agenti patogeni, sostanze nutritive e sedimenti sospesi.
- Aumento del livello del mare, che aumenta la salinità delle falde acquifere costiere, in particolare dove si prevede anche una diminuzione della ricarica delle acque sotterranee (IPCC, 2014).

Il cambiamento climatico influisce anche indirettamente sulla qualità delle risorse idriche. Ad esempio, attualmente molte città si approvvigionano di acqua proveniente da bacini forestali che richiedono pochissimi trattamenti. Incendi boschivi più frequenti e gravi potrebbero seriamente degradare la qualità dell'acqua. Inoltre molti impianti per il trattamento dell'acqua potabile, specialmente quelli piccoli, non sono progettati per gestire le variazioni più estreme nei pattern di piovosità conseguenti al cambiamento climatico.

Le infrastrutture igienico-sanitarie variano nella loro capacità di resistenza agli impatti climatici. Per quanto riguarda le acque reflue, sono interessanti tre condizioni climatiche (NACWA, 2009; Zwolsman et al., 2010):

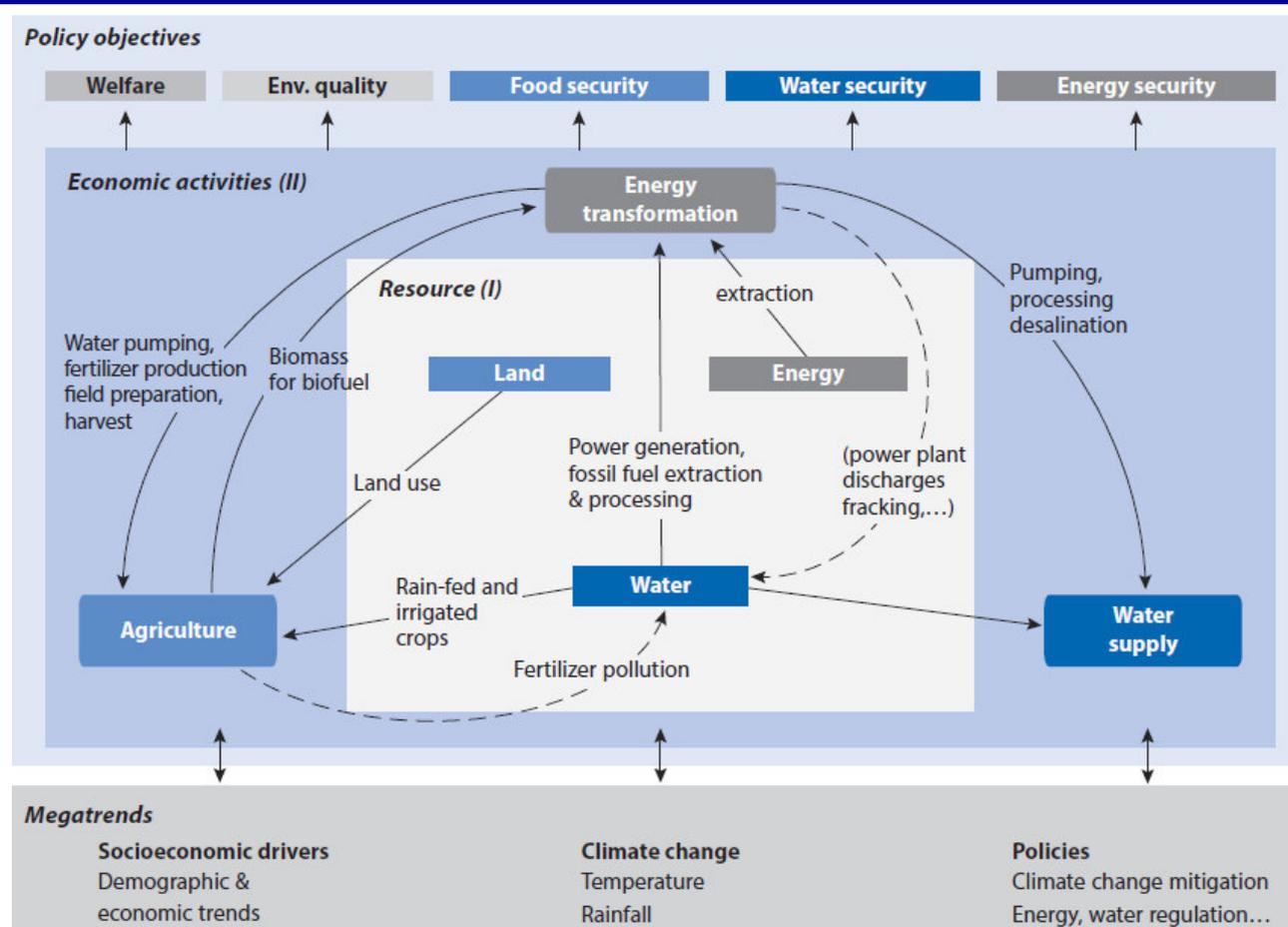
- Tempo umido: temporali più intensi comportano un aumento della quantità di pioggia e di acque reflue in per unità di tempo. Le infrastrutture attuali si basano sull'analisi dei dati storici sulle precipitazioni, e necessitano quindi di essere adeguate. Devono essere sviluppate nuove strategie per adattarsi e mitigare le alluvioni, considerando anche il design urbano, l'uso del suolo, l'effetto "isola di calore" e la topografia.
- Tempo asciutto: il terreno si restringe quando si asciuga, provocando la rottura delle condutture idriche e delle fogne e rendendole vulnerabili alle infiltrazioni e agli sversamenti di acque e acque reflue. Gli effetti combinati di temperature più elevate, aumento delle concentrazioni di inquinanti, tempi di ritenzione più lunghi e sedimentazione dei solidi possono portare ad un aumento della corrosione delle condotte fognarie, a una vita più breve delle infrastrutture, a un maggiore inquinamento dell'acqua potabile e a costi di manutenzione più elevati.
- Aumento del livello del mare: l'infiltrazione di acqua salmastra o salata nelle fogne richiede processi in grado di gestire acque reflue più salate. L'aumento del deflusso delle acque pluviali implica la necessità di trattare acque reflue aggiuntive quando vengono utilizzate sistemi fognari misti (acque bianche insieme a bianche nere); inoltre, i fluidi risultanti hanno un contenuto più elevato di agenti patogeni e sostanze inquinanti.

## 1.3. Il contributo alla decarbonizzazione dell'industria energetica negli usi idrici

### 1.3.1. Il nexus energia-acqua: trade-offs e sinergie

Le molteplici relazioni che intercorrono tra produzione, gestione e uso dell'energia e delle risorse idriche possono essere analizzate nel quadro più ampio del nexus acqua - energia - cibo, illustrato in Figura 1.32.

Figura 1.32 Il nexus acqua-energia-cibo



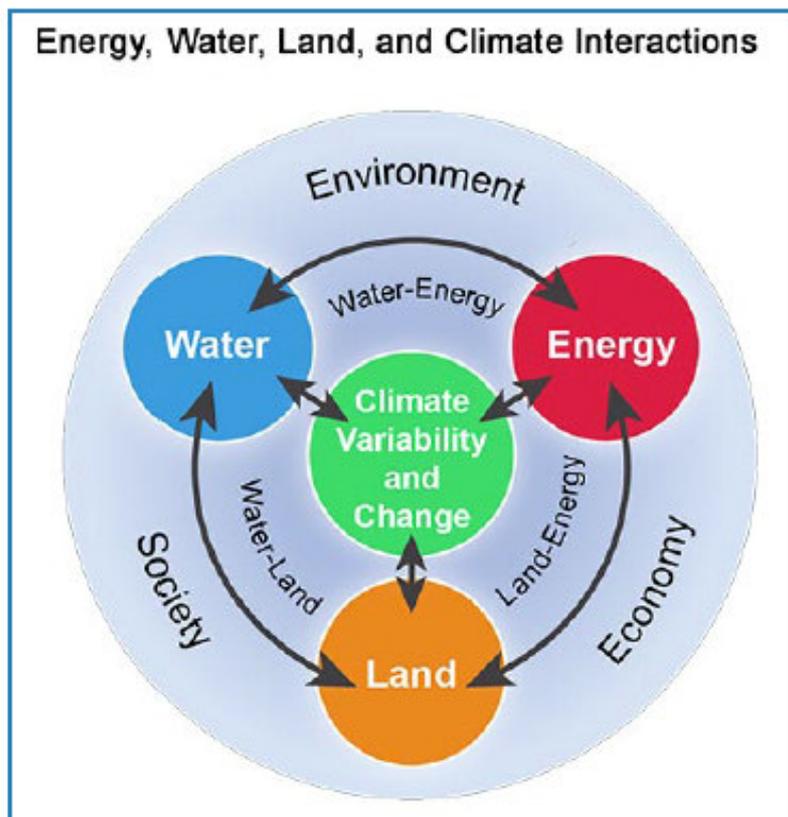
Fonte: OECD, 2017b

L'acqua è un input per la produzione di beni agricoli lungo l'intera filiera agroalimentare, mentre l'energia è necessaria per produrre e distribuire acqua e cibo.

Ci sono molte sinergie e trade-offs tra l'uso dell'acqua e dell'energia e la produzione alimentare. L'uso dell'acqua per irrigare le colture è necessario per la produzione di cibo, ma può anche ridurre i flussi fluviali e il potenziale idroelettrico. L'uso dell'acqua per colture destinate alla produzione bioenergetica può aumentare i prelievi e comportare rischi per la sicurezza alimentare. Il passaggio dall'irrigazione superficiale a una pressurizzata ad alta efficienza può far risparmiare acqua, ma anche richiedere un maggiore consumo di energia. Riconoscere queste

sinergie e bilanciare questi trade-offs è fondamentale per garantire congiuntamente la sicurezza dell'acqua, dell'energia e dell'alimentazione. Un approccio alternativo emergente considera il nexus energia – acqua – suolo (Fig. 1.33).

**Figura 1.33 Il nexus energia-acqua-suolo**



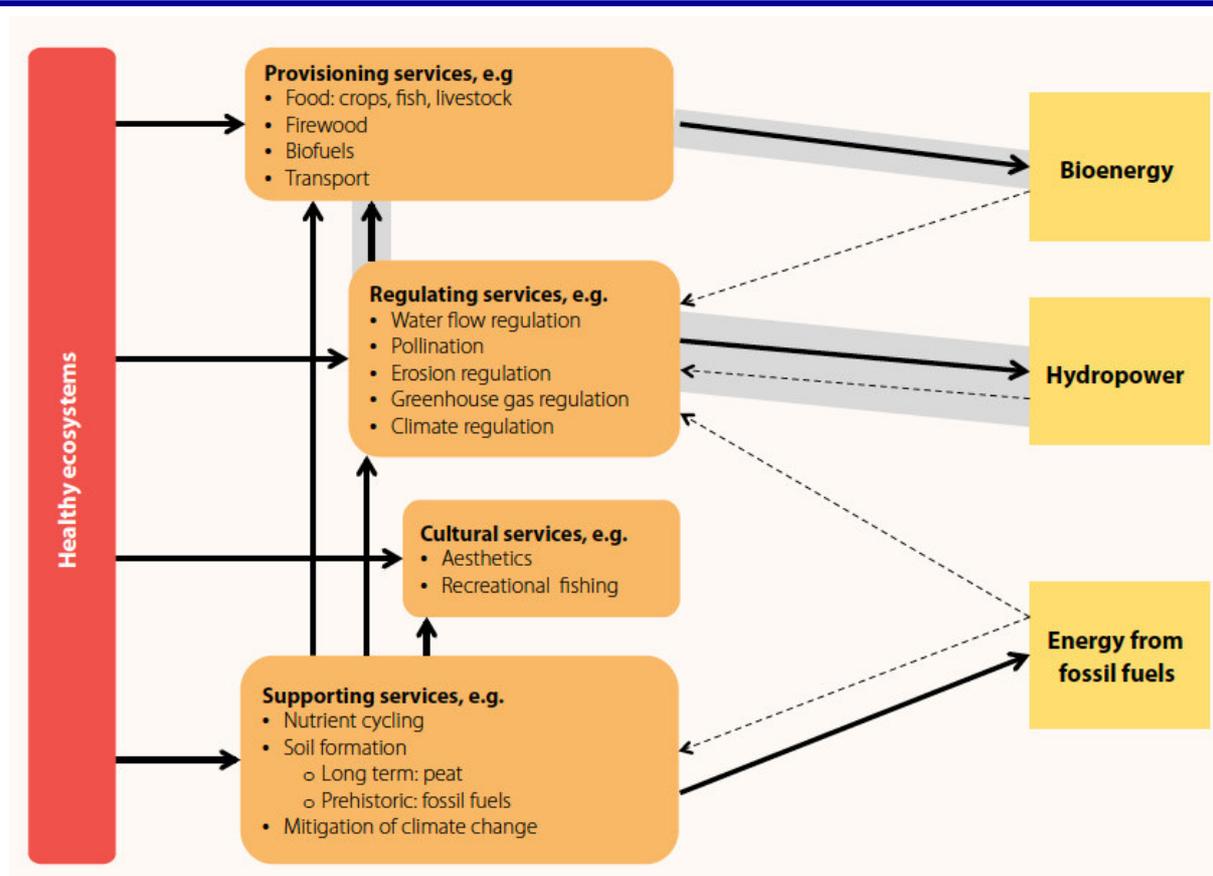
Fonte: US Global Climate Change Program, 2018

Nel prosieguo ci focalizzeremo sul nexus energia-acqua.

La disponibilità di quantità e qualità di acqua adeguate dipende da ecosistemi sani e può essere considerata un servizio ecosistemico (UNEP, 2011). Il mantenimento dei flussi idrici in bacini fluviali condivisi fra più Paesi e comunità genera servizi ecosistemici fondamentali per la crescita economica sostenibile, il benessere umano e la pace sociale.

Gli ecosistemi sono alla base dei fattori abilitanti i flussi idrici e l'approvvigionamento energetico e sono a loro volta influenzati da molti processi attraverso il nexus energia-acqua. Dove l'acqua è una fonte di energia, sia direttamente (ad es. idroelettrico) che indirettamente (ad esempio biocarburanti che necessitano irrigazione), ecosistemi sani forniscono i servizi per sostenere la produzione di energia (Fig. 1.34).

Allo stesso tempo la generazione di energia ha un impatto sugli ecosistemi sia direttamente (ad esempio, l'estrazione di combustibili fossili nelle aree forestale), che attraverso l'uso di acqua per produrre energia (ad esempio, dighe idroelettriche che alterano l'ecologia dei fiumi).

**Figura 1.34 Principali relazioni tra servizi ecosistemici, energia<sup>3</sup>**


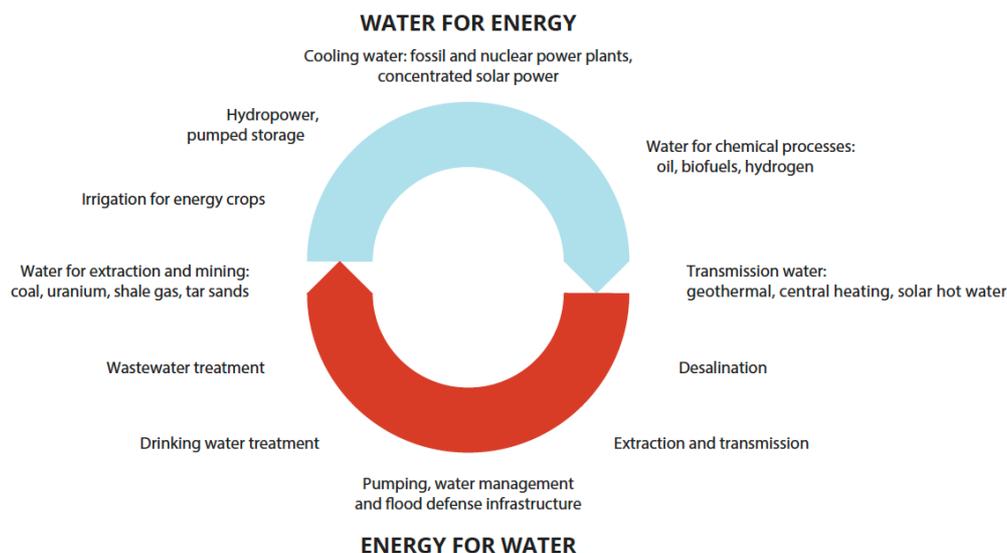
Fonte: UNEP, 2011

Si prevede che il nesso energia-acqua si intensificherà tempo a causa dell'impatto dei cambiamenti climatici, cambiando modelli di consumo e crescita della popolazione (Eurostat, 2018). Le conseguenze sulla disponibilità, allocazione, produzione e consumo di acqua ed energia comportano implicazioni significative in materia di sicurezza idrica ed energetica.

La produzione di energia idroelettrica dipende dalla variazione dei flussi idrici medi annui e stagionali e dall'aumento della variabilità dei flussi, nonché dall'aumento dell'evaporazione dai bacini idrici. Ad esempio, il reintegro delle fonti di acqua dolce - fiumi, falde acquifere e ghiacciai - è influenzato dal clima globale e regolato dal ciclo idrologico.

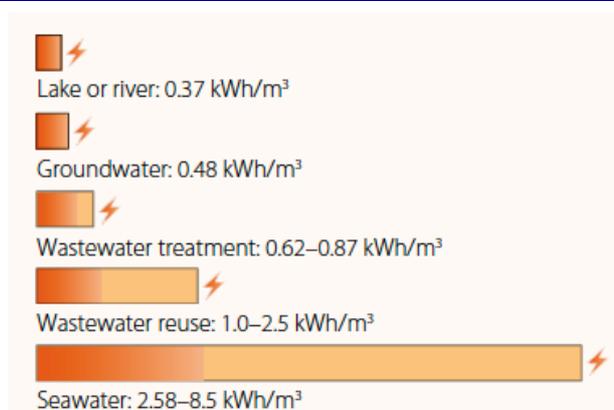
Il cambiamento climatico aggrava lo stress idrico in molti Paesi, città, e comunità, creando una maggiore concorrenza tra diversi usi, così come fra diversi utilizzatori, delle risorse idriche. Le politiche di adattamento e mitigazione dei cambiamenti climatici richiedono che le sfide "acqua per energia" e "energia per acqua" siano prese in considerazione in parallelo, per evitare trade offs (vedi Fig. 1.35).

<sup>3</sup> le frecce in grassetto indicano una maggiore dipendenza; le frecce tratteggiate indicano impatti maggiori, solitamente negativi; e il tratteggio indica che i flussi d'acqua svolgono un ruolo cruciale in queste interazioni.

**Figura 1.35 Il nexus acqua – energia e acqua**


Fonte: EEA, 2012

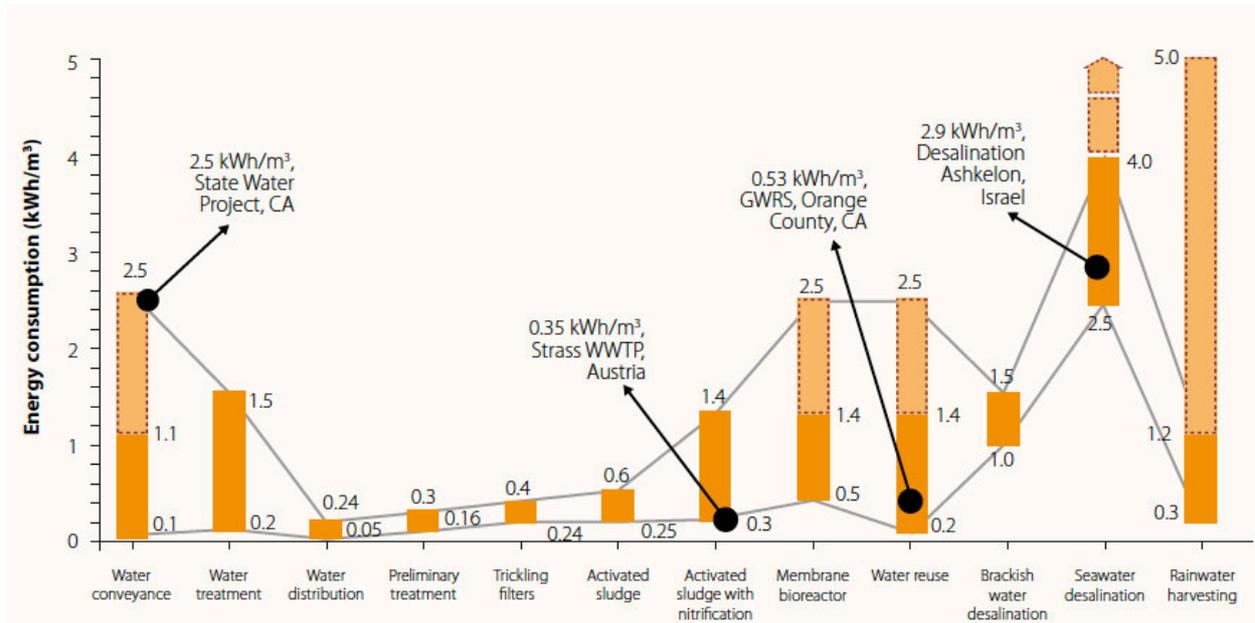
L'acqua è necessaria in tutto il settore energetico. Viene utilizzata nella produzione e conversione dell'energia, così come in altri processi, come la raffinazione di prodotti di fonte energetica. È richiesta acqua dolce per ogni fase di estrazione e produzione, raffinazione e lavorazione, trasporto e stoccaggio di energia, nonché per la generazione di energia elettrica. L'energia è necessaria per il pompaggio, il trattamento, la distribuzione e la depurazione delle acque. Per garantire approvvigionamento idrico e servizi di fognatura ad una popolazione crescente, è necessario utilizzare grandi quantità di energia. Ogni modello di produzione energetica comporta diversi impatti sulla quantità e qualità delle risorse idriche. A sua volta la disponibilità e distribuzione temporale e spaziale delle risorse idriche condiziona le potenzialità di produzione energetica. La quantità di energia necessaria per la fornitura di un metro cubo di acqua potabile dipende dalle risorse idriche utilizzate (Fig. 1.36).

**Figura 1.36 Quantità di energia necessaria per fornire 1 m<sup>3</sup> di acqua potabile da varie fonti**


Fonte: WBSCD, 2009

Nei contesti urbani le attività di gestione idrica che richiedono maggiori consumi energetici sono adduzione, trattamento e distribuzione dell'acqua e gestione dei reflui (Figura 1.37).

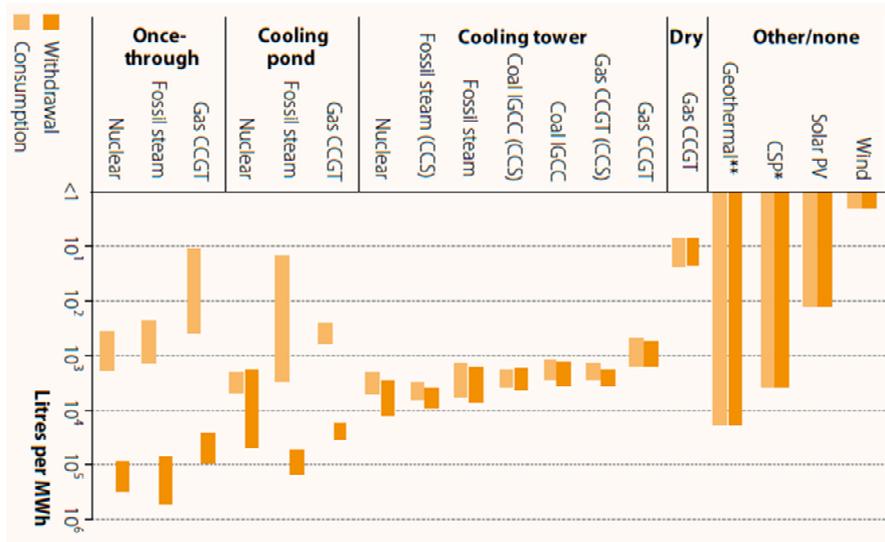
**Figura 1.37 Impronta energetica delle principali fasi della gestione del ciclo idrico**



Fonte: Lazarova et al., 2012

A sua volta, l'acqua viene utilizzata per la produzione di energia. È utilizzata nelle industrie estrattive per la produzione di combustibili come carbone, uranio, petrolio e gas. È un input per le colture energetiche come il mais e la canna da zucchero per l'etanolo e la biomassa per i pellet di combustibile. Inoltre, l'acqua viene utilizzata per il raffreddamento delle centrali di generazione elettrica (Fig. 1.38).

**Figura 1.38 Consumi idrici per generazione elettrica per tecnologia di raffreddamento**



Fonte: IEA, 2012

La geotermia, direttamente attraverso l'uso di acqua di falda e il solare (in particolare a concentrazione), indirettamente per raffreddamento e pulizia, utilizza grandi quantità di acqua. Un luogo comune è che l'acqua prelevata per l'energia termica e il raffreddamento industriale non comporti sprechi, perché viene restituita quasi integralmente ai corpi idrici per essere impiegata da altri settori. In realtà, l'uso dell'acqua da parte delle centrali termiche presenta una serie di criticità. In primo luogo, il rilascio di grandi quantità di acqua riscaldata da centrali elettriche a ciclo aperto in corsi d'acqua naturali ha impatti sulla fauna ittica e altre specie. In secondo luogo, l'estrazione, il trasporto, lo stoccaggio e il rilascio dell'acqua di raffreddamento possono comportare impatti negativi per gli altri utilizzatori dell'acqua in ambito locale. Infine, le centrali termoelettriche a circuito chiuso comportano consumi idrici molto più elevati.

La crescente domanda di acqua impone una crescente pressione sui produttori di energia da fonti che richiedono un elevato uso di acqua per cercare approcci alternativi, specialmente nelle aree in cui gli usi energetici sono in concorrenza con altri importanti utilizzi di acqua (agricoltura, industria, acqua potabile e servizi di sanificazione per le città) e dove l'uso dell'acqua può essere limitato per mantenere ecosistemi sani (es. deflusso minimo vitale dei corpi idrici).

Le politiche che avvantaggiano un dominio possono tradursi in un aumento dei rischi e degli effetti dannosi in un altro, ma possono anche generare co-benefici. La necessità di gestire i trade-off e massimizzare i co-benefit in più settori è diventata prioritaria. Ci sono molte opportunità per lo sviluppo e la gestione congiunti di infrastrutture e tecnologie idriche ed energetiche che massimizzino i co-benefici e riducano al minimo i trade-off negativi. Ciò vale ad esempio per la co-produzione di servizi energetici e idrici, come impianti combinati di produzione energetica e desalinizzazione, impianti combinati calore ed energia, l'uso di fonti idriche alternative per il raffreddamento di centrali termiche e il recupero di energia da acqua di fognatura.

Oltre allo sviluppo di nuove soluzioni tecnologiche, occorre creare nuovi quadri regolatori e utilizzare strumenti economici per promuovere la pianificazione integrata dell'energia e dell'acqua, per sfruttare possibili sinergie, per ridurre i costi e garantire la sostenibilità, anche al fine di superare le carenze di risorse finanziarie per gli investimenti in infrastrutture che, sebbene sia significativo per l'energia, è di gran lunga maggiore per l'acqua.

In termini di utilizzi idrici, il solare fotovoltaico e l'eolico sono le fonti più sostenibili per la produzione di energia, insieme all'uso dell'energia geotermica, il cui potenziale è notevolmente sottovalutato, mentre gli impianti termici possono portare a conflitti rilevanti tra usi alternativi. A livello globale, il sostegno allo sviluppo delle energie rinnovabili rimane tuttavia molto inferiore di quello per i combustibili fossili.

Gli incentivi per aumentare l'efficienza dei due settori sono asimmetrici: gli utilizzatori dell'energia hanno scarsi incentivi a conservare l'acqua a causa dei prezzi bassi, mentre gli utilizzatori dell'acqua, anche se i prezzi possono essere sovvenzionati, pagano un prezzo più allineato ai costi per l'energia. I prezzi dell'acqua e dell'energia sono fortemente influenzati dalle decisioni politiche e dai sussidi che sostengono settori importanti come l'agricoltura e l'industria, e questi sussidi spesso distorcono la vera relazione economica tra acqua ed energia.

Una politica pubblica integrata per l'energia e l'acqua richiede azioni in grado di:

- sviluppare politiche nazionali coerenti nei due ambiti;
- creare quadri giuridici e istituzionali per promuovere questa coerenza;
- garantire dati e statistiche affidabili per assumere e monitorare le decisioni;
- incoraggiare la consapevolezza attraverso l'educazione, la formazione e i media;
- sostenere la ricerca e lo sviluppo e l'innovazione;
- garantire la disponibilità di finanziamenti;
- permettere ai mercati e alle imprese di svilupparsi.

(UN, 2014)

### 1.3.2 Le sfide per l'industria energetica dopo l'Accordo di Parigi e l'Agenda 2030

L'Agenda 2030 richiama espressamente l'Accordo di Parigi con l'obiettivo 13 (Climate action) e dedica uno specifico obiettivo all'energia, il 7 (Affordable and Clean Energy), ma in generale il tema della transizione energetica rientra in quasi tutti i 17 obiettivi. A sua volta l'obiettivo 7 (garantire l'accesso a prezzi accessibili a energia affidabile, sostenibile e moderna per tutti) presenta importanti sinergie con l'obiettivo 6.

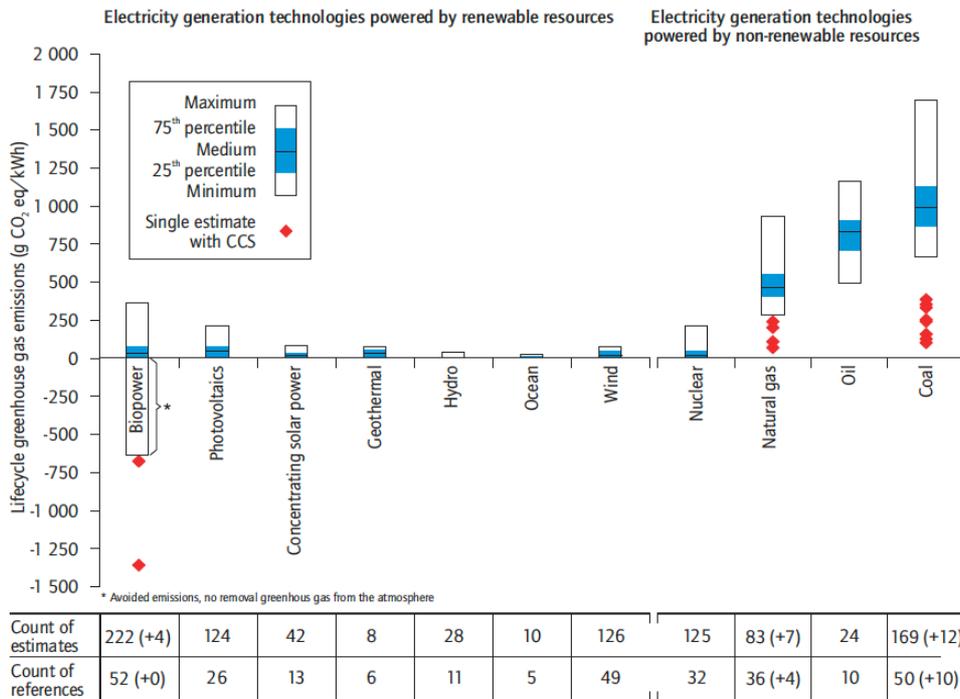
L'Accordo di Parigi pone l'obiettivo di raggiungere il più presto possibile il picco delle emissioni globali di gas serra, per arrivare a metà secolo ad emissioni nette zero e poi addirittura negative (grazie alle tecnologie di CCS combinate con le bioenergie sostenibili). Questo pone una sfida ambiziosa all'industria energetica che, da un lato, dovrà veder crescere l'uso dell'energia elettrica in sostituzione dell'energia termica (ad esempio nei trasporti, per riscaldare gli ambienti e per cucinare) e dall'altro dovrà vedere la produzione di energia da fonti rinnovabili sostituire quella da fonti fossili, parallelamente al processo di efficientamento degli usi energetici. Le emissioni di gas a effetto serra prodotte durante l'intero ciclo di vita nella produzione di elettricità includono la costruzione, il funzionamento, la manutenzione e lo smantellamento degli impianti. In generale le rinnovabili richiedono consumi idrici largamente inferiori rispetto alle fonti fossili. In particolare, per quanto riguarda l'idroelettrico, escludendo le emissioni derivanti da cambiamenti nell'utilizzo del suolo, le emissioni sono, per kWh generato, da uno a due ordini di grandezza inferiori a quelle derivanti dall'utilizzo di combustibili fossili (IEA, 2012). La Fig. 1.39 illustra una valutazione comparativa delle emissioni causate da diverse tecnologie di produzione di energia elettrica.

Il cambiamento climatico a sua volta impatta sulla produzione di energia idroelettrica in relazione agli aspetti di design, sicurezza, produzione di energia, fattibilità economica ed esposizione al rischio, attraverso:

- cambiamenti nei flussi fluviali relativi alle variazioni delle precipitazioni e dello scioglimento delle nevi e dei ghiacciai, nonché cambiamenti nei volumi di deflusso e nella variabilità dei flussi;
- cambiamenti negli eventi estremi (inondazioni e siccità) che aumentano i rischi e richiedono modifiche di progettazione o miglioramenti della sicurezza delle dighe;

- cambiamenti nei carichi di sedimenti dovuti a variazioni nell'idrologia, dove maggiori carichi di sedimenti possono aumentare l'abrasione delle turbine e il volume di stoccaggio dei bacini.

**Figura 1.39 Stime delle emissioni di GHG lungo l'intero ciclo di vita della generazione energetica (escluso land-use change)**



Fonte: IPCC, 2014

### Technology Roadmap: Hydropower

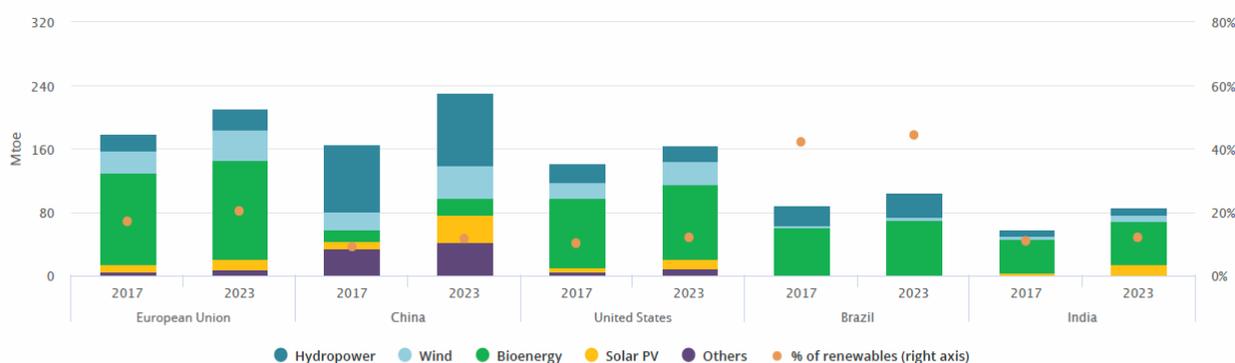
Il protocollo IHA è uno strumento integrato per valutare la sostenibilità dei progetti idroelettrici a livello globale. Fornisce una valutazione rigorosa di 19 / 23 aspetti di sostenibilità rilevanti, a seconda della fase di sviluppo del progetto. È il prodotto di un processo di sviluppo multi-stakeholder che coinvolge rappresentanti di ONG (Oxfam, The Nature Conservancy, Transparency International, WWF), governi (in particolare Cina, Germania, Islanda, Norvegia, Zambia), organizzazioni commerciali (Equator Principles Group) e banche di sviluppo (Banca Mondiale) e il settore idroelettrico, rappresentato da IHA. Lo sviluppo del protocollo ha coinvolto prove sul campo in 16 paesi in 6 continenti con il coinvolgimento di quasi 2 000 persone in 28 paesi. Riguarda i tre pilastri della sostenibilità - sociale, economica e ambientale - e comprende temi come i regimi di flusso a valle, popolazioni indigene, biodiversità, sicurezza delle infrastrutture, reinsediamento, qualità dell'acqua, erosione e sedimentazione.

Fonte: IEA, 2012

La crescita economica comporta maggiori consumi energetici, soprattutto nei Paesi in via di sviluppo, il che significa che sarà necessaria sempre più acqua per la produzione di energia. Pur in presenza di previsioni diverse, è stato stimato che al 2040 il consumo globale di energia aumenterà del 48% rispetto ai livelli del 2012. L'Agenzia internazionale per l'energia indica un aumento più basso (30%), con un calo della domanda nei Paesi OCSE e in aumento nel sud-est asiatico, in India, in Cina e in alcune parti dell'Africa, dell'America latina e del Medio Oriente (IEA, 2016).

In tutte le aree del mondo è comunque prevista una forte crescita dei consumi energetici da fonte rinnovabile anche nel breve periodo (Fig. 1.40).

**Figura 1.40 Consumi di energia rinnovabile nei principali mercati mondiali nel 2017 e 2023**



Fonte: IEA, 2016

Nel 2010 circa il 17,5 % del consumo globale di energia proveniva da fonti rinnovabili, percentuale che è salita al 18,3 % nel 2014 (UN 2017). L'energia idroelettrica contribuisce per il 70 %, l'eolico per il 16 %, le bioenergie per il 9 % e il solare per il 5 % (IEA, 2017). Si prevede che le energie rinnovabili contribuiranno per circa il 60% di tutta la nuova generazione di elettricità al 2040 (IEA, 2016).

L'energia idroelettrica rappresenterà il 33% della nuova generazione di energia rinnovabile al 2040. L'idroelettrico aumenterà nei Paesi non industrializzati del 71% tra il 2012 e il 2040 (EIA, 2016). Con la produzione idroelettrica crescerà la domanda di acqua, anche se la maggior parte dell'acqua utilizzata non viene consumata, ma rimane disponibile per altri usi a valle, pur con alcune criticità, anche in relazione allo stato di salute degli ecosistemi.

Anche l'uso dell'acqua per l'irrigazione di colture per biocarburanti presenta elementi problematici. Può infatti comportare necessità di consumi idrici fino a 500.000 l / MWh, contro i combustibili fossili che ne richiedono solo fino a 1.000 l / MWh (IEA, 2016).

D'altro canto, come si è detto, i servizi idrici ed igienico-sanitari, l'agricoltura e l'industria consumano quantità ingenti di energia per pompare acqua, trattare acque reflue, irrigare colture e dissalare. L'uso di energia per aumentare l'accesso all'acqua può produrre molti benefici per la salute, la produzione di cibo e il sostentamento delle persone. Può inoltre ridurre l'uso di biomasse per la cottura, con benefici per la salute e più tempo a disposizione di donne e bambini per l'istruzione e altre attività produttive.

È ragione di preoccupazione l'uso crescente di acque sotterranee per l'irrigazione e l'impatto che questo avrà sulla domanda di energia. Già oggi le acque sotterranee riforniscono un terzo

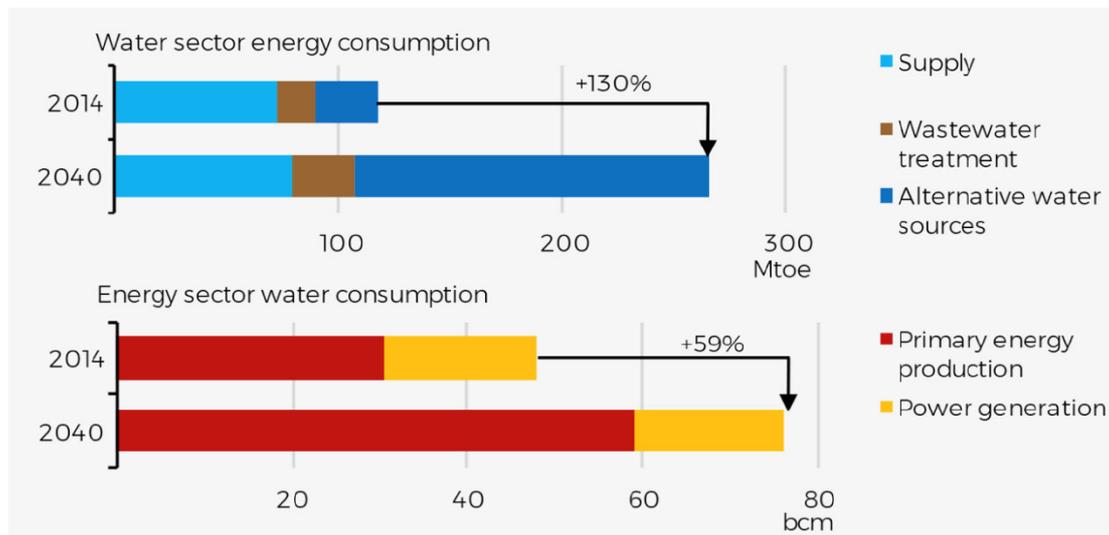
della superficie irrigata del mondo, soprattutto nell'Africa subsahariana e nell'Asia meridionale per la facilità di accesso, l'affidabilità e la flessibilità da parte dei contadini (Shah, 2007).

Un caso interessante di connessione tra fornitura di energia e approvvigionamento idrico è la desalinizzazione per contrastare la scarsità d'acqua e lo stress idrico. Oggi fornisce solo circa l'1% dell'acqua potabile del mondo, ma il suo utilizzo è in crescita e si stima che la sua quota di consumo energetico nel settore idrico potrebbe crescere dal 6% del 2016 al 20% nel 2040 (IEA, 2016).

Nei Paesi sviluppati il 42% del consumo di elettricità nel settore idrico è utilizzato per il trattamento delle acque reflue. Tuttavia, l'80 per cento delle acque reflue non è ancora trattato a livello globale (UN, 2017b). Tra il 60% e il 95% delle acque reflue municipali non viene raccolto nei Paesi meno sviluppati (IEA, 2016). Si prevede un aumento significativo del consumo di energia per il loro trattamento. Il collettamento e il trattamento delle acque reflue richiederà un incremento del 60% dei consumi di energia elettrica entro il 2040. Dimezzare dell'80% le acque reflue non trattate richiederebbe un supplemento di 400 TWh di energia, mediante tecniche convenzionali. La maggior parte di questo sarebbe richiesta nei Paesi a basso reddito dove solo l'8 % delle acque reflue industriali e municipali riceve qualche tipo di trattamento (Sato et al, 2013). Un potenziale vantaggio è che l'energia contenuta nelle acque reflue è 5-10 volte maggiore dell'energia necessaria per trattarla. Gli usi geotermici e bioenergetici delle acque reflue costituiscono quindi una prospettiva promettente.

La Fig. 1.41 sintetizza i trend al 2040 rispetto al 2014 rispettivamente dei consumi energetici nel settore idrico e dei consumi idrici nel settore energetico. Per entrambi è previsto un forte incremento, pari al 130% nel primo caso e al 59% nel secondo.

**Figura 1.41 Consumi energetici nel settore idrico e consumi idrici nel settore energetico**

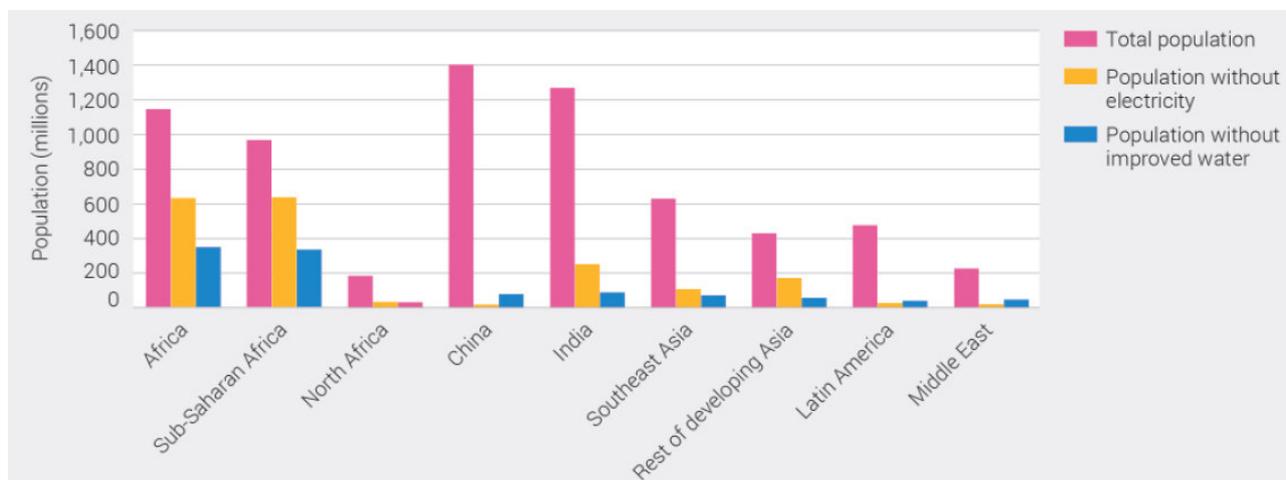


Fonte: IEA, 2016

Sebbene l'86% della popolazione mondiale abbia accesso all'elettricità, ci sono ancora 1,1 miliardi di persone - per lo più in Paesi meno sviluppati - che non ce l'hanno (IEA, 2017); circa 590 milioni di questi vive nell'Africa sub-sahariana, dove il tasso di crescita della popolazione supera quello dell'elettrificazione. Il numero di persone che non hanno accesso all'elettricità è

sensibilmente superiore di quello di coloro che non hanno accesso all'acqua (Fig. 1.42) (World Bank, 2017).

**Figura 1.42 Popolazione (milioni) senza accesso all'acqua e all'elettricità nel 2014**



Fonte: UN (2018) su dati IEA, WHO e UNICEF

Tuttavia la situazione è più critica se si considera l'affidabilità e la qualità dei servizi idrici. Oggi più di 2,1 miliardi di persone non hanno accesso sicuro all'acqua potabile e più della metà della popolazione mondiale non ha accesso a servizi igienici adeguati, mentre più di un terzo della popolazione mondiale è colpita dalla scarsità d'acqua (IEA, 2018).

Un maggiore utilizzo dell'elettricità per il pompaggio e il trattamento delle acque aumenterebbe l'accesso all'acqua a vantaggio della salute e del benessere umano e della crescita delle economie agricole e industriali, tuttavia potrebbe portare a conflitti tra gli utenti in competizione per i diversi usi alternativi dell'acqua. Per questo risulta importante la cooperazione tra gli attori nei settori dell'acqua e dell'energia ed il coordinamento degli investimenti.

### 1.3.3. Gli strumenti di policy per la protezione e ottimizzazione degli usi delle risorse idriche

La valutazione dei servizi ecosistemici, fornendo un valore monetario per i servizi generati, può supportare l'adozione di politiche e strumenti, in particolare quelli economici, per gestire e proteggere le risorse naturali:

- tasse relative all'uso delle risorse naturali (incluso l'uso del suolo);
- tariffe (commisurate ai livelli di prelievo) sui servizi generati dalle risorse naturali;
- pagamenti per servizi ecosistemici - PES;
- compensazioni ambientali.

Particolarmente innovativo è il caso dei PES. Tali accordi possono formarsi per libera contrattazione o mediante la creazione di mercati artificiali regolamentati da parte delle istituzioni pubbliche.

I PES sono strumenti che mirano a modificare i comportamenti che hanno impatti negativi sugli ecosistemi e sui beni da essi prodotti: sono mirati ad indurre un cambiamento comportamentale introducendo il valore economico dei servizi ecosistemici nei processi decisionali (Rojas and Aylward, 2003).

Uno schema di PES è «una transizione volontaria in cui uno specifico servizio ecosistemico o una risorsa naturale che lo fornisce è acquistato da almeno un consumatore a condizione che il fornitore si impegni a fornire con continuità quel servizio» Wunder (2002). Uno schema di PES può essere definito come «un insieme di transazioni volontarie tra utilizzatori dei servizi e fornitori dei servizi condizionali rispetto a regole condivise sulla gestione delle risorse naturali per la generazione dei servizi esterni» (Wunder 2015).

In Italia, l'articolo 70 del Collegato Ambientale alla legge di stabilità del 2015 delega il Governo all'introduzione di sistemi di remunerazione dei servizi ecosistemici e ambientali (PSEA), stabilendone principi e criteri direttivi:

- la remunerazione del valore generato dalla trasformazione di servizi ecosistemici e ambientali è concepito nella logica della transazione diretta tra consumatore e produttore. Elementi chiave sono la definizione dei servizi da remunerare, il loro valore e la tipologia contrattuale;
- i servizi che verranno remunerati in ogni caso sono: la fissazione del carbonio delle foreste, la regimazione delle acque nei bacini montani, la salvaguardia della biodiversità, l'utilizzazione di proprietà demaniali e collettive per produzioni energetiche;
- beneficiari finali del sistema di PSEA sono i Comuni, le loro unioni, le aree protette, le fondazioni di bacino montano integrato e le organizzazioni di gestione collettiva dei beni comuni.

I cambiamenti climatici pongono nuove sfide ai gestori delle risorse e dei servizi idrici, che richiedono una pianificazione a lungo termine in una situazione di incertezza. Ciò richiede un portafoglio flessibile di soluzioni in grado di mantenere una piena funzionalità indipendentemente dagli impatti del cambiamento climatico (soluzioni "no-regret") e che può essere implementato in modo adattivo e per step successivi, basandosi sugli investimenti pregressi senza metterli a rischio.

Le misure adattive più efficaci includono la raccolta dell'acqua piovana, l'agricoltura conservativa, il mantenimento della copertura vegetale, la piantumazione di alberi su terreni in forte pendenza, mini terrazzamenti per la conservazione del suolo e dell'umidità, migliore gestione dei pascoli, il riutilizzo dell'acqua, la desalinizzazione e gestione più efficiente dei suoli e delle acque per usi irrigui, nonché misure non convenzionali come il ripristino e la protezione degli habitat di acqua dolce e la gestione delle piane alluvionali naturali (IPPC, 2014).

La Fig. 1.43 categorizza le principali opzioni di adattamento al cambiamento climatico nella gestione delle acque dolci.

**Figura 3.15** Categorie di opzioni di adattamento al cambiamento climatico nella gestione delle risorse di acqua dolce

Category	Option	May assist both adaptation and mitigation
Institutional	Support integrated water resources management, including the integrated management of land considering specifically negative and positive impacts of climate change	X
	Promote synergy of water and energy savings and efficient use	X
	Identify "low-regret policies" and build a portfolio of relevant solutions for adaptation	X
	Increase resilience by forming water utility network working teams	
	Build adaptive capacity	
	Improve and share information	X
	Adapt the legal framework to make it instrumental for addressing climate change impacts	X
	Develop financial tools (credit, subsidies, and public investment) for the sustainable management of water, and for considering poverty eradication and equity	
Design and operation	Design and apply decision-making tools that consider uncertainty and fulfill multiple objectives	
	Revise design criteria of water infrastructure to optimize flexibility, redundancy, and robustness	
	Ensure plans and services are robust, adaptable, or modular; give good value; are maintainable; and have long-term benefits, especially in low-income countries	X
	Operate water infrastructure so as to increase resilience to climate change for all users and sectors	
	When and where water resources increase, alter dam operations to allow freshwater ecosystems to benefit	
	Take advantage of hard and soft adaptation measures	X
	Carry out programs to protect water resources in quantity and quality	
	Increase resilience to climate change by diversifying water sources <sup>2</sup> and improving reservoir management	X
	Reduce demand by controlling leaks, implementing water-saving programs, cascading and reusing water	X
	Improve design and operation of sewers, sanitation, and wastewater treatment infrastructure to cope with variations in influent quantity and quality	
Provide universal sanitation with technology locally adapted, and provide for proper disposal and reintegration of used water into the environment or for its reuse		
Reduce impact of natural disasters	Implement monitoring and early warning systems	
	Develop contingency plans	
	Improve defenses and site selection for key infrastructure that is at risk of floods	
	Design cities and rural settlements to be resilient to floods	
	Seek and secure water from a diversity (spatially and source-type) of sources to reduce impacts of droughts and variability in water availability	
	Promote both the reduction of water demand and the efficient use of water by all users	
	Promote switching to more appropriate crops (drought-resistant, salt-resistant; low water demand)	X
Plant flood- or drought-resistant crop varieties		
Agricultural irrigation	Improve irrigation efficiency and reduce demand for irrigation water	X
	Reuse wastewater to irrigate crops and use soil for carbon sequestration	X
Industrial use	When selecting alternative sources of energy, assess the need for water	X
	Relocate water-thirsty industries and crops to water-rich areas	
	Implement industrial water efficiency certifications	X

Fonte: IPCC, 2014

Per rendere le nostre società ed economie resilienti alla variabilità del clima, è necessario un significativo aumento degli investimenti in quasi tutti i settori dell'economia globale.

Secondo l'UNFCCC (2006), gli investimenti aggiuntivi necessari per adeguare le nuove infrastrutture vulnerabili ai cambiamenti climatici sono stimati tra il 5 e il 20 % di quelli attuali. La World Bank (2010) stima che il costo incrementale dell'adattamento a un pianeta con temperature medie più elevate di 2° C sia compreso tra 75 e 100 miliardi di dollari l'anno al 2050. La "Water Infrastructure for Climate Adaptation" (WI4A) è il termine per rappresentare le necessità di aumento degli investimenti e dei flussi finanziari nelle infrastrutture idriche per accompagnare il processo di adattamento climatico. La WI4A richiede investimenti per aumentare la resilienza del clima dei sistemi idrici sia attraverso infrastrutture completamente nuove e la

sostituzione di quelle esistenti, sia attraverso l'adeguamento e il miglioramento delle infrastrutture esistenti. Tali investimenti possono riguardare sia infrastrutture tradizionali, che basate sulla natura a diverse scale.

Il valore attuale degli investimenti aggiuntivi necessari fino al 2030 per raggiungere l'obiettivo 6.1 dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite, riferito all'accesso universale ed equo ad acqua potabile sicura ed economica per tutti è stimato in circa 1.700 miliardi di dollari (Hutton & Varughese, 2016), pari a circa tre volte gli attuali livelli di investimento (OCSE, 2018). Si tratta di una porzione degli investimenti complessivi nel settore idrico, i cui fabbisogni finanziari globali per le infrastrutture sono stimati tra 6.700 miliardi di dollari al 2030 e 22.600 miliardi di dollari al 2050 (World Water Council, 2018).

Le stime sono caratterizzate da elevata incertezza e non sono suddivise nelle diverse tipologie di soluzioni (es. grey o green) e nei diversi Paesi e regioni. Nel 2015/16, 22 miliardi di dollari sono stati spesi dalle istituzioni governative nazionali multilaterali per investimenti in adattamento climatico, per il 51% di nelle infrastrutture idriche: un importo largamente inferiore ai 112 miliardi di dollari di fondi pubblici spesi per la mitigazione climatica e lontano dalle effettive necessità di finanza per il clima stimate (Buchner et al., 2017).

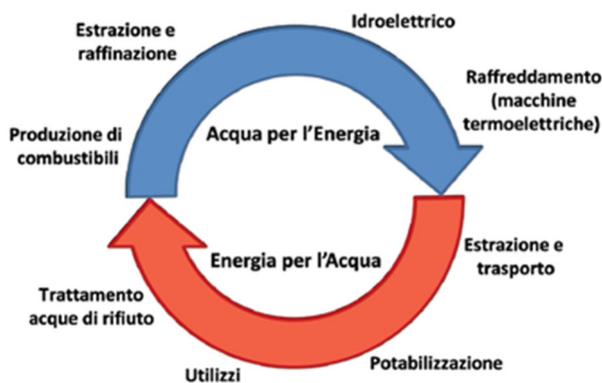
## 2. Il quadro attuale

### 2.1. Gli effetti del climate change sui settori idrico ed energetico

Le risorse idriche, come visto nel capitolo precedente, sono componenti chiave del capitale naturale di ogni nazione. In questo quadro, esiste una forte interdipendenza tra acqua ed energia: la prima è impiegata in tutti i processi di produzione dell'energia e questa, a sua volta, è necessaria in tutte le fasi di prelievo, trasporto e trattamento dell'acqua. Tale legame è spesso indicato con il termine *water-energy nexus*, il cui concetto è schematizzato in Figura 2.1.

I fenomeni connessi ai cambiamenti climatici rendono ancora più stringenti le connessioni tra acqua ed energia, accentuando gli stress ai quali sono sottoposte le risorse, il territorio e le diverse infrastrutture. L'alternarsi di periodi di limitata disponibilità idrica con eventi eccezionali di forti precipitazioni richiedono, in particolare, un ripensamento delle modalità di gestione delle risorse e dell'interagire tra loro.

**Figura 2.1 Schematizzazione water-energy nexus**



Fonte: ENEA

In questo contesto, questa prima parte del lavoro analizza innanzitutto l'impiego di acqua nel settore energetico e successivamente l'utilizzo di energia nei processi legati alla gestione idrica. Nel quadro tracciato si inseriscono quindi gli effetti, attuali e possibili, del cambiamento climatico. In tale ambito si farà particolare riferimento al continente europeo, in modo tale da cogliere i maggiori trend nei quali si colloca la situazione italiana, analizzata nel Paragrafo 3.

La struttura della presente sezione è così articolata:

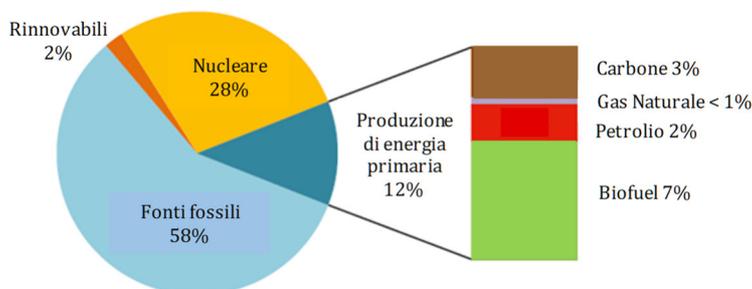
- l'impiego di acqua nel settore energetico;
- l'utilizzo di energia nel settore idrico;
- gli impatti del cambiamento climatico con focus sull'Europa;
- le ricadute del cambiamento climatico sul settore energetico europeo;
- gli effetti del climate change sul comparto idrico europeo.

L'analisi di questi molteplici elementi permetterà, in conclusione, di tracciare un primo quadro di riferimento delle interazioni tra l'industria elettrica e il settore idrico, in modo da poter successivamente focalizzare il lavoro su alcune specifiche aree più rilevanti.

### 2.1.1. L'impiego di acqua nel settore energetico

I prelievi idrici globali da parte del settore energetico hanno raggiunto nel 2014 i 398 miliardi di m<sup>3</sup>, dei quali circa l'86% dovuto alle sole centrali termoelettriche (Figura 2.2).

**Figura 2.2 Prelievi idrici globali da parte del settore energetico, 2014<sup>4</sup>**



Fonte: IEA

L'acqua richiesta per la generazione di energia varia considerevolmente a seconda della fonte e della fase considerata (estrazione, lavorazione, trasporto). In linea generale:

- il **carbone** richiede grandi volumi di acqua in diversi processi, soprattutto durante la fase di estrazione, con il rischio che gli scarichi e le operazioni sotterranee possano contaminare le falde acquifere. L'acqua può anche essere impiegata per lavare il carbone allo scopo di migliorarne la qualità e l'efficienza durante il trasporto.
- La produzione di **petrolio e gas** necessita l'iniezione di acqua per aumentare la pressione e quindi la produttività (*waterflooding*). L'estrazione di entrambi comporta anche quella di consistenti volumi di acqua (*produced water*), che, dato il grado elevato di salinità, è piuttosto difficile da trattare. I possibili metodi di smaltimento includono l'iniezione in falde acquifere saline o la desalinizzazione. L'acqua è impiegata poi all'interno delle raffinerie: per il petrolio sono mediamente necessari dai 7 ai 15 litri per ciascun litro di carburante prodotto, mentre per il gas naturale occorrono circa 20-50 litri d'acqua per ogni barile equivalente di petrolio<sup>5</sup>.
- **Petrolio e gas non convenzionali** richiedono processi più *water-intensive* rispetto ai precedenti. Durante l'estrazione, l'acqua è impiegata per ridurre la viscosità e facilitare le operazioni (per esempio nell'estrazione di sabbie bituminose in Canada o di *heavy oil* in Venezuela) o, per lo *shale gas*, durante la fase di *cracking* (in genere sono necessari 8-30 milioni di litri per pozzo<sup>6</sup>). In quest'ultimo caso, gli impatti ambientali possono essere

<sup>4</sup> Le "Fonti fossili" comprendono: carbone, petrolio, gas naturale e nucleare. Le "Rinnovabili" includono: solare fotovoltaico, CSP, eolico, geotermico e bioenergia. L'idroelettrico è escluso dall'analisi, poiché l'acqua prelevata è generalmente restituita al corso d'acqua d'origine, mentre quella consumata può variare sensibilmente a seconda del sito. Non esiste, peraltro, una metodologia universalmente accettata per calcolare il consumo d'acqua nell'idroelettrico. Per la "Produzione di energia primaria" si considera l'acqua necessaria nel complesso delle fasi di estrazione, lavorazione e trasporto per le diverse risorse considerate (carbone, gas naturale, petrolio, biofuel). Per i "Biofuel", i prelievi tengono conto dell'irrigazione di colture dedicate e delle lavorazioni. In generale, per la generazione di energia, sono considerate la fase operativa, la pulizia, il raffreddamento e altre lavorazioni, mentre è esclusa l'acqua in input alla produzione dei carburanti.

<sup>5</sup> United Nations Water, Water and energy. Volume 1, Parigi, 2014.

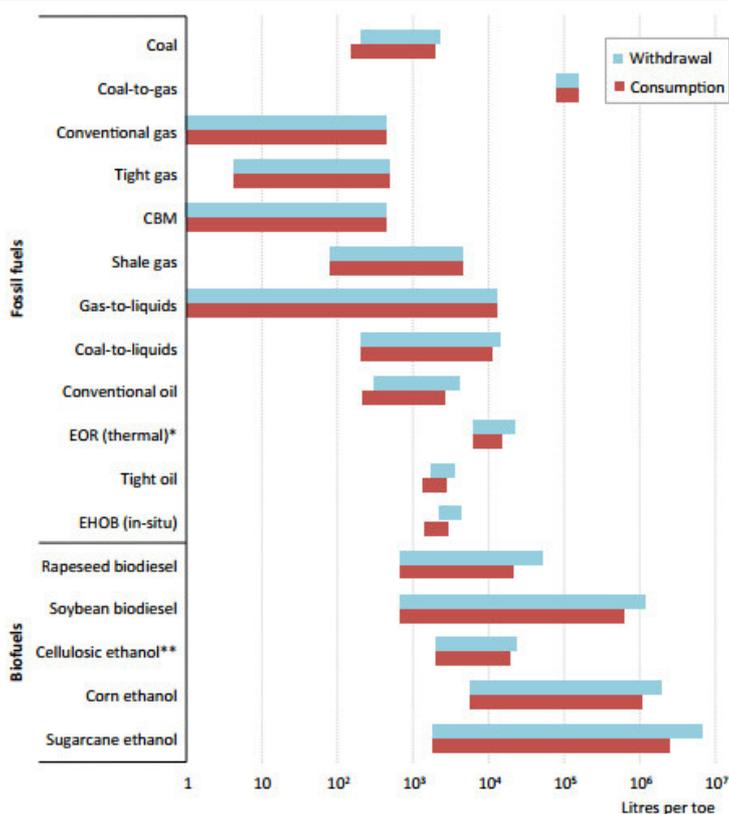
<sup>6</sup> United Nations Water, Water and energy. Volume 1, Parigi, 2014.

consistenti: la produzione di *shale gas* è spesso legata alla presenza di metano nell'acquifero, con conseguenti ripercussioni sugli ecosistemi e sull'acqua potabile.

- Il contributo dei **biofuel** si prevede che crescerà nei prossimi anni, con impatti positivi su emissioni, *energy supply security* e reddito degli agricoltori. Si tratta, tuttavia, del processo di produzione più *water-intensive* tra quelli considerati (Figura 2.3), principalmente a causa dell'irrigazione delle colture da usare come *feedstock*.

La produzione di biomassa per l'energia, inoltre, si troverà a competere in misura crescente con quella di cibo per l'impiego di acqua, già limitata in alcune aree. Ad esempio, Cina e India, i due maggiori produttori mondiali di diverse *commodity* agricole, stanno già affrontando limitazioni in agricoltura, pur avendo entrambe avviato programmi per favorire lo sviluppo dei biofuel. Dal 2000 la produzione di biocarburanti è cresciuta, anche a causa dell'aumento dei prezzi del petrolio, del contesto macroeconomico e delle preoccupazioni per la sicurezza degli approvvigionamenti energetici. In Europa, tuttavia, le policy dell'UE sono in via di revisione a causa del riconoscimento di impatti negativi su acqua, ecosistemi e suolo.

**Figura 2.3 Prelievi e consumi idrici per fonte primaria**



\* See the WEO's water-energy website for water use for EOR-CO<sub>2</sub>, EOR-chemical and EOR-other gas, [www.worldenergyoutlook.org/resources/water-energy-nexus/](http://www.worldenergyoutlook.org/resources/water-energy-nexus/). \*\* Excludes water use for crop residues allocated to food production.

Notes: CBM = coalbed methane; EOR = enhanced oil recovery; EHOB = extra-heavy oil and bitumen. Ranges shown are for "source-to-carrier" primary energy production, which includes withdrawals and consumption for extraction, processing and transport. Water use for biofuels production varies considerably because of the differences in irrigation needs and methods among regions and crops; our analysis considers only the water used for irrigation and excludes rainwater. The minimum for each crop represents non-irrigated crops whose only water requirements are for processing into fuels. This chart is a representative sample of fuels; see [www.worldenergyoutlook.org/resources/water-energy-nexus/](http://www.worldenergyoutlook.org/resources/water-energy-nexus/) for a full list, including the numerical averages of each fuel.

Fonte: IEA

Per queste ragioni, si sono sviluppati biocarburanti di seconda generazione, che richiedono invece l'impiego di *feedstock* non in competizione con *feed-food* e non necessitano di un uso esclusivo dei terreni coltivabili (ad esempio, fuel da legno, paglia o FORSU). Prelievi e consumi di acqua tendono dunque ad essere inferiori per i biofuel di seconda generazione, ma possono variare sensibilmente a seconda della tecnologia e della materia prima impiegata, rendendo necessarie valutazioni accurate in fase di progettazione.

- Per le **rinnovabili elettriche**, la situazione non è omogenea. **Eolico** e **solare fotovoltaico** non richiedono calore per generare elettricità e quindi non consumano o consumano pochissima acqua. Di contro, **solare a concentrazione** (CSP) e **geotermico** richiedono spesso l'impiego di acqua per il raffreddamento. In particolare, per il CSP, a seconda della tecnologia impiegata, prelievi e consumi idrici possono essere comparabili a quelli degli impianti termoelettrici. L'**idroelettrico** impiega il moto dell'acqua, che sostanzialmente non consuma, sebbene la situazione sia diversa secondo il caso considerato. In generale, le rinnovabili possono contribuire a ridurre i consumi idrici, come si vedrà nella Parte II.

Un impatto significativo sui prelievi e sui consumi idrici è dato dai sistemi di raffreddamento impiegati dalle centrali termoelettriche. L'ammontare di acqua richiesta varia in base a diversi fattori, tra cui: il tipo di combustibile, il sistema di raffreddamento, le condizioni climatiche dell'area in cui si trova l'impianto e l'efficienza dei processi. Vantaggi e svantaggi di ciascuna tecnologia di raffreddamento sono sintetizzati nella Figura 2.4.

**Figura 2.4 Vantaggi e svantaggi dei sistemi di raffreddamento**

Sistema di raffreddamento	Vantaggi	Svantaggi
Once-through (open-loop), OT	Basso consumo idrico	Elevato prelievo di acqua
	Tecnologia matura	Rischi per gli ecosistemi
	Costo del capitale in media più basso	Esposizione a limiti di scarico termico
	Performance mediamente più elevate	
Wet-tower (closed-loop), WT	Prelievo idrico ben più basso rispetto a sistemi OT	Consumo idrico più alto rispetto a sistemi OT
	Tecnologia matura	Bassa efficienza dell'impianto (prestazioni leggermente più basse rispetto a sistemi OT)
	Performance elevate	Costo del capitale più elevato rispetto a sistemi OT
Ad aria (dry)	Prelievi e consumi idrici nulli oppure molto bassi	Emissioni di calore
		Costo del capitale più elevato rispetto a sistemi OT e WT
		Efficienza dell'impianto mediamente più bassa, soprattutto quando la temperatura dell'ambiente è elevata (giornate calde, secche)
Ibrido (wet-dry)	Prelievi e consumi idrici nulli oppure molto bassi	Terreno richiesto in media più esteso
		Costo del capitale più elevato rispetto a sistemi ad aria
	Consumo idrico più contenuto rispetto a sistemi WT	Costo del capitale più elevato rispetto a sistemi WT
	L'efficienza del sistema non diminuisce nelle giornate calde	
Flessibilità operativa	Tecnologia che necessita ancora di miglioramenti	

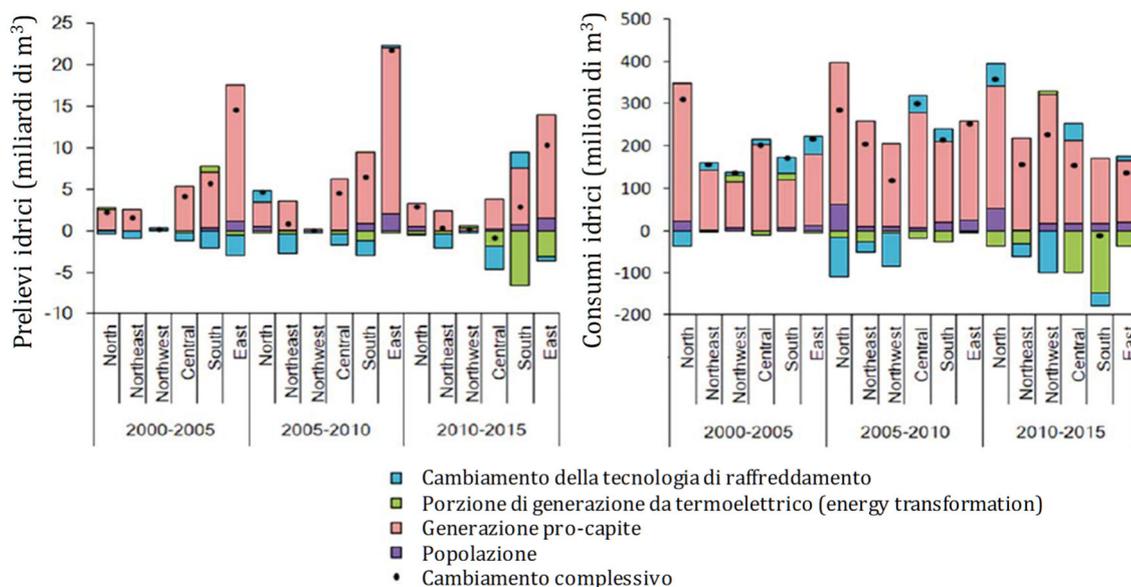
Fonte: UN Water

Nel complesso, le tecnologie *once-through* (*open-loop*) sono quelle aventi efficienza più elevata e costo del capitale più basso, ma richiedono i prelievi idrici più elevati. I sistemi *wet-tower* (*closed-loop*) necessitano di prelievi d'acqua più bassi, ma ne consumano quantitativi maggiori. Le tecnologie ad aria (*dry*) utilizzano pochissima acqua, ma sono molto costose e hanno una bassa efficienza, mentre quelle ibride potrebbero vedere un buon sviluppo in futuro. Sia sistemi ad aria che ibridi potrebbero non essere competitivi in termini economici quando l'acqua è disponibile in misura abbondante e a basso costo.

### Case study 1 – Gli impatti della scelta dei sistemi di raffreddamento in Cina

La rapida crescita economica della Cina è stata accompagnata da un consistente incremento della produzione di energia elettrica, trainata da estesi fenomeni di industrializzazione, urbanizzazione e crescita demografica. La produzione cinese di elettricità è così più che quadruplicata in quindici anni, passando da 1.328 miliardi di KWh nel 2000 a 5.810 miliardi di KWh nel 2015, superando così gli Stati Uniti quale primo produttore mondiale. L'acqua è impiegata abbondantemente sia dalle centrali idroelettriche che da quelle termiche a scopo di raffreddamento e, nel complesso, tra 2000 e 2015, il consumo idrico è salito da 1,25 miliardi di m<sup>3</sup> a 4,86 miliardi di m<sup>3</sup>, mentre il prelievo è aumentato da 40,75 miliardi di m<sup>3</sup> a 124,06 miliardi di m<sup>3</sup>. La Cina, tuttavia, è piuttosto vulnerabile ai conflitti acqua-energia, anche a causa del fatto che le risorse idriche sono distribuite in modo disomogeneo sul territorio e che gli impianti termoelettrici sono concentrati per lo più vicino ai corsi navigabili dell'entroterra.

**Figura A. Driver dell'impiego idrico nel settore energetico cinese, 2000-2015, Cina**



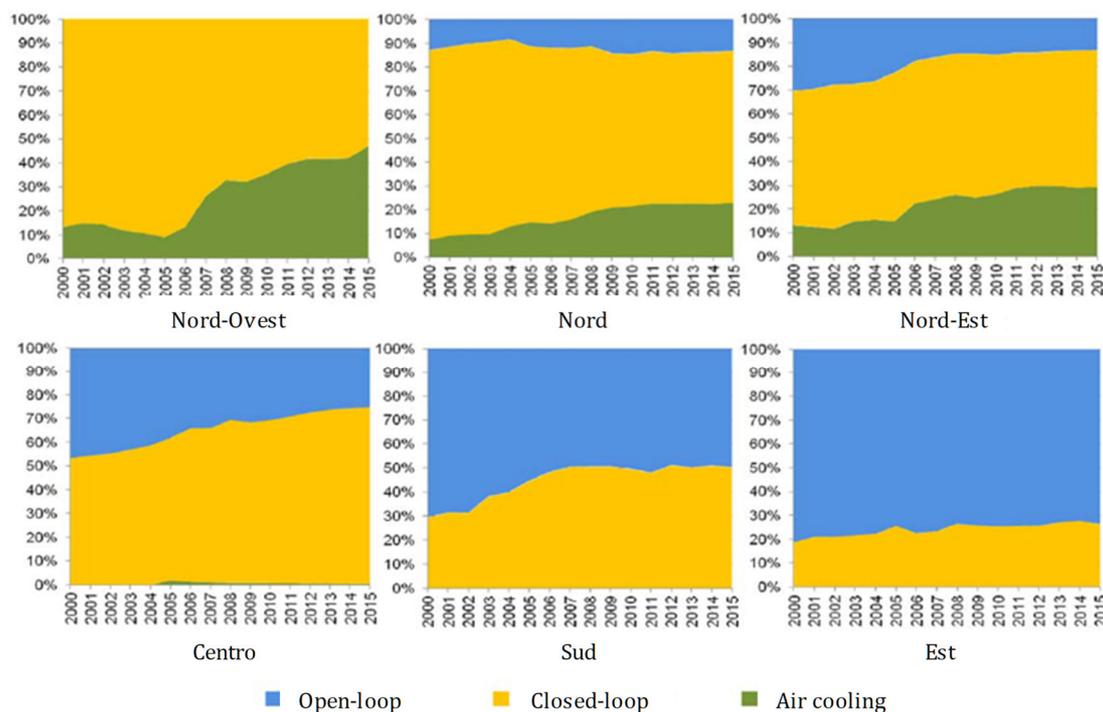
Fonte: Xiawei Liao, Jim W. Hall

L'incremento demografico e, ancora di più, l'aumento della generazione elettrica pro-capite (con una crescita media annuale del 10%) hanno impattato sull'incremento di acqua impiegata dal settore energetico in tutte le regioni cinesi e soprattutto nelle aree del Centro, del Sud e dell'Est. Tali zone dispongono infatti di risorse idriche piuttosto abbondanti e gli impianti impiegano qui per lo più sistemi di raffreddamento *open-loop* (aventi elevati prelievi e bassi consumi idrici). La riduzione nell'impiego di acqua da parte del settore energetico si deve soprattutto alla tipologia di sistema di raffreddamento impiegata dagli impianti (Figura A). In particolare, la sostituzione delle tecnologie ha portato a mitigare l'incremento per 14,07 miliardi di m<sup>3</sup> relativamente al prelievo di acqua e per 101,34 milioni di m<sup>3</sup> nel consumo di acqua, pur con differenze sostanziali tra le diverse regioni.

In generale, nelle aree di Centro, Sud ed Est si stanno sostituendo i sistemi di raffreddamento open-loop con quelli closed-loop in modo da ridurre i prelievi idrici del settore energetico e quindi anche la dipendenza dalla disponibilità di acqua, sebbene al prezzo dell'aumento del consumo. Nelle aree del Nord, Nord-Ovest e Nord-Est, a causa di importanti stress idrici (ulteriormente aggravati dal cambiamento climatico), i sistemi di raffreddamento ad aria stanno via via sostituendo quelli ad acqua, sia open-loop che closed-loop (Figura B). In particolare:

- nella Cina Centrale, la sostituzione di sistemi di raffreddamento open-loop con quelli closed-loop ha portato all'incremento del consumo di acqua per 93,94 milioni di m<sup>3</sup> ma alla riduzione del prelievo di 5,10 miliardi di m<sup>3</sup>.
- Nel Nord-Ovest, l'incidenza dei sistemi di raffreddamento closed-loop è scesa dall'86,6% nel 2000 al 52,7% nel 2015 a favore di quelli ad aria, con una riduzione del consumo di 169,97 milioni di m<sup>3</sup>.

**Figura B. Cambiamento tecnologie di raffreddamento per area, 2000-2015, Cina**



Fonte: Xiawei Liao, Jim W. Hall

Tali mutamenti sono stati accompagnati da apposite policy in ciascuna regione. Nelle aree del Nord, ad esempio, le misure introdotte hanno portato ad una sostanziale riduzione delle tempistiche per l'acquisizione dei permessi ambientali necessari per i nuovi impianti con sistemi di raffreddamento ad aria, il cui numero ha così visto un aumento notevole negli ultimi dieci anni.

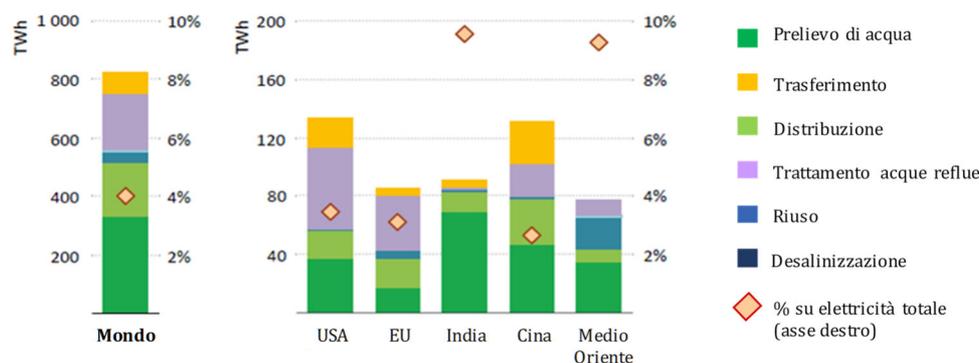
La scelta tra le diverse tecnologie di raffreddamento, inoltre, implica alcuni trade-off che rendono necessarie valutazioni accurate:

- la sostituzione di tecnologie di raffreddamento open-loop con quelle closed-loop riduce la dipendenza del settore energetico dalle risorse idriche e ne aumenta la resilienza in caso di eventi climatici estremi (p.e. siccità), ma porta simultaneamente ad un incremento del consumo di acqua.
- le tecnologie ad aria, pur avendo consumi idrici bassi o nulli, richiedono sostanziosi investimenti (per terreno e torri di raffreddamento) e portano ad una minor efficienza nella produzione di energia, con quantitativi più elevati sia di combustibili impiegati che di emissioni.

## 2.1.2. L'utilizzo di energia nel settore idrico

Nel 2014 il settore idrico ha impiegato circa 120 milioni di tonnellate di petrolio equivalente (Mtoe) di energia a livello globale, dei quali il 60% è stato consumato sotto forma di elettricità e la restante parte come energia termica. Metà di quest'ultima è stata impiegata nelle pompe diesel, principalmente allo scopo di pompare l'acqua da fonti sotterranee per l'irrigazione dei campi agricoli. Nel complesso, Stati Uniti e Cina sono i Paesi con i consumi più alti (Figura 2.5).

**Figura 2.5 Consumo di elettricità nel settore idrico per processo e area, 2014**



Fonte: IEA

Nel dettaglio di ciascuna fase del ciclo idrico:

- il **prelievo idrico** necessita ogni anno di 310 TWh di elettricità, dei quali quasi metà nel solo continente asiatico. In questo caso, l'India è il maggior utilizzatore di acqua, contando circa un quarto dei prelievi a livello mondiale, anche a causa dei metodi d'irrigazione inefficienti impiegati dagli agricoltori.
- Il **trasferimento di acqua** consuma circa 70 TWh di elettricità all'anno. Le risorse idriche, infatti, non sono sempre disponibili dove richieste e diversi Paesi hanno dovuto attuare misure di trasferimento su larga scala. Il progetto più imponente è oggi il *South-North Water Transfer Project* in Cina, che al suo completamento permetterà di trasportare 45 miliardi di m<sup>3</sup> all'anno dal bacino del fiume Yangtze nel Sud del Paese (più ricco d'acqua) alle ben più secche aree del Nord. Segue lo *State Water Project* in California, lungo 1.100 km e con circa 25 milioni di abitanti serviti all'anno.
- La **potabilizzazione** richiede 65 TWh di elettricità all'anno, di cui circa l'80-85% per il solo pompaggio agli impianti di trattamento. Il successivo pompaggio dell'acqua dagli impianti agli utenti finali avviene attraverso un sistema di distribuzione pressurizzato che consuma circa 180 TWh di elettricità. In generale:
  - l'acqua di superficie situata vicino alle utenze richiede meno energia per essere distribuita, ma esiste un rischio maggiore che sia inquinata;
  - l'acqua da falde sotterranee richiede spesso un livello di trattamento inferiore rispetto alla precedente, ma un ammontare di energia più elevato per essere pompata in superficie;

- l'acqua salmastra (per esempio nelle foci dei fiumi dove l'acqua dolce si mescola a quella salata) richiede un ammontare di energia per il trattamento che dipende dal livello di solidi disciolti.

Quantità significative di acqua sono inoltre perse ogni giorno a causa di perdite, furti e misurazioni inadeguate, sia nei Paesi sviluppati che in quelli in via di sviluppo. A livello globale, le perdite della rete idrica vanno da un valore medio del 6% in Giappone e in Danimarca, al 12% negli Stati Uniti, al 19% in Cina, al 24% nell'Unione Europea, fino al 48% registrato in India.

- Il **trattamento delle acque reflue** consuma annualmente 200 TWh di elettricità. Si stima, tuttavia, che circa il 35% delle acque reflue domestiche non venga oggi trattato e recuperato, valore che potrebbe salire anche al 60-95% nei Paesi in via di sviluppo con ulteriori problemi per la salute. Nel complesso, le acque reflue possono subire tre livelli di trattamento:
  - primario: rimozione di componenti solidi mediante filtri, schermi, vasche di sedimentazione e *dissolved air flotation tank*;
  - secondario: processi biologici finalizzati a rimuovere la materia organica disciolta mediante vasche di aerazione, *trickling filter*, *activated sludge process*, *settling tank*;
  - terziario: ulteriori trattamenti per rimuovere i nutrienti, come azoto, fosforo e particelle solide sospese attraverso *sand filtration* o *membrane filtration*.

In Asia e Africa il trattamento primario è quello più usato, nei Paesi OECD quello secondario è il processo standard, con molti che impiegano anche quello terziario. In EU, ad esempio, il 40% delle acque reflue è trattato fino al livello terziario (anche grazie alla *Urban Wastewater Directive*), mentre negli Stati Uniti tale valore supera il 60%.

- La **desalinizzazione e il riuso** soddisfano oggi solo lo 0,7% della domanda globale d'acqua, ma sono responsabili del consumo di quasi un quarto dell'energia complessivamente consumata dal settore idrico. Meno del 15% di tale energia è fornita in forma di elettricità, con il gas naturale come fonte più usata<sup>7</sup>. A fine 2018 si contavano oltre 19.700 impianti di desalinizzazione sparsi per il globo (dei quali circa 15.600 operativi e 353 in costruzione), per una capacità complessiva intorno ai 99,73 milioni di m<sup>3</sup>/giorno di acqua producibile (Figura 2.6).

**Figura 2.6 Dati generali impianti di desalinizzazione, 2018**

Impianti di desalinizzazione nel globo	Numero	Capacità (m <sup>3</sup> /giorno)
Operativi	15.598	83.786.165
In costruzione	353	9.053.443
Off-line	3.793	6.889.086
<b>Totali</b>	<b>19.744</b>	<b>99.728.694</b>

Fonte: IDA, PUB, Suez

<sup>7</sup> International Energy Agency (IEA), *Water Energy nexus*, Parigi, 2016.

Le tecnologie di desalinizzazione oggi più usate sono riconducibili a due categorie:

- termica, in cui l'acqua viene bollita per separare il sale attraverso l'evaporazione, che richiede un consistente ammontare di energia termica, in genere gas naturale, ma anche elettricità. A questa categoria appartengono le tecnologie: *multi-stage flash* (MSF) e *multi-effect distillation* (MED).
- elettrica (*membrane-based*), in cui una barriera semi-permeabile viene impiegata per separare i solidi disciolti. La *reverse osmosis* (RO), nella quale pompe elettriche sono usate per spingere l'acqua attraverso la membrana semi-permeabile in modo da rimuovere il sale contenuto, è la tecnologia più diffusa di questo tipo.

**Figura 2.7 Energia richiesta per la desalinizzazione, in base a diverse tecnologie**

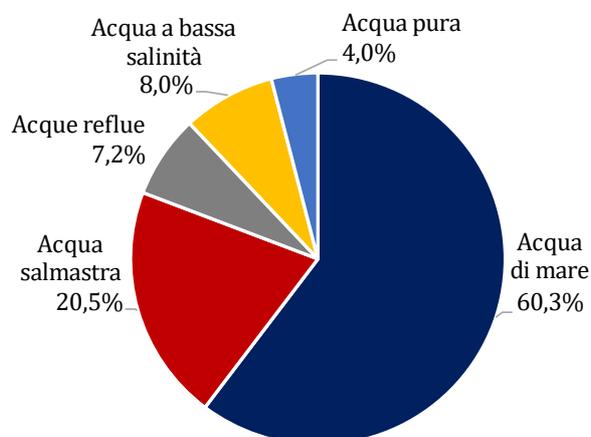
Tecnologia per la desalinizzazione	Energia elettrica (kWh/m <sup>3</sup> )	Energia termica (kWh/m <sup>3</sup> )	Totale energia elettrica equivalente (kWh/m <sup>3</sup> )
RO con acqua salmastra	1 - 1,5	0	1 - 1,5
RO con acqua di mare	4 - 4,5	0	4 - 4,5
MED	1	60-70	16 - 18,5
MSF	5	70-80	22,5 - 25

Fonte: Environment Agency Abu Dhabi

La desalinizzazione termica è in genere più *energy-intensive* rispetto a quella a membrana. Ciò è dovuto al fatto che i processi termici richiedono sia energia elettrica che calore, nella maggior parte dei casi ottenuti impiegando gas naturale.

La MSF e la RO con acqua di mare usano simili quantitativi di energia elettrica per m<sup>3</sup> di acqua da desalinizzare (Figura 2.7), mentre sia la MED che la RO con acqua salmastra richiedono un quarto dell'elettricità impiegata da ciascuna delle altre due tecnologie. La RO, sia quella con acqua marina che quella con salmastra, tuttavia, non richiede ulteriore energia sotto forma di calore.

**Figura 2.8 Acqua in input alla desalinizzazione nel 2018 a livello mondiale**

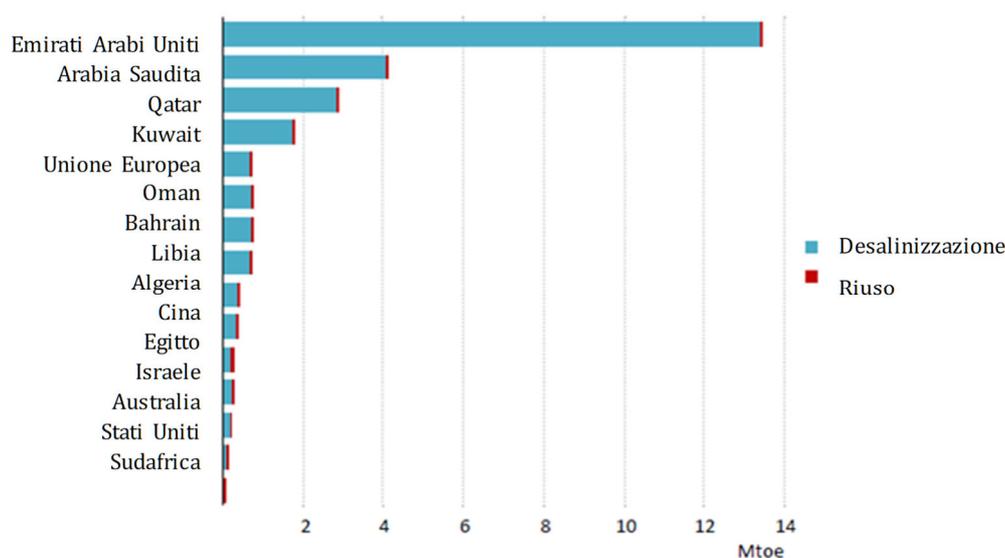


Fonte: IDA, PUB, Suez

Nel complesso, la MSF è la tecnologia che consuma più energia termica, con circa 70-80 kWh per ogni m<sup>3</sup> di acqua da desalinizzare, seguita dalla MED con 60-70 kWh/m<sup>3</sup>. In termini di energia elettrica equivalente, la RO è la più efficiente, usando circa un quarto dell'energia complessiva della MED e un quinto di quella della MSF. Il consumo di energia per la desalinizzazione dell'acqua salmastra è più basso rispetto a quello con acqua di mare, che è tuttavia la tipologia maggiormente trattata (Figura 2.8). Nel 2018, infatti, circa il 60,3% dei processi impiegava come input acqua di mare, mentre appena il 20,5% acqua salmastra.

Nel 2014 circa metà della domanda di energia per la desalinizzazione era dei soli Emirati Arabi Uniti (Figura 2.9), con impatti importanti anche in termini di emissioni di CO<sub>2</sub>. In Medio Oriente, infatti, la desalinizzazione è stata storicamente associata ad impianti di generazione da fonti fossili (tipicamente gas naturale), che allo stesso tempo producono elettricità e desalinano acqua. La tecnologia di desalinizzazione prevalente negli Emirati Arabi Uniti è la MSF, soluzione che ben si presta agli elevati livelli di salinità, di temperatura e di materia organica disciolta che caratterizzano l'acqua marina dell'area.

**Figura 2.9 Domanda di energia per desalinizzazione e riuso, 2014**



Fonte: IEA

L'Unione Europea incide invece per il 10% circa della domanda mondiale complessiva. A trainare il dato è principalmente la Spagna, che nel 2018 contava intorno agli 800 impianti per una produzione di circa 5 milioni di m<sup>3</sup>/giorno di acqua dissalata destinata ad uso civile o al settore industriale o a quello agricolo<sup>8</sup>.

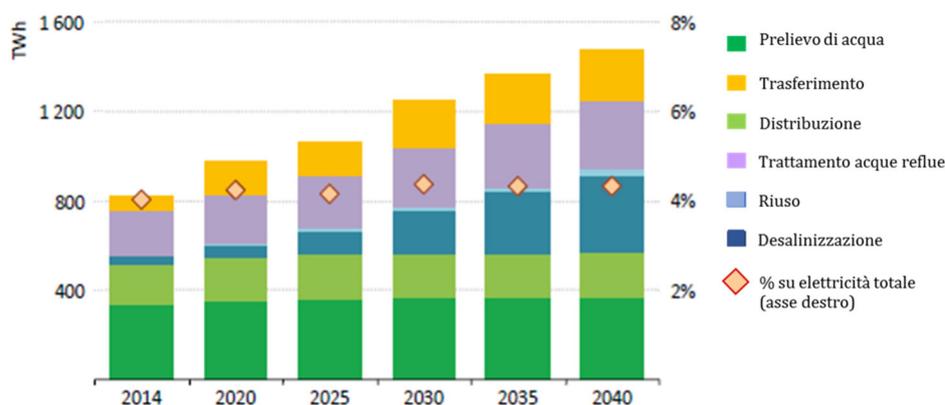
Seguono, a distanza, l'Italia, con circa 576.000 m<sup>3</sup>/giorno, Cipro con 308.000 m<sup>3</sup>/giorno e la Grecia con 186.000 m<sup>3</sup>/giorno<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> Asociación Española de Desalación y Reutilización (AEDyR).

<sup>9</sup> European Commission, *The 2018 annual economic report on EU blue economy*, Bruxelles, 2018.

Gli **scenari futuri dei consumi energetici del settore idrico** stimano una crescita annua del 2,3% tra 2014 e 2040, fino a raggiungere circa 1.470 TWh (Figura 2.10). Alla desalinizzazione si dovrà l'incremento più elevato dei consumi, che passeranno da un'incidenza del 5% del totale nel 2014 ad una del 20% nel 2040. Le valutazioni vedono una diffusione generale della desalinizzazione, ma la crescita più consistente si avrà nei Paesi del Medio Oriente e del Nord Africa. Anche il riuso avrà uno sviluppo importante, soprattutto in Cina, India, Medio Oriente, Nord Africa e Stati Uniti. A seguire, il trasferimento idrico, trainato principalmente dalla realizzazione di grandi progetti, tra cui l'estensione del *South-North Water Transfer Project* in Cina.

**Figura 2.10 Evoluzione dei consumi energetici nel settore idrico tra 2014 e 2040**



Fonte: IEA

### 2.1.3. Gli impatti del cambiamento climatico

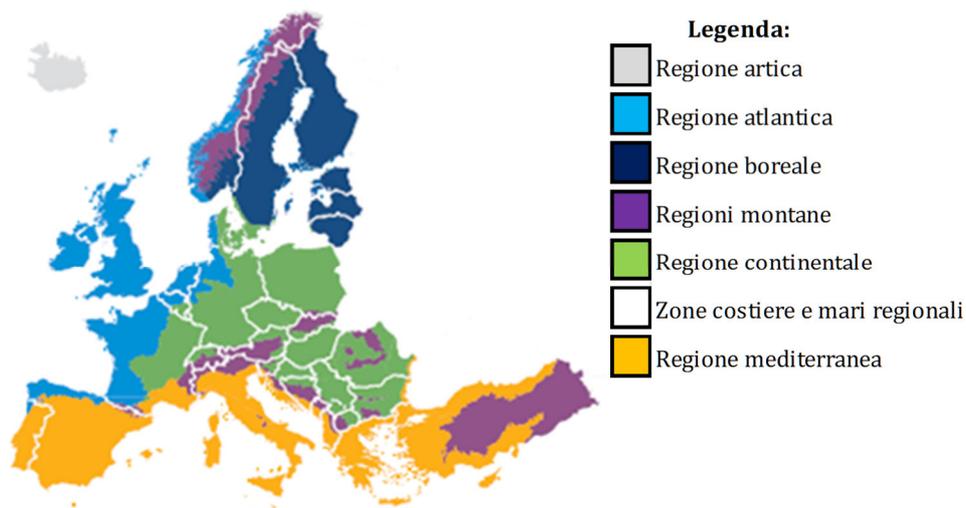
La forte interdipendenza tra acqua ed energia implica che i rischi legati alle risorse idriche siano anche rischi per il settore energetico. Da un lato, la crescente domanda per fonti idriche limitate comporta pressioni per le utility energetiche e le spinge ad individuare nuovi approcci, soprattutto in quelle aree del globo in cui gli impieghi dell'acqua sono in competizione tra loro e l'uso può essere limitato per preservare gli ecosistemi. Dall'altro, la maggiore domanda energetica, trainata principalmente dalle economie emergenti, potrebbe comportare l'impiego (e l'eventuale consumo) di quantità sempre maggiori di acqua.

La tendenza generale a passare a *fuel mix* con un maggiore peso delle rinnovabili e minori emissioni dovrebbe ridurre l'impatto sull'acqua. Lo sviluppo dei biofuel, tuttavia, potrebbe risultare in un sovrasfruttamento delle risorse idriche. Il cambiamento climatico potrebbe poi esacerbare ulteriormente la situazione. Ad esempio, periodi di forte siccità e temperature elevate potrebbero costringere a fermare le centrali termiche o ridurre le loro performance.

Allo stesso tempo, la crescente variabilità dei fenomeni renderà più difficile attuare contromisure, anche avendo a disposizione i dati storici di una determinata area geografica. La vicinanza e la disponibilità di acqua sono tra i fattori in base ai quali vengono scelte la posizione degli impianti e la tipologia dei loro sistemi di raffreddamento. Gli effetti del climate change potrebbero dunque mettere in discussione la sostenibilità di localizzazioni scelte in passato o rendere più critiche le attuali decisioni per nuovi insediamenti.

Allo scopo di valutare l'evoluzione della situazione europea in questo contesto, ogni quattro anni la European Energy Agency (EEA) pubblica il report *Climate change, impacts and vulnerability in Europe*. L'ultima edizione, la quarta, è quella del 2017 (con dati 2016), nella quale la EEA suddivide il continente europeo in sette regioni biogeografiche, ossia ambiti territoriali con caratteristiche ecologiche omogenee, ognuna avente diversi impatti generati dal cambiamento climatico (Figura 2.11).

**Figura 2.11 Impatti del climate change per regioni biogeografiche in Europa**



Fonte: EEA

- La **Regione artica** vedrà aumento delle temperature superiore alla media globale e un conseguente calo del numero e dell'estensione dei ghiacciai, con un rischio più elevato di riduzione della biodiversità. Vi saranno però nuove opportunità nell'ambito del trasporto via mare (nuove rotte percorribili dopo lo scioglimento dei ghiacci) e dell'uso delle risorse.
- Nella **Regione atlantica** le precipitazioni abbondanti diverranno più frequenti, soprattutto durante la stagione invernale, con un conseguente aumento del rischio di inondazioni e l'incremento delle risorse idriche disponibili. L'aumento delle temperature porterà, inoltre, ad una diminuzione della domanda di energia per il riscaldamento.
- Anche per la **Regione boreale** si stima una maggior frequenza di precipitazioni abbondanti, con l'incremento delle risorse idriche disponibili e del potenziale idroelettrico. Allo stesso tempo, l'aumento delle temperature risulterà nella riduzione dei ghiacciai, nell'aumento delle zone boschive e delle aree coltivabili, nella diminuzione della domanda di energia per il riscaldamento e in uno sviluppo del turismo estivo.
- Le **Regioni montane** vedranno sia un aumento delle temperature superiore alla media europea, con conseguenti maggiori rischi d'estinzione delle specie e diminuzione dei ghiacciai, che una maggior incidenza di frane e smottamenti. Le temperature più elevate porteranno, inoltre, ad un calo del turismo sciistico e a riduzioni nel potenziale idroelettrico.

- Nella **Regione continentale**, la maggior frequenza di ondate di caldo e la diminuzione delle precipitazioni estive porteranno ad un aumento di periodi di siccità, rischi di incendi, possibili effetti negativi per la salute umana e un incremento della domanda di energia per il raffrescamento. Diverse aree potrebbero anche vedere esondazioni frequenti dei fiumi, per lo più in inverno e primavera, e un calo delle produzioni agricole.
- I **mari** segneranno un aumento della propria temperatura e acidità, con ripercussioni sulla flora e sulla fauna marine. Diverse specie potrebbero infatti migrare verso Nord generando perdite economiche per la pesca delle **zone costiere**. I rischi per la salute umana, inoltre, potrebbero aumentare a causa dell'incidenza più alta di malattie idrotrasmesse.
- La **Regione mediterranea** mostrerà una maggior frequenza di temperature estreme, che, unitamente al calo delle precipitazioni, porterà ad una diminuzione delle risorse idriche disponibili, ad un aumento del rischio di siccità, di incendi e di quelli legati alla perdita di biodiversità. Ciò comporterà una più forte competizione tra i possibili impieghi dell'acqua e una diminuzione delle aree coltivabili. Le punte estreme di calore, oltre ad un aumento della mortalità, risulteranno anche in una domanda più elevata per il raffrescamento e in un calo del turismo estivo, pur con una potenziale crescita durante le altre stagioni.  
Nel complesso, si stimano effetti negativi per diversi settori economici, nonché un'elevata vulnerabilità agli effetti del cambiamento climatico in altre aree del mondo, legata sia a possibili interruzioni degli scambi agricoli che ai flussi migratori.

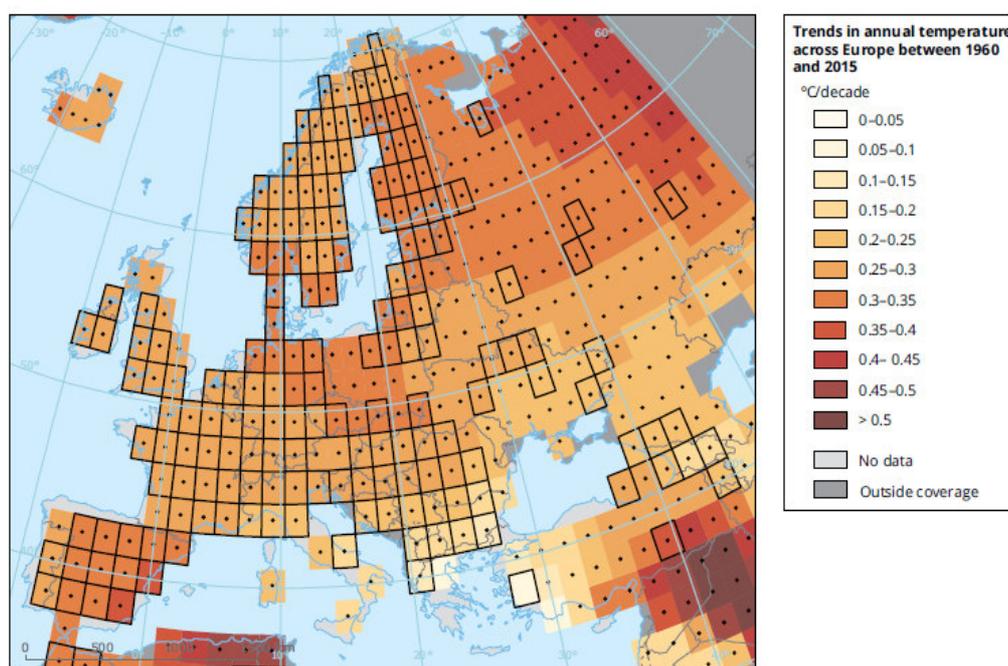
La regione mediterranea è dunque quella che maggiormente risentirà degli impatti negativi del cambiamento climatico, mentre alcune aree del Nord Europa potrebbero vedere anche effetti positivi, come la possibilità di nuove rotte marittime dovuta allo scioglimento dei ghiacci oppure lo sviluppo delle produzioni agricole e del turismo. Nel complesso, l'insieme degli effetti avrà ripercussioni economiche, ambientali e sanitarie rilevanti in tutta Europa. Saranno necessarie politiche ed investimenti specifici per fronteggiare e mitigare questi impatti, con oneri e complessità significative per molteplici settori, quello energetico, idrico e agricolo tra i principali.

Allo scopo di fornire un quadro dell'evoluzione dei fenomeni in atto a livello europeo sul piano dei mutamenti climatici, si esaminano di seguito alcuni temi o indicatori specifici:

- le temperature medie annuali,
- le precipitazioni annuali ed estive,
- il livello dei mari,
- le temperature dei mari,
- le portate dei corsi d'acqua,
- la frequenza e gravità dei fenomeni di siccità.

**Le temperature medie annuali** tra il 1960 e il 2015 hanno evidenziato un sensibile aumento in tutte le nazioni europee. In particolare, le variazioni positive più consistenti hanno interessato la Penisola Iberica, alcune aree del Centro e del Nord-Est Europa e i Paesi scandinavi (Figura 2.12). In Italia l'innalzamento delle temperature ha riguardato per lo più le regioni settentrionali, che evidenziano variazioni comprese tra gli 0,2 e gli 0,3 °C per decennio nel periodo considerato. Esistono tuttavia diverse zone del Centro e del Meridione per cui non sono disponibili dati o lo sono ma con minor precisione rispetto ad altre aree.

**Figura 2.12 Variazione temperature medie annuali tra 1960 e 2015 in Europa<sup>10</sup>**



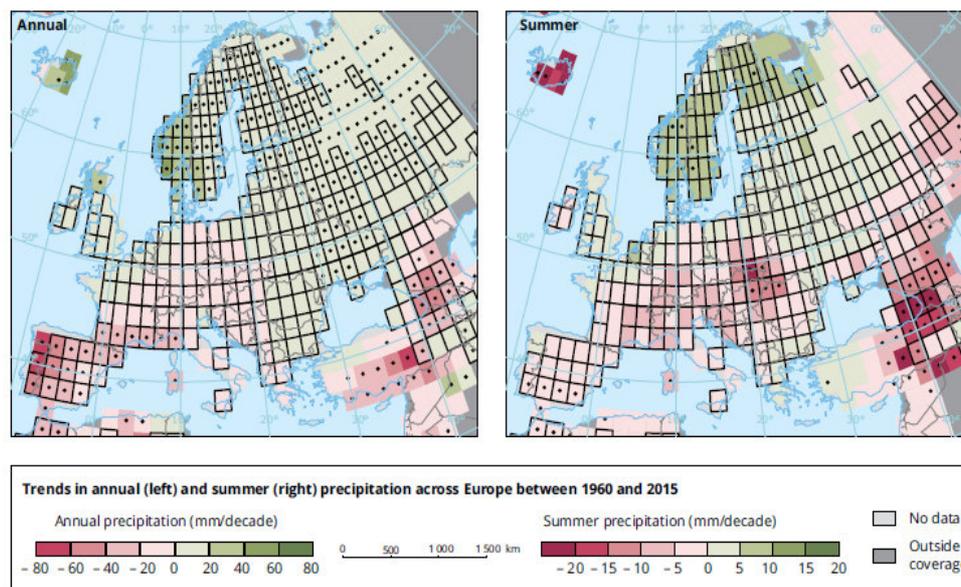
Fonte: EEA e UK Met Office

**L'andamento delle precipitazioni, annuali ed estive** tra il 1960 e il 2015 in Europa mostra una situazione meno omogenea, come evidenziato dalla Figura 2.13 seguente. Per quanto riguarda le precipitazioni annuali, gran parte dei Paesi scandinavi ha visto un incremento superiore ai 17 mm per decade, superando i 70 mm per decade nella Norvegia occidentale. Al contrario, il dato è sceso sensibilmente per alcune aree della Penisola Iberica, con cali fino a 80 mm per decade in Portogallo.

Le precipitazioni medie estive (giugno-agosto) sono diminuite in maniera significativa in gran parte del Sud Europa, anche fino a 20 mm per decade, mentre diverse aree del Nord Europa registrano incrementi fino a 18 mm per decade.

<sup>10</sup> Nella mappa, le aree contrassegnate da rettangoli sono quelle contenenti almeno tre stazioni di misurazione e, dunque, i relativi dati dovrebbero essere più rappresentativi di quelli delle altre aree. La significatività (qui considerata al 5%) nel lungo periodo è evidenziata da un punto (caso di praticamente tutte le aree della mappa).

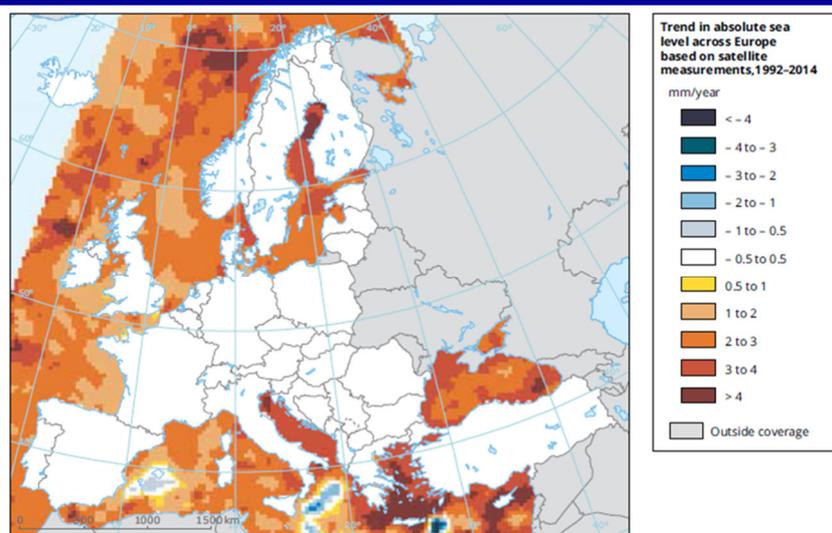
**Figura 2.13** Variazione precipitazioni medie, annuali e estive, 1960-2015, Europa<sup>11</sup>



Fonte: EEA e UK Met Office

**Il livello assoluto dei mari europei** tra il 1992 e il 2014 ha mostrato in generale un innalzamento, come evidenziato nella Figura 2.14. Il termine “livello assoluto” fa riferimento alla distanza della superficie dei mari dal centro della Terra, indipendentemente dal fatto che le coste adiacenti siano sprofondate o meno nel periodo considerato.

**Figura 2.14** Andamento del livello assoluto dei mari tra 1992 e 2014 in Europa<sup>12</sup>



Fonte: EEA e UK Met Office

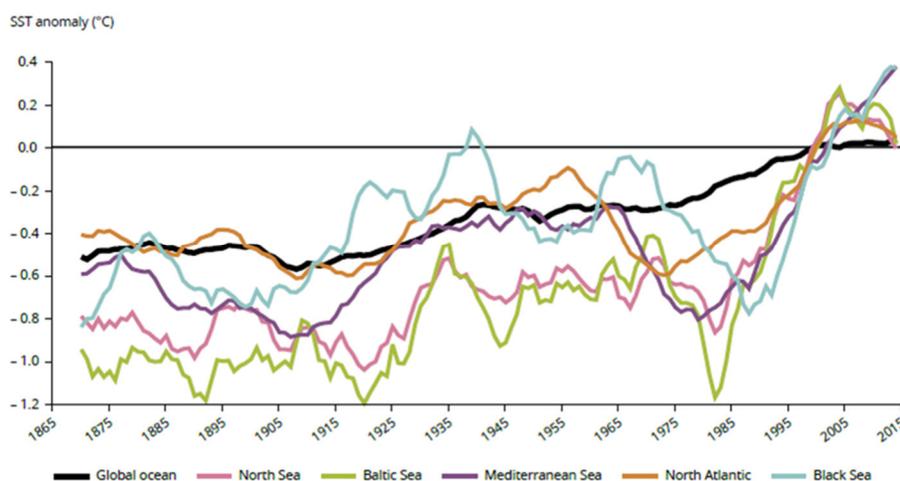
<sup>11</sup> Le aree contrassegnate da rettangoli contengono almeno tre stazioni di misurazione e, dunque, i relativi dati sono più rappresentativi di quelli delle altre aree. La significatività (qui al 5%) nel lungo periodo è evidenziata da un punto.

<sup>12</sup> La precisione dei dati mostrati è superiore nelle aree vicino alle coste rispetto alle altre. In alcune zone del Mar Mediterraneo, inoltre, i trend riportati sono influenzati dalla presenza di vortici.

Nel complesso, si evidenzia una tendenza verso l'innalzamento del livello dei mari, pur con alcune eccezioni in specifiche aree del Mar Mediterraneo. È importante considerare, tuttavia, che il Mar Mediterraneo è un bacino idrico semi-chiuso, piuttosto profondo che scambia acqua con l'Oceano Atlantico attraverso lo Stretto di Gibilterra. L'innalzamento del livello dell'Oceano tenderà quindi con buona probabilità sia a compensare i possibili cali idrici nel Mediterraneo che ad aumentarne il livello di salinità.

**L'evoluzione delle temperature medie superficiali di alcuni mari**, tra il 1865 e il 2015 è mostrata in Figura 2.15, che considera per ciascuno la cosiddetta *Sea Surface Temperature* (SST). La SST è un indicatore importante delle caratteristiche fisiche dei mari, che varia in modo naturale a seconda della latitudine: è più calda verso l'equatore e più fredda verso i poli. Man mano che i mari divengono più caldi, la SST cresce e il calore viene ridistribuito agli strati di acqua più profondi, con effetti sulla flora e la fauna marina. Nel complesso, tutti i mari europei hanno registrato un incremento delle temperature, con una tendenza che si è andata intensificando soprattutto a partire dalla fine degli anni Settanta.

**Figura 2.15 Andamento temperatura superficiale di alcuni mari, 1865-2015<sup>13</sup>**



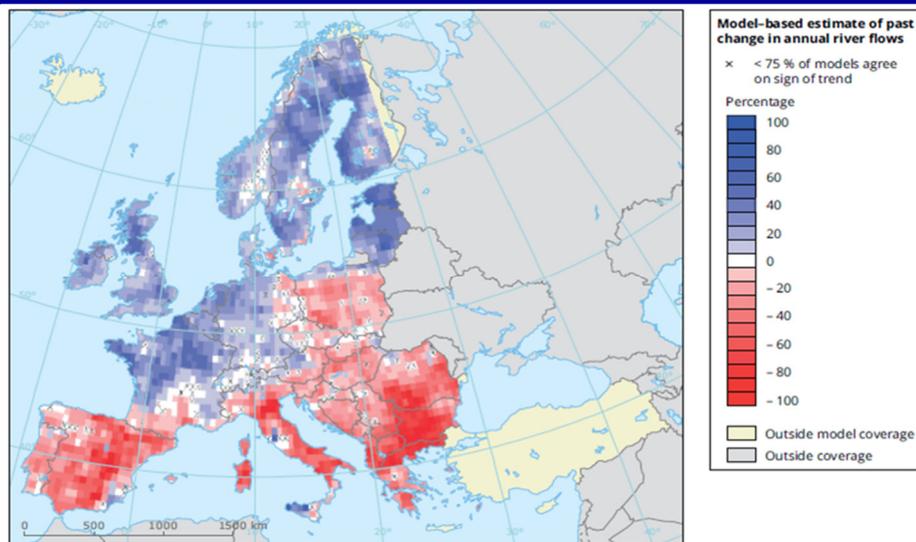
Fonte: CMEMS, HADISST1

**L'andamento delle portate dei corsi d'acqua europei** tra il 1963 e il 2000 (Figura 2.16) evidenzia nel complesso due macro-tendenze in corso: un sostanziale incremento delle portate nelle aree nord-occidentali del continente e un decremento in quelle sud-orientali. L'Italia, con poche eccezioni, evidenzia un calo nelle portate dei propri corsi d'acqua. Questo trend è proseguito anche negli ultimi anni. Nel 2017, infatti, le portate medie annue di tutti e quattro i maggiori bacini idrografici italiani (nell'ordine Po, Adige, Arno e Tevere) hanno registrato un calo rispetto alla media del trentennio di riferimento 1981-2010, con una riduzione media complessiva del 39,6%<sup>14</sup>.

<sup>13</sup> Il grafico è ricavato da varie serie storiche delle temperature marine superficiali (°C), spalmate su oltre 11 anni e riportate in termini di scostamenti rispetto alle temperature medie registrate tra 1993 e 2012 per ciascun mare considerato.

<sup>14</sup> Istat, *Giornata mondiale dell'acqua. Le statistiche dell'Istat*, Roma, 2018.

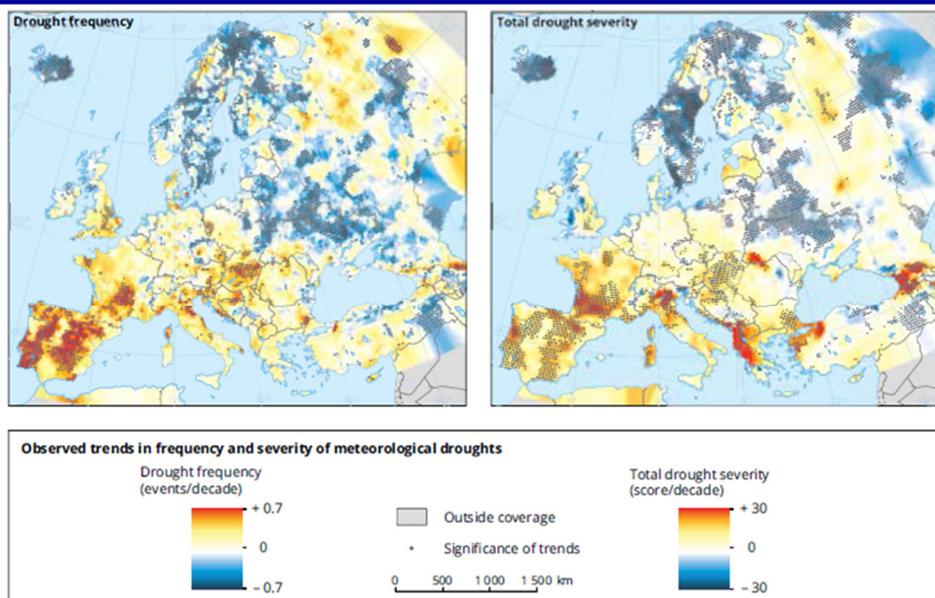
**Figura 2.16** Variazione della portata annuale dei fiumi europei tra 1963 e 2000



Fonte: European Commission

La frequenza e la gravità dei fenomeni di siccità in Europa tra il 1950 e il 2012 sono mostrate nella Figura 2.17, rispettivamente nella mappa a sinistra e in quella a destra. In generale, i periodi di siccità sono divenuti più frequenti in varie aree del Sud e del Centro Europa (tra cui Austria e Ungheria), mentre sono diventate meno ricorrenti in alcune regioni dell'Europa settentrionale e orientale. In termini di gravità, la zona mediterranea e alcune nel Centro e Sud-Est Europa vedono gli aumenti più elevati (Portogallo, Spagna, Francia, Italia e Albania,). Diverse regioni del Nord-Est hanno invece registrato fenomeni sempre meno intensi.

**Figura 2.17** Trend di frequenza e gravità dei fenomeni di siccità, 1950-2012<sup>15</sup>



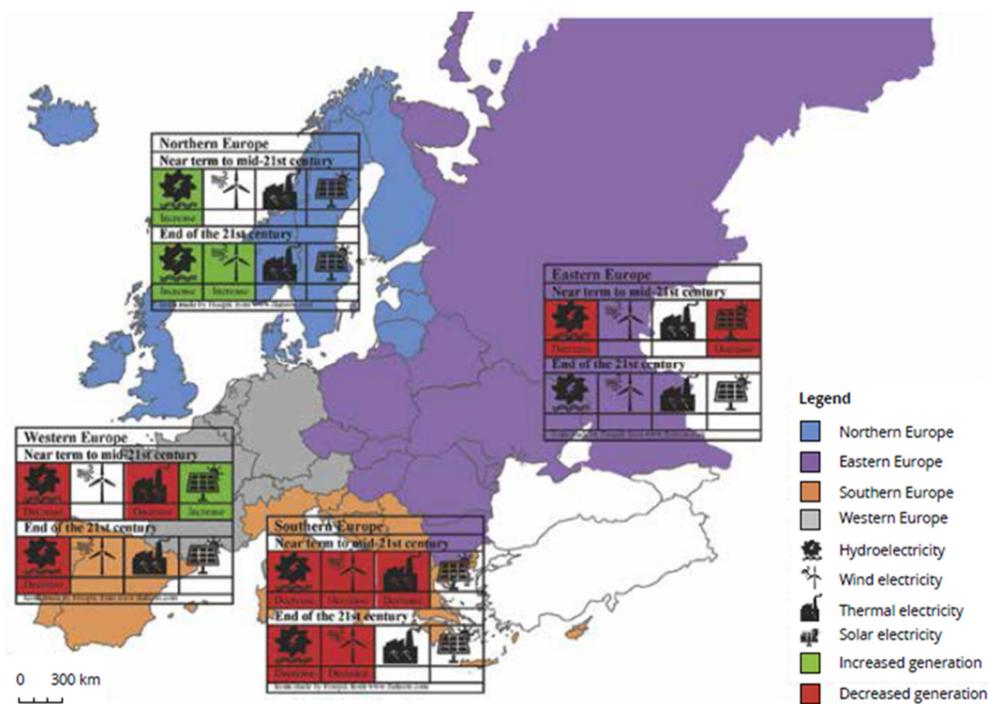
Fonte: European Commission

<sup>15</sup> La mappa relativa alla frequenza (a sinistra) considera il numero di eventi per decade, mentre quella inerente alla gravità (a destra) tiene conto del punteggio per decade. Nel dettaglio, tale punteggio è dato dalla somma di tre diversi indici (SPI, SPEI e RDI) cumulati su un periodo di 12 mesi.

### 2.1.4. L'impatto del cambiamento climatico sul settore energetico europeo

I mutamenti in atto sul piano climatico avranno effetti anche significativamente diversi a seconda delle specifiche aree geografiche e del loro *energy mix*. La cartina in Figura 2.18 mostra i principali impatti attesi sulla generazione da idroelettrico, eolico, termico e fotovoltaico, suddividendo l'Europa in quattro zone: Nord, Sud, Orientale e Occidentale.

**Figura 2.18 Impatti climate change attesi sul settore energetico in 4 aree europee**



Fonte: EEA

Le tendenze generali che si riscontrano nel settore energetico europeo sono, da un lato, possibili benefici nelle aree del Nord (soprattutto per la generazione da idroelettrico, ma anche quella da eolico) e, dall'altro, impatti per lo più negativi in tutte le altre (in particolare, per idroelettrico e termico). Nel dettaglio di ciascun comparto:

- la generazione da **idroelettrico** vede due situazioni distinte:
  - un potenziale incremento della generazione nelle aree del Nord, dovuto all'aumento delle precipitazioni e alla diminuzione di frequenza e gravità dei fenomeni di siccità;
  - un calo in tutte le altre zone, soprattutto in quelle mediterranee, sempre più colpite da forti periodi di siccità, nonché dalla riduzione delle precipitazioni, sia annuali che estive.
- Più limitati paiono invece essere gli effetti sull'**eolico**, seppur con un possibile calo della ventosità nel Sud Europa e un incremento nel Nord.
- Per il **fotovoltaico** sono attesi un miglioramento dell'irraggiamento nell'area occidentale dell'Europa e un peggioramento nell'area orientale.

- La produzione da **fonti fossili** e **nucleare** risentirà sempre di più sia della ridotta disponibilità idrica, che dell'aumento delle temperature dell'acqua (per il raffreddamento) e dell'aria (che riduce l'efficienza dei processi). Il nucleare è particolarmente suscettibile a tali fattori. Inoltre, sia gli impianti nucleari che quelli a carbone richiedono grandi quantitativi d'acqua per il raffreddamento e sono spesso situati in prossimità di bacini idrici sovrasfruttati. Francia per il nucleare e Bulgaria per le centrali a carbone sono, in questo caso, le nazioni europee che corrono i rischi più elevati. Ad esempio, nel caso della Francia, una stima economica degli impatti sul nucleare è stata fornita nell'ambito del progetto COACCH (*CO-designing the Assessment of Climate CHange costs*), finanziato dall'UE e avente lo scopo di sviluppare *best practice* e strategie per aiutare stakeholder e policy maker dei settori energetico, turistico e dei trasporti ad affrontare gli effetti del cambiamento climatico. I danni economici stimati vanno dalle decine alle diverse centinaia di miliardi di euro per decade fino al 2100. Non si esclude comunque la possibilità che eventuali misure di adattamento (per esempio il cambiamento dei sistemi di raffreddamento o modifiche al *fuel mix* nazionale) possano ridurre anche significativamente tale stima.

### 2.1.5. L'impatto del cambiamento climatico sul settore idrico europeo

L'Europa dispone nel complesso di risorse idriche piuttosto abbondanti. La loro distribuzione sul territorio, tuttavia, così come quella delle attività economiche e della popolazione, non è uniforme, mentre gli effetti del cambiamento climatico stanno portando ad una accentuazione dei fenomeni di stress idrico, temporaneo o permanente, in diverse aree.

Si assiste oggi, infatti, sia a gravi eventi di siccità in Grecia, Portogallo e Spagna che a fenomeni di scarsità d'acqua anche in aree della Germania e del Regno Unito, a causa dell'irrigazione intensiva impiegata in agricoltura o dell'espansione dei centri urbani.

Nell'arco di cinquant'anni, a fronte di una crescita costante dei prelievi idrici in tutta Europa, si stima che le risorse idriche rinnovabili pro-capite siano diminuite del 24% (fonte: EEA). Tale decremento è stato particolarmente accentuato nelle aree mediterranee, anche a causa del calo generale delle precipitazioni. Nonostante i miglioramenti nell'efficienza idrica, che dal 1990 hanno permesso di ridurre del 19% i prelievi, e il fatto che le politiche dell'EU stiano incoraggiando molti Stati a migliorare la gestione delle proprie risorse, molto deve ancora essere fatto per attuare azioni efficaci di tutela della risorsa.

I fenomeni in atto metteranno sempre più in difficoltà le infrastrutture di *water management* esistenti, tanto più che quelle europee sono tra le più vetuste del globo, con alcuni tratti dei loro 7 milioni di chilometri di tubature in funzione da oltre cent'anni. A titolo d'esempio, una simulazione condotta dall'OECD ha stimato che, nel caso di una grande alluvione a Parigi, circa il 30%-55% dei danni riguarderebbe direttamente le infrastrutture. Tra il 35% e l'85% delle perdite economiche sofferte dal business, inoltre, sarebbero causate dagli impatti dell'alluvione sulla fornitura di elettricità e suoi trasporti<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> OECD, *Climate-resilient infrastructure*, Parigi, 2018.

L'ammodernamento delle strutture dovrebbe anche cercare di renderle maggiormente resilienti, in modo da ridurre i possibili effetti diretti e indiretti di fenomeni climatici estremi. Un'infrastruttura *climate-resilient* è progettata, costruita e gestita in modo da anticipare, resistere e adattarsi alle mutate condizioni climatiche. A seconda dello specifico contesto (area geografica, condizioni climatiche, etc.), tali misure possono variare anche considerevolmente.

## Case study 2 – Il progetto Sponge City di Hong Kong

Tra le infrastrutture *climate-resilient* attualmente in fase di progettazione vi è la cosiddetta *Sponge City* di Hong Kong. La città è storicamente soggetta a cicloni tropicali e ha una piovosità media di 2.400 mm/anno, la più elevata nella regione Pacifico-Asiatica. Allo stesso tempo, i cambiamenti climatici stanno portando nell'area ad un innalzamento del livello dei mari e ad una intensificazione delle piogge e delle mareggiate. Il Drainage Services Department (DSD) della città, fondato nel 1989 proprio con l'obiettivo di attuare misure adeguate a far fronte alle frequenti inondazioni, ha sviluppato negli anni importanti ed efficienti strutture di drenaggio, che hanno permesso di ridurre i punti critici (*blackspots*) cittadini da 90 nel 1995 a 7 nel 2017.

**Figura C. Schema del concetto di Sponge City**



Fonte: Drainage Services Department di Hong Kong

Il progetto, ispirato alla capacità delle spugne di assorbire, immagazzinare e rilasciare acqua, punta alla creazione di un sistema basato su un drenaggio più efficiente e sul riutilizzo delle acque piovane (Figura C). A tale scopo, la DSD intende rivitalizzare i corpi idrici, costruire laghi per la ritenzione delle inondazioni e impiegare elementi di drenaggio sostenibile nello sviluppo urbano, tra cui: tetti verdi e pavimenti porosi integrati negli edifici per favorire l'infiltrazione e ridurre il deflusso superficiale, strutture per il tempo libero (per esempio parchi e laghi di ritenzione) per raccogliere le acque piovane e limitare così il flusso d'acqua durante le inondazioni.

Per poter affrontare adeguatamente le sfide poste in essere soprattutto dal cambiamento climatico e dalla crescente urbanizzazione, si ritiene che gli investimenti annuali per l'ammodernamento delle infrastrutture dovrebbero essere raddoppiati rispetto agli attuali 45 miliardi di euro all'anno<sup>17</sup>.

<sup>17</sup> EurEau, *Europe's water in figures. An overview of the European drinking water and waste water sectors*, Bruxelles, 2017.

È tuttavia in corso un acceso dibattito relativamente a chi dovrebbe finanziare tali investimenti. In base a quanto stabilito nell'art. 9 della Direttiva 2000/60/CE (*Water Framework Directive*, WFD o Direttiva Quadro sulle Acque, DQA), gli Stati membri dovrebbero coprire i costi attuando il principio «chi inquina paga», suddividendoli così tra agricoltura, industria ed utenze domestiche. Anche in questo caso, tuttavia, permangono alcune criticità. Oltre all'opposizione pubblica, anche le ripercussioni per i settori economici potrebbero essere rilevanti. Uno studio del 2017, ad esempio, ha stimato che se le aziende pagassero il costo pieno della scarsità e dell'inquinamento dell'acqua potrebbero vedere, a causa di allocazioni idriche inferiori, costi di raffreddamento più elevati e requisiti di scarico più gravosi, un calo del 44% del fatturato nel caso delle utility e uno del 116% per le aziende del settore *food&beverage*<sup>18</sup>.

## 2.2. La gestione dell'acqua e gli impatti sul territorio

Crescita demografica, urbanizzazione e cambiamenti climatici renderanno la gestione delle risorse idriche sempre più strategica in tutte le aree del mondo. In tale contesto, sarà fondamentale, non solo ammodernare e rendere più resilienti le infrastrutture, ma anche pianificare ad un livello più elevato di quanto avviene oggi.

In linea generale, infatti, la gestione delle risorse idriche ed energetiche, nonostante i forti legami, non segue piani sinergici tra i due comparti finalizzati a massimizzare i co-benefici ottenibili. Diversi fattori complicano la definizione di una simile strategia. Tra questi:

- **La diversa disponibilità di dati e statistiche.** I dati sull'energia sono più rappresentativi, nonché disponibili in misura maggiore rispetto a quelli inerenti l'acqua. Stime precise del *fuel mix* a livello nazionale esistono oggi per la maggior parte dei Paesi, permettendo ai soggetti interessati di prendere decisioni relativamente a tematiche economiche, ambientali e finanziarie. Alcune fonti d'energia (petrolio, gas e carbone), inoltre, dispongono di un mercato globale e, di conseguenza, per queste sono disponibili statistiche, nazionali e globali, sulla loro produzione e consumo.
- **L'acqua come bene comune.** L'acqua, a differenza dell'energia, è considerata un bene pubblico e, come tale, si ritiene che accesso e qualità debbano essere garantite a chiunque. La quasi totalità delle infrastrutture esistenti a livello globale è stata infatti fornita, ed è tuttora gestita, dal settore pubblico, mentre il prezzo dell'acqua quasi mai rispecchia gli effettivi oneri di sistema.
- **Il diverso peso delle forze di mercato e delle risorse coinvolte.** Nel complesso, il settore energetico dispone di un *business* più ampio e coinvolge un numero più elevato di risorse. Le forze di mercato tendono qui ad avere un ruolo ben più importante rispetto a quanto avvenga nell'idrico, dove la gestione delle risorse è stata storicamente più una questione pubblica. Il settore energetico, inoltre, ha in genere prodotto livelli di profittabilità degli investimenti superiori, mentre la sensibilità politica e sociale verso i due comparti è diversa.

---

<sup>18</sup> Bernick L. (Trucost), *Why companies and investors need to value water differently*, Londra, 2017.

Esistono comunque numerose opportunità per lo sviluppo congiunto di tecnologie ed infrastrutture per acqua ed energia, capaci di massimizzare i co-benefici e ridurre i trade-off negativi. Tra le possibilità più interessanti vi sono le seguenti.

- **Impianti combinati di generazione e desalinizzazione** (detti anche impianti ibridi di desalinizzazione), che producono sia energia che acqua potabile e sono una soluzione impiegata soprattutto nelle regioni più aride, come il Medio Oriente. Esempi di questa categoria sono il Fujairah plant negli Emirati Arabi Uniti e il Shoaiba plant in Arabia Saudita. Tra i possibili benefici degli impianti ibridi:

- il calore di scarto emesso sotto forma di vapore dall'impianto di generazione viene reimpiegato nel processo di desalinizzazione, riducendo il volume d'acqua necessaria per il raffreddamento nell'impianto;
- il sistema integrato è più efficiente di ciascuno dei due singoli;
- il costo della desalinizzazione, generalmente piuttosto elevato, viene ridotto.

I contro includono invece il fatto che il sistema integrato è più complesso dei due singoli, per lo più a causa della variabilità stagionale. In inverno, ad esempio, la domanda di elettricità nei Paesi con climi più caldi potrebbe calare, mentre la domanda d'acqua rimane sostanzialmente costante per tutto l'anno. La variabilità della domanda può essere gestita, ma quando la domanda di elettricità e quella di acqua non sono allineate il sistema opera al di sotto della massima efficienza.

- **Fonti idriche alternative per il raffreddamento degli impianti termici.** La qualità dell'acqua impiegata per il raffreddamento non deve essere necessariamente allo stesso livello di quella potabile e quindi può non dover subire gli stessi processi di trattamento. Possibili fonti alternative, dunque, possono essere sia l'acqua di mare, nel caso in cui l'impianto si trovi vicino alla costa, che le acque reflue. Queste ultime, nonostante siano una fonte disponibile ovunque, possono però contenere diverse sostanze dannose (saponi, detersivi, oli, materia organica, etc.), con conseguenti problematiche legate alla mancanza di strutture igieniche adeguate nei Paesi più poveri e al costo e/o complessità dei processi di trattamento necessari per eliminare gli inquinanti.
- **Recupero di energia da acque reflue.** La digestione anaerobica è una delle opzioni che potrebbero essere implementate in diversi impianti di trattamento allo scopo di: ridurre il volume delle acque reflue e quindi i costi di smaltimento, produrre biogas o fertilizzante ed eliminare i patogeni contenuti nelle acque.

Negli ultimi anni sono stati sviluppati sistemi basati sulla digestione anaerobica, che non richiedono aerazione, consentono un bilancio energetico dell'impianto neutro o persino positivo, permettendo così una riduzione delle emissioni di GHG. I processi anaerobici sono oggi diffusi principalmente per la stabilizzazione della biomassa prodotta in eccesso dagli impianti di depurazione e per quella della frazione organica dei rifiuti (FORSU), mentre sono ancora poco usati per i reflui su larga scala. In quest'ultimo caso, rimangono infatti da superare alcune problematiche, tra cui quelle legate alla gestione dell'azoto.

### 2.3. Le interazioni tra i settori d'uso: agricoltura, civile, energia, industria

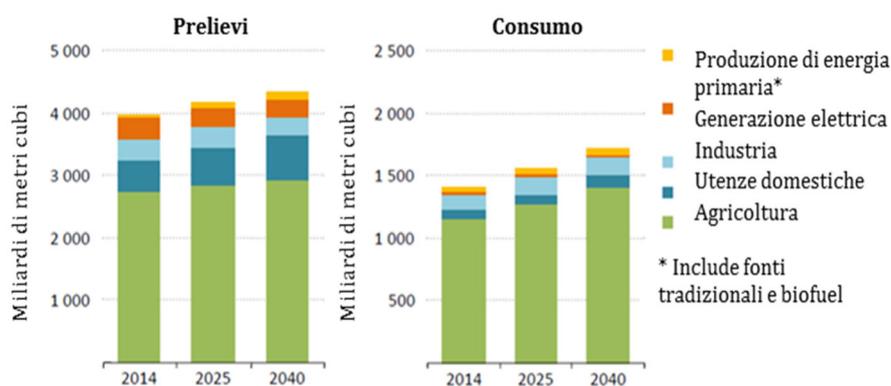
I prelievi idrici globali si devono oggi per il 70% all'agricoltura, il 20% all'industria e il 10% alle utenze domestiche, anche se i dati variano a seconda della nazione considerata. In linea generale, i Paesi più sviluppati vedono un peso importante dell'industria, mentre in quelli più arretrati domina l'agricoltura, che in alcuni può avere anche un'incidenza sui prelievi d'acqua superiore all'80% (fonte: IEA).

In Europa, l'agricoltura ha il peso maggiore, contando in media il 40% del consumo annuo, nonostante sia irrigato solo il 9% dei terreni coltivabili (fonte: EEA). Nel caso italiano, nel 2017 il 52% dei prelievi idrici è stato destinato all'agricoltura, il 25% all'industria (di cui il 12,5% è stato destinato alla generazione di energia) e il 23% agli usi civili (fonte: ISPRA).

La domanda globale di acqua e quella di energia sono destinate ad aumentare nei prossimi anni, sia per soddisfare le necessità di una popolazione mondiale in crescita, che per sostenere lo sviluppo delle economie emergenti (Cina ed India, *in primis*), con impatti significativi su risorse naturali limitate, ecosistemi e competizione tra impieghi diversi.

I prelievi idrici sono stimati crescere di quasi il 10% nei prossimi 25 anni rispetto al valore del 2014, mentre i consumi del 20% (fonte: IEA). Nel complesso, l'agricoltura continuerà ad essere il maggior utilizzatore a livello mondiale, mentre i prelievi e i consumi complessivi dell'industria e del settore energetico rimarranno piuttosto stabili, anche grazie ad una miglior efficienza attesa dei processi (Figura 2.19). Prelievi e consumi delle utenze domestiche, infine aumenteranno per lo più spinti dall'aumento demografico di Cina, India e Africa.

**Figura 2.19 Evoluzione prelievi e consumi idrici globali dal 2014 al 2025 e al 2040**



Fonte: IEA

In **agricoltura** l'acqua è principalmente impiegata per irrigare i campi o, in misura minore, nell'allevamento del bestiame. Il settore è oggi il maggior utilizzatore di acqua, ma spesso anche quello meno efficiente e tra i principali responsabili del sovrasfruttamento e dell'inquinamento della risorsa. Il cambiamento climatico sta impattando sul comparto in diverse regioni del mondo. I gravi fenomeni di siccità in Cile e California, ad esempio, colpiscono duramente la produzione agricola e riducono le riserve idriche superficiali e sotterranee. La più alta frequenza di eventi estremi, così come le crescenti urbanizzazione e industrializzazione, porteranno gli agricoltori a competere con altri settori per l'uso di acqua in diverse aree.

Allo stesso tempo, l'esistenza di incentivi per gli agricoltori permette molto spesso prelievi idrici non sostenibili, che possono anche causare l'esaurimento delle riserve idriche sotterranee nel lungo periodo. In India, ad esempio, un sussidio per l'energia stabilito dal Governo ha portato all'espansione dell'irrigazione in diverse aree. Nel bacino dell'Indo-Gange occidentale, una singola linea trasportava elettricità sia per l'irrigazione che per le utenze domestiche, così che l'utility responsabile non riusciva a riscuotere una tariffa separata presso gli agricoltori. Dopo diversi decenni di energia a basso costo, unitamente alla nascita di milioni di pozzi privati, alla diffusione di nuove tecnologie di pompaggio e pratiche inefficienti di irrigazione, il Paese è arrivato ad avere numerosi bacini idrici sotterranei sovrasfruttati e una utility elettrica statale in difficoltà finanziarie. Esperienze simili si sono avute anche nell'America Latina, nell'Oman e nello Yemen.

**L'industria**, che generalmente include anche il settore energetico, impiega acqua principalmente come input nei processi produttivi e di produzione dell'energia (per esempio l'idroelettrico), per il raffreddamento dei macchinari e per il lavaggio degli impianti.

Le aziende sono tutte dipendenti dalla disponibilità di acqua e, in caso di mancanza o scarsità idrica, possono trovarsi a dover scegliere se effettuare sostanziali investimenti oppure abbandonare determinati siti produttivi.

Nel primo caso, un esempio è quello di The Coca-Cola Company, che nel 2017 è stata costretta ad abbandonare il progetto di costruire un nuovo impianto di imbottigliamento a Tamil Nadu nel Sud dell'India, del valore di circa 81 milioni di USD, di fronte alla forte resistenza da parte degli agricoltori locali, preoccupati per il possibile impatto sulle risorse idriche della zona. Nella seconda categoria rientra invece l'esempio di General Motors, che nel 2015 in Brasile, di fronte ad una carenza idrica che ha spinto i costi dell'acqua oltre i 2 milioni di USD (facendo così lievitare anche quelli elettrici, arrivati vicini ai 6 milioni di USD a causa della ridotta disponibilità per la generazione da idroelettrico), ha deciso di aumentare i propri investimenti e le misure di conservazione dell'acqua e di efficientamento dei processi attuati dalla società nel Paese<sup>19</sup>.

Un altro esempio emblematico, seppur meno recente è quello dell'acqua Vittel prodotta da Nestlé Waters in Francia. Di fronte alla crescente contaminazione idrica dovuta all'impiego di pesticidi in agricoltura e ai conseguenti rischi per la produzione della propria acqua minerale, la società propose agli agricoltori francesi di sostituire il loro sistema intensivo con uno estensivo, senza prodotti chimici. A questo proposito, Nestlé sviluppò una serie di incentivi per incoraggiarli a modificare le loro pratiche agricole, nella forma di un programma di tipo *Payment for Environmental Services* (PES). Il progetto venne avviato nel 1989 e riguardava i 37 agricoltori situati nei 6.000 ettari del territorio interessato dalla produzione di Vittel. Nel 1992 Nestlé ha creato un intermediario per negoziare ed implementare il programma, Agrivair. Il passaggio dalla fase di sperimentazione a quelle di negoziazione e attuazione ha richiesto a Nestlé oltre un decennio, dal 1992 al 2004. Al 2004, tuttavia, il 92% del bacino interessato era protetto e tutti gli agricoltori attivi avevano adottato il suo sistema. Il numero degli agricoltori, tra 1988 e 2006, scese dagli iniziali 37 a 26, mentre la dimensione delle fattorie salì fino a circa 150 ettari

---

<sup>19</sup> WBCSD, *CEO guide to water. Building resilient business*, 2018.

ciascuna. La produzione estensiva aveva infatti richiesto più terreno rispetto a quella intensiva e molti degli agricoltori più piccoli avevano venduto ad Agrivair. A seguito del successo ottenuto, Agrivair si estese ai vicini acquiferi Contrex e Hépar, per i quali, la maggior parte dei terreni contigui era ad uso boschivo. In questo caso, per mantenere il livello di qualità delle acque sotterranee della zona, Agrivair ha dovuto affrontare i problemi legati alla crescente urbanizzazione ed espandersi al di fuori del solo settore agricolo. Tra le iniziative portate avanti in tale frangente rientrano: la collaborazione con la municipalità di Vittel per la raccolta e il riciclo dei rifiuti pericolosi, urbani ed industriali; la promozione della sostituzione del riscaldamento a petrolio con quello a gas e la stesura di standard per la costruzione. Uno studio dell'*Institut National de la Recherche Agronomique* (INRA), pubblicato nel 1997, ha stimato che Nestlé Waters investì nel progetto oltre 24,25 milioni di euro solo durante i primi 7 anni<sup>20</sup>.

Non mancano comunque anche casi nel settore energetico, tra cui quello che coinvolge Engie e BP in Australia. Di fronte all'aumento demografico, al calo della disponibilità d'acqua nella costa occidentale e al conseguente aumento dei prezzi idrici, le due aziende hanno implementato programmi volti a ridurre i consumi idrici, coinvolgendo aziende di diverso tipo e le autorità locali. Dalla collaborazione tra questi attori è nato il *Kwinana Water Reclamation Project* (KWRP), avviato nel 2004. L'impianto di cogenerazione di Kwinana di Engie, situato a 40 km a Sud di Perth, produce ogni giorno circa 124 MW di elettricità e 2.300 tonnellate di vapore<sup>21</sup>, che fornisce direttamente alla raffineria di BP Australia e all'utility statale SYNERGY. Gli scarichi d'acqua dell'impianto vengono poi trattati dal Kwinana Water Recycling Plant, di proprietà dell'utility idrica locale, e sono destinati a rifornire diversi utenti industriali, tra i quali lo stesso impianto di cogenerazione di Engie (con un peso dell'80% nel 2017). Ciò ha permesso, di alleviare il peso sulle già limitate risorse idriche locali, che hanno così potuto essere destinate principalmente alle utenze domestiche.

Gli **usi civili** comprendono quelli relativi all'alimentazione e all'igiene umana, nonché ai vari impieghi in ambito domestico e pubblico. In questo caso, ben più che negli altri due settori visti, la qualità riveste un ruolo fondamentale. In alcune aree del globo, esistono già oggi comunità che dispongono di sufficienti risorse idriche, ma non utilizzabili perché inquinate. Gli impatti del cambiamento climatico sulla disponibilità e quantità di acqua potabile, inoltre, possono costringere a migrazioni o far scoppiare conflitti. In questo quadro, il riuso e la desalinizzazione tenderanno ad assumere un ruolo di importanza crescente.

Tra le nazioni europee più all'avanguardia nel trattamento e riuso delle acque reflue vi sono oggi Belgio e Regno Unito, due Paesi che dispongono di risorse idriche piuttosto abbondanti ma localizzate in modo disomogeneo sul territorio e sovrautilizzate. Proprio in Belgio è stato avviato nel 2003 il primo grande impianto per il trattamento dei reflui e il riuso civile, l'impianto di Torreele/St. André, che rifornisce di acqua potabile un bacino di circa 60.000 abitanti<sup>22</sup>.

---

<sup>20</sup> FAO, *The Vittel case: a public-private partnership in the mineral water industry*, Roma, 2013.

<sup>21</sup> World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), *Recycling wastewater to lower demand on potable water sources - Kwinana power plant*, Ginevra, 2017.

<sup>22</sup> Ryan S. (Amec Foster Wheeler) for World Water: *water reuse & desalination, Regional Trends. Europe moves forward on water reuse*, 2016.

Le tendenze in atto a livello globale spingeranno sempre di più nella direzione di approcci e soluzioni trasversali ai diversi settori d'impiego dell'acqua, in modo tale da massimizzare i benefici e ripartire i costi tra un numero maggiore di soggetti.

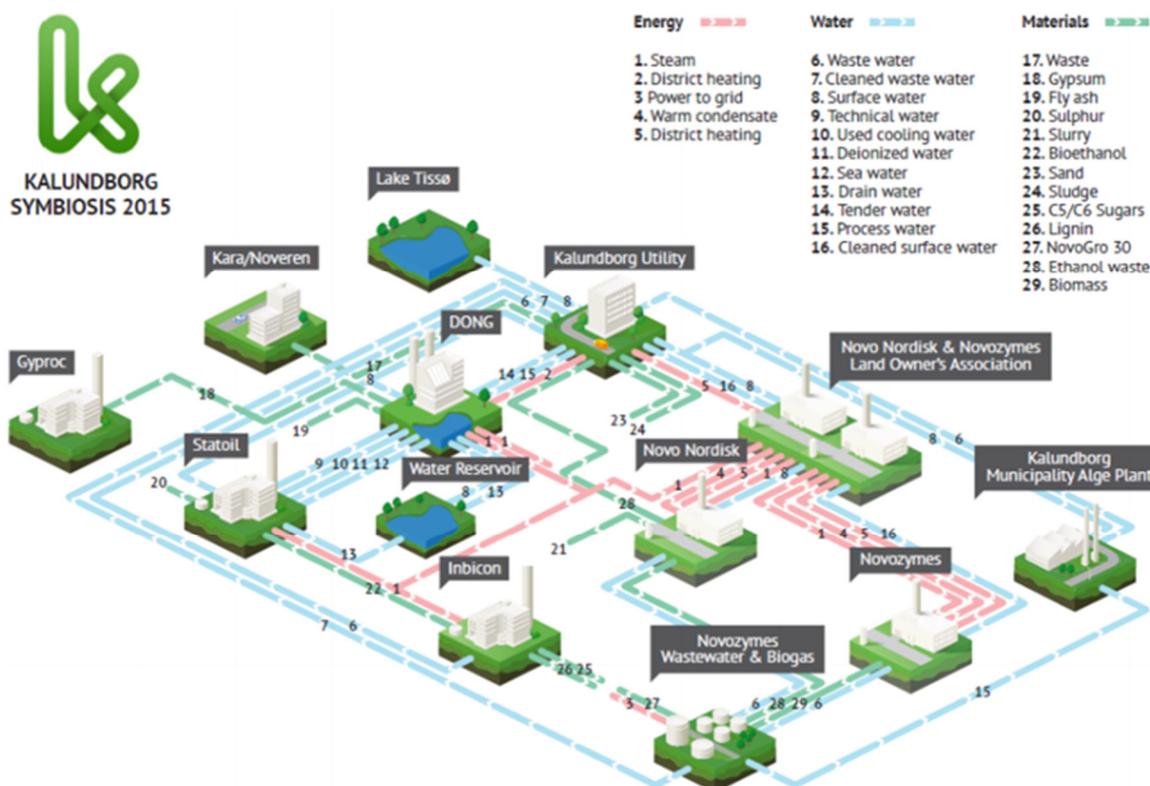
Le utility e gli altri stakeholder a vario titolo coinvolti si troveranno dunque ad affrontare situazioni sempre più complesse, sia sul piano industriale che normativo, ma avranno la possibilità di valutare e cogliere molte più opportunità derivanti dalle possibili sinergie tra i vari comparti.

### Case study 3 – Il progetto Kalundborg Symbiosis in Danimarca

Il progetto danese Kalundborg Symbiosis (KS) è un esempio di “simbiosi industriale”, ossia di un ecosistema in cui il prodotto di scarto di un'impresa è impiegato come input da un'altra, in un ciclo chiuso. KS è un'associazione privata fondata su un accordo commerciale tra<sup>23</sup>:

- la municipalità di Kalundborg,
- Kalundborg Forsyning, la società di servizi della municipalità,
- Avista Oil AG, attiva per lo più nella raffinazione degli oli usati,
- Biopro, operante nel settore delle biotecnologie,
- Ørsted (ex DONG Energy), è una delle maggiori utility energetiche del Nord Europa,
- Novozymes, società danese di biotecnologie,
- Equinor (ex Statoil), è una utility oil&gas,
- Argo, azienda del waste management di proprietà pubblica,
- Gyproc Saint-Gobain, che produce materiali e beni per l'edilizia,
- Novo Nordisk, multinazionale danese del settore farmaceutico.

Figura D. Schema degli scambi di energia, acqua e materiali tra i vari attori



Fonte: Symbiosis Center Denmark

<sup>23</sup> Per ulteriori informazioni è possibile consultare il sito ufficiale del progetto: <http://www.symbiosis.dk>.

*L'area interessata dal progetto è quella della cittadina danese di Kalundborg, avente una popolazione di poco più di 16.300 abitanti e situata a circa 110 km ad ovest di Copenhagen, in prossimità della quale sono localizzati i siti degli attori coinvolti.*

*La simbiosi industriale è stata portata avanti in oltre 40 anni di cooperazione tra i diversi soggetti attraverso un totale di 49 progetti al 2015, dei quali: 22 relativi al riciclo dell'acqua, 13 allo scambio energetico e 14 al riciclo dei materiali. In Figura D è riportata una schematizzazione delle interazioni e dei materiali scambiati all'interno del sistema.*

*Nel complesso, si stima che il progetto, oltre a benefici economici stimati in circa 80 milioni di euro all'anno, abbia permesso il risparmio di:*

- *2 milioni di m<sup>3</sup>/anno di acqua da fonti sotterranee,*
- *1 milione di m<sup>3</sup>/anno di acqua da fonti superficiali,*
- *200.000 tonnellate/anno di gesso naturale,*
- *20.000 tonnellate/anno di petrolio,*
- *275.000 tonnellate/anno di emissioni di CO<sub>2</sub>.<sup>24</sup>*

*Il progetto KS è considerato come il primo, e ad ora unico al mondo (anche a causa della sua complessità), ad aver mostrato come la ripartizione dei costi tra diverse imprese possa massimizzare il rendimento degli investimenti.*

<sup>24</sup> Rombi S., *Industrial symbiosis in Kalundborg: turning waste into a resource*, 2015. Dati Symbiosis Center Denmark.

### 3. La situazione italiana

#### 3.1. L'evoluzione delle risorse idriche ed energetiche

##### 3.1.1. Le risorse idriche

Il patrimonio di risorse idriche italiano è fra i più importanti d'Europa ed è composto da: 7.493 corpi idrici fluviali, di cui 1.242 corsi d'acqua (11 di lunghezza oltre i 200 km, 58 oltre i 100 km, 135 che sfociano in mare con bacino idrografico superiore ai 200 km<sup>2</sup>), 347 corpi idrici lacustri, di cui 14 laghi naturali con superficie maggiore di 10 km<sup>2</sup>, 183 laghi artificiali, 4.000 piccoli specchi d'acqua alpini, 172 corpi idrici in acque di transizione, 1.053 corpi idrici sotterranei, un centinaio di foci fluviali, 534 grandi dighe (aventi un'altezza superiore ai 15 m con un volume di invasi maggiore di 1 milione di m<sup>3</sup>) e altre 30 fuori esercizio, 28 in invaso limitato, 84 in collaudo, 11 in costruzione e piccole dighe regionali (Figura 2.20).

**Figura 2.20 Numero ed estensione corpi idrici per tipologia, Italia, 2017**

Corpi idrici in Italia	Numero	Estensione (km)
Fluviali	7.493	79.453,40
Lacustri	347	1.683,92
Acque in transizione	172	1.273,55

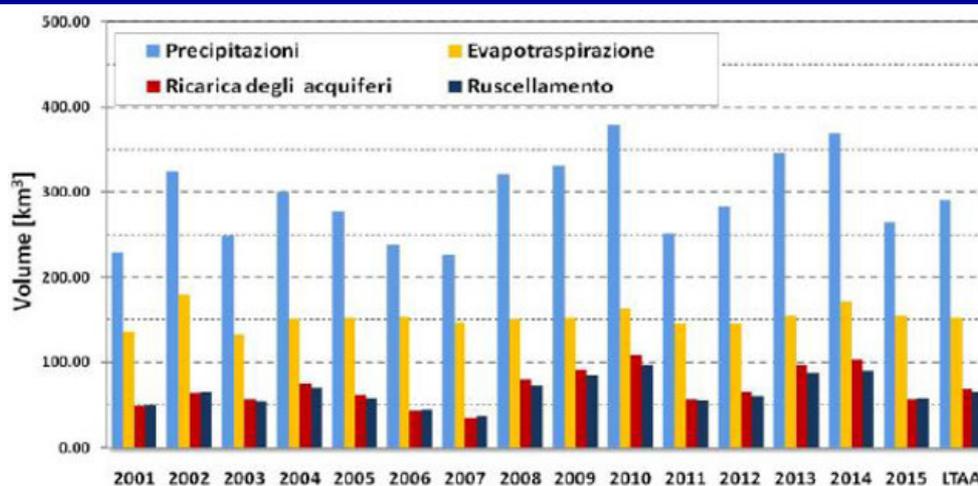
Fonte: ISPRA

A livello nazionale esistono però importanti differenze: circa il 59,1% delle risorse superficiali utilizzabili si trova nell'Italia settentrionale, il 18,1% nel Centro, il 18,2% nel Meridione e il 4,5% nelle Isole. Le aree del Sud, inoltre, hanno una generale concentrazione delle precipitazioni in alcuni periodi dell'anno e una situazione particolare sul piano idrogeologico. In particolare, Abruzzo, Basilicata, Campania, Molise e Puglia usano la stessa grande matrice acquifera richiedendo trasferimenti attraverso lunghe condutture e stoccaggi in serbatoi artificiali. Quadro che i cambiamenti climatici potrebbero rendere più critico.

Il bilancio idrologico nazionale, annuale e mensile (Figura 2.21 e Figura 2.22, rispettivamente), evidenzia per l'Italia valori medi annuali rilevanti e, allo stesso tempo, l'esistenza di una forte variabilità intrannuale degli afflussi. Il valore annuale delle precipitazioni, ad esempio, è stato di circa 875 mm nel 2015 e, seppur diverso dalla media di 962 mm complessivamente registrata nel periodo tra 2011 e 2015, sembrerebbe rientrare nella normale variabilità del fenomeno.

Le precipitazioni di alcuni mesi dell'anno, tuttavia, vedono significative riduzioni: nel dicembre 2015 si ha un valore di 7 mm su una media mensile di 97 mm registrata tra 1996 e 2015. Ne consegue che, nonostante l'Italia disponga di buone risorse idriche, la variabilità infrannuale rende tale abbondanza difficile da gestire.<sup>25</sup>

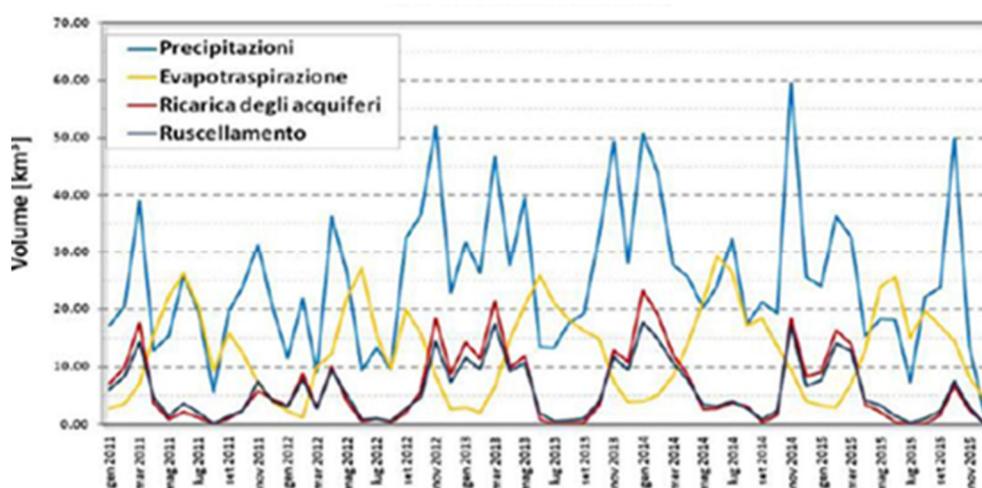
<sup>25</sup> Comitato per il Capitale Naturale, *Secondo rapporto sullo stato del capitale naturale in Italia*, 2018.

**Figura 2.21 Bilancio idrologico annuale, Italia, 2001-2015<sup>26</sup>**


Fonte: ISPRA

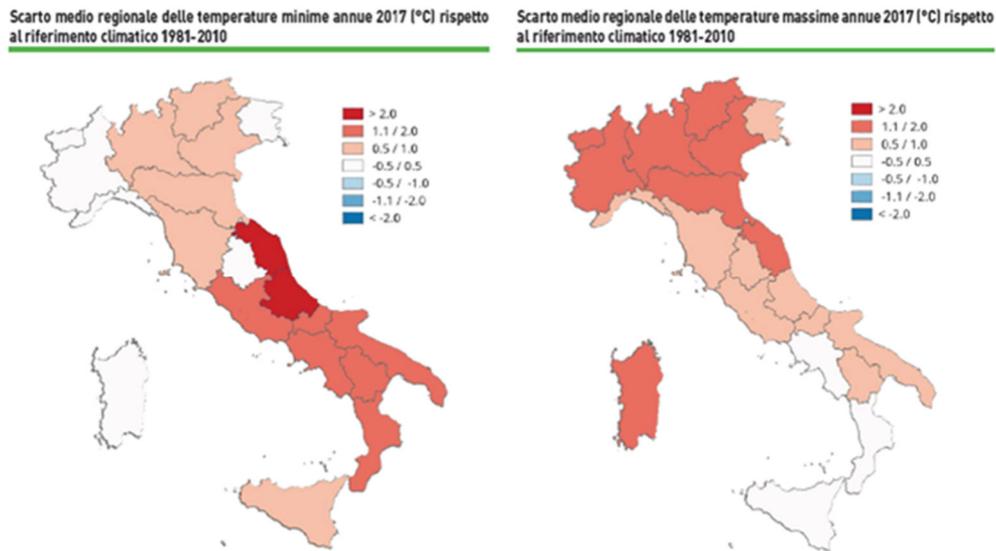
Non mancano poi gli effetti dei cambiamenti climatici in atto e crescenti rapidamente negli ultimi anni. Il 2017, in particolare, ha visto sia temperature, minime e massime, superiori di circa 1°C rispetto alla media del periodo tra 1981 e 2010 (Figura 2.23), sia precipitazioni inferiori alla media 1981-2010, con uno scarto annuo di oltre il 18% (Figura 2.24).

La siccità di cui ha sofferto buona parte della Penisola è stata dunque frutto di un'estate particolarmente calda e secca, seguita da un inverno e una primavera avari di precipitazioni.

**Figura 2.22 Bilancio idrologico mensile, Italia, 2011-2015**


Fonte: ISPRA

<sup>26</sup> L'intervallo ventennale su cui è stata effettuata la media costituisce il periodo minimo affinché tale media possa essere considerata di lungo periodo secondo la definizione di Eurostat (*Long Term Annual Average, LTAA*).

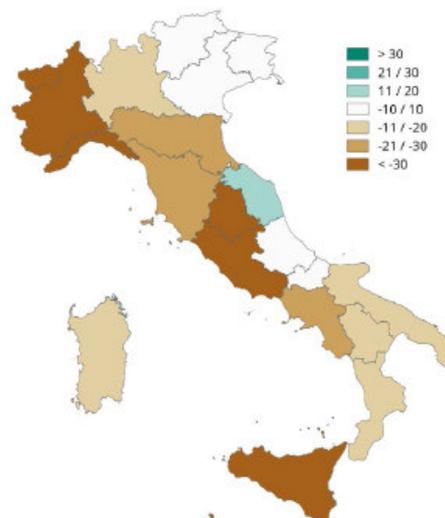
**Figura 2.23 Scarto medio regionale temperature minime e massime, Italia, 2017**


Fonte: CREA

Il deficit pluviometrico si è fatto sentire soprattutto al Centro-Sud e sulla Valpadana, meno sulle zone alpine, prealpine e localmente pedemontane. Particolarmente significativo, come accennato in precedenza, è il fatto che le portate medie annue dei quattro principali bacini idrografici italiani abbiano segnato una riduzione media complessiva del 39,6% rispetto alla loro media nel trentennio 1981-2010 (fonte: Istat).

**Figura 2.24 Scarto medio regionale precipitazioni annue, Italia, 2017**

Scarto medio regionale delle precipitazioni annue 2017 (%) rispetto al riferimento climatico 1981-2010



Fonte: CREA

### 3.1.2. Le risorse energetiche

Il territorio italiano è tipicamente povero di materie prime energetiche e, conseguentemente, deve ricorrere a consistenti importazioni. Basti pensare che, tra 2016 e 2017, circa il 76% del fabbisogno complessivo di energia è stato coperto dall'import, rendendo così particolarmente elevato il livello di dipendenza energetica del Paese dall'estero<sup>27</sup>.

Nel complesso, il mix di fonti energetiche impiegato nel 2017 per soddisfare la domanda nazionale (Figura 2.25) ha visto rispetto al 2016:

- una diminuzione della domanda di combustibili solidi, passata dal 7% al 6,1%;
- un lieve calo della domanda di petrolio, scesa dal 34,4% al 33,6%;
- un'import di energia elettrica rimasto stabile al 4,9%;
- un leggero aumento del consumo di fonti rinnovabili, dal 19,1% al 19,2%;
- un aumento della domanda di gas, salita dal 34,6% al 36,2%.

**Figura 2.25 Bilancio energetico nazionale (Mtep), Italia, 2016 e 2017**

	2016	2017						Var. % 2017-2016
	Totale	Solidi	Gas	Petrolio	Rinnovabili	Energia elettrica	Totale	
Produzione	39,15	0,25	4,54	4,14	31,60	-	40,53	3,5%
Importazione	157,93	10,29	57,04	85,96	1,33	9,44	164,06	3,9%
Esportazione	30,99	0,24	0,22	32,12	0,22	1,13	33,94	9,5%
Variazioni scorte	-1,55	-0,13	-0,19	0,79	0,00	-	0,46	-
<b>Consumo interno lordo</b>	<b>167,63</b>	<b>10,42</b>	<b>61,55</b>	<b>57,19</b>	<b>32,72</b>	<b>8,31</b>	<b>170,19</b>	<b>1,5%</b>

Fonte: Ministero dello Sviluppo Economico

Nel 2017 la potenza efficiente netta di generazione elettrica è stata di circa 114.241 MW, segnando un incremento dello 0,1% rispetto all'anno precedente. Mentre la potenza termoelettrica ha visto una contrazione dell'1,3% (con un calo di 800 MW) rispetto al 2016, l'eolico ha segnato un incremento del 3,8% (+353 MW), il fotovoltaico uno del 2,1% (+399 MW) e l'idroelettrico dello 0,6% (+128 MW).<sup>28</sup>

Le Fonti Energetiche Rinnovabili (FER) rivestono oggi un'importanza primaria nel sistema nazionale. Diversi meccanismi statali di incentivazione ne hanno promosso una rapida crescita soprattutto a partire dalla seconda metà degli anni Duemila. Da circa 3-4 anni si è entrati in una fase più matura, caratterizzata dalla graduale diffusione di tecnologie e impianti aventi sempre minori costi di produzione. Le FER forniscono energia principalmente per il settore elettrico e, a seguire, per quello termico e dei trasporti (Figura 2.26).

Nello specifico caso del comparto elettrico, il 2017 ha visto una contrazione della produzione, dovuta per lo più agli effetti dei mutamenti climatici. La ridotta piovosità e le elevate

<sup>27</sup> Ministero dello Sviluppo Economico, *La situazione energetica nazionale nel 2017*, Roma, 2018.

<sup>28</sup> Terna, Sistan, *Dati statistici sull'energia elettrica in Italia. 2017*, Roma 2018.

temperature hanno infatti impattato negativamente sulla generazione da idroelettrico, che ha segnato un calo del 15% rispetto all'anno precedente (fonte: Terna).

**Figura 2.26 Produzione energetica da rinnovabili, Italia, 2013-2017**

Produzione da FER per fonte nel settore elettrico (TWh)					
	2013	2014	2015	2016	2017*
Idraulica	52,8	58,5	45,5	42,4	36,1
Eolica	14,9	15,2	14,8	17,7	17,7
Solare	21,6	22,3	22,9	22,1	24,4
Geotermica	5,7	5,9	6,2	6,3	6,2
Bioenergie	17,1	18,7	19,4	19,5	19,3
<b>Totale</b>	<b>112,1</b>	<b>120,6</b>	<b>108,8</b>	<b>108</b>	<b>103,7</b>
Produzione da FER per fonte nel settore termico (Mtep)					
	2013	2014	2015	2016	2017*
Solare	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Geotermica	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Bioenergie	7,8	7	7,8	7,6	8
Pompe di calore	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6
<b>Totale</b>	<b>10,6</b>	<b>9,9</b>	<b>10,7</b>	<b>10,5</b>	<b>10,9</b>
Produzione da FER per fonte nel settore dei trasporti (Mtep)					
	2013	2014	2015	2016	2017*
Biodiesel	1,18	1,06	1,14	1,01	1,03
Bioetanolo e bio-ETBE	0,07	0,01	0,02	0,03	0,03
<b>Totale</b>	<b>1,25</b>	<b>1,07</b>	<b>1,16</b>	<b>1,04</b>	<b>1,06</b>

\* Dati preliminari.

Fonte: Terna, GSE

Il potenziale delle FER, in particolare di eolico e fotovoltaico, è ancora significativo e l'Italia, alla luce del Piano Integrato Clima Energia (PNIEC) recentemente proposto, può superare il 55% di rinnovabili elettriche al 2030. In particolare, l'installato di eolico on shore potrebbe quasi raddoppiare rispetto all'attuale tra rinnovamento degli impianti esistenti e nuove realizzazioni. Il fotovoltaico potrebbe passare dagli attuali 20 GW circa di potenza fino a 50-60 GW secondo i diversi scenari e i possibili sviluppi tecnologici. Più limitati i potenziali di ulteriore crescita di biomasse e idroelettrico, quest'ultimo legato soprattutto agli impianti di piccola taglia.

Sebbene, la trasformazione del sistema elettrico italiano degli ultimi anni abbia già cambiato profondamente la struttura industriale del settore e il *fuel mix*, i target climatici di medio termine accelereranno questo cambiamento, portando a una crescente decarbonizzazione della produzione energetica. Questo avrà effetti rilevanti anche sul rapporto con la gestione delle risorse idriche. Da un lato, lo sviluppo di eolico e fotovoltaico ridurrà i prelievi idrici dovuti al termoelettrico. Dall'altro, la necessità di sviluppare accumuli diffusi per lo stoccaggio energetico potrebbe essere sinergico (o confliggente, secondo le zone e gli andamenti delle precipitazioni) con lo sviluppo di serbatoi per contrastare il cambiamento climatico. Questi aspetti saranno approfonditi nelle parti successive del lavoro.

## 3.2. I comparti d'impiego e la struttura dei diversi settori

### 3.2.1. I settori d'impiego dell'acqua

L'**agricoltura**, come visto nel Paragrafo 2.3, è il principale settore di utilizzo idrico e nel 2017, in Italia, ha inciso per il 52% dei prelievi nazionali. In linea generale, il valore della produzione agricola italiana è il terzo più elevato tra i Paesi UE dopo Francia e Germania. Le stime preliminari per il 2018 vedono un valore totale di 56,74 miliardi di euro (+4% circa rispetto al 2017), con il contributo maggiore derivante dalla produzione vegetale<sup>29</sup> (Figura 2.27).

**Figura 2.27 Scomposizione valore della produzione agricola, Italia, 2018<sup>30</sup>**

AGGREGATI	ANNO 2018	VARIAZIONE % DI VOLUME 2018/2017	VARIAZIONE % DI PREZZO 2018/2017	VARIAZIONE % DI VALORE 2018/2017
1 CEREALI	3.753,9	+3,5	+3,6	+7,3
2 PIANTE INDUSTRIALI	834,7	+7,0	-6,1	+0,5
3 PIANTE FORAGGERE	1.774,7	+5,0	+18,8	+24,7
4 ORTAGGI E PRODOTTI ORTICOLI	8.911,6	+2,1	-4,8	-2,8
5 PATATE	619,2	-2,6	-1,4	-4,0
6 FRUTTA	4.618,2	+1,4	+4,2	+5,6
7 VINI	9.366,2	+14,3	+14,3	+30,6
8 OLI D'OLIVA	1.071,1	-36,9	-9,1	-42,6
9 ALTRI PRODOTTI VEGETALI	397,5	+4,0	+2,1	+6,2
<b>10 PRODUZIONE VEGETALE (01 - 09)</b>	<b>31.347,2</b>	<b>+2,9</b>	<b>+3,8</b>	<b>6,8</b>
11 BESTIAME	9.461,9	-1,9	-3,8	-5,6
12 PRODOTTI ZOOTECNICI	6.291,2	+1,8	+0,2	2,0
<b>13 PRODUZIONE ZOOTECNICA (11+12)</b>	<b>15.753,1</b>	<b>-0,5</b>	<b>-2,2</b>	<b>-2,7</b>
14 PRODUZIONE AGRICOLA DI BENI (10+13)	47.100,3	+1,7	+1,7	+3,4
15 PRODUZIONE AGRICOLA DI SERVIZI	5.009,8	+0,4	+0,0	+0,4
<b>16 PRODUZIONE AGRICOLA (14+15)</b>	<b>52.110,1</b>	<b>+1,6</b>	<b>+1,6</b>	<b>+3,1</b>
17 ATTIVITÀ SECONDARIE NON AGRICOLE (NON SEPARABILI)	4.630,4	+1,3	+0,1	+1,3
<b>18 PRODUZIONE DELLA BRANCA DI ATTIVITÀ AGRICOLA (16+17)</b>	<b>56.740,5</b>	<b>+1,5</b>	<b>+1,4</b>	<b>+3,0</b>

Fonte: Istat

L'agricoltura nazionale è piuttosto ricca sia sul piano delle colture possibili che su quello della quantità e qualità delle produzioni tipiche. Si pensi che al 2017 si contavano 168 prodotti a Denominazione di Origine Protetta (DOP), 125 a Indicazione Geografica Protetta (IGP), 2 a Specialità Tradizionale Garantita (STG) e 523 denominazioni dei vini<sup>31</sup>.

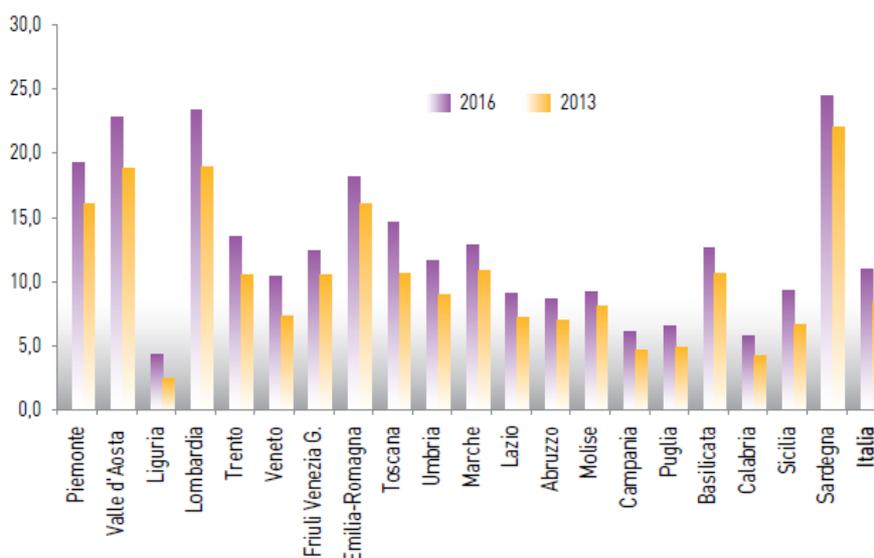
Nel settore agricolo è in atto da diversi anni un processo di concentrazione delle aziende e nel 2016 si è registrato un calo del loro numero del 22% rispetto al 2013 e del 29% rispetto al 2010. Allo stesso tempo, la superficie agricola utilizzata e quella complessiva hanno evidenziato sostanziale stabilità rispetto al 2013, con variazioni rispettivamente del +1,4% e del -0,9% (fonte: Istat). Tutte le Regioni sono state interessate, da un lato, da una riduzione del numero di imprese agricole e, dall'altro, da un incremento delle loro dimensioni (Figura 2.28). A livello nazionale, la SAU<sup>32</sup> media aziendale è infatti passata da 8,4 ettari nel 2013 ad 11 ettari nel 2016, con un aumento del 31%.

<sup>29</sup> Istat, *Stima preliminare dei conti economici dell'agricoltura. Anno 2018*, Roma, 2019.

<sup>30</sup> Le attività secondarie comprendono l'agriturismo e la produzione da energie rinnovabili.

<sup>31</sup> Istat, *L'andamento dell'economia agricola. Anno 2017*, Roma, 2018.

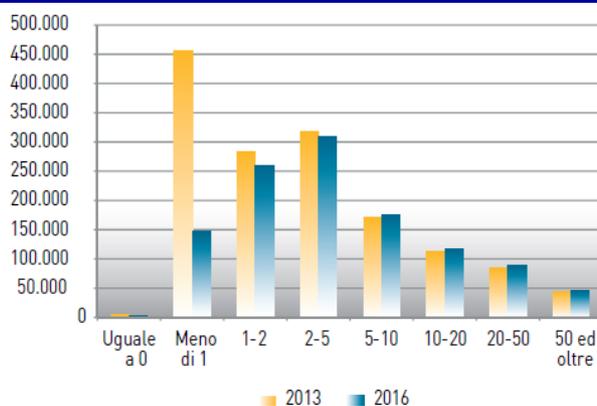
<sup>32</sup> Superficie Agricola Utilizzata, è l'insieme dei terreni dedicati a seminativi, prati, prati permanenti e pascoli, coltivazioni legnose agrarie e terreni mantenuti in Buone Condizioni Agronomiche e Ambientali ai sensi dell'articolo 5 del Regolamento (CE) n. 1782 del 29 settembre 2003.

**Figura 2.28 SAU media aziendale per Regione, Italia, 2013 e 2016**


Fonte: CREA, Istat

A scomparire sono per lo più le aziende di piccole e piccolissime dimensioni, ossia aventi SAU inferiore ai 5 ettari, le quali nel 2016 hanno visto un calo del proprio numero del 68% rispetto al 2013 (Figura 2.29). Nel complesso, il settore rimane comunque caratterizzato da operatori di dimensioni ridotte. Nel 2016, infatti, circa il 62% delle aziende presentava una SAU minore di 5 ettari e coltivava appena il 12% della SAU nazionale.

L'impatto dell'agricoltura sulle risorse idriche, tuttavia, non deriva solo dagli alti prelievi, ma anche dai possibili effetti sulla qualità delle falde acquifere dovuti all'uso di fertilizzanti. L'impiego di prodotti fitosanitari, che possono impattare sulla qualità delle risorse idriche, si stima sia stato di circa 1.241.000 quintali nel 2016, con un calo del 9% rispetto al 2015. Ciò si deve soprattutto al miglioramento della qualità dei formulati, che ha permesso un uso più efficace e mirato dei pesticidi (fonte: Istat). La superficie totale trattata si aggira intorno ai 9 milioni di ettari, con le regioni del Nord-Est che registrano il tasso d'impiego più elevato in rapporto agli ettari per prodotto (fonte: ISPRA).

**Figura 2.29 Confronto n. aziende per classe di SAU in ettari, Italia, 2013 e 2016**


Fonte: CREA, Istat

L'**industria** ha utilizzato nel 2012 circa 6,9 miliardi di m<sup>3</sup> di acqua, dei quali: 1,4 miliardi di m<sup>3</sup> nella produzione di energia e 5,5 miliardi di m<sup>3</sup> nel manifatturiero (Figura 2.30).

In particolare, cinque comparti del settore manifatturiero sono stati responsabili del 55% dei consumi idrici totali: chimico, gomma e materie plastiche, siderurgico, cartario, tessile.

Il settore chimico è quello con l'impiego più elevato, pari a 681 milioni di m<sup>3</sup>, corrispondenti al 12,4% del totale dell'industria. Grazie alle misure attuate dalle imprese chimiche volte a migliorare l'efficienza dei processi si stima, in ogni caso, che il consumo idrico da parte di queste sia diminuito del 32% tra 2005 e 2015<sup>33</sup>. A seguire, troviamo il settore della gomma e delle materie plastiche, con circa 646 milioni di m<sup>3</sup> e quello siderurgico, con 552 milioni di m<sup>3</sup>.<sup>34</sup>

**Figura 2.30 Uso di acqua nel settore manifatturiero, Italia, 2012**

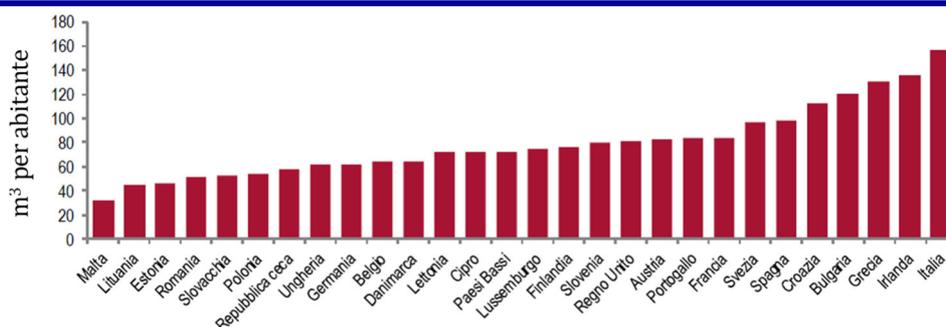
SETTORI	Acqua utilizzata	
	metri cubi	%
7 - 8 Estrazione di minerali	260.685	4,7
10 Alimentari	333.182	6,1
11 Bevande	92.525	1,7
12 Prodotti del tabacco	2.545	0,1
13 Tessile	348.496	6,3
14 Abbigliamento	147.585	2,7
15 Pelle e prodotti in pelle	43.844	0,8
16 Prodotti in legno e sughero (esclusi mobili)	120.420	2,2
17 Carta e prodotti di carta	354.686	6,4
18 Stampa e riproduzione di supporti registrati	12	..
19 Coke e prodotti petroliferi raffinati	2.386	..
20 Prodotti chimici	680.836	12,4
21 Prodotti farmaceutici di base e preparazioni farmaceutiche	40.217	0,7
22 Gomma e materie plastiche	645.486	11,7
23 Altri prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi	419.030	7,6
24 Siderurgia e metalli di base	552.148	10,0
25 Prodotti in metallo (esclusi macchinari)	283.844	5,2
26 Computer e prodotti di elettronica e ottica	57.793	1,1
27 Apparecchiature elettriche	202.582	3,7
28 Macchinari e apparecchiature n.c.a.	224.288	4,1
29 Autoveicoli, rimorchi e semi-rimorchi	121.864	2,2
30 Altri mezzi di trasporto	163.822	3,0
31 Mobili	116.154	2,1
32 Altre industrie manifatturiere	115.625	2,1
33 Riparazione e installazione di macchine e apparecchiature	179.071	3,3
<b>TOTALE</b>	<b>5.509.128</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Istat

Per quanto riguarda gli **usi civili**, l'Italia ha il più alto prelievo annuo di acqua per uso potabile pro-capite tra gli EU28 (Figura 2.31), da bacini superficiali o sotterranei, pari a 156 m<sup>3</sup>/abitante, seguita da Irlanda (135 m<sup>3</sup>/ab.) e Grecia (131 m<sup>3</sup>/ab.).

<sup>33</sup> Federchimica, *L'industria chimica in cifre 2017*, Roma, 2017.

<sup>34</sup> Istat, *Giornata mondiale dell'acqua. Le statistiche dell'Istat. Focus acqua*, Roma, 2016.

**Figura 2.31 Prelievi idrici per uso potabile, EU28, 2015 o ultimo anno disponibile**


Fonte: Eurostat

Il volume d'acqua complessivamente prelevato per uso potabile sul territorio italiano nel 2015 è stato di 9,49 miliardi di m<sup>3</sup>, di cui poco più di 7 miliardi di m<sup>3</sup> (pari al 76,3% del totale) è stato misurato con strumenti idonei, mentre il restante dai gestori delle fonti. In particolare, i 375 gestori specializzati hanno contribuito al prelievo di 8,76 miliardi m<sup>3</sup> di acqua (92,3% del volume totale), mentre i 1.502 gestori in economia si sono occupati del prelievo della parte rimanente, misurandone però solo il 33,7% del volume complessivo.

Il volume totale di acqua potabile immessa nella rete di distribuzione è stato, invece, di 8,32 miliardi di m<sup>3</sup>. Il servizio di distribuzione è in gran parte affidato ad una gestione specializzata: 331 aziende gestiscono l'86,4% dei volumi immessi in rete, mentre 1.975 gestori in economia si occupano del restante 13,6%. Nel complesso, il 68% del volume di acqua immessa in rete è soggetto a misurazione e, mentre la percentuale sale al 71,9% nel caso di operatori specializzati, scende al 42,9% nel caso dei gestori in economia<sup>35</sup>.

### 3.2.2. I settori d'impiego dell'energia

Il consumo interno lordo di energia in Italia nel 2017, come visto nel Paragrafo 3.1.2., ha raggiunto le 170 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio (Mtep), in crescita dell'1,5% rispetto all'anno precedente, rispecchiando un analogo andamento del PIL nazionale<sup>36</sup>.

**Figura 2.32 Consumi finali di energia (Mtep), Italia, 2017 e 2016**

Settori d'impiego	2016	2017						Var. % 2017-2016
	Totale	Solidi	Gas	Petrolio	Rinnovabili	Energia elettrica	Totale	
Industria	27,138	2,428	12,509	3,109	0,135	9,459	27,640	1,8%
Trasporti	38,943	-	0,861	35,753	1,091	0,998	38,703	-0,6%
Usi civili	46,894	-	24,091	2,880	7,388	14,083	48,442	3,3%
Agricoltura	2,816	-	0,172	2,280	0,039	0,473	2,964	5,3%
Usi non energetici	5,559	0,057	0,655	4,876	-	-	5,588	0,5%
Bunkeraggi	2,949	-	-	3,095	-	-	3,095	5,0%
<b>Totale</b>	<b>124,30</b>	<b>2,49</b>	<b>38,29</b>	<b>51,99</b>	<b>8,65</b>	<b>25,01</b>	<b>126,43</b>	<b>1,7%</b>

Fonte: Ministero dello Sviluppo Economico

<sup>35</sup> Il servizio idrico può essere gestito da soggetti diversi. Gli operatori specializzati sono aziende utility, pubbliche, miste o private, mentre le gestioni in economia si hanno quando gli enti locali provvedono direttamente alla realizzazione e fornitura del servizio con strutture e personale proprie.

<sup>36</sup> Ministero dello Sviluppo Economico, *La situazione energetica nazionale nel 2017*, Roma, 2018.

I consumi finali di energia nell'anno (Figura 2.32) si sono invece attestati intorno ai 126 Mtep, con un aumento dell'1,7% rispetto al 2016. A trainare il dato hanno contribuito per lo più l'agricoltura (il cui consumo è salito del 5,3%), i bunkeraggi (+5%), gli usi civili (+3,3%), l'industria (+1,8%) e gli usi non energetici (+0,5%). Nel complesso, gli usi civili incidono per il 38% del totale, seguiti dal settore dei trasporti (31%) e dall'industria (22%).

**Figura 2.33 Consumi di energia elettrica per attività, Italia, 2017 e 2016**

Settori	Consumi 2017 (GWh)	Consumi 2016 (GWh)	Variazione % 2017-2016
<b>INDUSTRIA</b>	<b>125.524,7</b>	<b>122.738,0</b>	<b>2,3%</b>
<b>Manifattura di base:</b>	<b>53.678,9</b>	<b>52.731,3</b>	<b>1,8%</b>
<i>Siderurgica</i>	18.724,7	18.262,2	2,5%
<i>Chimica</i>	14.283,6	13.910,5	2,7%
<i>Materiali da costruzione</i>	9.510,6	9.434,5	0,8%
<i>Cartaria</i>	8.603,8	8.647,0	-0,5%
<i>Metalli non ferrosi</i>	2.556,2	2.477,1	3,2%
<b>Manifattura non di base:</b>	<b>54.253,2</b>	<b>53.055,7</b>	<b>2,3%</b>
<i>Meccanica</i>	20.888,5	20.128,2	3,8%
<i>Alimentare</i>	12.412,7	12.170,2	2,0%
<i>Lavorazione plastica e gomma</i>	7.715,0	7.606,7	1,4%
<i>Tessile, abbigliamento, calzature</i>	5.164,3	5.152,7	0,2%
<i>Mezzi di trasporto</i>	3.590,5	3.610,5	-0,6%
<i>Legno e mobilio</i>	2.979,1	2.964,5	0,5%
<i>Altre manifatture</i>	1.503,1	1.422,9	5,6%
<b>Energia ed acqua:</b>	<b>16.206,6</b>	<b>15.598,0</b>	<b>3,9%</b>
<i>Acquedotti</i>	6.291,4	6.116,4	2,9%
<i>Raffinazione e cokerie</i>	5.253,8	5.219,1	0,7%
<i>Elettricità e gas</i>	4.276,3	3.916,6	9,2%
<i>Estrazione combustibili</i>	385,1	345,9	11,3%
<b>Costruzioni</b>	<b>1.386,0</b>	<b>1.353,0</b>	<b>2,4%</b>
<b>TERZIARIO</b>	<b>104.874,8</b>	<b>102.898,5</b>	<b>1,9%</b>
<b>Servizi vendibili:</b>	<b>85.089,8</b>	<b>83.107,0</b>	<b>2,4%</b>
<i>Altri servizi</i>	35.440,8	34.119,2	3,9%
<i>Commercio</i>	20.858,5	20.661,0	1,0%
<i>Trasporti</i>	11.382,9	11.162,5	2,0%
<i>Alberghi, ristoranti, bar</i>	11.304,1	10.987,8	2,9%
<i>Comunicazioni</i>	3.970,3	4.046,6	-1,9%
<i>Credito e assicurazioni</i>	2.133,3	2.129,2	0,2%
<b>Servizi non vendibili:</b>	<b>19.785,0</b>	<b>19.791,5</b>	<b>0,0%</b>
<i>Pubblica amministrazione</i>	4.576,9	4.544,8	0,7%
<i>Illuminazione pubblica</i>	6.035,2	6.109,0	-1,2%
<i>Altri servizi</i>	9.172,9	9.137,7	0,4%
<b>DOMESTICO</b>	<b>65.490,7</b>	<b>64.304,3</b>	<b>1,8%</b>
<b>AGRICOLTURA</b>	<b>5.990,4</b>	<b>5.567,5</b>	<b>7,6%</b>
<b>TOTALE</b>	<b>301.880,6</b>	<b>295.508,3</b>	<b>2,2%</b>

Fonte: Terna

Per quanto riguarda il peso delle varie fonti energetiche, esistono differenze anche sostanziali a seconda del settore considerato. Ad esempio, per l'industria e gli usi civili è preferito l'impiego del gas naturale (che incide rispettivamente, sul 50% e sul 45% del totale), mentre nel trasporto sono maggiormente utilizzati i prodotti ottenuti dal petrolio (per il 92% del totale).

In linea generale, il 2017 ha visto un incremento del consumo del gas naturale, soprattutto nell'agricoltura (+32,3%), nell'industria (+5,1%) e negli usi civili (+1,9%), contro una contrazione del 3,7% nel settore dei trasporti. Il ricorso ai prodotti petroliferi è salito principalmente agricoltura (+5%) e nei bunkeraggi (+4,9%), mentre è sceso negli usi civili (-6%), nei trasporti (-0,8%) e nell'industria (-0,6%).

Allo stesso tempo, il consumo di energia elettrica è stato di circa 301.880,6 GWh, in aumento del 2,2% rispetto al 2016 (Figura 2.33). A segnare gli incrementi più significativi sono l'estrazione di carburanti (+11,3%) e l'agricoltura (+7,6%). L'industria è il principale settore d'impiego dell'elettricità, avendo inciso sul 41% circa dei consumi complessivi sia nel 2016 che nel 2017. In particolare, a registrare i dati più rilevanti sono, nell'ordine, le industrie: meccanica (con circa 20.889 GWh nel 2017), siderurgica (più di 18.720 GWh), chimica (oltre i 14.280 GWh) e alimentare (intorno ai 12.400 GWh). A seguire, il settore terziario, che vede un peso del 35%, il comparto domestico, con uno del 22%, e l'agricoltura, con il 2% circa<sup>37</sup>.

### 3.3. Il sistema infrastrutturale e il possibile sviluppo

Le interazioni tra i due settori, idrico ed energetico, hanno implicazioni rilevanti anche dal punto di vista dei sistemi infrastrutturali di entrambi. Molteplici elementi riguardano le opere, gli impianti e le reti; tra questi i più rilevanti sono:

- gli impatti del cambiamento climatico,
- le possibili sinergie tra i comparti,
- le evoluzioni future dei due sistemi,
- le implicazioni economico-finanziarie,
- gli impatti sul territorio e l'accettabilità sociale delle opere.

Nelle sezioni successive si è quindi tracciato un quadro sintetico per ciascuno dei due ambiti.

#### 3.3.1. Le infrastrutture idriche

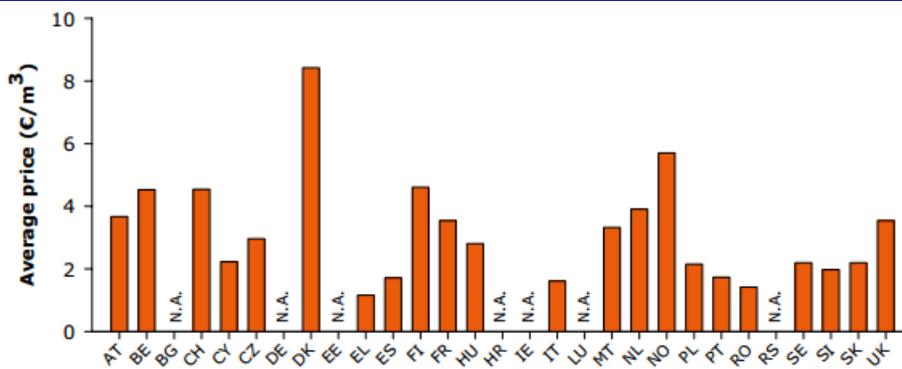
Il sistema idrico italiano, dalle reti di adduzione e distribuzione fino agli impianti di depurazione, mostra importanti problematiche relative ad efficientamento, rinnovamento e sviluppo. Nel complesso, l'infrastruttura nazionale è piuttosto datata: il 36% delle condutture ha un'età compresa tra i 31 e i 50 anni e per il 22% supera i 50 anni. Solo un numero limitato di gestori, tuttavia, dispone di informazioni sull'età delle reti, con una copertura pari al 36% circa della popolazione residente. La situazione potrebbe dunque essere ancora peggiore, visto che la mancanza di dati interessa soprattutto aree caratterizzate da forti criticità tecniche e gestionali.

Allo stesso tempo, i tassi di sostituzione delle reti sono sensibilmente inferiori a quanto sarebbe necessario: 0,42% nel 2015 contro il 2% coerente con una vita utile dei materiali di 50 anni. Le carenze infrastrutturali si rispecchiano anche nel livello tariffario, ben più basso rispetto ad

<sup>37</sup> Terna, *Bilancio elettrico 2017*, Roma, 2018.

altri Paesi europei<sup>38</sup> (Figura 2.34). Nel 2018 il valore stimato delle reti gestite dagli operatori e riconosciuto in tariffa era intorno ai 18 miliardi di euro, corrispondenti ad un valore di circa 300 euro per abitante, ben inferiore, ad esempio, ai 1.300 euro per abitante nel Regno Unito.

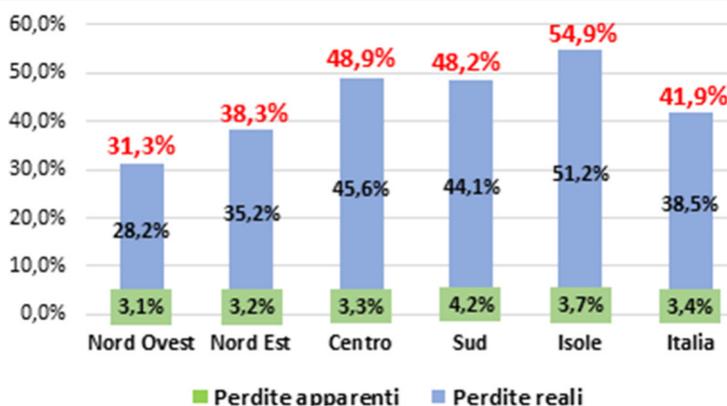
**Figura 2.34 Prezzo medio annuale utenze domestiche, Europa, 2012-2015**



Fonte: EurEau

A livello nazionale, si stima che circa il 41,9% dei volumi immessi in distribuzione ogni anno sia perso (Figura 2.35). Le perdite idriche reali (dovute a corrosione o deterioramento delle tubazioni, rotture nelle tubazioni o giunzioni difettose e inefficienze) sono il 38,5%, mentre le perdite idriche apparenti (riconguibili a consumi non autorizzati ed errori di misura) sono il 3,4% dell'ammontare di acqua entrata nella rete. Per le sole gestioni in economia, la percentuale di perdite scende al 39,2%, mentre sale al 41,7% per le gestioni specializzate. Sebbene i gestori in economia abbiano dichiarato in media perdite minori rispetto ai gestori specializzati, la misurazione da parte di questi è meno diffusa e precisa rispetto agli enti specializzati.

**Figura 2.35 Perdite totali, reali e apparenti, sui volumi immessi in distribuzione**



Fonte: ARERA

Al 2015, inoltre, il 95,7% dei Comuni italiani (7.705 nell'anno) impiegava, totalmente o parzialmente sul territorio comunale, servizi di depurazione delle acque reflue urbane. In 342

<sup>38</sup> Per un'analisi del settore più approfondita si rimanda al report di Althesys *L'industria idrica e le sfide dell'economia circolare. La gestione sostenibile dei fanghi di depurazione*, Water Strategy Report, Milano, 2019.

Comuni per circa 1,4 milioni di abitanti (pari al 2,4% della popolazione), tale servizio era invece completamente assente, con Sicilia e Campania che avevano le criticità maggiori (Figura 2.36).

Al 2016 il settore idrico italiano contava più di 1.800 gestori, di cui 1.600 in economia, situati principalmente nel Meridione. I rimanenti sono società di gestione, di cui il 55% affidatarie d'ambito con circa l'80% della popolazione italiana servita<sup>39</sup>.

**Figura 2.36 Comuni privi di servizio pubblico di depurazione nel 2015 (in rosso)**



Fonte: Istat

Nel 2017 i primi 10 gestori del servizio idrico per abitanti serviti coprivano poco meno del 50% della popolazione italiana (Figura 2.37) ed erano utility di grandi o medie dimensioni.

**Figura 2.37 Maggiori 10 operatori del servizio idrico, Italia, 2017**

Operatori servizio idrico	Abitanti serviti (mln)	Quota mercato su pop.	Acqua erogata (mln m <sup>3</sup> )	VP 2017 (mln €)	VP 2016 (mln €)	EBITDA 2017 (mln €)	EBITDA 2016 (mln €)	Inv. 2017 (mln €)	Inv. 2016 (mln €)
Acea S.p.A.	9,0	14,9%	715,0	731,0	699,0	349,6	336,0	271,4	227,1
Acquedotto Pugliese S.p.A.	4,0	6,6%	527,0	528,1	549,9	167,3	185,4	144,0	160,9
Hera S.p.A.	3,6	5,9%	302,8	859,9	807,7	229,9	228,8	156,6	131,8
Ireti S.p.A.	2,6	4,4%	181,0	546,7	490,0	173,0	163,0	121,0	85,0
Smat S.p.A.	2,3	3,7%	188,0	408,4	413,7	145,9	147,7	80,5	76,4
CAP Holding S.p.A.	2,2	3,6%	217,0	335,5	346,7	96,8	108,8	84,6	80,8
ABC Napoli S.p.A.	1,7	2,7%	120,0	n.d.	116,0	n.d.	5,4	6,5	6,7
Abbanoa S.p.A.	1,6	2,7%	250,0	292,6	325,3	85,5	87,0	39,9	62,3
MM S.p.A.	1,4	2,3%	220,0	143,6	140,3	55,5	48,5	34,7	21,8
Publiacqua S.p.A.	1,3	2,1%	n.d.	253,0	249,0	127,2	126,0	77,8	75,5
<b>Totale</b>	<b>29,7</b>	<b>49,0%</b>	<b>2.720,8</b>	<b>4.098,8</b>	<b>4.137,7</b>	<b>1.430,6</b>	<b>1.436,6</b>	<b>1.017,1</b>	<b>928,3</b>

Fonte: elaborazione Althesys su bilanci aziendali e dati Utilitatis

<sup>39</sup> Utilitalia, Fast Ambiente Academy, Federazione delle Associazioni Scientifiche e Tecniche, Presentazione *Investimenti, innovazioni ed incentivi per gli acquedotti in Italia*, 2017.

### 3.3.2. Le infrastrutture energetiche

Reti di trasporto e distribuzione del gas, reti di trasmissione e distribuzione elettrica, gasdotti trans-europei e interconnessioni costituiscono le principali infrastrutture energetiche.

Attraverso la Rete Nazionale dei Gasdotti (RNG), il gas viene inviato ai punti di interconnessione con la Rete Regionale di Trasporto (RRT), le reti di distribuzione locale e gli impianti di stoccaggio, per poi alimentare le grandi industrie e le centrali termoelettriche.

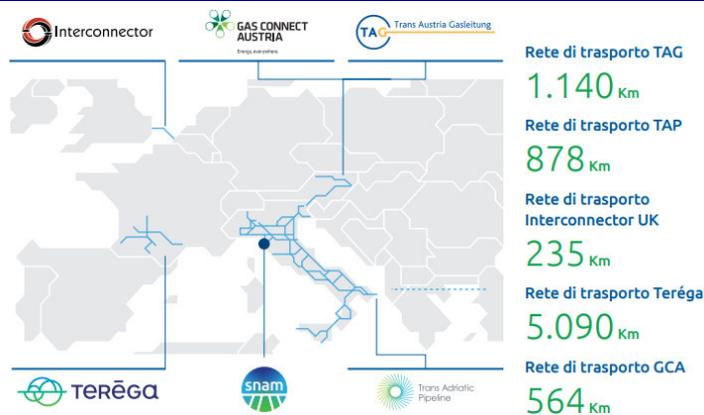
**Figura 2.38 Presenza di Snam Rete Gas in Italia nel 2018**



Fonte: Snam Rete Gas

Snam Rete Gas è il maggior operatore sia per estensione della rete di trasporto, con circa 32.625 km di gasdotti in Italia nel 2018 (corrispondenti a circa il 93% del sistema di trasporto nazionale) e più di 41.000 attraverso le partecipate internazionali (Figure 2.38 e 2.39), che per la capacità di stoccaggio del gas, con quasi 17 miliardi di m<sup>3</sup> in Italia e oltre 20 con le diverse partecipate internazionali<sup>40</sup>.

**Figura 2.39 Presenza di Snam Rete Gas in Europa nel 2018**



Fonte: Snam Rete Gas

<sup>40</sup> Snam Rete Gas, *Report di sostenibilità 2018*, San Donato Milanese, 2019.

La **rete elettrica** è composta dalle reti di trasmissione, che trasportano l'energia elettrica in alta tensione per lunghe distanze, e da quelle di distribuzione, che, a seguito della trasformazione in media e bassa tensione, riforniscono i centri di consumo. La Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) comprende linee ad alta e altissima tensione, stazioni di trasformazione e/o smistamento e linee di interconnessione per lo scambio di energia con l'estero. In particolare, al 30 giugno 2017, la RTN registrava un'estensione di più di 66.000 km in termini di linee e cavi, con 861 stazioni attive<sup>41</sup> (Figura 2.40). In Italia, Terna è l'unico operatore del sistema di trasmissione (*Transmission System Operator*, TSO) e si occupa del dispacciamento, della gestione, della manutenzione e del potenziamento della rete. L'evoluzione della struttura industriale della generazione, della sua distribuzione geografica, così come dell'evoluzione della domanda, richiedono ingenti sforzi di sviluppo della RTN. Ugualmente l'accentuarsi di fenomeni meteorologici estremi richiede interventi per rendere le infrastrutture più resilienti.

**Figura 2.40 Il quadro generale della RTN, Italia, 2017**

<b>LINEE</b>			
Livello di tensione (kV)	Linee aeree (km)	Linee in cavo interrato (km)	Linee in cavo sottomarino (km)
380	9.920	187	1.152
220	8.783	343	243
≤ 150	44.401	1.295	68
<b>Totale</b>	<b>63.104</b>	<b>1.825</b>	<b>1.463</b>
<b>STAZIONI E TRASFORMATORI</b>			
Livello di tensione (kV)	Stazioni (n.)	Trasformatori (n.)	Potenza trasformatori (MVA)
380	163	390	112.808
220	148	206	31.067
≤ 150	550	126	4.101
<b>Totale</b>	<b>861</b>	<b>722</b>	<b>147.976</b>

Fonte: Terna

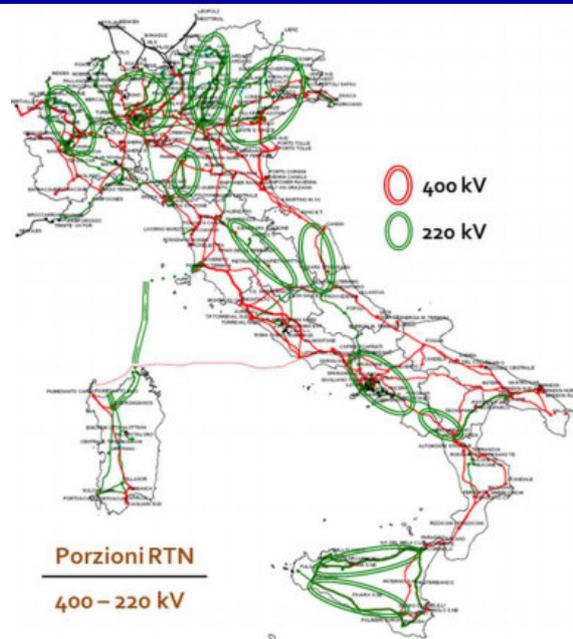
La rete di distribuzione primaria (tra 400 kV e 220 kV) richiede anch'essa rafforzamenti, dato che varie zone del territorio nazionale presentano i rischi di sovraccarico. Le aree con maggiori criticità sono riportate nella Figura 2.41 seguente<sup>42</sup>. Nel **Nord-Ovest** si trovano le infrastrutture che trasportano l'energia importata dalla Francia e dalla Svizzera nel Nord del Piemonte e quella prodotta dalle centrali idroelettriche locali. In Lombardia i rischi maggiori riguardano per lo più la rete che alimenta Milano, nonostante Terna riconosca un'attenuazione dovuta a recenti interventi sulla linea. Importanti criticità sono riscontrate poi nelle aree del **Nord-Est**, pur con una loro riduzione in conseguenza del nuovo oleodotto Udine Ovest-Redipuglia, mentre nel **Centro** i rischi si concentrano sulle linee che attraversano Umbria, alto Lazio e Abruzzo. Nel

<sup>41</sup> Terna, *Piano di sviluppo 2018*, Roma, 2018.

<sup>42</sup> Le mappe riportate sono state ottenute da Terna mediante simulazioni di rete condotte ogni quarto d'ora in tempo reale in riferimento ai mesi compresi tra luglio 2016 e giugno 2017.

**Sud** i sovraccarichi più rilevanti possono verificarsi in Campania (dove l'energia prodotta in Calabria e in Puglia transita verso le aree di carico di Napoli e Caserta) e in Sicilia (in maniera diffusa ma in particolare tra i centri di carico di Palermo e Messina).

**Figura 2.41 Aree a maggiore criticità per la sicurezza su rete primaria, Italia, 2017**



Fonte: Terna

Per quanto riguarda invece la rete secondaria (tra 150 kV e 132 kV), le aree che evidenziano le principali criticità, rilevate con la stessa metodologia usata da Terna per quella primaria, sono riportate nella Figura 2.42.

**Figura 2.42 Aree a maggiore criticità su rete secondaria, Italia, 2017**



Fonte: Terna

La rete di distribuzione fornisce l'energia elettrica agli utenti finali ed include linee ad alta (tra i 30 kV e i 400 kV), a media (tra 1 kV e 30 kV) e a bassa tensione (meno di 1000 V), impianti di trasformazione AT/MT, trasformatori, sezionatori, interruttori, etc..

**Figura 2.43 Dati generali per classi di operatori della distribuzione, Italia, 2017**

Classe di numerosità dei punti di prelievo	Numero operatori	Volume distribuito (GWh)	N. punti di prelievo	Volume medio per operatore (GWh)	N. di punti di prelievo medio per operatore
> 500.000	4	253.247	34.935.230	63.312	8.733.808
100.000 - 500.000	6	10.080	1.260.634	1.680	210.106
50.000 - 100.000	2	1.584	136.651	792	68.326
20.000 - 50.000	9	1.797	265.617	200	29.513
5.000 - 20.000	20	1.243	194.072	62	9.704
1.000 - 5.000	40	560	97.830	14	2.446
< 1.000	50	145	22.334	3	447
<b>Totale</b>	<b>131</b>	<b>268.655</b>	<b>36.912.368</b>	<b>66.062</b>	<b>9.054.348</b>

Fonte: ARERA

A differenza della trasmissione, il mercato italiano della distribuzione è liberalizzato e regolamentato da ARERA secondo quanto stabilito dalla Legge del 14 novembre 1995, n. 481. In particolare, al 31 dicembre 2017, si contavano complessivamente 131 operatori (*Distribution System Operators*, DSOs), per lo più rientranti nel cluster con meno di 1.000 punti di prelievo (Figura 2.43). Primo operatore sia in termini di numeri di prelievo che di prelievi effettuati nel 2017 è Enel, attraverso la società E-distribuzione, seguita da Acea e A2A (Figura 2.44).

**Figura 2.44 I maggiori operatori della distribuzione, Italia, 2017**

Gruppi societari	N. punti di prelievo	Prelievi (GWh)
ENEL	31.481.012	228.782
A2A	1.179.458	11.555
Acea	1.631.069	9.569
IREN	719.749	3.958
HERA	425.250	3.028
Alperia	228.029	2.438
Dolomiti Energia	310.374	1.952
AGSM Verona	167.875	1.781
AIM Vicenza	71.805	1.148
Compagnia Valdostana delle Acque	129.106	882
<b>Totale</b>	<b>36.343.727</b>	<b>265.093</b>

Fonte: ARERA

Esistono poi le **infrastrutture energetiche trans-europee** (*Trans-European Networks – Energy*, TEN-E), aventi lo scopo di favorire l'integrazione dei mercati europei dell'energia e quello di diversificare le fonti. L'attuale lista dei progetti PCI (*Projects of Common Interest*), rivolti al potenziamento delle infrastrutture comunitarie, è stata aggiornata dalla Commissione nel novembre 2017<sup>43</sup> e include un totale di 173 progetti. Di questi, 15 interessano l'Italia: 8 riguardano le reti elettriche, 6 il settore gas e 1 le smart grid (Figura 2.45).

**Figura 2.45 Lista PCI che interessano l'Italia da novembre 2017**

Progetti		Promotori
<b>RETI ELETTRICHE</b>		
1	PCI Austria - Italy interconnection between Wurlach (AT) and Somplago (IT)	Alpe Adria Energia
2	Interconnection between Airolo (CH) and Baggio (IT)	Terna (IT), Swissgrid (CH)
3	Interconnection between Villanova (IT) and Lastva (ME)	Terna (IT)
4	Interconnection between Grande Ile (FR) and Piosasco (IT) [currently known as Savoie - Piemont project]	Terna (IT), RTE (FR)
5	Italy – Slovenia interconnection between Salgareda (IT) and Divača – Bericevo region (SI)	Terna (IT), ELES (SI)
6	Italy – Switzerland interconnection between Thusis/Sils (CH) and Verderio Inferiore (IT)	Greenconnector
7	Italy - France interconnection between Codrongianos (IT), Lucciana (Corsica, FR) and Suvereto (IT) (known as "SACOI 3")	Terna (IT) – EDF (FR)
8	Italy - Tunisia interconnection between Sicily and Tunisia node (TU) (known as "Elmed")	Terna (IT) – Steg (TU)
<b>RETI GAS</b>		
9	Connection of Malta to the European Gas network – pipeline interconnection with Italy at Gela and/or offshore Floating LNG Storage and Re-gasification Unit (FSRU)	Maltese Ministry for Energy and Health
10	Reverse flow interconnection between Italy and Switzerland at Passo Gries interconnection point	Snam Rete Gas
11	Adriatica pipeline (IT)	Snam Rete Gas
12	Gas Pipeline from Greece to Italy (currently known as "Poseidon Pipeline")	IGI Poseidon
13	Gas pipeline from Greece to Italy via Albania and the Adriatic Sea [currently known as "Trans Adriatic Pipeline" (TAP)]	Trans Adriatic Pipeline
14	Gas pipeline from the East Mediterranean gas reserve to Greece mainland via Crete [currently known as "EastMed Pipeline"]	IGI Poseidon
<b>SMART GRID</b>		
15	ALPGRID (Austria, Italy)	e-distribuzione - ENEL GREEN POWER - ENEL PRODUZIONE - VERBUND - WIENER NETZE - KÄRNTEN NETZ

Fonte: Ministero dello Sviluppo Economico

<sup>43</sup> Adottata attraverso il Regolamento delegato (UE) 2018/540 della Commissione del 23 novembre 2017 che modifica il regolamento (UE) n. 347/2013.

### 3.3.3. I possibili sviluppi

La **rete idrica** italiana appare oggi datata, con perdite significative e importanti problematiche legate al trattamento dei reflui. Allo stesso tempo, l'acqua è un bene piuttosto sovrasfruttato e le crisi idriche degli ultimi anni stanno esasperando la situazione. Di fronte alla necessità di effettuare gli investimenti volti a sostituire, ammodernare e rendere resiliente ai mutamenti climatici l'infrastruttura, tuttavia, non è oggi possibile individuare risorse economiche adeguate. La tariffa è infatti la principale fonte di finanziamento e, pur avendo registrato tra 2007 e 2015 un incremento medio del 62% nei Comuni capoluogo di provincia, rimane tra le più basse in Europa. Si deve comunque tener presente che tariffe idriche elevate non implicano necessariamente una miglior qualità.

**Figura 2.46 Spesa media annua famiglia tipo<sup>44</sup> nei capoluoghi, 2007, 2014, 2015**

Le 10 tariffe più alte nel 2015					
Comuni	Spesa media annua 2007 (€/anno)	Spesa media annua 2014 (€/anno)	Spesa media annua 2015 (€/anno)	Var. % 2015-2014	Var. % 2015-2007
Siena	329	562	663	18%	101,5%
Grosseto	329	562	663	18%	101,5%
Livorno	349	552	628	13,8%	79,9%
Pisa	317	536	621	15,9%	95,9%
Carrara	241	535	609	13,8%	152,7%
Frosinone	279	555	605	9%	116,8%
Prato	352	563	599	6,4%	70,2%
Pistoia	352	563	599	6,4%	70,2%
Firenze	352	563	599	6,4%	70,2%
Arezzo	363	548	591	7,8%	62,8%
Le 10 tariffe più basse nel 2015					
Comuni	Spesa media annua 2007 (€/anno)	Spesa media annua 2014 (€/anno)	Spesa media annua 2015 (€/anno)	Var. % 2015-2014	Var. % 2015-2007
Isernia	110	120	117	-2,5%	6,4%
Milano	106	136	140	2,9%	32,1%
Campobasso	166	166	166	0%	0%
Cosenza	171	171	171	0%	0%
Caserta	184	184	184	0%	0%
Varese	160	198	198	0%	23,8%
Catania	184	194	201	3,6%	9,2%
Imperia	182	212	212	0%	16,5%
Savona	175	211	220	4,3%	25,7%
Rieti	202	220	220	0%	8,9%

Fonte: Cresme su dati Cittadinanzattiva

Il Comune di Frosinone, ad esempio, ha alzato la propria tariffa di oltre il 116% tra 2007 e 2015 (Figura 2.46), ma le perdite sono rimaste le più alte tra tutti i capoluoghi di provincia, pari al 73,5% nel 2012 e al 78,5% nel 2016. Il Comune di Milano, di contro, mantiene la propria tariffa

<sup>44</sup> Viene considerata una famiglia di tre persone che consuma 192 m<sup>3</sup>/anno.

tra le più basse in Italia e dispone sia di un livello qualitativo della rete di distribuzione molto alto, con un dato del 16,2% di perdite complessive nel 2016, sia di un impianto capace di depurare in media 150 milioni di m<sup>3</sup> di reflui all'anno, più dell'acqua riusata da Francia, Grecia e Portogallo messi insieme.<sup>45</sup>

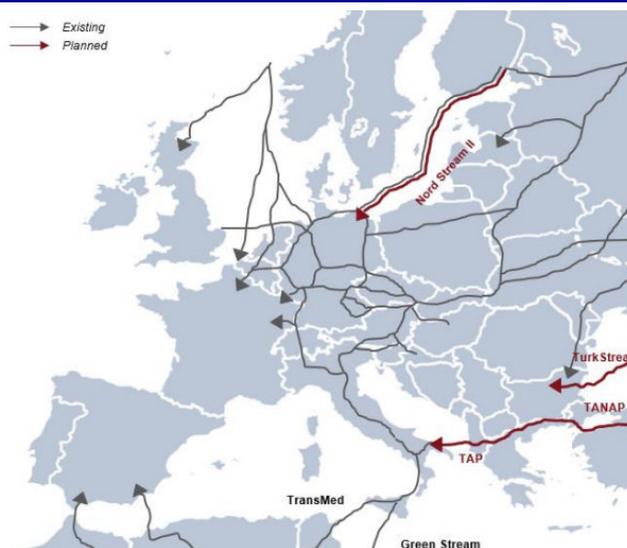
In questo contesto, possibili sviluppi futuri potrebbero includere:

- la ridefinizione dei modelli tariffari, in modo da internalizzare i costi ambientali, incentivare l'uso razionale e diversificare i prezzi a seconda dell'utenza e dei settori d'impiego secondo il principio "chi inquina paga";
- l'implementazione di una rete di sensori e sistemi di misurazione per una gestione più efficiente delle risorse idriche e degli eventuali guasti lungo la rete;
- un più elevato ricorso alla desalinizzazione, sia da acqua marina che salmastra;
- lo sviluppo di reti idriche resilienti e capaci di trasportare acqua proveniente da fonti diverse a seconda del tipo di impiego richiesto (cosiddetto "approccio multi-ciclo");
- una maggior integrazione, anche in termini di pianificazione, tra il settore idrico e quelli di impiego, in modo da massimizzare i co-benefici ottenibili, ridurre le problematiche e spalmare le risorse economiche da più settori su quello idrico.

Per le **infrastrutture elettriche ed energetiche**, gli operatori e le aziende a vario titolo coinvolte prevedono nei prossimi anni l'attuazione di diverse misure rivolte principalmente a:

- migliorare la sicurezza e l'affidabilità di esercizio, anche grazie allo sviluppo e alla diffusione di nuove tecnologie e allo *smart metering*;
- favorire una sempre maggiore integrazione con le reti estere. In questo ambito, tra le possibili evoluzioni vi sono anche quelle legate ad una più elevata interconnessione tra i mercati energetici a Nord e quelli a Sud del Mediterraneo (Figura 2.47).

**Figura 2.47 Maggiori gasdotti esistenti e pianificati in Europa**



Fonte: ENTSO-E

<sup>45</sup> Cresme, *Sintesi rapporto H2O*, Roma, 2018 e Dati resi disponibili da Metropolitane Milanesi S.p.A..

- promuovere una sempre maggior integrazione della generazione da fonti rinnovabili, considerando che una crescente incidenza della produzione da FER non programmabili comporterà maggiori complessità;
- incrementare la resilienza complessiva del sistema di fronte ad eventi estremi, tra cui quelli dovuti ai mutamenti climatici. In tale ambito, potrebbero quindi essere sviluppati piani che coinvolgono anche il settore idrico, in modo da creare sinergie.

In linea generale, le possibili misure per incrementare la resilienza delle reti includono:

- la ricostruzione o la modifica dei tracciati;
- la realizzazione di nuove linee con diversificazioni tecnologiche che comprendano, parzialmente o interamente, l'impiego di cavi interrati, in modo da rendere le strutture immuni ai rischi derivanti da eventi estremi che portano ghiaccio o neve;
- azioni di mitigazione puntuale mediante installazione di elementi innovativi (per esempio dispositivi anti-rotazionali in presenza di manicotti di ghiaccio, isolatori stabilizzatori di fase, gruppi per *anti-icing* e *de-icing* in corrente continua) o di strumenti predittivi (ad esempio algoritmi auto-adattativi capaci di migliorare l'accuratezza delle previsioni in funzione di specifici fattori).

Nel caso delle reti gas, inoltre, Snam prevede di incrementare i propri investimenti per lo sviluppo e l'integrazione nel mix energetico italiano del biometano (intorno ai 100 milioni di euro nel periodo 2018-2022<sup>46</sup>), sia prodotto da biomasse agricole che dalla frazione organica dei rifiuti solidi urbani. Nonostante i benefici ottenibili in termini di emissioni e riduzione della dipendenza energetica, si tratta di processi aventi un consumo idrico tendenzialmente più elevato rispetto a quelli tradizionali (come visto nel Paragrafo 2.1.1.).

### 3.4. La trasformazione in atto: i key driver

I settori idrico ed energetico sono in una fase di profondo mutamento, nel quadro regolatorio, nella struttura industriale, nei processi tecnico-gestionali e negli investimenti. Alla base di tale tendenza vi sono diversi fattori interagenti tra loro.

**Il cambiamento climatico.** In primo luogo, è possibile identificare un trend crescente di anomalie climatiche sull'intero territorio nazionale, con una maggior frequenza di eventi siccitosi in diverse aree<sup>47</sup>. Tra i settori più colpiti vi è quello agricolo, che, in base alle proiezioni del JRC e di Coldiretti, avrebbe subito nell'ultimo decennio danni stimati per circa 14 miliardi di euro dovuti proprio ai mutamenti climatici. Questi danni potrebbero raggiungere un ammontare compreso tra i 20 e i 30 miliardi di euro entro il 2030<sup>48</sup>. Nel settore energetico, si prevede un decremento della portata dei bacini idroelettrici nei prossimi anni, riducendo ulteriormente l'output già in calo del comparto<sup>49</sup>. L'idroelettrico riveste in Italia un peso importante nel *fuel mix* e dunque l'impatto potrebbe essere piuttosto sensibile. Insieme a

<sup>46</sup> Snam Rete Gas, *Financial disclosure on climate change 2018*, San Donato Milanese, 2019.

<sup>47</sup> Fonte: Istat.

<sup>48</sup> Mariutti E., *Cambiamento climatico, costi e conseguenze per l'Italia*, Affari Internazionali, Roma, 2018.

<sup>49</sup> Bonardo V. (Legambiente), *L'idroelettrico ai tempi dei cambiamenti climatici*, Rienergia, Bologna, 2017.

questi, anche il rischio idrogeologico potrebbe aumentare: la capacità di assorbimento dei terreni viene ridotta dai periodi prolungati di siccità, intensificando i danni generati da eventi meteorologici estremi. In particolare, si stima che il dissesto idrogeologico costi attualmente allo Stato italiano circa 2,5 miliardi di euro all'anno, cifra che è però destinata ad aumentare nei prossimi anni<sup>50</sup>.

**L'evoluzione delle tecnologie.** I mutamenti in atto potrebbero avere diversi effetti nel medio-lungo periodo. Ad esempio, il miglioramento delle tecnologie per la depurazione e di quelle per la desalinizzazione potrebbe risultare in costi inferiori rispetto a quelli attuali e quindi portare ad una loro maggior diffusione. Sensori e dispositivi più avanzati e precisi potrebbero migliorare le attività di smart metering, sia in ambito energetico che idrico. Nel secondo caso, aiutando anche a prevenire o ad individuare tempestivamente possibili perdite lungo la rete oppure eventuali prelievi illegali. La digitalizzazione, anche in questi settori, costituisce un potente fattore di cambiamento, in grado di incidere tanto sulla gestione delle operation che sulla qualità del servizio agli utenti. Nel complesso, la digitalizzazione delle fasi, sia in ambito energetico che idrico, risulta nell'ottimizzazione di processi e servizi e nella riduzione dei loro costi. I trend tecnologici in atto, unitamente alla maggior incidenza di fenomeni atmosferici estremi, stanno portando sempre più i due settori a sfruttare i dati raccolti sia nel campo delle previsioni atmosferiche, che in quello degli scenari di rischio. L'adozione di sistemi IoT, ad esempio, sta favorendo lo sviluppo di sinergie tra i comparti idrici ed energetici relativamente alle reti di distribuzione. In tale ambito, dispositivi dotati di sensori disposti lungo i rispettivi network possono essere in grado di monitorare i consumi in tempo reale, prevenire o segnalare eventuali perdite o guasti, valutare la qualità dell'acqua, etc. e di reagire di conseguenza, evitando sprechi economici e di risorse.<sup>51</sup>

**I modelli gestionali, di uso e di consumo.** L'evoluzione del settore elettrico ha visto la diffusione della generazione distribuita e la nascita di *prosumer*, produttori e consumatori insieme dell'energia prodotta. La presenza di una miriade di piccoli impianti (soprattutto residenziali fotovoltaici) diffusi sul territorio si interseca con lo sviluppo delle comunità energetiche, con i modelli di aggregazione e con sistemi di *demand response*. Anche i piccoli impianti in futuro saranno connessi in rete per poter partecipare ai mercati dei servizi. Questa evoluzione potrà legarsi a sistemi di domotica, di controllo e gestione dei consumi, che potrebbero estendersi ad altri servizi utility oltre a quelli energetici. La progressiva sensibilizzazione verso la tutela della risorsa idrica potrebbe quindi portare a includere anche l'uso e la gestione dell'acqua in un sistema complessivo di gestione delle utenze.

**Gli obiettivi europei.** Da diversi anni, le politiche e le strategie europee puntano a favorire la decarbonizzazione, un maggior peso delle rinnovabili nel mix di generazione, l'incremento dell'efficienza energetica, il miglioramento della gestione e della qualità delle fonti idriche da parte degli Stati membri. Tali obiettivi sono perseguiti attraverso diverse misure. In ambito energetico rientra il *2030 Climate and Energy Framework*, che fissa tre target da conseguire:

<sup>50</sup> Associazione nazionale dei consorzi per la gestione e tutela del territorio e acque irrigue, ANBI.

<sup>51</sup> Riguardo alle potenzialità della digitalizzazione nel settore utility, si veda: *L'innovazione al servizio dei cittadini. Le utility nell'era della digitalizzazione*, Althesys-RSE, Milano, 2018.

- ridurre del 40%, rispetto ai livelli del 1990, le emissioni di gas ad effetto serra,
- raggiungere una quota di almeno il 27% di energia rinnovabile,
- migliorare l'efficienza energetica per almeno il 27%.

A fine 2018, il percorso di adozione del *Clean Energy Package* ha avuto un'accelerazione. La Direttiva rinnovabili (RED II) e quella sull'efficienza energetica sono entrate in vigore e il loro recepimento da parte dei vari Stati è previsto rispettivamente entro il 30 giugno 2021 e il 25 ottobre 2020. A dicembre dell'anno scorso è partito anche il regolamento governance dell'Unione dell'Energia. Inoltre, si è raggiunta l'intesa inter-istituzionale sui regolamenti ACER e sulla preparazione ai rischi nel settore elettrico.

Le policy idriche, invece, sono più frammentate e spesso focalizzate su temi specifici (per esempio l'inquinamento da prodotti chimici, il riuso, le falde sotterranee, l'acqua potabile, i reflui, le alluvioni, etc.). Il *Piano per la salvaguardia delle risorse idriche*, presentato dalla Commissione nel 2012, ha comunque ribadito il concetto già espresso nella Direttiva Quadro sulle Acque (DQA), cioè la necessità di inquadrare la gestione delle risorse idriche in una prospettiva più ampia, coinvolgendo tutte le tipologie di utenti e considerando le interazioni tra l'acqua e altre risorse, come suolo ed energia.

**La sostenibilità.** La gestione sostenibile delle risorse sta diventando sempre di più un tema chiave, trasversale a diversi ambiti: politico, sociale, regolamentare, legislativo, economico. Per i settori dell'acqua e dell'energia, ciò potrebbe comportare maggiori sinergie e l'attuazione di piani integrati. "La disponibilità di acqua di buona qualità per le generazioni future", infatti, può essere garantita "solo con un approccio intersettoriale".<sup>52</sup> Le istanze sociali e politiche si legano alle politiche di sostenibilità sempre più attente delle imprese. Energia e acqua sono ormai al centro delle strategie delle imprese, come traspare anche dai loro rapporti di sostenibilità.<sup>53</sup>

**I trend demografici e l'urbanizzazione.** L'andamento demografico in Italia vede una maggiore concentrazione della popolazione italiana nelle aree del Centro-Nord. Nello scenario "mediano" elaborato dall'Istat, infatti, tale zona raccoglierebbe al 2065 circa il 71% dei residenti, contro il 66% nel 2017. Di contro, il Meridione registerebbe un calo dal 34% nel 2017 al 29% nel 2065<sup>54</sup>. Allo stesso tempo, è in corso un rilevante fenomeno di urbanizzazione. Dagli anni '50 al 2016, infatti, la superficie urbanizzata delle aree metropolitane italiane è più che triplicata, salendo dal 3% al 10%<sup>55</sup>. Nel 2017, inoltre, circa il 33,4% della popolazione risiedeva nel 3,4% dei Comuni italiani considerati "ad alta urbanizzazione"<sup>56</sup>. La concentrazione della popolazione in determinate aree potrebbe così risultare, nel medio-lungo periodo, in problematiche legate alla disponibilità e alla qualità delle risorse idriche. I processi di urbanizzazione aumentano nel complesso gli impatti sugli ecosistemi naturali, con significative ricadute sanitarie e sul benessere delle persone. L'aumento delle emissioni legate ai trasporti,

<sup>52</sup> Janez Potočnik (Commissario UE per l'Ambiente) nel report della Commissione Europea, *Un piano per le risorse idriche europee*, Lussemburgo, 2014.

<sup>53</sup> Per un'analisi delle politiche energetiche delle prime 100 imprese italiane si veda "Il sistema elettrico italiano e le rinnovabili. Mercato, decarbonizzazione, infrastrutture", Irex Annual Report 2019, Althesys, 2019, Milano

<sup>54</sup> Istat, *Il futuro demografico del Paese. Previsioni regionali della popolazione residente al 2065*, Roma, 2017.

<sup>55</sup> WWF, *Caring for our soil. Avere cura della natura dei territori*, Roma, 2017.

<sup>56</sup> Istat, *Annuario statistico 2018*, Roma, 2017.

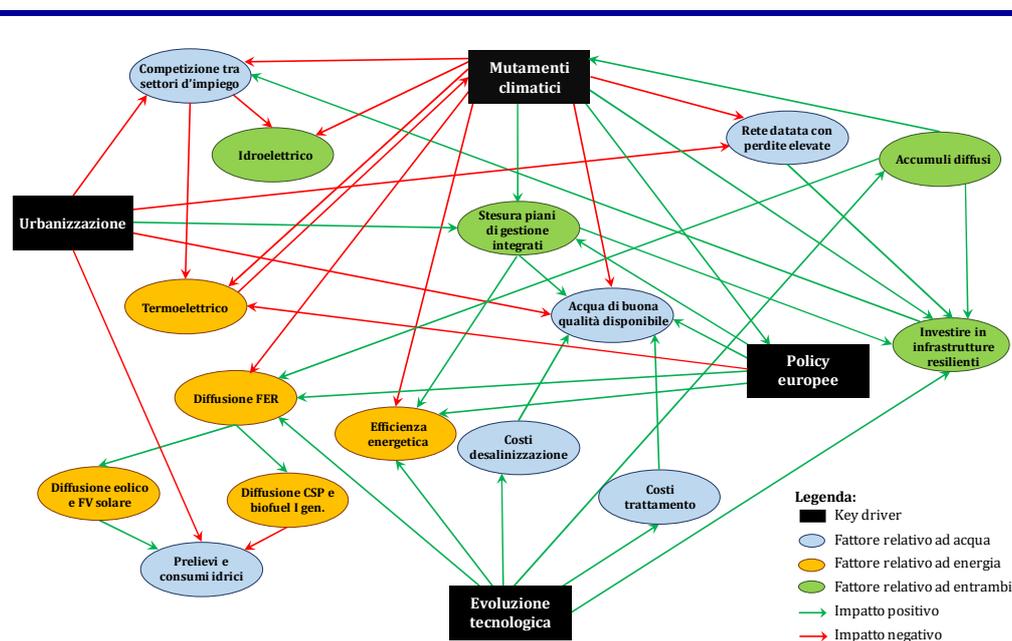
alla produzione di energia e al riscaldamento, la crescita della produzione di rifiuti, l'incremento dei prelievi idrici e degli scarichi nei sistemi fognari sono tutti fattori che, se non gestiti in modo adeguato, possono peggiorare significativamente la qualità dell'ambiente e della vita. L'espansione delle aree urbane e delle infrastrutture, inoltre, richiede una maggiore intensità di risorse, come un elevato fabbisogno complessivo di energia e acqua.

### 3.5. Le aree di interazione industria elettrica-idrica

Le interazioni tra il settore elettrico e quello idrico sono numerose, complesse e trasversali anche ad altri comparti. La mappa delle interazioni in Figura 2.48 cerca di fornirne un quadro generale, seppur molto schematico approssimato, data la complessità dell'argomento. Le tendenze considerate sono quelle per cui è già possibile stimare alcuni dei possibili impatti nel medio-lungo periodo.

Il *climate change*, come visto nei precedenti paragrafi, potrebbe impattare negativamente sulla produzione idroelettrica e sulla diffusione delle FER. Nel primo caso, infatti, le risorse idriche necessarie potrebbero ridursi a causa di eventi siccitosi o per dare precedenza ad altri settori d'impiego, come quello agricolo e civile. Nel secondo, si potrebbe verificare una riduzione della ventosità in diverse aree<sup>57</sup> e quindi un calo delle potenzialità per l'eolico.

**Figura 2.48 Schematizzazione delle interazioni settori elettrico-idrico**



Fonte: Althesys

<sup>57</sup> Questa possibilità è considerata dalla European Energy Agency (EEA) nel suo *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report* del 2017. Nel dettaglio, il documento si basa sui risultati dell'analisi statistica di Tobin I., Jerez S., Vautard R., Thais, F., van Meijgaard E., Prein A., Déqué M., Kotlarski S., Maule C. F., Nikulin G. Noël, T. e Teichmann C., *Climate change impacts on the power generation potential of a European mid-century wind farms scenario*, Environmental Research Letters, 2016.

I cambiamenti climatici e l'urbanizzazione tenderanno ad inasprire la competizione tra diversi settori per l'impiego delle risorse idriche e a creare situazioni di stress per infrastrutture idriche già carenti, datate e caratterizzate da perdite elevate come quelle italiane. Da qui la necessità di investire in reti e altre infrastrutture più moderne e resilienti, capaci di resistere o di limitare i possibili danni causati dal *climate change*. Un elemento chiave è la tecnologia che, su più fronti, potrebbe fornire soluzioni innovative, dalla digitalizzazione per il monitoraggio e la gestione delle reti (sia energetiche che idriche), allo sviluppo di accumuli diffusi, sia elettrochimici che con sistemi di pompaggio. Sinergie, ma anche situazioni di rivalità tra settori energetici e idrici, potranno emergere nel medio termine proprio a seguito dell'evoluzione tecnologica. Lo sviluppo tecnologico e gli indirizzi delle policy europee favoriranno il miglioramento dell'efficienza energetica degli impianti, condizionata al contrario dagli impatti dei mutamenti climatici. Le politiche comunitarie promuoveranno sempre di più la diffusione delle FER e la decarbonizzazione del settore energetico. L'incidenza più elevata di rinnovabili non potrebbe implicare sempre minori prelievi e consumi idrici. Se eolico e solare fotovoltaico, infatti, comportano un impiego di acqua nullo o piuttosto basso, CSP e biocarburanti di prima generazione possono avere valori paragonabili agli impianti tradizionali. Il termoelettrico, le cui emissioni sono tra le cause del riscaldamento globale, vedrà così una minor incidenza nei *fuel mix* degli Stati membri. Allo stesso tempo, la ridotta disponibilità idrica nei periodi di siccità e la conseguente competizione tra settori potrebbero influenzare negativamente la generazione termoelettrica, che impiega l'acqua per lo più nei processi di raffreddamento. La riduzione ed erraticità delle precipitazioni, peraltro, sta già condizionando la producibilità dell'idroelettrico.

L'evoluzione tecnologica potrebbe inoltre contribuire alla riduzione dei costi sia per il trattamento dell'acqua, che per la desalinizzazione, promuovendone così la diffusione e facendo aumentare i quantitativi di acqua di buona qualità disponibile.

Policy comunitarie, mutamenti climatici, fattori economici e urbanizzazione porteranno, con buona probabilità, ad una convergenza tra settori, rendendo sempre più necessaria la stesura di piani di gestione integrati, capaci di sfruttare le possibili sinergie, ridurre i trade-off negativi e garantire al contempo una buona disponibilità idrica, anche in termini qualitativi, e una migliore efficienza del comparto energetico, riducendone altresì gli impatti.

L'industria elettrica può, infatti, dare un contributo non trascurabile anche alla sostenibilità idrica, beneficiando al contempo di vantaggi per l'intero sistema. Lo sviluppo di sinergie tra i due settori, attraverso sistemi e soluzioni per il risparmio e il recupero dell'acqua, potrà permettere un'ottimizzazione nell'uso delle risorse. Questo favorirà anche la chiusura del ciclo idrico, dando effettiva attuazione ai principi dell'economia circolare. Nei prossimi capitoli si focalizzerà pertanto l'attenzione sul ruolo del settore elettrico e su alcuni temi specifici, come la desalinizzazione, le relazioni tra idroelettrico, accumuli e agricoltura.

## Parte II - Il ruolo dell'industria elettrica

### 1. Una nuova visione dell'acqua e dei suoi possibili impieghi

I diversi comparti di utilizzo dell'acqua, come visto nella Parte I, stanno evolvendo nella direzione di gestioni più efficienti, anche trainate dagli indirizzi di policy internazionali ed europei. Allo stesso tempo, per far fronte ai mutamenti climatici in atto, sono sempre più necessarie infrastrutture resilienti, nonché sinergie e collaborazioni tra i vari soggetti coinvolti: dalle utility alle imprese industriali e agli agricoltori, dalle istituzioni alle comunità<sup>58</sup>.

Nello specifico caso del settore energetico, gli impatti del climate change possono essere molteplici (Figura 1.1). Tra questi, la scarsità di acqua può limitare sia la produzione di bio-carburanti che la generazione idroelettrica. Nel 2015, ad esempio, Brasile e Zambia hanno dovuto ridurre drasticamente la produzione elettrica a causa della limitata disponibilità della risorsa idrica. Il primo ha quindi puntato verso una più alta generazione dalle altre fonti rinnovabili oltre che da quelle fossili<sup>59</sup>, mentre il secondo nel marzo dello stesso anno ha sofferto un deficit elettrico complessivo di circa 560 MW, equivalente a circa un quarto della capacità nazionale, poi salito a 986 MW in settembre<sup>60</sup>.

**Figura 1.1 Climate change: potenziali impatti negativi per il settore energetico**

Tipo di impatto	Tecnologie/Settori	Potenziali impatti
Variazioni della temperatura	Bio-carburanti	Danni al raccolto e domanda idrica più elevata per l'irrigazione.
	Idroelettrico	Calo della capacità di generazione.
	Solare FV	Calo della capacità di generazione.
	Termoelettrico (carbone, CSP, geotermico, gas naturale, nucleare)	Calo della capacità di generazione. Riduzione dell'efficienza nella fase di generazione. Riduzione dell'efficienza nella fase di trasmissione. Aumento della domanda idrica per il raffreddamento.
Disponibilità e temperatura dell'acqua	Bio-carburanti	Calo della produzione agricola.
	Idroelettrico	Calo della capacità di generazione.
	Termoelettrico	Calo della capacità di generazione.
Calo della ventosità	Eolico	Calo della capacità di generazione.
Inondazioni e aumento del livello dei mari	Bio-carburanti	Per tutte le tecnologie: danni alle infrastrutture e maggiori possibilità si verifichino black out.
	Idroelettrico	
	Solare FV	
	Eolico	
	Termoelettrico	
Maggior incidenza di eventi climatici estremi	Bio-carburanti	Per tutte le tecnologie: danni alle infrastrutture e maggiori possibilità si verifichino black out; calo della capacità di trasmissione e aumento del picco della domanda di elettricità (peak electricity demand).
	Idroelettrico	
	Solare FV	
	Eolico	
	Termoelettrico	

Fonte: EPSA e WBCS

<sup>58</sup> World Bank Group e UN, *The potential of the blue economy. Increasing long-term benefits of the sustainable use of marine resources for small island, developing states and coastal least developed countries*, Washington, 2017.

<sup>59</sup> Nuaimy-Barker R., ODI, Oil Change International, *International Institute for Sustainable Development, G20 subsidies to oil, gas and coal production: Brazil*, 2015.

<sup>60</sup> IFC, *Public-Private Partnership stories. Scaling solar Zambia*, 2016 e Reuters, *Zambia electricity deficit rises to 985 MW*, articolo del 22 settembre 2015.

Allo stesso modo, l'aumento della temperatura dei corpi idrici usati per il raffreddamento degli impianti nucleari, a carbone, a gas, geotermici o CSP, porta ad un calo dell'efficienza del loro funzionamento e può ostacolare il soddisfacimento delle norme per la tutela della biodiversità. Entrambi i fattori possono a loro volta portare alla momentanea fermata delle centrali. Nel 2009, ad esempio, la Francia ha dovuto rinunciare a circa un terzo della sua capacità nucleare per rispettare i limiti di scarico termico<sup>61</sup>.

Da qui discende la necessità di una gestione integrata delle risorse idriche e dei loro impieghi. Nel settore elettrico le norme dovrebbero favorire l'evoluzione verso una maggiore resilienza agli impatti dei cambiamenti climatici, in modo tale da garantire sia l'*energy* che la *water supply security*. Questo risultato può essere ottenuto incrementando al contempo l'efficienza di impianti e processi e l'incidenza delle FER nel fuel mix<sup>62</sup>.

Nasce, dunque, l'esigenza di una nuova visione delle risorse idriche per l'industria elettrica: da elemento complementare per la gestione degli impianti a fattore chiave da includere in strategie integrate di sostenibilità e sicurezza del sistema elettrico.

## 2. Il contributo del comparto elettrico alla sostenibilità idrica

### 2.1. I benefici dell'idroelettrico per la tutela delle acque e del territorio

Nel 2015 più di metà dei fiumi e laghi europei non presentava un buono stato ecologico<sup>63</sup>. Diversi fattori sono alla base degli impatti negativi sulla situazione idromorfologica dei corpi idrici. Tra i principali, vi sono: lo sviluppo urbano, il drenaggio dei terreni in agricoltura, la navigazione nelle acque interne e la produzione di energia, compresa quella idroelettrica<sup>64</sup>.

Allo stesso tempo, l'hydro è considerato fondamentale sia per il raggiungimento dei target energetici europei, che per l'attuazione della Direttiva sulle Energie Rinnovabili. Nel 2011 in Europa si contavano circa 23.000 centrali idroelettriche, di cui solo il 9% avente grandi dimensioni ma con una produzione di energia pari all'87% di quella complessiva<sup>65</sup>. Le centrali, per ovvie ragioni, sono concentrate principalmente nelle aree montuose, ma gli effetti sul territorio si possono riscontrare anche nelle altre zone geografiche. I possibili impatti sull'ambiente possono includere:

- alterazioni fisiche dei corpi idrici;
- ostacoli alla migrazione e distribuzione delle specie animali;
- riduzione della capacità di sedimentazione dei corpi idrici;

<sup>61</sup> International Energy Agency (IEA), *Making the energy sector more resilient to climate change*, Parigi, 2015.

<sup>62</sup> United States Agency of International Development (USAID) e National Renewable Energy Laboratory (NREL), *Bridging climate change resilience and mitigation in the electricity sector through renewable energy and energy efficiency*, 2017.

<sup>63</sup> European Energy Agency (EEA), *European waters assessment of status and pressures 2018*, Copenhagen, 2018.

<sup>64</sup> Comunicazione della Commissione Europea *Verso una gestione sostenibile delle acque nell'Unione Europea*, rientrante nella prima fase di attuazione della Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE), COM (2007).

<sup>65</sup> Arcadis, *Hydropower generation in the context of the EU WFD*, studio commissionato dalla DG Ambiente della Commissione europea, 2011.

- variazioni delle portate fluviali causate dall'esercizio delle centrali (*hydropeaking*);
- mutamenti nello stato chimico e nella temperatura dell'acqua.

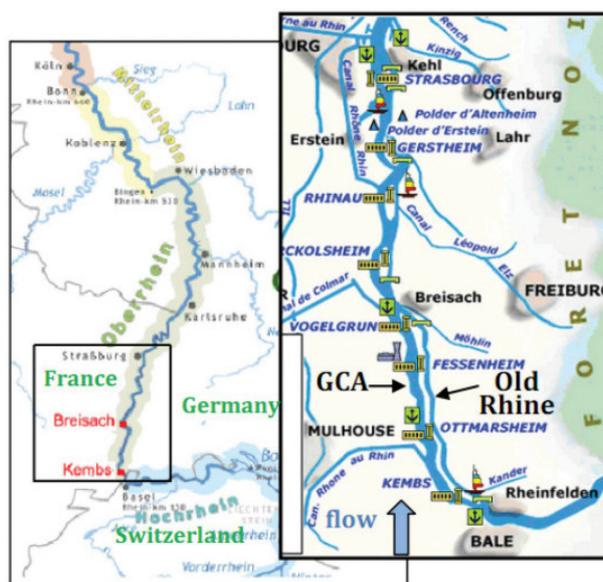
Il potenziale idroelettrico europeo, come anche quello italiano, è attualmente ben sfruttato e copre la quasi totalità delle zone migliori dal punto di vista tecnico ed economico. Rispetto alla costruzione di nuove centrali, la Commissione Europea ritiene quindi che ci si dovrebbe concentrare principalmente sul miglioramento dell'efficienza e dell'impronta ambientale di quelle esistenti, tenendo anche conto dei possibili effetti cumulativi su uno stesso bacino idrografico. Determinate misure, infatti, pur non generando da sole impatti rilevanti, potrebbero averne insieme ad altre, esistenti o previste. Si rende così necessaria l'adozione di piani integrati di sviluppo, capaci di tener conto dei diversi fenomeni in atto nei vari settori.

Già nel 2012, il *Piano per la salvaguardia delle risorse idriche* dell'UE, riconosceva il ruolo primario della pianificazione integrata, ritenendo che "particolare attenzione vada rivolta all'energia idroelettrica", rendendo necessario "dare priorità al rifacimento e all'ampliamento degli impianti esistenti rispetto all'installazione di nuovi impianti. Questi ultimi dovrebbero essere accompagnati da una valutazione strategica condotta a livello di bacino idrografico, selezionando le sedi più adatte in termini di produzione energetica e impatto ambientale minimo" (art. 4, par. 7). Tra i maggiori esempi di pianificazione integrata in Europa vi è quello che ha interessato la diga di Kembs in Francia (vedi Case study 4).

#### Case study 4 – Un approccio integrato: EDF e il progetto Kembs

La diga di Kembs devia dal 1932 l'acqua dal Reno al Gran Canale d'Alsazia (GCA), nel quale sono collocate quattro centrali (Kembs, Ottmarsheim, Fessenheim e Vogelgrun), costruite tra il 1932 e il 1954, aventi insieme una capacità di 630 MW e una produzione annua di 3.760 GWh (Figura E). Il Vecchio Reno, corso d'acqua situato a valle della diga è lungo 50 km e ha subito importanti modifiche a seguito dei lavori condotti, già a partire dal XIX secolo, per la navigazione, la protezione dalle esondazioni e la costruzione della diga stessa.

**Figura E. Localizzazione del Vecchio Reno, tra la diga di Kembs e quella di Breisach**



Fonte: Garnier A., Barillier A., *The Kembs project: environmental integration of a large existing hydro-power scheme*, Parigi, 2015.

*Tutto questo ha generato anche forti impatti sia sul piano ecologico che su quello della biodiversità. Nel complesso, il sistema idroelettrico di Kembs coinvolge tre nazioni: Francia, Germania e Svizzera, ognuna avente propri regolamenti e politiche di gestione dell'ambiente.*

*EDF ha finanziato e costruito la centrale elettrica e la diga nell'ambito di un contratto di concessione stipulato con il Governo francese, che rimane comunque proprietario delle infrastrutture. Nel 2007 tale contratto è scaduto, lasciando tuttavia l'ambiente interessato ad un livello subottimale sia sul piano ecologico, che su quello della biodiversità.*

*Per ottenere il rinnovo del contratto e seguire le politiche ambientali francesi, EDF ha così deciso di attuare un progetto ambientale integrato, invece di sole misure di impatto/mitigazione, con l'attuazione contemporanea di azioni complementari per l'ambiente sui piani acquatico, rivierasco e terrestre, in modo da beneficiare delle possibili sinergie.*

*Il progetto è oggi il più grande in Europa di questo tipo e, in tale ambito, le principali misure, implementate a partire dal 2010, sono state:*

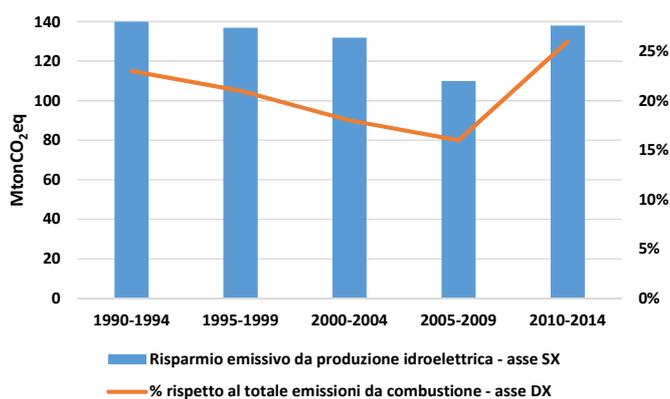
- *la costruzione di una connessione acquatica tra il GCA e un sistema di stagni e corsi d'acqua situato nell'area protetta della Petite Camargue Alsacienne (PCA), allo scopo di creare un nuovo habitat per la fauna;*
- *la realizzazione di un canale nella riva destra della diga di Kembs, destinato ad ospitare vari mammiferi acquatici e rettili. Questo segue il canale di scolo parallelo al Vecchio Reno e permette alla fauna di spostarsi a monte e a valle della diga;*
- *l'aumento del flusso volumetrico, con la conseguente diminuzione di elettricità generata. Problematica in parte affrontata mediante la costruzione di un nuovo piccolo impianto idroelettrico, inaugurato nel 2016 e con una capacità di circa 8,4 MW, che ha permesso di recuperare il 20% dell'energia persa;*
- *la creazione di un nuovo corso d'acqua, tra il nuovo impianto hydro presso la diga di Kembs e la vicina area del Vecchio Reno, in un vecchio letto del Reno che, negli ultimi quarant'anni, è stato destinato all'agricoltura.*

Nonostante le criticità ricordate e la conseguente necessità di ridurre alcuni impatti, l'idroelettrico può produrre significativi benefici. Molteplici possono, infatti essere le ricadute positive derivanti dalla presenza di questi impianti sul territorio.

I principali possono essere sintetizzati nei seguenti:

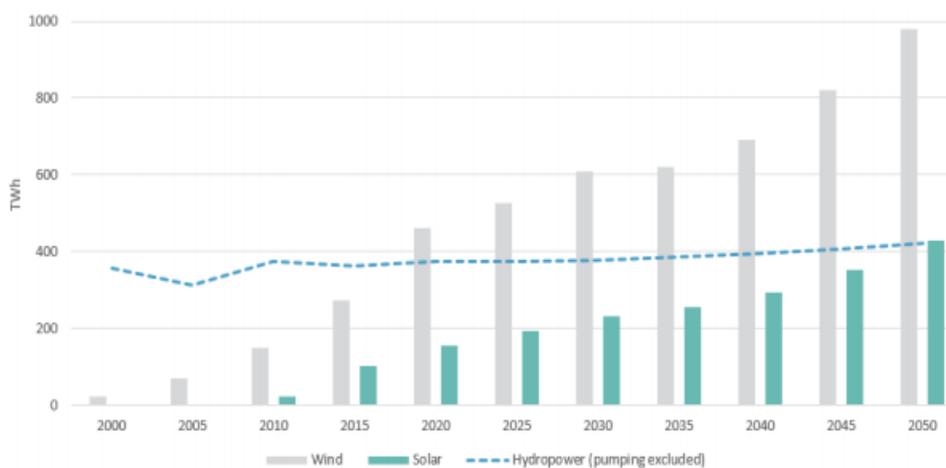
- **riduzione delle emissioni dei gas ad effetto serra.** L'idroelettrico è considerato una delle tecnologie aventi le emissioni più basse nel corso dell'intero ciclo di vita. Di conseguenza, grazie alla disponibilità e ai costi competitivi che lo caratterizzano, anche in Italia, l'idroelettrico è largamente usato per l'abbattimento delle emissioni, avendo contribuito mediamente, tra 2010 e 2014, al 26% di quelle dell'intero settore energetico nazionale (Figura 2.1). Il 2014, in particolare, è stato un anno piuttosto favorevole: mentre la generazione complessiva è stata di 58,5 TWh<sup>66</sup>, l'hydro ha permesso di abbattere circa il 31% delle emissioni del settore energetico nazionale, corrispondenti a 28,2 MtonCO<sub>2</sub>eq.

<sup>66</sup> Si fa riferimento al valore della produzione naturale rinnovabile e non della produzione totale comprendente anche il contributo dei pompaggi.

**Figura 2.1 L'idroelettrico e le emissioni del settore elettrico**


Fonte: elaborazioni Althesys su dati Assoelettrica, ISPRA e Terna

- integrazione delle Fonti Rinnovabili Non Programmabili (FRNP) nel fuel mix.** La generazione elettrica da FRNP, infatti, può rendere problematica l'attività dei gestori delle reti sia durante la programmazione che nella fase di bilanciamento. Un'aumentata incidenza di tali tipologie nel mix comporta dunque anche maggior complessità. I sistemi elettrici, per incrementare il peso delle FRNP, devono perseguire i seguenti obiettivi:
  - avere flessibilità sia nella generazione che nella gestione della domanda residua, poiché l'energia da FRNP non sempre coincide con quella richiesta dalla rete.
  - disporre di una capacità stabile e modulabile, che possa attivarsi velocemente, con rampe di prese di carico (a salire o a scendere) in tempo reale, allo scopo di bilanciare mutamenti improvvisi nella produzione da FRNP, correggendo, tramite i servizi ancillari, gli errori di previsione rispetto ai programmi di vendita nei mercati MGP, MI o del bilanciamento.
  - avere una capacità di accumulo che possa garantire l'adeguatezza del sistema e bilanciare la volatilità della generazione FRNP nel tempo (settimane o mesi), evitando anche eventuali tagli, per problemi di sicurezza, alla generazione da FER.

**Figura 2.2 Evoluzione impiego FRNP: storici (2000-2016) e attesi negli EU28**


Fonte: Eurelectric e VGB

L'idroelettrico può soddisfare tutti e tre le caratteristiche elencate in modo efficiente. Dal 2000, infatti, negli EU28 l'integrazione di eolico e fotovoltaico è aumentata anche grazie al bilanciamento offerto dagli impianti hydro e, nonostante la generazione di questi sia oggi stabile, si prevede che il loro ruolo tenderà ad aumentare in futuro (Figura 2.2).

Si deve ricordare, inoltre, che l'esistenza di grandi bacini di accumulo (con la presenza o meno di sistemi di pompaggio) permette agli impianti hydro di ottimizzare la generazione da FER anche nel lungo periodo.

- **aumento della quota rinnovabile nel mix elettrico.** Il rinnovamento del parco idroelettrico esistente permetterebbe di raggiungere in modo più efficiente gli obiettivi di generazione rinnovabile. La Comunicazione *Energy Roadmap 2050* della Commissione Europea del 2011, infatti, mostra i possibili scenari di evoluzione del sistema e sostiene che, per promuoverne il più alto livello di sostenibilità, si debba raggiungere un peso di FER sul mix elettrico tra l'80% e il 95% entro il 2050. Diverse nazioni hanno inoltre intrapreso percorsi paralleli sempre più ambiziosi. Tra queste, ad esempio, la Danimarca si propone di raggiungere il 100% della generazione da rinnovabili entro il 2050, mentre Francia e Germania puntano ad una riduzione delle emissioni tra l'80% e il 95% entro il 2050.

Se anche l'Italia decidesse di perseguire una strategia di medio-lungo periodo in tal senso, si stima che il contributo del comparto idroelettrico rinnovato potrebbe portare ad una generazione aggiuntiva di 0,9 TWh al 2020 e di 4,4 TWh al 2030. Di contro, la mancanza di policy per il settore potrebbe comportare cali della produzione rispetto ai valori attuali intorno ai 7,7 TWh al 2020 e ai 6 TWh al 2030.<sup>67</sup>

- **contributo alla sicurezza del sistema.** I grandi impianti idroelettrici ad accumulo, ossia aventi potenza superiore a 10 MVA, consentono al TSO di bilanciare il sistema in modo più efficace ed efficiente rispetto agli impianti termoelettrici tradizionali. La capacità di accumulare energia e la velocità nel modulare quella generata rendono infatti l'hydro estremamente flessibile. Basti pensare, ad esempio, che l'impianto di Grand'Maison in Francia può accendersi e arrivare ad una potenza di 1.800 MW in soli 3 minuti.
- **benefici per l'ambiente e per il territorio.** In molti casi, dighe e bacini costruiti per alimentare impianti hydro sono stati in seguito impiegati anche con altre finalità, contribuendo a generare benefici in settori diversi da quello energetico. In Italia, la normativa relativa all'uso plurimo dell'acqua stabilisce che Regioni e Province (nel caso di Trento e Bolzano) siano responsabili della definizione e attuazione delle politiche di *water management* sul territorio<sup>68</sup>.

Nel complesso, gli ulteriori benefici ottenibili possono essere raggruppati in due categorie:

- servizi a favore dell'ambiente, come ad esempio: controllo della siccità, contenimento dei rischi relativi al dissesto idrogeologico, stabilizzazione delle falde, ossigenazione e

<sup>67</sup> Althesys, *L'idroelettrico crea valore per l'Italia. Scenari e proposte di policy per ammodernare e valorizzare il parco idroelettrico italiano*, Milano, 2017.

<sup>68</sup> Art. 12 del D. Lgs. del 16 marzo 1999, n. 79 ("Decreto Bersani") in combinato disposto con il D. Lgs. 112/98 e con il DCPM del 12 ottobre 2000, che affidano la gestione del demanio idrico alle Regioni.

riduzione della temperatura dell'acqua, pulizia delle acque, gestione dei sedimenti e degli ecosistemi;

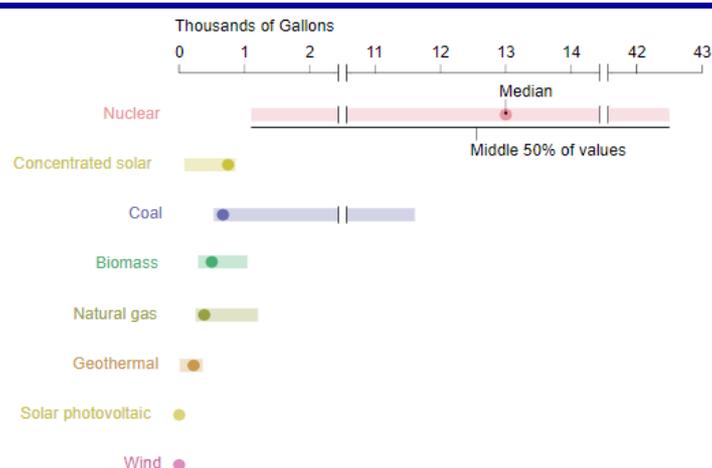
- o benefici connessi con la promozione dello sviluppo economico del territorio, tra cui: il supporto alla navigazione e/o al trasporto, i prelievi per gli usi potabili, l'irrigazione delle colture, gli impieghi industriali, il turismo e l'acquacoltura.

In linea generale, i possibili benefici ottenibili dai bacini idroelettrici saranno sempre più importanti nell'ambito degli impatti dei mutamenti climatici, rendendo necessaria una gestione delle risorse idriche maggiormente interdipendente e condivisa. Nelle zone mediterranee, ad esempio, questi garantiscono un livello stabile delle acque nel corso dell'anno, rendendole disponibili anche nei periodi di siccità. In caso di incendi, inoltre, i serbatoi di accumulo possono permettere agli aerei di caricarsi di acqua e favorirne lo spegnimento. Nelle aree alpine, invece, i bacini possono essere impiegati per gestire il livello dei fiumi in caso di piene, evitando così possibili alluvioni.

## 2.2. Le rinnovabili e la riduzione dei consumi idrici

Le rinnovabili, come visto nella Parte I, possono contribuire anche sensibilmente alla riduzione dei consumi idrici nella produzione di energia elettrica, rendendo disponibili quantitativi più elevati di acqua per altri usi. Se consideriamo, ad esempio, i prelievi idrici per generare 1 MWh di elettricità richiesti da alcune delle principali tecnologie (Figura 2.3), possiamo osservare che il nucleare è quella che ne richiede maggiormente, intorno ai 13.000 galloni<sup>69</sup>. A seguire troviamo i sistemi a concentrazione solare, quelli a carbone, a gas naturale e a biomassa.

**Figura 2.3 Prelievi idrici per produrre 1 MWh di elettricità per tecnologia**



Fonte: Macknick J. et al.

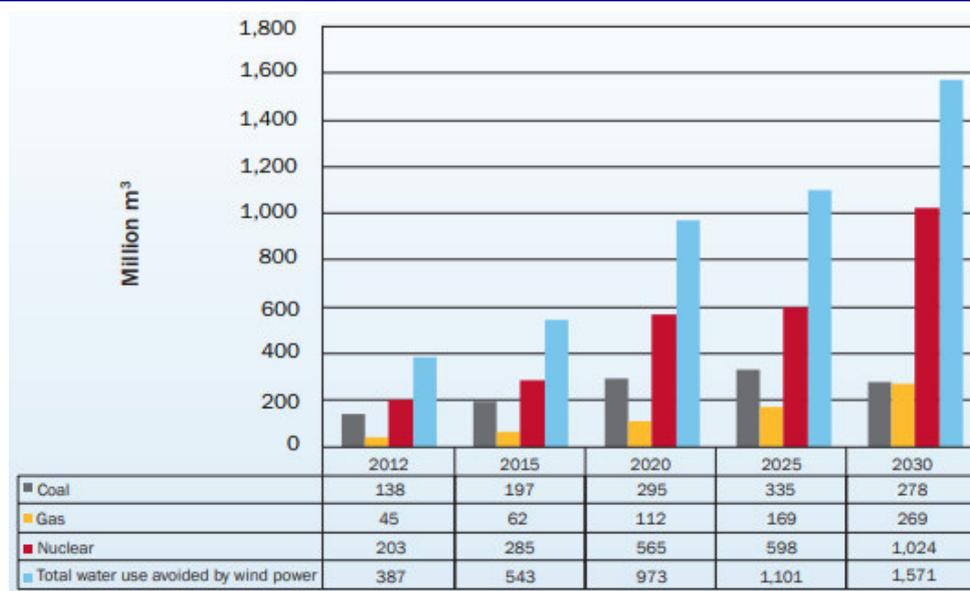
Con il processo di raffreddamento degli impianti, parte dell'acqua evapora, mentre altra parte torna all'ambiente. Quest'ultima, tuttavia, ha una temperatura più elevata e può essere contaminata da sostanze chimiche, con impatti negativi per gli ecosistemi.

<sup>69</sup> 1 gallone è pari a 3,78541 litri.

Fotovoltaico ed eolico ne richiedono invece i quantitativi più bassi.<sup>70</sup>

Nel caso dell'eolico, infatti, si stima che il suo impiego negli EU28 abbia permesso nel 2012 di evitare l'uso<sup>71</sup> di 387 milioni di m<sup>3</sup> di acqua (Figura 2.4), corrispondenti all'uso idrico medio annuale di circa 7 milioni di cittadini europei<sup>72</sup>. La *Roadmap 2050* della Commissione Europea, inoltre, prevedeva che la generazione da eolico sarebbe stata tra i 313 TWh (nello scenario *Current Policy Initiatives*) e i 331 TWh (in quello *High Renewables*) al 2015 fino ad arrivare a valori compresi tra gli 807 e i 1.198 TWh al 2030.

**Figura 2.4** Uso di acqua evitato grazie all'eolico (*High Renewables Scenario*)



Fonte: EWEA e Commissione Europea

Assumendo che nel periodo 2012-2030, l'eolico riduca l'energia da fonti fossili e nucleare, il consumo idrico vedrebbe una riduzione annuale compresa tra i 514 e i 543 milioni di m<sup>3</sup> al 2015 ed una tra gli 1,22 e gli 1,57 miliardi di m<sup>3</sup> al 2030<sup>73</sup>.

Un impiego più elevato di fotovoltaico ed eolico nel fuel mix, unitamente ad una scelta appropriata dei sistemi di raffreddamento, può ridurre anche sostanzialmente sia le emissioni che il consumo di acqua. Tale soluzione è stata auspicata, ad esempio, per migliorare le performance del settore energetico sia in Cina che in India.

La **Cina** si è posta l'obiettivo di portare il suo consumo primario di energia da fonti non fossili dall'11,2% nel 2014, al 20% entro il 2030, principalmente puntando su fotovoltaico ed eolico. In particolare, si stima che l'aumento del peso di tali rinnovabili insieme alla scelta adeguata

<sup>70</sup> Tali stime, in ogni caso, tengono conto delle sole operazioni per la produzione di energia elettrica, escludendo quelle per l'ottenimento delle materie prime, che può essere sostanziale.

<sup>71</sup> Con il termine "uso" si fa qui riferimento all'insieme di prelievi (intesi come acqua estratta temporaneamente e poi restituita ad una specifica fonte) e di consumi idrici (acqua prelevata perennemente, in genere poi evaporata o trasferita ad un altro corpo idrico) nell'ambito della generazione di energia elettrica.

<sup>72</sup> EWEA (ora WindEurope), *Saving water with wind energy*, Bruxelles, 2014.

<sup>73</sup> EWEA (ora WindEurope), *Saving water with wind energy*, Bruxelles, 2014.

delle tecnologie di raffreddamento porterà, entro il 2030, ad un calo del consumo di acqua del 42% e ad uno delle emissioni del 37% nel settore energetico rispetto ai valori del 2014.<sup>74</sup>

L'**India** punta invece ad incrementare fino al 40% l'incidenza delle rinnovabili nella sua capacità entro il 2030, con un target intermedio di 175 GW di rinnovabili installate al 2022, di cui 100 GW di fotovoltaico e 60 GW di eolico. Perseguendo tali obiettivi, si stima che il prelievo idrico per la generazione di energia (escludendo l'idroelettrico) al 2030 possa essere ridotto fino all'84%, il consumo fino al 25% e le emissioni fino al 43% rispetto al 2014.<sup>75</sup>

### 2.3. Il ruolo del termoelettrico e le politiche di water saving

Gli impianti termoelettrici possono essere alimentati da fonti fossili diverse (carbone, gas o uranio), ma richiedono sempre acqua per il loro funzionamento. Il vapore da questa ottenuto è impiegato per far girare le turbine che attraverso i generatori producono elettricità. La temperatura necessaria per la generazione elettrica varia a seconda del tipo di combustibile usato. In seguito, il calore deve essere dissipato nei sistemi di raffreddamento, che utilizzano la porzione maggiore di acqua dell'intero sistema.

In linea generale, le centrali nucleari necessitano dei quantitativi più elevati per MWh di elettricità generata. Ciò è facilmente osservabile considerando, ad esempio, i dati delle centrali termoelettriche situate lungo il fiume Ebro in Spagna tra 1969 e 2015 (vedi Case study 5).

Eventuali politiche di *water saving* devono dunque focalizzarsi innanzitutto sulla scelta del tipo di impianto più adatto e del suo sistema di raffreddamento, tenendo conto dello specifico contesto geografico. Anche per gli impianti esistenti, i miglioramenti più significativi possono essere ottenuti sostituendo o migliorando la tecnologia di raffreddamento.

- Le tecnologie *Dry Cooling* (DC) impiegano ventole per muovere il calore attraverso una superficie che separa il fluido di raffreddamento circolante dall'aria, secondo il principio della convezione termica<sup>76</sup>. Prelievi e consumi idrici non sono in genere richiesti, ma temperatura e livello di umidità dell'ambiente esterno sono fattori importanti che influenzano l'efficienza dei processi. Nonostante i DC siano meno efficienti se posti in impianti situati in aree dal clima tropicale e secco, se ne possono qui trovare numerosi esempi (per lo più in Cina, Marocco, Sud Africa e nel Sud-Ovest degli Stati Uniti), grazie alla resilienza che offrono contro la siccità.
- Nei sistemi *Once-Through* (OT) l'acqua prelevata è usata come fluido di raffreddamento e restituita all'ambiente dopo un solo impiego, senza che subisca così particolari variazioni nella sua composizione. I consumi idrici nell'impianto sono piuttosto ridotti, ma possono

<sup>74</sup> China Water Risk e IRENA, *Water use in China's power sector: impact of renewables and cooling technologies to 2030*, 2016.

<sup>75</sup> IRENA e WRI, *Water use in India's power generation. Impact of renewables and improved cooling technologies to 2030*, 2018.

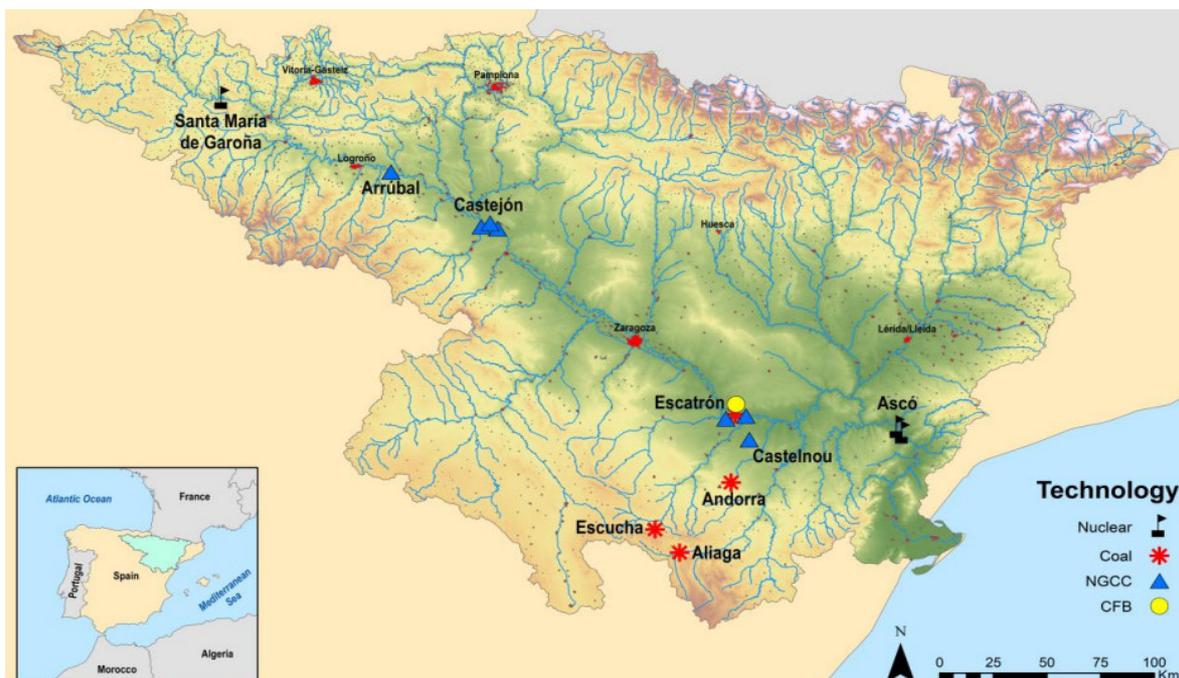
<sup>76</sup> Si ha quando un fluido (liquido o gas) entra in contatto con un corpo avente temperatura superiore alla sua. Per la seconda legge della termodinamica, il calore è trasferito dal corpo più caldo a quello più freddo. Il fluido a contatto con l'oggetto si riscalda e si espande, mentre la sua densità diminuisce. Divenendo meno denso del fluido che lo circonda che è più freddo, per la Spinta di Archimede, il fluido caldo sale verso l'alto e quello freddo scende verso il basso.

avvenire indirettamente a seguito dell'evaporazione dovuta all'incremento della temperatura del corpo d'acqua. Di conseguenza, l'acqua marina è tra le fonti maggiormente impiegate dalle centrali nucleari e da quelle a carbone situate presso la costa.

- Le *Wet Tower* (WT) si basano sul principio del raffreddamento evaporativo o adiabatico. In altre parole, l'acqua prelevata circola all'interno del sistema e, a contatto con l'aria da raffreddare, evapora in parte lasciando il sistema. Ad ogni uso, la porzione rimasta in circolo vede una concentrazione sempre più alta di minerali e contaminanti. Per ripristinare la composizione adeguata, parte dell'acqua viene scaricata e ne viene aggiunta di nuova (detta "makeup water"), anche per compensare quella persa per evaporazione. Il consumo idrico dipende dal numero di volte in cui l'acqua prelevata può essere reimpiegata, a sua volta influenzato dal contenuto iniziale di sali e minerali della risorsa.
- Gli *Hybrid Cooling* (HC) hanno prestazioni nel trasferimento di calore simili ai WT e, come i DC, non modificano le risorse idriche nella loro composizione. In condizioni ottimali, infatti, l'acqua è prelevata un'unica volta e rimane in in circolo senza venire mai a contatto con l'ambiente, minimizzando così le perdite.<sup>77</sup>

### Case study 5 – Termoelettrico e acqua: il caso del fiume Ebro in Spagna

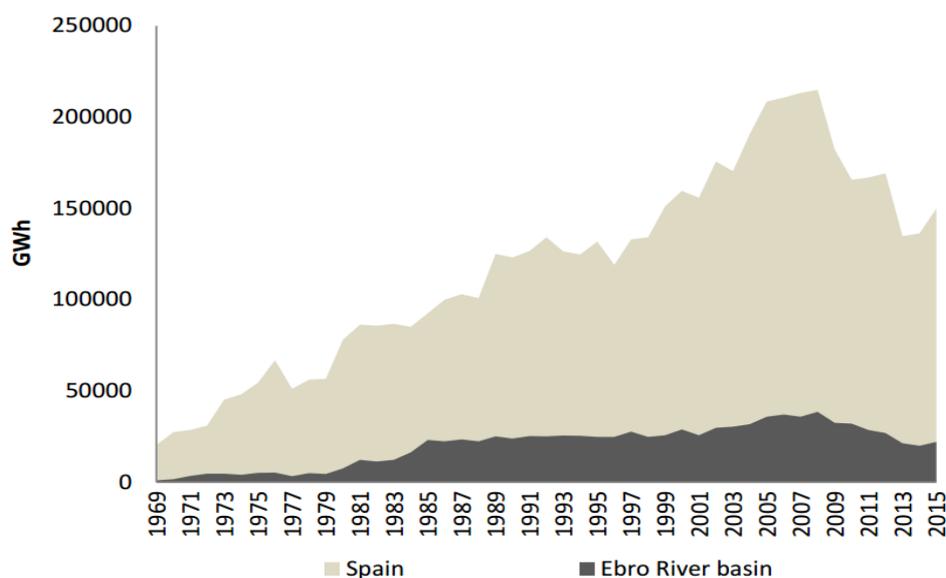
**Figura F. Il bacino idrologico dell'Ebro e gli impianti termoelettrici tra 1950 e 2017**



Fonte: Sesma-Martin D.

Il bacino idrologico del fiume Ebro (Figura F) è di fondamentale importanza per il sistema elettrico spagnolo. Si stima, infatti, nel 2015 circa il 15% della generazione termoelettrica nazionale (intorno ai 22.131 GWh) ne sfruttasse le risorse idriche. La percentuale era anche più elevata qualche anno prima, quando l'impianto nucleare Garoña era ancora attivo (Figura G).

<sup>77</sup> Pan. S., Snyder S., Packman A., Lin Y., Chiang P., *Cooling water use in thermoelectric power generation and its associated challenges for addressing water-energy nexus*, 2018 e UN Water, *Water and energy. Volume 1*, Parigi, 2014.

**Figura G. Evoluzione produzione termoelettrica nel bacino dell'Ebro e in Spagna, 1969-2015**

Fonte: Sesma-Martín D.

Tra il 1969 e il 2000, la produzione termoelettrica nell'area è cresciuta di quasi 30 volte, passando da circa 989 a 28.886 GWh. Il bacino ha ospitato solo impianti a carbone fino al 1971, quando è entrata in funzione la centrale nucleare Garoña, poi seguita dalle due Ascó. Nel 2002 è divenuto operativo anche il primo impianto a gas a ciclo combinato.

**Figura H. Dati impianti termici nel bacino dell'Ebro e in Spagna, 1969-2015**

Impianto termico	Tecnologia	Capacità installata (MW)	Sistema di raffreddamento	Prelievi idrici (m <sup>3</sup> /MWh)	Consumi idrici (m <sup>3</sup> /MWh)	Anni operatività
Aliaga	Carbone	45	WT	3,80	2,60	1952-1981
Andorra		1.101,40	WT	2,31	1,11	1953-1987
Escatrón		172,50	OT	137,60	0,95	dal 1979
Castejón 1	NGCC	429,24	WT	1,35	0,97	dal 2002
Castejón 2		386,10	WT	1,72	0,97	dal 2003
Castejón 3		426,11	WT	1,50	1,00	dal 2008
Arrúbal		800	WT	1,72	0,57	dal 2005
Escatrón Peaker		277	WT	0,97	0,78	dal 2007
Escatrón		818	WT	0,97	0,78	dal 2008
Sta. María Garoña		Nucleare	466	OT	154,13	1,02
Ascó (unità I e II)	1.032,5 (unità I) e 1.027,21 (unità II)		WT (sia unità I che unità II)	103,58	1,04	dal 1984 (unità I) e dal 1986 (unità II)

Fonte: Sesma-Martín D.

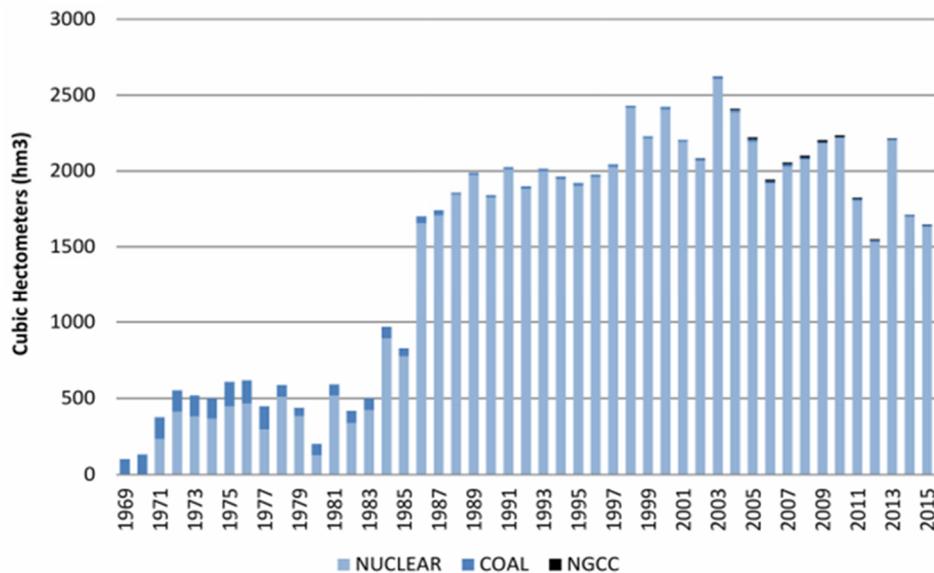
Se si considerano gli impianti termici attivi tra 1969 e 2015, i cui dati generali sono riportati in Figura H, è possibile osservare che:

- le tecnologie di raffreddamento impiegate dagli impianti considerati sono essenzialmente OT e WT (anche se i due impianti situati nelle aree più aride, Castelnou e Escucha, usano DC<sup>78</sup>).
- nel complesso, le centrali nucleari sono responsabili della maggior parte dei prelievi idrici (Figura I), corrispondenti ad oltre il 60% a partire dal 1971.

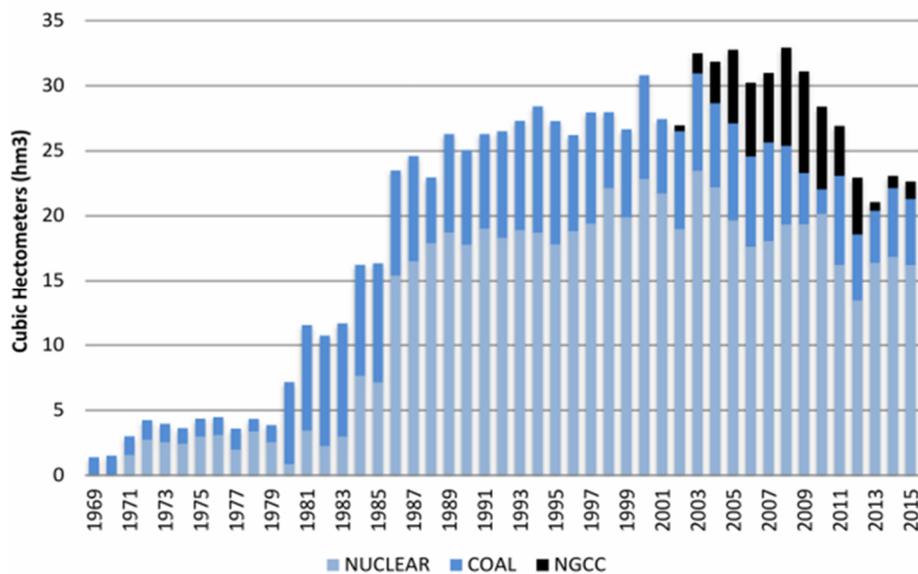
<sup>78</sup> Non considerati nell'analisi dei prelievi e consumi idrici in quanto, impiegando pochissima o nessuna acqua, i loro dati sono poco rilevanti.

**Figura I. Prelievi e consumi idrici impianti termici nel bacino dell'Ebro, 1969-2015**

**Evoluzione prelievi idrici (hm<sup>3</sup>)**



**Evoluzione consumi idrici (hm<sup>3</sup>)**



Fonte: Sesma-Martín D.

Il termoelettrico vede oggi un passaggio da sistemi OT ad altre tipologie, per lo più WT e DC, o anche l'uso di OT unito a torri di raffreddamento. L'elevato prelievo idrico degli OT e il successivo scarico a temperature più alte può causare danni sensibili agli ecosistemi, tanto che in California, ad esempio, l'uso di tale tecnologia è stato vietato<sup>79</sup>.

In questo contesto, un caso interessante è quello dell'India. Come noto, è un Paese in rapida crescita che, tuttavia, da diversi anni si trova ad affrontare crescenti problematiche relative alle risorse idriche. Queste sono infatti sovrasfruttate, con il conseguente inasprimento della competizione tra diversi settori per il loro utilizzo. Nel comparto energetico, in particolare, si

<sup>79</sup> World Nuclear News, *California moves to ban once-through cooling*, articolo del 6 maggio 2010.

stima che nel 2016 gli *shutdown* legati alla carenza di acqua abbiano causato la perdita di circa 14 TWh di elettricità non generata, corrispondenti all'energia consumata in un anno da tutta l'area Nord-orientale dell'India<sup>80</sup>.

Per far fronte alla situazione nel dicembre 2015 il Ministero indiano dell'Ambiente, della Foresta e del Cambiamento Climatico (*Ministry of Environment, Forest and Climate Change, MoEF & CC*) ha pubblicato le seguenti regole da applicare sul territorio nazionale:

- tutte le centrali termoelettriche che impiegano sistemi di raffreddamento OT sono tenute ad installare torri di raffreddamento e a raggiungere un consumo di acqua di 3,5 m<sup>3</sup> per ciascun MWh di elettricità generata entro dicembre 2017.
- tutti gli impianti esistenti che già usano torri di raffreddamento devono ridurre il proprio consumo idrico fino ad un massimo di 3,5 m<sup>3</sup> per ciascun MWh di elettricità generata entro dicembre 2017.
- i nuovi impianti, entrati in funzione dopo il 1° gennaio 2017, devono avere un consumo idrico di 2,5 m<sup>3</sup> per ciascun MWh di elettricità generata (valore poi portato a 3 m<sup>3</sup>/MWh da una successiva notifica del MoEF & CC di ottobre 2017), senza alcuno scarico di acqua.

Per soddisfare tali requisiti, i gestori degli impianti sono dunque tenuti a migliorare i propri sistemi di raffreddamento, con ricadute significative per il settore elettrico e per quello idrico.

In tale quadro, sarà sempre più importante considerare gli impatti dei mutamenti climatici. In Europa, ad esempio, la possibilità che nei mesi estivi si verifichino intense ondate di calore è oggi dieci volte superiore rispetto ad un secolo fa<sup>81</sup>. Anche nell'estate 2019, le problematiche derivanti dall'ondata di caldo che ha interessato l'Europa hanno avuto ripercussioni significative sui sistemi elettrici dei singoli Stati membri. In Francia, ad esempio, l'utility EDF è stata costretta a sospendere temporaneamente l'attività di quattro centrali nucleari<sup>82</sup> (due delle quali hanno insieme una capacità di circa 2,6 GW<sup>83</sup>), a causa della mancanza dell'acqua necessaria per il raffreddamento. Allo stesso modo, per limitare l'aumento della temperatura dei corsi idrici adiacenti, anche la Germania ha deciso la momentanea chiusura di un impianto nucleare a Grohnde, nella Bassa Sassonia (1,43 GW)<sup>84</sup>.

Alla luce di questi eventi, sarà opportuno definire, anche a livello europeo e italiano, politiche volte ad ottimizzare gli impatti della generazione termoelettrica per preservare le risorse idriche e, al contempo, a garantire la sicurezza del sistema elettrico nel contesto dei mutamenti climatici in corso.

---

<sup>80</sup> IRENA e WRI, *Water use in India's power generation. Impact of renewables and improved cooling technologies to 2030*, 2018.

<sup>81</sup> Van Oldenborgh G. J., Philip S., Kew S. (KNMI), Vautard R., Boucher O. (IPSL Paris), Otto F., Haustein K. (University of Oxford), Soubeyrou J., Ribes A., Robin Y. (Météo France), Seneviratne S. I., Vogel M. M. (ETH Zürich), Stott P. (UK Met Office), Van Aalst M. (ITC/University of Twente and Red Cross Red Crescent Climate Centre), *Human contribution to the record-breaking June 2019 heat wave in France*, 2019.

<sup>82</sup> RFI e Hird A., *France's nuclear electricity production 'threatened by heatwaves'*, articolo del 26 luglio 2019.

<sup>83</sup> Fernández Thévoz L., *French heatwave warning as EDF to shut 2.6 GW of capacity*, articolo di Montel del 22 luglio 2019.

<sup>84</sup> DPA International, *Nuclear plant in Germany to be temporarily shut down due to heat*, articolo del 25 luglio 2019.

## 2.4. Le agroenergie

La produzione di energia da biomasse di origine agricola o forestale, “agroenergia” o “bioenergia”, comprende processi che, partendo da input anche piuttosto diversi (per esempio coltivazioni dedicate, deiezioni animali, residui agricoli, etc.), permettono di ottenere elettricità, calore o biocarburanti.

Le “biomasse” sono definite dal D. Lgs. 28/2011, che recepisce la Direttiva 2009/28/CE, come *“la frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui di origine biologica provenienti dall’agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, comprese la pesca e l’acquacoltura, gli sfalci e le potature provenienti dal verde pubblico e privato, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani”*.

La disponibilità e la qualità dell’acqua sono oggi considerati due temi molto importanti nel comparto delle agroenergie sebbene l’entità dei consumi vari molto a seconda del tipo di biomassa. I residui e i sottoprodotti dell’agricoltura, ad esempio, possono mitigare gli impatti idrici e sul suolo. In tal caso, infatti, l’acqua impiegata per coltivare il cibo coincide con quella che ha prodotto la biomassa. Di contro, se sono impiegate colture dedicate, il consumo idrico può essere consistente, a seconda del tipo prodotto, del clima dell’area e delle tecnologie usate. In linea generale, l’irrigazione è la fase più critica, sia in termini di consumi che di impatto ambientale sulle fonti idriche (per esempio derivante dall’uso di pesticidi).

Per compiere scelte adeguate, è quindi essenziale valutare l’acqua richiesta per la coltivazione di una specifica coltura e, a tale scopo, è generalmente impiegata la cosiddetta *water footprint* (WFP). Si tratta di “un indicatore del consumo di acqua dolce che include sia l’uso diretto che indiretto di acqua da parte di un consumatore o di un produttore”<sup>85</sup>, il cui calcolo si basa sulla somma di tre componenti<sup>86</sup>:

- *blue water* si riferisce al volume di acqua prelevato da torrenti, laghi, acquiferi, etc. che evapora a seguito delle fasi produttive (nello specifico caso delle coltivazioni agricole, dell’irrigazione);
- *green water* indica la quantità di acqua piovana evaporata dal terreno durante la produzione (in agricoltura, la crescita delle colture);
- *grey water* è invece l’ammontare di acqua al termine dei processi produttivi, che può quindi risultare inquinata o di qualità inferiore.

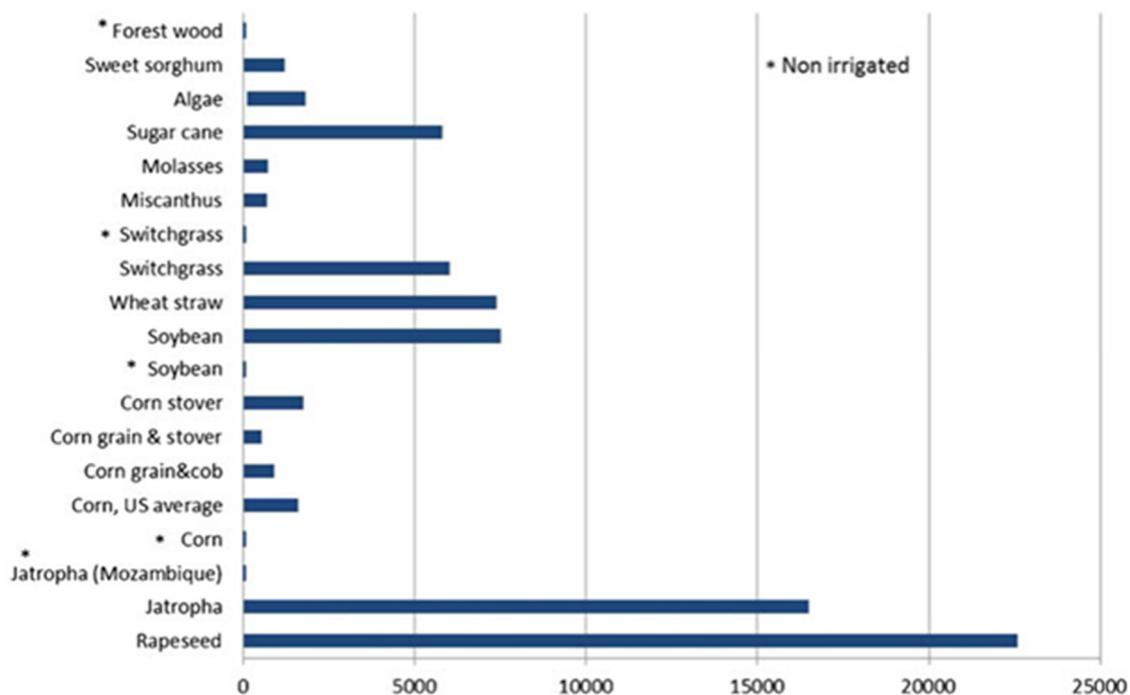
Le coltivazioni ricevono dunque *blue water* mediante irrigazione e *green water* a seguito delle piogge. Di conseguenza, è importante specificare l’anno a cui la WFP si riferisce, poiché questa non rimane invariata nel tempo. Tra i fattori che possono influenzare maggiormente la WFP vi sono la tipologia di coltura e il clima della regione geografica considerata (Figura 2.4). La *jatropha*, ad esempio, un arbusto perenne resistente alla siccità, trova un clima favorevole in Mozambico, dove quindi per essere coltivata richiede meno *blue water* che negli Stati Uniti.

<sup>85</sup> Definizione fornita dal Ministero dell’Ambiente italiano, al link: <https://www.minambiente.it/pagina/cose-la-water-footprint>.

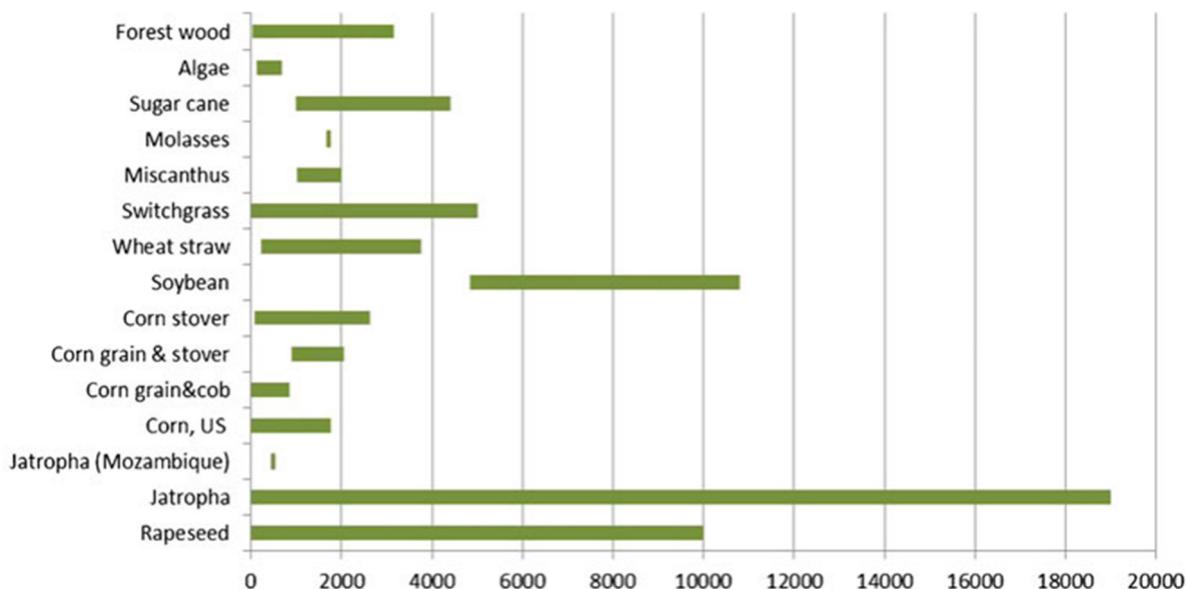
<sup>86</sup> Sviluppato dal Water Footprint Network, *Water Footprint Assessment Manual*, 2011.

Figura 2.4 Blue e green water footprint per alcune colture

**Blue water footprint (litri di acqua per litri di biofuel prodotto)**



**Green water footprint (litri di acqua per litri di biofuel prodotto)**



Fonte: Wu M., Zhang Z., Chiu Y.

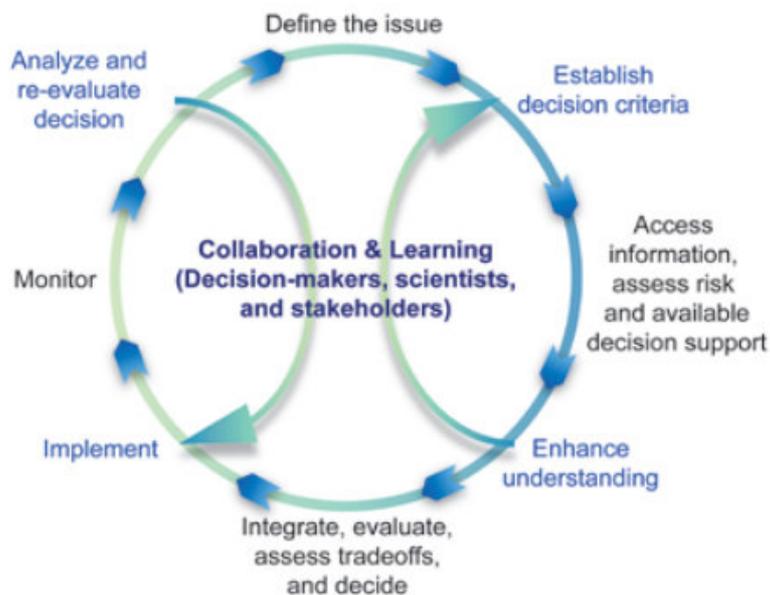
### 3. Le interdipendenze con gli altri settori

I legami tra acqua-energia finora descritti delineano un quadro estremamente complesso, ulteriormente complicato dagli effetti del *climate change*. Per il settore energetico, in particolare, sarà sempre più necessaria una pianificazione integrata dei processi che favorisca lo sviluppo di sistemi resilienti, sia incrementando l'*energy efficiency* che estendendo l'uso delle rinnovabili, e che supporti la mitigazione degli impatti. In tale contesto, la cooperazione tra enti e soggetti attivi in settori diversi ha un ruolo primario.

Negli Stati Uniti, ad esempio, lo *United States Global Change Research Program* (USGCRP) è un ente federale creato dal Congresso per coordinare la ricerca e gli investimenti relativi ai trend in atto a livello ambientale e sociale, attraverso la collaborazione tra 13 agenzie<sup>87</sup>.

Uno dei principali risultati dello USGCRP è il *National Climate Assessment*, che ha lo scopo di identificare gli impatti, presenti e attesi, dei mutamenti climatici nelle diverse aree del Paese. Lo studio, pubblicato per la prima volta nel 2000 (e in seguito aggiornato nel 2009, nel 2014 e nel 2018), è stato redatto con la partecipazione di oltre 300 esperti di diversi settori e sulla base dei dati e delle opinioni di diversi stakeholder. Nel complesso, il report identifica gli impatti regionali relativi ad agricoltura, disponibilità idrica, ecosistemi, infrastrutture, oceani, popolazioni indigene e salute umana, in riferimento a vari effetti climatici. In base ad ognuno di questi, sono infine identificate possibili misure da implementare secondo un apposito quadro decisionale<sup>88</sup> (Figura 3.1).

**Figura 3.1 Quadro decisionale individuato nel U.S. National Climate Assessment**



Fonte: U.S. Global Change Research Program

<sup>87</sup> Nello specifico si tratta delle seguenti: Department of Agriculture (DOA), Department of Commerce (DOC), Department of Defense (DOD), Department of Energy (DOE), Department of Health & Human Services (HHS), Department of the Interior (DOI), Department of State (DOS), Department of Transportation (DOT), Environmental Protection Agency (EPA), National Aeronautics & Space Administration (NASA), National Science Foundation (NSF), Smithsonian Institution e United States Agency for International Development (USAID).

<sup>88</sup> Per un approfondimento si veda al link: <https://nca2018.globalchange.gov>.

Un equivalente europeo della USGCRP è il *Climate Service Center Germany* (GERICS), *think tank* multidisciplinare creato nel 2009 dal Governo federale tedesco allo scopo di mettere a disposizione informazioni e metodologie e di sviluppare prodotti ad alta tecnologia per promuovere la cooperazione tra i soggetti interessati dagli effetti dei mutamenti climatici. Il GERICS è diviso in quattro sezioni: Clima, Risorse naturali, Economia e politica, Comunicazione.

Le strategie di pianificazione integrata che possono essere adottate sono molteplici e si differenziano sia per i fattori che per l'area geografica considerati. In ogni caso, alcune delle tipologie più impiegate in relazione al nesso acqua-energia sono le seguenti<sup>89</sup>:

- le cosiddette *Low Emission climate-resilient Development Strategies* (LEDS), che puntano a favorire lo sviluppo sostenibile del sistema elettrico con la contemporanea riduzione delle emissioni nel medio-lungo periodo. Punto di partenza per la definizione ottimale di un LEDS è l'incontro tra i principali stakeholder di una determinata zona per condividere le informazioni necessarie ad identificare rischi e vulnerabilità del settore.

Un esempio di questa tipologia è il *National Climate Change Action Plan* del Kenya, risultato di un anno di consultazioni tra soggetti pubblici e privati, che dal 2012 (ne esistono due edizioni: una riferita al periodo 2013-2017 e l'altra al 2015-2030) orienta le policy nazionali in diversi settori influenzati dai mutamenti climatici, tra cui quello energetico<sup>90</sup>. Obiettivo è l'attuazione parallela di misure di adattamento e mitigazione e di azioni per favorire lo sviluppo sostenibile del Paese, considerando sei aree prioritarie: Generazione da geotermico, Diffusione di energia pulita, Gestione migliorata delle risorse idriche, Ripristino delle foreste e delle aree degradate, Infrastrutture, *Climate smart agriculture* e agroforestazione. Nel dettaglio del settore energetico, i benefici, sia a livello climatico che di sviluppo, delle possibili azioni di mitigazione individuate sono riportate nella Figura 3.2.

**Figura 3.2 Benefici nell'ambito di clima e sviluppo delle varie opzioni individuate**

	Climate			Development			
	Abatement potential 2030 (MtCO <sub>2</sub> )	Abatement cost 2030 (USD/tCO <sub>2</sub> )	Adaptation impact	Energy security	GDP growth	Employment	Improved waste management
Expanding geothermal power	14.1	-19.9	++	++	++	-	-
Expanding wind power	1.4	-36.7	+	+	+	-	-
Expanding hydro power	1.1	-13.2	-	+	+	-	-
Distributed solar photovoltaic	1.0	13.3	+	+	+	+	-
Landfill gas generation	0.5	-12.4	+	+	+	-	++
Clean coal (ultra super critical)	1.1	-11.1	+	-	+	-	-

Fonte: Republic of Kenya

<sup>89</sup> USAID e NREL, *Bridging climate change resilience and mitigation in the electricity sector through renewable energy and energy efficiency*, 2017.

<sup>90</sup> Per un approfondimento si rimanda al sito: <http://www.kccap.info>.

- Gli *Integrated electricity planning approaches*, che hanno lo scopo di permettere ai policymaker di valutare azioni per rendere la rete elettrica più resiliente, tenendo conto allo stesso tempo dei diversi aspetti economici, sociali e ambientali. Strategie di questo tipo possono essere l'ampliamento di studi volti a valutare diverse opzioni di investimento nel settore elettrico.

Il Sud Africa offre un esempio interessante. La scarsità d'acqua è un tema importante per il Paese, aggravata dall'effetto congiunto della crescente domanda energetica e del *climate change*. Per affrontare il problema, nel 2010 il *South African Department of Energy* ha sviluppato con i principali soggetti coinvolti l'*Integrated Resource Plan (IRP) 2010-30*, volto a valutare diversi scenari di sviluppo della rete elettrica e dei diversi effetti dei mutamenti climatici (tra cui, *in primis*, impiego delle fonti idriche, emissioni e sviluppo regionale) riguardati al 2030. Il modello, poi aggiornato nel 2016 e ancora nel 2018, è considerato uno strumento indispensabile per unire gli obiettivi di resilienza nel settore energetico nazionale con quelli associati all'impiego dell'acqua<sup>91</sup>.

- Le *Local climate strategies*, come il *Copenhagen Adaptation Plan* del 2011, che riprendono alcune delle caratteristiche delle precedenti tipologie ma sono appunto adottate a livello locale. Tali piani possono contribuire ad incrementare l'efficacia delle altre strategie, che sono invece implementate su scala più ampia.

#### 4. Le possibili aree di sviluppo

Il contributo del settore elettrico al miglioramento della gestione delle risorse idriche è destinato a crescere anche (forse soprattutto) grazie all'innovazione e allo sviluppo tecnologico. Il comparto, come noto, è oggi in una fase di profondo mutamento. Alcune tecnologie in particolare stanno avendo e si ritiene potranno avere un ruolo chiave in futuro.

L'eolico, come visto nel Paragrafo 2.3, non impiega acqua durante la generazione elettrica e può quindi contribuire sensibilmente alla riduzione dei consumi. L'**eolico offshore** è oggi la nuova frontiera per il suo sviluppo e, dopo aver visto una rapida diffusione negli ultimi anni, il comparto appare attualmente piuttosto consolidato. In Europa, la capacità installata è infatti passata dai circa 0,5 GW nel 2003 ai 15,8 GW nel 2017, pari al 10% della capacità eolica totale.

Altro settore importante è quello della **desalinizzazione** che ha mostrato tra gli EU28 una crescita complessiva del 18% tra 2009 e 2016 in termini di output. Il numero degli impianti, di contro, è rimasto piuttosto stabile, poiché l'industria ha puntato principalmente a migliorare l'efficienza e la convenienza economica di quelli esistenti. Il tema è già stato parzialmente trattato nella Parte I e sarà approfondito nella Parte III

La gestione di acqua e di energia, nel contesto dei mutamenti climatici, richiederanno, come visto, una gestione sempre più integrata, capace di tenere in considerazione molteplici settori aventi diverse caratteristiche ed esigenze. Sfruttare adeguatamente gli **accumuli**, permette quindi di favorire l'implementazione di soluzioni efficienti e trasversali a più settori. L'analisi

---

<sup>91</sup> Per un approfondimento si veda al link: [http://www.energy.gov.za/files/irp\\_overview.html](http://www.energy.gov.za/files/irp_overview.html).

di questi sistemi è stata anticipata nel Paragrafo 2.1 e sarà sviluppata più nel dettaglio nella Parte IV seguente.

La generazione da **energia oceanica**, così come quelle **da maree e da onde**, rimangono ancora ai primi stadi ma offrono possibilità molto interessanti per il futuro. Uno sviluppo significativo della generazione elettrica con queste tecnologie contribuirebbe evidentemente, al pari di altre rinnovabili come eolico e fotovoltaico, a ridurre i consumi idrici.

Alle fasi iniziali è anche la **tecnologia a microalghe per la produzione di biodiesel** (un tipo di bio-fuel di seconda generazione), attraverso cui si stima che possano essere ottenuti ogni anno tra i 20.000 e gli 80.000 litri di bio-olio per ettaro<sup>92</sup>.

In Italia un primo progetto di questo tipo è stato avviato in Emilia-Romagna, a Modena, nel 2014. Si trattava di un impianto industriale di piccole dimensioni, avente un rendimento di 7 grammi di microalghe a litro, per metà destinate a divenire olio, mentre la restante frazione secca da riusare per mangimi e fertilizzanti<sup>93</sup>. Tra i più recenti, invece, troviamo l'impianto sperimentale di Eni in Sicilia a Ragusa, avviato nel 2017. La tecnica della biofissazione dell'anidride carbonica è, in quest'ultimo caso, usata per produrre bio-olio che possa essere impiegato nella bioraffineria Eni di Gela. Nel dettaglio, sul tetto dell'impianto sono collocati 320 m<sup>2</sup> di concentratori solari che focalizzano i raggi solari nelle fibre ottiche. L'energia solare è così raccolta all'interno di 14 fotobioreattori, ossia sistemi colturali cilindrici alti 5 metri situati al di sotto dei concentratori. Le microalghe contenute nei fotobioreattori ricevono l'energia e crescono in acqua salata fissando l'anidride carbonica separata dal gas proveniente dai pozzi del Centro Oli Eni. In seguito, l'acqua è recuperata e purificata, mentre le alghe sono essiccate e da queste viene poi estratto l'olio. L'impianto di Ragusa è una delle prime applicazioni a livello globale della tecnologia a microalghe nel settore Oil&Gas.<sup>94</sup>

Un ruolo importante si presume avrà anche la **geotermia** (vedi Case study 5), al momento in generale ancora poco sfruttata, tranne i grandi giacimenti storici. Soluzioni diverse, come la geotermia a bassa entalpia e le acque di falda potranno fornire un contributo aggiuntivo (si veda il case study 5 seguente).

### Case study 5 - Le acque di falda e la geotermia

(a cura di Edoardo Croci, con il contributo di Benedetta Lucchitta)

*L'energia geotermica è il calore derivato dal sottosuolo. L'acqua e/o il vapore trasportano l'energia geotermica sulla superficie terrestre. A seconda delle sue caratteristiche, l'energia geotermica può essere utilizzata per scopi di riscaldamento e raffreddamento o essere sfruttata per generare elettricità.*

*Un serbatoio geotermico è un determinato volume di sottosuolo, costituito da terreni di varia natura e dai fluidi in essi contenuti, che può essere sfruttato economicamente per la sua capacità di cedere o immagazzinare calore.*

<sup>92</sup> OECD, *The ocean economy in 2030*, Parigi, 2016.

<sup>93</sup> Vesentini I., *Alghe hi-tech per produrre biodiesel: Modena avvia il primo impianto grazie alla tecnologia di Teregroup*, 2014.

<sup>94</sup> E-gazette, *In Sicilia Eni produce biocarburante dalle alghe e dalla CO<sub>2</sub>. Ecco come funziona*, 2017 e Eni, *Eni coltiva un'alga per produrre bio-carburante*, 2017.

*I serbatoi geotermici possono essere classificati in diverse categorie in base al livello di entalpia, che ne condiziona le possibilità di uso:*

- **Alta entalpia ( $T > 150^{\circ}\text{C}$ )**  
*Utilizzo: produzione di energia elettrica.*
- **Media Entalpia ( $150^{\circ} > T > 80^{\circ}\text{C}$ )**  
*Utilizzo: produzione di energia elettrica, teleriscaldamento e usi diretti del calore.*
- **Bassa Entalpia ( $80^{\circ} > T > 20^{\circ}\text{C}$ )**  
*Utilizzo: uso diretto del calore o climatizzazione mediante pompe di calore geotermiche.*
- **Bassissima Entalpia ( $T < 20^{\circ}\text{C}$ )**  
*Utilizzo: climatizzazione mediante pompe di calore geotermiche.*

*L'entalpia è una funzione di stato che esprime la quantità di energia che un sistema termodinamico può scambiare con l'ambiente. L'entalpia di un fluido che circola ed è contenuto nel serbatoio geotermico esprime il "valore" energetico sia del fluido che del serbatoio.*

*La geotermia costituisce un'importante fonte rinnovabile copre una quota significativa della domanda di elettricità in Paesi come Islanda, El Salvador, Nuova Zelanda, Kenya e Filippine e oltre il 90% della domanda di riscaldamento in Islanda (<https://www.irena.org/geothermal>). In Italia la capacità è concentrata per l'80% in Toscana.*

*Rispetto alle altre fonti rinnovabili, la generazione di energia geotermica non dipende dalle condizioni meteorologiche e presenta fattori di capacità molto elevati.*

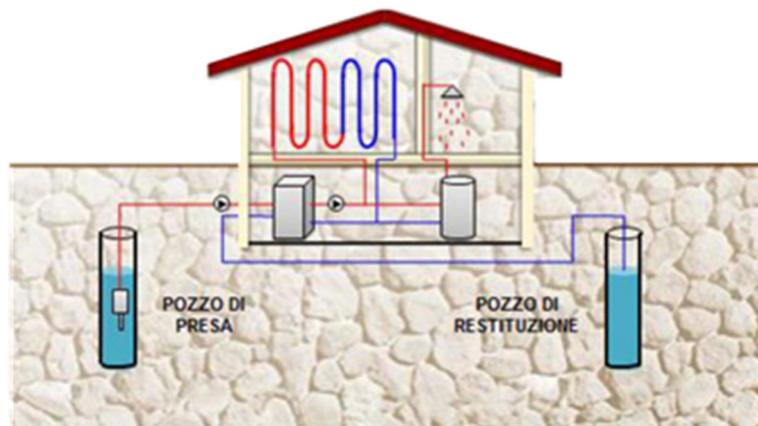
*Esistono diverse tecnologie geotermiche con livelli distinti di maturità. Le tecnologie per usi diretti come il teleriscaldamento e le pompe di calore geotermiche possono essere considerate mature.*

*Di seguito si approfondiscono le possibilità di utilizzo di serbatoi geotermici costituiti da risorse idriche, in particolare delle acque di falda, in ambito urbano per riscaldamento e raffrescamento, mediante il ricorso alla tecnologia delle pompe di calore, un ambito ancora limitato ma con rilevanti potenzialità. Ogni anno a livello globale vengono installate circa 400.000 pompe geotermiche. Svezia e Germania sono i due principali mercati europei, con 20.000-30.000 unità vendute ogni anno in ciascuno di questi Paesi. Più della metà delle installazioni attuali si trova negli Stati Uniti, mentre la Svezia ha il più alto tasso di installazione pro capite (<https://www.iea.org/tcep/buildings/heating/heatpumps/>).*

*In molte aree dell'Italia vi è la possibilità di sfruttamento di serbatoi geotermici a bassissima entalpia. Nella maggior parte del sottosuolo della pianura padana, da pochi metri a circa 200 metri di profondità, i serbatoi geotermici hanno temperature comprese tra 13 e 18 °C.*

*Un serbatoio geotermico, dal punto di vista termodinamico, può essere considerato una sorgente con capacità termica infinita, in quanto possiede la capacità di scambiare energia termica, direttamente o attraverso lo sfruttamento dei fluidi in esso contenuti, mantenendo globalmente invariata la sua temperatura. I serbatoi geotermici a bassissima entalpia possono essere accoppiati a pompe di calore per riscaldare ambienti in inverno prelevando calore dal serbatoio, così come possono essere accoppiati a macchine frigorifere per climatizzare ambienti in estate dissipando calore nel serbatoio (si veda schema fig.1).*

**Figura 1 geotermia a bassissima entalpia con utilizzo di acqua di falda mediante pompe di calore**



Dal punto di vista tecnico il serbatoio geotermico può essere sfruttato attraverso:

1. Estrazione di acqua di falda mediante pozzi e invio del fluido alla pompa di calore - gruppo frigo: sistema con prelievo d'acqua chiamato anche open loop.
2. Scambio di calore con il serbatoio geotermico attraverso fluidi circolanti in tubazioni chiuse ad anello cementate nel sottosuolo - le sonde geotermiche - senza prelievo di acque sotterranee: sistema senza prelievo d'acqua chiamato anche closed loop. Le pompe di calore sfruttano la differenza di calore fra il terreno e l'esterno per assorbire calore dal terreno e renderlo disponibile per gli usi umani. Più questa differenza è alta migliore è il rendimento. La pompa di calore necessita di energia elettrica per funzionare (in condizioni medie ogni 3 kWt resi disponibili si consuma 1 kWe). Nei mesi invernali il calore viene trasferito in superficie, viceversa in estate il calore in eccesso, presente negli edifici, viene dato al terreno. Per trasferire il calore dal terreno si utilizzano delle sonde geotermiche, tubi ad U costituiti da materiali con alta trasmittanza termica nei quali passa un liquido che assorbe il calore e lo porta in superficie o nel sottosuolo.

Lo scambio di calore con i serbatoi geologici idrici, come le acque di falda, risulta addirittura più efficiente rispetto a quello con il terreno del sottosuolo. Le pompe di calore acqua/acqua utilizzano il calore latente dell'acqua della falda, considerata normalmente e mediamente a 10°C per cederlo all'interno dello scambiatore a piastre (l'evaporatore) ad un liquido o gas. Quest'ultimo dopo il processo d'aumento della sua temperatura, cederà calore, tramite scambio termico, all'acqua dell'impianto o, meglio, all'accumulo di distribuzione tramite un altro scambiatore (il condensatore). Inoltre la costruzione di 2 pozzi (uno di emunzione e l'altro di sversamento che deve essere posto ad almeno 15 m di distanza dal primo nella direzione del flusso della falda) richiede opere meno impattanti rispetto alle perforazioni e posa sonde di un corrispettivo campo geotermico terra/acqua.

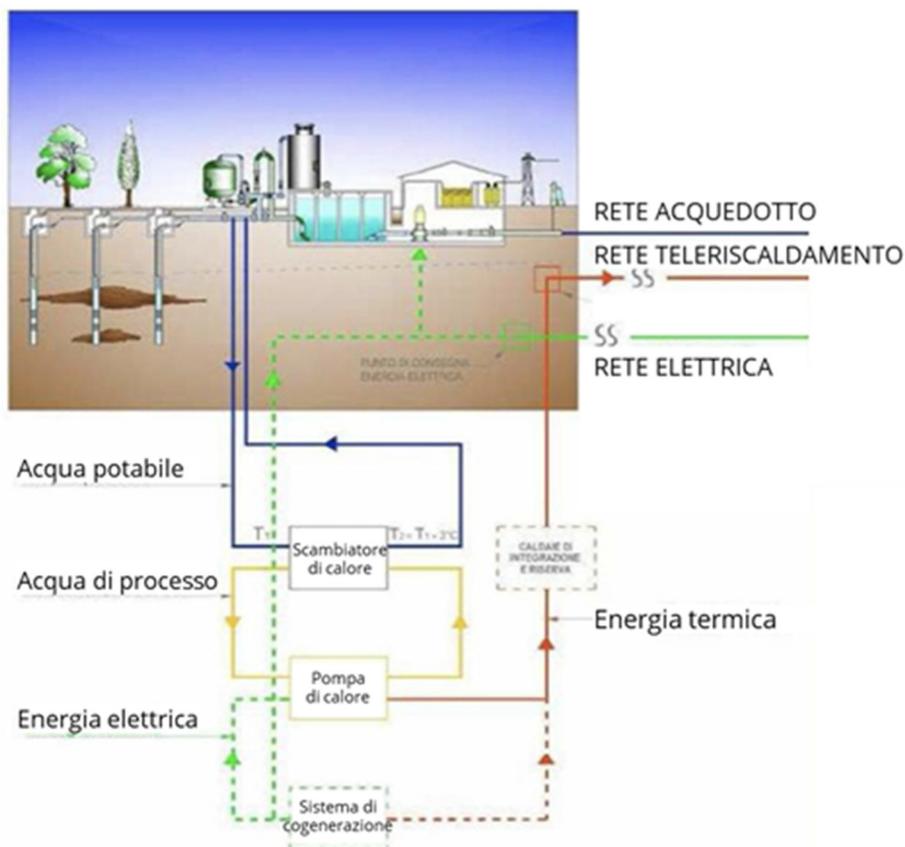
Per questi motivi, dove è presente a basse profondità una falda con buone portate, spesso si preferisce utilizzare una pompa di calore acqua/acqua che permette tempi d'ammortamento più brevi. Dal punto di vista ambientale questa soluzione può essere leggermente più "invasiva" rispetto ai campi geotermici terra/acqua. Tuttavia è difficile ipotizzare uno sviluppo futuro così pervasivo da danneggiare il sistema idrico; inoltre l'acqua che si riversa nel secondo pozzo subisce solo una variazione di temperatura di pochi gradi.

Con le pompe di calore è anche possibile raffrescare gli ambienti utilizzando il circuito del pavimento o soffitto radiante, dove invece dell'acqua calda si fa attraversare il circuito da acqua fredda che sottrae calore all'ambiente.

La normativa nazionale definita con la legge 9 dicembre 1986, n. 896, recante disciplina della ricerca e della coltivazione delle risorse geotermiche" riguarda principalmente lo sfruttamento di serbatoi ad alta entalpia, soggetti a concessione, e non è invece applicabile ai serbatoi geotermici a bassa entalpia, che sono disciplinati in modo variegato dalle normative regionali e dagli strumenti regolamentativi degli enti locali, principalmente attraverso strumenti autorizzativi.

In particolare l'utilizzo di acque sotterranee negli impianti di climatizzazione ha grandi prospettive ma richiede particolari cautele. La diffusione di questi impianti richiede che le acque prelevate siano reimmesse nello stesso acquifero per prevenire scompensi nel bilancio del sistema idrico sotterraneo ed impone anche attente valutazioni per prevenire eventuali problemi qualitativi. Allo stato attuale delle conoscenze l'utilizzo sparso dei serbatoi geotermici a bassissima entalpia sembra determinare la formazione nel serbatoio sfruttato di un pennacchio termico, più freddo o più caldo, che si stabilizza nel corso degli anni e il cui impatto sull'ambiente circostante appare molto limitato. In previsione di un utilizzo intenso di acque sotterranee in aree ristrette si ritiene però necessario cartografare, monitorare e pianificare l'utilizzo degli acquiferi che meglio si prestano localmente allo scopo, specialmente in aree già sottoposte a sfruttamento ad uso potabile ed industriale al fine di gestire la risorsa ed evitarne i rischi di deterioramento.

**Figura 2 Generazione e distribuzione di elettricità e calore mediante sistema geotermico che utilizza acque di superficie**



*È prevedibile un forte sviluppo in ambito urbano anche di sistemi di teleriscaldamento e teleraffreddamento geotermici che utilizzano acque di falda (la più grande centrale al mondo di teleriscaldamento/teleraffreddamento è quella di Katri Vala, Helsinki), acque di superficie (es. sistema di teleriscaldamento al servizio del polo universitario di Zurigo con pompe ad acqua di fiume) o acque reflue (il più grande impianto al mondo di recupero di calore da acque reflue a servizio di un quartiere di 95.000 abitanti è quello di Hammarbyverket, Stoccolma – si veda lo schema della fig. 2).*

*Come si è detto, si tratta di sistemi innovativi ad elevata efficienza e ridottissimo impatto ambientale. Questi sistemi risultano particolarmente convenienti nei climi freddi, e quindi si sono diffusi innanzitutto nel Nord Europa e Nord America. Vi è comunque un interessante potenziale di sviluppo soprattutto nelle regioni del Nord Italia. A Milano sono già state realizzate interessanti applicazioni nello sfruttamento di serbatoi geotermici costituiti da risorse idriche sia a servizio di singoli edifici (sistemi a bassa e bassissima entalpia), che mediante impianti a servizio di interi quartieri attraverso reti di teleriscaldamento (sistemi a media entalpia).*

*Non vi sono rilevanti barriere tecnologiche o economiche alla loro diffusione, costituendo anzi queste dimensioni di vantaggio di questi sistemi. Le criticità ambientali risultano limitate, laddove sistemi correttamente realizzati non comportano rischi di inquinamento dei serbatoi idrici. Permangono invece importanti barriere di tipo regolamentativo, anche alla luce delle variegate discipline locali e, in taluni casi, della complessità delle procedure autorizzative. Una disciplina organica a livello nazionale e la considerazione delle best practice internazionali potrebbero favorire una loro diffusione.*

## Parte III - Gli impianti di desalinizzazione

### 1. Introduzione

La crescente scarsità di risorse idriche, soprattutto in alcune regioni del mondo, sta spingendo la diffusione delle tecnologie di dissalazione, con la costruzione di impianti che permettono di disporre di volumi significativi di acqua dolce partendo da quella marina o salmastra.

Dissalare l'acqua non è un'idea moderna, già alla fine del 1800 la marina britannica dotò le proprie navi con sistemi per produrre acqua potabile al fine di allungare i tempi di navigazione<sup>95</sup>, strategia che assicurava un vantaggio non indifferente durante i periodi di guerra.

La dissalazione per uso civile, invece, ha avuto inizio negli anni '50 nei Paesi mediorientali, dove la necessità di incrementare l'offerta di acqua potabile era diventato un bisogno sempre più stringente e soprattutto dove era ampia la disponibilità di combustibili fossili a basso prezzo. Il Kuwait, infatti, è stato tra i primi Paesi a commissionare degli impianti industriali alla Weir, società britannica che almeno fino alla seconda guerra mondiale detenne il monopolio della tecnologia per la dissalazione.

Negli anni '60, vista la continua espansione di un mercato dalle ampie potenzialità, nuovi poli tecnologici sono nati in Italia (SIR: Società Italiana Resine), in Germania (Krupp), in Francia (Sidem), negli Usa (Westinghouse) e in Israele (IDE). A questi, qualche anno dopo si è aggiunto il Giappone (Sasakura).

Sebbene sia un processo complesso e ancora costoso, la dissalazione è indispensabile in ragione di una crescita continua della richiesta di acqua dolce e del deterioramento quali-quantitativo delle tradizionali fonti di approvvigionamento.

A livello globale si registra, a partire dagli anni '80, una crescita dell'1% all'anno del tasso di utilizzo dell'acqua (fonte UN). Tale crescita è ascrivibile ad un aumento della popolazione – che dai 7,6 miliardi nel 2016 dovrebbe portarsi a 9,8 nel 2050<sup>96</sup> – allo sviluppo socio-economico e al cambiamento dei modelli di consumo. Secondo le previsioni, i consumi globali di acqua continueranno a crescere ad un tasso simile fino al 2050, superando di circa il 20-30%<sup>97</sup> i livelli di utilizzo attuali, soprattutto per soddisfare la crescente domanda dei settori industriale e domestico nei Paesi in via di sviluppo e nelle economie emergenti.

---

<sup>95</sup> K. M. O'Neill Ocasio, *Feeling Salty? Regulating Desalination Plants in the United States and Spain*, in *Cornell International Law Journal*, Vol. 48.

<sup>96</sup> UNDESA, *World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables*. Working Paper No. ESA/P/WP/248. New York, United Nations. [esa.un.org/unpd/wpp/publications/](http://esa.un.org/unpd/wpp/publications/)

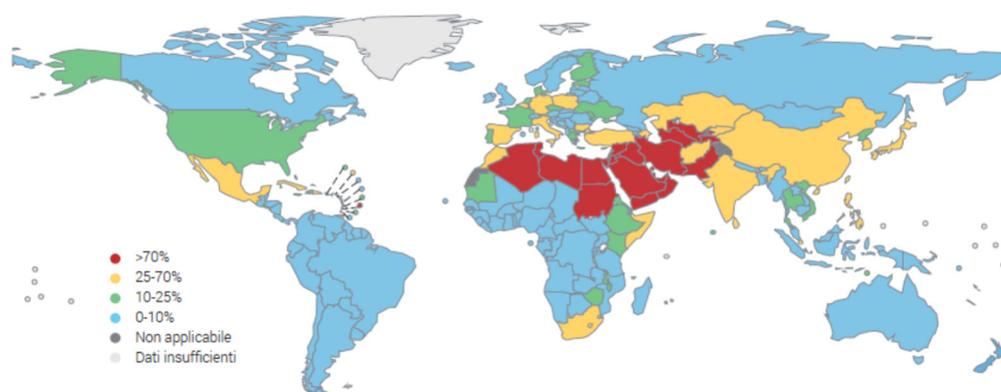
<sup>97</sup> Burek, P., Satoh, Y., Fischer, G., Kahil, M. T., Scherzer, A., Tramberend, S., Nava, L. F., Wada, Y., Eisner, S., Flörke, M., Hanasaki, N., Magnuszewski, P., Cosgrove, B. and Wiberg, D. 2016. *Water Futures and Solution: Fast Track Initiative (Final Report)*. IIASA Working Paper. Laxenburg, Austria, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). [pure.iiasa.ac.at/13008/](http://pure.iiasa.ac.at/13008/).

Ad oggi, quasi due terzi della popolazione mondiale è soggetta a scarsità idrica grave almeno per un mese all'anno<sup>98</sup> e più di due miliardi di persone vivono in Paesi sottoposti a livelli elevati di stress idrico. Secondo stime recenti, 31 Paesi sono soggetti a uno stress idrico tra il 25%<sup>99</sup> e il 70%. Altri 22 Paesi si collocano al di sopra del 70%.

Per molti Paesi in via di sviluppo, la quantità pro-capite disponibile è al di sotto della soglia di 40 litri al giorno, considerata dall'ONU come minima per soddisfare i bisogni vitali; l'acqua, inoltre, è di qualità inaccettabile, con contenuti di sali superiore alla qualità organolettica ammissibile o ai limiti fissati dalle organizzazioni internazionali.

I livelli di stress idrico continueranno a crescere con l'incremento della domanda di acqua e con l'intensificarsi degli effetti dei cambiamenti climatici<sup>100</sup>.

**Figura 1.1 Livello dello stress idrico fisico**



Fonte: 2018 Organizzazione delle Nazioni Unite

Nell'area Asia-Pacifico, nel 2016, l'insicurezza idrica caratterizzava 29 dei 48 Paesi della regione a causa della scarsa disponibilità di acqua e dell'insostenibilità dei prelievi dalle falde. Scarsità destinata ad ampliarsi a causa degli effetti dei cambiamenti climatici.

Nella regione araba, la quantità di acqua pro-capite è prevista diminuire a causa della crescita della popolazione e del mutamento del clima. Inoltre, la regione, martoriata dalle guerre, soffre di un apparato infrastrutturale in parte danneggiato o distrutto.

In America Latina e Caraibi milioni di persone non hanno ancora un accesso adeguato all'acqua potabile così come nell'Africa Subsahariana, dove la mancanza di infrastrutture di gestione dell'acqua (scarsità economica d'acqua) – per la conservazione, la fornitura e il miglioramento della qualità dell'acqua potabile e dei servizi igienico-sanitari – svolge un ruolo diretto nel far perdurare la situazione di povertà.

<sup>98</sup> Mekonnen, M. M. and Hoekstra, A. Y. 2016. *Four billion people facing severe water scarcity*, in Science Advances, Vol. 2, No. 2. doi.org/10.1126/sciadv.1500323.

<sup>99</sup> Percentuale definita quale soglia minima dello stress idrico.

<sup>100</sup> United Nations Water, *Rapporto mondiale delle Nazioni Unite sullo sviluppo delle risorse idriche 2019, Nessuno sia lasciato indietro*.

Peraltro, il 97% dell'acqua del pianeta è salata e buona parte si trova sotto forma di ghiacci. Solo lo 0,4% è acqua dolce, superficiale o di falda, e quindi facilmente potabilizzabile. L'acqua dolce facilmente fruibile è dunque scarsa, tra l'altro concentrata nelle aree economicamente più ricche: l'11% della popolazione mondiale consuma l'88% dell'acqua dolce disponibile<sup>101</sup>.

L'acqua, tra l'altro, non serve esclusivamente per utilizzi civili e potabili, ma prevede un vasto impiego nel settore dell'agricoltura e dell'industria.

L'agricoltura (incluso l'utilizzo per uso irriguo, per il bestiame e per l'acquacoltura) assorbe la quota maggiore di acqua, con il 69% dei prelievi annui a livello mondiale. Il settore industriale (inclusa la generazione di energia elettrica) impiega il 19%, mentre il consumo domestico utilizza il 12%<sup>102</sup>.

L'industria, ad esempio, consuma acqua sia in fase produttiva che per il raffreddamento dei impianti. Il settore energetico, in particolare, se ne contende in molti casi l'approvvigionamento con altri comparti. Alcune industrie, per attenuare questo problema, sono ricorse all'autoproduzione di acqua tramite dissalatori, in particolare da parte degli impianti ubicati in prossimità del mare. L'investimento, per quanto elevato, può essere più facilmente ammortizzato dall'industria, anche perché in molti casi questa necessita di acqua con caratteristiche di purezza chimica, ottenibili dalla dissalazione, superiori all'acqua potabile.

Il potenziale della dissalazione è quindi enorme e la riduzione dei suoi costi, accompagnata all'aumento invece di quelli di approvvigionamento dell'acqua, ne favorirà la diffusione.

Questa parte del lavoro analizza, quindi, i diversi profili di questa soluzione, fornendo, innanzitutto, un quadro d'insieme delle diverse tecnologie disponibili (Capitolo 2). Esamina poi gli economics della dissalazione, dai quali dipende la sostenibilità di questi investimenti e le scelte tra le diverse opzioni (Capitolo 3). Le ricadute ambientali sono l'altra questione principale per l'effettiva sostenibilità di lungo periodo della desalinizzazione. Elevati consumi energetici e smaltimento dei residui del processo sono i punti critici sui quali si concentra l'analisi nel Capitolo 4.

Nel quadro del nexus acqua-energia, il quinto capitolo si focalizza sull'impiego di energie rinnovabili per il funzionamento degli impianti di dissalazione. Maggiore economicità e riduzione degli impatti ambientali ne sono i vantaggi principali.

Le interazioni con gli altri settori, come quello agricolo, sono un altro tema rilevante per lo sviluppo della desalinizzazione. Recupero di calore e dei residui del processo sono tra gli aspetti esaminati nel Capitolo 6.

Il lavoro, infine, si conclude con il quadro attuale e prospettico dell'adozione delle tecnologie di desalinizzazione, arricchito con la disamina di alcuni casi internazionali e italiani.

---

<sup>101</sup> M. Rognoni, *La dissalazione dell'acqua di mare*, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2010.

<sup>102</sup> Fonte: United Nations Water, Rapporto mondiale delle Nazioni Unite sullo sviluppo delle risorse idriche 2019, "Nessuno sia lasciato indietro. Fatti e cifre".

## 2. Le tecnologie di desalinizzazione

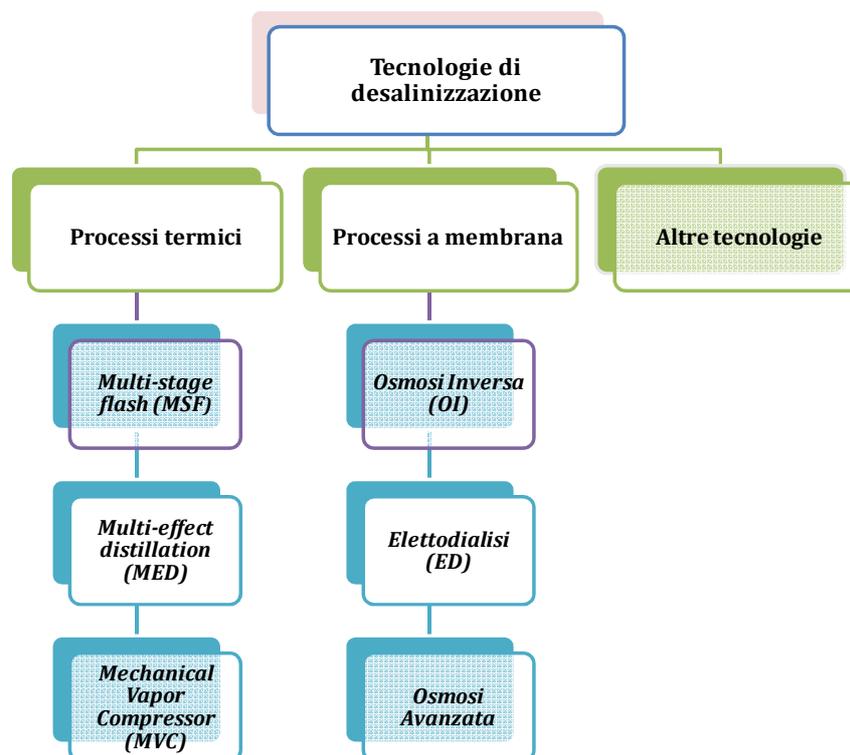
Un impianto di desalinizzazione può produrre diversi tipi di acqua: potabile; per irrigazione; di processo (acqua per l'alimentazione di caldaie, acqua di raffreddamento); demineralizzata o ultrapura. Come materia prima in ingresso, possono essere trattati tutti i tipi di acqua di mare (superficiale o profonda), acqua di fiume salmastra, acqua marina da pozzo, acqua da reflui.

Ad oggi i processi di dissalazione (come anticipato nel Capitolo 2 della Parte I) possono essere classificati in tre gruppi in base al principio tecnologico applicato:

- processi termici (o dissalatori evaporativi);
- processi a membrane (o dissalatori a permeazione);
- metodiche crioscopiche (o dissalatori a scambio ionico).

I primi separano i sali dall'acqua tramite evaporazione e condensazione, i secondi consistono nel passaggio dell'acqua attraverso una membrana che trattiene le particelle solide, mentre le metodiche crioscopiche sono usate solo in piccoli impianti dimostrativi o per scopi di ricerca, in quanto non ancora arrivate a maturità tecnologica.

**Figura 2.1 Le tecnologie di desalinizzazione**



Fonte: Althesys

Per quasi tutto il ventesimo secolo la tecnologia adottata è stata esclusivamente quella evaporativa, mentre solo intorno agli anni '90, grazie all'invenzione dei sistemi di recupero energetico dalla salamoia in pressione con l'applicazione di turbine sullo scarico, iniziarono a diffondersi gli impianti di desalinizzazione basati sul principio dell'osmosi inversa.

## 2.1 I processi termici

Sono tecnologie in cui la dissalazione viene ottenuta mediante evaporazione della fase acquosa (fornendo energia termica all'acqua salata) che viene poi recuperata per raffreddamento del vapore generato e successiva condensazione formando il cosiddetto distillato, ossia l'acqua dissalata. Nella maggior parte dei casi dal processo si ottiene anche un "rigetto" che presenta una salinità più alta dell'acqua di alimentazione, mentre solo in qualche caso, la fase solida (essenzialmente cloruro di sodio) viene recuperata in forma cristallina, dopo evaporazione totale della fase liquida.

In genere i processi termici vengono impiegati per grandi produzioni di acqua dissalata, dell'ordine dei 100.000 mc/h<sup>103</sup> ed è richiesto un consistente ammontare di energia termica (sia per la fase di riscaldamento, sia per il successivo raffreddamento), generalmente fornita tramite impianti alimentati a gas naturale, ma anche ad elettricità. Operano a temperature relativamente elevate (tra i 40 °C ed i 200°C) ed hanno quindi necessità, almeno in alcune parti, di essere costruiti con materiali speciali, come acciai austeno-ferritici, leghe Cu-Ni, o leghe di titanio, a causa della corrosione alcalina dovuta al cloruro di sodio.

Rientrano tra i processi termici le seguenti tecnologie di dissalazione:

- multi-stage flash (MSF) o processo a stadi multipli;
- multi-effect distillation (MED) o distillazione a multiplo effetto;
- mechanical vapor compression (MVC) o ricompressione meccanica.

### 2.1.1 Multi-stage flash (MSF)

Il principio alla base di questa tecnologia è quello dell'accoppiamento in stadi successivi delle fasi di evaporazione e condensazione, in modo che il calore latente di evaporazione possa venir riutilizzato per il preriscaldamento dell'acqua in ingresso nello stadio successivo, in tal modo il riscaldamento avviene in un'unica soluzione<sup>104</sup>. L'acqua di mare, in pratica, passa attraverso vari stadi successivi (fino a 40) che operano a valori di pressione via via decrescenti per massimizzare la conversione di acqua e di energia. L'acqua evaporata viene poi raccolta e ricondensata in acqua distillata e dopo opportuni trattamenti immessa nella rete idrica come acqua potabile. Il residuo di acqua non vaporizzata, la cosiddetta salamoia, risulta con una concentrazione salina più elevata rispetto all'acqua di mare prelevata all'inizio del processo e viene quindi smaltita come rifiuto<sup>105</sup>.

Questi impianti, sono stati i primi a diffondersi su scala industriale e vengono preferiti soprattutto per le taglie più grandi, arrivando a produzioni di oltre 50.000 m<sup>3</sup> di acqua desalinizzata al giorno per singola unità, grazie alla loro affidabilità e alla semplicità di esercizio,

<sup>103</sup> M. Marinelli, "Dissalazione nucleare" Quaderni Ordine Ingegneri della Provincia di Roma, 02/2015.

<sup>104</sup> Il termine flash sostituisce il termine generico di ebollizione quando la trasformazione in vapore avviene con processo istantaneo, mentre se questa avviene con un processo lento si parlerà di evaporazione.

<sup>105</sup> I. Ullah e M. G. Rasul, *Recent Developments in Solar Thermal Desalination Technologies: A Review*, in *Energies*, Vol. 12, 2018.

in quanto non richiedono manutenzioni particolarmente complesse<sup>106</sup>. Risultano, invece, meno adatti per le soluzioni impiantistiche medie e piccole, a causa del costo di investimento iniziale più alto rispetto ad altre tecnologie.

Tra i principali vantaggi vi sono: l'elevata qualità dell'acqua prodotta che contiene meno di 10 mg/l di solidi totali disciolti (TDS); l'ampia versatilità dato che la salinità dell'acqua in entrata non influisce sul processo e sui costi; la possibilità di combinare questa tecnologia con altri processi, recuperando ad esempio l'energia termica prodotta da un generatore elettrico. Inoltre il processo richiede solo minime attività di pre-trattamento dell'acqua in ingresso.

Tra gli svantaggi invece si segnalano: una ratio recovery bassa che comporta una maggiore richiesta di acqua salata in entrata per produrre la stessa quantità di acqua potabile ed una maggiore predisposizione agli effetti di scaling e corrosione, in quanto le componenti di evaporazione sono direttamente esposte all'acqua salata<sup>107</sup>.

Si tratta, infine, di un processo altamente energy intensive: buona parte dell'energia è utilizzata per preriscaldare l'acqua di mare fino a 90-120° e per questo tali soluzioni sono state adottate in passato nei Paesi del Medio Oriente caratterizzate da costi dei combustibili molto bassi.

**Figura 2.2 Vantaggi e svantaggi della tecnologia MSF**

Vantaggi	Svantaggi
Semplicità di esercizio	Non può operare al di sotto di una capacità del 60%
Tecnologia testata, con una lunga vita operativa	Elevato consumo di energia
Si presta ad impianti di grande dimensione	Elevato investimento iniziale
Utilizzo acqua anche ad alta salinità	Ratio recovery bassa
Qualità dell'acqua prodotta: molto pura	Soggetto agli effetti di scaling e corrosione
Minime attività di pre-trattamento dell'acqua	
Energia termica può essere combinata con altri processi	

Fonte: Althesys

### 2.1.2 Multi-effect distillation (MED)

Lo schema base della distillazione a multiplo effetto è costituito da un treno di trasformatori di vapore in serie (detti effetti) disposti in modo che ognuno condensi il vapore generato dall'effetto precedente e generi il vapore con cui alimentare l'effetto successivo. Secondo questo schema, la massa del vapore di alimentazione iniziale produce condensato in quantità proporzionale alla somma degli effetti che compongono l'impianto. È quindi necessario un condensatore finale per ricevere il vapore prodotto dall'ultimo effetto, condensarlo e aggiungerlo alla produzione senza generare altro vapore, ottenendo così il distillato.

La temperatura massima richiesta per il processo è inferiore ai 70°, più bassa rispetto alla tecnologia MSF, riducendo così rischi di incrostazione delle superfici evaporanti<sup>108</sup>. Inoltre

<sup>106</sup> Rognoni, *ibidem*

<sup>107</sup> A. H. M. Saadat, M. S. Islam, F. Parvin, A. Sultana, *Desalination Technologies for Developing Countries: A Review*, in *Journal of Scientific Research*, Vol. 10, 2018.

<sup>108</sup> Rognoni, *ibidem*

l'acqua salata di rigetto (salamoia) viene espulsa dall'impianto ad una temperatura di 8-12°C superiore rispetto all'acqua prelevata in alimentazione. Mentre l'acqua dolce prodotta ha una concentrazione di sostanze solide disciolte (TDS) compresa tra i 20 mg/l e i 50 mg/l (in confronto ai 10 mg/l del MSF).

Come i processi MSF, invece, questi impianti possono essere accoppiati a centrali termoelettriche che forniscono il vapore necessario al funzionamento.

Lo schema MED può essere integrato con l'installazione di un termocompressore MVC che ne aumenta l'efficienza energetica fino a raddoppiarla.

Questa tecnologia di dissalazione si è diffusa rapidamente, perché con un costo di investimento minore, offre gli stessi vantaggi di affidabilità e facilità di conduzione degli impianti MSF<sup>109</sup>.

Infine, a differenza del MSF, il MED permette di processare l'acqua di alimentazione senza bisogno di fornire calore addizionale per la vaporizzazione ad ogni stadio.

**Figura 2.3 Vantaggi e svantaggi della tecnologia MED**

Vantaggi	Svantaggi
Ampie economie di scala	Elevato consumo di energia
Minime attività di pre-trattamento dell'acqua	Elevati costi capitali e operativi
Semplicità di esercizio	Soggetto agli effetti di scaling e corrosione
Energia termica può essere combinata con altri processi	L'acqua richiede un raffreddamento e di essere miscelata prima di poter essere utilizzata come potabile
Qualità dell'acqua prodotta: molto pura	
Tolleranza normali livelli di residui fissi nell'acqua	

Fonte: Althesys

### 2.1.3 Mechanical Vapor Compression (MVC)

La compressione del vapore si può aggiungere ad un processo MED con lo scopo di aumentarne l'efficienza. La tecnologia prevede che il vapore prodotto in uno dei vari stadi sia parzialmente ricompresso tramite un compressore e usato per scaldare il primo stadio. Il vapore può essere compresso mediante motore elettro-meccanico (Mechanical Vapour Compression, MVC) o con una turbina a vapore (Thermal Vapour Compression, TVC). In quest'ultimo caso il vapore ad alta pressione viene estratto (da un ciclo di potenza o da un processo industriale) e fatto ricircolare a partire dall'ultimo stadio, aumentandone l'efficienza energetica. Esistono dissalatori di questo tipo a doppio ed anche a triplo effetto, in cui il vapore dell'ultimo effetto, dopo compressione, viene inviato al primo, praticamente raddoppiando (o triplicando) la resa in acqua trattata, oppure, a parità di produzione, si può ridurre il numero degli effetti di cui è costituito il processo<sup>110</sup>.

I dissalatori termici a ricompressione meccanica (MVC) sono impiegati piuttosto raramente in quanto il loro costo è molto alto, sono complessi e il compressore richiede un'elevata potenza,

<sup>109</sup> Nella maggior parte delle applicazioni attuali però, da un punto di vista economico, conviene sempre più l'installazione di un impianto a osmosi inversa.

<sup>110</sup> A. H. M. Saadat, M. S. Islam, F. Parvin, A. Sultana, *ibidem*

con conseguenti costi di esercizio alti. La tecnologia MVC trova invece maggiore diffusione in alcune installazioni particolari e di taglia medio piccola, che a fronte di un costo leggermente superiore possono però contare su impianti di elevata affidabilità e capaci di produrre acqua altamente pura, da utilizzare, ad esempio per il reintegro del ciclo nelle centrali termoelettriche o per l'iniezione di acqua distillata nelle centrali a gas.

**Figura 2.4 Vantaggi e svantaggi della tecnologia MVC**

Vantaggi	Svantaggi
Basso consumo di prodotti chimici	Limitato agli impianti di taglia più piccola
Utilizzo di acqua anche ad alta salinità	Continua manutenzione
Basse economie di scala	CAPEX e OPEX elevati
Minore consumo di energia	
Richiede una temperatura più bassa, quindi diminuiscono i rischi di corrosione	

Fonte: Althesys

## 2.2 I processi a membrana

Sono sistemi di dissalazione dell'acqua che operano mediante l'impiego di membrane semipermeabili in cui, applicando una forza motrice, si realizza una separazione tra due fluidi, attraverso barriere selettive (membrane), che vengono attraversate solamente da alcune sostanze presenti nei fluidi mentre risultano poco, o per nulla, permeabili alle altre. Le principali tecnologie applicabili a questi processi sono:

- osmosi inversa (RO);
- elettrodialisi (ED).

### 2.2.1 Osmosi inversa (OI)

L'osmosi è il processo in cui l'acqua passa in modo spontaneo attraverso una membrana semi-permeabile da una soluzione meno concentrata ad una più concentrata fino al raggiungimento dell'equilibrio osmotico. Il principio fisico su cui si basa l'osmosi inversa prevede una membrana osmotica che separa l'acqua salata dall'acqua dolce creando una differenza di pressione fra i due liquidi che è essenzialmente proporzionale al livello di salinità<sup>111</sup>.

Mettendo a contatto acqua pura ed acqua salata alla stessa pressione attraverso una membrana osmotica, l'acqua pura passa verso la sezione ad acqua salata finché l'innalzamento di livello del liquido pareggia la pressione osmotica. Fornendo, invece, una pressione sull'acqua salata superiore alla pressione osmotica, si può realizzare il flusso inverso che comporta la migrazione delle molecole di acqua pura dalla sezione contenente la soluzione salata a quella con acqua pura, realizzando così il processo di dissalazione. Perdendo acqua pura, la soluzione ad acqua

<sup>111</sup> Esistono particolari membrane, presenti in natura o create artificialmente, che hanno la proprietà di essere permeabili al solvente (acqua) ma non al soluto (i sali marini) qualora vengano poste in contatto in una soluzione. Mettendo a contatto del solvente puro (acqua) e una soluzione del medesimo solvente (acqua salata), separati tra loro da una membrana semi-permeabile, assistiamo ad un processo di migrazione delle molecole del solvente verso la soluzione.

salata aumenta la propria concentrazione in sali (salamoia) e proporzionalmente aumenta la pressione osmotica da superare<sup>112</sup>.

La pressione con cui è necessario operare è, quindi, molto superiore alla pressione osmotica e dipende dalla velocità di filtrazione, dalla concentrazione della salamoia, dalla temperatura e dalla struttura delle membrane. Per dissalare l'acqua di mare si lavora con pressioni da 50 bar a 80 bar, mentre per le acque salmastre si lavora con pressioni inferiori e comprese tra 15 bar e 30 bar. Il processo comporta costi energetici elevati durante la fase di compressione con una resa che non supera il 30-40% di acqua dissalata. Per questo sono stati messi a punto sistemi efficienti per il recupero della pressione residua dalla salamoia da scaricare, i quali hanno permesso una diffusione sempre maggiore di questa tecnologia.

Gli impianti ad osmosi inversa si compongono generalmente di quattro parti principali: pretrattamento, pompe ad alta pressione, banchi di membrane e recuperatore di energia.

Il pretrattamento dell'acqua è fondamentale per il corretto funzionamento dell'impianto: l'acqua di mare deve essere resa biologicamente inattiva per proteggere le membrane da contaminazioni biologiche, proliferazioni batteriche e formazioni di alghe sulla loro superficie.

Particolarmente importanti, anche per garantire un'elevata efficienza al processo, sono le membrane. La scelta delle più adatte al tipo di impianto risulta cruciale ai fini dell'investimento. Nonostante i costi si siano ridotti nel corso degli anni, le membrane rappresentano la voce più rilevante dell'intero impianto. Nella scelta delle membrane, tra i fattori da tenere in considerazione vi sono: le caratteristiche dell'acqua da dissalare e la tendenza al fouling<sup>113</sup>; il grado di purezza a cui si vuole portare l'acqua dissalata; il fattore di utilizzo dell'impianto e le criticità del servizio, anche in funzione delle esigenze di fermate per pulizia e sanitizzazione<sup>114</sup>.

I recuperatori di energia, infine, sono essenziali per l'economicità di gestione degli impianti a osmosi inversa e ad essi va gran parte del merito della diffusione della dissalazione osmotica. Infatti se agli inizi degli anni '80 il consumo medio degli impianti a osmosi inversa era di 8-11 kWh/m<sup>3</sup> di acqua dissalata, oggi è intorno ai 3 kWh/m<sup>3</sup> e la gran parte di questo risparmio è possibile grazie all'energia recuperata espandendo la salamoia in pressione.

A valle del processo potrebbe aggiungersi una fase di post-trattamento necessaria per eliminare eventuali microbi dall'acqua e riportarne l'acidità (Ph) ai valori necessari per l'uso<sup>115</sup>.

Ad oggi l'osmosi inversa caratterizza gran parte delle più recenti installazioni, per il minore consumo di energia per unità di acqua dissalata. Un impianto a osmosi non necessita infatti di energia termica, ma solo elettrica, che potrebbe essere prodotta anche da fonti rinnovabili, con un notevole abbattimento dei costi di gestione. Va anche sottolineato che gli impianti ad osmosi inversa presentano maggiore flessibilità operativa, consentendo di coprire un'ampia gamma di potenzialità semplicemente con l'aggiunta di moduli base, senza incidere sul rendimento. Negli

---

<sup>112</sup> Rognoni, *ibidem*.

<sup>113</sup> Tendenza dell'acqua ad incrostare le superfici e i setti delle membrane che col tempo ne compromettono la funzionalità.

<sup>114</sup> Rognoni, *ibidem*.

<sup>115</sup> I. Ullah e M. G. Rasul, *ibidem*.

ultimi anni diversi impianti di desalinizzazione a osmosi inversa sono stati realizzati e molti sono in costruzione o pianificati anche nei Paesi del Golfo Persico, dove invece in passato erano predominanti gli impianti termici.

**Figura 2.5 Vantaggi e svantaggi della tecnologia RO**

Vantaggi	Svantaggi
Basso consumo di energia	Elevato utilizzo di prodotti chimici
Relativamente basso costo di investimento	Alti costi per la gestione delle membrane
Non necessita di raffreddamento dell'acqua	Le membrane hanno una durata di circa 5-7 anni
Veloce lo start up	Sensibilità alla qualità dell'acqua
Rimuove le contaminazioni oltre che il sale	Necessità di adeguati pre-trattamenti dell'acqua
Design modulare	Membrane sono soggette al bio-fouling
Le operazioni di manutenzione non richiedono la fermata dell'impianto	Possibile rischio di guasti a causa dell'elevata pressione
	La gestione e l'esercizio richiede personale qualificato

Fonte: Althesys

### 2.2.2 Elettrodialisi (ED)

L'elettrodialisi (o dissalazione per scambio ionico) è una tecnologia che prevede l'applicazione di un campo elettrico alla soluzione acquosa da dissalare e la presenza di membrane permeabili agli ioni. Si differenzia dalla osmosi inversa perché la migrazione degli ioni non avviene a seguito di una pressione, bensì attraverso l'attrazione di un campo elettrico.

Il processo consiste nel far passare una corrente elettrica attraverso l'acqua salata, in questo modo si verifica una scissione delle molecole: i sali di ioni positivi sono attratti dal catodo e gli ioni negativi sono attratti dall'anodo, lasciando l'acqua dissalata nella zona centrale<sup>116</sup>. Il campo elettrico deve esercitare un'energia termodinamicamente uguale a quella dell'osmosi inversa, ma le perdite di carico attraverso le membrane semipermeabili risultano trascurabili a causa dell'assenza del flusso idraulico attraverso di esse, rendendo il procedimento particolarmente conveniente dal punto di vista energetico. In virtù di questo vantaggio, gli impianti ad elettrodialisi si sono diffusi molto rapidamente, in particolare negli Stati Uniti, dove la tecnologia è stata messa a punto. È anche vero però che con gli anni la differenza di consumi fra osmosi inversa ed elettrodialisi si è progressivamente ridotta grazie a sistemi di recupero energetico sempre più sofisticati applicati all'osmosi.

I principali svantaggi di questi impianti riguardano invece la loro delicatezza e la necessità di pretrattamenti dell'acqua salata di alimento per proteggere le membrane dai rischi di fouling.

**Figura 2.6 Vantaggi e svantaggi della tecnologia ED**

Vantaggi	Svantaggi
Consumo dell'energia è proporzionale alla quantità di sale da rimuovere e non al volume di acqua da processare	Sono impianti delicati e vi sono Rischi di perdite nelle membrane
Le membrane hanno un ciclo di vita più lungo, fra 7-10 anni, perché operano ad una pressione inferiore	Necessarie attività di pre-tattamento e post-trattamento dell'acqua

Fonte: Althesys

<sup>116</sup> La dissalazione viene ottenuta mediante rimozione degli ioni Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> su resine rispettivamente in ciclo H<sup>+</sup> ed OH<sup>-</sup>.

## 2.3 Le tecnologie innovative

### 2.3.1 Osmosi avanzata (Forward Osmosis, FO)

Per l'applicazione di questa tecnologia si utilizza, come nell'osmosi inversa, una membrana semipermeabile dove però l'acqua salata viene miscelata assieme ad una soluzione contenente  $\text{NH}_3$  e  $\text{CO}_2$  chiamata "draw solution"<sup>117</sup>. La "draw solution" viene fatta passare attraverso un sistema di recupero che separa, a seguito di un riscaldamento intorno a  $65^\circ\text{C}$ , la soluzione chimica (che viene riciclata) dall'acqua pura che costituisce il prodotto finale. A differenza dell'osmosi inversa quindi l'acqua fluisce, sotto l'azione della pressione osmotica naturale, da una regione a minor concentrazione di soluto e minor potenziale osmotico verso una regione a maggior concentrazione di soluto e maggior potenziale osmotico<sup>118</sup>.

I principali vantaggi di questa tecnologia rispetto all'osmosi inversa sono:

- minore pressione idraulica che porta a minor fouling e minori consumi energetici;
- alta pressione osmotica a cui segue maggior flusso d'acqua e maggior capacità di conversione;
- assenza di pretrattamenti chimici;
- minor scarico della salamoia.

La difficoltà tecnologica di sviluppare membrane con queste caratteristiche performanti ne ha, al momento, limitato lo sviluppo. Il primo impianto al mondo ad osmosi avanzata fu installato in Oman solo nel 2012 e altri successivamente negli USA. Ciò nonostante questa tecnica è vista con favore per un possibile sviluppo futuro ed è probabilmente destinata ad imporsi a livello commerciale nei prossimi anni.

**Figura 2.7 Vantaggi e svantaggi della tecnologia ED**

Vantaggi	Svantaggi
Minore pressione idraulica porta a minor fouling e minori consumi energetici	La difficoltà tecnologica di sviluppare membrane con queste caratteristiche performanti
Alta pressione osmotica a cui segue maggior flusso d'acqua e maggior capacità di conversione	
Mancanza di pretrattamenti chimici	
Minor scarico della salamoia	

Fonte: Althesys

### 2.3.2 Gli impianti ibridi

Ad affiancare i processi principali sopra descritti, ci sono i cosiddetti impianti ibridi in cui parte della produzione è ottenuta per evaporazione e parte per osmosi inversa. L'obiettivo alla base di queste nuove tecnologie, è quello di ottenere i maggiori vantaggi dall'integrazione di due sistemi esistenti, al fine di ridurre i costi e massimizzare le performance.

<sup>117</sup> A. H. M. Saadat, M. S. Islam, F. Parvin, A. Sultana, *ibidem*.

<sup>118</sup> H. Sharon, K.S. Reddy, *A review of solar energy driven desalination technologies*, in *Renewable and Sustainable Energy Review*, Vol. 41, 2015.

### 2.3.3 Le altre tecnologie innovative

Molteplici sforzi sono stati compiuti per superare gli attuali limiti tecnologici.

Tra i processi termici si possono citare: la desalinizzazione sottovuoto (Vacuum freeze desalination, VFD), il raffreddamento con refrigerante secondario (Secondary Refrigerant Freezing, SRF), i processi con formazione di idrati e l'evaporazione rapida con spray.

Mentre tra i processi a membrana: la distillazione a membrana (Membrane Distillation, MD), la deionizzazione capacitiva e le membrane biomimetiche. Si tratta, tuttavia, di tecnologie ancora in fase di sviluppo e con importanza industriale scarsa a causa o degli alti costi di esercizio e della difficile gestione dei processi di produzione.

Nella distillazione con membrana a differenza dell'osmosi inversa, l'acqua di mare non viene compressa, ma scaldata, tramite calore a bassa temperatura, circa 70 °C, e quindi senza ricorrere all'energia elettrica, per poi passare attraverso una apposita membrana e condensarsi nell'acqua dolce posta sull'altro lato. Grazie a questo processo si avrebbero due ulteriori risultati: l'acqua dolce viene separata dai sali cristallizzati, che invece di essere scaricati in mare, potrebbero essere commercializzati e il calore per alimentare il processo potrebbe derivare o dagli scarti di processi industriali oppure essere generato da solare termico e geotermia<sup>119</sup>.

Le tecnologie descritte non sono però le uniche innovative allo studio, ma si stanno sperimentando allo scopo anche nano tubi di carbonio, grafene, elettrolisi solare o soluzioni artificiali di sali che 'succhiano' l'acqua dolce da quella marina, e che si possano poi facilmente separare.

Negli Usa, ad esempio, un team di studiosi dell'Università del Texas ha messo a punto una nuova tecnologia che utilizza un tipo di idrogel, materiale composto da polimeri plastici che hanno sia proprietà idrofile (quindi di "attrarre" l'acqua), sia la capacità di assorbire l'energia solare. Il sistema messo a punto dai ricercatori di Austin si basa sullo stesso principio dei desalinizzatori a evaporazione, ma necessita di molta meno energia e ha un'efficienza decisamente superiore, consentendo di produrre fino a 25 litri di acqua al giorno per metro quadro di superficie<sup>120</sup>.

---

<sup>119</sup> CNR, Dissalare l'acqua marina in modo sostenibile, tecnologie e fonti energetiche, 27 febbraio 2018, [https://www.cnr.it/sites/default/files/public/media/rassegna\\_stamp/20180227\\_Monimegacom\\_dissalare.pdf](https://www.cnr.it/sites/default/files/public/media/rassegna_stamp/20180227_Monimegacom_dissalare.pdf)

<sup>120</sup> F. Sarcina, *Studio Usa: acqua potabile dal mare a basso costo e altissima efficienza*, Il Sole 24 ore, 9 aprile 2018.

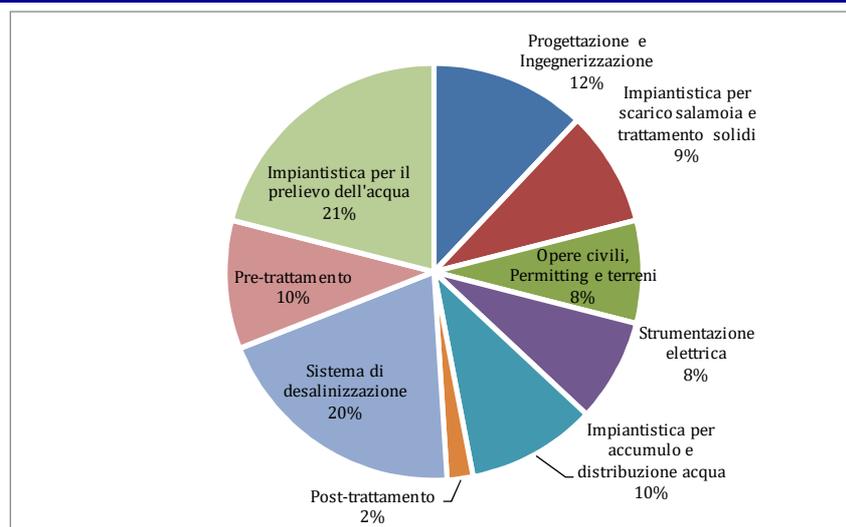
### 3. Gli economics della desalinizzazione

Desalinizzare l'acqua per renderla potabile è un processo oneroso, nonostante nel corso degli anni i costi si siano notevolmente ridotti in ragione dei miglioramenti tecnologici realizzati.

Diversi sono, infatti, i fattori che impattano sul costo finale di desalinizzazione<sup>121</sup>:

- 1) capacità e tipologia dell'impianto: un impianto di grandi dimensioni richiede ovviamente un costo complessivo di investimento maggiore, tuttavia grazie alle economie di scala, il costo unitario di produzione risulta inferiore rispetto ad un impianto di piccole dimensioni;
- 2) materia prima utilizzata (acqua salmastra o acqua di mare). La tipologia e soprattutto la qualità dell'acqua è un fattore importante per la determinazione dei costi. Le acque con basse concentrazioni di residuo fisso (TSD), come per esempio avviene per l'acqua salmastra, richiedono un minor consumo di energia per essere processate rispetto a quelle ad alta concentrazione di TSD (le acque di mare). Inoltre hanno un più alto tasso di conversione e gli impianti richiedono una quantità minore di agenti chimici antiscaling;
- 3) costo manodopera;
- 4) ubicazione dell'impianto e la sua prossimità presso la fonte di acqua da trattare, localizzazione in una zona più o meno abitata, eccetera;
- 5) tipo di energia utilizzata (convenzionale o FER);
- 6) presenza di un quadro regolatorio più o meno incentivante.

**Figura 3.1 CAPEX di un impianto tipo di desalinizzazione a osmosi inversa alimentato da acqua di mare**



Fonte: Advisian Water Group<sup>122</sup>

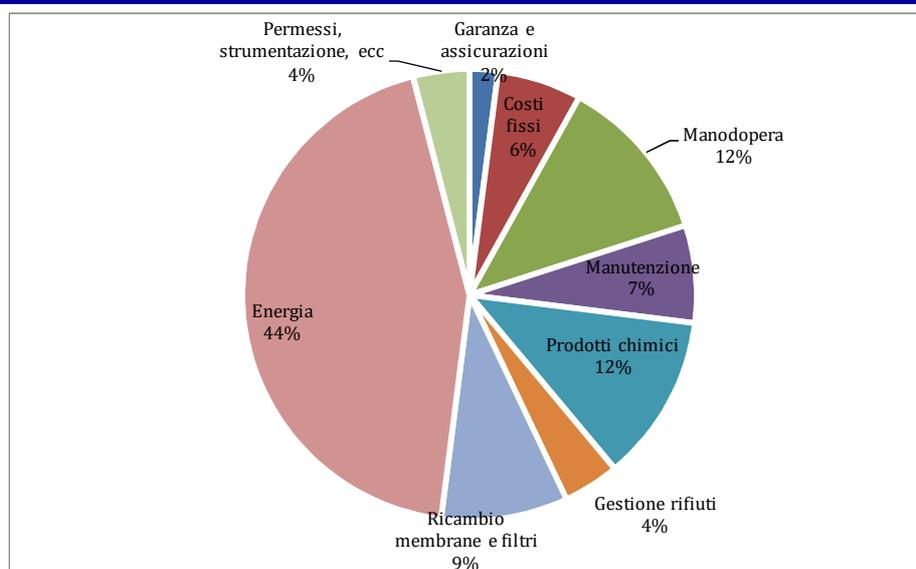
<sup>121</sup> T. Younos, *The Economics of Desalination*, Universities Council On Water Resources, Journal of Contemporary Water Research & Education, Vol. 132, 2005

<sup>122</sup> Advisian Worley Gropu, *The cost of desalination*, <https://www.advisian.com/en-gb/global-perspectives/the-cost-of-desalination>

I **costi di capitale** (CAPEX) di un impianto di desalinizzazione possono essere divisi in costi diretti e indiretti. I **costi diretti** includono l'attrezzatura, la costruzione dell'impianto e delle strutture accessorie, la disponibilità del terreno (ecc.) e pesano generalmente il 50-85% dei CAPEX. I **costi indiretti** includono il costo di finanziamento, gli oneri fiscali, i costi ingegneristici, legali e amministrativi (ecc.).

I **costi operativi** (OPEX) generalmente vengono distinti in due categorie: **costi fissi** (lavoro, amministrazione, costi di sostituzione delle apparecchiature o delle membrane, ecc) e **costi variabili** (elettricità, prodotti chimici e additivi impiegati, ecc.).

**Figura 3.2 OPEX impianto tipo di desalinizzazione a osmosi inversa alimentato da acqua di mare**



Fonte: Advisian Worley Group

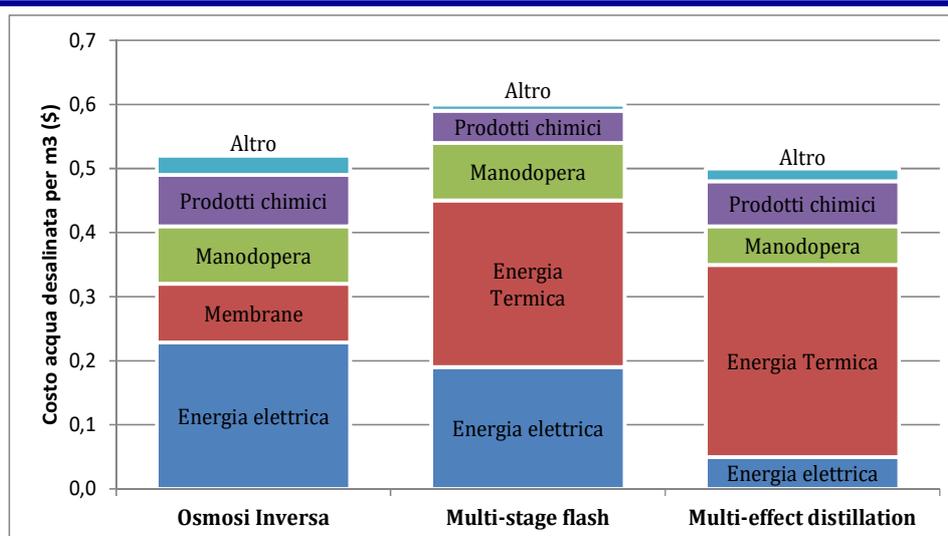
Il costo unitario di produzione o costo annualizzato è il costo necessario a produrre un metro cubo di acqua da desalinizzazione considerando CAPEX ed OPEX.

Tra i costi operativi, l'energia è sicuramente una delle voci che pesa di più. In generale il procedimento di desalinizzazione comporta un consumo stimabile da quattro a cinque volte maggiore rispetto ai trattamenti classici di potabilizzazione dell'acqua dolce<sup>123</sup>. Tra gli impianti su larga scala, i processi a membrana sono quelli mediamente meno energy intensive, in quanto utilizzano solo energia elettrica a differenza di quelli termici che necessitano anche di calore.

Come evidenziato nella Parte I (par. 2.1.2, Figura 2.7), un impianto a osmosi inversa consuma energia elettrica per 4-4,5 kWh per produrre un metro cubo di acqua potabile da acqua di mare, mentre consuma circa 1-1,5 kWh se utilizza acqua salmastra, con valori abbastanza uniformi nella maggior parte delle installazioni esistenti (fonte: Environment Agency di Abu Dhabi)<sup>124</sup>.

<sup>123</sup> Greenreport.it, *Le polemiche sul dissalatore all'Elba e il documento sulla dissalazione del Festival dell'Acqua 2017*, 11 ottobre 2017.

<sup>124</sup> Rognoni, *ibidem*

**Figura 3.3 Costi di processo: osmosi inversa vs. processi termici**
Fonte: Ullah e Rasul<sup>125</sup>

Una quantità di energia nettamente inferiore ai 16-18,5 kWh del processo termico a multiplo effetto (MED) e ai 22,5-25 kWh del processo termico a stadi multipli (MSF). Se invece si considerano il tipo di acqua utilizzata, quindi la concentrazione di TDS e le dimensioni dell'impianto stesso, la convenienza di una tecnologia rispetto ad un'altra potrebbe variare. La stessa tecnologia ad osmosi inversa (RO), ampiamente diffusasi soprattutto negli ultimi anni, risulta molto più conveniente per gli impianti di taglia grande.

**Figura 3.4 Processi termici vs. membrana per taglia e tipo alimentazione**

Acqua alimento	Capacità desalinizzatore (m3/g)	Costo desalinizzazione \$/m3
Acqua di mare per Osmosi inversa	Minore di 100	1,5-18,75
	250-1000	1,25-3,93
	15000-60000	0,48-1,62
	100000-320000	0,45-0,66
Acque salmastre per Osmosi Inversa	Minore di 20	5,63-12,9
	20-1200	0,78-1,33
	40000-46000	0,26-0,54
Multi-stage flash (MSF)	Minore di 100	2,20-8,80
	12000-55000	0,84-1,31
	Maggiore di 91000	0,46-0,89
Multi-effect distillation (MSF)	23000-528000	0,46-1,54
Vapor compression (VCD)	1000-2000	1,77-2,34

Fonte: Zotalis, Dialynas, Mamassis, Angelakis<sup>126</sup>

<sup>125</sup> Ihsan e Mohammad G. Rasul, *ibidem*

<sup>126</sup> K. Zotalis, E.I.G. Dialynas, N. Mamassis e A. N. Angelakis, *Desalination Technologies: Hellenic Experience*, in *Water*, Vol. 6, 2014

A titolo puramente esemplificativo, si riporta nella figura 3.5, il costo unitario di produzione di acqua per alcuni dei più importanti impianti di desalinizzazione nel mondo<sup>127</sup>. Si tratta, per quasi tutti gli impianti indicati, di un costo medio stimato nel 2013. Come detto in precedenza, ogni singolo impianto presenta proprie peculiarità: dimensione, tecnologia utilizzata, ubicazione, prossimità alla fonte di alimentazione, costo della manodopera, fonte di energia utilizzata etc. che ne determinano il costo finale. Inoltre, molto spesso, il costo unitario di produzione rappresenta un'informazione riservata di cui dispongono gli operatori privati o le imprese pubbliche che gestiscono l'impianto. Questo spiega quanto sia difficile ed incerto fare comparazioni tra Paesi diversi, così come fra desalinizzatori ubicati nello stesso Stato.

**Figura 3.5 Costo unitario di produzione per alcuni dei più importanti impianti di desalinizzazione nel mondo**

Paese	Impianto	Capacità m <sup>3</sup> /g	Tecnologia	Acqua alimento	Costo di produzione acqua doll./m <sup>3</sup>
Arabia Saudita	Al-Khajfi	190.000	OI	Acqua di mare	0,7
UAE	Fujairah F1 Extension	136.000	OI	Acqua di mare	0,6
USA	Carlsbad Desalination	189.000	OI	Acqua di mare	1,86
Australia	Gold Coast Desalination Plant	135.000	OI	Acqua di mare	1,63
Israele	Ashkelon	165.000	OI	Acqua di mare	0,53
Spagna	Torreveja	220.000	OI	Acqua di mare	1,38

Fonte: Althesys

Per i prossimi anni, è verosimile stimare una contrazione dei costi di desalinizzazione. Passi da giganti sono stati compiuti, specie nei Paesi, in cui la desalinizzazione è ormai una realtà consolidata, come Paesi del Golfo, Israele o l'Australia. Secondo l'ultimo rapporto dell'International Desalination Association (IDA), i bandi di gara più recenti in Arabia Saudita e Abu Dhabi hanno visto scendere il prezzo della desalinizzazione al di sotto dei 0,50 dollari/m<sup>3</sup> per la prima volta nella storia. La notizia assume ancora più rilevanza dopo una decade di prezzi crescenti a causa dell'alto costo dei materiali e delle fonti energetiche necessarie ad alimentare gli impianti.

La riduzione è ascrivibile a diversi fattori, non circoscritti esclusivamente all'innovazione tecnologica, ma legati ad un maggiore know-how acquisito nel corso degli anni che ha permesso un'ottimizzazione dei processi di costruzione e a nuovi modelli contrattuali e di finanziamento (tassi di interesse più bassi) che hanno contribuito alla creazione di forti e solidi consorzi che operano in maniera più efficiente.

Costi più bassi dei materiali, cambiamenti nel design degli impianti e prezzi più bassi dei prodotti petroliferi hanno inoltre ridotto il costo di alcune componenti – per lo più derivanti da materiali oil producted – come membrane, tubi in plastica, ecc. Infine, ma non meno importanti, il rapido sviluppo delle fonti rinnovabili per la produzione di energia elettrica (vedi capitolo 5), così come l'integrazione di sistemi di intelligenza artificiale nell'architettura dell'impianto e nelle fasi operative – un ambito, ancora poco esplorato e su cui si sta lavorando – potrebbero contribuire a ridurre i costi.

<sup>127</sup> Per la Spagna il prezzo in euro/m<sup>3</sup> era di 1,0361 nel 2013. Per la conversione in dollari è stato utilizzato il cambio medio annuale 2013 di 1,32812 €/€.

## 4. Le ricadute ambientali

La dissalazione, come altre attività industriali, genera anche alcune esternalità negative in termini di impatti ambientali. Tuttavia, una sempre maggiore attenzione da parte dei governi e una legislazione sempre più severa unitamente ai miglioramenti tecnologici, stanno contribuendo a ridurre la portata. Alcune delle principali conseguenze ambientali possono essere:

- emissioni di gas climalteranti
- impatto termico
- impatto chimico
- rilascio in mare della salamoia
- impatto paesaggistico.

Le attività di processo e produzione dell'acqua potabile richiedono una significativa quantità di energia (con impiego di combustibili fossili) con conseguente rilascio di CO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> in atmosfera. Al 2017, complessivamente gli impianti di desalinizzazione installati nel mondo hanno contribuito per 76 Mt di CO<sub>2</sub> e si stima che queste ultime possano crescere fino a 218 Mt all'anno al 2040<sup>128</sup>. La maggior diffusione degli impianti per la desalinizzazione, infatti, avrà come inevitabile conseguenza un aumento delle emissioni connesse. Tuttavia, in ragione dei miglioramenti tecnologici che hanno aumentato l'efficienza degli impianti e il recupero di energia, tali emissioni si sono ridotte e potrebbero ridursi ancora di più a seguito di un maggiore ricorso agli impianti di generazione elettrica alimentati da fonti rinnovabili.

Nel solo caso dei dissalatori evaporativi, la desalinizzazione ha un **impatto termico** sull'ambiente. I dissalatori evaporativi rigettano in mare l'intero flusso energetico ricevuto per l'esercizio, pertanto l'acqua in uscita risulta più calda di quella in entrata. La normativa, in materia, diversa a seconda dei Paesi, ha l'obiettivo di evitare il formarsi di una temperatura troppo elevata in modo da preservare l'equilibrio biologico del mare, anche se a volte la più elevata temperatura può essere sfruttata con vantaggio economico per altre attività (vedi Capitolo 5).

**L'impatto chimico** - più accentuato nel caso dei dissalatori a osmosi inversa - deriva dal fatto che gli impianti di desalinizzazione necessitano di additivi chimici misurabili in ppm (parti per milione) rispetto all'acqua di mare utilizzata. Fra di essi quello di maggiore impatto ambientale è l'antincrostante con funzione disperdente, che può interagire con la formazione delle rocce marine nel processo di fissaggio dell'anidride carbonica. Ovviamente la quantità di prodotti chimici dipende dal tipo di tecnologia utilizzata nonché dal tipo di acqua di alimentazione e l'impatto è correlato anche alla localizzazione geografica dell'impianto. Nel mar Mediterraneo ad esempio i prodotti chimici sono ben assorbiti dalla grande massa di mare. Nel Golfo del Persico, invece, un mare meno esteso e con scarso ricambio dell'acqua, dove la concentrazione di dissalatori è alta, il volume di prodotti chimici è più ampio e deve essere monitorato.

Un'attenzione particolare merita il **rilascio della salamoia**, che presenta una maggior concentrazione di sali rispetto all'acqua in ingresso dell'impianto essendo questi diluiti in una minore

---

<sup>128</sup> M. W. Shahzad, M. Burhan, L. Ang, K. Choon Ng, *Energy-water-environment nexus underpinning future desalination sustainability*, in *Desalination*, Vol. 413, 2017.

quantità d'acqua. Per una parte del mondo scientifico, la maggiore salinità della salamoia rilasciata non costituirebbe di per sé un fenomeno preoccupante, poiché quest'ultima si somma in modo irrilevante a quella generata dall'evaporazione naturale nel tratto di mare interessato dal dissalatore, purché sia sufficientemente ampio<sup>129</sup>. Inoltre, la salinità della salamoia dipende dalla concentrazione di sale che ha l'acqua in entrata<sup>130</sup>, ed è differente in ogni impianto, poiché dipende dai livelli di conversione dell'acqua che permettono l'efficienza del processo di dissalazione di ogni impianto, dal tipo di dissalatore utilizzato e dai sistemi di recupero.

Tuttavia, esistono diversi studi e pubblicazioni che hanno messo in evidenza i rischi connessi al rilascio della salamoia a seguito di un processo di desalinizzazione. Fra questi un recentissimo rapporto<sup>131</sup> evidenzia come per ogni litro di acqua desalinizzata ci sia un residuo di 1,5 litri di salamoia - a concentrazione variabile, in funzione della salinità dell'acqua di partenza. Si tratta di una stima superiore del 50% rispetto a quella di riferimento fino alla pubblicazione dello studio, condotta sulla base delle più recenti tecnologie dei dissalatori effettivamente operativi.

**Figura 4.1 Produzione di salamoia nelle diverse aree del mondo**

	Produzione salamoia (mln m <sup>3</sup> /g)	%
Medio Oriente & Nord Africa	99,4	70,3
Asia Orientale & Pacifico	14,9	10,5
Nord America	5,6	3,9
Europa Occidentale	8,4	5,9
America Latina e Caraibi	5,6	3,9
Sud Asia	3,7	2,6
Europa Orientale e Asia Centrale	2,5	1,8
Africa Sub Sahariana	1,5	1

Fonte: Jones, Qadir, T.H. van Vliet, Smakhtin, Kang

Secondo lo studio, la produzione di salamoia attuale, a livello mondiale, si aggira sui 141,5 milioni di m<sup>3</sup>/g, il 70,3% dei quali (100 milioni m<sup>3</sup>/g) concentrati nel Medio Oriente e in Nord Africa. In queste regioni si produce un volume di salamoia che è il doppio rispetto all'acqua desalinizzata prodotta, per un rapporto di recupero appena dello 0,25. Infatti nei Paesi che si trovano in quest'area è maggiore la diffusione delle tecnologie di dissalazione termica/evaporativa che producono mediamente da due a quattro volte più salamoia per metro cubo rispetto agli impianti che utilizzano le tecnologie a membrana.

<sup>129</sup> Rognoni, *ibidem*

<sup>130</sup> La salinità media dell'acqua di mare è compresa tra i 35 e i 45 grammi per litro (l'acqua consumabile da un essere umano varia da 3 a 25 grammi di sale per litro), ma all'AEDyR sottolineano che questa varia secondo il mare, la zona e la profondità alla quale viene presa e che quella del Mediterraneo – con 36 – 39 g/l – è l'acqua “ideale” per la dissalazione. Quella più salata (se si escludono mari interni come il Mar Morto e il Mar Caspio) è quella del Mar Rosso (42 – 46 g/l), seguita da quella del Golfo Persico (40 – 44 g/l). Il Mar dei Caraibi ha una salinità simile a quella del Mediterraneo (34 – 38 g/l), seguito dall'Oceano indiano (33 – 37 g/l) e dagli oceani Pacifico e Atlantico (33 – 36 g/l), mentre il Mar Baltico tecnicamente è un mare salmastro con una salinità di appena 6 – 18 g/l.

<sup>131</sup> E. Jones, Manzoor Qadir, M. T.H. van Vliet, V. Smakhtin, S.Kang, *The state of desalination and brine production: A global outlook*, in *Science of the Total Environment*, Vol. 657, 2019

In altre regioni il volume di salamoia è decisamente più basso: Asia Orientale e Pacifico (10,5%), Europa Occidentale (5,9%) e Nord America (3,9%) e maggiore, al contrario, è il volume di acqua desalinizzata prodotta per un tasso di recupero molto superiore.

Il residuo salato che viene rilasciato potrebbe risultare dannoso per l'ambiente marino: in quanto può contenere resti di sostanze chimiche anti-incrostanti e anti-fouling. Può alterare la salinità dell'acqua in prossimità delle coste (a partire cioè da dove vengono riversate) e, nel caso tale salinità sia troppo elevata, produrre una riduzione nel livello di ossigeno in acqua che impatta notevolmente sugli habitat degli organismi bentonici, con effetti ecologici osservabili lungo tutta la catena alimentare<sup>132</sup>.

Una riduzione della salinità contenuta nelle acque di scarico dei dissalatori è perciò raggiungibile sia attraverso miglioramenti tecnologici degli impianti<sup>133</sup> e di efficienza (aumento della ratio di recupero dell'acqua), sia attraverso lo sfruttamento del residuo per altre attività economiche (vedi capitolo 6).

Infine, gli impianti di dissalazione, hanno un **impatto paesaggistico** non trascurabile, dato che sono di grandi dimensioni, occupano aree di estensione rilevante e in genere sono localizzati in zone particolarmente sensibili dal punto di vista ambientale. In particolare nel caso degli impianti a osmosi inversa, questi vengono realizzati all'interno di capannoni, quindi l'impatto paesaggistico coincide con quello delle strutture che li contengono. Gli impianti evaporativi, invece, sono realizzati all'aperto con uno sviluppo verticale (in altezza fuori terra) compreso fra 10-15 metri a seconda della dimensione dell'impianto stesso<sup>134</sup>.

## 5. Impianti di dissalazione e generazione di energia rinnovabile

Le sfide più importanti da vincere per il futuro della desalinizzazione sono l'abbattimento dei costi dell'energia e l'utilizzo di fonti rinnovabili. Il secondo obiettivo diventa sempre più importante alla luce degli obblighi ambientali più stringenti e della progressiva riduzione del ruolo delle fonti fossili nel mix energetico degli Stati.

Le fonti energetiche rinnovabili utilizzate per soddisfare le richieste di energia degli impianti di desalinizzazione sono il solare, l'eolico, il geotermico e la combinazione ibrida solare/eolico, quest'ultima impiegata per ridurre il problema dell'intermittenza e della discontinuità delle fonti. Si tratta di tecnologie ormai consolidate e diffuse a livello mondiale in vari comparti.

A queste si può aggiungere l'energia cinetica delle onde marine o delle maree, che può essere convertita in energia elettrica in modo da alimentare i desalinizzatori. Si tratta di una tecnologia

---

<sup>132</sup> Inoltre uno studio dell'Università Federico II di Napoli sullo stato della fauna e della flora marina allo scarico della salamoia del dissalatore di Lipari, mostra come nelle aree dove le concentrazioni saline superano la soglia di tossicità, si evidenzia una regressione della Posidonia, una pianta fondamentale per la stabilità dell'ambiente marino.

<sup>133</sup> A. Panagopoulos, K. J. Haralambous, M. Loizidou, *Desalination brine disposal methods and treatment technologies - A review*, in Science of the Total Environment, Vol. 693, 2019.

<sup>134</sup> Rognoni, *ibidem*.

molto promettente e dalle grandi potenzialità, in quanto gode del vantaggio di una minore intermittenza rispetto a solare ed eolico. Tuttavia, allo stato attuale, si trova ancora in una fase embrionale di sviluppo, confinata a soluzioni impiantistiche poco più che sperimentali.

La selezione della tecnologia appropriata per la dissalazione con energia rinnovabile dipende da molti fattori, tra cui le dimensioni dell'impianto, la salinità dell'acqua di alimentazione, la lontananza dalla disponibilità della rete elettrica, le infrastrutture, nonché il tipo e il potenziale delle risorse energetiche rinnovabili locali.

## 5.1 Le principali tecnologie rinnovabili per la desalinizzazione

### 5.1.1 Il solare

I sistemi di desalinizzazione con energia solare si dividono in sistemi diretti ed indiretti. I primi usano l'energia del sole per produrre acqua distillata direttamente nei collettori sfruttando l'effetto serra (dissalatori termici solari). I secondi, invece, accoppiano i vari sistemi di captazione della radiazione solare con i sistemi di desalinizzazione tradizionali, quindi l'energia solare è usata per produrre calore e/o energia elettrica da fornire ad uno degli impianti tradizionali.

Riguardo i sistemi indiretti il solare termico ben si integra con i desalinizzatori evaporativi (quindi l'impiego della tecnologia solare per produrre calore necessario al processo di distillazione dell'acqua marina), mentre la tecnologia fotovoltaica trova applicazione più naturale negli impianti ad osmosi inversa (per la fornitura dell'elettricità necessaria al processo). Tuttavia in entrambi i casi gli impianti di dissalazione non sono tecnologicamente differenti da quelli progettati per funzionare tramite alimentazione di calore o energia elettrica tradizionale.

Per quanto riguarda invece i sistemi diretti vi possono essere diverse configurazioni a seconda della tipologia e delle dimensioni dell'impianto di dissalazione. I dissalatori termici solari possono operare in modo semplice evaporando l'acqua salata, senza recupero del calore di condensazione. In questo caso l'efficienza è modesta ed il sistema è adatto a piccole o piccolissime produzioni (come nel caso delle imbarcazioni da diporto o per fornire l'acqua a singole abitazioni isolate). In alternativa si può recuperare il calore di condensazione per utilizzarlo ai fini di ottenere ulteriore evaporazione e aumentare così la capacità produttiva, ma in tal caso l'impianto risulta più complesso e costoso dato che è necessario inserire oltre ad un evaporatore anche una pompa elettrica per il ricircolo dell'acqua. In questo caso però i rendimenti possono aumentare fino a quattro volte rispetto ai dissalatori atmosferici senza recupero di energia.

I dissalatori termici solari, inoltre, possono operare in condizioni di pressione atmosferica (quindi con accessori impiantistici semplici) o sotto vuoto. La condizione operativa di vuoto consente di concentrare il vapore puro anche alle basse temperature con un significativo incremento del rendimento di conversione. In questo caso però le applicazioni più adatte sono quelle industriali, data la maggiore complessità impiantistica.

Infine, l'energia solare può venire concentrata e consentire la generazione di vapore anche ad alta temperatura. In questo caso gli impianti sono simili ai dissalatori evaporativi progettati per

essere alimentati da calore ottenuto industrialmente. Molti studi e progressi tecnologici sono stati fatti e attualmente è possibile generare vapore fino alla temperatura di 300 °C con sistemi orientabili tramite specchi concentratori. Benché questa tecnologia sia molto promettente e nel futuro potrà consentire significative economie di scala, in particolar modo per le grandi applicazioni, il principale limite attuale sono gli elevati costi e le enormi superfici di captazione necessarie al processo.

Un esempio di applicazione innovativa è stato condotto dall'istituto Indiano NIOT (National Institute of Ocean Technologies) che ha avuto l'idea di sfruttare l'energia solare già captata dall'enorme superficie dell'oceano e di utilizzarla senza installare una superficie di captazione artificiale autonoma. La costa sud occidentale dell'India, infatti, si presta molto bene allo sviluppo di questa tecnologia perché l'acqua superficiale si trova a temperatura elevata e pressoché costante nell'arco delle stagioni variabile tra i 28 °C e i 32 °C. Inoltre anche a breve distanza dalla costa l'orografia del fondo marino consente di estrarre acqua a temperatura di 14 °C-15°C a circa 600-800 m di profondità. Sono quindi mediamente disponibili 15 °C di delta termico da sfruttare per il recupero del calore di condensazione<sup>135</sup>. L'impianto lavora in condizioni di vuoto spinto e la convenienza del processo è così marcata che è stato replicato in altre situazioni nonostante i costi e la complicazione della presa dell'acqua in profondità del mare.

Il solare è la tecnologia rinnovabile più ampiamente utilizzata nel processo di desalinizzazione, specialmente nelle aree MENA.

### 5.1.2 L'eolico

L'energia elettrica per alimentare gli impianti di dissalazione può essere ricavata sfruttando l'energia eolica. La potenza elettrica generata dalle turbine eoliche può essere utilizzata nei processi a membrane come l'osmosi inversa (RO) e l'elettrodialisi (ED), oppure nelle unità con compressione di vapore (MVC).

L'eolico è una delle tecnologie con i più bassi costi di generazione elettrica. Inoltre, un impianto di desalinizzazione, accoppiato ad un parco eolico, può funzionare da storage nei casi in cui la generazione di elettricità supera la domanda. Pertanto si può pensare di accumulare l'acqua desalinizzata nei periodi di maggior disponibilità della risorsa, per poi utilizzarla nei momenti in cui la produzione cala o è assente.

### 5.1.3 La geotermia

Anche le risorse geotermiche, specie quelle inferiori ai 100°C possono essere sfruttate per alimentare gli impianti di desalinizzazione, in particolare per quelli a distillazione a multiplo effetto (MED) che richiedono calore a più bassa temperatura rispetto a quelli a stadi multipli (MSF). Il vantaggio di questa fonte consiste nel fatto di essere disponibile indipendentemente

---

<sup>135</sup> Il salto termico di 15 °C viene sfruttato per 6 °C nel raffreddamento dell'acqua tiepida e per 6 °C per il riscaldamento dell'acqua fredda e per i restanti 3 °C per lo scambio termico.

dalle condizioni meteorologiche e quindi risultare più costante rispetto a solare ed eolico. Tuttavia, rimangono ancora elevati i costi nella fase di esplorazione e produzione di un pozzo geotermico e a seconda della tecnologia utilizzata, può produrre fluidi tossici.

## 5.2 I benefici derivanti dall'impiego delle FER nella desalinizzazione

Molteplici sono i vantaggi di un maggior apporto di rinnovabili nei processi di desalinizzazione.

Innanzitutto, a beneficiarne è l'ambiente in ragione della notevole riduzione delle emissioni di gas climalteranti grazie all'impiego di fonti che non impiegano i tradizionali combustibili fossili. Come più volte sottolineato, la desalinizzazione è un processo energy-intensive, quindi l'impatto ambientale dei consumi energetici risulta rilevante, specialmente per i processi termici.

In secondo, luogo si può contare su una disponibilità illimitata delle risorse, a differenza di quelle fossili, specie nelle regioni, come l'area MENA, caratterizzate da maggiori valori di intensità di radiazione solare e dove è maggiore il bisogno di desalinizzare l'acqua.

Per quanto, generalmente, l'utilizzo dei dissalatori risulti ancora più costoso rispetto alle fonti tradizionali, si rivela già una soluzione praticabile e conveniente nelle aree remote e isolate, non servite dalle infrastrutture idriche, ma a volte neanche dalle reti di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica. In questi casi la dissalazione sostituisce fonti di approvvigionamento costose e poco efficienti (come il trasporto con autobotti o navi)<sup>136</sup>. È il caso, ad esempio, delle piccole isole greche dove, per far fronte alle necessità idriche, il trasporto di acqua avviene tramite navi cisterna: un sistema economicamente poco conveniente, ambientalmente dannoso e qualitativamente poco efficiente dal momento che l'acqua trasportata nella maggior parte dei casi richiede ulteriori trattamenti per essere potabile<sup>137</sup>.

Inoltre l'impiego delle tecnologie solari si presta bene nelle aree a vocazione turistica, in cui il maggior fabbisogno di acqua si concentra durante la stagione estiva, quando anche l'irradiazione solare è maggiore.

Un altro vantaggio delle fonti rinnovabili è che sono tecnologie modulari e di dimensioni variabili che ben si adattano alle caratteristiche della dissalazione. I dissalatori a FER possono avere capacità che vanno da pochi m<sup>3</sup>/giorno - come nel caso di dissalatori per imbarcazioni da diporto o per assicurare acqua a nuclei familiari che abitano in località isolate - a migliaia di m<sup>3</sup>/g in grado di soddisfare i bisogni di un'area urbana.

In particolare la produzione delle fonti rinnovabili intermittenti (eolico e fotovoltaico) ben si integra con il sistema di dissalazione in ragione della facilità di stoccaggio dell'acqua dissalata, che si può facilmente accumulare e conservare nelle ore in cui il sole o il vento è disponibile per poi essere distribuita in tempi diversi da quelli di produzione.

<sup>136</sup> IRENA, *Water Desalination Using Renewable Energy*, 2013, 12 gennaio 2013, [https://iea-etsap.org/E-TechDS/PDF/I12IR\\_Desalin\\_MI\\_Jan2013\\_final\\_GSOK.pdf](https://iea-etsap.org/E-TechDS/PDF/I12IR_Desalin_MI_Jan2013_final_GSOK.pdf).

<sup>137</sup> K. Panagiotis, *A Review of Desalination Potential in Greek Islands Using Renewable Energy Sources, a Life Cycle Assessment of Different Units*, in *European Journal of Sustainable Development*, Vol. 6, 2017.

In generale poi la manutenzione e la gestione degli impianti rinnovabili non è particolarmente complessa e comunque meno onerosa dei tradizionali impianti alimentati a fonti fossili.

### 5.3 Le criticità

Tuttavia, per quanto promettenti e dalle ampie potenzialità, le FER nei processi di dissalazione presentano ancora delle criticità.

Nel caso del solare, gli impianti necessitano di superfici molto estese per captare l'energia necessaria ai processi industriali, con conseguenti complessità. Il fotovoltaico può poi risentire delle condizioni climatiche nelle aree desertiche con alte temperature. Il solare termodinamico, invece, presenta ancora costi di investimento molto elevati.

Le fonti rinnovabili (eolico e solare), inoltre, non sono continue e soffrono del problema dell'intermittenza, per cui sarebbe necessaria l'integrazione con altre fonti, con approvvigionamenti dalla rete o con sistemi di accumulo, questi ultimi ancora molto costosi. Tuttavia nel caso della desalinizzazione il problema è meno rilevante grazie alla possibilità di accumulare l'acqua.

A differenza degli impianti di dissalazione tradizionali, poi, le rinnovabili hanno una minor produttività ed efficienza termica.

Nonostante i cospicui cali dei costi di generazione da rinnovabili, la gestione dei dissalatori risulta ancora costosa rispetto alle fonti tradizionali, specie in quelle aree dove esiste un sistema di distribuzione dell'acqua ben strutturato. Risulta, invece, conveniente nelle aree più remote, poco infrastrutturate e con elevati costi di accesso all'acqua. Anche l'integrazione delle FER con i sistemi ad osmosi inversa, per quanto già ben sviluppata dato che tali impianti si accoppiano molto bene con il fotovoltaico, ha bisogno di un'ulteriore spinta tecnologica per diventare economicamente attrattiva, soprattutto per migliorare le membrane, riducendo i costi di manutenzione e produzione dell'acqua<sup>138</sup>.

### 5.4 La situazione attuale degli impianti di desalinizzazione alimentati a FER

L'utilizzo di rinnovabili nei processi di desalinizzazione è aumentato significativamente negli ultimi anni, sebbene a inizio 2017 (ultimo dato disponibile) gli impianti alimentati a FER (131) fossero solo l'1% della capacità mondiale di desalinizzazione. Di questi oltre il 40% usa il fotovoltaico, il 10% il solare termico, 20% l'eolico, mentre il resto è coperto da impianti ibridi che impiegano più fonti rinnovabili<sup>139</sup>. La tecnologia di dissalazione che meglio si adatta è l'osmosi inversa, in cui le FER sono usate per produrre l'elettricità necessaria al suo funzionamento.

<sup>138</sup> I. Ullah e M. G. Rasul, *ibidem*

<sup>139</sup> M Ali Abdelkareema, M. El Haj Assad, E. T. Sayed, B. Soudan, *Recent progress in the use of renewable energy sources to power water desalination plants*, in *Desalination*, Vol. 453, 2018.

Se all'inizio, la diffusione degli impianti a rinnovabili riguardava in prevalenza quelli di piccola taglia (area MENA o Cipro, Egitto, Giordania, Marocco, Turchia, Abu Dhabi e Isole canarie), negli ultimi anni si stanno sempre più affermando impianti di dimensioni più grandi.

Alcuni Paesi stanno investendo ingenti capitali in questa direzione, fra tutti l'Arabia Saudita, leader nell'uso di fonti pulite per desalinizzare l'acqua, che nel 2017 ha avviato il più grande impianto di desalinizzazione alimentato da fotovoltaico, Al Khafji, da 60.000 m<sup>3</sup>/g. In Egitto a inizio 2018, dopo sei anni di lavoro e 12,5 milioni di euro, è stato avviato un impianto a solare termodinamico MATS. MATS è l'acronimo di "Multipurpose Applications by Thermodynamic Solar", l'impianto infatti è in grado di soddisfare il fabbisogno di corrente, riscaldamento e raffreddamento (domestico e industriale) e di acqua potabile, utilizzando unicamente rinnovabili.

Anche gli Emirati Arabi stanno pianificando una maggiore spesa in desalinizzazione<sup>140</sup> alimentata da fonti pulite e in Marocco è in fase di costruzione un progetto per la produzione di 275.000 m<sup>3</sup>/giorno (estendibili fino a 450.000 metri cubi al giorno) di acqua marina desalinizzata vicino a Agadir, una città costiera nel Marocco occidentale<sup>141</sup>.

Anche l'Australia ha investito in impianti di desalinizzazione alimentati da rinnovabili. Ad esempio, l'impianto Kwinana Beach a Perth, che partito nel 2006, produce 45 miliardi di litri di acqua potabile all'anno, circa il 18% del fabbisogno della città di Perth<sup>142</sup>. Si tratta di un impianto a osmosi inversa, che si alimenta con acqua marina, e la cui elettricità per operare (180 GWh all'anno) viene prodotta dall'Emu Dons Wind Farm, centrale composta da 48 turbine eoliche, che si trova a 200 km a nord di Perth<sup>143</sup>. Sempre funzionale a soddisfare i fabbisogni idrici di Perth, c'è il Southern Seawater Desalination Plant, costruito a Binningup, e che, partito nel 2011, produce fino a 100 miliardi di litri di acqua potabile all'anno – circa il 30% del fabbisogno della città. Anche in questo caso, l'elettricità è generata da rinnovabili: solare ed eolico<sup>144</sup>.

## 6. Le interazioni con gli altri settori economici

La desalinizzazione, sebbene sorta per rispondere alle necessità idriche di regioni affette da grave scarsità, grazie al progresso tecnologico negli anni è stata sviluppata anche per rispondere ad altre esigenze. Desalinizzare l'acqua costituisce, infatti, un vantaggio competitivo per alcuni comparti economici in cui l'acqua è un fattore importante come agricoltura e itticoltura e anche il residuo del processo (la salamoia) può garantire opportunità economiche laddove opportunamente recuperata e reimpiegata.

---

<sup>140</sup> La Dubai Electricity and Water Authority (DEWA) prevede al 2030 una spesa in dissalatori a fonti rinnovabili di circa 13 mld di dollari Smart Energy International, *Dubai to power desalination with solar*, 16 aprile 2019 <https://www.smart-energy.com/renewable-energy/dubai-to-power-desalination-with-solar/>.

<sup>141</sup> Middle East Utility, *Morocco Expected To Be Home To Africa's Largest Desalination Plant*, 04 luglio 2019, <https://www.utilities-me.com/news/13155-morocco-expected-to-be-home-to-africas-largest-desalination-plant>.

<sup>142</sup> Water Corporation, *Perth Seawater Desalination Plant*, <https://www.watercorporation.com.au/water-supply/our-water-sources/desalination/perth-seawater-desalination-plant>.

<sup>143</sup> M. A. Sanz e R. Stover, *Low energy consumption in the Perth seawater desalination plant*, [https://www.researchgate.net/publication/228491362\\_Low\\_energy\\_consumption\\_in\\_the\\_Perth\\_seawater\\_desalination\\_plant](https://www.researchgate.net/publication/228491362_Low_energy_consumption_in_the_Perth_seawater_desalination_plant).

<sup>144</sup> Water Corporation Southern Seawater Desalination Plant, <https://www.watercorporation.com.au/water-supply/our-water-sources/desalination/southern-seawater-desalination-plant>.

## 6.1 Desalinizzazione ed agricoltura

In ragione di un prezzo di produzione mediamente più elevato di quello richiesto per produrre acqua da fonti tradizionali, generalmente l'acqua desalinizzata viene utilizzata principalmente per usi civili e in minor misura per l'agricoltura e l'irrigazione. Tuttavia, è stato dimostrato che in alcuni casi, utilizzare l'acqua prodotta dai desalinizzatori nel comparto agricolo non è solo una necessità, laddove vi è carenza idrica, ma anche un'opportunità economica.

Tra i principali vantaggi connessi all'utilizzo dell'acqua desalinizzata in agricoltura vi sono l'aumento di produttività e qualità di alcuni prodotti e nello stesso tempo la riduzione del consumo di acqua stessa, il recupero di salinità del suolo<sup>145</sup> e la riduzione dell'utilizzo dei pesticidi<sup>146</sup>. L'irrigazione degli agrumi, per esempio, con acqua desalinizzata genera un aumento di produttività compreso fra il 10 e il 50% (a seconda del tipo di acqua utilizzata prima dell'acqua desalinizzata), mentre il fabbisogno di acqua si riduce del 20%. Nel caso delle piantagioni in serra di banane, invece, si assiste ad una riduzione del 50% dei fertilizzanti e del 30% di acqua, a fronte di una produttività maggiore e di un accorciamento dei tempi di maturazione. Un incremento della produttività delle superfici agricole è correlato anche alla riduzione della salinità dei terreni a seguito del processo di lisciviazione dei sali ottenuto grazie all'impiego di acqua dissalata.

Sempre basato sul nesso desalinizzazione-agricoltura è l'avvio, nel 2016, in Australia<sup>147</sup> del primo esempio al mondo su scala commerciale di agricoltura che sfrutta solo risorse potenzialmente inesauribili - sole e acqua marina - per coltivare pomodori in serra in zone aride. È una fattoria di 20 ettari, all'avanguardia dal punto di vista tecnologico, sviluppata dalla società londinese Sundrop Farm<sup>148</sup>, in grado di rendere fertili territori degradati e destinarli alle coltivazioni di prodotti, tradizionalmente inadatti per zone così aride. La fattoria è collegata con una condotta di 2 km di lunghezza all'impianto di desalinizzazione che processa l'acqua dello Spencer Gulf producendo il fabbisogno idrico per irrigare 180.000 piante di pomodoro. A sua volta, alla fattoria è affiancata una centrale solare termodinamica, con oltre 23.000 specchi - la superficie totale occupata è di circa 51.000 m<sup>2</sup> - che concentrano i raggi solari su una torre ricevente alta 115 metri. Tale centrale produce l'energia elettrica e termica necessaria a far funzionare l'impianto di desalinizzazione e riscaldare le serre d'inverno. L'acqua marina è anche impiegata per purificare e sterilizzare l'aria nel sistema di ventilazione delle serre.

La fattoria solare-marina, costata circa 200 milioni di dollari australiani, è in grado di produrre in maniera totalmente sostenibile 15.000 tonnellate di pomodori l'anno. Questa iniziativa, ancora probabilmente onerosa in termini economici, presenta delle innumerevoli potenzialità e fornisce un'opportunità vista la progressiva desertificazione di suoli - che in precedenza erano fertili - a causa del cambiamento climatico.

<sup>145</sup> O. Barron, R. Ali, G. Hodgson, D. Smith, E. Qureshi, D. McFarlane, E. Campos, D. Zarzo, *Feasibility assessment of desalination application in Australian, traditional agriculture*, in *Desalination*, Vol. 364, 2015.

<sup>146</sup> CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems (WLE), International Water Management Institute (IWMI), Manzoor Qadir, Andrew D. Noble, Fawzi Karajeh and Biju George, *Potential Business Opportunities from Saline Water and Salt-affected Land Resources*, 2015.

<sup>147</sup> QualEnergia, *Energia solare e acqua marina per alimentare nuove fattorie rinnovabili*, 10 ottobre 2016, [www.qualifiedenergia.it/articoli/20161010-energia-solare-e-acqua-marina-per-alimentare-le-nuove-fattorie-rinnovabili/](http://www.qualifiedenergia.it/articoli/20161010-energia-solare-e-acqua-marina-per-alimentare-le-nuove-fattorie-rinnovabili/).

<sup>148</sup> Sundropfarms, <https://www.sundropfarms.com/>.

## 6.2 Riutilizzo del calore da acqua desalinizzata

Gli impianti evaporativi, come evidenziato nel capitolo 2, potrebbero rilasciare in uscita un'acqua più calda di quella in entrata. Sfruttare questo aumento di temperatura potrebbe avere un ritorno economico: l'acqua più calda, infatti, favorisce gli allevamenti ittici che spesso vengono proprio realizzati in prossimità degli scarichi degli impianti termici. Anche la florovivaistica in serra è spesso abbinata agli scarichi termici costieri, consentendo lo sfruttamento della corrente tiepida, per il parziale riscaldamento delle serre prima del rigetto finale in mare<sup>149</sup>.

## 6.3 Il recupero della salamoia

Come detto, gli impianti di dissalazione producono elevate quantità di salamoia concentrata come prodotto di scarto, con rischi di danno per l'ecosistema marino, soprattutto nel caso in cui questa venga rilasciata in mari chiusi e con un elevato tasso di salinità. Al contrario, se opportunamente trattata, la salamoia da rifiuto può diventare risorsa.

Svariati sono gli impieghi fino ad ora praticati, alcuni hanno avuto più successo in quanto già testati e diffusi, altri, invece, sono praticati solo ad una fase di laboratorio, ma su tutti gravita un gran interesse, specie in quei Paesi in cui non si può più far a meno della desalinizzazione e in cui stringente è la necessità di contenerne l'impatto ambientale.

### 6.3.1 Salamoia e acquacoltura

L'uso di acqua con un'alta concentrazione di sali, come è appunto la salamoia, ha dimostrato notevoli vantaggi commerciali, sociali e ambientali, se impiegata nel settore dell'acquacoltura<sup>150</sup>. È stato dimostrato che utilizzando lo scarto del processo di desalinizzazione, la densità della biomassa del pesce Tilapia<sup>151</sup> è aumentata notevolmente - 30 kg per metro cubo contro i 10 kg per metro cubo della stagione precedente - e allo stesso tempo si è ridotta la quantità di mangime di cui i pesci hanno bisogno (da 2 kg a 1,1 kg per ogni kg di pesce allevato)<sup>152</sup>. I pesci, inoltre, si riproducono in circa 6-7 mesi<sup>153</sup>, riuscendo ad avere anche due cicli di crescita in un anno e garantendo così un maggior ritorno economico.

Un altro impiego interessante della salamoia è quello per la produzione di alga spirulina, una microalga di colore verde-azzurro che vive principalmente in acque salate, alcaline e calde. Oggi sempre più diffusa (si coltiva anche in Italia), la spirulina ha molteplici proprietà nutrizionali e terapeutiche e si trova sotto forma di compresse, integratori ma anche di pane e di pasta.

---

<sup>149</sup> Rognoni, *ibidem*

<sup>150</sup> L'acquacoltura è l'allevamento di organismi acquatici attraverso l'utilizzo di tecniche che implicano forme di intervento umano variabili a seconda della tipologia di allevamento prescelta.

<sup>151</sup> La Tilapia è un genere di pesci appartenente alla famiglia dei Ciclidi che vivono in acque tropicali in Africa, Sud America e Asia. È il pesce più consumato al mondo perché costa poco ed è gradito anche a chi non ama troppo il pesce.

<sup>152</sup> International Center for Biosaline Agriculture, *ICBA scientists manage to increase fish biomass by 300% using reject brine*, 6 luglio 2018, <https://www.biosaline.org/news/2018-06-07-6506>.

<sup>153</sup> A.S. Sánchez, I.B.R. Nogueira, R.A. Kalid, *Uses of the reject brine from inland desalination for fish farming, Spirulina cultivation, and irrigation of forage shrub and crops*, in *Desalination*, Vol. 364, 2015.

### 6.3.2 Salamoia e agricoltura

Un altro impiego, già da qualche anno testato e con successo, è l'utilizzo della salamoia nel settore dell'orticoltura<sup>154</sup>, specie in quelle zone aride caratterizzate da scarsa produttività<sup>155</sup>, per la produzione di piante alofite come la salicornia<sup>156</sup>, o per irrigare arbusti da foraggio, come l'*Atriplex lentiformis*, adatti a suoli con livelli di salinità decisamente alti.

#### Fattorie modulari: desalinizzazione, acqua coltura e irrigazione

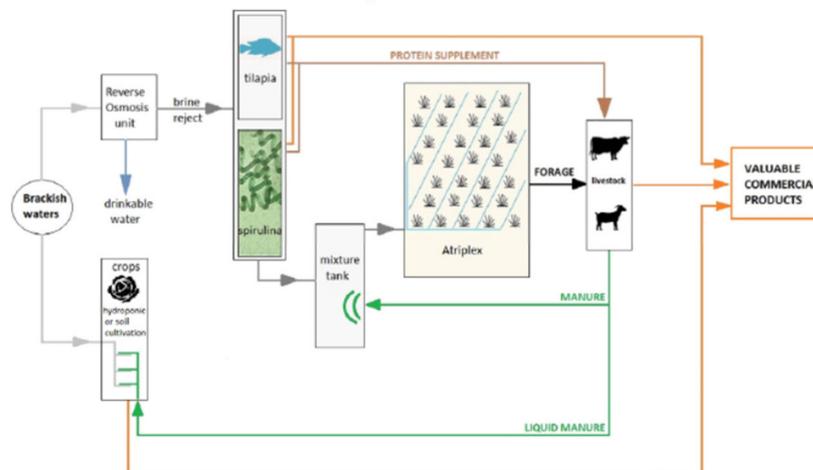
Praticata in alcune regioni semi-aride del Brasile, ma diffusa anche in altre parti del mondo, è la fattoria modulare che, in prossimità degli impianti di desalinizzazione di piccole o medie dimensioni, usa l'acqua desalinizzata e la salamoia per coltivare alcuni prodotti commercializzabili.

Lo schema, sintetizzato nella figura seguente, parte dall'utilizzo di acque salmastre che già per il loro livello di salinità e ricchezza di nutrienti si prestano bene alla coltivazione idroponica<sup>157</sup> o al suolo di alcuni tipi di prodotti. L'acqua salmastra desalinizzata, produce acqua potabile e salamoia, che:

- 1) viene utilizzata per allevare la tilapia,
- 2) viene utilizzata per produrre la spirulina,
- 3) una parte viene fatta entrare in un serbatoio dove, arricchita di materiale organico dai rifiuti agricoli, serve per irrigare foraggio, come *Atriplex*, che alimenta il bestiame.

Questo ciclo chiuso, esempio di economia circolare, ha molti vantaggi: permette il sostentamento di quelle popolazioni che vivono in zone aride e poco fertili; libera delle risorse da destinare al mercato (alcuni vegetali, la spirulina e la tilapia) e genera un effetto positivo sull'ambiente in ragione dello smaltimento della salamoia. Inoltre, i sottoprodotti del pesce tilapia, opportunamente trattati possono essere trasformati in olio e usati come proteine per animali, come fertilizzanti, per la produzione di biodiesel o prodotti di cosmesi.

Schema di fattoria modulare



Fonte: A.S. Sánchez, I.B.R. Nogueira, R.A. Kalid

<sup>154</sup> L'orticoltura è un settore dell'agricoltura che riguarda la scienza, l'arte, la tecnologia e l'attività economica di coltivare piante. Include la coltivazione di piante medicinali, piante da frutto, ortaggi, piante aromatiche, piante ornamentali, alghe, piante industriali, ecc.

<sup>155</sup> The Economist Group's World Ocean Initiative, *Chapter 5: Rising salinity from desalination*, 2018 [https://www.woi.economist.com/content/uploads/2019/01/Charting-the-course-for-ocean-sustainability-in-the-Indian-Ocean-Rim\\_Chapter-5-Rising-water-salinity.pdf](https://www.woi.economist.com/content/uploads/2019/01/Charting-the-course-for-ocean-sustainability-in-the-Indian-Ocean-Rim_Chapter-5-Rising-water-salinity.pdf)

<sup>156</sup> La salicornia è un genere di piante appartenente alla famiglia delle Chenopodiaceae. Le salicornie sono dotate di adattamenti peculiari che ne permettono l'insediamento su terreni salini o salmastri, e per questo sono dette piante alofite. Alcune specie di *Salicornia* sono commestibili e possono essere utilizzate per la produzione di pane o crackers.

<sup>157</sup> Per coltivazione idroponica o idrocoltura s'intende una delle tecniche di coltivazione fuori suolo: la terra è sostituita da un substrato inerte (argilla espansa, perlite, vermiculite, fibra di cocco, lana di roccia, zeolite, ecc.).

### 6.3.3 Salamoia ed estrazione di minerali/sostanze chimiche

Dalla melma di salamoia, infine, è possibile recuperare sali, metalli e altri elementi preziosi in percentuali significative e gli studi in materia si moltiplicano. Dalla salamoia è possibile ottenere litio tramite procedure di scambi ionici, con un ancora potenziale, ma in prospettiva molto alto, ritorno economico<sup>158</sup>. Il litio infatti è un materiale alcalino sempre più richiesto dal mercato per la sua applicazione in batterie ricaricabili, leghe di aeromobili leggeri, prodotti cosmetici e farmaceutici, mentre la salamoia è destinata a crescere in ragione dell'espansione della capacità di desalinizzazione mondiale. Utilizzando vari metodi già testati su scala industriale, anche il magnesio può essere estratto dalla salamoia, che insieme all'acqua di mare e all'acqua geotermica, è considerata una delle principali e illimitate risorse contenenti questo minerale<sup>159</sup>.

La salamoia, ancora, può essere utilizzata come materia nel processo di Carbon Capture and Utilisation (CCU) per trasformare la CO<sub>2</sub> in carbonati<sup>160</sup>, utilizzati in edilizia e come feedstock nell'industria chimica, riducendo così la salinità della salamoia stessa<sup>161</sup>.

Il materiale di scarto del processo di desalinizzazione, infine, può essere convertito in sostanze chimiche utili, incluse quelle in grado di rendere più efficiente il processo di desalinizzazione<sup>162</sup>. Ad esempio l'idrossido di sodio, noto anche come soda caustica, utilizzato per pre-trattare l'acqua di mare che entra nell'impianto di desalinizzazione o l'acido cloridrico.

---

<sup>158</sup> F. Arroyo, J. Morillo, J. Usero, D. Rosado, H. El Bakouria, *Lithium recovery from desalination brines using specific ion-exchange resins*, in *Desalination*, Vol. 468, 2019.

<sup>159</sup> A.F. Mohammad, M.H. El-Naas, A.H. Al-Marzouqi, M.I. Suleiman, M. Al Musharfy, *Optimization of magnesium recovery from reject brine for reuse in desalination post-treatment*, in *Journal of Water Process Engineering*, Vol. 31, 2019.

<sup>160</sup> J.H. Bang, S. C. Chae, S.-W. Lee, J.-W. Kim, K. Song, J. Kim, W. Kim, *Sequential carbonate mineralization of desalination brine for CO<sub>2</sub> emission reduction*, in *Journal of CO<sub>2</sub> Utilization*, Vol. 33, 2019.

<sup>161</sup> A. Dindi, D. V. Quang, I. AlNashef, M. R.M. Abu-Zahra, *A process for combined CO<sub>2</sub> utilization and treatment of desalination reject brine*, in *Desalination*, 442, 2018.

<sup>162</sup> Rinnovabili.it, *Trasformare i rifiuti della desalinizzazione in nuove risorse*, 14 febbraio 2019, <http://www.rinnovabili.it/ambiente/desalinizzazione-rifiuti-risorse/>.

## 7. Desalinizzazione: lo stato dell'arte a livello mondiale

La crescita dei fenomeni siccitosi e il deterioramento della qualità delle acque, come si è visto, ha spinto la diffusione dei sistemi di dissalazione. Questi hanno conosciuto negli ultimi cinquant'anni uno sviluppo esponenziale, con un tasso di crescita medio annuo dell'8%<sup>163</sup>.

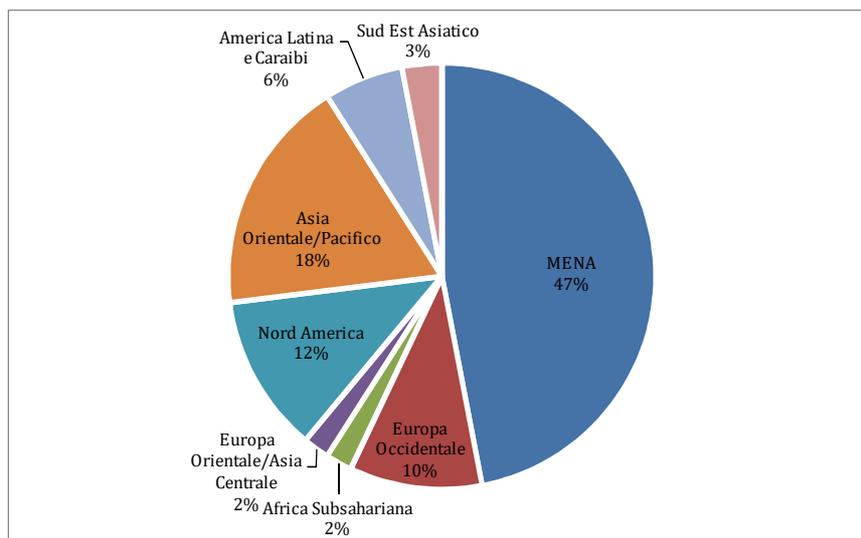
Al 2018, si contavano oltre 19.700 impianti di desalinizzazione sparsi in 150 Paesi: di questi quasi 3.800 off-line, mentre circa 15.600 sono operativi e con una capacità complessiva prossima agli 84 milioni di m<sup>3</sup>/giorno di acqua producibile in grado di soddisfare i fabbisogni di 300 milioni di persone (si veda la Parte I, Capitolo 2.1.2 Figura 2.6). Sono invece 353 gli impianti attualmente in costruzione, che una volta realizzati aumenterebbero la capacità di desalinizzazione mondiale di ulteriori 9 milioni di m<sup>3</sup>/giorno.

Il 47% della capacità di desalinizzazione è installata nei Paesi del Medio Oriente, il più grande mercato mondiale. In quest'area, il calo di capacità contrattata registrata fra 2016 e 2017, è stato più che compensato nel 2018 dalle concessioni rilasciate per importanti progetti in Arabia Saudita e Bahrain e per l'espansione di alcuni grossi impianti negli Emirati Arabi Uniti.

Segue l'area dell'Asia Orientale e del Pacifico (18% del totale), in crescita soprattutto in ragione dell'espansione della capacità di desalinizzazione in Cina che nel 2017 ha raggiunto il livello più alto dal 2010, e il Nord America con un 12%. L'Europa Occidentale invece conta circa il 10% della capacità mondiale, con la Spagna leader europeo (e uno dei primi al mondo).

Inferiore al 10% invece la quota delle altre regioni, dove la desalinizzazione è ristretta ancora ad impianti di piccola taglia per privati o applicazioni industriali<sup>164</sup>.

**Figura 7.1 Capacità installata per regione**



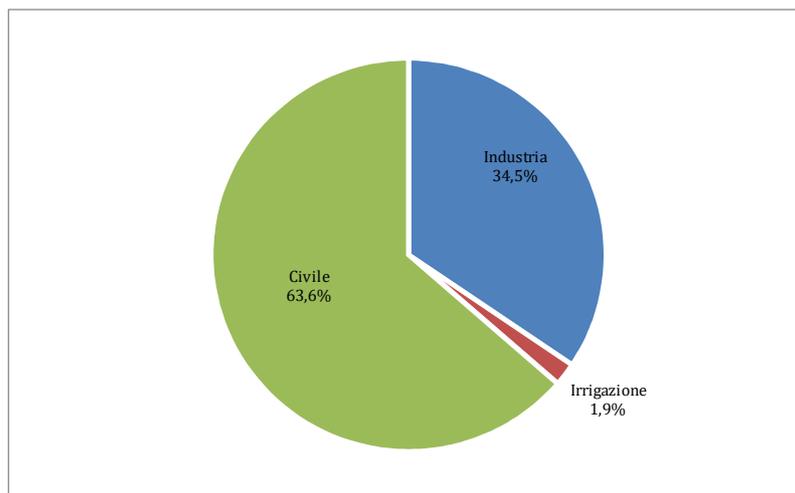
Fonte: International Desalination Association,

<sup>163</sup> Fonte: International Desalination Association e Global Water Intelligence (GWI), *IDA Water Security Handbook*, gennaio 2019.

<sup>164</sup> E. Jones, Manzoor Qadir, M. T.H. van Vliet, V. Smakhtin, S.Kang, *ibidem*.

Meritano però menzione i progetti in Africa sub sahariana: come due in Kenya, uno da 100.000 m<sup>3</sup>/giorno e l'altro da 30.000 m<sup>3</sup>/giorno e tre di dimensioni più piccole a Città del Capo in Sud Africa, funzionali ad evitare il cosiddetto 'Day Zero'<sup>165</sup>. Il comparto civile pesa per oltre il 63%, degli utilizzi dell'acqua dissalata, dove sono presenti anche le taglie di impianto maggiori (in media 8.600 m<sup>3</sup>/giorno), seguito dall'industria (34,5%) e dal settore dell'irrigazione (1,9%).

**Figura 7.2 Capacità di desalinizzazione per tipo di utilizzo**



Fonte: International Desalination Association

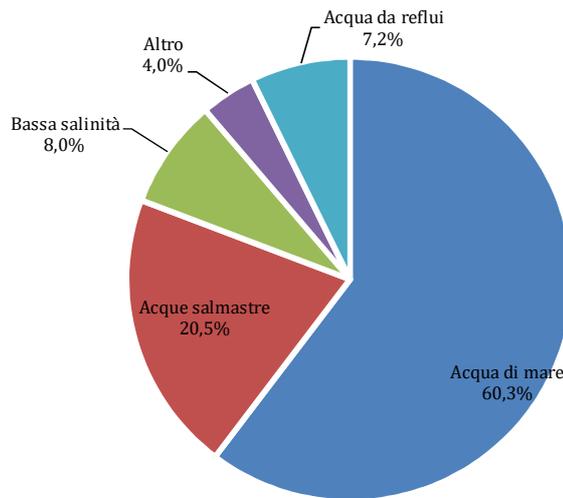
Negli ultimi anni anche la dissalazione per uso industriale ha avuto un aumento considerevole, con +21% tra il 2016 e il 2017, dovuto soprattutto all'incremento della dissalazione del comparto Oil&Gas, dell'estrazione e nel settore nell'industria microelettronica.

Per quanto riguarda, invece, l'acqua in ingresso negli impianti di dissalazione, il mare si conferma come la prima fonte con oltre il 60%, a cui segue con distacco l'acqua salmastra (20,5%). La capacità di desalinizzazione contrattualizzata con acqua salmastra è risultata in termini assoluti in calo del 19% tra 2016 e 2017, ma negli USA, al contrario, si è registrato un aumento del 26% corrispondente ad una capacità di 205.600 m<sup>3</sup>/giorno - la più alta dal 2012, che ha trovato impiego sia in ambito civile che in ambito industriale. Un ulteriore 20%, infine, è coperto dalle acque a bassa concentrazione di sale, come quelle derivanti da acque reflue (largamente diffuse in Cina e India) o da acque superficiali.

Riguardo alle tecnologie, il mercato è sempre più dominato da quelle a membrana, in particolare dall'osmosi inversa che ha conquistato anche i Paesi del Medio Oriente, dove tradizionalmente erano più diffusi i processi termici in ragione dell'abbondanza di fonti fossili a basso prezzo. Il 65% circa della capacità mondiale in esercizio si basa su questa tecnologia, seguita dal MSF (21%), MED (7%), ED (3%) e altri 4%.

<sup>165</sup> Nel 2015 è iniziata una siccità nell'area della Provincia del Capo Occidentale, che ha causato una crisi idrica nella regione. Questa crisi ha colpito soprattutto Città del Capo. A inizio 2018, l'acqua conservata nelle dighe circostanti ha raggiunto livelli criticamente bassi, spingendo la municipalità a predisporre piani per il "Day Zero", ovvero un giorno in cui, se un livello particolarmente basso di acqua fosse stato raggiunto, i servizi municipali avrebbero dovuto tagliare le forniture, di fatto rendendo Città del Capo la prima città al mondo ad esaurire le scorte d'acqua.

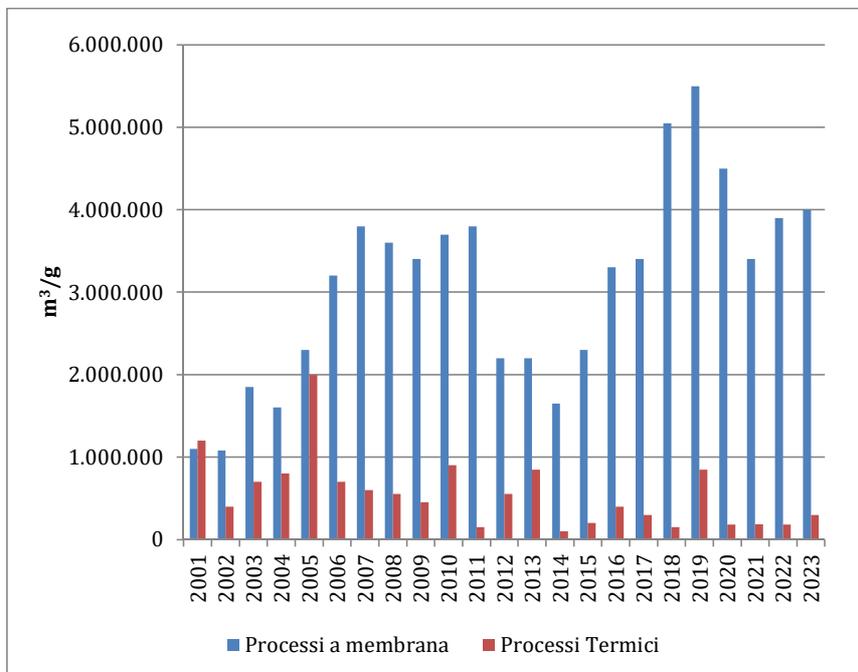
**Figura 7.3 Capacità di desalinizzazione per tipo di acqua utilizzata**



Fonte: International Desalination Association

La capacità recentemente installata o in costruzione, invece, vede l'osmosi inversa pesare per il 90% e oltre, riducendo a marginali i processi evaporativi<sup>166</sup>. A rendere preferibili gli impianti ad osmosi inversa rispetto ai vecchi impianti termici sono: i minori consumi energetici - attualmente un impianto di dissalazione a osmosi inversa consuma circa 3-4 kWh/m<sup>3</sup>, a fronte dei 16-25 kWh/m<sup>3</sup> di quelli termici - e i miglioramenti di efficienza che hanno riguardato l'intero processo di dissalazione, tubazioni, pompe, membrane, recupero di energia, utilizzo di energie rinnovabili e recupero dei prodotti chimici.

**Figura 7.4 Capacità annua aggiuntiva per tecnologia**



Fonte: International Desalination Association

<sup>166</sup> M Ali Abdelkareema, M. El Haj Assad, E. T. Sayed, B. Soudan, *ibidem*.

## 8. Le prospettive della desalinizzazione

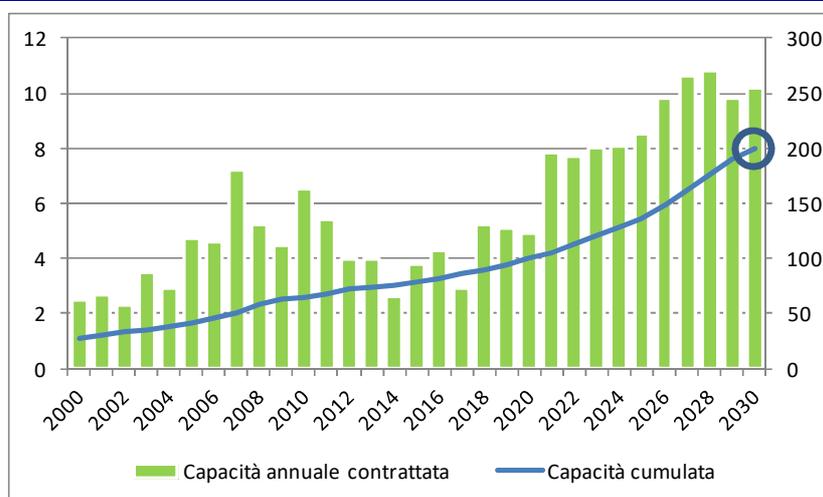
La vita media industriale degli impianti di dissalazione è compresa fra i 25 e i 40 anni (media 30 anni). Poiché si è diffusa intorno agli anni 60-70, molti fra gli impianti più vecchi sono stati dismessi mentre altri potrebbero essere in via di dismissione. Esiste quindi già un mercato di sostituzione, ma la maggior parte degli investimenti riguarda l'installazione di impianti nuovi per l'incremento della capacità produttiva.

Crescita della popolazione, sviluppo economico e presenza di industrie water-intensive (come quella metallurgica, Oil&Gas, chimica, manifatturiera e agricoltura), progresso tecnologico, e le conseguenze del cambiamento climatico sull'inaridimento della terra, sono le principali ragioni alla base di una maggiore richiesta di acqua pulita e conseguentemente dell'espansione della capacità di dissalazione. A questo va aggiunto il significativo abbattimento dei costi.

Già a partire dal 2019, ma anche per gli anni a venire, l'IDA, così come altri istituti di ricerca<sup>167</sup>, indica una crescita del mercato della desalinizzazione ad un tasso medio annuo del 5-7%, specie in relazione all'acqua marina, per una capacità contrattualizzata di oltre 200.000 m<sup>3</sup>/giorno, il doppio di quella registrata nel 2018.

A differenza delle acque salmastre, l'acqua di mare è abbondante, diffusa intorno al globo e facilmente sfruttabile, specie nelle aree costiere, sia da impianti di grandi dimensioni che da quelli più piccoli e che servono un bacino di utenze più circoscritto.

**Figura 8.1 Andamento capacità di desalinizzazione e previsioni (2000-2030)**



Fonte: International Desalination Association

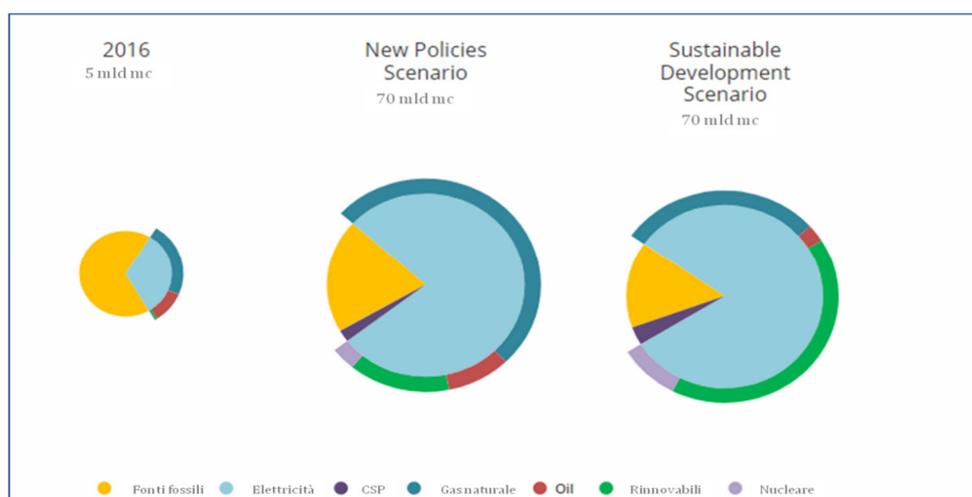
A trainare la crescita della dissalazione sarà l'area mediorientale, che già oggi vanta la presenza di numerosi impianti per la produzione di acqua potabile e dove la capacità è stimata aumentare notevolmente in ragione di uno spostamento dalle attività legate allo sfruttamento delle fonti fossili, a quelle legate al turismo e all'industria manifatturiera, nonché di un buon supporto da parte dei governi, specie di quelli del Golfo (Bahrain, Kuwait, Oman, Qatar, Arabia Saudita, e

<sup>167</sup> Per Adroit Market Research, il mercato globale della desalinizzazione dovrebbe espandersi ad un CAGR del 7,8% fra il 2018-2025.

EUA). In quest'area, dove attualmente è concentrata gran parte degli impianti termici, si registrerà un aumento dell'utilizzo di tecnologie a osmosi inversa.

Secondo lo scenario Nuove Politiche dell'IEA<sup>168</sup> al 2040 circa tre quarti dell'acqua prodotta deriverà da processi a membrana. Nonostante i progressi delle rinnovabili, gran parte dell'energia elettrica che alimenta gli impianti sarà comunque generata da fonti fossili. La desalinizzazione conterà poi per un 15% dei consumi finali di energia e circa un quarto dell'offerta di acqua della regione. Considerando, invece, lo scenario Sviluppo Sostenibile, che presuppone un più rapido phase-out dai sussidi alle fossili, il peso delle rinnovabili dovrebbe risultare maggiore.

**Figura 8.2 Produzione di acqua desalinizzata con acqua di mare in Medio Oriente, per combustibile e scenario**



Fonte: International Energy Agency

Buone prospettive di sviluppo e molti progetti anche in Algeria, Australia, Bangladesh, Brasile, Canada, Egitto (dove il Nilo non riuscirà a soddisfare più il fabbisogno idrico nazionale)<sup>169</sup>, India e Cina, dove lo spostamento della popolazione dalle aree rurali alle città e la conseguente rapida espansione delle infrastrutture e del settore industriale ha accresciuto esponenzialmente il fabbisogno di acqua. L'osmosi inversa, continuerà ad essere la tecnologia preferita specie dai Paesi più sviluppati in quanto in grado di assicurare una gestione specializzata degli impianti, ma si stima avrà una buona diffusione anche nei Paesi in via di sviluppo. Buone potenzialità di crescita anche per l'elettrodialisi e la tecnologia MED<sup>170</sup>. Tra le compagnie, un ruolo di spicco continueranno ad averlo i leader a livello globale, come ACCIONA, Doosan Heavy Industries & Construction, IDE Technologies, SUEZ, mentre compagnie come Fisia, Italimpianti, Hyflux e Aquatech continueranno a detenere la leadership all'interno dei loro Paesi/aree di appartenenza.

<sup>168</sup> AIE, *WEO-2018 Special Report: Outlook for Producer Economies. What do changing energy dynamics mean for major oil and gas exporters?* 2018.

<sup>169</sup> IRENA, *ibidem*.

<sup>170</sup> Water Technology, *Growth expected for global water desalination market from 2018 to 2025* <https://www.watertechnology.com/growth-global-water-desalination-market/>.

## 9. Alcuni casi italiani e l'analisi internazionale

### 9.1 La desalinizzazione in Italia

Il mercato della dissalazione in Italia si è sviluppato già a partire dagli anni '60, quando accanto ai poli tecnologici inglesi (Weir Westgarth), tedeschi (Krupp), francesi (Sidem) e americani (Westinghouse) si è affiancato quello della SIR (Società Italiana Resine), la cui tecnologia, dopo il suo dissesto fu ereditata in parte da Snam Progetti, in parte dalla Bosco e Reggiane (allora EFIM) e quindi dall'Ansaldo.

A quest'ultima si aggiunsero poi altri gruppi industriali, all'inizio portatori di licenze altrui, come Franco Tosi (licenza Westinghouse) e Sowit (licenza Weir Westgarth).

La Italimpianti invece (ora divisione FISIA di Impregilo) divenne leader mondiale progettando grandi impianti industriali, soprattutto con la tecnologia multiflash. Il settore si è, quindi, ulteriormente sviluppato ed è rimasto florido fino alla metà degli anni '80, grazie agli allora ingenti investimenti industriali. Su impulso degli enti governativi e locali le grandi centrali elettriche (ENEL) e le raffinerie (AGIP e SARAS) si dotarono di desalinizzatori interni per rendersi indipendenti nei consumi idrici e non emungere l'acqua per il proprio fabbisogno dalle falde<sup>171</sup>. Questi anni furono proficui e preziosi per società come Sowit, Reggiane e Ansaldo che a poco a poco conquistarono quote del mercato internazionale.

Nonostante un know-how consolidato, in Italia la produzione di acqua dissalata è pari appena allo 0,1% del prelievo complessivo di acqua dolce (fonte: Watec Italy 2017 su dati ISTAT).

Il 90% circa viene dissalato in Sicilia, mentre il resto tra la Toscana e la Liguria, le isole al largo del Lazio e la Sardegna. Negli anni passati vari dissalatori erano presenti, e con tutte le principali tecnologie di produzione, anche presso i grandi impianti industriali, soprattutto nei poli di Termini Imerese, Priolo, Gela e nel Brindisino. Oggi, però la maggior parte risulta dismessa.

Attualmente, la gran parte dei dissalatori si trova ubicata nelle isole minori di Sicilia, Toscana e Lazio, dove maggiore è la scarsità delle risorse idriche e la difficoltà di approvvigionamento, a cui in molti casi ancora si fa fronte ricorrendo a navi cisterne o bettoline con un servizio dai costi assai elevati (13-15 €/m<sup>3</sup>), a carico delle Regioni e dello Stato (per un termine di paragone si tenga conto che il costo medio nazionale dell'acqua al rubinetto per usi domestici, escluse le fasi di fognatura e depurazione, è di circa 0,9 €/m<sup>3</sup>). Con cadenza settimanale, nel periodo invernale, e più volte al giorno in quello estivo, le navi trasportano metri cubi di acqua potabile per far fronte ai fabbisogni della popolazione che durante l'alta stagione aumentano esponenzialmente per l'elevato numero di turisti. Tuttavia, le condizioni meteo-marine, non sempre favorevoli, rendono il sistema del rifornimento aleatorio, costringendo le isole a periodi, anche non brevi, di insufficienza idrica.

---

<sup>171</sup> Rognoni, *ibidem*

Pur in assenza di una mappatura recente e puntuale degli impianti ad oggi installati in Italia (molti sono anche piccoli e di proprietà dei privati), è possibile individuare le isole principali che ospitano un impianto di desalinizzazione<sup>172</sup>.

**Figura 9.1 Presenza di desalinizzatori nelle principali isole minori Italiane**

Isola	Modalità di approvvigionamento idrico	Data entrata in funzione del dissalatore	Tecnologia	Capacità mc/a	Note
Ponza	Dissalatore mobile e navi cisterna	2016	OI	1500	Progetto per un dissalatore fisso. Approvato in data 19/12/2018 in Conferenza dei Sevizi, il progetto definitivo
Ventotene	Dissalatore e navi cisterna. Prevista pieno approvvigionamento da dissalatore entro il 2019	2017	OI	900	Per problemi di torbidità dell'acqua, il dissalatore è rimasto fermo circa 10 mesi a cavallo fra il 2018 e il 2019. A luglio torna operativo
Elba	Condotta sottomarina e risorse locali				Presentato un progetto per dissalatore
Capri					
Ischia					
Procida	Condotte sottomarine della penisola sorrentina				Il collegamento avviene tramite cavi sottomarini costruiti decenni fa, che presentano gravi carenze e perdite di acqua
Elba	Condotta sottomarina				Progetto per un dissalatore
Capraia	Dissalatore	2005	OI	500	Impianto a osmosi inversa. Inaugurato nel 2005. 500 mc/g di acqua potabile
Isola del Giglio	Dissalatore	2000	OI	2400	L'impianto di desalinizzazione funziona dal 2000 e fu realizzato grazie ad un contributo regionale di 2 mld di vecchie lire. Isola autonoma dal punto di vista idrico
Giannutri	Dissalatore	2010	OI	600	L'impianto di desalinizzazione funziona dal 2010 e fu realizzato grazie ad un contributo regionale di 600.000 euro. Isola autonoma dal punto di vista idrico
Pantelleria	Dissalatori	1975-1991	EDR-OI-MVC	900-1600	Ne esistono 2, di proprietà della regione Sicilia. Il primo costituito da 2 sezioni di desalinizzazione: 1) utilizza il processo ad elettrolisi con inversione di polarità (EDR); 2) utilizza il processo ad osmosi inversa (OI). Si alimenta di acqua salmastra. Il secondo impianto alimentato con acqua di mare, è costituito da due moduli evaporativi con compressione meccanica del vapore. Il primo avviamento dell'impianto è avvenuto nel marzo del 1991
Lampedusa	Dissalatore	2015	OI	1000	Gestione affidata ad un gestore privato. Impianto nuovo sostituisce quello vecchio
Linosa	Dissalatore	nd	OI	nd	Gestione affidata ad un gestore privato. Impianto nuovo sostituisce quello vecchio
Favignana	Dissalatore/Condotta/Navi	nd	nd	nd	Il dissalatore non basta a garantire l'autonomia idrica, quindi si ricorre alla condotta sottomarina che parte da Trapani, pozzi privati, serbatoi di accumulo e navi cisterna (specie in estate)
Marettimo	Navi cisterna/Condotta				
Levanzo	Navi cisterna/Condotta				
Ustica		2015	OI	1500	Costruito nel 2001, inizialmente la desalinizzazione veniva ottenuta tramite distillazione, nel 2015 avviene la conversione con moduli a osmosi inversa
Lipari	Dissalatore ma non ancora operativo	-	OI	9000	Sostituzione di quello esistente ad evaporazione. Dopo un contenzioso durato anni, a giugno 2019 la Regione Sicilia ha stanziato 2,6 milioni di euro per consentirne la messa in funzione
Vulcano	Dissalatore ma non ancora operativo				Dopo un contenzioso durato anni a giugno 2019 la Regione Sicilia ha stanziato 2,6 milioni di euro per consentirne la messa in funzione
Stromboli	Navi cisterna				
Panarea	Navi cisterna				
Filicudi	Navi cisterna				
Alicudi	Navi cisterna				
Salina	Navi cisterna				Ci sono progetti per 3 piccoli dissalatori
Isole Tremiti	Navi cisterna				Si parla di un progetto in corso

Fonte: Legambiente e siti vari

Agli impianti isolani riportati in tabella vanno aggiunti:

- in Sicilia: quello di Trapani, Gela e Porto Empedocle, che costruiti molti anni fa, sono stati abbandonati o messi fuori uso in quanto obsoleti e rovinati per l'aggressione dell'acqua del mare, per l'usura del tempo e per vandalismo e furti di rame;
- in Sardegna: dissalatori a Carloforte (mai messo in funzione), La Maddalena e Villasimius (operativi solo per due anni)<sup>173</sup>, costruiti a inizio anni '90 e l'impianto di dissalazione per

<sup>172</sup> Legambiente-CNR, *Isole sostenibili – Osservatorio sulle Isole minori*, marzo 2019 <https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/Isole-Sostenibili-Rapporto-2019.pdf>.

<sup>173</sup> L'Unione Sarda.it, *Villasimius, quel carissimo dissalatore costruito e poi abbandonato*, 25 luglio 2017, [https://www.unionesarda.it/articolo/cronaca/2017/07/25/villasimius\\_quel\\_carissimo\\_dissalatore\\_costruito\\_e\\_poi\\_abbandonat-68-626869.html](https://www.unionesarda.it/articolo/cronaca/2017/07/25/villasimius_quel_carissimo_dissalatore_costruito_e_poi_abbandonat-68-626869.html).

la raffineria del gruppo Saras, a Cagliari, che, con i suoi 12.000 m<sup>3</sup>/giorno, è l'impianto di maggiore capacità operativo in Italia<sup>174</sup>.

La disamina degli impianti esistenti ci restituisce un dato importante: a disporre di un dissalatore operativo - a parte la raffineria di Cagliari - è solo metà delle isole minori italiane e fra queste, al momento, solo quello di Lipari è alimentato in parte da fonti rinnovabili.

Ne consegue che, assumendo anche la possibilità di alcune applicazioni sui litorali del continente o delle isole maggiori, il potenziale di sviluppo ed espansione del mercato della desalinizzazione in Italia risulta interessante. Sulle isole minori, in particolare, desalinizzare l'acqua risulta più economico che trasportarvela. Le stime parlano di un costo di desalinizzazione sui 3-4 €/m<sup>3</sup> dove c'è rete elettrica, 6 €/m<sup>3</sup> dove invece la rete elettrica non è disponibile, a fronte dei 13-15 €/m<sup>3</sup> necessari per il trasporto via mare<sup>175</sup>. Inoltre in queste situazioni la desalinizzazione potrebbe avvenire sfruttando le risorse rinnovabili disponibili in loco (solare ed eolico).

Per agevolare queste diffusioni e rendere sostenibile la dissalazione è necessario, però, una maggior attenzione da parte delle istituzioni e degli enti locali sul fronte infrastrutturale e su quello normativo. Dal punto di vista legislativo è necessaria una riorganizzazione della materia per consentire una migliore realizzazione e gestione degli impianti, e, tanto a monte quanto a valle del progetto un maggior controllo della qualità del servizio nel rispetto dell'ambiente.

Le poche norme che oggi governano il settore, rischiano paradossalmente di fungere da freno alla dissalazione: sin dal dopoguerra numerose disposizioni sono state approvate per finanziare il trasporto dell'acqua tramite navi cisterna. Si tratta di un contributo pubblico che viene meno nel caso in cui la fornitura idrica dell'isola si realizzi tramite fonti alternative (sistemi di dissalazione, prelievi di acqua di falda, serbatoi di accumulo, eccetera), un incentivo quindi che dissuade, almeno in parte, gli amministratori locali alla messa in opera di sistemi di dissalazione<sup>176</sup>, spesso oggetto di opposizione pubblica.

Per quanto concerne gli aspetti ambientali, manca una normativa adeguata: nel D.Lgs. 152/2006 (TU Ambiente), che regola anche la materia degli scarichi, non è presente alcuna norma specifica sul tema, non vi è obbligo di procedere a valutazione di impatto ambientale dei dissalatori, manca l'indicazione dell'analisi rapporto costi-benefici e non vi è un espresso divieto di scaricare in mare i prodotti chimici derivanti dai processi di dissalazione. Di questa lacuna pare abbia preso coscienza il Ministero dell'Ambiente, che durante un convegno a febbraio 2019 ha sottoscritto un decalogo per una corretta gestione degli impianti, in particolare degli scarichi ipersalini: 1) ridurre le necessità della dissalazione azzerando le perdite nelle condotte e verificando le alternative; 2) definire i requisiti di qualità dell'acqua dissalata; 3) monitorare lo stato degli ecosistemi marini nelle aree interessate dai dissalatori; 4) ricondizionare l'acqua prodotta; 5) definire le localizzazioni idonee per le opere di presa; 6) separare la salamoia dal residuo di lavaggio delle membrane; 7) sversare la salamoia a mezzo condotta a

<sup>174</sup> Pandslegal, *Desalinizzazione dell'acqua di mare*, <https://www.pandslegal.it/sostenibilita/oro-blu-desalinizzazione-acqua-di-mare/>.

<sup>175</sup> Utilitalia.

<sup>176</sup> Greenreport.it, *ibidem*.

distanza dalla costa (preferenzialmente in aree meno sensibili a oltre un miglio dalla costa e sotto il termoclino); 8) definire le modalità di controllo di processo; 9) regolamentare gli scarichi del processo di dissalazione; 10) inserire, nella normativa, la VIA - VAS - VIS per i dissalatori e l'indicazione di procedere ad una preventiva analisi del rapporto costi/benefici<sup>177</sup>.

### 9.1.1 Il progetto di dissalatore nell'Isola d'Elba

Tra i progetti attualmente presentati, merita un'attenzione particolare quello dell'Elba, che ha diviso l'opinione pubblica sulla sua necessità e sull'impatto ambientale che potrebbe generare.

Per soddisfare un fabbisogno idrico di acqua potabile pari a circa 8 milioni m<sup>3</sup> all'anno (dati 2016), l'isola oggi ricorre per il 47% a risorse locali (con una presenza non trascurabile di pozzi privati), mentre il 53% arriva attraverso la condotta sottomarina che la collega alla Toscana e in particolar modo alla Val di Cornia. L'isola quindi, come altre realtà italiane, ha problemi di autonomia idrica, specie nella stagione estiva quando la popolazione decuplica.

Per potenziare, quindi, l'approvvigionamento idropotabile è stato avanzato il progetto per la costruzione di un impianto di dissalazione da circa 80 litri/secondo, a osmosi inversa, composto da sezioni di trattamento sviluppate su quattro linee operanti in parallelo, ciascuna in grado di garantire una produzione di permeato pari a 1.728 metri cubi al giorno. La modularità dell'impianto, propria della tecnologia a osmosi inversa, conseguirebbe, da un lato, una maggiore flessibilità operativa al variare delle esigenze idriche stagionali e, dall'altro, permetterebbe di poter effettuare gli interventi di manutenzione senza dover interrompere l'intera produzione.

Per l'Autorità Idrica della Toscana<sup>178</sup> questo primo dissalatore non riuscirebbe da solo a dare autonomia idropotabile all'isola e si pensa, infatti, alla realizzazione di una seconda unità. Tuttavia, permetterebbe la messa a riposo della condotta sottomarina - a cui si ricorrerebbe solo in caso di emergenza - che è stata realizzata oltre 30 anni fa e che necessiterebbe di una profonda manutenzione per prolungarne al massimo l'esercizio<sup>179</sup>.

In questo modo, inoltre, si diminuirebbero notevolmente i prelievi dalle falde della Val di Cornia, sottoposte peraltro a trattamento per eliminare boro e arsenico, e si ridurrebbero gli effetti di un possibile guasto o rottura della condotta sottomarina, limitando i danni nel caso questo dovesse verificarsi durante il periodo di massimo afflusso turistico.

L'impianto (o gli impianti se necessario) sarebbe gestito dal Gestore del Servizio Idrico Integrato e avrebbe un costo di realizzazione di circa 15 milioni di euro per 2,5 milioni di m<sup>3</sup> di produzione potenziale annua di acqua facilmente immettibile in rete e disponibile in ogni condizione climatica.

---

<sup>177</sup> Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, *Valutazione degli impatti e dei rischi per gli scarichi dei dissalatori - Il Sottosegretario Micillo sottoscrive il "decalogo" per il problema dell'approvvigionamento idrico mediante dissalazione*, 26 febbraio 2019, <https://www.minambiente.it/notizie/valutazione-degli-impatti-e-dei-rischi-gli-scarichi-dei-dissalatori-il-sottosegretario>.

<sup>178</sup> Autorità Idrica della Toscana, *Riflessioni Sui Risultati Del Bilancio Idrico Dell'isola D'Elba 2018*, aprile 2019.

<sup>179</sup> Qui news Elba, *10 risposte sul dissalatore dell'Elba*, 20 ottobre 2017, <https://www.quinews-elba.it/10-risposte-sul-dissalatore-dellelba.htm>.

## Aspetti tecnici del dissalatore dell'Isola d'Elba e dell'Azienda dei Servizi Ambientali

Le informazioni rilasciate dall'Autorità idrica della Toscana e Azienda Servizi Ambientali indicano che sono stati valutati dagli enti competenti sia gli impatti ambientali che quelli paesaggistici dell'opera:

- l'impianto sorgerà in un'area esterna al SIR (Sito di Interesse Regionale) di Mola, fuori del perimetro del Parco, ma in prossimità della dorsale distributrice elbana ed a monte della maggior parte delle località servite<sup>180</sup>;
- l'altezza, dell'impianto avrà quella minima tecnicamente indispensabile per contenere gli equipaggiamenti necessari alla desalinizzazione;
- specie autoctone (pioppo nero, olmo campestre) ma anche arbusti utili a produrre bacche per nutrire l'avifauna) sono stati individuati per le schermature arborea;
- per la mitigazione del rischio idraulico è stata creata una vasca di laminazione integrata, in un intervento di recupero dell'ambiente umido circostante attualmente piuttosto degradato;
- è prevista la creazione di un corridoio ecologico sotto la strada provinciale, per agevolare gli spostamenti della piccola fauna locale;
- per il rumore, oltre alla schermatura costituita dell'involucro esterno e l'assenza di aperture sul lato esposto agli edifici più vicini, è stato previsto un involucro fonoassorbente dei macchinari interni all'edificio;
- nessun danno ai turisti che frequentano la spiaggia di Lido, perché le opere di presa e scarico saranno realizzati durante la stagione invernale;
- durante la stagione estiva non saranno presenti manufatti fuori terra, visibili sulla spiaggia al di fuori dei chiusini d'ispezione e manutenzione della camera di presa e scarico dell'acqua di mare. Questo utilizzo di suolo non diminuirà l'area della spiaggia disponibile per i bagnanti;
- le condotte di presa e scarico saranno interrate, quindi invisibili ai bagnanti, fino a 200 metri dalla costa e successivamente appoggiate sul fondo garantendo il recupero delle superfici della prateria di posidonia interessata, con un progetto di ri-piantumazione, già attivo in fase di sperimentazione;
- per lo smaltimento della salamoia è previsto un sistema di diffusione che favorisce il rapido mescolamento con l'acqua circostante, in modo da avere, a pochi metri di distanza, il ripristino delle normali condizioni di salinità;
- i reagenti chimici di lavaggio delle membrane, dopo essere stati neutralizzati, non saranno scaricati insieme al concentrato salino ma andranno in fognatura. Lo scarico finale avviene attraverso una tubazione sottomarina a circa 1.650 metri di distanza dalla battigia e 42 metri di profondità.

Nonostante le rassicurazioni, intorno al progetto - ormai in fase avanzata di sviluppo - è sorto un comitato anti-dissalatore che, oltre a evidenziare gli impatti ambientali, specie per gli scarichi di salamoia in mare e gli elevati costi energetici, contesta l'assenza di necessità dell'opera in ragione della disponibilità di risorse idriche dell'isola, non pienamente studiate e sfruttate, nonché la cattiva gestione della rete idrica esistente che presenta ingenti perdite, la cui riduzione con interventi incisivi e mirati, potrebbe far risparmiare notevoli quantitativi di acqua<sup>181</sup>.

<sup>180</sup> Azienda Servizi Ambientali, *Autonomia Idrica Isola D'Elba Lotto I: Impianto Di Dissalazione In Loc. Mola Da 80 L/S E Opere Accessorie A Terra E A Mare*, 29 maggio 2017.

<sup>181</sup> S. Bramanti, *Dissalatore di Mola, Damiani fa il punto: "Solo se non esistono altre chance"*, 24 aprile 2019, <http://www.costaovest.info/dissalatore-di-mola-damiani-fa-il-punto-solo-se-non-esistono-altre-chance/>.

## 9.2 La desalinizzazione nei Paesi del Golfo

Caratterizzati da stress idrici, i Paesi che si affacciano sul Golfo Persico sono tra i principali utilizzatori della tecnologia di desalinizzazione dell'acqua: in Arabia Saudita, Emirati Arabi e Kuwait è installato un terzo della capacità a livello mondiale. Elevati livelli di urbanizzazione e un aumento continuo della popolazione sono alla base della crescita del consumo di acqua sia per uso civile, ma soprattutto per uso industriale e per l'agricoltura.

Non potendo disporre di sufficienti risorse interne, vista anche la morfologia degli Stati a prevalenza desertica o semidesertica e la carenza di piogge, il ricorso alla desalinizzazione dell'acqua è stata una necessità già dagli anni '60<sup>182</sup>. Considerando l'attesa crescita demografica è verosimile che il fabbisogno di acqua desalinizzata sarà sempre più marcato, da qui i numerosi progetti per nuovi desalinizzatori.

Circa il 70% degli impianti attualmente operativi si avvale delle tecnologie basate sui processi termici (MSF e MED) che ben si prestano ai livelli di salinità dell'acqua del Golfo Arabico, alla sua temperatura e alla sua materia organica<sup>183</sup>. Si tratta, però, di impianti energy intensive e per la maggior parte alimentati da idrocarburi. Per i nuovi progetti si prevede, invece, l'uso della tecnologia ad osmosi inversa, accoppiata, ove possibile, all'uso di rinnovabili, *in primis* solare.

Varie sono le ragioni che spingono in questa direzione<sup>184</sup>:

- 1) Il costo delle tecnologie a membrane si è considerevolmente ridotto nel corso degli anni, rendendo questi impianti particolarmente competitivi rispetto ai processi termici.
- 2) In vari Paesi le riforme energetiche in atto stanno procedendo alla diminuzione o addirittura all'eliminazione dei sussidi alle fonti fossili, che quindi diventano più costose.
- 3) Ridurre il consumo di petrolio e gas per la desalinizzazione significa poter contare su maggiori volumi da destinare all'export.
- 4) I mix energetici stanno cambiando e maggiore è l'attenzione verso le fonti rinnovabili, specie il solare, disponendo la regione del più alto tasso di irradiazione al mondo.
- 5) Inoltre per la loro caratteristica modularità, gli impianti a osmosi inversa garantirebbero una maggiore flessibilità operativa e capacità di risposta durante i picchi di domanda.

### 9.2.1 Arabia Saudita

Il Regno saudita è il Paese più grande della penisola arabica e il tredicesimo a livello mondiale. È, inoltre, una delle aree più aride della terra e non può contare sulla presenza di fiumi o laghi permanenti. A titolo di esempio, se la media mondiale di acqua dolce pro-capite annua da fonti

---

<sup>182</sup> The Cooperation Council for the Arab States of the Gulf (GCC) General Secretariat, *Desalination in the GCC. The History, the Present & the Future*, 2014 <http://www.gcc-sg.org/en-us/CognitiveSources/DigitalLibrary/Lists/DigitalLibrary/Water%20and%20Electricity/1414489603.pdf>.

<sup>183</sup> International, Water Summit, *Energy Efficient Desalination Meeting the GCC's water needs in an environmentally sustainable way*, gennaio 2018.

<sup>184</sup> M. Walton, *Commentary: Desalinated water affects the energy equation in the Middle East*, 21 gennaio 2019, <https://www.iea.org/newsroom/news/2019/january/desalinated-water-affects-the-energy-equation-in-the-middle-east.html>.

tradizionali di approvvigionamento è 6.000 metri cubi, in Arabia tale livello è al di sotto dei 100 metri cubi. Nonostante la carenza di acqua, i consumi idrici sono, tuttavia, tra i più alti al mondo<sup>185</sup> e in continuo aumento. Le stime parlano di un incremento del consumo domestico di acqua del 53% al 2030 rispetto ai dati del 2016, il che spiega quanto importante sia ricorrere alla desalinizzazione per produrre acqua potabile.

Ad oggi, circa il 61% dell'acqua utilizzata nel Paese proviene dalla desalinizzazione, il resto da acque sotterranee. L'agricoltura è il principale fruitore delle risorse idriche (84%), seguito dai consumi civili (12%) e dall'industria (4%)<sup>186</sup>. Il settore è gestito prevalentemente dalla Saline Water Conversion Corporation, la compagnia statale istituita con decreto regio del 07/09/1974. Ad oggi sono 28 gli impianti operati dalla SWCC localizzati in 17 siti nella costa orientale e occidentale del Paese per una produzione di circa 4,6 milioni metri cubi al giorno, pari al 69% di tutta l'acqua desalinizzata dal Regno. Il resto è in mano ai privati - la Shuaibah Water and Electricity Company, la Jubail Water and Power Company e altri<sup>187</sup> - che gestiscono la produzione di ulteriori 2 milioni di metri cubi al giorno.

Pertanto, con una produzione cumulata di 6,6 milioni di metri cubi al giorno, l'Arabia Saudita produce il 54% dell'acqua desalinizzata di tutti i Paesi del Golfo e il 22% del totale mondiale<sup>188</sup>. La tecnologia MSF è la più utilizzata (77,5% circa), seguita in misura minore dall'osmosi inversa (20% circa) e dalla MED-TVC (2% circa)<sup>189</sup>, il che spiega l'ingente consumo di fonti fossili, stimato nel 25% del totale della produzione Oil&Gas saudita<sup>190</sup>. Cifra destinata a raddoppiarsi entro il 2030 in ragione dei piani di incremento della produzione di acqua dissalata che dovrebbe portarsi su valori prossimi ai 9 milioni di metri cubi al giorno<sup>191</sup>. Un consumo di energia che, anche per un Paese ricco di idrocarburi come l'Arabia Saudita, rischia di diventare insostenibile.

Da qui nasce l'esigenza di: 1) puntare su tecnologie meno energy intensive, come l'osmosi inversa, processo preferito per gran parte dei nuovi progetti avanzati; 2) migliorare l'efficienza di quelli esistenti<sup>192</sup>; 3) dismettere quelli che ormai hanno raggiunto la fine del loro ciclo operativo. Inoltre, un ulteriore sforzo economico e tecnologico si sta facendo per un maggior utilizzo dell'energia solare, quella che il governo saudita ha definito "yellow oil", ancora poco sviluppato ma dalle enormi potenzialità. Il primo impianto alimentato dal fotovoltaico è già partito nel 2017, Al Khafji, da 60.000 m<sup>3</sup>/giorno e ad altri sono in fase di progettazione. Oltre a benefici

---

<sup>185</sup> U. Caldera, D. Bogdanov, S. Afanasyeva e C. Breyer, *Role of Seawater Desalination in the Management of an Integrated Water and 100% Renewable Energy Based Power Sector in Saudi Arabia*, in Water 2018, Vol. 10, 2017.

<sup>186</sup> International Water Summit, *Energy Efficient Desalination Meeting the GCC's water needs in an environmentally sustainable way*, gennaio 2018.

<sup>187</sup> International, Water Summit, *ibidem*.

<sup>188</sup> The Saline Water Conversion Corporation, <https://www.swcc.gov.sa/english/AboutSWCC/Pages/about.aspx>.

<sup>189</sup> O. Alnajdi, J. K. Calautit, Y. Wu, *Development of a multi-criteria decision making approach for sustainable seawater desalination technologies of medium and large scale plants: a case study for Saudi Arabia's vision 2030*, in Energy Procedia, Vol. 158, 2019.

<sup>190</sup> Secondo la General Electric gli impianti nella costa occidentale e orientale richiedono circa 300.000 bbl/g di petrolio per funzionare.

<sup>191</sup> O. Alnajdi, J. K. Calautit, Y. Wu, *ibidem*.

<sup>192</sup> La King Abdullah University of Science and Technology (KAUST) sta compiendo degli studi per aumentare l'efficienza degli impianti MED.

ambientali (minori emissioni di gas climalteranti), un minor ricorso alle fonti fossili per la desalinizzazione, permetterebbe di disporre di maggiori volumi di petrolio per l'esportazione.

Un ulteriore aspetto interessante per il futuro della desalinizzazione in Arabia Saudita (e non solo), potrebbe infine essere il nucleare. Nell'agosto del 2017, il governo saudita ha fatto sapere di aver intrattenuto relazioni con la Cina per l'utilizzo del nucleare al fine di alimentare gli impianti di desalinizzazione. Si tratta ancora di idee progettuali preliminari: l'Arabia Saudita non dispone ad oggi nemmeno di un impianto nucleare e abbonda di fonti fossili ad un prezzo bassissimo e per altro sussidiato. Pertanto, almeno sul medio termine, il nucleare difficilmente sarà un'alternativa percorribile. Tuttavia, per altre realtà, dove il nucleare concorre in misura rilevante al mix energetico del Paese, la desalinizzazione alimentata da questa fonte potrebbe avere delle potenzialità da non sottovalutare.

## Il nucleare nella desalinizzazione

*Già dagli anni 60, l'IAEA<sup>193</sup> aveva avanzato l'idea di utilizzare il nucleare nel processo di desalinizzazione dell'acqua, anche se solo negli ultimi due decenni l'interesse è diventato più alto. Nel 1998, l'IAEA ha lanciato alcuni progetti pilota INVAP (Argentina), CANDESAL (Canada), INET (China), NPPA (Egitto), BARC (India), KAERI (Corea), CNESTEN (Marocco), OPPE, OKBM, RDIPE, JSC (Malesia), Energetica (Russia) e CNSTN (Tunisia), ma ad oggi sono pochi i paesi che ospitano impianti di questo tipo<sup>194</sup>.*

*Ad eccezione dell'impianto kazako, gli altri sono di piccola taglia e utilizzano entrambi i processi di produzione di acqua dissalata.*

*Laddove il nucleare è ormai una realtà consolidata, la desalinizzazione che sfrutta questa tecnologia risulta competitiva in termini di costo rispetto alle fonti fossili e preferibile da un punto di vista ambientale, per via del ridotto apporto di emissioni di gas serra.*

### Impianti di desalinizzazione che utilizzano il nucleare

Nome dell'impianto	Stato	Potenza lorda (MW(e))	Capacità	Energia/Desalinizzazione
Shevchenko	Kazakistan	150	80.000-14.5000	LMFR/MED, MSF
Itaka-1,2	Giappone	566	2.000	PWR/MSF
Itaka-3	Giappone	890	2.000	PWR/OI
Ohi-1,2	Giappone	2x1.175	3.900	PWR/MSF
Ohi-3,4	Giappone	1x1.180	26.000	PWR/OI
Genkai-4	Giappone	1.180	1.000	PWR/OI
Genkai-3,4	Giappone	2x1.180	1.000	PWR/MED
Takahama-3,4	Giappone	2x870	1.000	PWR/OI
NDDP	India	170	6.300	PHWR/Hyb,MSF-OI
LTE	India	40(MWt)	30	PHWR/LTE
Diablo Canyon	USA	2x1.100	2.180	PWR/OI

<sup>193</sup> International Atomic Energy Agency, *Environmental Impact Assessment of Nuclear Desalination*, 2010 [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te\\_1642\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1642_web.pdf)

<sup>194</sup> N. Y. Mansouri e A. F. Ghoniem, *Does nuclear desalination make sense for Saudi Arabia?*, in *Desalination*, Vol. 406, 2017.

## 9.2.2 Emirati Arabi Uniti

Secondi solo all'Arabia Saudita quanto a capacità di desalinizzazione, gli Emirati Arabi Uniti sono localizzati in una delle zone più aride della penisola arabica, caratterizzata da scarse precipitazioni e un elevato tasso di evaporazione. Le risorse sotterranee disponibili sono in progressivo esaurimento e riescono a soddisfare solo il 50% del consumo di acqua. Inoltre, avendo un alto grado di salinità non risultano di buona qualità e sono utilizzate per l'irrigazione o per enormi fontane a scopi decorativi. Pertanto, fin dagli anni '60, è stato necessario ricorrere alla desalinizzazione, che oggi copre il 42% del fabbisogno idrico totale e buona parte della richiesta di acqua potabile del Paese.

Sono circa 70 i desalinizzatori attivi per un volume prodotto pari al 14% del totale di acqua desalinizzata al mondo<sup>195</sup>. Ancor più che in altri Paesi della regione, l'alta salinità delle acque del Golfo Persico ha fatto propendere per un maggior utilizzo dei processi termici: 58% la percentuale degli impianti MSF, 33% MED e solo 9% RO<sup>196</sup>. Questo spiega il perché gli Emirati Arabi siano responsabili di metà dell'energia utilizzata globalmente per la desalinizzazione<sup>197</sup>. Molti degli impianti esistenti sono di grandi dimensioni, ma vista la geografia del Paese, con molte isole e aree remote, sono state realizzate anche infrastrutture di taglia più piccola<sup>198</sup>.

La capacità di desalinizzazione maggiore è localizzata nell'emirato di Abu Dhabi (4.127.850 m<sup>3</sup>/giorno) in 11 impianti, per la gran parte alimentati da fonti termiche. 2.140.000 m<sup>3</sup>/giorno la capacità a Dubai, per il 95% prodotta con processi termici mentre 500.000 m<sup>3</sup>/giorno quella di Sharjah. Residua quella degli emirati del Nord, Fujairah, Ras al-Khaimah, e Umm al-Quwain, che cumulativamente raggiungono una portata di 296.776 m<sup>3</sup>/giorno<sup>199</sup>.

Una capacità, quindi, di quasi 7 milioni di m<sup>3</sup>/giorno, ma che potrebbe risultare insufficiente per soddisfare la domanda idrica del Paese nei prossimi anni, che secondo le stime governative, al 2030, dovrebbe raddoppiare rispetto al 2008, per toccare gli 8,8 miliardi di m<sup>3</sup>/anno<sup>200</sup>. Espansione economica, crescita demografica e il proseguire di un'intesa urbanizzazione, saranno alla base dell'aumento del consumo di acqua, già oggi a livelli record (il consumo di acqua pro-capite è il più alto al mondo - 550 litri/giorno, pari tre volte quello dell'Europa).

In questo contesto, espandere la capacità di desalinizzazione, rientra tra le priorità del Governo per assicurare un accesso sicuro e sostenibile all'acqua. Molti progetti sono stati presentati, alcuni dei quali già in costruzione e prevedono l'utilizzo dei processi ad osmosi inversa, accoppiati a sistemi di generazione alimentati da fonti rinnovabili.

---

<sup>195</sup> The United Arab Emirates Government portal, *Water Security Strategy 2036*, <https://government.ae/en/information-and-services/environment-and-energy/water-and-energy/water->

<sup>196</sup> L. Saleh, M. al Zaabi e T. Mezher, *Estimating the social carbon costs from power and desalination productions in UAE*, in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 114, 2019.

<sup>197</sup> International Water Summit, *ibidem*.

<sup>198</sup> H. Sultan, *Desalination Plants in the emirate Of Abu Dhabi*, <http://www.desware.net/Sample-Chapters/D01/D18-001.pdf>

<sup>199</sup> International Water Summit, *ibidem*.

<sup>200</sup> M. S. Mohsen, B. Akash, A. A. Abdo, O. Akash, *Energy Options for Water Desalination in UAE*, *Procedia Computer Science*, V. 83, 2016.

### 9.2.3 Kuwait

Uno dei Paesi più aridi al mondo e con scarsissime riserve di acqua potabile, il Kuwait è stato costretto molto presto a ricorrere alla desalinizzazione per soddisfare il fabbisogno idrico. Il primo impianto, infatti, è stato commissionato nel 1951 e diventato operativo due anni dopo. Da allora, molte altre strutture sono state realizzate nel Paese, in ragione anche di una riduzione dei costi che hanno reso la desalinizzazione una soluzione percorribile. Alcuni di essi, giunti alla fine del loro ciclo di vita, sono già stati dismessi<sup>201</sup>.

Ad oggi il Kuwait può contare su una capacità di circa 2,5 milioni m<sup>3</sup>/giorno che soddisfa il 95% del fabbisogno di acqua potabile del Paese<sup>202</sup>. La tecnologia utilizzata è prevalentemente quella a distillazione e ad alimentare gli impianti sono sia l'acqua del mare che quella salmastra.

Al 2030, la capacità di dissalazione è stimata aumentare del 50% fino a 3,7 milioni di m<sup>3</sup>/giorno<sup>203</sup>, per far fronte ad un incremento del consumo idrico di circa il 6% all'anno in ragione di una maggiore urbanizzazione. Molti progetti sono già stati presentati e alcuni prevedono impianti a membrana<sup>204</sup>.

### 9.2.4 Oman

Il sultanato dispone di limitate risorse idriche locali e per questo è dovuto ricorrere alla desalinizzazione per la produzione di acqua potabile già dai primi anni '70. Il primo impianto, Al-Ghubrah, divenne operativo nel 1976 e serviva la capitale Muscat<sup>205</sup>. A differenza dei suoi vicini, l'Oman conta su impianti di taglia piccola: ciò in ragione di una popolazione più ridotta di numero e più diffusa sul territorio. Due elementi che non rendono conveniente avere un impianto grande e centralizzato. Inoltre, può contare, in alcune aree, sulla disponibilità di risorse di acqua superficiale o sotterranea sfruttabili tramite dighe<sup>206</sup>.

Potendo sfruttare le acque del Mare Arabico, meno saline di quelle del Golfo Persico, non ha avuto la necessità di puntare sui processi termici e pertanto la diffusione dell'osmosi inversa è stata più rapida. Nel Paese è presente anche un piccolo desalinizzatore, da 200 m<sup>3</sup>/giorno, a osmosi avanzata (meno diffusi rispetto alle tradizionali tecnologie), il primo impianto commerciale di questo tipo al mondo. Si tratta dell'Al Najdah plant, situato nella regione dell'Al Wusta, messo in funzione nel 2012.

---

<sup>201</sup> M. Al-bahou , Z. Al-Rakaf , H. Zaki , H.Ettouney, *Desalination experience in Kuwait*, in *Desalination*, Vol. 204, 2007.

<sup>202</sup> Lobelog, *Gulf Escalation Threatens Drinking Water*, 26 giugno 2019, <https://lobelog.com/gulf-escalation-threatens-drinking-water/>

<sup>203</sup> Water Briefing Global, *Kuwait to target 50% increase in desalinated water capacity over next decade*, 12 marzo 2019, <https://www.waterbriefingglobal.org/kuwait-to-target-50-increase-in-desalinated-water-capacity-over-next-decade/>.

<sup>204</sup> International Water Summit, *ibidem*.

<sup>205</sup> H Al-Barwani, *Seawater desalination in Oman*, in *Arab Water World*, dicembre 2008, [http://www.ifh.uni-karlsruhe.de/science/envflu/Research/brinedis/publications/Article%20AWW\\_XXXII\\_12.pdf](http://www.ifh.uni-karlsruhe.de/science/envflu/Research/brinedis/publications/Article%20AWW_XXXII_12.pdf)

<sup>206</sup> Global Water Intel, GWI, *Desalination Market 2016*, 14. Oman.

Ad oggi la capacità di desalinizzazione è di circa 1,5 milioni di m<sup>3</sup>/giorno e oltre che per usi civili (specie nelle aree turistiche), l'acqua desalinizzata è impiegata nel settore industriale, soprattutto nel comparto upstream dell'Oil&Gas<sup>207</sup>. Al 2025, secondo l'Oman Power and Water Procurement Company (OPWP), la compagnia governativa che gestisce il comparto della desalinizzazione e dell'elettricità, la capacità di desalinizzazione dovrebbe crescere del 25% per far fronte ad una domanda idrica in aumento del 6% annuo. Molti i progetti, gran parte ad osmosi inversa, il più grande dei quali (Ghubrah), dovrebbe avere una capacità di 300.000 m<sup>3</sup>/anno<sup>208</sup>.

### 9.2.5 Qatar

Il piccolo emirato del Qatar sta conoscendo una crescita esponenziale della popolazione: nel 2000 contava 0,5 milioni di persone, nel 2012 erano cresciute di 3 volte e nel 2018 si attestavano a 2,6 milioni. Le previsioni indicano il raggiungimento di 4 milioni al 2030. Un aumento demografico di questo tipo, accompagnato da un miglioramento della qualità di vita, non può prescindere dalla disponibilità di acqua. Non potendo disporre di risorse locali, il mare diventa la principale fonte di produzione di acqua potabile.

Nel Paese il primo impianto di desalinizzazione fu costruito nel 1953, seguito da numerosi altri, alcuni di recente realizzazione<sup>209</sup>. Come si evince dalla tabella che segue la maggior parte degli impianti è di tipo termico, mentre minore è l'utilizzo di impianti a osmosi inversa.

**Figura 9.2 Principali impianti di desalinizzazione in Qatar**

Impianto	Capacità m3/g	Tecnologia
Ras Abu Fantas	200.000	MSF
Ras Abu Fantas b	125.000	MSF
Ras Laffana	150.000	MSF
Ras Laffana-b Qatar power	227.000	MSF
Abu Samra	1.000	OI
Qaeedat al Shamal	1.000	MSF
Ras Abu Fantas A1	170.000	MSF
Ras Abu Fantas B2	115.000	MSF
Ras Qertas	240.000	MED
Dukan	7.570	MED
Ras Abu Fantas A3	14.000	OI
Umm al houll	284.000	OI

Fonte: Rahman e Zaidi,

Viste le proiezioni di crescita della domanda e in ragione del repentino sviluppo, poter disporre di ulteriore acqua potabile rientra tra i principali impegni presi nel "Qatar Vision 2030", il che fa attendere un ulteriore sviluppo della capacità di desalinizzazione nazionale.

<sup>207</sup> Global Water Intel, *ibidem*.

<sup>208</sup> Conrad Prabhu, *25pc growth in Oman's water desalination capacity by 2022*, 28 gennaio 2018, <https://www.omanobserver.om/25pc-growth-omans-water-desalination-capacity-2022/>

<sup>209</sup> H. Rahman e S. Javaid Zaidi, *Desalination in Qatar: Present Status and Future Prospects*, in Civil Engineering Research Journal, Vol. 6, novembre 2018.

## 9.2.6 Bahrain

Il Bahrain è il mercato più piccolo per la desalinizzazione tra i Paesi del Golfo, dato che circa metà del fabbisogno idrico è coperto dalle riserve di acqua sotterranee. Tuttavia, per via della scarsa qualità delle acque <sup>210</sup>, particolarmente salate, lo sforzo del governo è di ridurre l'uso a favore di altre fonti di acqua potabile, in primis provenienti dal processo di desalinizzazione.

Ad oggi può contare su una capacità di circa 700.000 metri cubi/giorno, commissionati fra il 1975 e 2011<sup>211</sup>. Si tratta per la maggior parte di impianti che si alimentano di acqua di mare e la cui gestione è in mano a compagnie private. Così come per altri Paesi del Golfo, la maggior parte degli impianti operativi utilizza ancora processi termici (MSF, MED e VC). Tuttavia, l'osmosi inversa è la tecnologia preferita per i nuovi progetti. Il più importante fra quelli avanzati è un secondo impianto Al Dur, che dovrebbe incrementare la capacità di desalinizzazione di ulteriori 227.304 m<sup>3</sup>/giorno<sup>212</sup> ed essere operativo dal 2020.

**Figura 9.3 Principali impianti di desalinizzazione in Bahrain**

Impianto	Capacità m <sup>3</sup> /g	Tecnologia
Sitra	95.000	MSF
Ras Abu Jarjur	63.000	OI
Hidd	340.000	MSF, MED
ALBA	36.000	MED
Al Dur	182.000	OI

Fonte: Marzooq, Alsabbagh, Al-Zubari,

## 9.3 La desalinizzazione negli Stati Uniti

Prolungati periodi di siccità, diminuzione delle risorse idriche nazionali e norme sempre più stringenti per il trattamento delle acque tradizionali con conseguente aumento dei prezzi, hanno reso negli anni la dissalazione in USA una tecnologia sempre più competitiva, con costi dimezzatisi nell'ultimo trentennio.

Diffusasi già a partire dagli anni 70, la desalinizzazione conosce il suo boom a partire dagli anni 2000. Ad oggi la capacità supera i 4,5 milioni di m<sup>3</sup>/giorno. Sono circa 30 gli Stati che ospitano almeno uno dei 400 impianti di desalinizzazione (superiori a 100 m<sup>3</sup>/giorno), ma Florida, California e Texas ne detengono il 70%<sup>213</sup>.

<sup>210</sup> Global Water Intel, GWI, *Desalination Market 2010*, 7. Bahrain.

<sup>211</sup> The Cooperation Council for the Arab States of the Gulf (GCC) General Secretariat, *Desalination in the GCC. The History, the Present & the Future*, 2014 <http://www.gcc-sg.org/en-us/CognitiveSources/DigitalLibrary/Lists/DigitalLibrary/Water%20and%20Electricity/1414489603.pdf>

<sup>212</sup> International Water Summit, *ibidem*.

<sup>213</sup> U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation Technical Service Center Denver, Colorado, *Desalination and Water Purification Research and Development Program Report No. 207, Updated and Extended Survey of U.S. Municipal Desalination Plants*, dicembre 2018.

A differenza di altre parti del mondo, negli Stati Uniti la maggior parte degli impianti desalinizza acqua salmastra. Secondo i dati più recenti disponibili<sup>214</sup>, questi ultimi sono 325, gran parte dei quali utilizzano per lo più la tecnologia dell'osmosi inversa. Un dato destinato ad aumentare nei prossimi anni, in ragione di diversi progetti avanzati in varie parti del Paese.

Minore invece l'apporto dell'acqua di mare: sono 13 gli impianti a osmosi inversa che sfruttano l'oceano, per una capacità di circa 400.000 m<sup>3</sup>/giorno<sup>215</sup> e solo due sono di taglia grande e superiore ai 100.000 m<sup>3</sup>/giorno: il Claude "Bud" Lewis Carlsbad Desalination Plant installato in California, e il Tampa Bay Seawater Desalination Plant in Florida, nati grazie al supporto finanziario sia del settore pubblico che di quello privato.

In California, i casi di siccità sono ormai frequenti con danni seri tanto per i cittadini quanto per le attività economiche, in primis l'agricoltura<sup>216</sup>, quest'ultima praticata in maniera intensiva e principale consumatrice delle risorse idriche locali<sup>217</sup>. Lo Stato comincia ad avere serie difficoltà a rifornirsi di acqua: il livello delle piogge, infatti, si è notevolmente ridotto nel corso degli anni, le acque sotterranee scarseggiano e bisogna ricorrere alle risorse del lontano fiume Colorado, esso stesso interessato da un progressivo ridimensionamento della sua portata a causa della minore quantità di neve caduta, negli ultimi due decenni, sulle Rocky Mountains<sup>218</sup>.

Ricorrere alla desalinizzazione è stata, pertanto, una scelta quasi obbligata. Attualmente, lo Stato può contare su una ventina di impianti alimentati da acqua salmastra per una capacità di 470.000 m<sup>3</sup>/giorno e su una decina da acqua di mare, di cui sette attualmente operativi e di questi quattro utilizzati per uso civile. Altri dieci sono i progetti già presentati di cui due dovrebbero sorgere nella Penisola di Bassa California in Messico.

Tra gli impianti esistenti, una menzione merita il Carlsbad Desalination Plant, il più grande impianto di questo tipo degli USA: operativo dal 2015, conta su una capacità di quasi 190.000 m<sup>3</sup>/giorno e soddisfa i fabbisogni di circa 400.000 persone (10%) nella contea di San Diego. Una cifra destinata ad aumentare nei prossimi anni.

In Florida, la crescente domanda di acqua, unita alla vulnerabilità agli eventi siccitosi ha reso il ricorso alla desalinizzazione, anche in questo caso, una necessità. Attualmente lo Stato ospita 120 impianti di desalinizzazione<sup>219</sup> (il numero più elevato degli States) di cui due alimentati da acqua di mare anche se di taglia piccola (compresi fra i 3800 e i 7600 m<sup>3</sup>/giorno). Molti di più, invece, sono quelli da acqua salmastra di cui 38, sono ubicati a Sud. Così come per la California, molti nuovi progetti sono stati avanzati e alcuni ad un buon punto dell'iter autorizzativo.

---

<sup>214</sup> Texas Water Development Board, *The Future of Desalination in Texas 2018. Biennial Report to the 86th Texas Legislature on Seawater and Brackish Groundwater Desalination*, 1 dicembre 2018.

<sup>215</sup> P. Rao, W.R. Morrow III, A. Aghajanzadeh, P. Sheaffer, C. Dollinger, S. Brueske, J. Cresko, *Energy considerations associated with increased adoption of seawater desalination in the United States*, in *Desalination*, Vol. 445, 2018.

<sup>216</sup> Karen M. O'Neill Ocasio, *ibidem*.

<sup>217</sup> Pacific Institute, *Agricultural Water Conservation and Efficiency Potential in California*, giugno 2014, <https://pacinst.org/wp-content/uploads/2014/06/ca-water-ag-efficiency.pdf>

<sup>218</sup> J. Robbins, *Desalination Is Booming as Cities Run out of Water*, 27 giugno 2019, <https://www.wired.com/story/desalination-is-booming-as-cities-run-out-of-water/>

<sup>219</sup> South Florida Water Management District, <https://www.sfwmd.gov/our-work/alternative-water-supply/desalination>

In Texas, gli impianti di desalinizzazione sono 49 per una capacità complessiva di 540.000 m<sup>3</sup>/giorno. Esistono poi altri impianti molto piccoli che funzionano in maniera intermittente<sup>220</sup>. Gli impianti texani sono alimentati esclusivamente da acqua salmastra. L'interesse per la desalinizzazione è cresciuto a partire dai primi anni 2000, quando, in ragione di una marcata crescita della popolazione, le autorità governative si sono mostrate particolarmente sensibili al tema dell'acqua incentivando la costruzione di nuove infrastrutture. Il Texas è uno tra gli Stati a più alto potenziale di sviluppo per il settore: l'attivismo delle autorità idriche locali, stime di ulteriore crescita della popolazione, condizioni idrologiche del territorio caratterizzate dalla presenza di numerosi acquiferi di acqua salmastra<sup>221</sup> e 360 miglia di coste, rendono lo Stato particolarmente attraente per futuri investimenti.

## 9.4 La desalinizzazione in Australia

L'Australia è il continente più arido della Terra, solo le aree a Sud-est e Sud-ovest sono caratterizzate da un clima temperato e da foreste che rendono il suolo fertile e adatto allo sviluppo demografico. Fino a qualche decennio fa, il continente è riuscito a soddisfare il suo fabbisogno idrico ricorrendo alle risorse interne di acqua dolce da dighe e dai bacini idrografici nazionali. Tuttavia, a partire dal 1997 e fino al 2010, l'Australia ha conosciuto il più lungo e grave periodo di siccità della sua storia (Millenium Drought) che l'ha esposta ad una drammatica crisi idrica<sup>222</sup>. L'assenza di piogge ha drenato i bacini e il livello delle acque delle dighe è sceso drasticamente. Ad essere colpite sono state soprattutto le capitali, dove i consumi idrici sono in crescita per via dell'aumento demografico e dell'espansione delle attività economiche, in primis dell'agricoltura<sup>223</sup>. Riuscire a rispondere alla crisi idrica del Paese e ridurne, nello stesso tempo la vulnerabilità agli effetti del cambiamento climatico, è stata la priorità del governo che si è impegnato in una seria riforma del sistema idrico nazionale. Tra i vari interventi, tra il 2006 e il 2012, sono stati spesi 11 miliardi di dollari<sup>224</sup> per la costruzione dei più importanti e grandi impianti di desalinizzazione del Paese, che ubicati nelle cinque maggiori città, oggi cumulativamente contano su una capacità di desalinizzazione di circa 535.000.000 m<sup>3</sup>/anno (circa 1.465.753 m<sup>3</sup>/giorno). La tecnologia utilizzata è quella dell'osmosi inversa.

La città di Perth, nella parte occidentale del continente, ne ospita due: The Perth and Southern Seawater Desalination Plants, costruiti rispettivamente nel 2006 e nel 2012. Insieme hanno una capacità di 145.000.000 m<sup>3</sup>/anno, e soddisfano il fabbisogno di acqua potabile di circa 1 milione di persone, metà della popolazione di Perth<sup>225</sup>. Come visto, entrambi gli impianti utilizzano fonti rinnovabili per produrre l'energia elettrica necessaria ai processi.

---

<sup>220</sup> Texas Desalination Association, <https://www.texasdesal.com/>

<sup>221</sup> Claret Consulting, *Us Desalination Market Report*, 2013.

<sup>222</sup> Australian Government, *Reforming Urban Water, A national pathway for change*, dicembre 2017.

<sup>223</sup> C. Chartres e John Williams, *Can Australia Overcome its Water Scarcity Problems?*, in *Journal of Developments in Sustainable Agriculture*, 2006.

<sup>224</sup> Australian Government, *ibidem*.

<sup>225</sup> International Water Association, *Desalination—the Australian Experience*, <https://iwa-network.org/news/desalination-australian-experience/>

**Figura 9.4 Principali impianti di desalinizzazione in Australia**

Impianto	Capacità m <sup>3</sup> /g	Tecnologia
Perth Seawater Desalination Plant (Kwinana)	123.000	OI
Southern Seawater Desalination Plant (Binningup)	280.000	OI
Gold Coast Desalination Plant (Tugun)	135.000	OI
Adelaide Desalination Plant (Port Stanvac)	280.000	OI
Victorian Desalination Plant (Wonthaggi)	410.000	OI
Sydney's Desalination Plant (Kurnell)	250.000	OI

Fonte: Australian Government, Bureau of Meteorology,

Il Queensland, invece, si è dotato di un desalinizzatore nel 2009, per cui sono stati spesi 1,8 miliardi di dollari. Con una capacità di 149.000.000 m<sup>3</sup>/anno, l'impianto può operare al 33%, 66% o 100% della sua capacità e servire una popolazione di 665.000 persone<sup>226</sup>. Una peculiarità che lo contraddistingue è il fatto di essere ubicato a 1,5 km del mare e le strutture di entrata e uscita dell'acqua hanno creato un "reef artificiale", habitat per molte specie marine<sup>227</sup>.

Nel 2012, invece, sono partiti gli impianti di Adelaide (Adelaide Desalination Plant) e di Melbourne (The Victorian Desalination Plant). Il primo con una capacità di 100.000.000 m<sup>3</sup>/anno fornisce acqua potabile a metà della popolazione di Adelaide. Il secondo, invece, il più grande dell'Australia, arriva a produrre fino a 150.000.000 m<sup>3</sup>/anno (espandibili a 200.000.000)<sup>228</sup>, circa un terzo del fabbisogno di Melbourne<sup>229</sup> ed è costato 3,5 miliardi di dollari.

Infine, il Sydney Desalination Plant, che dopo tre anni di costruzione ha iniziato a produrre acqua potabile dal 2010. Così come altri impianti australiani, opera quando il livello delle dighe si abbassa e si manifesta l'emergenza. Ha una capacità di 90.000.000 m<sup>3</sup>/a e quando pienamente operativo, riesce a coprire la domanda di acqua potabile del 15% della popolazione di Sydney<sup>230</sup>. È al 100% alimentato da fonti rinnovabili e i 40 MW necessari ad alimentare l'impianto provengono dall'impianto eolico della Capital Wind farm da 140MW di potenza<sup>231</sup>.

La desalinizzazione, in Australia, tuttavia, non è una tecnologia utilizzata di recente e alcuni impianti sono antecedenti al periodo della grande siccità. Il primo impianto risale al 1903 ed era stato costruito per processare l'acqua sotterranea delle miniere di oro nella parte occidentale del Paese. Diversi altri impianti sono stati realizzati durante gli anni 60-80. Si trattava di desalinizzatori che sfruttavano sia i processi termici che quelli a membrana. Gran parte di questi desalinizzatori sono stati dismessi e tra quelli ad osmosi inversa, solo due sono ancora operanti (Kangaroo Island e Rottneest Island).

<sup>226</sup> Water Technology, *Gold Coast Desalination Plant*, Queensland, <https://www.water-technology.net/projects/gold-coast-plant/>

<sup>227</sup> Seqwater, *Fact sheet About the Gold Coast Desalination Plant*, <https://www.seqwater.com.au/s3fs-public/12%2008%202015-%20FACT%20SHEET%20-%20GC%20Desal%20plant.pdf>

<sup>228</sup> Aquadure, *The Victorian Desalination Plant*, <https://www.aquasure.com.au/>

<sup>229</sup> Melbourne Water, <https://www.melbournewater.com.au/water/securing-our-water-supply/how-water-sector-taking-action/desalination>

<sup>230</sup> Sydney Desalination Plant, <https://www.sydneydesal.com.au/faqs/>

<sup>231</sup> Water Technology, *Kurnell Desalination Plant* <https://www.water-technology.net/projects/kurnell-desalination/>

Ad oggi, oltre agli impianti di grande taglia di cui si è parlato, il Paese conta su circa 270<sup>232</sup> infrastrutture di desalinizzazione, molte delle quali di piccole dimensioni e utilizzanti sia acque salmastre che acqua di mare. Sono impiegati per soddisfare il fabbisogno idrico di grandi agglomerati urbani, di piccole comunità (specie turistiche) e dell'industria. Residuale il consumo di acqua desalinizzata per il settore agricolo, in quanto il suo costo è ritenuto elevato<sup>233</sup>. Come già evidenziato in precedenza, un aspetto rilevante dei desalinizzatori australiani è il forte ricorso alle fonti rinnovabili per la produzione dell'energia necessaria agli impianti.

## 9.5 La desalinizzazione in Israele

In Israele il ricorso alla desalinizzazione non è una scelta degli ultimi anni: il primo impianto a vaporizzazione compressa venne costruito nel 1965 nella regione di Eliat, situata nella parte più a sud del Paese. A questo ne seguirono altri negli anni '70, ma di piccole dimensioni, alimentati da acque salmastre e basati sulla più recente tecnologia ad osmosi inversa<sup>234</sup>.

Tuttavia, è solo negli anni 2000 che la desalinizzazione si è diffusa ampiamente nel Paese, dopo che un grave periodo di siccità sul finire degli anni '90 (il primo di una serie) mise Israele davanti ad una scomoda realtà: le risorse idriche nazionali non erano più sufficienti a soddisfare la domanda di acqua, che cresceva velocemente per fattori demografici ed economici. Lo scarso livello delle piogge, l'alto grado di evaporazione e la progressiva riduzione delle acque sotterranee e di superficie, come quelle del Mare di Galilea<sup>235</sup>, costrinsero il Governo ad intraprendere nel 1999 un imponente piano di ristrutturazione del sistema idrico nazionale, che prevedeva una crescita del riuso dell'acqua (specie in agricoltura) e la costruzione di grandi impianti di desalinizzazione ad osmosi inversa.

Il target iniziale di produzione di acqua desalinizzata di 50 milioni m<sup>3</sup>/anno venne ben presto innalzato a seguito dei ripetuti casi di siccità che avevano paralizzato il Paese: da 400 milioni m<sup>3</sup>/anno fissati per il 2002, si passò a 505 milioni m<sup>3</sup>/anno da raggiungere al 2013, fino ai 750 milioni m<sup>3</sup>/anno, stabiliti come obiettivo per il 2020<sup>236</sup>.

La costruzione del primo grande impianto (Ashkelon) partì nel 2002. Seguì quella di altri quattro: Palmachim, Hadera, Ashdod e Sorek, il più grande impianto al mondo ad osmosi inversa alimentato da acqua di mare. Tutti sono entrati in funzione nel 2015 e ognuno è in grado di produrre tra 90 e 150 milioni di m<sup>3</sup>/anno, con possibilità di estendere la propria capacità.

Secondo i dati rilasciati dall'Autorità idrica del Paese, la capacità produttiva del settore è di circa 660 milioni di m<sup>3</sup>/anno, di cui 604 provenienti dagli impianti che utilizzano acqua di mare e il

<sup>232</sup> Australian Government, Bureau of Metereology, *Water in Australia 2017-18*

<sup>233</sup> Andrea Turner, Oz Sahin, Damien Giurco, Rodney Stewart, Michael Porter, *The potential role of desalination in managing flood risks from dam overflows: the case of Sydney*, Australia, in *Journal of Cleaner Production*, Vol. 135, 2015

<sup>234</sup> E. Spiritos e Clive Lipchin, *Desalination in Israel*, Arava Institute for Environmental Studies.

<sup>235</sup> Michael Beyth, *Water Crisis in Israel*, 2015.

<sup>236</sup> Abraham Tenne, *Sea Water Desalination in Israel: Planning, coping with difficulties, and economic aspects of long-term risks*, State of Israel, Water Authority Desalination Division, 2010.

resto da piccole installazioni alimentate da acque salmastre<sup>237</sup>. Il parco serve al soddisfacimento del 25% dell'intero fabbisogno idrico nazionale<sup>238</sup>.

Queste infrastrutture, ad eccezione di Palmachim, sono di proprietà dello Stato che ne affida la pianificazione, costruzione e gestione a concessionari privati per un arco di tempo predefinito.

Inoltre, con la decisione 3866 del 10 giugno 2018<sup>239</sup>, il Governo israeliano ha pianificato di espandere la capacità di desalinizzazione fino a 1.100 milioni m<sup>3</sup>/anno entro il 2030, attraverso estensioni o greenfield. Un obiettivo che potrebbe non solo rendere il sistema idrico di Israele più sicuro e affidabile, ma permetterebbe di esportare il surplus di acqua verso i Paesi vicini, con possibili risvolti positivi dal punto di vista geopolitico.

L'avvento della desalinizzazione in Israele è stato un vero e proprio *game changer*: in pochi anni le aziende agricole, particolarmente colpite dalla crisi idrica, sono tornate fiorenti, il Mare di Galilea ha aumentato il suo livello e il Paese oggi può contare su risorse aggiuntive e qualitativamente migliori. Il Paese vanta, inoltre, uno dei maggiori player tecnologici mondiali in questo campo, IDE Technologies.

## 9.6 La desalinizzazione in Spagna

La Spagna è la principale nazione europea attiva nel settore della desalinizzazione. Secondo i dati più recenti<sup>240</sup>, nel Paese si producono circa 5.000.000 di m<sup>3</sup>/giorno di acqua desalinizzata, destinata per la maggior parte all'uso civile. Non trascurabile anche la quota riservata all'irrigazione, mediamente più elevata che in altri Paesi, e all'industria.

Gli impianti con capacità superiore ai 100 m<sup>3</sup>/giorno sono 765: di questi 360 utilizzano acqua marina e i restanti acqua salmastra. Il 13% dei dissalatori (99) è di taglia grande, per una capacità compresa fra 10.000 e 250.000 m<sup>3</sup>/giorno, di cui 68 desalinizzano acqua marina. 450 sono invece gli impianti con capacità media fra 500 e 10.000 m<sup>3</sup>/giorno, di cui 207 alimentati da acqua di mare e 243 da acqua salmastra. I restanti 216 impianti sono di piccole dimensioni (da 100 a 500 m<sup>3</sup>/giorno), 85 ad acqua di mare e 131 ad acqua salmastra.

Una buona parte dei desalinizzatori (327) è localizzata presso le isole Canarie, mentre l'area che si affaccia presso il Bacino del Mediterraneo ospita alcuni impianti molto grandi, come quello di Torreveja (Alicante) con una produzione di 80 milioni di m<sup>3</sup>/anno, El Atabal (Malaga) e Valdelestico (Murcia) che producono rispettivamente circa 76 e 70 milioni di m<sup>3</sup>/anno.

Il primo impianto risale al 1964 installato nell'isola di Lanzarote, che processando acqua del mare produceva 2.500 m<sup>3</sup>/giorno di acqua potabile. Da allora, l'industria della desalinizzazione

<sup>237</sup> The Knesset Research and Information Center, *Israeli Water Sector—Key Issues*, 25 febbraio 2018.

<sup>238</sup> L'acqua desalinizzata serve principalmente per uso domestico e poi per agricoltura, industria e ambiente. OECD *Water Resources Allocation: Sharing Risks and Opportunities*, 2015.

<sup>239</sup> Ministry of Finance of Israel, *Background - Seawater Desalination in Israel* [https://mof.gov.il/en/InternationalAffairs/InfrastructuresAndProjects/Projects/Pages/Background\\_DesalinationInIsrael.aspx](https://mof.gov.il/en/InternationalAffairs/InfrastructuresAndProjects/Projects/Pages/Background_DesalinationInIsrael.aspx)

<sup>240</sup> Asociación Española de Desalación y Reutilización, *Cifras de desalación en España*, 11 febbraio 2019 <https://www.aedyr.com/es/cifras-desalacion-espana>

è andata consolidandosi grazie ai miglioramenti tecnologici (osmosi inversa) e al sostegno politico. Numerosi impianti sono stati realizzati in varie parti del Paese: Andalusia, isole Baleari, Canarie, Valencia e Murcia. Un ulteriore stimolo venne dalle crisi idriche degli anni 1991-95 a seguito delle quali nuovi dissalatori furono costruiti nella zona costiera del Sud e Sud-Est.

Nel 2001, un anno dopo la vittoria alle elezioni, il partito popolare lanciava il Plan Hidrológico Nacional che prevedeva il trasferimento di oltre 1 milione di metri cubi di acqua dal fiume Ebro al Nord (Barcellona) e al sud (Valencia, Murcia e Almeria). La deviazione dell'acqua del fiume per oltre 200 km avrebbe dovuto alleviare i problemi idrici dell'area metropolitana di Barcellona e rispondere al fabbisogno di acqua del settore agricolo e del turismo nella parte orientale e settentrionale della Spagna. Tuttavia, intorno al progetto nacque sin da subito una montante opposizione legata ai suoi impatti ambientali; la stessa Commissione Europea, che si era in principio detta favorevole a finanziare l'iniziativa, incominciò a sollevare perplessità.

Nonostante l'avvio dei lavori, nel 2004 la vittoria dei socialisti alle elezioni mise fine al progetto, che fu sostituito dal "Programa Aqua". Il programma prevedeva, tra le altre cose, la costruzione di diversi desalinizzatori sulla costa spagnola mediterranea per compensare l'acqua che sarebbe dovuta provenire dal fiume Ebro. A finanziare l'iniziativa concorsero le istituzioni europee da cui arrivarono circa un terzo del totale dei 3.600 milioni complessivi di spesa e la compagnia statale Acuamed che investì oltre 1.500 milioni di euro<sup>241</sup>. Un impegno che si concretizzò con la realizzazione di 27 desalinizzatori.

Tra questi rientra anche l'impianto di El Prat de Llobregat di Barcellona, che ubicato nella località di Abrera produce 200.000 m<sup>3</sup>/giorno di acqua ed è il più grande desalinizzatore europeo per approvvigionamento urbano.

Nel 2005 il Governo catalano affidò la costruzione ad Aguas Ter Llobregat (ATLL), società pubblica che si occupa del servizio idrico a Barcellona e negli otto distretti vicini. L'impianto, inaugurato nel luglio 2009, è stato cofinanziato dall'Unione Europea, che contribuì per 158 milioni di euro, dal governo (52 milioni) e da ATLL (28).

L'impianto utilizza la tecnologia ad osmosi inversa con consumi energetici contenuti pari a 3 kWh/m<sup>3</sup>, grazie alla tecnologia avanzata, ai recuperatori di energia installati e alla presenza di una turbina eolica e di più di 5.200 moduli fotovoltaici, questi ultimi per una potenza complessiva di 1 MW<sup>242</sup>. Ha inoltre un rendimento del 45% (per ogni 100 litri di acqua salata prelevata, 45 sono vengono convertiti in acqua potabile e 55 vengono restituiti al mare). L'acqua destinata al mare viene miscelata con la salamoia derivante dal processo di dissalazione.

La modularità, propria degli impianti a osmosi inversa, permette un adattamento alle necessità idriche dell'area, con una produzione che aumenta o diminuisce a seconda delle esigenze. L'acqua prodotta, tuttavia, richiede un post-trattamento per essere resa potabile, in quanto un PH basso e una minore concentrazione di sali richiedono un processo di rimineralizzazione.

<sup>241</sup> March, H., Saurí, D., Rico-Amorós, A.M., *The End of Scarcity? Water Desalination as The New Cornucopia for Mediterranean Spain*, Journal of Hydrology, 2014.

<sup>242</sup> Water Technology, *Barcelona Sea Water Desalination Plant*, <https://www.water-technology.net/projects/barcelonadesalination/>

Pensato per incrementare la sicurezza idrica dell'area metropolitana di Barcellona e delle regioni del Penedès, Baix Llobregat, Anoia, Garraf, Els Vallesos e Maresme, che più di una volta sono state interessate da episodi di contingentamento dell'acqua specie per usi irrigui, l'impianto oggi garantisce acqua potabile a circa 4,5 milioni di abitanti<sup>243</sup>, coprendo fino al 24% della domanda dell'area<sup>244</sup>. Allo stesso tempo, l'installazione del dissalatore ha consentito il recupero e il mantenimento del flusso del fiume Ter-Llobregat.

Lo sviluppo della desalinizzazione in Spagna è stato accompagnato da un consolidamento dell'industria di settore e del know-how<sup>245</sup>. Diverse sono le imprese spagnole attive, non solo nel Paese, dove è prevista un'ulteriore espansione della capacità, ma anche all'estero: Sacyr, Ferrovial, Aqualia, Abengoa, Grupo Cobra, attive con progetti in Algeria, Acciona Agua presente in Australia, Emirati Arabi e Regno Unito<sup>246</sup>.

---

<sup>243</sup> Agència Catalana de l'Aigua, <http://aca.gencat.cat/es/laigua/infraestructures/dessalinitzadores/dessalinitzadora-del-prat/index.html>

<sup>244</sup> Area Metropolitana de Barcelona, <http://www.amb.cat/web/medi-ambient/aigua/instalacions-i-equipaments/detall/-/equipament/dessalinitzadora-del-prat-de-llobregat/348901/11818>

<sup>245</sup> 7 delle 20 più importanti compagnie mondiali che si occupano di dissalazione sono spagnole.

<sup>246</sup>T. Imenez, *España duplicará la producción de agua desalada*, in Agua y medio ambiente, El Economista, n.62, 7 maggio 2019, [https://s03.s3c.es/pdf/6/a/6a57e75e915df8b7495cf5943074410b\\_agua.pdf](https://s03.s3c.es/pdf/6/a/6a57e75e915df8b7495cf5943074410b_agua.pdf)

## Parte IV - Idroelettrico e ottimizzazione della water supply security

### 1. L'evoluzione degli impieghi idrici e l'idroelettrico

#### 1.1. Gli usi plurimi dell'acqua: coniugare obiettivi energetici e ambientali

I cambiamenti climatici, accompagnati dall'alternarsi di periodi siccitosi a rapidi ed improvvisi episodi alluvionali, rendono sempre più urgente la necessità di accrescere la resilienza dei territori ai fenomeni meteorologici estremi, recuperare equilibri tra interventi umani e condizioni naturali, migliorare la capacità di adattamento alle mutate condizioni ambientali, ottimizzare la water supply security. Ciò può avvenire con misure finalizzate alla conservazione dell'acqua e alla polifunzionalità dei suoi usi, coinvolgendo anche il sistema elettrico.

L'accumulo delle acque e una loro corretta gestione possono essere considerati come una grande "batteria verde" per il Paese di fronte ai cambiamenti climatici. L'Italia potrebbe avere ben più ampie disponibilità idriche, tenendo conto sia delle sue cospicue risorse (acque superficiali e sotterranee) sia della quantità di piogge che cadono sulla penisola: 306 miliardi di m<sup>3</sup> in media l'anno. Di questi però viene utilizzato solo l'11% per i vari impieghi<sup>247</sup> a causa di una sostanziale carenza di infrastrutture, come gli invasi (o mancato upgrading di quelli esistenti) e di un'insufficiente manutenzione degli impianti in essere, quali dighe, sbarramenti, sistemi di irrigazione, strutture di laminazione delle piene, ecc.

Il futuro delle opere idrauliche è destinato ad essere multifunzionale, contemperando diverse esigenze nel rispetto delle priorità previste dalla legge. Al contempo, gli Stati membri dell'UE devono realizzare gli obiettivi della Direttiva Quadro Acque (n. 2000/60/CE) e delle "Direttive Natura" (Direttiva 92/43/CEE c.d. "Direttiva habitat" e Direttiva 79/409/CEE, c.d. "Direttiva Uccelli"), miranti non solo a impedire l'ulteriore deterioramento dei corpi idrici, ma anche a ripristinarne il buono stato (o il buon potenziale)<sup>248</sup>.

Occorre sviluppare strategie atte ad associare obiettivi ambientali ed energetici, finalizzate a massimizzare i benefici derivanti dall'impiego plurimo della risorsa acqua grazie all'utilizzo efficiente delle reti idriche e degli invasi per usi potabili, irrigui ed energetici, nonché mirate a garantire adeguatezza, sicurezza e rapidità di risposta della rete elettrica nazionale.

La creazione di nuove strutture e l'efficientamento o il recupero di quelle esistenti (inefficienti, in stato di abbandono, incompiute) dovrebbe puntare alla minimizzazione degli impatti e alla valorizzazione del territorio attraverso impianti sostenibili nell'ambito di valori condivisi. La sfida principale consiste nel coniugare obiettivi energetici e ambientali.

<sup>247</sup> Fonte: "Italia Sicura", Conferenza stampa di presentazione del Piano Invasi, Roma, 6 luglio 2017.

<sup>248</sup> Fonte: Commissione Europea, "Guida alla produzione di energia idroelettrica nel rispetto della normativa UE sulla tutela della natura" (2018).

L'obbligo di produrre e utilizzare energia generata da fonti rinnovabili e di ridurre le emissioni di gas a effetto serra, conformemente agli obiettivi UE e nazionali, rappresenta un forte stimolo per l'uso dell'idroelettrico e di altre fonti rinnovabili.

Questo capitolo esamina lo stato dell'arte e le varie configurazioni che danno luogo, o che potenzialmente potrebbero sviluppare, correlazioni tra usi irrigui, energetici ed eventuali altri impieghi (civili, turistici, sportivi), analizzandone i principali fattori di fattibilità e sostenibilità economica ed ambientale, le opportunità di intervento e le criticità.

## La gestione plurima della risorsa idrica

*Molte dighe e bacini idroelettrici, inizialmente concepiti esclusivamente per produrre energia elettrica, sono stati nel corso del tempo utilizzati anche per altre finalità. Con il termine gestione plurima della risorsa idrica si intende, nello specifico, una particolare modalità di funzionamento dei bacini in cui l'utilizzo dell'acqua riguarda molteplici usi e contribuisce a generare benefici in settori diversi dalla generazione di energia. In alcuni casi, infatti, l'idroelettrico rappresenta una funzione secondaria, piuttosto che l'attività principale.*

*In Italia la disciplina riguardante l'uso plurimo delle acque è normata a livello locale, in cui le Regioni o le Province Autonome (Trento e Bolzano) sono responsabili della definizione e dell'implementazione delle politiche riguardanti la gestione idrica nel territorio<sup>249</sup>.*

### Le ricadute non energetiche dell'idroelettrico

Gestione dell'acqua e servizi a favore dell'ambiente	Promozione dello sviluppo economico
Controllo della siccità	Navigazione/trasporto
Contenimento dei rischi relativi al dissesto idrogeologico	Usi potabili dell'acqua
Stabilizzazione delle falde	Irrigazione
Ossigenazione e riduzione della temperatura dell'acqua	Industria di processo
Pulizia delle acque	Turismo e benessere
Gestione dei sedimenti e dell'habitat	Acquacultura (pesca e cibo)

Fonte: Althesys - L'idroelettrico crea valore per l'Italia

*I benefici derivanti da una gestione congiunta della risorsa idrica si possono raggruppare in due categorie principali:*

- *benefici connessi con la gestione dell'acqua e servizi a favore dell'ambiente, come il controllo e la regolazione dei flussi d'acqua a valle dell'impianto (in modo da evitare le alluvioni o le secche), la stabilizzazione del livello delle falde e delle acque sotterranee, il contenimento dei rischi di dissesto idrogeologico, l'ossigenazione delle acque correnti, la pulizia delle acque e la gestione dei sedimenti e dell'habitat;*
- *benefici connessi con la promozione dello sviluppo economico della zona come il supporto diretto ed indiretto alle attività economiche locali quali la navigazione, il turismo, l'acquacultura, i prelievi dell'acqua per usi potabili, per l'irrigazione o per usi industriali, nei termini previsti dagli atti concessori.*

*Alcune delle voci elencate in tabella avranno una rilevanza sempre maggiore nel tempo, quindi una diversa gestione delle acque contribuirà a fornire, direttamente o indirettamente, un apporto sempre più consistente allo sviluppo economico locale.*

<sup>249</sup> Art 12 del D.Lgs. del 16 marzo 1999, n. 79 (c.d. "decreto Bersani") in combinato disposto con il D.Lgs 112/98 e con il DPCM 12 ottobre 2000, che affidano la gestione del demanio idrico alle Regioni.

*Ad esempio, l'acqua costituisce un bene preziosissimo nelle zone a vocazione agricola. Tuttavia nelle regioni mediterranee l'uso a fini irrigui, potabili o per i processi industriali risulta sempre più problematico. I bacini idroelettrici garantiscono così un livello stabile delle acque durante l'anno rendendole disponibili anche nei periodi estivi caratterizzati da maggiore siccità. Talvolta sono anche usati i bacini di raccolta presenti in una zona per poi trasportare l'acqua in altre dove ve ne è maggiore necessità.*

*Sempre nelle aree mediterranee la presenza di bacini artificiali può avere un ruolo fondamentale nella prevenzione e nello spegnimento degli incendi. All'occorrenza, infatti, vengono utilizzati i serbatoi di accumulo per permettere agli aerei di caricarsi d'acqua e facilitare lo spegnimento del fuoco.*

*Nelle regioni alpine, invece, uno dei maggiori benefici dell'idroelettrico riguarda la gestione del livello dei fiumi durante le piene al fine di evitare le alluvioni. Un'attenta gestione degli invasi e delle dighe permette di trattenere le acque durante i periodi più critici in modo da ridurre i livelli dei fiumi a valle.*

*Numerose sono anche le ricadute positive sull'ambiente. Ad esempio, i gestori degli impianti idroelettrici possono contribuire al controllo e al mantenimento in sicurezza del territorio circostante il bacino, così come alla pulizia delle acque, raccogliendo e rimuovendo i rifiuti galleggianti dai fiumi.*

*Anche se è considerata una ricaduta di minore importanza rispetto alle altre sopra elencate, la creazione di un lago artificiale può rappresentare un'ottima leva per incrementare il turismo locale. In tal modo è possibile contribuire ad ampliare lo spettro dell'offerta da proporre ai turisti o offrire la base per lo sviluppo degli sport acquatici.*

*In certe regioni d'Europa le grandi dighe, oltre che permettere la generazione dell'energia, favoriscono lo sviluppo della navigazione fluviale.*

*Infine, sebbene il contributo economico di questa attività non sia ancora evidente, in alcuni bacini si sta diffondendo la pratica della pesca, sia sportiva che professionale, in prossimità delle dighe.*

## 1.2. Gestione delle acque e centrali idroelettriche

Un elemento importante nella gestione delle acque è rappresentato dall'esercizio delle centrali idroelettriche<sup>250</sup>. Questi impianti non concorrono al consumo di acqua dal momento che la quantità prelevata viene interamente restituita e possono svolgere una serie di servizi aggiuntivi per la società rispetto alla sola generazione di energia rinnovabile.

Diversi impianti sono infatti coinvolti, attraverso una gestione condivisa con gli stakeholder pubblici e privati interessati, nella gestione della riserva idrica per servizi polivalenti che vanno dal controllo delle piene agli usi idropotabili e irrigui, alla prevenzione incendi, alla gestione dei rifiuti fluviali bloccati dalle opere di ritenuta.

Il contributo dei serbatoi degli impianti idroelettrici è particolarmente rilevante nella risposta agli effetti dei cambiamenti climatici, dal momento che l'impianto aumenta il livello di protezione delle comunità che subiscono i più frequenti eventi alluvionali come pure i periodi prolungati di siccità. È, inoltre, da sottolineare la gestione dei rilasci dagli impianti idroelettrici

<sup>250</sup> In base ai dati dell'International Renewable Energy Agency (IRENA), la potenza totale degli impianti idroelettrici al mondo è di circa 1.200 GW, pari al 53% del totale delle fonti rinnovabili: in sostanza l'idroelettrico, da solo, ha un peso maggiore di tutte le altre rinnovabili sommate. Riguardo la generazione di elettricità, secondo le cifre dell'International Energy Agency (IEA), la produzione idroelettrica nel 2017 ha raggiunto i 4.109 TWh, pari al 65% circa dell'elettricità rinnovabile al mondo e al 16% del totale generale. IEA prevede che il contributo dell'idroelettrico possa quasi raddoppiare entro il 2050 per una potenza di 2.000 GW e una produzione annua di oltre 7.000 TWh.

mediante programmi specifici per assicurare i volumi necessari a preservare lo stato ecologico dei fiumi (Deflusso Minimo Vitale e Deflusso Ecologico).

Mentre nei Paesi in via di sviluppo (ad esempio Cina, Brasile, Cile) i grossi impianti idroelettrici continuano a diffondersi, in Europa e in Italia il settore ha raggiunto la maturità. Gli aspetti legati all'impatto ambientale e lo sfruttamento già in atto dei principali corsi d'acqua rendono praticamente impossibile la realizzazione di nuovi impianti di grande taglia. Le attuali condizioni del settore trovano motivi di interesse verso micro, mini e piccolo idroelettrico.

Oggi le tecnologie di produzione elettrica tramite risorse idriche possono sfruttare potenzialmente quasi qualunque dislivello, anche modesto, tra invasi come:

- torrenti e fiumi naturali, in determinati casi interessati anche da altri usi dell'acqua, quali irriguo o potabile;
- canali irrigui e di bonifica, con bassi salti e modesto impatto paesaggistico;
- acquedotti ad uso potabile con minimo o nullo impatto ambientale;
- acque reflue e scarichi industriali;
- Deflusso Minimo Vitale (DMV).

Tra i settori più interessati allo sviluppo delle tecnologie idroelettriche rientrano i servizi di approvvigionamento idrico per utilizzi irrigui, ma anche per uso potabile e industriale, le costruzioni, le attività turistiche e ricreative (per esempio, innevamento delle piste per lo sci, pesca sportiva).

Le potenzialità dell'idroelettrico minore si fondano essenzialmente sulle effettive situazioni idrologiche e geomorfologiche del territorio, sulle sinergie con altri settori come le reti di irrigazione e bonifica, i sistemi acquedottistici, i processi industriali che necessitano di ingenti risorse idriche, la gestione e sviluppo delle opere di salvaguardia dei flussi idrici (briglie, traverse, ecc.).

Vi è poi un rapporto potenzialmente biunivoco tra produzione idroelettrica ed irrigazione, per cui impianti costruiti per la produzione di energia elettrica possono costituire anche riserve per usi irrigui, nel contempo, sotto certe condizioni, invasi e canali pensati per usi agricoli possono presentare potenzialità di utilizzo per impianti mini idroelettrici.

Si sta quindi osservando la diffusione di impianti piccoli, soprattutto in acqua fluente: se la potenza è al di sotto dei 1.000 kW vengono chiamati mini-impianti; se è inferiore ai 100 kW vengono definiti micro-impianti. I micro e mini impianti risultano essere meno invasivi e possono dare luogo a ricadute positive per le piccole economie locali. Tuttavia, queste piccole centrali non sono totalmente esenti da impatti ambientali, pertanto è necessario comunque redigere piani per la gestione dei sedimenti e per la tutela della fauna ittica, ad esempio realizzando scale di risalita per i pesci.

Tra i mini-impianti idroelettrici rivestono un ruolo interessante, e con impatti ambientali ridotti al minimo, le turbine installate in acquedotto, che consentono di produrre energia e contemporaneamente di regolare la pressione dell'acqua, svolgendo una duplice azione.

Di interesse sono anche le ruote idrauliche installate nei vecchi mulini, che possono essere recuperate e riutilizzate per produrre energia. Se ben dimensionate e progettate, raggiungono efficienze comparabili alle moderne turbine, ma sono più semplici, meno costose e ambientalmente sostenibili.

In Italia esistono molte strutture abbandonate che potrebbero essere recuperate o canali di irrigazione dove nuove ruote idrauliche potrebbero essere installate. Questi impianti utilizzerebbero corsi con poca acqua e poco salto, favorendo turismo e attività sociali.

### 1.3. Stato e recenti dinamiche della produzione mini idroelettrica in Italia

Con il termine “mini idroelettrico” si intendono generalmente gli impianti con potenza inferiore al MW, includendo anche quelli minori di 100 kW, definiti come “micro idroelettrici”.

Il mini idroelettrico rappresenta il comparto più dinamico dell'idroelettrico in Italia, grazie a: un recente sviluppo di tecnologie in grado di sfruttare piccoli salti e portate molto ridotte per la produzione di energia elettrica preservando al contempo l'efficienza complessiva dell'impianto; un sistema incentivante che negli ultimi anni è risultato premiante per le piccole taglie rispetto alle grandi; un potenziale ancora non sfruttato, al contrario di quanto si verifica per il “grande idroelettrico”.

Le nuove installazioni idroelettriche nel corso degli ultimi anni hanno quindi riguardato soprattutto taglie al di sotto del MW. I mini e micro presentano interessanti possibilità di sviluppo anche per le Regioni del Centro-Sud Italia, tradizionalmente meno attive nel settore idroelettrico a causa delle caratteristiche del territorio.

**Figura 1.1 Impianti idroelettrici secondo classe di potenza efficiente lorda - 2018**

2018	Impianti	Potenza efficiente lorda	Producibilità lorda media annua	Impianti	Potenza efficiente lorda	Producibilità lorda media annua
Classi di potenza efficiente lorda	n.	MW	GWh	%	%	%
Oltre 200 MW	18	8.263	8.375	0,4%	36,1%	15,4%
da oltre 100 fino a 200	25	3.437	7.384	0,6%	15,0%	13,5%
da oltre 50 fino a 100	29	1.960	5.913	0,7%	8,6%	10,8%
da oltre 30 fino a 50	65	2.547	8.184	1,5%	11,1%	15,0%
da oltre 20 fino a 30	55	1.401	4.856	1,3%	6,1%	8,9%
da oltre 10 fino a 20	122	1.768	6.053	2,8%	7,7%	11,1%
da oltre 5 fino a 10	148	1.063	3.824	3,4%	4,6%	7,0%
da oltre 1 fino a 5	752	1.635	6.314	17,3%	7,1%	11,6%
<b>fino a 1</b>	<b>3.123</b>	<b>836</b>	<b>3.644</b>	<b>72,0%</b>	<b>3,7%</b>	<b>6,7%</b>
Totale	4.337	22.911	54.547	100,0%	100,0%	100,0%

Fonte: elaborazioni Althesys su dati Terna

Al 31 dicembre 2018, in Italia, gli impianti idroelettrici fino a 1 MW hanno raggiunto il numero di 3.123, pari al 72% del totale degli idroelettrici installati (4.337) per una potenza efficiente lorda di 836 MW e una producibilità lorda media annua di 3,6 TWh, corrispondenti rispettivamente al 3,7% e al 6,7% dell'intero parco idroelettrico (22.911 MW e 54,5 TWh). Il mini-idro rappresenta l'1,1% dell'energia richiesta sulla rete nel 2018.

Dal 2012 al 2018 il numero degli impianti fino a 1 MW è cresciuto del 66% pari ad una media annua dell'8,8% (181 impianti all'anno) rispetto ad un aumento del resto del parco idroelettrico dell'11,3% e medio annuo dell'1,8%, dove comunque la maggior parte della variazione è riferita a impianti con potenza compresa tra 1 e 10 MW. Il mini-idro ha rappresentato rispettivamente il 91,0% e il 37,1% delle installazioni complessive del periodo e della capacità aggiuntiva del comparto. La potenza media unitaria dei nuovi impianti mini-idro è stata di circa 0,2 MW.

**Figura 1.2 Crescita degli impianti mini idroelettrici 2012-2018**

IMPIANTI IDROELETTRICI FINO A 1 MW		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Impianti	n	1.886	2.130	2.304	2.536	2.745	3.074	3.123
Potenza efficiente lorda	MW	591	645	679	723	769	827	836
Producibilità lorda media annua	GWh	2.557	2.789	2.925	3.111	3.308	3.603	3.644
Variazione annua	n	-	232	136	186	197	295	41
Variazione annua	MW	-	54	34	44	46	59	9
Media annua impianti aggiuntivi	MW/imp.	-	0,222	0,193	0,191	0,219	0,179	0,184

Fonte: Terna

Riguardo la distribuzione territoriale, l'80% della capacità dei piccoli impianti fino a 1 MW è situata al Nord, il 16% al Centro e il 4% nel Sud e Isole. Il Piemonte rappresenta il 24,0%, seguito da Trentino Alto Adige con il 16,5%, Lombardia con il 15,6% e Veneto con il 9,2% (fig. 1.3).

I circa 1.300 Comuni in cui sono installati impianti mini idroelettrici<sup>251</sup> sono dunque localizzati soprattutto lungo l'arco alpino e l'Appennino centrale, ma sono presenti impianti anche in Calabria, Puglia, Sicilia e Sardegna.

**Figura 1.3 Distribuzione regionale degli impianti mini idroelettrici**

Regione	% su Numero impianti	% su potenza
PIEMONTE	21,0%	24,0%
VALLE D'AOSTA	3,7%	3,6%
LOMBARDIA	13,2%	15,6%
TRENTINO ALTO ADIGE	21,0%	16,5%
VENETO	10,3%	9,2%
FRIULI VENEZIA GIULIA	5,9%	5,0%
LIGURIA	2,2%	2,0%
EMILIA ROMAGNA	4,8%	4,2%
TOSCANA	5,4%	5,0%
UMBRIA	0,9%	1,0%
MARCHE	4,8%	5,2%
LAZIO	1,7%	1,7%
ABRUZZO	1,3%	2,0%
MOLISE	0,6%	1,0%
CAMPANIA	1,4%	1,2%
PUGLIA	0,3%	0,5%
BASILICATA	0,3%	0,4%
CALABRIA	0,9%	1,5%
SICILIA	0,3%	0,3%
SARDEGNA	0,0%	0,1%
Totale	100,0%	100,0%

Fonte: elaborazioni Althesys su dati Terna

<sup>251</sup> Fonte: Legambiente 2015.

Le nuove installazioni dell'idroelettrico sono prevalentemente impianti ad acqua fluente, con potenza inferiore a 1 MW, distribuiti quasi sempre su corsi d'acqua di dimensioni ridotte e sempre più in quota. L'attrattiva degli investimenti nel mini idroelettrico degli ultimi anni è derivata, oltre che dal sistema incentivante, dall'evoluzione tecnologica che ha reso possibile lo sfruttamento dei salti e delle portate molto ridotte che caratterizzano i siti "non convenzionali".

Grazie alle opportunità offerte dalla tecnologia mini-idroelettrica, è in parte cambiato il profilo degli investitori tipo. Infatti, nuovi soggetti, quali Consorzi e società di gestione, che possono sfruttare dei vantaggi di costo e che sono soggetti ad un iter autorizzativo più semplice, hanno affiancato le tradizionali utility.

In prospettiva le potenzialità del mini-idro sembrano legate soprattutto allo sfruttamento di corsi d'acqua "non convenzionali" (ad esempio, canali irrigui, acquedotti).

## 2. Configurazioni e funzionalità in sistemi diffusi

La nuova capacità installabile riguardante solo il mini idroelettrico rappresenta però modeste quantità di produzione. Occorre quindi guardare anche alle sinergie acqua-energia soprattutto in termini ambientali, di sostenibilità, di polifunzionalità con vantaggi per le economie locali, individuando le modalità per massimizzare i benefici derivanti dall'impiego plurimo dell'acqua.

Questo capitolo esamina le diverse configurazioni che coniugano produzione idroelettrica ed altri utilizzi, con particolare, ma non esclusivo, riferimento agli usi irrigui.

### 2.1 Il Piano Invasi

I problemi causati dai periodi di siccità erano già fortemente sentiti quasi cinquant'anni fa, quando fu progettata (ma non realizzata) una rete di migliaia di piccoli bacini collinari da affiancare ad alcuni nuovi invasi di maggiore dimensione. La sfiducia sulla capacità delle strutture pubbliche di regolare gli aspetti tecnici e di sicurezza di questo complesso progetto e, in alcuni casi una inadeguata idea di protezione dell'ambiente, hanno bloccato ogni iniziativa<sup>252</sup>.

Oggi i cambiamenti climatici mettono a nuova e dura prova i sistemi idrici ed irrigui facendo emergere le condizioni sovente di arretratezza di parte del Paese e le diverse (e a volte distanti) sensibilità delle istituzioni di fronte ai nuovi scenari. Occorre uscire dalla logica delle emergenze per scegliere quella della prevenzione, con una visione di lungo periodo ed integrata. Appare ormai non più rinviabile provvedere a realizzare serbatoi e vasche di espansione e laminazione delle piene<sup>253</sup> al fine di regolare la cospicua quantità di acqua della stagione piovosa e conservare tale risorsa per restituirla e regolarla in altri periodi (ad esempio per la stagione irrigua).

Da tali necessità è discesa l'esigenza di un Piano nazionale di piccoli e medi invasi, nonché di infrastrutture per razionalizzare l'utilizzo della risorsa, che prevede la realizzazione, in 20 anni, di circa 2.000 interventi, per i quali i Consorzi di bonifica e di irrigazione<sup>254</sup> dispongono di circa

---

<sup>252</sup> Fonte: ANBI

<sup>253</sup> Le vasche di laminazione, chiamate anche vasche di ritardo o di onda piena, permettono di garantire un considerevole volume di accumulo per fermare le bombe di acqua anche nei casi di eventi piovosi intensi o di piogge considerevoli con una vera e propria funzione di ammortizzatore idraulico.

<sup>254</sup> Un consorzio di bonifica e irrigazione è un ente pubblico con due compiti principali: programmare e coordinare interventi e opere atte a bonificare il territorio di competenza; coordinare e sorvegliare l'attività dei propri utenti. Le opere che un consorzio realizza per bonificare un territorio, sono molteplici e diversificate: gestione delle acque destinate all'irrigazione delle piantagioni, realizzazione di opere atte a garantire la sicurezza idraulica del territorio includendo opere che rivestono ruoli importanti per la tutela del patrimonio agricolo, ambientale e urbanistico. Un consorzio è un ente amministrato dai suoi consorziati, vale a dire i proprietari degli immobili (terreni, abitazioni e/o fabbricati in genere) compresi nella zona di competenza dell'ente stesso. I consorziati, come sancito per legge, devono contribuire alle opere del consorzio tramite tributi regolati da leggi e regolamenti nazionali/locali. Poiché un consorzio è un ente spesso costituito da migliaia di consorziati, questi eleggono i rappresentanti di un consiglio di amministrazione che a loro volta eleggono un presidente. I consorzi di bonifica erano già previsti nel Regio decreto n. 368 dell'8 maggio 1904 che riguardava l'approvazione del regolamento sulle bonificazioni delle paludi e dei terreni paludosi. Successivamente, il Regio decreto n. 215 del 13 febbraio 1933, che reca le nuove norme per la bonifica integrale e approva il testo unico, ha disposto la costituzione obbligatoria dei consorzi di bonifica a richiesta dei proprietari della maggior parte del territorio.

400 progetti. Tale piano, per un investimento complessivo di circa 20 miliardi di euro, è stato predisposto da ANBI (Associazione Nazionale Bonifiche Irrigazioni Miglioramenti Fondiari, l'associazione dei Consorzi di bonifica) in collaborazione e condivisione con l'Unità di Missione contro il dissesto idrogeologico e per lo sviluppo delle infrastrutture idriche, istituita presso la Presidenza del Consiglio dei Ministri, che ne ha approvato finalità e specifici obiettivi.

Il Piano Invasi, presentato il 6 luglio 2017, rientra in un ancora più ampio piano nazionale di interventi per il settore idrico: i commi 516-525 dell'art. 1 della Legge di bilancio 2018 (L. 205/2017) hanno previsto - per la programmazione e la realizzazione degli interventi necessari alla mitigazione dei danni connessi al fenomeno della siccità e per promuovere il potenziamento e l'adeguamento delle infrastrutture idriche - l'adozione, con apposito DPCM, di un Piano nazionale di interventi nel settore idrico, aggiornato di norma ogni due anni e articolato in due sezioni: la sezione "Invasi" (competenza Ministero Infrastrutture e trasporti) e la sezione "Acquedotti" (competenza Arera).

**Figura 2.1 Mappatura per lo sviluppo o il recupero di piccoli e medi invasi**



Fonte: Presidenza del Consiglio dei Ministri

Nelle more della definizione del Piano nazionale è stata prevista l'adozione (con decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti, di concerto con il Ministro delle politiche agricole alimentari e forestali) di un piano straordinario per la realizzazione degli interventi urgenti in stato di progettazione definitiva, con priorità per quelli in stato di progettazione esecutiva, riguardanti gli invasi multiobiettivo e il risparmio di acqua negli usi agricoli e civili, alla cui

realizzazione è destinata una spesa di 250 milioni di euro (50 milioni annui per ciascuno degli anni dal 2018 al 2022)<sup>255</sup>.

Il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, di concerto con il Ministro delle politiche agricole, ha firmato il decreto di adozione del "Piano Straordinario Invasi" che prevede un finanziamento di 249,9 milioni di euro per 30 interventi individuati.<sup>256</sup>

Il comma 153 dell'art. 1 della legge di bilancio 2019 (L. 145/2018) ha poi apportato una serie di modifiche ai succitati commi 516-525 dell'art. 1 della Legge di bilancio 2018, finalizzate ad accelerare la predisposizione e l'attuazione del Piano nazionale di interventi nel settore idrico. Le modifiche riguardano:

- i criteri di aggiornamento del piano, in particolare precisando che deve essere data preferenza agli interventi che presentano tra loro sinergie e complementarità tenuto conto dei Piani di gestione delle acque predisposti dalle Autorità distrettuali di bacino previste dal D.Lgs. 152/2006;
- le finalità cui deve tendere il piano stesso, aggiungendo l'obiettivo di riduzione della dispersione delle risorse idriche;
- l'aggiunta di un nuovo comma (523-bis), in base al quale i soggetti realizzatori possono avvalersi di enti pubblici e società in house delle amministrazioni centrali dello Stato, dotate di specifica competenza tecnica, anche per gli interventi previsti nel Piano nazionale e di quelli relativi alle infrastrutture idriche finanziate a valere su altre risorse finanziarie nazionali ed europee che concorrono agli obiettivi<sup>257</sup>.

Il Piano Nazionale di interventi nel settore idrico, come modificato dalla Legge di Bilancio 2019, che autorizza inoltre una spesa di 1 miliardo di euro per il periodo 2019-2028, di cui 600 milioni (60 all'anno) da destinare agli invasi, ha finora visto l'adozione di un primo stralcio con riferimento alla sezione Invasi (Dpcm del 18 aprile 2019<sup>258</sup>), per un importo di 260 milioni di euro ripartiti su 57 opere già individuate, di cui 18 di sola progettazione e 39 anche di realizzazione. La cifra stanziata si compone di 200 milioni provenienti dal Fondo investimenti oltre ai 60 stanziati dalla Legge di Bilancio per il 2019.

Tra i 57 interventi previsti e finanziati da questo primo stralcio, spiccano la barriera antisale dell'Adige, il rifacimento dell'acquedotto di Ascoli Piceno danneggiato dal terremoto del 2016, la messa in sicurezza del sistema acquedottistico Marcio-Peschiera a servizio di Roma Capitale,

<sup>255</sup> Fonte Camera dei Deputati – Servizio Studi – 21 gennaio 2019

<sup>256</sup> Comunicato del MIT del 6 dicembre 2018.

<sup>257</sup> Il successivo comma 154, per la medesima finalità di accelerare la predisposizione e l'attuazione del Piano nazionale di interventi, ha previsto una serie di disposizioni principalmente finalizzate a disciplinare la realizzazione degli interventi di competenza dell'EIPLI (Ente per lo sviluppo dell'irrigazione e la trasformazione fondiaria in Puglia e Lucania, sottoposto dall'art. 21 del D.L. 201/2011) previsti nel Piano nazionale di interventi nel settore idrico, nei Patti per lo sviluppo e negli altri programmi finanziati con altre risorse finanziarie nazionali ed europee che concorrono agli obiettivi indicati, nonché per la realizzazione di ulteriori interventi. A tal fine, viene stabilito, in particolare, che l'avvio della realizzazione dei citati interventi è affidato al Segretario generale dell'Autorità di distretto dell'Appennino Meridionale in qualità di Commissario straordinario di governo.

<sup>258</sup> Su proposta del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti, di concerto con i Ministri dell'Ambiente, dei Beni Culturali, delle Politiche Agricole e Forestali e dell'Economia e delle Finanze; registrato dalla Corte dei Conti il 13 giugno 2019 per poi essere pubblicato in Gazzetta Ufficiale del 20/03/2019, n. 67.

numerosi interventi di messa in sicurezza di impianti irrigui sia in Emilia-Romagna sia in Sardegna sia, infine, in Puglia e Basilicata.

Tra le dighe e traverse, si segnalano il finanziamento aggiuntivo per i lavori della diga di Baganza a protezione di Parma, la messa in sicurezza del Lago d'Idro in Lombardia, la manutenzione straordinaria della diga Le Grazie nelle Marche, la derivazione della diga di Badana in Liguria, i lavori di completamento dello scarico di superficie della diga di Maccheronis in Sardegna, l'adduttore di Ponte Liscione in Molise. Una nuova diga destinata a contenere le piene è prevista in Molise, finanziata con 30 milioni di euro. La diga di Lentini in Sicilia, per cui vengono finanziati 1,8 milioni di euro per i lavori di sistemazione del paramento di valle che contribuiscono alla sicurezza complessiva, anche dall'erosione delle piogge<sup>259</sup>.

Per assicurare un celere inizio delle opere, il 24 giugno 2019 si è svolta al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti la prima riunione con tutti soggetti attuatori, durante la quale sono stati approfonditi il cronoprogramma di spesa e le modalità attuative degli interventi. Inoltre, è stata firmata la convenzione tra il MIT e la Sogesid SpA, società in house del Ministero, che fornirà il supporto tecnico-specialistico per l'attuazione del Piano<sup>260</sup>.

Con un ulteriore decreto del MIT, verrà adottato un secondo step del Piano Invasi per mezzo di un documento contenente gli indicatori di valutazione e i criteri di ripartizione delle risorse finanziarie per 540 milioni di euro. Il sistema di valutazione permetterà di individuare un novero di opere prioritarie. Gli indicatori saranno, inoltre, in grado di misurare la coerenza con la pianificazione di bacino e assicurare la sinergia tra misure dirette agli invasi e azioni di miglioramento della rete idropotabile. I criteri di ripartizione delle risorse sono stati invece elaborati con lo scopo di assicurare, a ciascuno dei sette distretti idrici in cui è suddiviso il territorio nazionale<sup>261</sup>, risorse finanziarie con cui promuovere la realizzazione di interventi strategici nel settore dell'acqua. I criteri sono basati sia sulla domanda di risorsa idrica – che a sua volta tiene conto del consumo di acqua ripartito tra industria (21,30%), idropotabile (22,50%) e agricoltura (56,20%) – sia sulla domanda di infrastruttura idrica, calcolata sul numero di grandi dighe e sulla quantità di m<sup>3</sup> di acqua invasata a scopo irriguo e potabile. Dalla ricognizione generale effettuata dal MIT e dal MIPAAFT, emergono richieste per 157 proposte, dal valore complessivo di oltre 3 miliardi di euro, segnalate prevalentemente dalle varie Autorità di bacino e, in misura più limitata, dai Consorzi di bonifica.

---

<sup>259</sup> Fonte: Ministero Infrastrutture e Trasporti.

<sup>260</sup> In prima battuta Sogesid si occuperà di mappare lo stato di attuazione degli interventi e verificare la documentazione presente in archivio sulle opere di derivazione, con l'obiettivo di informatizzare gli atti di oltre cinquecento infrastrutture idriche di competenza del MIT tramite attività di analisi e digitalizzazione documentale.

<sup>261</sup> Il D.Lgs 152/2006, nel recepire quanto stabilito dalla Direttiva 2000/60/CE, ha ripartito (art.64) il territorio nazionale in 8 Bacini Distrettuali Idrografici, poi riorganizzati in 7 dalla L. 221/2015, per ognuno dei quali si prevede l'istituzione di un'Autorità di Bacino Distrettuale, responsabile della redazione di un Piano di bacino distrettuale. I distretti hanno come obiettivo di realizzare la sintesi tra le diverse aspettative degli utilizzatori idrici e pianificare una gestione organica e coerente delle risorse.

## 2.2 Sinergia tra irrigazione e idroelettrico: il contributo dei Consorzi di Bonifica

Un importante potenziale di valorizzazione delle sinergie tra usi irrigui e mini idroelettrico è rappresentato dalle installazioni su canali irrigui. L'interesse per questa tipologia di installazioni è legato principalmente a quattro fattori:

- l'elevato numero di ore annue di funzionamento;
- i minori costi di investimento, data l'entità contenuta dei costi per le opere edili e idrauliche, in parte già esistenti;
- tempi e costi di autorizzazione più contenuti rispetto agli impianti "tradizionali";
- un potenziale ancora sfruttabile.

La costruzione di piccoli impianti sui canali di irrigazione consente di non interferire sui regimi naturali dei corsi d'acqua. In alcuni casi si tratta di interconnettere canali esistenti per la migliore utilizzazione delle acque, con nuovi canali dedicati esclusivamente alla produzione idroelettrica o principalmente per fronteggiare crisi idriche.

Lo sviluppo di iniziative volte alla realizzazione di piccoli impianti idroelettrici su una rete irrigua comporta alcuni vantaggi e sinergie:

- produzione di energia da fonte rinnovabile;
- manutenzione, monitoraggio e gestione delle opere idrauliche ed irrigue;
- maggiore durata della presenza di acqua nei canali;
- valorizzazione turistica.

Generalmente questa tipologia di impianti viene sviluppata da Consorzi irrigui e di bonifica. La soluzione più vantaggiosa dal punto di vista dei costi si verifica quando l'impianto viene progettato congiuntamente alla realizzazione del canale stesso. Nella maggior parte dei casi, tuttavia, l'installazione avviene su un canale esistente, che deve essere modificato e allargato per poter ospitare le opere di presa e lo sfioratore.

L'iter autorizzativo comprende: l'ottenimento della concessione di derivazione di acqua pubblica (R.D. 11/12/1933, n 1775); la Valutazione di Impatto Ambientale (VIA); l'autorizzazione Unica (art. 12 d.lgs. 387/03) (Regione o provincia), la domanda di allaccio alla rete elettrica; la richiesta di accesso meccanismi di incentivazioni (GSE)<sup>262</sup>.

Nel caso dei Consorzi di bonifica, il D.Lgs. 179/2012 prevede una procedura autorizzativa semplificata (senza ricorso a VIA) per impianti fino ai 250 kW che siano installati su canali irrigui e che non comportino l'incremento della portata derivata. Se, da un lato, tale norma concorre a determinare un vantaggio per questi soggetti, le Regioni e/o Province di competenza possono in alcuni casi considerare la «soglia di portata» pari a 200 l/s come determinanti per l'assoggettabilità a VIA, annullando di fatto il vantaggio della semplificazione.

---

<sup>262</sup> Fonte: Canali irrigui ed energia, Associazione Termotecnica Italiana sezioni Lombardia e Veneto-Trentino: "Lo small hydro, ruolo e potenzialità" (23 Maggio 2018).

L'utilizzo plurimo dei corsi d'acqua irrigui consente di aumentare la sostenibilità ambientale dei canali e può costituire una fonte di reddito per i Consorzi che intendono investire in questa forma di energia. I Consorzi sono attivi su oltre 17 milioni di ettari, più della metà del Paese, nei quali rientra tutta la pianura, la maggior parte della collina e una parte minore della montagna, nell'ambito di comprensori idraulicamente definiti a livello nazionale, i cui confini comprendono unità idrografiche omogenee. I Consorzi hanno realizzato e provvedono alla manutenzione e all'esercizio di un vasto patrimonio di impianti, canali e altre infrastrutture destinate alla difesa del suolo (circa 200 mila chilometri di canali di scolo e irrigui, 800 impianti idrovori, 22 mila briglie, ecc.)<sup>263</sup>.

In alcuni contesti rurali il servizio irriguo alimenta una pluralità di utenti: civili, industriali, idroelettrici e agricoli. L'energia elettrica, prodotta attraverso impianti mini idro, è generata dai Consorzi grazie alla lunghissima rete di canali; gli impianti idroelettrici gestiti dagli enti consortili sono 234, per una produzione annua di oltre 495 milioni di kWh<sup>264</sup>.

Il riferimento normativo è rappresentato dal D.Lgs. 152/2006 (in precedenza dalla L. 36/94 cosiddetta Legge Galli) che recepisce la Direttiva 200/60/CE (Direttiva Quadro Acque) e prevede all'art. 166 che " *...i consorzi di bonifica ed irrigazione (...) hanno facoltà di utilizzare le acque fluenti nei canali e nei cavi consortili per usi che comportino la restituzione delle acque e siano compatibili con le successive utilizzazioni, ivi compresi la produzione di energia idroelettrica e l'approvvigionamento di imprese produttive ...*".

Il 20 dicembre 2017, ANBI ha siglato con Terna e Coldiretti un accordo per definire gli ambiti di collaborazione per una strategia volta a massimizzare i benefici derivanti dall'impiego della risorsa irrigua attraverso una gestione polivalente. L'intesa prevede l'impegno dei firmatari a identificare le azioni finalizzate all'utilizzo ottimale ed efficiente delle reti idriche e degli invasi per usi idro-potabili, irrigui ed energetici. ANBI, nello specifico, è impegnata nella valutazione delle opportunità legate all'uso idroelettrico delle risorse irrigue, coniugandole con i fabbisogni prioritari delle imprese agricole e, soprattutto, con la sostenibilità ambientale.

Terna li affiancherà al fine di individuare ipotesi di gestione di risorse idriche che consentano l'uso di impianti idroelettrici, adeguandoli in modo da garantirne una migliore efficienza. L'obiettivo è anche sviluppare impianti a pompaggio da utilizzare quali sistemi di accumulo necessari per assicurare l'adeguatezza del sistema elettrico italiano a fronte di quote crescenti di fonti rinonvabili non programmabili, come previsto dal PNIEC.

Coldiretti, coerentemente con la propria missione istituzionale volta a sviluppare un uso più efficiente delle risorse naturali, a contrastare gli effetti del cambiamento climatico e a valorizzare l'impiego plurimo delle acque in una prospettiva di efficienza energetica, si impegna a collaborare perchè tutte le azioni intraprese dai diversi attori istituzionali rispettino i principi di sostenibilità ambientale, per preservare il patrimonio rurale italiano e favorire la conservazione della biodiversità dell'agricoltura nazionale.<sup>265</sup>

---

<sup>263</sup> Fonte: ANBI- Rapporto annuale 2017

<sup>264</sup> Fonte: ANBI

<sup>265</sup> Fonte ANBI e Terna. Comunicati stampa 28 dicembre 2017

## Esempi delle attività sinergiche dei Consorzi di Bonifica

*Il Consorzio di Bonifica Centro (Chieti) ha voluto dare uno sviluppo allo sfruttamento delle fonti rinnovabili per la produzione di energia, spinto sia da ragioni economiche che ambientali. Il Consorzio coniuga la sua attività istituzionale - fornire acqua irrigua ai consorziati - con la realizzazione di piccole centrali idroelettriche.*

*La Centrale Idroelettrica di Passo Cordone è localizzata sul fiume Tavo, a valle della diga di Penne, nel Comune di Loreto Aprutino (PE). L'impianto consente l'utilizzazione, a scopo idroelettrico, dell'acqua prelevata dall'invaso di Penne e distribuita per usi irrigui in un comprensorio di tre lotti per complessivi 4.430 ha. In particolare da maggio a settembre l'impianto utilizza le acque turbinate dalla centrale di auto-sollevamento irriguo al 3° lotto, posta al piede della diga di Penne, oltre alle portate prima scaricate nell'alveo del Tavo ed intercettate più a valle alla traversa di Passo Cordone, che alimenta il 1° e 2° lotto. Nel resto dell'anno l'impianto sfrutta parte della riserva idrica accumulatisi nell'invaso.*

*Le acque destinate ad alimentare la centrale idroelettrica sono convogliate in una vasca di presa nei pressi della centrale di auto-sollevamento. Attraverso una condotta di adduzione, idonea a trasportare una portata massima di mc/s 2.2, l'acqua è convogliata ad una vasca di compenso a carico di circa mc 38.000 di volume di accumulo. Da qui, attraverso una condotta forzata, viene alimentata la centrale idroelettrica.*

*La Centralina idroelettrica di Rosciano (PE) è stata realizzata con l'intento di produrre energia elettrica con le acque di supero dell'impianto irriguo "sinistra Pescara" sversate nel fosso "Della Fonte". La Centrale è ubicata nel territorio del Comune di Rosciano e si estende su di un'area di circa 1.400 mq, a ridosso di una collina. Su tutto il perimetro interno del sito sono stati impiantati tigli, siepi ed altri alberi di alto fusto nel rispetto dell'area faunistica della zona, riducendo così al minimo l'impatto ambientale. Sono state realizzati manufatti tra i quali, l'opera di presa sul canale irriguo principale, l'edificio della centrale, le relative apparecchiature elettriche ed elettromeccaniche.*

*L'impianto idroelettrico ricadente sul territorio Comunale di Villamagna ha una potenza di circa 350 kW ed è stato realizzato grazie ad un finanziamento del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali per un importo complessivo di circa 1 milione di euro ed utilizza l'acqua in esubero all'irrigazione nel comprensorio della Val di Foro<sup>266</sup>.*

\*\*\*\*\*

*Nel comprensorio Est Sesia trova particolare attuazione il principio degli usi plurimi delle acque irrigue. L'articolata rete dell'Associazione Irrigazione Est Sesia consente non solo di usare le acque d'irrigazione per produrre energia idroelettrica, ma anche di soddisfare diversi tipi di fabbisogno, tra cui l'approvvigionamento delle imprese produttive, senza dover ricorrere a fonti idriche diverse da quelle già esistenti.*

**Uso idroelettrico:** *la produzione di energia idroelettrica è ottenibile dalla presenza costante di acqua nei canali irrigui, principalmente, lungo i grandi corsi d'acqua artificiali che derivano dai fiumi alpini o dai laghi prealpini. Nella zona collinare pedemontana e nell'alta pianura per contrastare la pendenza naturale del terreno, notevolmente maggiore rispetto a quella richiesta per le finalità irrigue, sono presenti frequenti "salti di fondo", potenzialmente utilizzabili per produrre energia. Nel comprensorio Est Sesia sono stati censiti oltre 200 salti di fondo; si tratta, in genere, di dislivelli di alcuni metri che, con portate dell'ordine di 10÷25 m<sup>3</sup>/s, furono già utilizzati in passato per la produzione di forza motrice ed ebbero un ruolo determinante nel favorire, alla fine del XIX secolo, l'industrializzazione di diverse aree di pianura. Nel tempo, con l'invecchiamento degli impianti, non si provvide ai necessari rinnovamenti e molte installazioni vennero definitivamente dismesse negli anni '60 del secolo scorso. Un notevole impulso alla realizzazione di nuovi impianti e al ripristino di quelli abbandonati è stato dato dalla normativa che ha dichiarato gli impianti "di pubblico interesse e di pubblica utilità" e le relative opere "indiferibili ed urgenti" e con l'introduzione di meccanismi di sostegno.*

<sup>266</sup> Fonte <https://www.bonificacentro.it/produzione-di-energia-elettrica-da-fonti-rinnovabili.php>

*Per cogliere l'occasione offerta dai provvedimenti statali in materia di incentivazione (dai certificati verdi alle tariffe onnicomprensive), il Consorzio ha adottato varie forme, che vanno dalla semplice concessione a terzi dell'utilizzazione dei salti ai fini idroelettrici alla realizzazione e gestione diretta degli impianti. Sulla rete irrigua dell'Est Sesia le piccole centrali attualmente in esercizio sono 51 (più 4 gestite da Est Sesia nel comprensorio della Coutenza Canali Cavour); altre 40 centrali sono in corso di progettazione o in realizzazione.*

*La produzione idroelettrica consente ai consorzi gestori delle reti irrigue, sia pure con qualche maggior incombenza gestionale, di disporre di risorse economiche importanti ai fini del contenimento dei costi di mantenimento delle reti irrigue e, quindi, di quelli finali dell'irrigazione.*

**Uso industriale.** *L'art.166 del D. Lgs.152/2006 consente ai Consorzi di utilizzare l'acqua irrigua già concessa oltre che per la produzione di energia idroelettrica anche per l'approvvigionamento di imprese produttive ai fini del raffreddamento, antincendio, per l'uso piscicolo, il lavaggio inerti, ecc. e nel comprensorio dell'Associazione ciò è stato possibile grazie al verificarsi, in particolare di due condizioni. La prima è costituita dal fatto che la maggioranza delle industrie utilizza l'acqua esclusivamente per il raffreddamento degli impianti; tutta l'acqua utilizzata viene quindi restituita, più calda di qualche grado, e quindi in condizioni che consentono, e anzi possono favorire, il successivo uso per l'irrigazione. Inoltre, l'estendersi della fornitura di acqua irrigua alle industrie consentirebbe di ridurre drasticamente il volume di acqua sotterranea annualmente sollevato, limitandolo alle sole attività che richiedono acqua di particolare qualità (ad esempio, le industrie alimentari), agli usi potabili ed igienici degli stessi insediamenti produttivi (se non collegati ad acquedotti civici) e, infine, ai periodi di "asciutta" dei canali irrigui o di forte riduzione della loro portata. La seconda condizione favorevole deriva dal fatto che gran parte degli insediamenti industriali si trova spesso in prossimità dei canali irrigui, per cui risulta facile e poco costoso l'allacciamento idraulico ai canali stessi. Gran parte dei canali irrigui sono in esercizio anche nel periodo invernale, un tempo per la fornitura d'acqua alle marcite, ora principalmente per proteggere dal gelo i rivestimenti dei canali principali. Il mantenimento della circolazione idrica invernale nelle reti irrigue consente, anche attraverso la permeabilità dagli alvei in terra, un prezioso apporto alle falde idriche sotterranee, seppur più ridotto rispetto a quello che avviene nella stagione irrigatoria estiva. Attualmente nel comprensorio sono circa trenta gli impianti industriali che utilizzano, con restituzione, acque prelevate dai canali irrigui<sup>267</sup>.*

## 2.3 Sistemi di accumulo diffusi: i laghetti collinari e i piccoli invasi

In un contesto climatico che determina maggiori rischi di crisi idriche e nello stesso tempo maggiori intensità dei fenomeni piovosi con conseguente riduzione della disponibilità delle risorse idriche stesse e possibile competizione tra produzione industriale, utilizzo agricolo e uso di acqua potabile, diventa fondamentale accrescere e migliorare la gestione della riserva idrica in tutte le sue possibili configurazioni per servizi polivalenti.

Un esempio di utilizzo potenzialmente polivalente è costituito dai c.d. "laghetti collinari". Con questo termine si indica una specifica categoria di invasi di origine artificiale, costituiti da un'opera di sbarramento realizzata lungo un corso d'acqua. L'opera sfrutta la morfologia collinare: un impluvio sbarrato da una piccola diga in terra trasforma parte di un letto torrentizio in un laghetto artificiale. Lo sbarramento blocca le acque meteoriche invernali e primaverili che altrimenti defluirebbero a valle e le rende disponibili in estate. I luoghi di applicazione ideali si trovano in ambiente appenninico: la morfologia della zona offre, infatti,

<sup>267</sup>Fonte <http://www.estsesia.it/attivita/usi-industriali>

innumerevoli possibilità di collocazione degli invasi e presenta le condizioni idrogeologiche ideali grazie alle basse permeabilità dei terreni. In alternativa ai laghetti collinari, sono state anche ipotizzate altre tipologie di invaso: semplici vasche scavate (eventualmente impermeabilizzate) alimentate da corsi d'acqua o da pozzi.

I laghetti collinari hanno un impatto ambientale estremamente ridotto, infatti sfruttano la morfologia del territorio e non richiedono la realizzazione di infrastrutture considerevoli per la loro costruzione, possono essere facilmente dragati se soggetti a interrimento, danno luogo a perdite contenute per infiltrazione e hanno un impatto locale trascurabile.

Mediante un'adeguata profilatura delle sponde dell'invaso, si favorisce la creazione di una fascia vegetale in grado di svolgere la funzione di habitat per diverse varietà di animali implementando le biodiversità nella zona limitrofa allo specchio d'acqua. Tali invasi hanno anche il pregio di essere un intervento reversibile: la situazione ambientale precedente alla loro realizzazione viene facilmente ripristinata<sup>268</sup>.

La legge italiana definisce i laghetti collinari di origine artificiale sia in base alle dimensioni dell'invaso che dello sbarramento. Il limite in altezza da considerare per lo sbarramento, e al di sopra del quale l'opera viene considerata una grande diga, è di 15 m. Il volume massimo del bacino che viene creato a monte della diga non può essere superiore a 1.000.000 m<sup>3</sup>.

Oltre a quello principale per cui il bacino viene realizzato, gli invasi artificiali possono prestarsi a scopi o utilizzi secondari. L'uso irriguo è di gran lunga quello più comune, ma i piccoli invasi possono avere anche una funzione idropotabile (in questo caso devono sottostare a determinati parametri per quanto riguarda la qualità delle acque), di strumento antincendio boschivo, di contributo alla pesca e al turismo<sup>269</sup>.

Da valutare caso per caso la possibilità di utilizzi idroelettrici sulle relative condotte irrigue o idropotabili. Si può affermare che, nel caso di invasi di piccole dimensioni risulta piuttosto difficile combinare le varie esigenze in modo da avere siti "multifunzionali", anche per il fenomeno dell'evaporazione<sup>270</sup> nei piccoli bacini. La multifunzionalità per gli invasi aumenta infatti all'aumentare delle dimensioni dell'invaso stesso ed è quindi una caratteristica da attribuirsi maggiormente ad invasi di grandi dimensioni. Un tipico esempio in Toscana è il lago di Bilancino, che è in grado di offrire diversi servizi allo stesso tempo: turismo, pesca, antincendio, laminazione delle piene, uso idropotabile, produzione di energia elettrica.

---

<sup>268</sup> Fonte: Idrostudi; Geomark e Consorzio di Bonifica Pianura Friulana, Studio di fattibilità per la realizzazione di invasi collinari ad uso irriguo.

<sup>269</sup> Fonte [www.rivistadiagricola.org/articoli/anno-2013/laghetto-collinari-e-interrimento](http://www.rivistadiagricola.org/articoli/anno-2013/laghetto-collinari-e-interrimento).

<sup>270</sup> In particolare si parla di evotraspirazione per indicare il flusso complessivo d'acqua allo stato di vapore che passa dal bacino all'atmosfera per effetto sia della evaporazione che della traspirazione della vegetazione. Numerose sono quindi le variabili che determinano le "perdite naturali" di acqua di un bacino idrico. In linea generale però in Italia gli effetti della evotraspirazione saranno maggiori: più ci si avvicina al livello del mare e all'equatore (fino a 10 volte superiori rispetto ai bacini alpini); minore è la profondità del bacino e maggiore la sua estensione, quindi la superficie a contatto con l'atmosfera. Ne consegue che i grandi bacini di accumulo in quota presentano (in proporzione) "perdite naturali" di acqua molto minori rispetto ai piccoli accumuli diffusi.

## 2.4 Sistemi di accumulo diffusi: la multifunzionalità dei bacini in quota

La diminuzione delle precipitazioni nevose, l'innalzamento della quota neve, la riduzione dei ghiacciai, il più frequente presentarsi di situazioni siccitose anche sull'arco alpino, fa sorgere l'esigenza di conservare in quota scorte di acqua da utilizzare nei momenti di bisogno. Si tratta di favorire, ad esempio, l'irrigazione, l'abbeveraggio del bestiame all'alpeggio, l'uso antincendio e l' innevamento delle piste per gli sport invernali. Potenzialmente, la presenza di un bacino artificiale montano potrebbe inoltre ridurre i costi di pompaggio in quota dell'acqua, aumentare l'offerta turistica estiva con un laghetto che consenta la balneazione e/o la pesca sportiva. Esempi di questo tipo sono il lago di Passo Coe a Folgarida (TN)<sup>271</sup> e il lago a valle del rifugio Montagnoli a Pinzolo (TN)<sup>272</sup>. Tuttavia i nuovi progetti riguardo bacini artificiali montani creano spesso aspre polemiche a livello locale per i timori relativi ai possibili impatti ambientali di opere che potrebbero non inserirsi in modo adeguato nel contesto naturale montano<sup>273</sup>. Inoltre, molto spesso si tratta di bacini ad alta quota, all'interno di parchi naturali o zone comunque di pregio naturalistico (SIC<sup>274</sup> o protette dal punto di vista ambientale<sup>275</sup>). Timori che sorgono perché diversi progetti realizzati in anni passati, soprattutto di dimensioni superiori ai piccoli invasi, sono ritenuti aver inferto danni ai torrenti, agli ecosistemi acquatici e ai territori<sup>276</sup>.

Nell'ambito del concetto di uso plurimo delle acque, una sinergia di questo tipo di invasi con la produzione idroelettrica può essere realizzato, per esempio, tramite il posizionamento di una turbina sulla condotta di innevamento (vedi figura 2.2).

Tuttavia tali soluzioni, oltre a trovare spazio solamente laddove vi sia un utilizzo dell'invaso per l' innevamento artificiale<sup>277</sup>, devono scontare anche il fatto che la produzione energetica sarebbe limitata ai mesi di funzionamento dell'impianto per l' innevamento, con il rischio che il

---

<sup>271</sup> Si tratta di un bacino artificiale da 100.000 metri cubi di capienza, di proprietà della Carosello Ski, realizzato per garantire l' innevamento artificiale, costato circa 4 milioni di euro, di cui il 20% proveniente da contributo provinciale, che sorge a 1.600 m di quota nei pressi di una ex base Nato. L'attrattività non riguarda solo l'inverno, ma si innesta anche nell'offerta turistica estiva come laghetto di montagna adatto per attrezzare un'area sportiva e di svago in una delle zone speciali sia per vegetazione che per fauna.

<sup>272</sup> Il più grande bacino di accumulo d'acqua per l' innevamento programmato in Italia (può stoccare 200.000 metri cubi di acqua). Realizzato dalle Funivie Madonna di Campiglio Spa, a 1764 m di quota, è inserito in un contesto ambientale particolare e curato nei minimi particolari tanto da non sembrare un'opera artificiale. L'invaso rappresenta una risorsa indispensabile per il comprensorio sciistico di Madonna di Campiglio che conta 60 km di piste da sci, permettendo di far fronte alla scarsità di neve naturale con la produzione di neve artificiale per garantire l' innevamento delle piste. D'estate, essendo percorribile a piedi, rappresenta una meta per i vari escursionisti.

<sup>273</sup> Altro motivo di polemiche nei confronti di questi bacini riguarda il fatto che molto spesso vengono finanziati con fondi pubblici, mentre a beneficiarne economicamente sono spesso soggetti privati quali gli operatori turistici.

<sup>274</sup> Siti di Interesse Comunitario all'interno della rete Natura 2000.

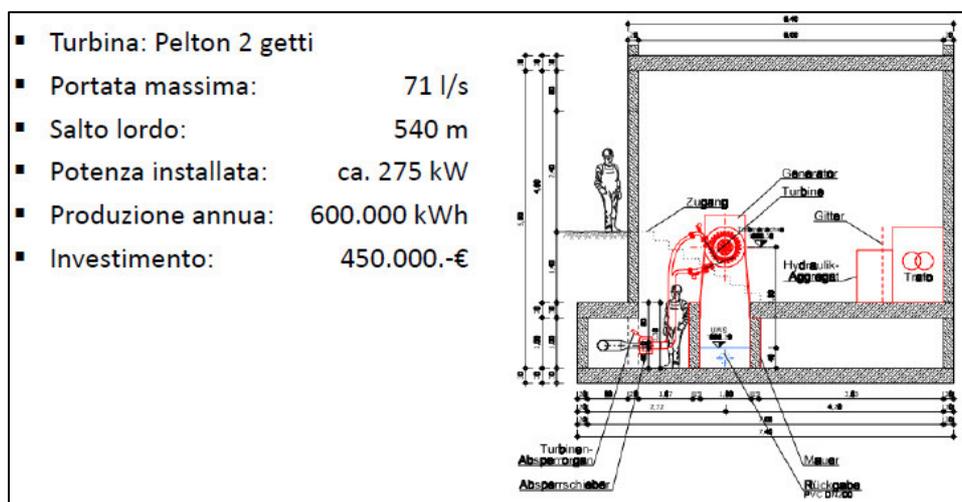
<sup>275</sup> È il caso del progetto del lago sul monte Prata (MC), a 1700 m di quota, che doveva servire per l' innevamento artificiale, l'abbeveramento del bestiame al pascolo e l'approvvigionamento idrico in caso di incendi. Inoltre doveva rappresentare un aiuto per rilanciare le attività economiche e turistiche nelle zone colpite dal terremoto. Tuttavia l'opera si inserisce all'interno del parco naturale dei monti Sibillini e dopo anni di dibattiti (l'idea risale a fine 2016) rimane ancora sulla carta.

<sup>276</sup> Legambiente: "L'idroelettrico, impatti e nuove sfide al tempo dei cambiamenti climatici" (gennaio 2018).

<sup>277</sup> Sono invece esclusi gli altri casi in quanto, per permetterne lo sfruttamento energetico, sarebbe necessario costruire anche le relative condotte di andata e ritorno dalla turbina.

basso numero di ore in cui risulta azionata la turbina non renda economicamente sostenibile l'investimento.

**Figura 2.2: Esempio di impianto su condotta di innevamento**



Fonte: Walter Gostner, Ingegneri Patscheider & Partner S.r.l. - Festival dell'acqua 2019, Bressanone

## 2.5 Il recupero di siti e strutture abbandonati

Il territorio di buona parte dell'Unione Europea è costellato delle vestigia di vecchie centrali idroelettriche ed idromotrici, che sorgono lungo corsi d'acqua naturali o lungo canali artificiali. Questa molteplicità di piccoli siti dismessi oggi costituisce un prezioso patrimonio che, se opportunamente valorizzato, può portare notevoli vantaggi alla collettività, agevolando la diffusione della generazione distribuita<sup>278</sup>.

In Italia pare utile e possibile ripristinare la capacità di invaso compromessa in molti serbatoi attualmente in esercizio e recuperare i bacini e laghetti privati che negli anni sono stati abbandonati. Si tratta di un patrimonio importante, che va censito e poi gestito<sup>279</sup>.

Anche le ruote idrauliche installate nei vecchi mulini, come detto al paragrafo 1.2, possono essere recuperate e riutilizzate per produrre energia. Se ben dimensionate e progettate, raggiungono efficienze comparabili alle moderne turbine, ma sono più semplici, meno costose ed esteticamente piacevoli. In Italia esistono migliaia di strutture abbandonate che potrebbero essere così equipaggiate, o di canali di irrigazione dove nuove ruote idrauliche potrebbero essere installate. Questi impianti utilizzerebbero canali con poca acqua e poco salto, creando anche turismo e promuovendo la tutela del patrimonio culturale<sup>280</sup>.

<sup>278</sup> Fonte: Fluens s.r.l.

<sup>279</sup> Fonte: ANBI.

<sup>280</sup> Fonte: Emanuele Quaranta (Politecnico di Torino), "Tecnologia: dalle mega centrali idroelettriche al mini e micro idro" su "Rienergia" 31 luglio 2018.

## Il recupero di vecchi mulini e impianti idroelettrici

Alla periferia di Verona si trova la frazione di **Montorio**, una zona ricchissima di fonti e piccoli corsi fluviali su cui, già dalla metà dell'800, si eressero alcune decine di molini ad acqua ad uso meccanico prima e di produzione energetica poi per alimentare importanti insediamenti industriali legati alla filatura del cotone, della lana e successivamente alla conceria di pellami. Tuttavia a partire dal dopoguerra le attività industriali della zona furono progressivamente dismesse, fino 1985, quando anche l'ultimo stabilimento venne definitivamente chiuso. Nel 2013 a seguito della Deliberazione della Giunta Regionale del Veneto n.2274 è stata rilasciata l'autorizzazione alla riqualificazione e alla rimessa in esercizio dell'impianto mini-idroelettrico alla società Lucense 1923. Il progetto non ha previsto alcuna modifica di tipo volumetrico, ma ha permesso il recupero architettonico dell'antica architettura industriale degli edifici, ormai fatiscenti, e la riattivazione della piccola centrale utilizzando la struttura preesistente. Con l'inserimento di due nuove ed efficienti mini turbine, l'impianto, entrato in funzione il 30 agosto del 2016, genera una potenza di circa 112 kW per una produzione media annua di 475.000 kWh. Si tratta di un progetto di mini idroelettrico, che ha anche un importante valore storico per il territorio.

\*\*\*\*\*

A marzo 2018 è stata inaugurata a **Fabbriche di Valico** in Garfagnana (LU) una mini centrale idroelettrica sul sito di uno storico mulino, nato per la molitura delle castagne e la produzione della farina. L'intervento ha consentito da un lato il restauro del mulino e il miglioramento dell'opera di captazione esistente, dall'altro, l'installazione di nuovi apparati elettromeccanici automatizzati, fra i quali una turbina idraulica da 99 kW di potenza. La realizzazione ha, inoltre, permesso di ripristinare il tratto di viabilità locale esistente, migliorandola e rendendola più sicura e fruibile attraverso una nuova illuminazione che esalta l'architettura locale del mulino biologico e del ristoro.

\*\*\*\*\*

Si chiama **RestorHydro**, il programma che finanzia con fondi europei la ristrutturazione e la conversione di vecchi mulini in impianti mini idro. L'idea è incentivare la creazione di cooperative che lavorino per far rivivere vecchie strutture inutilizzate, trasformandole in impianti di mini idroelettrico. Il progetto è dotato di un budget di 2.542.000 euro. Italia, Francia, Lituania, Belgio, Svezia, Polonia, Grecia, Slovenia sono i Paesi coinvolti. L'idea è inizialmente quella di mappare dei siti possibili per poi incentivare progetti di cooperative che rendono possibile l'utilizzazione di queste strutture fuori uso<sup>281</sup>.

## 2.6 Utilizzo delle cave abbandonate per fronteggiare le crisi idriche

Con Legge Regionale n. 34 del 12 dicembre 2017<sup>282</sup>, la Lombardia ha introdotto la possibilità di utilizzare le cave dismesse come bacini idrici di pianura in grado di raccogliere le acque piovane, oggi disperse per quasi il 90%. Il provvedimento ha come obiettivo di migliorare la gestione dell'acqua, sia per l'irrigazione dei terreni agricoli, sia per la difesa dal rischio dovuto ad esondazioni, rendendo strutturali e di lungo periodo gli interventi di contrasto alla siccità. Gli spazi occupati dalle ex cave potrebbero così diventare serbatoi (attraverso canali che ne consentano l'immagazzinamento) per far fronte alle richieste di irrigazione soprattutto in caso di emergenze dovute alla siccità, essere utilizzate come vasche di laminazione dove dirottare i

<sup>281</sup> <http://www.restor-hydro.eu/>.

<sup>282</sup> "Integrazioni alla legge regionale 5 dicembre 2008, n. 31 (Testo Unico delle leggi regionali in materia di agricoltura, foreste, pesca e sviluppo rurale). Nuove norme per la mitigazione degli effetti delle crisi idriche nel settore agricolo, per la difesa idrogeologica e per la riqualificazione territoriale".

fiumi troppo pieni e diventare parte integrante di progetti di riqualificazione ambientale e paesaggistica di aree spesso degradate, in base al principio dell'utilizzo plurimo delle acque.

In Lombardia sono 3.593 le cave censite, di queste 2.897 sono quelle dismesse, che Province e Comuni faticano a recuperare (le recuperate sono meno di 700)<sup>283</sup>. Ovviamente il loro possibile utilizzo a fini di accumulo idrico deve essere valutato caso per caso, ma la normativa consente alla Regione di dotarsi degli strumenti utili per realizzare quanto è già stato sperimentato con successo in alcune zone d'Europa caratterizzate, come la Lombardia, dalla disponibilità di questi spazi e dalle esigenze di razionalizzare la gestione delle acque<sup>284</sup>.

Nella sola Lombardia, riconvertendo a bacino idrico il 10% delle cave dismesse, si potrebbe contare su un incremento della riserva d'acqua di 90 milioni di m<sup>3</sup>, aumentando così la resilienza del territorio contro la siccità<sup>285</sup>. Tali volumi aggiuntivi corrisponderebbero all'11% circa delle riserve idriche regionali a fine luglio 2019, calcolate da Arpa Lombardia in 840 milioni di m<sup>3</sup>). Le risorse economiche stimate dalla Regione per adeguare e realizzare queste strutture sono attorno ai 4-5 milioni di euro per bacino. La Regione attende che il Governo contribuisca a sostenere finanziariamente queste opere fondamentali per preservare la produzione della prima regione agricola d'Italia.

Per quanto riguarda le modalità di attuazione, la Giunta regionale deve, in via preventiva, effettuare uno studio dettagliato sul fabbisogno idrico, provincia per provincia, finalizzato a individuare le aree con maggiore necessità di un utilizzo prioritario delle ex cave come bacini idrici.

Nell'aprile 2019 la Regione Lombardia ha reso noto di voler stabilire un Tavolo Tecnico Permanente per procedere ad attuare la Legge. È uno degli esiti di una prima riunione con associazioni di agricoltori, consorzi di bonifica e gestori delle dighe, al quale hanno partecipato gli assessori regionali all'Agricoltura, agli Enti locali, montagna e piccoli comuni, all'Ambiente e clima, e al Territorio e Protezione civile. Un organismo che da occasionale diventa permanente, con periodicità funzionale alla situazione. Tra le proposte emerse nel corso dei lavori c'è anche l'estensione della partecipazione, in occasione della prossima riunione, ai responsabili della gestione delle acque dei laghi, e la volontà di riconsiderare gli accordi con la Svizzera per la situazione relativa al Lago Maggiore.

Nel caso del recupero delle cave pare poco realizzabile poter sviluppare sinergie con la produzione idroelettrica, dato il numero di ore presumibilmente limitato in cui l'acqua immagazzinata potrebbe essere utilizzata (o l'acqua nei canali di alimentazione).

## 2.7 Le vasche di laminazione

Nell'ambito delle opere di difesa idraulica, specie nel Nord Italia (bacino del Po, bacino Adige), un ruolo importante è svolto dalle vasche di laminazione, la cui funzione è quella di accogliere al loro interno le ondate di piena e rappresentarne una valvola di sfogo, rallentando il flusso delle acque e riducendo così i rischi di esondazione in prossimità dei centri abitati.

<sup>283</sup> Fonte: l'Eco di Bergamo *Cave dismesse contro la siccità Regione vara un progetto di legge* (30 ottobre 2017).

<sup>284</sup> Fonte: Conferenza delle Regioni e delle Province autonome.

<sup>285</sup> Fonte: ANBI e Coldiretti.

Le superficie permeabili che una volta garantivano un drenaggio delle acque (come terreni, boschi, ecc.) sono andati via via diminuendo lasciando il posto a superfici spesso totalmente impermeabili. Questo perché non viene quasi mai rispettato il principio della invarianza idraulica. Questo criterio indica che nel caso di un cambio destinazione di una determinata zona (ad esempio da area verde a piazzale) si debba garantire che tale trasformazione non vada a migliorare la portata massima di piena nel caso di un evento piovoso. Per garantire il rispetto del principio occorre provvedere alla esecuzione di opere idrauliche per compensare l'ovvio aumento di portata. Per questo motivo nascono le vasche di laminazione che hanno il compito fondamentale di accogliere al loro interno le ondate di piena derivanti da rogge, fiumi o canali. Essendo sistemi classificati come opere idrauliche, sono di vitale importanza per salvaguardare i bacini idrografici circostanti e far defluire in maniera programmata le acque di piena. Questo garantisce, inoltre, la salvaguardia di tutte le strutture a valle come i citati corpi idrici superficiali, le fognature, le condotte, ecc. Inoltre tali sistemi sono una efficace salvaguardia dell'ambiente poiché permettono un controllo anche dell'inquinamento delle acque.

Un tipico esempio è relativo alle vasche in corso di realizzazione a nord di Milano, per evitare le periodiche esondazioni del Seveso. L'opera per la difesa del territorio è finanziata dal Comune di Milano e dalla Regione Lombardia con 30 milioni di euro. L'intervento prevede, nel Comune limitrofo di Senago, una prima serie di opere a protezione dei quartieri della città spesso colpiti dalle esondazioni del Seveso.

Un secondo esempio riguarda la nuova cassa di laminazione realizzata a Castelfranco Veneto a monte della confluenza del fiume Zero. Il bacino ha una superficie di circa 3 ettari ed utile a laminare le piene degli scarichi provenienti da un bacino idrografico di circa 650 ettari. Tale intervento si inserisce in un sistema che comprende 5 casse di laminazione per un invaso complessivo di 500.000 m<sup>3</sup> che ha preso vita a seguito della alluvione del 1998.

Più sono vasti e complessi il bacino idrico di riferimento ed il territorio da difendere, più risulta complicato il quadro dei soggetti pubblici coinvolti ed i procedimenti amministrativi attraverso i quali si svolge la funzione di decisione e di realizzazione delle opere. Si tratta quindi di una tematica che ha assunto, negli ultimi anni, una portata sempre più rilevante in ambito tanto normativo quanto giurisprudenziale, delineandosi, pertanto, come una delle questioni più complesse da affrontare sia per gli amministratori pubblici che per gli operatori. Tale difficoltà è data, in via principale, dall'articolato sistema delle competenze che governa l'intera materia. Va definito, infatti, a chi spetta decidere la realizzazione dei sistemi di laminazione, ossia di uno strumento comunque invasivo ideato per trovare una soluzione al problema delle piene fluviali.

Come per le cave abbandonate, anche per le vasche di laminazione non si ritiene vi sia possibilità di sviluppare sinergie con impianti idroelettrici, visto che questi bacini rimangono vuoti e vengono riempiti solo in caso di eventi climatici eccezionali<sup>286</sup>.

---

<sup>286</sup> Molto spesso su di esse permangono perfino le coltivazioni agricole.

## 2.8 Altre configurazioni polifunzionali: la valorizzazione delle condotte acquedottistiche

L'installazione di impianti idroelettrici attraverso l'inserimento di una turbina nella rete di condotte esistenti costituisce - quando le caratteristiche del canale lo consentono - una applicazione interessante, verso la quale è indirizzata, dalla seconda metà degli anni duemila, l'attenzione degli investitori. A fine 2018, risultavano installati e qualificati secondo lo schema IAFR in Italia<sup>287</sup>, 102 impianti «su acquedotto», con una potenza media di circa 569 kW, per un totale di 58 MW<sup>288</sup>. Gli impianti su acquedotto con qualifica IAFR sono distribuiti su 14 Regioni, con il Lazio, la Liguria e la Lombardia che contano insieme per circa il 75% della potenza<sup>289</sup>.

Lo sfruttamento di un acquedotto per la produzione idroelettrica prevede l'uso dell'acqua potabile che viene in genere fornita ai centri abitati da un serbatoio posto a monte attraverso un sistema di tubazioni in pressione. Soprattutto in territori montani le reti acquedottistiche sono alimentate da condotte che, di norma, captano acque da sorgenti localizzate lungo le pendici delle montagne circostanti, per portarle a fondovalle. In questi contesti sono presenti condotte forzate che coprono dislivelli anche importanti, generando pressioni elevate. Queste notevoli pressioni sono spesso dissipate sia lungo le condotte stesse, che in concomitanza di valvole e vasche di laminazione, in quanto deleterie per l'esercizio della rete di distribuzione. L'energia, che verrebbe altrimenti dissipata, può essere utilizzata inserendo una turbina alla fine della tubazione. La sostituzione di condotte, valvole e vasche con turbine specificamente ingegnerizzate, permette così di destinare la medesima portata di acqua ad una duplice funzione, idropotabile ed idroelettrica. Per assicurare l'approvvigionamento idrico in qualsiasi situazione, deve essere comunque installato un sistema di valvole di by-pass che possa eventualmente escludere la turbina idroelettrica. Le operazioni di apertura e di chiusura di queste valvole devono essere sufficientemente lente da mantenere le variazioni di pressione entro limiti accettabili.

Così come per i consorzi titolari «dell'uso idroelettrico», l'ente gestore dell'acquedotto è l'interfaccia unica per l'iter autorizzativo, semplificando le procedure di rilascio della concessione. Inoltre, l'esistenza di un sistema di condotte, nel caso non siano necessari ammodernamenti, contribuisce a ridurre il costo delle «opere idrauliche» e «opere edili» anche del 20%.

Le installazioni «tipo» che caratterizzano questa tipo di applicazioni sono costituite da impianti di piccole dimensioni, in considerazione del fatto che i siti in grado di ospitare quelli grandi risultano più rari e comunque in buona parte già sfruttati. Tuttavia possono beneficiare di un numero molto elevato di ore di funzionamento vista la peculiarità delle reti acquedottistiche.

---

<sup>287</sup> Il DM 18/12/2008 e i decreti che lo hanno preceduto hanno previsto che la qualifica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili (Qualifica IAFR) fosse un prerequisito necessario per l'ottenimento dei certificati verdi (poi trasformati nel nuovo incentivo ex-CV) in funzione dell'energia elettrica netta prodotta, o per l'accesso alla tariffa incentivante onnicomprensiva (TO) in funzione dell'energia elettrica netta prodotta e immessa in rete.

<sup>288</sup> Fonte GSE: *Bollettino Incentivazione alle Fonti rinnovabili – 2° semestre 2018*.

<sup>289</sup> Fonte GSE.

## 2.9 Altre configurazioni polifunzionali: valorizzazione del Deflusso Minimo Vitale

Le vigenti normative in tema di gestione delle acque superficiali prevedono che ogni qualvolta si effettui un prelievo di acqua da un lago, fiume, torrente o da qualsiasi corso d'acqua, una parte della portata sia mantenuta nell'alveo, per salvaguardare la vita acquatica e limitare gli effetti di concentrazione degli agenti inquinanti. La quota di portata da mantenere nel corso d'acqua è chiamata "Deflusso Minimo Vitale" (DMV) ed è generalmente identificata in un valore minimo da mantenere in qualunque condizione come portata residua, in grado di permettere a breve e a lungo termine la salvaguardia della normale struttura naturale dell'alveo e, di conseguenza, la presenza di una biocenosi che corrisponda alle condizioni naturali<sup>290</sup>. Questo comporta che, in corrispondenza di ogni traversa fluviale o sbarramento di sorta sia sempre presente un "rilascio" da cui transita una portata costante o comunque mai inferiore ad un valore definito.

La valorizzazione energetica del deflusso è un altro settore di rilevante interesse per l'idroelettrico di piccola taglia. Sebbene in alcuni casi i dislivelli sfruttabili siano di norma modesti, la costanza delle portate fa sì che si abbiano ore equivalenti di funzionamento molto elevate, tali da compensare i costi legati alla costruzione di centrali localizzate in alveo<sup>291</sup>.

L'installazione di un impianto idroelettrico sul deflusso è un esempio di soluzione win-win, in quanto in diversi casi è possibile trasformare un problema sociale in un'opportunità. Spesso, infatti, i rilasci obbligatori delle dighe poste sui fiumi, possono arrecare disturbo ai residenti delle abitazioni nelle vicinanze per l'incessante rumore generato dall'acqua in caduta<sup>292</sup>. Tali situazioni sono particolarmente critiche in caso di centrali idroelettriche realizzate in prossimità dei centri abitati. Si tratta in questi casi di inquinamento acustico derivante da un'attività concepita per esclusiva attenzione agli equilibri naturali, i cui effetti si sono inoltre accentuati con l'inasprimento della regolazione sui rilasci DMV<sup>293</sup>. Per ridurre drasticamente il fragore generato dall'acqua in uscita dall'invaso, è spesso possibile inserire un mini impianto idroelettrico in grado di usare il DMV per attivare le turbine. In generale, data la peculiarità dell'intervento, si tratta di potenze molto limitate nell'ordine di qualche centinaio di kW. Tuttavia vi sono anche esempi di sfruttamento dei rilasci DMV in centrali idroelettriche di potenza superiore.

Infatti, lo sfruttamento del DMV può rappresentare anche una forma di efficientamento delle centrali idroelettriche esistenti, tramite il ricorso a mini o micro turbine e si rende particolarmente vantaggioso nel caso di sbarramenti idraulici con un dislivello significativo monte-valle del flusso d'acqua. In questi termini, il caso più comune, ma non unico, è rappresentato dalle

---

<sup>290</sup> Il 13 febbraio 2017 è stato adottato un Decreto del Ministero dell'Ambiente di approvazione delle linee guida per l'aggiornamento dei metodi di determinazione del DMV al fine di garantire il mantenimento, nei corsi d'acqua, del deflusso ecologico (DE) a sostegno del raggiungimento degli obiettivi di qualità definiti dalla Direttiva 2000/60/CE. Il DE rappresenta il nuovo parametro rispetto al quale determinare la portata d'acqua che deve essere garantita per la salvaguardia delle caratteristiche chimico-fisiche, nonché il mantenimento delle biocenosi tipiche delle condizioni naturali locali di ciascun corpo d'acqua. Tale funzione è stata sinora assolta dal DMV, come disciplinato nella normativa nazionale e quantificato in ambito regionale. L'introduzione del DE punta ad aggiornare tale criterio ed i metodi per il suo calcolo, secondo il "paradigma delle portate naturali", per cui conservare un regime simile a quello naturale in un dato corso d'acqua favorisce il mantenimento degli habitat e delle specie autoctone presenti. Si stima che il DE sia 2-3 volte il DMV.

<sup>291</sup> Fonte : Fluens Srl.

<sup>292</sup> Tale rumore dipende ovviamente anche dall'entità del salto.

<sup>293</sup> Che impone maggiori volumi di acqua rilasciata e quindi determina un maggior rumore generato durante la caduta.

dighe. Questa tipologia di impianti idroelettrici è accomunata da una serie di caratteristiche che li rendono particolarmente interessanti sotto il profilo dell'analisi costi-benefici:

- minimo impatto ambientale: si tratta di derivazioni già esistenti, che non vengono alterate nelle loro caratteristiche;
- facilità di realizzazione: spesso buona parte delle opere civili, elettriche ed impiantistiche necessarie beneficiano di quanto già realizzato per l'opera di sbarramento esistente;
- iter burocratico semplificato;
- bassi costi di investimento.

Numerose sono le applicazioni di impianti idroelettrici di questo tipo e tutte realizzate in periodi recenti come ad esempio le centrali idroelettriche presenti in Lombardia:

- San Giovanni Bianco (BG) da 80 kW del gruppo ENEL
- Almè (BG) sul fiume Brembo da 140 kW del gruppo Erta s.r.l.
- Pontoglio (BG) sul fiume Oglio da 350 kW di Iniziative bresciane s.r.l.
- Pontenossa (BG) sul fiume Serio da 35 kW di Sides s.r.l.

O nell'Italia centrale come le centrali ENEL di:

- Garfagnana (LU) da 130 kW
- Fiume Fiastrone (MC) da 165 kW
- Lago Talvacchia (AP) 91 kW
- Lago Scandarello (RI) 85 kW
- Sant'Eulerio (TE) 71 kW

Oppure impianti di potenza maggiore come lo sbarramento di Isola Serafini (ENEL), tra le province di Lodi e Piacenza da 8,4 MW.

Tra gli interventi di questo tipo che risultano iscritti in posizione utile ai registri<sup>294</sup> relativi al DM 6 luglio 2012 si segnalano le centrali idroelettriche di:

- Mori (TN) da 1,4 MW di Hydro Dolomiti;
- Avio (TN) da 0,5 MW di Hydro Dolomiti;
- Palestro (PV) da 1,9 MW di Edison.

In particolare, risultano numerosi gli interventi realizzati in Lombardia in quanto una specifica norma (art. 14 della legge regionale 137 del 2018) prevede che venga esteso a tutti i concessionari la possibilità di sfruttare il DMV nei corsi d'acqua dove sono già presenti delle centrali idroelettriche, legando la durata della nuova concessione a quella della concessione principale.

---

<sup>294</sup> In riferimento ai sistemi di sostegno, la normativa italiana stabilisce che gli impianti idroelettrici con potenza inferiore al MW possano accedere agli incentivi con regime semplificato rispetto alle aste, tramite iscrizione a registri entro un contingente di potenza incentivabile predefinito e secondo una graduatoria che premia le taglie inferiori, la data di richiesta di iscrizione e la compatibilità ambientale.

## 2.10 Il settore idrico e gli impianti elettrici

L'industria elettrica, come visto nella parte I, impiega grandi quantità di risorsa idrica nei propri processi. In particolare questo vale per le centrali termoelettriche dotate di sistemi di raffreddamento a ciclo aperto che dipendono da corsi d'acqua e bacini idrici interni e che quindi sono soggetti alla diminuzione delle disponibilità di risorse idriche.

La relazione tra energia e acqua è molto stretta e comprende tutte le fonti, sia fossili sia rinnovabili<sup>295</sup>. Ad esempio, in India nel 2016 l'industria del carbone ha perso almeno 350 milioni di dollari a causa della siccità che ha bloccato il funzionamento di molte centrali elettriche.

Un problema simile ha investito anche l'industria elettrica francese che per ragioni di sicurezza ha dovuto ridurre ai minimi l'attività del proprio parco centrali nucleari. Infatti, il sistema termoelettrico (che sia esso alimentato da reattori nucleari, unità a gas, carbone o biomasse) è molto vulnerabile alla scarsità di risorse idriche. Tutti questi impianti richiedono moltissima acqua per molteplici esigenze, ad esempio per i sistemi di raffreddamento e per generare vapore; acqua che in molti casi è prelevata direttamente da fiumi e laghi situati nelle vicinanze.

Oltre il 90% della produzione mondiale di elettricità<sup>296</sup> è garantito dalle centrali idroelettriche e termoelettriche, quindi la riduzione degli approvvigionamenti idrici è un fattore di rischio sempre più elevato da considerare nelle decisioni d'investimento. Sebbene lo stress idrico sarà un problema sempre più rilevante in Africa, in Sudamerica ed in Asia con un rischio sempre più rilevante di estesi blackout in caso di siccità, si stima che in Europa, ad esempio, la generazione termoelettrica potrebbe calare del 19% dal 2030 al 2060 per via degli impatti climatici con la conseguente crisi delle forniture idriche.

Le possibili soluzioni sono diverse: da un lato, aumentare l'accesso all'energia attraverso micro-reti rinnovabili anziché impianti convenzionali, per costruire un mix energetico a basso contenuto di CO<sub>2</sub> e in grado di consumare pochissima acqua. Dall'altro, occorre diminuire l'impatto idrico degli impianti termoelettrici, ad esempio tramite l'adozione di tecnologie di raffreddamento ad aria o acqua marina desalinizzata e sistemi di recupero/riciclo dell'acqua. Tenendo presente però che tali soluzioni comportano, in genere, un maggior consumo energetico rispetto ai tradizionali raffreddamenti ad acqua.

Oltre agli interventi per migliorare l'efficienza idrica e per ridurre il consumo di acqua nel settore elettrico sono possibili altre soluzioni che mirano a preservare la disponibilità della risorsa. Come si è visto, gli accumuli consentono di catturare e di immagazzinare l'acqua nei momenti di maggiore abbondanza (ad esempio nei periodi più piovosi) e preservarla per poi rilasciarla quando la disponibilità risulta minore. Per fare questo è possibile adottare un approccio integrato valorizzando e collegando gli accumuli laddove presenti al fine di garantire il mantenimento di adeguati livelli nel reticolo idrico (fiumi o laghi).

---

<sup>295</sup> Come evidenzia una recente analisi del World Resources Institute (WRI) "No Water, No Power". <https://www.wri.org/blog/2017/06/no-water-no-power>.

<sup>296</sup> WRI.

Oppure adottare un approccio stand alone in cui ogni centrale si adopera per creare dei propri serbatoi di accumulo, in modo da garantirsi la disponibilità dell'acqua quando le consuete fonti di approvvigionamento risultano sotto stress. L'adozione di questo secondo modello però necessariamente può essere valido solo al di sopra di alcune soglie minime (quindi a livello di distretto o di grande insediamento industriale, non di singola centrale) per evidenti ragioni sia economiche, sia logistiche dato che è necessaria la disponibilità di spazi adeguati per creare gli accumuli, al di là ovviamente dell'aspetto autorizzativo.

In generale le centrali elettriche dispongono di adeguate aree di pertinenza richieste espressamente all'atto dell'autorizzazione e rese obbligatorie da norme di sicurezza o igienico-sanitarie. Parte di tali zone è quindi teoricamente sfruttabile per la costruzione di un bacino di accumulo idrico utilizzabile in periodi di scarsità idrica. Questi accumuli, secondo i casi, potrebbero essere impiegati sia a servizio della centrale che per altre finalità, per esempio irrigue, nelle aree circostanti. La praticabilità di queste configurazioni, tuttavia, va valutata caso per caso, in quanto condizionata all'esito dell'iter autorizzativo e dalla sostenibilità economica e ambientale dell'intervento. La stima del potenziale nazionale complessivo di tali soluzioni pare, pertanto, difficilmente praticabile a priori

Un discorso analogo può valere anche per le grandi industrie energivore, come siderurgia o chimica, in quanto anch'esse per i loro processi produttivi richiedono ingenti quantitativi di acqua nei processi di raffreddamento e, al pari delle centrali termoelettriche, dispongono di ampie zone di pertinenza attorno agli stabilimenti.

### 3. I siti di maggiori dimensioni: dighe, opere incompiute, pompaggi

Un contributo significativo alla supply security, sia idrica che energetica, può essere fornito dalle opere di grande taglia. Sono alcune configurazioni, anch'esse potenzialmente polifunzionali, che riguardano gli impianti e le infrastrutture idriche di dimensioni maggiori rispetto a quelle diffuse descritte nel capitolo 2.

Il ruolo nella gestione delle acque delle grandi dighe, delle opere idriche incompiute e degli impianti di pompaggio al servizio principale del sistema elettrico nazionale, pare finora trascurato e merita, a nostro avviso, un approfondimento.

#### 3.1. Le grandi dighe

Circa 60.000 grandi dighe nel mondo immagazzinano e regolano 4.000 km<sup>3</sup> di acqua che rappresentano circa un terzo delle risorse idriche mondiali rinnovabili. In Europa ci sono circa 6.100 grandi dighe, oltre il 10% del numero totale di grandi dighe nel mondo, che creano una capacità di riserva di circa il 5% della disponibilità mondiale esistente<sup>297</sup>.

In Italia le dighe sono complessivamente oltre 12.500, con una gestione estremamente parcellizzata tra 136 concessionari (di cui 90 hanno in carico una sola diga), in prevalenza di dimensione territoriale o locale. Possono essere classificate come "grandi", strutture gestite a livello nazionale (attraverso l'apposita direzione del Ministero Infrastrutture) 532 dighe. Si tratta in gran parte di opere realizzate tra gli anni '50 e '60, con un'età media superiore ai 60 anni. Su 532 grandi dighe, ce ne sono 80 che nonostante siano state realizzate da decenni, non sono ancora uscite dalla cosiddetta "fase sperimentale", o perché, in assenza di opere adeguate, non sono state mai riempite fino alla capacità massima di invaso, oppure perché non hanno addirittura completato il collaudo tecnico.

La governance delle risorse idriche, le tecnologie di supporto e le infrastrutture come le dighe, svolgono un ruolo molto importante a causa del loro ampio impatto sull'approvvigionamento idrico, sulla sicurezza alimentare, sulla produzione di energia rinnovabile, sulla mitigazione dei cambiamenti climatici, sulla protezione dalle inondazioni e sugli ecosistemi acquatici.

Tuttavia, i bacini idrici e le dighe, come qualsiasi altro cambiamento significativo all'interno dell'ambiente naturale, hanno anche implicazioni per il paesaggio, la fauna selvatica e la biodiversità. Quando i cambiamenti rappresentano esternalità negative, devono essere affrontati ed evitati in modo efficace, mitigati o compensati.

Come affermato dalla Direttiva Quadro sulle Acque:

- le dighe interrompono la continuità dei corsi d'acqua;
- bacini e dighe hanno un impatto sul sistema acquatico e cambiano i processi chimici, fisici e biologici degli ecosistemi fluviali;

---

<sup>297</sup> Fonte: ICOLD, Manifesto Dams and Reservoirs (ottobre 2015).

- le dighe interrompono il flusso di sedimenti verso gli habitat a valle e aumentano l'erosione costiera;
- serbatoi e dighe potrebbero rappresentare una preoccupazione per i territori a valle se non gestiti correttamente.

Inoltre, il rapporto pubblicato dalla Commissione europea, "Un progetto per salvaguardare le risorse idriche dell'Europa", afferma che la pressione più diffusa sullo stato ecologico nell'UE proviene da cambiamenti nei corpi idrici.

Tuttavia, le dighe idroelettriche sono diventate molto importanti per contribuire a combattere i cambiamenti climatici, proteggere dalle inondazioni, contrastare sia la frequenza crescente che l'entità della scarsità d'acqua, combattere gli incendi, favorire le attività ricreative.

Il ruolo delle dighe nella mitigazione delle alluvioni in Europa è stato studiato dall'ICOLD (International Commission On Large Dams) su oltre 50 casi reali significativi. La riduzione del picco delle inondazioni è risultata tra il 12% e il 100%, con un valore medio del 54%<sup>298</sup>. Inoltre l'integrazione di dighe, polder e infrastrutture verdi nuove ed esistenti potrebbe essere una delle risposte alla mitigazione delle alluvioni e nel contempo contribuire alla creazione di nuove riserve naturali e alla promozione di aree di protezione del paesaggio e della flora e fauna.

Per esempio, gli impianti idroelettrici di ENEL possono essere considerati anche centri di tutela dell'ambiente e della biodiversità. La centrale idroelettrica di El Canadá, in Guatemala, si trova lungo il Rio Samalá, uno dei fiumi più inquinati del Paese; grazie al sistema di depurazione che è stato installato, le sue acque possono essere usate per irrigare i campi. In Italia, invece, sono state realizzate alcune opere innovative per la salvaguardia della biodiversità: per esempio il sistema di scale di risalita dei pesci nella diga di Isola Serafini, che favorisce il ripopolamento ittico nel Po, o quello analogo per le anguille nella centrale di Coghinas, in Sardegna. La centrale di El Quimbo, in Colombia, è un esempio di convergenza tra sostenibilità ambientale e sociale. Da un lato la società ha lanciato un programma per estendere di 11.000 ettari l'area della foresta circostante di Huila, la più grande foresta tropicale secca del Paese. Dall'altro, per venire incontro alle esigenze delle comunità locali, sono state costruite nuove abitazioni, accompagnandole con iniziative per rafforzare le organizzazioni sociali e comunitarie e rilanciare l'economia. Lo stesso metodo partecipativo ha caratterizzato gli accordi firmati con le popolazioni Pehuenche in tre aree del Cile, per l'avvio di progetti di sviluppo economico per una gestione condivisa e sostenibile delle risorse idriche<sup>299</sup>.

In Italia sono possibili recuperi significativi di produttività tramite interventi di revamping<sup>300</sup> dato che il parco attuale sconta un'età media avanzata e come un rilancio del grande idroelettrico, anche in prospettiva del prossimo rinnovo delle concessioni, potrà avvenire solo tramite una gestione sempre più partecipata dei grandi bacini di accumulo.

---

<sup>298</sup> Fonte: ICOLD, *ibidem*.

<sup>299</sup> Fonte: ENEL.

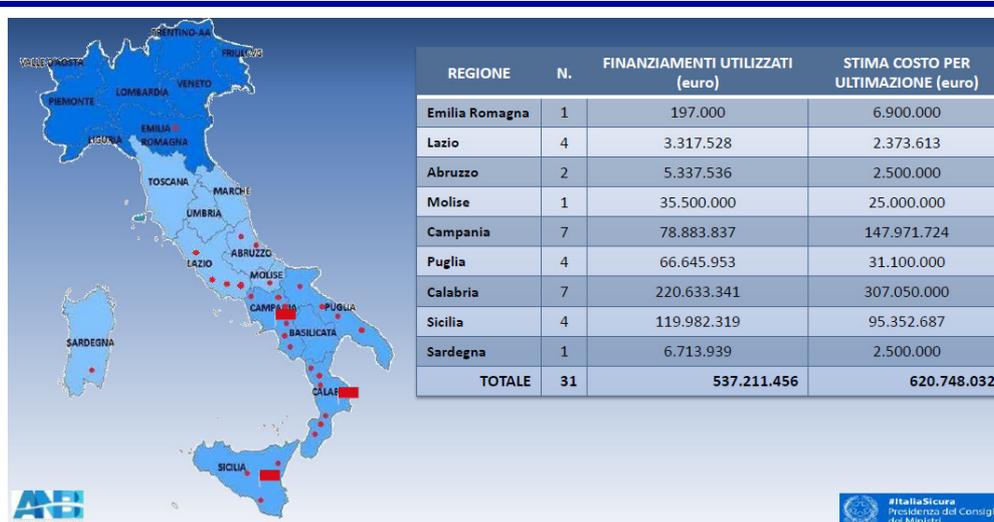
<sup>300</sup> Vedi Althesys "L'idroelettrico crea valore per l'Italia. Scenari e proposte di policy per ammodernare e valorizzare il parco idroelettrico italiano" Milano, giugno 2018.

### 3.2. Le opere incompiute

Le note complessità burocratiche e realizzative che affliggono le infrastrutture in Italia hanno negli anni interessato anche numerosi progetti nel settore idrico. Sono opere incomplete, dighe, impianti di irrigazione, adduttori ed altri interventi, interrotti per contenziosi sugli appalti, a causa di mancanza di finanziamenti, o altre ragioni. Il completamento di quelle considerate a tutt'oggi più utili dovrebbe essere realizzato e rientra anche nelle priorità del Piano Invasi.

In Italia vi sono 31 opere idriche incompiute. Per cercare di procedere nella loro realizzazione – in vari stadi – sono già stati utilizzati finanziamenti per 537 milioni di euro e la stima del costo per ultimarle è di 621 milioni di euro. Le regioni che hanno più incompiute idriche sono la Campania e la Calabria con 7 a testa, seguono Sicilia, Puglia e Lazio con 4, l'Abruzzo con 2, chiudono la classifica Emilia Romagna, Molise e Sardegna con una a testa<sup>301</sup>.

**Figura 3.1 Mappatura delle opere idriche incompiute**



Fonte: ANBI, Rapporto "Manutenzione Italia" (ottobre 2017)

Tra i casi più eclatanti la diga sul Melito, ai piedi dell'altopiano della Sila, nel catanzarese: doveva essere una delle più grandi dighe in Europa, capace di fornire acqua potabile, per irrigazione e con l'ambizione di stimolare anche il turismo. Il progetto interessa 55 Comuni per circa 500.000 abitanti che sarebbero stati serviti dall'invaso, che avrebbe fornito anche acqua sufficiente per irrigare 16.000 ettari circa. I lavori sono iniziati negli anni '90 ma dopo quasi 30 anni risultano completati solo al 10%. I lavori sono stati sospesi per un contenzioso con l'impresa appaltante, a fronte di 112 ettari di terreno già espropriati, migliaia di posti di lavoro persi e 400 ettari di terreno impegnati inutilmente.

Altro caso è quello della diga di Pietrarossa, tra le province di Catania e Enna che potrebbe garantire 17.500 ettari di terreno irrigabili a fronte degli attuali 6.000, sul territorio dell'intera piana di Catania e le province di Catania, Siracusa ed Enna con 35 milioni di m<sup>3</sup> d'acqua invasabili. I lavori sono completati al 95%. Erano iniziati nel 1989 e sono stati interrotti nel 1993, sono poi ripresi nel maggio del 1997 e sospesi nell'ottobre dello stesso anno a causa del ritrovamento

<sup>301</sup> Fonte: ANBI: Rapporto "Manutenzione Italia" (ottobre 2017).

di un sito archeologico<sup>302</sup>. Risultano necessari 60 milioni per il completamento del restante 5% dell'opera. Uno stanziamento che soltanto nel giugno 2019 la Regione Siciliana si è visto trasferire da Roma. Il primo, fondamentale step per arrivare, dopo vent'anni, al completamento di un'opera ritenuta strategica per garantire un adeguato rifornimento d'acqua ai territori della Piana di Catania. A fine giugno 2019 inoltre, il dipartimento regionale dell'Acqua e dei rifiuti ha pubblicato la gara per l'aggiudicazione dei servizi di ingegneria che riguardano la progettazione definitiva ed esecutiva e la direzione dei lavori<sup>303</sup>. Spetta, comunque, al governo centrale dare il via libera al progetto definitivo e sbloccare la somma attraverso una convenzione tra Ministero delle Infrastrutture e Trasporti e Regione Sicilia<sup>304</sup>.

Un terzo caso importante è quello della rete irrigua Alento-Campania, a completamento dell'invaso Piano della Rocca. Si potrebbero avere 5.000 ettari irrigabili in 12 Comuni del Cilento, con risparmio di acqua, ammodernamento del servizio irriguo e riduzione del degrado ambientale. I lavori sono iniziati nel 1999 e sospesi nel 2011 dopo il completamento dei lotti 1 e 2 per il mancato finanziamento del lotto 3. Intanto però sono stati già finanziati e spesi 34 milioni mentre 1.600 ettari risultano ancora non irrigabili per il mancato completamento dell'opera<sup>305</sup>.

### 3.3. Gli impianti di pompaggio

Una delle forme più mature ed efficienti di accumulo energetico è quella delle tecnologie di pompaggio, che può essere sviluppata oggi in sinergia con energie rinnovabili non programmabili quali eolico, fotovoltaico, idroelettrico ad acqua fluente.

Il progressivo aumento della capacità installata non programmabile determina, come è noto, problemi di bilanciamento della rete elettrica e si accompagna, in alcune sue porzioni, a congestioni tali da rendere necessario ridurre la produzione rinnovabile (overgeneration).

Gli impianti di pompaggio, oltre a favorire lo sviluppo delle fonti intermittenti attraverso l'assorbimento dell'energia elettrica prodotta durante le ore solari e/o ad elevata ventosità, forniscono un importante contributo all'adeguatezza del sistema. Infatti, questi possono essere gestiti in modo tale da garantire la piena disponibilità degli invasi e quindi la massima capacità di potenza disponibile nelle ore di massimo fabbisogno di energia elettrica.

L'attuale parco è costituito da 22 impianti con una potenza massima in assorbimento di circa 6,5 GW e 7,6 GW in produzione, con una capacità di stoccaggio di 53 GWh di cui l'84% riferita ai 6 impianti maggiori distribuiti su tutto il territorio italiano<sup>306</sup>.

La particolare complessità degli impianti di accumulazione mediante pompaggio richiede competenze specialistiche elevate in tutte le fasi: progettuali, realizzative e di manutenzione quindi, ad oggi, riservato a grandi utility come: ENEL, CVA, A2A, IREN, Edison.

<sup>302</sup> Fonte: ANBI, *ibidem*.

<sup>303</sup> Importo del bando 4 milioni di euro, scadenza per la presentazione delle offerte 31 luglio 2019.

<sup>304</sup> Fonte: <https://www.lasicilia.it/news/catania/169874/pietrarossa-la-diga-si-fara-in-arrivo-anche-le-risorse.html>

<sup>305</sup> Fonte: ANBI, *ibidem*.

<sup>306</sup> Fonte: Terna.

**Figura 3.2 Dislocazione degli impianti di pompaggio in Italia**


Fonte: Terna – Piano di Sviluppo 2019

La produzione di energia elettrica degli impianti di pompaggio è diminuita nell'ultimo decennio a causa della riduzione del differenziale di prezzo tra ore del giorno e della notte (ovvero tra ore di picco e ore fuori picco). Conseguentemente il loro ruolo e presenza sul mercato sono sensibilmente diminuiti (generalmente la produzione da pompaggio è conveniente solo se il prezzo di vendita è  $>1,4$  volte costo di acquisto). Tuttavia questi impianti costituiscono una risorsa strategica per il sistema elettrico nazionale.

La loro dislocazione in prevalenza al Nord ne limita l'uso per la risoluzione delle criticità di sistema ed overgeneration degli impianti rinnovabili localizzati soprattutto nel sud Italia e nelle isole, dove maggiori sono le risorse eolica o solare. In queste regioni, tuttavia, la magliatura della rete è storicamente meno sviluppata. Questa situazione determina congestioni "locali". Inoltre, il progressivo incremento di impianti da rinnovabili intermittenti, aumenta la necessità di risorse in riserva, nelle ore di massima produzione da FER, e di bilanciamento, nelle ore caratterizzate da elevata discontinuità della loro produzione (e.g. copertura della punta serale).

Gli impianti di pompaggio possiedono oggi caratteristiche tecniche complementari a quelli rinnovabili in quanto:

- sono la sola risorsa disponibile per lo stoccaggio di energia su grande scala, con possibilità di assorbimento in ore solari o ad elevata ventosità;
- possiedono elevate caratteristiche di flessibilità, data la capacità di modulare in tempi rapidissimi produzione e assorbimento, anche mediante passaggi di funzionamento da cui la possibilità di prestare servizi di riserva pronta e bilanciamento;
- presentano elevate capacità di regolazione di frequenza e di tensione<sup>307</sup>.

<sup>307</sup> Fonte: Terna, Piano di Sviluppo 2019.

Gli impianti di pompaggio sono, inoltre, asserviti ai sistemi di difesa per la mitigazione dell'impatto di eventi rilevanti che possono interessare il sistema elettrico e, inoltre, supportano la riaccensione del sistema data la possibilità di prestare il servizio di black start<sup>308</sup>.

Gli attuali impianti sono prevalentemente utilizzati nell'ambito dei servizi di dispacciamento, che vengono approvvigionati da Terna sull'omonimo Mercato (MSD), per la gestione in sicurezza del sistema elettrico. L'evoluzione attesa del sistema elettrico, caratterizzato dall'ulteriore sviluppo delle rinnovabili renderà necessario lo sviluppo di sistemi di accumulo e di impianti di pompaggio in particolare.

Gli impianti di pompaggio – che rispetto ai sistemi di accumulo elettrochimico sono dotati di una più prolungata capacità di stoccaggio dell'energia – dovranno offrire un contributo per:

- la gestione dei periodi di overgeneration, in cui la produzione rinnovabile eccede il fabbisogno e deve quindi essere accumulata per evitarne il taglio;
- la gestione delle rampe del cosiddetto carico residuo (differenza tra domanda e produzione da fonti non programmabili) che saranno sempre più severe in ragione della forte penetrazione del fotovoltaico, in particolar modo nelle ore serali;
- la riduzione nel sistema elettrico di potenza regolante (in termini di tensione, frequenza, contributo all'inerzia e al potere di corto circuito) in ragione della minore presenza in servizio di impianti programmabili;
- l'adeguatezza del sistema, nelle ore di minore disponibilità di risorse naturali e di maggior fabbisogno di energia<sup>309</sup>.

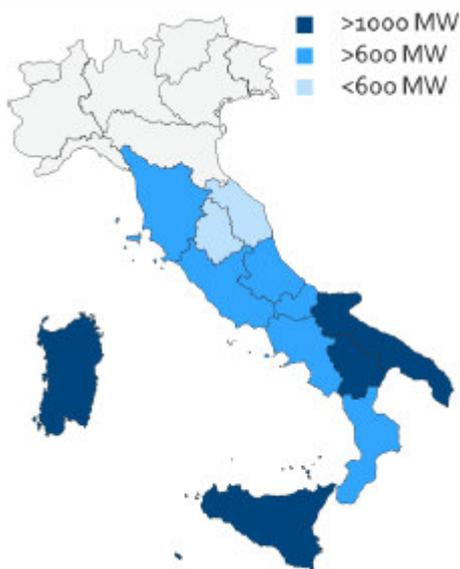
Il territorio Italiano, date le caratteristiche geomorfologiche, presenta importanti bacini idrografici idonei a ospitare nuovi impianti di accumulo idroelettrico. Alcuni di questi bacini risultano dedicati al Servizio Idrico Integrato (SII) per l'approvvigionamento di acqua per usi civili, irrigui e industriali, e, secondo Terna, potrebbero essere convertiti in impianti di pompaggio idroelettrico attraverso opportuni interventi di adeguamento. Inoltre, molti dei bacini asserviti al SII risultano oggi sotto-utilizzati a causa di limitazioni nei parametri di esercizio per il progressivo deterioramento delle condizioni di sicurezza dovute al ritardo o alla mancanza di investimenti. Tali bacini, potrebbero venire integrati da impianti di pompaggio per l'utilizzo delle capacità residue, ad esempio attraverso la creazione di una vasca a monte dell'invaso esistente, in modo tale da non interferire con gli usi in atto, oppure attraverso il collegamento tramite una condotta di due invasi esistenti, in tal caso rendendo necessaria una gestione integrata dei bacini con altri gestori<sup>310</sup>.

In particolare, sulla base di uno studio ISMES 2010, Terna ha identificato le potenzialità di accumulo di energia per aree geografiche tramite nuovi impianti elettrici a pompaggio. Terna ha stimato la necessità di ulteriori 5 GW di accumulo idroelettrico, da localizzare al Sud e Centro-Sud dove è più intenso lo sviluppo delle rinnovabili ed è minore la capacità di accumulo.

<sup>308</sup> Avviamento autonomo anche con tensione della rete afferente pari a zero (condizione di black out).

<sup>309</sup> Fonte: Terna, *ibidem*.

<sup>310</sup> Fonte: Terna, Piano di Sviluppo 2019.

**Figura 3.3 Potenziale di accumulo tramite nuovi impianti a pompaggio**


Fonte: Terna – Piano di Sviluppo 2019

Fra le tecnologie di stoccaggio, i sistemi di storage idroelettrico costituiscono oggi l'opzione più matura, sebbene non adeguatamente sfruttata. Secondo il Piano Nazionale Italiano Energia e Clima (PNIEC), presentato all'UE a fine dicembre 2018, per il 2030 stime preliminari indicano un fabbisogno, funzionale anche a contenere l'overgeneration da rinnovabili, pari a circa 6.000 MW tra pompaggi idroelettrici ed elettrochimico a livello centralizzato, aggiuntivi agli accumuli distribuiti. Il PNIEC informa che, a questi scopi, è stato avviato uno studio per l'individuazione di siti adatti a nuovi impianti di pompaggio basati su laghi o bacini esistenti.

Infine, è importante il sostegno alla diffusione delle tecnologie più innovative, come i pompaggi marini che potrebbero essere impiegati lungo le coste più alte, come ad esempio nelle isole.

### I pompaggi per la sostenibilità energetica delle piccole isole: l'esempio di El Hierro

*Le piccole isole affrontano alcune delle più difficili sfide energetiche: le loro dimensioni e la lontananza dalla costa comportano costi estremamente elevati per i rifornimenti energetici che sono spesso inquinanti e inaffidabili.*

*Un esempio di sostenibilità energetica è stato realizzato nell'isola di El Hierro, la più piccola delle Canarie, con 10.700 abitanti, ma circa 60.000 turisti l'anno, oltre a numerose cooperative agricole e conservifici di frutta e pesce e 3 dissalatori che producono più di 10 milioni di litri di acqua al giorno per rifornire l'isola di acqua potabile e per l'irrigazione. Per soddisfare tutti i suoi bisogni energetici El Hierro era quindi costretta ad importare, stoccare e consumare circa 6.000 tonnellate di gasolio all'anno, responsabili di 18.700 tonnellate di CO<sub>2</sub>.*

*Nel novembre del 1997 il governo locale ha così approvato l'ambiziosissimo "Plan de Sostenibilidad" per far diventare l'isola completamente autonoma dal punto di vista energetico.*

*La tecnologia principale individuata per conseguire l'autosufficienza energetica è stata l'eolico, ma con il problema di gestire l'intermittenza. Si è deciso quindi di realizzare un sistema di accumulo di energia idraulica composto da due bacini artificiali, uno superiore di 500.000 m<sup>3</sup> realizzato nella parte sommitale di un vulcano a 700 metri sul livello del mare ed uno inferiore da 150.000 m<sup>3</sup> sul fondo del cono*

*vulcanico, alimentati da un parco eolico composto da 5 aerogeneratori per 11 MW totali di potenza, che servono anche ad azionare le pompe che portano l'acqua dal bacino inferiore a quello superiore.*

*Così, quando non c'è abbastanza vento per azionare le pale eoliche, l'acqua del bacino superiore ritorna in quello inferiore attraverso un sistema di turbine da 11,3 MW, producendo abbastanza energia idroelettrica per soddisfare i bisogni dell'isola.*

*Tale soluzione è stata sviluppata in accordo con le principali associazioni ecologiste (El Hierro nel 2000 è stata dichiarata dall'Unesco riserva della biosfera ed è protetta dalle Direttive europee Habitat e Uccelli) e gli abitanti dell'isola.*

*Il progetto, costato circa 93 milioni dollari metà dei quali finanziati dall'Unione europea, è stato promosso da Gorona del Viento El Hierro, partecipata dal Cabildo Insular (60%), Endesa (30%) e Itc (10%) ed è stato completato nel 2014.*

*L'accumulo di energia attraverso il pompaggio idroelettrico non è una novità: impianti del genere esistono in numerosi Paesi di tutto il mondo, ma quello di El Hierro è il primo a non usare energia prodotta in modo convenzionale. Infatti, l'impianto idro-eolico di El Hierro è già diventato un modello per progetti di energia rinnovabile in altre comunità isolate ed insulari. Progetti simili sono allo studio nelle isole greche di Icaria e Creta ed in quella portoghese di Madeira.*

## 4. I profili economici e le potenzialità sul territorio

Le diverse opzioni, fin qui esaminate, che potrebbero contribuire alla supply security sia idrica che energetica, presentano potenzialità e profili economici molto differenti. Dopo una sintetica descrizione dei principali aspetti tecnico-strutturali delle centrali idroelettriche, questo capitolo affronta i profili di costo ed i fattori chiave di realizzabilità e sostenibilità delle diverse configurazioni. L'obiettivo è di individuare le prospettive di possibile sviluppo sul territorio delle varie soluzioni e stimare il loro potenziale in termini di contributo alla water supply security, alla crescita dell'uso plurimo dell'acqua e al funzionamento del sistema elettrico nazionale.

### 4.1. Le tecnologie idroelettriche applicabili nelle diverse configurazioni

Gli impianti idroelettrici sono installazioni complesse e comprendono opere civili, opere idrauliche e macchinari elettromeccanici. In particolare possono essere presenti tutti o solo alcuni degli elementi comuni che ne caratterizzano lo schema di funzionamento, quali:

- il bacino di carico e lo sbarramento (diga) che hanno la funzione di creare e mantenere nel tempo l'accumulo che contiene e rende disponibile l'acqua;
- le gallerie e i canali per trasportare l'acqua dal bacino di carico alla turbina;
- la turbina (singola o in serie) che trasmette l'energia cinetica al generatore elettrico;
- il generatore elettrico che converte in elettricità il moto di rotazione della turbina;
- il trasformatore che regola la tensione per renderla idonea all'immissione in rete;
- la rete di trasmissione elettrica;
- la tubazione di scarico che raccoglie e convoglia l'acqua che fuoriesce dalla turbina per reimmetterla nell'alveo naturale del corso d'acqua da cui l'avevano prelevata.

In caso di centrali idroelettriche dotate di stazione di pompaggio sono previsti anche: un secondo bacino a valle dell'impianto, una pompa elettrica (o più) ed ulteriori tubazioni per riportare l'acqua dal bacino a valle a quello a monte. Quando è conveniente produrre elettricità l'acqua viene fatta fluire dal bacino superiore a quello inferiore azionando le turbine. Mentre nelle ore in cui non risulta conveniente produrre (ad esempio quando il prezzo dell'elettricità o la domanda sono minimi), la stessa acqua viene pompata dal bacino inferiore a quello superiore, in modo da ricostituire l'invaso occorrente per il successivo ciclo di funzionamento.

Le diverse tipologie impiantistiche dipendono dalle caratteristiche della risorsa idrica e dalle modalità con cui questa viene "catturata" e indirizzata alla turbina. A seconda della configurazione gli impianti idroelettrici possono anche essere classificati come:

- impianti ad accumulo comprensivi di tutti gli elementi sopra descritti;
- impianti ad acqua fluente, privi di bacino di accumulo e di diga di sbarramento;
- impianti "non convenzionali" inseriti in un canale od in una condotta per approvvigionamento idrico.

Sussistono anche altre classificazioni degli impianti idroelettrici in base a diversi parametri, al fine di definire la specificità delle varie configurazioni. In particolare è possibile differenziare la tipologia di installazione in base a:

- potenza del generatore elettrico: grandi impianti, con potenza superiore ai 100 MW, medi impianti, con potenza compresa tra i 10 MW e i 100 MW, piccoli impianti, con potenza compresa tra 1 MW e 10 MW, mini impianti, con potenza compresa tra i 100 kW e 1 MW, micro impianti, con potenza compresa tra i 5 kW e i 100 kW e pico impianti, con potenza inferiore ai 5 kW. In linea generale, i grandi e medi impianti sono connessi direttamente alle reti di alta tensione, mentre i micro impianti e i pico impianti sono impiegati in aree isolate e non connesse alla rete elettrica;
- portata media del corso d'acqua: impianti a grandissima portata (superiore a 1.000 m<sup>3</sup>/s), impianti a grande portata (compresa tra 100 e 1.000 m<sup>3</sup>/s), impianti a media portata (compreso tra 10 e 100 m<sup>3</sup>/s) e impianti a piccola portata (inferiore a 10 m<sup>3</sup>/s);
- salto o dislivello utile: impianti ad alta caduta (superiore ai 100 m), impianti a media caduta (compresa tra 30 e 100 m) e impianti a bassa caduta (tra 2 e 30 m).

La classificazione in base alla taglia dei generatori elettrici è quella più diffusa con differenze nelle soglie tra medi e piccoli impianti a seconda dei processi autorizzativi e dei regimi di incentivazione presenti in ciascun Paese. Il termine mini-idro, come visto, si riferisce convenzionalmente agli impianti con una potenza inferiore a 1 MW. Questi possono essere:

- impianti ad acqua fluente;
- impianti con la centrale al piede di una diga;
- impianti inseriti in un canale od in una condotta per approvvigionamento idrico.

## 4.2 I profili di costo e la sostenibilità economica

Il potenziale di sviluppo delle diverse soluzioni, siano ammodernamento di grandi opere, completamento di incompiute o nuovi progetti mini-idro, deve essere valutato alla luce della sua sostenibilità, sia ambientale che economico-finanziaria.

Sebbene sia molto complesso condurre stime puntuali, è possibile fornire alcune indicazioni di riferimento per alcune di queste possibili soluzioni. Nel primo caso, il **rinnovamento del parco idroelettrico** esistente in Italia, la valutazione riguarda gli impianti nel loro insieme, senza poter distinguere tra gli effetti sulla producibilità elettrica e quelli su altri aspetti, quali la disponibilità di riserve idriche o la messa in sicurezza del territorio. Nel complesso, per il revamping e repowering del parco esistente del grande idroelettrico sarebbe necessario un investimento stimabile in circa 5,5 md di euro<sup>311</sup>. Il rinnovamento consentirebbe anche un aumento della disponibilità di riserve idriche ad uso plurimo e la possibilità di incrementare la produzione elettrica fino a 3 TWh, oltre a portare benefici per l'assetto del territorio e il sistema economico.

---

<sup>311</sup> Fonte: Althesys, *L'idroelettrico crea valore per l'Italia. Scenari e proposte di policy per ammodernare e valorizzare il parco idroelettrico italiano*, Milano, giugno 2018.

Per ultimare le **opere idriche incompiute**, come indicato alla figura 3.1, nel 2017 si è stimato un costo complessivo di 621 milioni di euro, di cui il 49% riferito alle infrastrutture calabresi, il 24% a quelle campane e il 15% alle siciliane (fonte ANBI-Italia Sicura). Come si vedrà al paragrafo 4.4.2, a fronte di questo sforzo finanziario, si potrebbe avere un aumento del potenziale di riserva idrico stimabile in oltre 800 milioni di m<sup>3</sup>.

Riguardo ai profili di costo degli **impianti mini idroelettrici** stand alone bisogna considerare le diverse configurazioni possibili. Tra le rinnovabili, l'idroelettrico è una di quelle che presenta le maggiori difficoltà nel valutare un costo di investimento medio, date le sito-specificità degli impianti. Bisogna, infatti, considerare le opere civili (canali di presa, opere di sbarramento, ecc.), che nella determinazione del costo complessivo spesso incidono per il 40-50%, quindi più della parte meccanica ed elettrica.

I costi d'investimento per la costruzione di un impianto dipendono da numerosi fattori, quali la taglia, il salto geodetico, la portata, le caratteristiche geologiche e geografiche del sito, la tipologia del macchinario idraulico, le opere di ingegneria civile, i permessi da chiedere e le procedure amministrative per ottenere le varie autorizzazioni. Impianti con bassi salti ed elevate portate richiedono in genere costi specifici d'investimento maggiori: di principio, i costi decrescono rapidamente all'aumentare del salto disponibile e si stabilizzano al di sopra dei 15 metri<sup>312</sup>.

Nel caso degli impianti mini idroelettrici il costo di investimento per un impianto tra 0,1 e 1 MW varia tra 3,7e 8,5 milioni di euro a MW. Secondo altre fonti il range è compreso tra 4 e 6 milioni di euro a MW. Si registra però una elevata variabilità attorno ai valori medi, legata alle specificità del singolo sito di installazione. In alcuni casi, i dati rilevati, mostrano un range di variazione superiore ai 2.000 €/kW rispetto al valore medio individuato (fonte RSE).

In linea generale, per il mini idroelettrico valgono le economie di scala, con i costi per kW installato che diminuiscono all'aumentare della taglia. Questa regola ha tuttavia un'eccezione: la realizzazione di un impianto pico idroelettrico, caratterizzato da semplicità impiantistica e da turbine con potenze non superiori ai 5 kW, consente spesso di risparmiare sulle opere civili necessarie negli impianti maggiori.

Confrontando le diverse tipologie di installazione si riscontrano differenze di costo che possono arrivare anche al 25% tra impianti «su condotta» e impianti ad acqua fluente «tradizionali».

Le componenti che incidono sul costo di un impianto mini idroelettrico sono di due categorie:

- impiantistiche, tra cui: le componenti meccaniche (ad esempio la turbina) che pesano per un valore compreso tra il 30 e il 20% del CAPEX; le opere civili (quelle di presa e restituzione/scarico delle acque) che incidono tra il 40 e il 50%; le opere idrauliche (tubazioni, valvole, condutture) che incidono tra il 10 e il 15%; le opere elettriche che mediamente pesano per il 10% del CAPEX;
- progettuali, che includono lo sviluppo dell'iter burocratico e autorizzativo (concessione ed incentivazione) e gli studi di fattibilità e la progettazione tecnica dell'impianto, che pesano per un valore compreso tra il 5 e il 10% del CAPEX. Soprattutto per le piccole

---

<sup>312</sup> Fonte: RSE.

taglie ad acqua fluente risulta importante il costo di acquisto della autorizzazione alla costruzione ed esercizio dell'impianto, che può variare entro un range compreso tra 1 e 2 anni del valore della produzione stimato per l'impianto.

Anche gli OPEX risultano molto dipendenti dalla specificità del singolo sito e dalle caratteristiche dell'impianto e sembrano rilevare minori economie di scala rispetto ai CAPEX. I costi operativi annui per gli impianti mini idroelettrici possono essere suddivisi in 5 categorie:

- costi di O&M (gestione, manutenzione ordinaria e straordinaria, monitoraggio) che assorbono un valore compreso tra il 50 e il 65% degli OPEX complessivi;
- costi di assicurazione, mediamente pari al 5-6% del totale;
- costi per canoni (di concessione, compensazione e sovracanon) che possono variare tra il 7 e il 15% del totale nel caso degli impianti più grandi;
- costi per imposte (tra cui rientrano le imposte sul reddito generato dall'impianto e IMU) che possono incidere tra il 9 e il 12% degli OPEX complessivi;
- costi amministrativi (spese amministrative, legali, gestione rapporti con il GSE, agenzia del territorio e agenzia delle dogane), compresi tra il 10 e il 16%<sup>313</sup>.

Anche il peso delle componenti sugli OPEX, gli impianti mini idroelettrici varia fortemente in relazione alle specificità del sito. In generale, la letteratura indica che i costi operativi annui possono variare tra il 2 e il 6% del CAPEX del singolo impianto.

I parametri più critici per valutare la redditività dell'investimento sono costituiti dalle ore di funzionamento annue e dalle tariffe incentivanti.

I siti più redditizi sono quelli che assicurano più di 6.000 ore di funzionamento annuo. La possibilità di sfruttare corsi d'acqua «non convenzionali», quali canali irrigui e condotte, permette di raggiungere un elevato numero minimo di ore con una portata costante nel corso dell'anno.

Il costo di generazione (LCOE), per impianti mini-idro fino a 1 MW è stimato in un ampio range compreso tra 128 e 379 €/MWh, in relazione al tipo di impianto e alle caratteristiche del sito.<sup>314</sup> Tra i mini idro, gli impianti di taglia intermedia (400 kW) assicurano il miglior rapporto tra costo di investimento e tariffa incentivante e quindi il miglior profilo di rendimento.

Le prospettive di un'ulteriore crescita del mini idro in Italia sono, come visto, ancora buone, ma molto legate alle politiche di sostegno. Gli scenari al 2030 indicano una crescita della potenza installata ad acqua fluente di 2 GW e la generazione di 7,7 Twh rispetto al 2010 (fonte Primes). In questo caso, tuttavia, i principali effetti riguardano la produzione elettrica, mentre minori paiono gli effetti sulla water supply security e sulla difesa del territorio rispetto ai grandi invasi.

La recente approvazione del Decreto FER 1<sup>315</sup>, che prevede siano ammessi agli incentivi solo gli impianti che producono elettricità senza ulteriori prelievi aggiuntivi dai corpi idrici e quelli con concessione di derivazione conforme alle linee guida per le valutazioni ambientali e per l'aggiornamento dei metodi di determinazione del minimo deflusso vitale rischia però di limitarne

<sup>313</sup> Fonte: Politecnico di Milano.

<sup>314</sup> Fonte: RSE, "Energia elettrica, anatomia dei costi di generazione", Milano 2014

<sup>315</sup> DM 4 luglio 2019.

lo sviluppo. Nel caso di nuovi impianti è, quindi, necessario il rispetto delle caratteristiche costruttive già previste dal DM del 23 giugno 2016 di cui all'art. 4, comma 3, lettera b) punti i., ii., iii. e iv.<sup>316</sup>, da dimostrare mediante specifica attestazione emessa dall'ente preposto al rilascio della concessione di derivazione, oppure in alternativa la concessione dovrà essere verificata e dichiarata conforme dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. La tabella in figura 4.1 riporta le tariffe<sup>317</sup> previste per gli impianti mini-idro che accedono ai registri.

**Figura 4.1 Tariffe di incentivazione previste dal nuovo decreto FER per il mini idro**

Tipologia	Potenza (kW)	Vita utile degli impianti	Tariffa di riferimento (€/MWh)
ad acqua fluente (compresi gli impianti su acquedotto)	1<P≤400	20	155
	400<P<1000	25	110
	P≥1000	30	80
a bacino o serbatoio	1<P<1000	25	90
	P≥1000	30	80

Fonte: DM 4 luglio 2019

Al di là del sostegno previsto dai provvedimenti che incentivano la produzione di energia rinnovabile, per alcune tra le configurazioni multifunzionali esaminate nel capitolo 2 si può ipotizzare una condivisione delle risorse necessarie a sostenere l'investimento e la gestione fra i vari attori interessati. Questo, in particolare, nei casi in cui gli accumuli o le acque fluenti non abbiano come funzione prevalente la produzione energetica, ma anche la fornitura di acqua per uso irriguo, idropotabile, antincendio, innevamento, ecc. In questi casi è possibile considerare che più soggetti (privati e pubblici) aventi interesse all'uso della risorsa possano essere coinvolti nell'intervento (ad esempio per la creazione o recupero del bacino di accumulo).

L'utilizzo multifunzionale dell'infrastruttura (idroelettrico più altri usi) può condurre a soluzioni win-win che migliorano la sostenibilità economica dell'investimento e rispondono ad esigenze di tutela ambientale e delle acque. Necessariamente tali situazioni vanno valutate caso per caso, in quanto la condivisione dell'investimento può rendere sostenibili alcune configurazioni che non lo sarebbero altrimenti.

<sup>316</sup> Possono accedere direttamente ai meccanismi di incentivazione gli impianti idroelettrici di potenza nominale di concessione fino a 250 kW che rientrano in uno delle seguenti casi: i. realizzati su canali artificiali o condotte esistenti, senza incremento né di portata derivata dal corpo idrico naturale, né del periodo in cui ha luogo il prelievo; ii. che utilizzano acque di restituzioni o di scarico di utenze esistenti senza modificare il punto di restituzione o di scarico; iii. che utilizzano salti su briglie o traverse esistenti senza sottensione di alveo naturale o sottrazione di risorsa; iv. che utilizzano parte del rilascio del deflusso minimo vitale al netto della quota destinata alla scala di risalita, senza sottensione di alveo naturale.

<sup>317</sup> Il Decreto prevede due differenti meccanismi incentivanti, in funzione della potenza dell'impianto: la Tariffa Onni-comprensiva (TO) costituita da una tariffa unica che remunera anche l'energia elettrica ritirata dal GSE; un Incentivo (I), calcolato come differenza tra la tariffa spettante e il prezzo zonale orario dell'energia, poiché l'energia prodotta resta nella disponibilità dell'operatore. Per gli impianti di potenza fino a 250 kW è possibile scegliere una delle due modalità, con la possibilità di passare da una modalità all'altra non più di due volte nel corso dell'intero periodo di incentivazione. Gli impianti di potenza superiore a 250 kW possono invece accedere al solo Incentivo.

## 4.3 Potenzialità, criticità e prospettive sul territorio delle diverse soluzioni

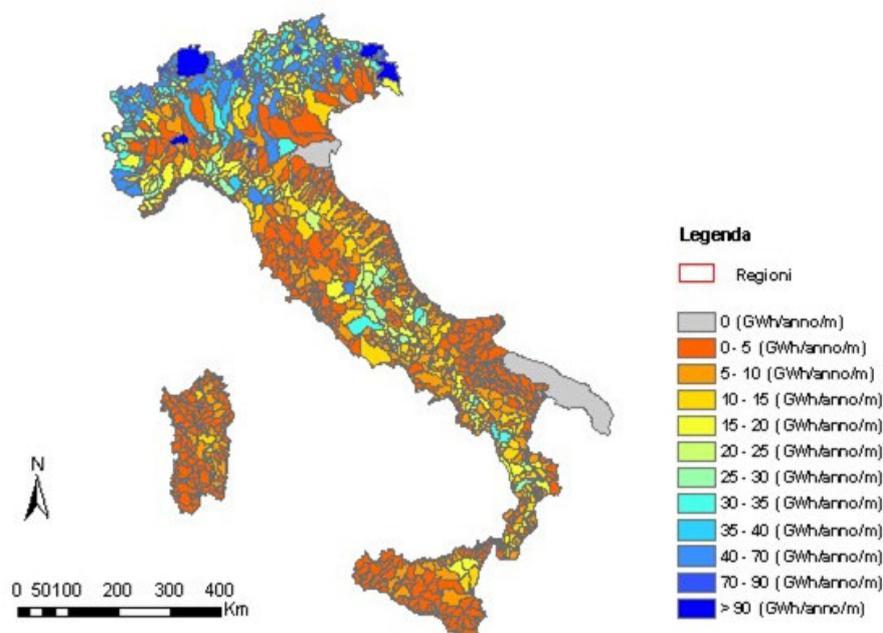
### 4.3.1 La mappatura del Massimo Potenziale Idroelettrico

L'analisi delle potenzialità deve basarsi, innanzitutto, sulla disponibilità delle risorse primarie, date le caratteristiche dei territori. In Italia, il database delle informazioni geomorfologiche, pluviometriche e di massima producibilità annua rappresentabile geograficamente a livello di singolo bacino imbrifero elementare o di una aggregazione di bacini (macrobacino) mostra un potenziale teorico molto consistente (fonte RSE)<sup>318</sup>.

La producibilità idroelettrica massima di tutto il territorio nazionale (mappato nella figura 4.2) si concentra, come è ovvio, lungo l'arco alpino ed in certi bacini appenninici, dove si coniugano salti geodetici e piovosità consistente dovuti alle condizioni orografiche e climatiche favorevoli.

Il valore complessivo della producibilità idroelettrica massima sarebbe di circa 200 TWh/anno. Questo valore, tuttavia, è puramente teorico, poiché implicherebbe di poter convertire in energia elettrica tutto il potenziale idrico disponibile, ipotesi non realistica dal punto di vista tecnico, economico ed ambientale. Un valore plausibile del reale sfruttamento può essere considerato intorno al 25%, pari a circa 50 TWh<sup>319</sup>. Tale dato potrebbe però essere superata con la realizzazione di impianti mini idroelettrici e non convenzionali<sup>320</sup>.

**Figura 4.2 Mappa nazionale del Massimo Potenziale Idroelettrico specifico**

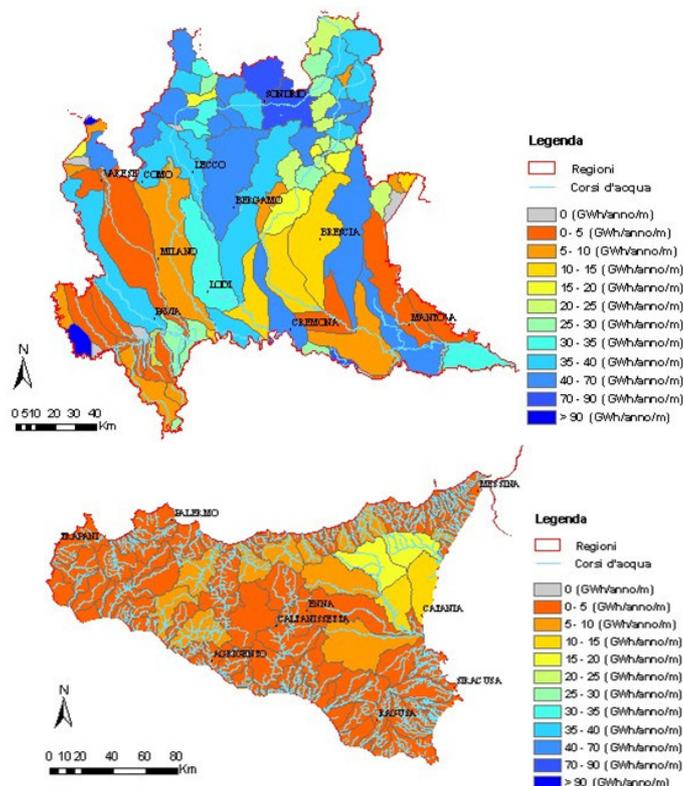


Fonte: RSE

<sup>318</sup> <http://minihydro.rse-web.it/mappe/mappePotenzialeIdroelettricoSpecifico.asp>.

<sup>319</sup> Nel 2017 la produzione idroelettrica normalizzata è stata di 46,047 GWh. In tale stima non sono inclusi gli apporti derivanti dagli impianti non convenzionali.

<sup>320</sup> Fonte RSE: *Metodologia mappe producibilità massima e residua*.

**Figura 4.3 Mappe regionali del Potenziale Idroelettrico: Lombardia e Sicilia**


Fonte: RSE

La mappatura costituisce un quadro di riferimento della potenzialità del territorio per il solo fine della generazione idroelettrica. La sovrapposizione di una mappa della produzione attuale potrebbe consentire di formulare considerazioni preliminari sull'opportunità di localizzare impianti idroelettrici sul territorio. Ovviamente questo primo risultato dovrebbe essere verificato sotto il profilo tecnico, economico e di compatibilità ambientale su scala locale.

#### 4.3.2 Il potenziale di sviluppo delle configurazioni analizzate

Nello scenario di crescita delle rinnovabili le valutazioni sull'idroelettrico sono diverse da quelle relative alle altre FER. La storia e le caratteristiche di questo tipo di impianti insieme ai problemi di gestione della risorsa acqua, resi sempre più difficili dai cambiamenti climatici e dall'incremento dell'utilizzo, impongono un'attenzione specifica nel quadro di una più ridotta fattibilità degli interventi. Delle nuove problematiche bisogna tenere conto, sia per quanto concerne i progetti di nuovi impianti che per l'ammodernamento o recupero di quelli esistenti.

Un'importante partita si giocherà nei prossimi anni nel rinnovamento dei grandi impianti, che ormai mediamente hanno più di 50 anni e che, come visto, consentono significativi recuperi di produttività. Secondo il Piano Nazionale Italiano Energia e Clima (PNIEC), il grande idroelettrico risulta "una risorsa in larga parte già sfruttata, ma di grande livello strategico nella politica al 2030 e nel lungo periodo al 2050, di cui occorre preservare e incrementare la produzione".

Negli obiettivi PNIEC di crescita delle rinnovabili elettriche al 2030, a fronte di un aumento del fotovoltaico e di eolica rispettivamente di 31.000 MW e di 8.600 MW, la capacità idroelettrica è tuttavia prevista aumentare di appena 300 MW, imputabili presumibilmente al piccolo e mini idroelettrico. Un utilizzo integrato e polifunzionale delle risorse idriche potrebbe consentire di superare queste previsioni.

La figura 4.4 mette a confronto, in base alle loro caratteristiche dimensionali, le varie configurazioni considerate nei capitoli 2 e 3: medi e piccoli accumuli diffusi (bacini irrigui, laghetti collinari, bacini in quota, cave dismesse, vasche di laminazione, accumuli realizzati nelle aree di pertinenza degli impianti industriali e di generazione elettrica); piccole configurazioni ad acqua fluente (canali irrigui, condotte acquedottistiche, siti abbandonati, utilizzo del DMV); accumuli di grande dimensione (grande idroelettrico, opere incompiute, impianti di pompaggio).

Per ogni tipo di configurazione sono indicati:

- i possibili utilizzi connessi alla gestione condivisa dell'acqua (irriguo, antincendio, energetico, contenimento delle alluvioni, turistico, ecc.);
- le potenzialità di uso plurimo (per i diversi usi individuati), tenendo conto del quadro delle condizioni di natura ambientale, economica e normativa;
- le potenzialità in termini di sfruttamento idroelettrico, principalmente funzione della potenza dell'impianto applicabile alla configurazione (taglia in MW) e del numero minimo di ore annue di funzionamento della turbina (kWh producibili), nonché delle opere civili e delle condotte di presa e scarico da realizzare (l'utilizzo di infrastrutture pre-esistenti aumenta le potenzialità);
- l'importanza in chiave di water supply security, ossia quanto la specifica configurazione può contribuire al miglioramento della gestione della risorsa idrica.

I **bacini di piccola e media grandezza** su iniziativa dei consorzi di bonifica<sup>321</sup> rappresentano una delle configurazioni più idonee alla gestione condivisa della risorsa idrica. Risultano, inoltre, particolarmente utili ai fini della water supply security in quanto offrono capacità di riserva d'acqua diffusa per usi non solo agricoli, nonostante le dimensioni del singolo invaso siano spesso modeste. Le potenzialità di sfruttamento energetico, invece, sono limitate, dato che solo una parte minoritaria dei bacini si ritiene sia idonea per l'utilizzo idroelettrico.

I **canali irrigui** sono particolarmente adatti anche per la produzione energetica (offrono il contributo più rilevante tra le piccole configurazioni). Rivestono un ruolo importante nella distribuzione sul territorio dell'acqua, ma per loro natura non offrono capacità di accumulo.

Ripristino, ammodernamento ed incremento di **laghetti collinari e di piccoli invasi** garantirebbero un contributo molto positivo alla water supply security per la possibilità di disporre di accumuli diffusi sul territorio. Inoltre, la loro collocazione spesso favorisce una molteplicità di usi che possono portare ricadute positive in termini ambientali e di valorizzazione delle aree interessate. Molto limitate, invece, sono le loro potenzialità ai fini idroelettrici.

---

<sup>321</sup> Il riferimento è al ripristino/riqualificazione dei bacini esistenti e alla costruzione di nuovi come previsto dal Piano Invasi, già citato.

Figura 4.4 Tabella sinottica di valutazione delle configurazioni

Tipologie di configurazione		Pluralità usi	Potenzialità uso plurimo	Potenzialità uso idroelettrico	Importanza per water security
Piccole configurazioni	bacini irrigui e medi invasi (consorzi di bonifica)	irriguo, antincendio, energetico	😊😊😊	😊	😊😊😊
	canali irrigui (consorzi di bonifica)	irriguo, energetico	😊😊	😊😊😊😊	😊😊
	laghetti collinari e altri piccoli invasi	irriguo, turistico, antincendio, pesca/pescicoltura	😊😊😊	😊	😊😊😊
	bacini in quota	innevamento artificiale, turistico, antincendio, energetico	😊😊😊	😊	😊😊
	ripristino di siti abbandonati (mulini, centrali idro)	turistico, conservazione patrimonio storico/architettonico, energetico	😊😊	😊😊	😊
	cave dismesse	irriguo, contenimento alluvioni, antincendio	😊😊	😞	😊😊
	vasche di laminazione	contenimento alluvioni	😊	😞	😊😊
	acquedotti	idrico, fognario, energetico	😊😊	😊😊😊😊	😞
	accumuli in pertinenze termoelettriche e industriali	industriale, antincendio, energetico	😊😊	😊	😊
	sfruttamento DMV	ambientale, energetico, riduzione rumore	😊	😊😊😊😊	😞
Grandi configurazioni	valorizzazione grande idro esistente	energetico, contenimento alluvioni, trattenimento, irriguo, antincendio, turistico	😊😊😊	😊😊😊😊	😊😊
	finalizzazione opere incompiute	irriguo, idropotabile, antincendio, energetico	😊😊😊	😊😊	😊😊😊😊
	impianti di pompaggio	energetico, bilanciamento rete elettrica, irriguo, antincendio, contenimento alluvioni, idropotabile	😊😊	😊😊😊😊	😊

Fonte: Althesys

Utili per accrescere la disponibilità di accumuli idrici possono essere considerati anche i **bacini in quota**, nonostante la loro realizzazione sia ipotizzabile solo in limitate situazioni (prevalentemente sulle Alpi in connessione con stazioni sciistiche) e le proposte di nuovi siti creino frequentemente movimenti di opposizione per il delicato contesto ambientale in cui si inseriscono. La loro capacità di accumulo idrico è inoltre condizionata dalle piccole dimensioni del bacino. Limitate a situazioni specifiche appaiono le possibilità di sfruttamento idroelettrico.

Al pari della precedente configurazione, anche **gli invasi nelle pertinenze dei grandi siti termoelettrici e industriali** appaiono relegati a poche possibili realizzazioni. Rimangono quindi contenuti i potenziali contributi sia alle disponibilità idriche che al sistema idroelettrico.

Il **ripristino di siti abbandonati** (piccole centrali, vecchi mulini), pur offrendo la possibilità di diversi usi e presentando possibili ricadute locali positive (turismo, valorizzazione del patrimonio storico), può contribuire alla sicurezza dell'approvvigionamento idrico solo in casi circoscritti (in cui sono presenti piccoli invasi o laghetti), ma nella maggior parte delle situazioni non fornisce contributo significativo all'accumulo idrico. Nonostante le basse potenze applicabili, queste configurazioni sono soprattutto collegate all'uso idroelettrico.

L'uso per l'accumulo idrico delle **cave dismesse** riveste potenzialmente un ruolo importante per la water supply security, soprattutto in alcune regioni del Paese. In alcuni casi, la capacità di stoccaggio può essere consistente, mentre sono in genere pressoché nulle le possibilità di usi a fini energetici.

Anche le **vasche di laminazione** risultano utili ai fini della water security, ma quasi esclusivamente in termini di sicurezza del territorio in quanto progettate per ridurre il rischio di alluvioni. Pertanto, presentandosi quasi sempre vuote non offrono possibilità né di stoccaggio continuato della risorsa idrica, né di usi energetici.

Gli **acquedotti e lo sfruttamento del deflusso ecologico** possono fornire un contributo interessante ai fini energetici per l'elevato numero di ore di funzionamento della turbina.

Tra le grandi configurazioni, un ruolo fondamentale riveste il **grande idroelettrico** esistente che, a seguito di uno specifico programma di ammodernamento (ad esempio tramite la rimozione dei sedimenti negli invasi o con interventi sulle condotte e sulle gallerie), potrebbe veder crescere il proprio contributo in termini sia di produzione elettrica sia di water security.

Un importante apporto alla sicurezza del sistema idrico potrebbe essere dato dal portare a termine le **opere incompiute**. Tra queste vi sono differenti infrastrutture, concepite in passato sia per usi irrigui e potabili che energetici. Prevalgono, tuttavia, quelle con vocazione agli usi irrigui ed idropotabili che, per collocazione e modalità con cui sono state concepite, limita ad un ridotto numero di casi il possibile sfruttamento energetico. Tali limitazioni potrebbero però essere in alcuni casi superate nell'ipotesi di loro riconversione in impianti di pompaggio nel quadro di interventi previsti per la sicurezza del sistema elettrico nazionale.

Gli **impianti di pompaggio** dovrebbero svilupparsi in maggior parte attraverso il recupero e trasformazione di infrastrutture idriche già esistenti e sarebbero destinati prevalentemente al bilanciamento e alla sicurezza del sistema elettrico nazionale; da verificare se e come la loro realizzazione possa anche incrementare la capacità di accumulo idrico<sup>322</sup>.

A completamento dell'analisi, la figura 4.5 riporta indicazioni sui contributi potenziali delle configurazioni all'incremento delle riserve di acqua e al sistema idroelettrico. Per diverse soluzioni è stato possibile esprimere una stima di larga massima dei volumi aggiuntivi basandosi su: dati e documenti disponibili di associazioni, enti (per esempio ANBI, Italia Sicura), organismi e istituzioni locali; informazioni tratte da notizie di stampa; valori specifici delle capacità massime di invaso delle opere incompiute; valori medi indicativi delle capacità di invaso di piccoli e medi bacini ricavabili dalla letteratura; ipotesi sulla realizzabilità di siti idroelettrici (nuovi o di recupero) e valori medi di producibilità per tipologia di impianto. Per alcune configurazioni non è stato ritenuto possibile esprimere valutazioni o per la mancanza di informazioni sufficienti o per la non significatività del contributo della tipologia alla sicurezza del sistema idrico.

Complessivamente le configurazioni individuate potrebbero incrementare la produzione di elettricità per 5,8 TWh/anno (sono stati stimati circa 300 MW aggiuntivi derivanti da piccolo idroelettrico e opere incompiute, a cui si sommano i contributi derivanti dal revamping del

---

<sup>322</sup> Il ricorso a tali soluzioni è prospettato sia nel PNIEC che nel Piano di Sviluppo di Terna.

grande idro e dai pompaggi) e la capacità di accumulo idrico per 2,8 miliardi di metri cubi, pari, per esempio, al 20% della capacità di invaso delle grandi dighe italiane<sup>323</sup>.

I maggiori contributi deriverebbero dalle grandi configurazioni che incidono per il 77% della produzione energetica e per il 61% della disponibilità di nuovo accumulo idrico, dato che i grandi bacini offrono le migliori possibilità in termini di gestione plurima della risorsa idrica.

**Figura 4.5 I potenziali delle configurazioni analizzate**

Tipologie di configurazione		Contributo alla Energy Supply Security (GWh/anno)	Contributo alla Water Supply Security (Mm <sup>3</sup> )
Piccole configurazioni	bacini irrigui medi invasi (consorzi di bonifica)	45	300
	canali irrigui (consorzi di bonifica)	600	n.v.
	laghetti collinari e altri piccoli invasi	37,5	300
	bacini in quota	15	22,5
	ripristino di siti abbandonati (mulini, centrali idro)	120	n.v.
	cave dismesse	0	400
	vasche di laminazione	0	75
	acquedotti	480	n.v.
	accumuli in pertinenze termoelettriche e industriali	12,5	3
	sfruttamento DMV	28	n.v.
	<b>Totale piccole configurazioni</b>	<b>1.338</b>	<b>1.101</b>
Grandi configurazioni	valorizzazione grande idro esistente	2000	900
	finalizzazione opere incompiute	30	850
	impianti di pompaggio	2500	n.v.
	<b>Totale grandi configurazioni</b>	<b>4.530</b>	<b>1.750</b>
<b>TOTALE CONFIGURAZIONI</b>		<b>5.868</b>	<b>2.851</b>

Fonte: Althesys

Tuttavia, dato l'impatto ambientale e la complessità di queste opere il loro contributo rimane circoscritto ad una valorizzazione/finalizzazione dei bacini esistenti o incompiuti. Entrando nel dettaglio, l'apporto più rilevante alla produzione di energia rinnovabile viene dai pompaggi e dal revamping del grande idroelettrico, mentre il contributo maggiore agli accumuli idrici può essere dato dal grande idroelettrico e dalla finalizzazione delle opere incompiute.

Tra le piccole configurazioni le potenzialità di impiego energetico sono legate soprattutto allo sfruttamento di corsi d'acqua "non convenzionali", in particolare quelli per l'approvvigionamento irriguo (canali) e potabile (condotte) nonché al recupero dei siti abbandonati.

<sup>323</sup> Fonte: Ministero Infrastrutture e Trasporti.

Appaiono invece scarsamente o per nulla utilizzabili a fini idroelettrici i laghetti collinari, le cave dismesse, le vasche di laminazione. Mentre ai fini dell'aumento di disponibilità della risorsa idrica e di miglioramento della water supply security, le maggiori potenzialità si evidenziano per le cave, per i piccoli e medi invasi e per i laghetti collinari. L'importanza delle piccole configurazioni risiede non tanto nei numeri complessivi quanto nella loro diffusione sul territorio che permette una distribuzione estesa delle riserve d'acqua.

In ogni caso, mantenere ed accrescere le capacità degli invasi è importante, in quanto possono rappresentare non solo una risorsa produttiva, ma, come visto, anche una riserva strategica per più utilizzi in condizioni di crescente stress idrico.

Al fine di rendere possibile la realizzazione di alcune di queste soluzioni paiono necessari alcune misure di policy nazionale, che saranno dettagliate nella Parte conclusiva seguente.

## Parte V – Alcune proposte di policy

### 1. Le principali direttrici per una strategia nazionale

Lo sviluppo delle sinergie tra elettrico e idrico può, come si è visto, portare significativi benefici in termini di sostenibilità, sia ambientale che economica. Le risposte ai crescenti impatti di situazioni di stress idrico connessi al climate change possono essere molteplici e articolate, ma richiedono interventi su orizzonti temporali sufficientemente ampi e investimenti consistenti.

Sono, dunque, necessarie politiche proattive volte ad aumentare la supply security, sia idrica che energetica, attraverso soluzioni win-win che coinvolgano in modo coordinato i diversi settori (energia, industria, agricoltura, utility) nell’ottica dell’uso plurimo della risorsa.

L’insieme delle azioni possibili portano un contributo potenziale di 5,9 TWh annui di elettricità aggiuntiva con una disponibilità idrica in più di circa 2,8 miliardi di metri cubi.

Gli interventi, peraltro, devono inquadrarsi in una strategia organica a livello nazionale che, pur incentrata su una visione di lungo periodo, preveda misure e azioni concrete che possano portare risultati anche in tempi relativamente brevi.

Le principali direttrici sulle quali articolare una strategia nazionale “Energy for water sustainability”, possono essere sintetizzate nelle seguenti.

#### L’ultimazione delle opere incompiute

Consentirebbe di avere in tempi abbastanza brevi e con investimenti piuttosto contenuti un incremento non trascurabile di disponibilità idrica ed energetica. La produzione elettrica addizionale è stimata in quasi 30 GWh annui con una disponibilità idrica aggiuntiva di circa 850 milioni di metri cubi. Le incompiute comprendono opere diverse, concepite sia per l’idroelettrico che per l’irrigazione e l’uso civile, presenti soprattutto in regioni del centro sud che più potrebbero beneficiarne per fronteggiare le carenze idriche. La loro realizzazione richiederebbe ulteriori investimenti per circa 620 milioni di euro, ma permetterebbe di recuperare i consistenti Capex già spesi finora.

Per procedere concretamente è necessaria l’individuazione dettagliata dei possibili interventi di ottimizzazione e ripristino delle strutture esistenti a cui dare priorità, tenuto conto dello stato attuale di avanzamento, del quadro amministrativo-finanziario, autorizzativo e regolatorio. Va, inoltre, valutata attentamente l’utilità strategica e per il territorio e l’entità del contributo alla situazione locale di scarsità idrica.

Dovrebbe, poi, essere presa in considerazione l’opportunità di prevedere specifici interventi legislativi mirati ad accelerare le procedure per lo sblocco delle opere ferme per motivi burocratici. Un’altra opzione da valutare per completare in tempi celeri queste opere è anche la nomina commissari straordinari dotati di adeguati poteri. Al fine di rendere più rapidi i tempi di

finanziamento e di realizzazione degli investimenti necessari potrebbero anche essere introdotti meccanismi che prevedano la costituzione di partenariati pubblico-privato tramite bandi specificatamente concepiti e finalizzati al completamento di tali opere.

In alcuni casi, potrebbe essere opportuno considerare anche il contesto energetico locale, non solo in termini di contributo alla produzione, ma anche (soprattutto) all'equilibrio del sistema, laddove sia possibile l'uso di tali infrastrutture anche come accumuli (si veda oltre riguardo ai pompaggi). Un elenco delle priorità, finanziabilità, soggetti responsabili e un preciso cronoprogramma sono gli elementi di base necessari per dare attuazione a questi interventi.

### **Il rinnovamento dei grandi bacini idroelettrici**

Questi impianti, che già costituiscono una fetta molto importante della generazione rinnovabile italiana, potrebbero fornire anch'essi un contributo rilevante non solo sul lato energetico, ma anche su quello idrico. Potrebbero, inoltre, concorrere anche alla gestione del territorio, contenendo il dissesto idrogeologico. Le nostre stime valutano in circa 2 TWh l'apporto all'energy supply security e in 900 milioni di metri cubi quello alla sicurezza idrica. Provvedimenti che risolvano l'attuale incertezza che grava sul settore in vista della scadenza delle concessioni e favoriscano gli investimenti nel revamping e nel repowering degli impianti sono necessari. Sarebbero, inoltre, opportune modifiche normative che, pur nel rigoroso rispetto delle esigenze di sicurezza, eliminino le limitazioni di invaso che determinano il mancato utilizzo di notevoli risorse idriche disponibili. Ad esempio, occorrerebbe agevolare la gestione dei sedimenti al fine di poter preservare i volumi d'invaso favorendo al contempo il reimpiego dei materiali estratti.

### **Gli accumuli con impianti a pompaggio**

Sono una delle possibili soluzioni individuate anche nel PNIEC per garantire l'equilibrio e l'adeguatezza del sistema elettrico italiano. Questo anche perché la stabilità e la sicurezza del sistema agevolano l'ulteriore ingresso di produzione rinnovabile intermittente, favorendo così il raggiungimento dei target al 2030.

L'attenzione va posta, in particolare, sulla possibilità di riconvertire e valorizzare infrastrutture già esistenti nel Centro-Sud, concepite in origine per finalità irrigue e civili. Alcune di queste potrebbero, seppur con complessità autorizzative e tecniche, essere impiegate anche a scopi energetici, portando potenzialmente fino a 2,5 TWh di generazione elettrica addizionale.

La trasformazione di opere idriche già esistenti limita l'impatto sul territorio e favorisce l'accettabilità sociale rispetto alla costruzione di accumuli ex novo. Non sono altresì da trascurare le possibili ricadute in termini di difesa dal dissesto idrogeologico e di messa in sicurezza del territorio, anche rispetto ad eventi climatici eccezionali. Per questo motivo si potrebbe iniziare dando priorità alle aree a più alto rischio.

Potranno essere altresì realizzati impianti di pompaggio di piccola e media taglia, anche nell'ottica di coinvolgere nelle operazioni di bilanciamento i gestori delle reti di distribuzione elettrica. La massimizzazione dell'utilizzo delle rinnovabili non programmabili potrebbe essere così combinata in modo sinergico con la gestione delle acque e con la tutela del territorio in una prospettiva di resilienza complessiva del sistema energia-acqua.

Per favorire la costruzione di questi impianti, è necessario definire un quadro di regole e di condizioni di mercato che ne permettano la sostenibilità economico-finanziaria. Tra queste andrebbe anche considerata l'opportunità di accedere ai meccanismi del mercato della capacità.

### Gli impianti di desalinizzazione

Investimenti in questo ambito potrebbero contribuire a fronteggiare la scarsità idrica secondo due assi di intervento: uno a più breve termine e di entità più contenuta, l'altro nel medio-lungo periodo e di maggior impegno.

Ricadono nella prima fattispecie gli impianti nelle **isole minori** abbinati a installazioni di generazione elettrica da rinnovabili. In alcuni casi sono già in fase di progettazione, in altri da valutare e studiare in modo puntuale. I vantaggi economici ed ambientali sarebbero significativi, dati gli attuali sistemi di approvvigionamento idrico (navi cisterna) ed energetico (generatori diesel) caratterizzati da costi ed impatti ambientali molto elevati.

Percorsi autorizzativi facilitati e incentivi ad hoc sarebbero necessari per poter realizzare in tempi brevi tali infrastrutture. I risparmi rispetto alle attuali situazioni, dati anche i costi in calo delle tecnologie rinnovabili, permetterebbero di contenere gli investimenti e gli incentivi necessari. Peraltro, la stagionalità dei fabbisogni dovuti alla forte intensità turistica di queste aree potrebbe permettere stoccaggi idrici (anziché elettrici) per assorbire l'overgeneration in alcuni periodi dell'anno. Prendendo spunto poi dalle esperienze internazionali, alcuni impianti di desalinizzazione potrebbero essere impiegati pure a fini agricoli ed essere alimentati da impianti rinnovabili funzionali anche l'impiego di sistemi avanzati di drip irrigation.

Un piano di più lungo periodo potrebbe, invece, riguardare **grandi impianti** per fronteggiare la progressiva desertificazione che toccherà sempre più le isole maggiori e parte del Meridione. Anche in questo caso l'abbinamento a installazioni a fonti rinnovabili utility scale permetterebbe di contenere i costi di funzionamento degli impianti dei quali, come visto, l'energia è la voce principale. Bassi impatti ambientali e possibilità di accumuli idrici per assorbire l'energia in eccesso nelle fasi di picco ugualmente caratterizzerebbero queste soluzioni. L'avanzare progressivo della desertificazione, che già oggi affligge alcuni territori, richiede di avviare fin d'ora un'attenta pianificazione che, pur avendo un orizzonte di medio-lungo periodo, permetta di fronteggiare per tempo il problema.

Le sinergie con il settore agricolo, oltre che con quello energetico, possono rendere questa tecnologia attraente per i territori in questione. I danni patiti dall'agricoltura in alcune regioni (non solo meridionali, ma anche in altre come la Pianura Padana) a causa della siccità e i problemi di approvvigionamento incontrati da alcuni centri urbani potrebbero rendere convenienti anche investimenti consistenti e con ritorni non brevi. I casi di grandi città europee, come Barcellona, ne sono esempi concreti.

In una prospettiva di lungo termine sarebbe opportuno anche definire una politica industriale che favorisca lo sviluppo di una **filiera tecnologica e impiantistica italiana**. Accanto agli investimenti sul territorio sarebbe pertanto opportuno sostenere anche investimenti in ricerca e

sviluppo per rendere più efficienti e meno onerose le tecnologie di desalinizzazione e rendere più competitive le imprese italiane.

### **Cave, miniere dismesse**

L'impiego di siti minerari inattivi per l'accumulo di riserve idriche può portare vantaggi su più fronti: da un lato, recupero e sistemazione di aree dismesse e con potenziali impatti ambientali e paesaggistici; dall'altro, capacità di accumulo di acqua sia per il fabbisogno irriguo che per quello civile. Dovrebbero essere studiate soluzioni specifiche per le differenti situazioni, sia riguardo alla fattibilità tecnica che alla sostenibilità finanziaria. Opere di raccolta delle acque meteoriche, infrastrutture di trasporto e sistemi di pompaggio sono i principali investimenti necessari, posto che le caratteristiche e la localizzazione dei siti siano adatti.

Prime analisi e ipotesi di questo genere sono state avanzate in Lombardia, mentre un potenziale relativo alle miniere potrebbe esserci in altre regioni, come, ad esempio, in Sicilia. Le caratteristiche di aree dismesse potrebbero altresì agevolare l'installazione di impianti fotovoltaici, in tutto o in parte, a servizio, dei sistemi idrici. Ipotizzabile, in alcuni casi, potrebbe essere anche l'impiego di queste opere dismesse come nuovi serbatoi per impianti di pompaggio a basso impatto ambientale e paesaggistico.

### **Vasche di laminazione e altri bacini**

Laddove si realizzino opere idrauliche di difesa dal rischio idrogeologico, quali per esempio le casse di espansione per la laminazione delle piene, sarebbe opportuno valutare fin dalla fase di progettazione la possibile associazione dell'opera con un impianto di produzione idroelettrica.

Tra i possibili nuovi interventi potrebbe essere esaminata anche la realizzazione di nuovi bacini nelle aree di ritiro dei ghiacciai. A fronte di crescenti rischi ambientali connessi al loro scioglimento, opere di contenimento armonizzate nel paesaggio potrebbero rispondere sia a finalità di water ed energy supply security che di difesa del territorio. In sede progettuale si potrebbero, infatti, prevedere anche impianti di produzione elettrica. Ad esempio, la Svizzera sta studiando il possibile utilizzo di questi siti che risultano particolarmente idonei per la realizzazione di nuovi accumuli atti a sostituire le riserve naturali perse a causa dello scioglimento dei ghiacciai.

### **Piano Invasi**

Bisogna dare seguito celermente all'attuazione del Piano Invasi, che prevede alcuni stanziamenti già quantificati per specifici interventi e che definisce i criteri per l'individuazione delle opere prioritarie. Il Piano risale al 2017 e l'anno successivo il MIT, di concerto con il MIPAAF, ha firmato il decreto di adozione del "Piano Straordinario Invasi", che prevede un finanziamento di 250 milioni di euro per 30 interventi individuati nel periodo 2018-22. Sebbene l'entità delle risorse sia largamente insufficiente rispetto al fabbisogno, costituisce un primo passo importante, che necessita di essere concretamente attuato in tempi brevi. L'obiettivo è andare nella direzione di un Piano nazionale di piccoli e medi invasi, di ben più ampia portata (20 miliardi di euro di investimenti stimati), in analogia a quanto proposto dall'Unità di Missione

contro il dissesto idrogeologico e per lo sviluppo delle infrastrutture idriche presso la Presidenza del Consiglio dei Ministri in collaborazione con l'associazione dei consorzi di bonifica.

### **Pianificazione integrata**

Tutte queste azioni richiedono un approccio di **pianificazione e gestione integrata delle risorse idriche** e dei bacini idrogeologici allo scopo di favorire gli usi multipli sul territorio e la qualità delle acque. Come evidenziato, il futuro delle opere idrauliche è destinato ad essere multifunzionale, occorre quindi sviluppare strategie atte a coniugare obiettivi ambientali ed energetici, finalizzate a massimizzare i benefici derivanti dall'impiego plurimo della risorsa acqua grazie all'utilizzo efficiente degli invasi e delle altre configurazioni analizzate.

L'effettiva realizzazione dei potenziali benefici di una politica di sostenibilità congiunta energia-acqua richiede sinergie forti tra i diversi settori, tra cui certamente quello agricolo e quindi con il sistema dei consorzi di bonifica. È opportuno promuovere un ulteriore miglioramento delle reti irrigue che ad oggi sono per la maggior parte a canaletta, con perdite ingenti di risorsa durante il trasporto. Reti più efficienti e sistemi avanzati di drip irrigation permetterebbero di ottimizzare i consumi irrigui con evidenti benefici per l'insieme degli usi dell'acqua.

È necessaria una strategia condivisa di gestione tra i diversi possibili stakeholder, che tenga in considerazione tanto le esigenze delle comunità locali che quelle del Paese nel suo complesso.

In questa logica è da valutare l'utilità di **un'autorità idrica territoriale integrata**, finora assente, a cui sia affidata trasversalmente la competenza per la pianificazione e gestione complessiva degli utilizzi idrici. Oggi l'uso civile e potabile delle acque è sostanzialmente valutato dagli ATO; gli usi irrigui disciplinati da Regioni e gestiti dai Consorzi di Bonifica con una normativa e una pianificazione a sé stante; gli usi industriali e la produzione idroelettrica sono governati da un diverso quadro normativo e di programmazione. Stratificazione normativa, articolazione delle responsabilità e frammentazione della governance portano ad una gestione inadeguata delle risorse idriche, a carenze di pianificazione e una difficile difesa del territorio. La definizione di una strategia, nazionale e territoriale, integrata, che assicuri il coordinamento tra gli usi plurimi, richiede, invece, un policy maker unitario. Un soggetto di coordinamento unico potrebbe, inoltre, quantificare puntualmente il fabbisogno di ogni settore e valorizzare opportunamente la risorsa idrica rispetto ai diversi usi.

### **Fast track autorizzativi**

Larga parte delle diverse azioni proposte, sia relative al recupero o ampliamento di opere esistenti che volte alla realizzazione di nuove, si scontrano con tempi attuativi troppo lunghi. Procedure e tempistiche di valutazione e autorizzazione eccessivamente dilatate caratterizzano quasi tutte le infrastrutture strategiche e sono alla base dei gravi ritardi nella loro costruzione. Ad esempio, i tempi per realizzare le reti di trasmissione elettrica richiedono mediamente in Italia circa 11 anni, dei quali solo tre sono relativi alla fase di effettiva costruzione.

Sono pertanto necessari percorsi facilitati con tempi certi, cosiddetti "fast track", per attuare efficacemente molti degli interventi volti a ottimizzare le sinergie energy-water finora viste.

Ciò, in particolare per quelli su opere esistenti, già in tutto o in parte integrate nel territorio, e per le quali sono già state svolte in passato valutazioni di impatto ambientale e processi di permitting. Provvedimenti di semplificazione e snellimento dei tempi per compiere gli investimenti sono urgenti alla luce della crescita delle situazioni critiche conseguenti al cambiamento climatico. Normative, come il cosiddetto “Sblocca cantieri”, non hanno ad oggi sortito l’effetto auspicato, avendo in alcuni casi all’effetto paradossale di procurare ulteriori complicazioni.

## I profili finanziari

Il finanziamento degli interventi costituisce un elemento fondamentale delle policy e deve prevedere alcune misure ad hoc, sia a livello di intero sistema e di legislazione nazionale e sovranazionale per gli investimenti strategici che a livello corporate e di specifici progetti.

Nell’ambito dei programmi e degli impegni europei e nazionali relativi al cosiddetto Green New Deal, dovrebbero essere compresi gli interventi diretti alla tutela e incremento delle disponibilità idriche. Sarebbero dunque opportune misure di **esclusione dal computo del deficit di bilancio** degli investimenti pubblici in materia di rilevanti infrastrutture idriche volte alla difesa ambientale e/o alla sicurezza del territorio. Tale esclusione, totale o parziale, dovrebbe avvenire in modo “automatico” in funzione di un set di parametri degli investimenti definiti a priori, ovvero essere identificati nel quadro di un piano nazionale complessivo negoziato ed approvato a livello europeo.

**Strumenti finanziari specifici**, come green bond, fondi dedicati e l’intervento di investitori istituzionali come infrastructural fund o la Cassa Depositi e Prestiti, in parte già indirizzata verso questi interventi, sono poi da mettere in campo. Affinché questi possano concretizzarsi è però necessario il disegno di un quadro di regole adatto, certo e di lungo periodo che favorisca l’intervento di investitori, anche internazionali, nei settori delle infrastrutture.

## La gestione del sistema delle infrastrutture idriche

Infine, **non bisogna dimenticare la gestione ordinaria delle opere e delle reti acquedottistiche e fognarie**. Il disegno di una strategia straordinaria energy-water non elimina tuttavia la necessità di continuare a perseguire con sempre maggior determinazione azioni di efficientamento finalizzate a un generale obiettivo di water saving. In particolare, allo scopo di migliorare l’utilizzo della risorsa acqua, deve essere dato nuovo impulso agli investimenti per il recupero delle inefficienze degli acquedotti e la riduzione degli sprechi, soprattutto in alcune aree critiche del Paese.

Di recente sono stati introdotti in Italia alcuni strumenti per il sostegno di questi interventi all’interno del Servizio Idrico Integrato (SII) tramite l’adozione da parte di ARERA di un modello di regolazione basato anche su premialità per gli investimenti di contenimento delle perdite di rete. Si potrebbe prevedere un rafforzamento nel tempo delle misure in quest’ambito, affiancando agli strumenti di regolazione del SII agevolazioni fiscali per interventi di efficienza idrica. Questi potrebbero ricalcare il modello dell’iper ammortamento, favorendo l’innovazione tecnologica e la digitalizzazione, trasferendo anche in questo campo l’approccio Industry 4.0.

## Bibliografia

### Parte I - La sostenibilità idrica e l'energia

ADNEC, *Energy-efficient desalination*, Abu Dhabi, 2018.

Althesys, *Il sistema elettrico italiano e le rinnovabili. Mercato, decarbonizzazione, infrastrutture*, Irex Annual Report 2019, Milano, 2019.

Althesys, *L'industria idrica e le sfide dell'economia circolare. La gestione sostenibile dei fanghi di depurazione. Water Strategy Report*, Milano, 2019.

Althesys-RSE, *L'innovazione al servizio dei cittadini. Le utility nell'era della digitalizzazione*, Milano, 2018.

Althesys, *Le politiche di gestione dell'acqua in agricoltura*, Milano, 2011.

Anderson L.M., Cordell H.K., *Influence of trees on residential property-values in Athens, Georgia (USA) a survey based on actual sales prices*. *Landscape and Urban Planning* 15 (1e2), 153e164, 1988.

Andreucci M.B., *Economic valuation of urban green infrastructure. Principles and evidence*. EPEE. N.2, 2018.

ANSA, *L'Italia usa solo l'0,1% di acqua da dissalazione*, Roma, 2017.

ARERA, *Relazione annuale sullo stato dei servizi e sull'attività svolta*, Milano, 2018.

Benedetti L. (GSE), *Presentazione della relazione sulla situazione energetica nazionale al 2017*, Roma, 2018.

Bernick L. (Trucost), *Why companies and investors need to value water differently*, Londra, 2017.

Bonardo V. (Legambiente), *L'idroelettrico ai tempi dei cambiamenti climatici*, Rienergia, Bologna, 2017.

Burek P., Satoh Y., Fischer G., Kahil M.T., Scherzer A., Tramberend S., Nava L.F., Wada Y., et al., *Water Futures and Solution - Fast Track Initiative (Final Report)*. IIASA Working Paper. Laxenburg, Austria: WP-16-006, 2016.

Chattopadhyay S., *Estimating the demand for air quality: new evidence based on the Chicago housing market*. *Land Economics* 75, 22-38, 1999.

Chaturvedi V., Hejazi M. I., Edmonds J. A., Clarke L. E., Kyle G. P., Davies E., Wise M. A., Calvin K. V., *Climate policy implications for agricultural water demand*. Pacific Northwest National Laboratory Technical Report PNNL- 22356. U.S. Department of Energy, Richland, WA, USA, 2013.

Leggett C. G., Bockstael N. E., *Evidence of the Effects of Water Quality on Residential Land Prices*, *Journal of Environmental Economics and Management*, 39, (2), 121-144, 2000.

Climate Change 2007: Synthesis Report. *Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.

CO-designing the Assessment of Climate Change costs (COACCH), *D1.2 Knowledge synthesis and gap analysis on climate impact analysis, economic costs and scenarios*, Berlino, 2018.

Codegoni A., *Dissalare l'acqua marina in modo sostenibile: tecnologie e fonti energetiche*, Roma, 2018.

- Commissione Europea, *MAES - Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*, 2013.
- Commissione Europea, *Un piano per le risorse idriche europee*, Lussemburgo, 2014.
- Commissione Europea, *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (MAES)*, Fifth report, 2015.
- Comitato per il Capitale Naturale, *Secondo rapporto sullo stato del capitale naturale in Italia*, Roma, 2018.
- Confindustria Energia, *Infrastrutture energetiche, ambiente e territorio*, Roma, 2018.
- Consiglio per la Ricerca in agricoltura e l'analisi dell'Economia Agraria (CREA), *L'agricoltura italiana conta 2018*, Roma, 2019.
- Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P.C., van der Ploeg, S., Anderson, S., Kubiszewski, I., Farber, S., Turner, R.K., *Changes in the global value of ecosystem services*. *Global Environ. Change* 26, 152–158, 2014.
- Costanza R., Kubiszewski I., Giovannini E., Lovins H., McGlade J., Pickett K. E., Ragnarsdottir K. V., Roberts D., DeVogli R., Wilkinson R., *Time to leave GDP behind*. *Nature* 505, 283–285, 2013.
- CRED and UNISDR, *The Human cost of weather related disaster 1995-2015*, 2015.
- CRED, *Disasters 2018: Year in Review*, 2018.
- Cresme, *Sintesi rapporto H2O*, Roma, 2018.
- Davidson Nick C., *How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area*. *Marine and Freshwater Research* 65, 934-941, 2014.
- De Groot R. S., Fisher B., Christie M., Aronson J., Braat L. R., Haines-Young Gowdy J., Maltby E., Neuville A., Polasky S., Portela R., Ring I., 2010. *Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation*.
- De A., Bose R., Kumar A., Mozumdar S., *Targeted delivery of pesticides using bio-degradable polymeric nanoparticles*. Springer, Berlino, 2014.
- Drainage Services Department (DSD) di Hong Kong, *Sponge City: adapting to climate change 2016-2017*, 2017.
- Elkins P. et al., *A framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability*, *Ecological Economics*, vol. 44 (2-3): pp.165-185, 2003.
- ESCAP/UNISDR, *Asia-Pacific Disaster Report: Reducing Vulnerability and Exposure to Disasters*, 2012.
- EU, *EU biodiversity action plan: 2010 Assessment*, 2010.
- EurEau, *Customers and cost recovery. Realising the Water Framework Directive*, Bruxelles, 2017.
- EurEau, *Europe's water in figures. An overview of the European drinking water and waste water sectors*, Bruxelles, 2017.
- European Energy Agency (EEA), *Annual report*, Copenhagen, 2018.
- European Energy Agency (EEA), *Towards efficient use of water resources in Europe*, Copenhagen, 2012.
- European Energy Agency (EEA), *European forest Ecosystems State and trends report*, Copenhagen, 2016.

- European Energy Agency (EEA), *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report*, Copenhagen, 2017.
- European Energy Agency (EEA), *L'acqua è vita*, Copenhagen, 2018.
- European Commission, *The 2018 annual economic report on EU blue economy*, Bruxelles, 2018.
- FAO, *The Vittel case: a public-private partnership in the mineral water industry*, Roma, 2013.
- FAO, *The state of food and agriculture. Climate change, agriculture and food security*, Roma, 2016.
- Federchimica, *L'industria chimica in cifre 2017*, Milano, 2017.
- Gardner Pinfold Consulting Economists Limited, *Economic Impact of the Atlantic Coastal Action Program (ACAP)*, 2006.
- Gill S. E., Handley J. F., Ennos A. R., Pauleit S., *Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure*. Built Environ, 2007.
- Gray J. E., Van Metre P. C., Pribil M. J., Horowitz A. J., *Tracing historical trends of Hg in the Mississippi River using Hg concentrations and Hg isotopic compositions in a lake sediment core*, Lake Whittington, Mississippi, USA, Chem. Geol., 395, 80–87, 2013.
- Grey D., Sadoff C. W., *Sink or Swim? Water security for growth and development*, Water Policy, 9(6): 545-571, 2007.
- Gruppo di lavoro del Ministero dell'Ambiente, *Secondo rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia*, Roma, 2018.
- Gruppo di lavoro del Ministero dell'Ambiente, *Terzo rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia*, Roma, 2019.
- GSE, *Rapporto statistico 2017. Fonti rinnovabili*, Roma, 2018.
- GWP, *Integrated Water Resources Management. Global Water Partnership (GWP) Technical Advisory Committee*, Background Paper No.4, 2000.
- High-Level Panel on Water outcome (HLPW), *Making Every Drop Count. An Agenda for Water Action*, 2018.
- Hutton G., Varughese, Chachyamma M., *The costs of meeting the 2030 sustainable development goal targets on drinking water sanitation, and hygiene*. Water and Sanitation Program technical paper. Washington, D.C, 2016.
- IDA, PUB, Suez, Presentazione dal titolo “Desalination and water reuse”, 2018.
- International Conference on Water and the Environment (ICWE), *The Dublin statement on water and sustainable development*, 1992.
- International Energy Agency (IEA), *World Energy Outlook 2012*, Parigi, 2012.
- International Energy Agency (IEA), *World Energy Outlook 2016*, Parigi, 2016.
- International Energy Agency (IEA), *World Energy Outlook 2017*, Parigi, 2017.
- International Energy Agency (IEA), *World Energy Outlook 2018*, Parigi, 2018.
- International Energy Agency (IEA), *Water Energy nexus*, Parigi, 2016.
- International Hydropower Association (IHA), *2018 hydropower status report. Sector trends and insights*, Londra, 2018

IPBES, *Report of the plenary of the intergovernmental science-policy platform on bio-diversity and ecosystem services on the work of its seventh session*, 2019.

IPCC, *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC, Ginevra, 2014.

Istat, *Il futuro demografico del Paese. Previsioni regionali della popolazione residente al 2065*, Roma, 2017.

Istat, *Forme, livelli e dinamiche dell'urbanizzazione in Italia*, Roma, 2017.

Istat, *Giornata mondiale dell'acqua. Le statistiche dell'Istat. Focus acqua*, Roma, 2016.

Istat, *Giornata mondiale dell'acqua. Le statistiche dell'Istat. Focus acqua*, Roma, 2018.

Istat, *Giornata mondiale dell'acqua. Le statistiche dell'Istat sull'acqua. Anni 2015-2018*, Roma, 2019.

Istat, *L'andamento dell'economia agricola. Anno 2017*, Roma, 2018.

Istat, *Stima preliminare dei conti economici dell'agricoltura. Anno 2018*, Roma, 2019.

IUCN, *Reforming water governance*, 2009.

IUCN, *Nature-based solutions to address global societal challenges*, 2015.

Lazarova V., Peregrina C., Dauthuille P., *Toward energy self-sufficiency of wastewater treatment. Water-energy interactions in water reuse*, IWA Publishing, Londra, UK, 2012.

Leggett, C.G., Bockstael, N.E., *Evidence of the effects of water quality on residential land prices. Journal of Environmental Economics and Management*, 2000.

Lund M. (Symbiosis Center Denmark), *Kalundborg symbiosis*, Kalundborg, 2018.

Mariutti E., *Cambiamento climatico, costi e conseguenze per l'Italia*, Affari Internazionali, Roma, 2018.

Mathioudakis V., Gerbens-Leenes P.W., Van der Meer T.H., Hoekstra A.Y., *The water footprint of second-generation bioenergy: a comparison of biomass feedstocks and conversion techniques*, 2017.

Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare, Direzione per la Protezione della Natura (Giupponi C., Galassi S., Pettenella D., Secco L., Gatto P., Costantini M.), *Definizione del metodo per la classificazione e quantificazione dei servizi ecosistemici in Italia. Progetto: "Verso la Strategia Nazionale per la Biodiversità: i contributi della Conservazione Eco-regionale"*, p.34, Roma, 2009.

Ministero dello Sviluppo Economico, *La situazione energetica nazionale nel 2017*, Roma, 2018.

Mudang R., Thaw I., Alverson K., Mumba M., Liu J., & Rivington, M., *Climate change and Ecosystem-based Adaptation: A new pragmatic approach to buffering climate change impacts*. Current Opinion in Environmental Sustainability, 5 (1), 67-71, 2013.

OECD, *Global modelling of natural hazard risks: enhancing existing capabilities to address new challenges*, Parigi, 2012.

OECD, *Agriculture and water. Background note*, Parigi, 2016.

OECD, *Land-water-energy nexus*, Parigi, 2017.

OECD, *Diffuse pollution, degraded waters emerging policy solutions*, Parigi, 2017.

- OECD, *The land-water-energy nexus biophysical and economic consequences*, Parigi, 2018.
- OECD, *Global outlook on financing for sustainable development 2019*, Parigi, 2018.
- OECD, *Climate-resilient infrastructure*, Parigi, 2018.
- Ramm K. (EurEau), *Time to invest in Europe's water infrastructure*, articolo del 2 maggio 2018.
- Rombi S., *Industrial symbiosis in Kalundborg: turning waste into a resource*, 2015.
- Russo A., Falcone M. (CAP Holding S.p.A.), *Le metropoli e l'acqua*, Milano, 2016.
- Ryan S. (Amec Foster Wheeler) for World Water: water reuse & desalination, *Regional Trends. Europe moves forward on water reuse*, 2016.
- Rockström, J., W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F. S. Chapin, III, E. Lambin, T. M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H. Schellnhuber, B. Nykvist, C. A. De Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P. K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R. W. Co-rell, V. J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, and J. Foley, *Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. Ecology and Society*, 14(2): 32, 2009.
- Rojas M., Aylward B., *What are we learning from experiences with markets for environmental services in Costa Rica? A review and critique of the literature*, 2003.
- Sander H.A., Polasky S., Haight R.G., *The value of urban tree cover: a hedonic property price model in Ramsey and Dakota County, Minnesota, USA. Ecological Economics* 69, 2010.
- Sato T., Qadir M., Yamamoto S., Endo T., Zahoor, A., *Global, regional, and country level need for data on wastewater generation, treatment, and use. Agricultural Water Management*, 2013.
- Sauvé S., Desrosiers M., *A review of what is an emerging contaminant*, Chemistry Central Journal volume 8, 2014.
- Shah T., *Political economy of the energy-groundwater nexus in India: exploring issues and assessing policy options. In the agricultural groundwater revolution: opportunities and threats to development* (M. Giordano and K.G. Villholth). Wallingford, UK, 2007.
- Skovbjerg M. (Symbiosis Center Denmark), *Presentazione Industrial energy symbiosis, Kalundborg*, 2015.
- Snam Rete Gas, *Annual Report 2018*, San Donato Milanese, 2019.
- Snam Rete Gas, *Financial disclosure on climate change 2018*, San Donato Milanese, 2019.
- Snam Rete Gas, *Report di sostenibilità 2018*, San Donato Milanese, 2019.
- Spagni, M. Ferraris, D. Mattioli, L. Petta, C. Brunori (ENEA), *Water-energy nexus: la parte oscura del ciclo dell'acqua, cambiamenti climatici ed economia circolare*, Roma, 2016.
- Steffen W., Richardson K., Rockström J., Cornell S.E., Fetzer I., Bennett E.M., Biggs R., Carpenter, S.R., de Vries W., de Wit C.A., Folke C., *Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science* 347, 2015.
- Terna, *Bilancio elettrico 2017*, Roma, 2018.
- Terna, *Piano di sviluppo 2018*, Roma, 2018.
- Terna, Sistan, *Dati statistici sull'energia elettrica in Italia. 2017*, Roma, 2018.
- The Economics of Ecosystems and Biodiversity – TEEB. 2010.

- Tyrväinen L., Miettinen A., *Property prices and urban forest amenities*. Journal of Environmental Economics and Management 39, 2000.
- UN, *The Dublin Statement on Water and Sustainable Development*, 1992.
- UN, *Approach for reporting on ecosystem services: Incorporating ecosystem services into an organization's performance disclosure*, 2011.
- UN, *Water Annual Report 2013*, 2013.
- UN, *72nd Session of the UN General Assembly (UNGA 72)*, 2017a.
- UN, *World Water Development Report, Wastewater. The Untapped Resource*, 2017b.
- UN, *High Level Panel on Water (HLPW) report*, 2018a.
- UN, *World Water Development Report 2018. Nature based solutions for water*, 2018b.
- UN, *World Water Development Report 2019. Living no one behind*, 2019.
- UNDRR, *The human cost of weather-related disasters 1995-2015*, 2015.
- UNECE, *Forests, Water Valuation, and payments for forest ecosystem services*, 2018c.
- UNEP, *UNEP Year Book 2011: emerging issues in our global environment*, Nairobi, 2011.
- UNEP, *Global Environmental Outlook GEO-5*, Nairobi, 2012.
- UNEP, *A snapshot of the world's water quality: towards a global assessment*, Nairobi, 2016.
- UNESCAP e UNISDR, *Reducing Vulnerability and Exposure to Disasters. The Asia-Pacific Disaster Report 2012*, 2012.
- UNESCO, *Water for people, water for life*, 2003.
- United Nations Water, *Water and energy. Volume 1*, Parigi, 2014.
- Utilitalia, Fast Ambiente Academy, Federazione delle Associazioni Scientifiche e Tecniche, *Presentazione Investimenti, innovazioni ed incentivi per gli acquedotti in Italia*, 2017.
- Van Vliet M., Behrens P., Rodrigues J.F.D., *Climate change and the vulnerability of electricity generation to water stress in the European Union*, 2017.
- Water Energy Council, *Water for Energy*, 2010.
- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), *Water, Energy and Climate Change*, Ginevra, 2009.
- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), *Recycling wastewater to lower demand on potable water sources - Kwinana power plant*, Ginevra, 2017.
- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), *CEO guide to water. Building resilient business*, Ginevra, 2018.
- World Bank, *High and dry*, Washington, 2016.
- World Bank Group, Esmap, SERIS, *where sun meets water. Floating solar market report. Executive summary*, 2018.
- World Bank Group, *Reducing Inequalities in Water Supply, Sanitation, and Hygiene in the Era of the Sustainable Development Goals: Synthesis Report of the WASH Poverty Diagnostic Initiative*, Washington, DC, 2017.
- World Economic Forum, *The Global Risks Report 2016*, 2016.

- World Economic Forum, *The Global Risks Report 2019*, 2019.
- World Water Council, *Water Infrastructure for Climate Adaptation report*, 2018.
- WUGBU, 2008. Solving the climate dilemma: The budget approach
- Wunder S., *Revisiting the concept of payments for environmental services*, Ecological Economics, 2015.
- Wunder, S., Bui Dung The, E. Ibarra, *Payment is good, control is better: why payments for environmental services so far have remained incipient in Vietnam* (draft), 2002.
- WWF, *Caring for our soil. Avere cura della natura dei territori*, Roma, 2017.
- Xiawei Liao, Jim W. Hall, *Drivers of water use in China's electric power sector from 2000 to 2015*, 2018.
- Zerbi D., *Vantaggi e svantaggi della dissalazione, una soluzione contro la siccità*, Roma, 2018.
- Zhongfan Zhu, Dingzhi Peng, Hongrui Wang, *Seawater desalination in China: an overview*, 2018.
- Zwolsman J.J.G., Bokhoven A.J.v., *Impact of summer droughts on water quality of the Rhine River - a preview of climate change?*, Water Science & Technology 56 (4), 10, 2010.

## Parte II - Il ruolo dell'industria elettrica

- Althesys, *Le politiche di gestione dell'acqua in agricoltura*, Milano, 2011.
- Althesys (Osservatorio Agroenergia), *Le agroenergie nei nuovi scenari energetici*, Milano, 2014.
- Althesys, *L'idroelettrico crea valore per l'Italia. Scenari e proposte di policy per ammodernare e valorizzare il parco idroelettrico italiano*, Milano, 2017.
- Arcadis, *Hydropower generation in the context of the EU WFD*, studio commissionato dalla DG Ambiente della Commissione europea, 2011.
- Castillo L., Gutierrez W., Gore J. (articolo di Scientific American del 7 agosto 2018), *Renewable energy saves water and creates jobs*.
- China Water Risk (CWR) e IRENA, *Water use in China's power sector: impact of renewables and cooling technologies to 2030*, 2016.
- China Water Risk (CWR), *Towards a water & energy secure China tough choice ahead in power expansion with limited water resources*, 2015.
- Commissione Europea, *Guida alla produzione di energia idroelettrica nel rispetto della normativa UE sulla tutela della natura*, Bruxelles, 2018.
- Commissione Europea, *The 2018 annual economic report on EU blue economy*, Bruxelles, 2018.
- Comunicazione della Commissione Europea *Verso una gestione sostenibile delle acque nell'Unione Europea*, rientrante nella prima fase di attuazione della Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE), COM (2007).
- Decreto Legislativo n. 28 del 3 marzo 2011, *Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE*.
- DPA International, *Nuclear plant in Germany to be temporarily shut down due to heat*, articolo del 25 luglio 2019.

- E-gazette, *In Sicilia Eni produce biocarburante dalle alghe e dalla CO<sub>2</sub>. Ecco come funziona*, 2017.
- Eni, *Eni coltiva un'alga per produrre bio-carburante*, 2017.
- Eurelectric and VGB, *Facts of Hydropower in the EU*, 2018.
- European Commission, *JRC Technical Reports. Bioenergy and water*, Bruxelles, 2013.
- European Energy Agency (EEA), *European waters assessment of status and pressures 2018*, Copenhagen, 2018.
- European Wind Energy Association (EWEA, ora divenuta WindEurope), *Saving water with wind energy*, Bruxelles, 2014.
- Fernández Thévoz L., *French heatwave warning as EDF to shut 2.6 GW of capacity*, articolo di Montel del 22 luglio 2019.
- Garnier A., Barillier A., *The Kembs project: environmental integration of a large existing hydro-power scheme*, Parigi, 2015.
- International Energy Agency (IEA), *Making the energy sector more resilient to climate change*, Parigi, 2015.
- International Energy Agency (IEA), *Renewables 2018. Analysis and Forecasts to 2023*, Parigi, 2018.
- International Finance Corporation (IFC), *Public-Private Partnership stories. Scaling solar Zambia*, 2016.
- International Partnership on Mitigation and MRV, Kenya. *Prioritising mitigation and adaptation options as part of the development of a National Climate Change Action Plan*, 2018.
- International Renewable Energy Agency (IRENA) e World Resources Institute (WRI), *Water use in India's power generation. Impact of renewables and improved cooling technologies to 2030*, 2018.
- Joint Research Centre (JRC), *The 2018 Annual Economic Report on the EU Fishing Fleet*, Lussemburgo, 2018.
- Macknick J. et al. (Environmental Research Letters, Vol. 7, No. 4 del 20 dicembre 2012), *Operational Water Consumption and Withdrawal Factors for Electricity Generating Technologies: A Review of Existing Literature*.
- Ministry of Environment and Natural Resources of Kenya, *Kenya National Adaptation Plan 2015-2030. Enhanced climate resilience towards the attainment of Vision 2030 and beyond*, Nairobi, 2016.
- Ministry of Environment and Natural Resources of Kenya, *National Climate Change Action Plan 2013 – 2017*, Nairobi, 2013.
- Nuaimy-Barker R., Overseas Development Institute (ODI), Oil Change International, International Institute for Sustainable Development, *G20 subsidies to oil, gas and coal production: Brazil*, 2015.
- OECD, *The ocean economy in 2030*, Parigi, 2016.
- Reuters, *Zambia electricity deficit rises to 985 MW*, articolo del 22 settembre 2015.

RFI e Hird A., *France's nuclear electricity production 'threatened by heatwaves'*, articolo del 26 luglio 2019.

Sesma-Martín D., *The river 's light: water needs for thermoelectric power generation in the Ebro river basin, 1969–2015*, Pamplona, 2019.

Pan. S., Snyder S., Packman A., Lin Y., Chiang P., *Cooling water use in thermoelectric power generation and its associated challenges for addressing water-energy nexus*, paper di Chinese Roots Global Impact, 2018.

UNEP, Öko-Institut, IEA Bioenergy, *The bioenergy and water nexus*, 2010.

United Nations Water, *Water and energy. Volume 1*, Parigi, 2014.

U.S. Global Change Research Program, *Fourth National Climate Assessment*, Washington, 2018.

United States Agency of International Development (USAID) e National Renewable Energy Laboratory (NREL), *Bridging climate change resilience and mitigation in the electricity sector through renewable energy and energy efficiency*, 2017.

Van Oldenborgh G. J., Philip S., Kew S. (KNMI), Vautard R., Boucher O. (IPSL Paris), Otto F., Haustein K. (University of Oxford), Soubeyroux J., Ribes A., Robin Y. (Météo France), Seneviratne S. I., Vogel M. M. (ETH Zürich), Stott P. (UK Met Office), Van Aalst M. (ITC/University of Twente and Red Cross Red Crescent Climate Centre), *Human contribution to the record-breaking June 2019 heat wave in France*, 2019.

Vesentini I., *Alge hi-tech per produrre biodiesel: Modena avvia il primo impianto grazie alla tecnologia di Teregroup*, 2014.

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), *Restoration of the Old Rhine River*, Ginevra, 2014.

World Bank Group e United Nations, *The potential of the blue economy. Increasing long-term benefits of the sustainable use of marine resources for small island, developing states and coastal least developed countries*, Washington, 2017.

World Nuclear News, *California moves to ban once-through cooling*, articolo del 6 maggio 2010.

Wu M., Zhang Z., Chiu Y., *Life-cycle water quantity and water quality implications of biofuels*, 2014.

WWF, *Principles for a sustainable blue economy*, Gland, 2018.

### **Parte III - Gli impianti di desalinizzazione**

ADNEC, *Energy-efficient desalination*, Abu Dhabi, 2018.

Advisian Worley Gropu, *The cost of desalination*, <https://www.advisian.com/en-gb/global-perspectives/the-cost-of-desalination>

Agència Catalana de l'Aigua, <http://aca.gencat.cat/es/laigua/infraestructures/dessalinitzadores/dessalinitzadora-del-prat/index.html>

- AIE, *WEO-2018 Special Report: Outlook for Producer Economies. What do changing energy dynamics mean for major oil and gas exporters?* 2018.
- Al-Barwani H., *Seawater desalination in Oman*, in Arab Water World, dicembre 2008, [www.ifh.uni-karlsruhe.de/science/envflu/Research/brinedis/publications/Artcle%20AW-WXXXII12.pdf](http://www.ifh.uni-karlsruhe.de/science/envflu/Research/brinedis/publications/Artcle%20AW-WXXXII12.pdf)
- Al-bahou M., Al-Rakaf Z., Zaki H., Ettouney H., *Desalination experience in Kuwait*, in Desalination, Vol. 204, 2007.
- Ali Abdelkareema M., El Haj Assad M., Sayed E. T., Soudan B., *Recent progress in the use of renewable energy sources to power water desalination plants*, in Desalination, Vol. 453, 2018.
- Alnajdi O., Calautit J. K., Wu Y., *Development of a multi-criteria decision making approach for sustainable seawater desalination technologies of medium and large scale plants: a case study for Saudi Arabia's vision 2030*, in Energy Procedia, Vol. 158, 2019.
- Aquadure, *The Victorian Desalination Plant*, <https://www.aquasure.com.au/>
- Area Metropolitana de Barcelona, <http://www.amb.cat/web/medi-ambient/aigua/instalacions-i-equipaments/detall/-/equipament/dessalinitzadora-del-prat-de-llobregat/348901/11818>
- Arroyo F., Morillo J., Usero J., Rosado D., El Bakouria H., *Lithium recovery from desalination brines using specific ion-exchange resins*, in Desalination, Vol. 468, 2019.
- Asociación Española de Desalación y Reutilización, *Cifras de desalación en España*, 11 febbraio 2019. <https://www.aedyr.com/es/cifras-desalacion-espana>
- Australian Government, Bureau of Metereology, *Water in Australia 2017–18*.
- Australian Government, *Reforming Urban Water, A national pathway for change*, dicembre 2017.
- Autorità Idrica della Toscana, *Riflessioni Sui Risultati Del Bilancio Idrico Dell'isola D'Elba 2018*, aprile 2019.
- Azienda Servizi Ambientali, *Autonomia Idrica Isola D'Elba Lotto I: Impianto Di Dissalazione In Loc. Mola Da 80 L/S E Opere Accessorie A Terra E A Mare*, 29 maggio 2017.
- Barron O., Ali R., Hodgson G., Smith D., Qureshi E., McFarlane D., Campos E., Zarzo D., *Feasibility assessment of desalination application in Australian, traditional agriculture*, in Desalination, Vol. 364, 2015
- Beyth M., *Water Crisis in Israel*, 2015.
- Burek, P., Satoh, Y., Fischer, G., Kahil, M. T., Scherzer, A., Tramberend, S., Nava, L. F., Wada, Y., Eisner, S., Flörke, M., Hanasaki, N., Magnuszewski, P., Cosgrove, B. and Wiberg, D. 2016. *Water Futures and Solution: Fast Track Initiative (Final Report)*. IIASA Working Paper. Laxenburg, Austria, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). [pure.iiasa.ac.at/13008/](http://pure.iiasa.ac.at/13008/)
- Bang J.H., Chae S. C., Lee S.-W., Kim J.-W., Song K., Kim J., Kim W., *Sequential carbonate mineralization of desalination brine for CO<sub>2</sub> emission reduction*, in Journal of CO<sub>2</sub> Utilization, Vol. 33, 2019
- Bramanti S., *Dissalatore di Mola, Damiani fa il punto: "Solo se non esistono altre chance"*, 24 aprile 2019 <http://www.costaovest.info/dissalatore-di-mola-damiani-fa-il-punto-solo-se-non-esistono-altre-chance/>

Chartres C., Williams J., *Can Australia Overcome its Water Scarcity Problems?*, in Journal of Developments in Sustainable Agriculture, 2006.

CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems (WLE), International Water Management Institute (IWMI), Manzoor Qadir, Andrew D. Noble, Fawzi Karajeh and Biju George, *Potential Business Opportunities from Saline Water and Salt-affected Land Resources*, 2015.

Claret COUNSULTING, *Us Desalination Market Report*, 2013.

CNR, *Dissalare l'acqua marina in modo sostenibile, tecnologie e fonti energetiche*, 27 febbraio 2018, [https://www.cnr.it/sites/default/files/public/media/rassegna\\_stamp/20180227\\_Mo-nimegacom\\_dissalare.pdf](https://www.cnr.it/sites/default/files/public/media/rassegna_stamp/20180227_Mo-nimegacom_dissalare.pdf)

Dindi A, Quang D. V., AlNashef I., Abu-Zahra M. R.M., *A process for combined CO<sub>2</sub> utilization and treatment of desalination reject brine*, in Desalination, 442, 2018.

Global Water Intel, GWI, *Desalination Market 2010*, 7. Bahrain.

Global Water Intel, GWI, *Desalination Market 2016*, 14. Oman.

Greenreport.it, *Le polemiche sul dissalatore all'Elba e il documento sulla dissalazione del Festival dell'Acqua 2017*, 11 ottobre 2017, <http://www.greenreport.it/news/acqua/le-polemiche-sul-dissalatore-all'Elba-documento-sulla-dissalazione-del-festival-dellacqua-2017/>

Imenez T., *España duplicará la producción de agua desalada*, in Agua y medio ambiente, El Economista, n.62, 2019, <https://s03.s3c.es/pdf/6/a/6a57e75e915df8b7495cf5943074410ba-gua.pdf>

International Atomic Energy Agency, *Environmental Impact Assessment of Nuclear Desalination*, 2010 [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te\\_1642\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1642_web.pdf)

International Center for Biosaline Agriculture, *ICBA scientists manage to increase fish biomass by 300% using reject brine*, 6 luglio 2018, <https://www.biosaline.org/news/2018-06-07-6506>

International Water Association, *Desalination—the Australian Experience*, <https://iwa-network.org/news/desalination-australian-experience/>

International Water Summit, *Energy Efficient Desalination Meeting the GCC's water needs in an environmentally sustainable way*, gennaio 2018.

IRENA, *Water Desalination Using Renewable Energy*, 2013, 12 gennaio 2013, [https://iea-etsap.org/E-TechDS/PDF/I12IR\\_Desalin\\_MI\\_Jan2013\\_final\\_GSOK.pdf](https://iea-etsap.org/E-TechDS/PDF/I12IR_Desalin_MI_Jan2013_final_GSOK.pdf)

Jones E., Qadir M., van Vliet M. T.H., Smakhtin V., Kang S., *The state of desalination and brine production: A global outlook*, in Science of the Total Environment, Vol. 657, 2019.

Legambiente-CNR, *Isole sostenibili – Osservatorio sulle Isole minori*, marzo 2019 <https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/Isole-Sostenibili-Rapporto-2019.pdf>

Lobelog, *Gulf Escalation Threatens Drinking Water*, 26 giugno 2019, <https://lobelog.com/gulf-escalation-threatens-drinking-water/>

L'Unione Sarda.it, *Villasimius, quel carissimo dissalatore costruito e poi abbandonato*, 25 luglio 2017, [https://www.unionesarda.it/articolo/cronaca/2017/07/25/villasimius\\_quel\\_carissimo\\_dissalatore\\_costruito\\_e\\_poi\\_abbandonat-68-626869.html](https://www.unionesarda.it/articolo/cronaca/2017/07/25/villasimius_quel_carissimo_dissalatore_costruito_e_poi_abbandonat-68-626869.html)

Mansouri N. Y., Ghoniem A. F., *Does nuclear desalination make sense for Saudi Arabia?*, in Desalination, Vol. 406, 2017.

March H., Saurí, D., Rico-Amorós, A.M., *The End of Scarcity? Water Desalination as The New Cornucopia for Mediterranean Spain*, Journal of Hydrology, 2014.

Marinelli M., *“Dissalazione nucleare”*, Quaderni Ordine Ingegneri della Provincia di Roma, 02/2015.

Melbourne Water, <https://www.melbournewater.com.au/water/securing-our-water-supply/how-water-sector-taking-action/desalination>

Mekonnen, M. M., Hoekstra, A. Y. 2016. *Four billion people facing severe water scarcity*, in Science Advances, Vol. 2, No. 2. doi.org/10.1126/sciadv.1500323

Middle East Utility, *Morocco Expected To Be Home To Africa’s Largest Desalination Plant*, 04 luglio 2019, <https://www.utilities-me.com/news/13155-morocco-expected-to-be-home-to-africas-largest-desalination-plant>

Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, *Valutazione degli impatti e dei rischi per gli scarichi dei dissalatori - Il Sottosegretario Micillo sottoscrive il “decalogo” per il problema dell’approvvigionamento idrico mediante dissalazione*, 26 febbraio 2019, <https://www.minambiente.it/notizie/valutazione-degli-impatti-e-dei-rischi-gli-scarichi-dei-dissalatori-il-sottosegretario>

Ministry of Finance of Israel, *Background - Seawater Desalination in Israel* [https://mof.gov.il/en/InternationalAffairs/InfrastructuresAndProjects/Projects/Pages/Background\\_DesalinationInIsrael.aspx](https://mof.gov.il/en/InternationalAffairs/InfrastructuresAndProjects/Projects/Pages/Background_DesalinationInIsrael.aspx)

Mohammad A.F., El-Naas M.H., Al-Marzouqi A.H., Suleiman M.I., Al Musharfy M., *Optimization of magnesium recovery from reject brine for reuse in desalination post-treatment*, in Journal of Water Process Engineering, Vol. 31, 2019.

Mohsen M. S., Akash B., Abdo A. A., Akash O., *Energy Options for Water Desalination in UAE*, Procedia Computer Science, V. 83, 2016.

OECD *Water Resources Allocation: Sharing Risks and Opportunities*, 2015.

O’Neill Ocasio K. M., *Feeling Salty? Regulating Desalination Plants in the United States and Spain*, in Cornell International Law Journal, Vol. 48.

Pacific Institute, *Agricultural Water Conservation and Efficiency Potential in California*, giugno 2014, <https://pacinst.org/wp-content/uploads/2014/06/ca-water-ag-efficiency.pdf>

Panagiotis K., *A Review of Desalination Potential in Greek Islands Using Renewable Energy Sources, a Life Cycle Assessment of Different Units*, in European Journal of Sustainable Development, Vol. 6, 2017.

Panagopoulos A., Haralambous K. J., Loizidou M., *Desalination brine disposal methods and treatment technologies - A review*, in Science of the Total Environment, Vol. 693, 2019.

Pandslegal, *Desalinizzazione dell’acqua di mare*, <https://www.pandslegal.it/sostenibilita/oroblu-desalinizzazione-acqua-di-mare/>

Prabhu C., *25pc growth in Oman’s water desalination capacity by 2022*, 28 gennaio 2018, <https://www.omanobserver.om/25pc-growth-omans-water-desalination-capacity-2022/>

Qui news Elba, *10 risposte sul dissalatore dell’Elba*, 20 ottobre 2017, <https://www.quinewselba.it/10-risposte-sul-dissalatore-dellelba.htm>

Rahman H., Javaid Zaidi, S. *Desalination in Qatar: Present Status and Future Prospects*, in Civil Engineering Research Journal, Vol. 6, novembre 2018.

Rao P., Morrow III W.R., Aghajanzadeh A., Sheaffer P., Dollinger C., Brueske S., Cresko J., *Energy considerations associated with increased adoption of seawater desalination in the United States*, in *Desalination*, Vol. 445, 2018.

Redazione QualEnergia, *Energia solare e acqua marina per alimentare nuove fattorie rinnovabili*, 10 ottobre 2016, <https://www.qualenergia.it/articoli/20161010-energia-solare-e-acqua-marina-per-alimentare-le-nuove-fattorie-rinnovabili/>

Rinnovabili.it, *Trasformare i rifiuti della desalinizzazione in nuove risorse*, 14 febbraio 2019, <http://www.rinnovabili.it/ambiente/desalinizzazione-rifiuti-risorse/>

Robbins J., *Desalination Is Booming as Cities Run out of Water*, 27 giugno 2019, <https://www.wired.com/story/desalination-is-booming-as-cities-run-out-of-water/>

Rognoni M., *La dissalazione dell'acqua di mare*, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2010.

Saadat A. H. M., Islam M. S., Parvin F., A. Sultana, *Desalination Technologies for Developing Countries: A Review*, in *Journal of Scientific Research*, Vol. 10, 2018.

Saleh L., al Zaabi M., Mezher T., *Estimating the social carbon costs from power and desalination productions in UAE*, in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 114, 2019

Sánchez A. S., Nogueira I.B.R., Kalid R.A., *Uses of the reject brine from inland desalination for fish farming, Spirulina cultivation, and irrigation of forage shrub and crops*, in *Desalination*, Vol. 364, 2015.

Sanz M. A., Stover R., *Low energy consumption in the Perth seawater desalination plant*, [https://www.researchgate.net/publication/228491362\\_Low\\_energy\\_consumption\\_in\\_the\\_Perth\\_seawater\\_desalination\\_plant](https://www.researchgate.net/publication/228491362_Low_energy_consumption_in_the_Perth_seawater_desalination_plant)

Sarcina F., *Studio Usa: acqua potabile dal mare a basso costo e altissima efficienza*, *Il Sole 24 ore*, 9 aprile 2018.

Seqwater, *Fact sheet About the Gold Coast Desalination Plant*, <https://www.seqwater.com.au/s3fs-public/12%2008%202015-%20FACT%20SHEET%20-%20GC%20Desal%20plant.pdf>

Shahzad M. W., Burhan M., Ang L., Choon Ng K., *Energy-water-environment nexus underpinning future desalination sustainability*, in *Desalination*, Vol. 413, 2017.

Sharon H., Reddy K.S., *A review of solar energy driven desalination technologies*, in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015.

Smart Energy International, *Dubai to power desalination with solar*, 16 aprile 2019 <https://www.smart-energy.com/renewable-energy/dubai-to-power-desalination-with-solar/>

South Florida Water Management District, <https://www.sfwmd.gov/our-work/alternative-water-supply/desalination>

Spiritos E., Lipchin C., *Desalination in Israel*, Arava Institute for Environmental Studies

Sundropfarms, <https://www.sundropfarms.com/>

Sultan H., *Desalination Plants in the emirate Of Abu Dhabi*, <http://www.desware.net/Sample-Chapters/D01/D18-001.pdf>

Sydney Desalination Plant, <https://www.sydneydesal.com.au/faqs/>

Tenne A., *Sea Water Desalination in Israel: Planning, coping with difficulties, and economic aspects of long-term risks*, *State of Israel, Water Authority Desalination Division*, 2010.

Texas Desalination Association, <https://www.texasdesal.com/>

Texas Water Development Board, *The Future of Desalination in Texas 2018. Biennial Report to the 86th Texas Legislature on Seawater and Brackish Groundwater Desalination*, 1 dicembre 2018.

The Cooperation Council for the Arab States of the Gulf (GCC) General Secretariat, *Desalination in the GCC. The History, the Present & the Future*, 2014 <http://www.gcc-sg.org/en-us/CognitiveSources/DigitalLibrary/Lists/DigitalLibrary/Water%20and%20Electricity/1414489603.pdf>

The Economist Group's World Ocean Initiative, *Chapter 5: Rising salinity from desalination*, 2018 [https://www.woi.economist.com/content/uploads/2019/01/Charting-the-course-for-ocean-sustainability-in-the-Indian-Ocean-Rim\\_Chapter-5-Rising-water-salinity.pdf](https://www.woi.economist.com/content/uploads/2019/01/Charting-the-course-for-ocean-sustainability-in-the-Indian-Ocean-Rim_Chapter-5-Rising-water-salinity.pdf)

The Knesset Research and Information Center, *Israeli Water Sector—Key Issues*, 25 febbraio 2018.

The Saline Water Conversion Corporation, <https://www.swcc.gov.sa/english/AboutSWCC/Pages/about.aspx>

U. Caldera, D. Bogdanov, S. Afanasyeva e C. Breyer, *Role of Seawater Desalination in the Management of an Integrated Water and 100% Renewable Energy Based Power Sector in Saudi Arabia*, in *Water* 2018, Vol. 10, 2017.

The United Arab Emirates Government portal, *Water Security Strategy 2036*, <https://government.ae/en/information-and-services/environment-and-energy/water-and-energy/water->

Turner A, Sahin O, Giurco D., Stewart R., Porter M., *The potential role of desalination in managing flood risks from dam overflows: the case of Sydney*, Australia, in *Journal of Cleaner Production*, Vol. 135, 2015.

Ullah I., Rasul M. G., *Recent Developments in Solar Thermal Desalination Technologies: A Review*, in *Energies*, Vol.12, 2018.

UNDESA, *World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables*. Working Paper No. ESA/P/WP/248. New York, United Nations. [esa.un.org/unpd/wpp/publications/](http://esa.un.org/unpd/wpp/publications/)

United Nations Water, *Rapporto mondiale delle Nazioni Unite sullo sviluppo delle risorse idriche 2019, Nessuno sia lasciato indietro*.

U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation Technical Service Center Denver, Colorado, *Desalination and Water Purification Research and Development Program Report No. 207, Updated and Extended Survey of U.S. Municipal Desalination Plants*, dicembre 2018

Walton M., *Commentary: Desalinated water affects the energy equation in the Middle East*, 21 gennaio 2019, <https://www.iea.org/newsroom/news/2019/january/desalinated-water-affects-the-energy-equation-in-the-middle-east.html>

Water Briefing Global, *Kuwait to target 50% increase in desalinated water capacity over next decade*, 12 marzo 2019, <https://www.waterbriefingglobal.org/kuwait-to-target-50-increase-in-desalinated-water-capacity-over-next-decade/>

Water Corporation, *Perth Seawater Desalination Plant*, <https://www.watercorporation.com.au/water-supply/our-water-sources/desalination/perth-seawater-desalination-plant>

Water Corporation Southern Seawater Desalination Plant, <https://www.watercorporation.com.au/water-supply/our-water-sources/desalination/southern-seawater-desalination-plant>

Water Technology, *Barcelona Sea Water Desalination Plant*, <https://www.water-technology.net/projects/barcelonadesalinatio/>

Water Technology, *Gold Coast Desalination Plant*, Queensland, <https://www.water-technology.net/projects/gold-coast-plant/>

Water Technology, *Growth expected for global water desalination market from 2018 to 2025* <https://www.watertechnonline.com/growth-global-water-desalination-market/>

Water Technology, *Kurnell Desalination Plant* <https://www.water-technology.net/projects/kurnell-desalination/>

Younos T., *The Economics of Desalination*, Universities Council On Water Resources, Journal of Contemporary Water Research & Education, Vol. 132, 2005.

Zotalis K., Dialynas E.I G., Mamassis N., Angelakis A. N., *Desalination Technologies: Hellenic Experience*, in Water, Vol. 6, 2014.

#### **Parte IV - Idroelettrico e ottimizzazione della water supply security**

ALDAI, *Le Dighe in Italia per la Produzione e l'Accumulo Idroelettrico*, Milano, 27 novembre 2018.

Allamano P., Politecnico di Torino, *Il Mini Hydro*, Torino, 2016.

Alterach J. - RSE, *Idroelettrico, descrizione tecnica*, 2017.

Althesys, *L'idroelettrico crea valore per l'Italia. Scenari e proposte di policy per ammodernare e valorizzare il parco idroelettrico italiano*, Milano, giugno 2018.

ANBI - Associazione Nazionale Consorzi di gestione e tutela del territorio e acque irrigue, *Rapporto annuale 2017*, Roma, 2018.

ANBI, Italia Sicura - Presidenza del Consiglio dei Ministri, *Manutenzione Italia: azioni per l'Italia sicura, opere incompiute*, Roma ottobre 2017.

ARE Liguria, *Piccoli impianti idroelettrici. Elettricità da fonti rinnovabili in Liguria* Genova, 2006.

Associazione Termotecnica Italiana sezioni Lombardia e Veneto-Trentino, *Canali irrigui ed energia; lo small hydro, ruolo e potenzialità*, maggio 2018.

Bio Intelligence Service, *Water saving potential in agriculture in Europe: findings from existing studies and application to case studies*, Bruxelles, 12 gennaio 2012.

Camera dei Deputati – Servizio Studi, *Gestione e tutela delle acque*, Roma, gennaio 2019.

CESI Ricerca, *Risultati del censimento del potenziale mini-idro e realizzazione del sistema informativo territoriale*, Roma, dicembre 2006.

Comitato per il capitale naturale, *Secondo rapporto sullo stato del capitale naturale in Italia*, Roma, 2018.

Commissione Europea – European Small Hydro Association, *Guida all'idroelettrico minore*, Bruxelles, 1998.

Commissione Europea: *Guida alla produzione di energia idroelettrica nel rispetto della normativa UE sulla tutela della natura*, Bruxelles, 2018.

De Stefano L., Llamas & M.R. "Water, Agriculture and the Environment in Spain: can we square the circle?" Madrid, 2012.

Deidda R., *Idrologia. Cap. 4 Evaporazione*, Cagliari, 2017.

DNV-GL, *The hydropower sector's contribution to a sustainable and prosperous Europe. Policy report*, Bonn, 10 June 2015.

Edilizia e Territorio, quotidiano del Sole 24 Ore, *Piano invasi, ecco le 87 opere finanziate con 510 milioni*, maggio 2019.

Edison – EdF Group, *I costi di costruzione degli impianti Small Hydro e la loro sostenibilità economica*, Milano, maggio 2018.

ENEL, *Bilancio di Sostenibilità 2018*, Roma, 2018.

ENEL, *Dichiarazione Ambientale 2015. Impianti idroelettrici UB Hydro Centro*, Montorio al Vomano (TE), giugno 2015.

ENEL Green Power, *Sistemi elettrici vicini all'ambiente ed ai cittadini, esperienze di Enel Green Power*, Bressanone, maggio 2019.

Fiori G., *Mini/micro idroelettrico: quali possibilità?* Festival dell'Acqua, Bressanone, 13 maggio 2019.

Giornaletrentino, *A Passo Coe è nato un lago alpino*, Trento, 23 agosto 2019.

GSE, *Bollettino Incentivazione alle Fonti rinnovabili – 2° semestre 2018*, Roma, 2019.

GSE, *Rapporto Statistico Fonti Rinnovabili 2017*, Roma 2019.

Gostner W. - Ingegneri Patscheider & Partner S.r.l., *Impianti idroelettrici multifunzionali: benefici per l'ecologia e per l'economia*, Bressanone, maggio 2019.

Idrostudi, Geomark e Consorzio di Bonifica Pianura Friulana, *Studio di fattibilità per la realizzazione di invasi collinari ad uso irriguo*, 2017.

Il Dolomiti, *Buse di Tresca continuano i lavori al bacino: smentita l'ipotesi di un secondo invasi*, Bolzano, 17 luglio 2019.

INEA – Istituto Nazionale di Economia Agraria, *Utilizzazione naturalistica degli invasi a prevalente uso irriguo*, Roma, 2010.

International Commission On Large Dams, *Manifesto Dams & Reservoirs*, novembre 2016.

IRENA, *Renewable energy technologies: cost analysis series*, Bonn, June 2012.

Italia Sicura - Presidenza del Consiglio dei Ministri, ANBI, *Presentazione Piano Nazionale degli Invasi*, Roma, luglio 2017.

L'Adige, *Bufera sul nuovo bacino artificiale che si scaverà alle Viote, ma nasce il Comitato locale pro laghetto*, Trento, 22 luglio 2019.

L'Adige, *Grual, via libera al bacino artificiale*, Trento, 1 giugno 2018.

L'Adige, *Monte Bondone, tuffi vietati nel nuovo bacino artificiale. Non sarà un laghetto*, Trento, 3 agosto 2019.

Legambiente, *L'idroelettrico, impatti e nuove sfide al tempo dei cambiamenti climatici*, Roma, gennaio 2018.

Mediaset TGcom24, *Il dopo terremoto, nel Maceratese un vaso per restituire l'acqua ai pascoli*" Milano, 27 giugno 2017.

Ministero dello Sviluppo Economico, *Piano Nazionale Integrato Energia e Clima*, dicembre 2018.

MIPAAFT – *Posizione del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari, Forestali e del Turismo sul Piano Clima Energia e sulla RED II*, Roma, luglio 2019.

Mysiak J., *La strategia di adattamento ai cambiamenti climatici e la sua integrazione nella pianificazione della gestione delle acque*, Fondazione Enrico Mattei, Milano, maggio 2013.

Nextville – *Energie Rinnovabili ed Efficienza Energetica, L'idroelettrico di piccola taglia: mini e micro idroelettrico*, [http://www.nextville.it/Tecnologie\\_rinnovabili/643/Mini\\_idroelettrico](http://www.nextville.it/Tecnologie_rinnovabili/643/Mini_idroelettrico)

Payen J. "Small reservoirs and water storage for smallholder farming. The case for a new approach" Settembre 2012.

Penche C., *Guida all'idroelettrico minore. Per un corretto approccio alla realizzazione di un piccolo impianto*" European Small Hydro Association, Bruxelles, 1998.

Politecnico di Milano, *Studio sulla classificazione degli impianti idroelettrici*, Milano, marzo 2019.

Quaranta E. - Politecnico di Torino, *Tecnologia: dalle mega centrali idroelettriche al mini e micro idro*", su "Rienergia" 31 luglio 2018.

Righetti M. – Università di Bolzano, *Mini/micro idroelettrico: quali possibilità*, Bressanone, maggio 2019.

Rivista di agraria, *Lagheti collinari e interrimento*, 2013; <http://www.rivistadiagraria.org/articoli/anno-2013/lagheti-collinari-e-interrimento/>.

RSE, *Energia elettrica, anatomia dei costi*, Roma, 2014.

RSE, *Mappe del Massimo Potenziale Idroelettrico Specifico*, <http://minihydro.rse-web.it/mappe/mappePotenzialeIdroelettricoSpecifico.asp>.

RSE, *Strumenti tecnici per una corretta valutazione del Potenziale Idroelettrico Massimo residuo*, Milano, 2009.

RSE, *Studi sulle potenzialità energetiche delle Regioni italiane, con riferimento alle fonti idroelettrica ed eolica*, Roma, 2011.

Rusconi A., Università di Venezia, *La produzione idroelettrica nell'ambito della direttiva acque e della direttiva alluvioni*, maggio 2014.

SiciliaAcque, *"Mini/Micro idroelettrico: quali possibilità. Esperienza su un acquedotto di approvvigionamento di risorsa idrica all'ingrosso"*, Festival dell'acqua, Bressanone, 13 maggio 2019.

Sondriotoday *"Innevamento artificiale, la Regione stanziava 9,4 milioni di euro"* Sondrio, 23 agosto 2019.

Tascone F.L., Fabiani S. - Council for Agricultural Research and Agricultural Economy Analysis, *Le potenzialità idroelettriche connesse agli impianti irrigui*, 2013.

Terna, *Dati sul sistema elettrico 2012-2018*, Roma.

Terna, *Piano di Sviluppo 2019*, Roma, 2019.

Terna, *Audizione sul sostegno alle attività produttive mediante l'impiego di sistemi di generazione, accumulo e autoconsumo di energia elettrica*, Roma, 19 settembre 2018.

Università La Sapienza, *Piano Nazionale di intervento nel settore idrico, la legge di bilancio 2018, art.1 commi 516/525*, Roma, 2019.

ValsassinaNews, *Moggio: innevamento artificiale ad Artavaggio, inizia l'iter*, Lecco, 28 marzo 2013.

World Resources Institute (WRI), *No Water, No Power*, Washington, 2017.

**Althesys** è una società professionale indipendente specializzata nella consulenza strategica e nello sviluppo di conoscenza. Opera con competenze di eccellenza nei settori chiave di ambiente, energia, infrastrutture e utility, nei quali assiste imprese e istituzioni. Gli studi e i think tank di Althesys sono punti di riferimento e confronto per tutti gli stakeholder di questi comparti, orientando le strategie aziendali nella creazione di valore e indirizzando i policy maker.

**Fondazione Centro Studi Enel** è un'organizzazione no profit indipendente, fondata dal Gruppo Enel, che si occupa di iniziative a supporto della transizione energetica globale, verso un futuro sempre più sostenibile. Attiva a livello globale, la Fondazione Centro Studi Enel rappresenta inoltre una piattaforma scientifica di ricerca che coinvolge nei propri studi i più importanti attori della comunità imprenditoriale. Per le sue attività di ricerca e formazione in ambito energetico, la Fondazione Centro Studi Enel si avvale di partnership con alcune delle più importanti istituzioni accademiche e centri di ricerca in Italia e all'estero.

*Il presente documento è una sintesi del più ampio studio "Energy for water sustainability. Sviluppare le sinergie elettrico-idrico per la sostenibilità" realizzato da Althesys con Enel Foundation.*

*Le informazioni contenute in questo rapporto provengono da fonti aperte. La ricerca si basa su informazioni e dati divulgati dalle società esaminate, da istituti di ricerca, dai media e da istituzioni.*

*Althesys non assicura in alcun modo la completezza e la correttezza delle informazioni, che sono riportate unicamente allo scopo di presentare il quadro e l'evoluzione del settore in esame.*

*Il presente rapporto non intende in alcun modo costituire un parere, un suggerimento d'investimento o un giudizio su persone o società citate. La società non si assume alcuna responsabilità per un eventuale uso improprio delle informazioni contenute nel presente rapporto.*

*È vietata la riproduzione, totale o parziale, in qualsiasi forma o mezzo e di qualsiasi parte del presente documento senza l'autorizzazione scritta da parte di Althesys Strategic Consultants ed Enel Foundation.*

*Per informazioni: [info@althesys.com](mailto:info@althesys.com)*

---

© Copyright Althesys e Enel Foundation 2020. All rights reserved



Via Larga, 31 - 20122 Milan - Italy  
Tel: +39 02 5831.9401 - [info@althesys.com](mailto:info@althesys.com)

[www.althesys.com](http://www.althesys.com)



Via Vincenzo Bellini, 24 - 00198 Roma  
Tel: +39 06 83058608 - [info@enelfoundation.org](mailto:info@enelfoundation.org)

[www.enelfoundation.org](http://www.enelfoundation.org)

---