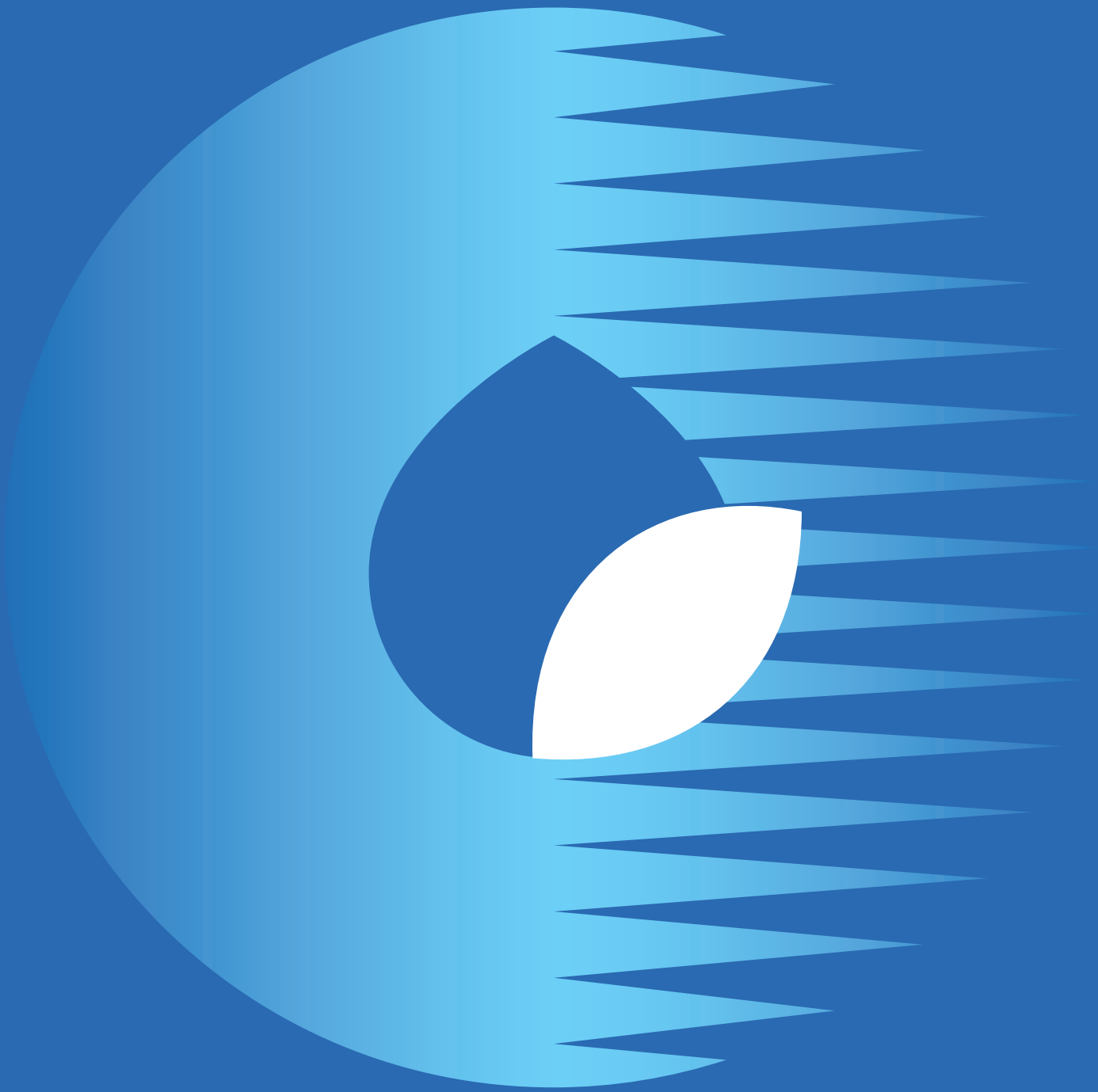
DOSSIER 1.

SHIFT Climate Papers



Aquatech

shifthub.it

SHIFT
PARTNERS IN SUSTAINABILITY

Aquatech

Dalla gestione dell'emergenza alla resilienza: tecnologie per conoscere, proteggere e gestire la risorsa idrica

1. Introduzione
pag. 4

2. Applicazioni tecnologiche e casi studio
pag. 9

3. Gli impatti positivi
pag. 14

4. Prospettive di policy
pag. 20

5. Focus catalogo tecnologie
pag. 23

1.

Introduzione

1. Introduzione

La rete idrica è una delle infrastrutture su cui si misura in modo più diretto la capacità del Paese di adattarsi al cambiamento climatico. La crescente pressione sulle risorse idriche, determinata non solo dalla siccità ma anche dai limiti nella conoscenza, nella misurazione e nella gestione delle reti, rende necessario adottare un approccio strutturale e di lungo periodo alla **sicurezza dell'approvvigionamento**. In un contesto europeo in cui scarsità e siccità sono destinate ad accentuarsi per effetto del cambiamento climatico, dell'aumento della domanda e delle dinamiche demografiche, la **riduzione delle perdite idriche rappresenta un'opzione prioritaria** rispetto al ricorso a nuove fonti e infrastrutture.

In particolare, in Italia **le reti di acquedotto perdono in media il 42,5% dell'acqua immessa**, con picchi del 50,6% nel Sud e nelle Isole[1], le tecnologie per ridurre questo spreco esistono e funzionano, spesso però richiedono capacità di investimento e coordinamento non ancora affrontate in maniera strutturata. Le esperienze più avanzate partono dalla misura e dalla divisione della rete in distretti: in provincia di Brescia quattro distretti misurati con sensori che si alimentano da soli hanno permesso di ridurre le perdite di circa il 22% (vedi 2.a e Allegato), con benefici verificabili, perché la stessa tecnologia che li produce permette di misurarli. Secondo la **strategia europea** per la resilienza idrica, presentata dalla Commissione il 4 giugno 2025 bisogna prima di tutto usare meglio l'acqua che c'è: aumentare l'offerta d'acqua dovrebbe essere l'ultima opzione. Lo stesso giorno la Commissione ha pubblicato una raccomandazione sull'efficienza idrica (**Water Efficiency First**, "prima l'efficienza idrica"), con principi guida per ridurre i consumi d'acqua. Già la direttiva europea sulle acque potabili del 2020 indicava tra i problemi da affrontare la scarsa consapevolezza delle perdite, dovute a investimenti insufficienti nella manutenzione e nel rinnovo delle reti.

Il presente documento analizza lo stato delle reti idriche italiane, le principali leve tecnologiche e gestionali disponibili, il contributo degli investimenti pubblici e del PNRR oltre che sul "post PNRR", le soluzioni tecnologiche applicate e le esperienze maturate in Italia e i benefici ambientali, economici e operativi connessi a una **gestione più efficiente della risorsa idrica**. Nella prima parte del documento, dedicata alla **situazione attuale dello stato delle reti in Italia**, si descrivono le caratteristiche dell'infrastruttura idrica nazionale e il contesto di crescente scarsità in cui opera. Nella seconda parte vengono esaminate le modalità di **gestione delle perdite e le possibili aree di intervento**, illustrando le leve tecnologiche disponibili e alcune esperienze italiane che offrono un termine di confronto, sulla cui base vengono individuate le aree di intervento con maggiore impatto e gli ambiti di policy ancora da rafforzare.

La diffusione di queste tecnologie è tuttavia frenata da **quattro gap**, analizzati nella terza parte del documento: **tecnologico** (sensori ancora costosi e poco maturi per la misura in continuo dei parametri chimici e biologici), **economico** (mercato limitato e frammentato, benefici percepiti come bassi rispetto ai costi), **normativo** (regole che non riconoscono ancora il valore dei dati raccolti in continuo) e di **integrazione** (assenza di standard comuni sui dati e carenza di competenze presso i gestori). In Italia questi limiti si sommano a forti differenze territoriali, a una gestione frammentata, a una capacità di spesa disomogenea e al calo delle risorse dopo il PNRR.

Per rispondere a queste criticità, la sezione conclusiva del presente documento propone **misure per quanto riguarda investimenti** materiali e immateriali. Sul piano normativo, vengono proposti obiettivi sulle perdite in volume affiancati dall'ILI (*Infrastructure Leakage Index*) in luogo dell'indicatore percentuale e riconoscimento dei dati dei sensori, con un'unica rendicontazione digitale. Sul piano dei finanziamenti, si propone la stabilizzazione del PNIISSI con una quota riservata a distretti e digitalizzazione, addebito del costo delle perdite eccessive, reinvestimento vincolato dei premi ARERA e acquisti congiunti a beneficio dei gestori piccoli. Infine, sul piano della governance si individuano possibili evoluzioni per quanto concerne la dimensione minima e le competenze tecniche obbligatorie per i gestori, un programma nazionale di formazione, la validazione indipendente del bilancio idrico come condizioni per accedere ai premi di ARERA e a un Tavolo permanente su dati e innovazione.

Situazione attuale dello stato delle reti in Italia

Nel 2024, secondo i dati raccolti da ARERA, e pubblicati nella "Relazione Annuale 2026", le reti di acquedotto italiane hanno perso in media il 42,5% dell'acqua immessa, pari a 17,8 metri cubi per chilometro di rete al giorno, con un forte divario territoriale. Nello specifico i dati evidenziati da ARERA coprono 179 gestioni e 20 grossisti che servono circa 50,4 milioni di abitanti, l'87% della popolazione, misurando le perdite in due modi: in metri cubi persi ogni giorno per chilometro di rete (perdite lineari) e come quota dell'acqua immessa che non arriva agli utenti (perdite percentuali).

Area	Perdite lineari M1a (m^3/km/giorno)	Perdite percentuali M1b (%)
Nord-Ovest	15,9	34,4
Nord-Est	11,6	39,4
Centro	17,2	45,1
Sud e Isole	27,9	50,6
Italia	17,8	42,5

Fonte: ARERA.

In questo contesto emerge inoltre **un divario tra Nord e Sud** c.d. Water Service Divide tale per cui la qualità del servizio peggiora passando dal Centro-Nord al Sud e alle Isole. Inoltre, per le perdite, ARERA classifica i gestori in cinque classi, dalla A (la migliore) alla E. Ovunque oltre un terzo della popolazione è servito da gestori in classe intermedia (C); al Centro e soprattutto al Sud e nelle Isole oltre metà della popolazione è servita da gestori nelle classi peggiori (D ed E). Dal 2024, per stare in classe A, un gestore deve perdere meno di 12 metri cubi per chilometro al giorno e meno del 20% dell'acqua immessa. Anche la classe A, però, non va letta come un obiettivo finale: per i gestori in questa classe la regolazione richiede solo il mantenimento del livello raggiunto, ma 12 metri cubi persi ogni giorno per chilometro di rete restano molti rispetto ai valori della maggior parte dei gestori olandesi e danesi, che si attestano intorno a 1-2 metri cubi per chilometro al giorno. La medesima relazione osserva che **le perdite in percentuale migliorano più lentamente di quelle per chilometro**, perché dipendono anche dall'acqua immessa in rete, e quindi dai **consumi, laddove l'Italia ha uno dei consumi d'acqua per abitante più alti d'Europa**.

Con riguardo alla **misurazione**, nel 2024 è stato misurato il 90,5% dell'acqua che circola nelle reti e negli impianti e il 95,7% di quella consegnata agli utenti. I dati evidenziano che **23 gestioni non raggiungono le soglie minime richieste**. Inoltre, seppure i contatori degli utenti con meno di cinque anni sono passati da circa il 23% a circa il 41%, **solo il 9,1% dei consumi degli utenti è letto a distanza**, contro il 52,5% dell'acqua misurata nei punti principali della rete. La limitata diffusione della lettura a distanza dei consumi ostacola la possibilità di redigere bilanci idrici in tempo reale o con la frequenza necessaria e limita la capacità di monitorare tempestivamente le reti e individuare eventuali anomalie. Permangono, inoltre, criticità relative alla continuità del servizio, con **interruzioni che raggiungono in media 28,32 ore all'anno** per utente (103,54 ore nel Sud e nelle Isole).

In merito alla **rete e alla manutenzione, ARERA** ha rilevato che su 413.974 chilometri di tubature il 17% sono adduttrici, le grandi condotte che portano l'acqua dalle fonti ai centri abitati, e l'83% reti di distribuzione, che la portano agli utenti. Circa l'80% della rete è mappato in formato digitale, registrando 0,74 rotture per chilometro e ogni anno si sostituisce circa lo 0,7% delle tubature, contro lo 0,39% del 2016. A questo ritmo servirebbe oltre un secolo per rinnovare l'intera rete. Inoltre, dal 2025 ARERA sperimenta un nuovo indicatore, chiamato **M0-Resilienza idrica**, che mette in **rapporto l'acqua usata, perdite comprese, con l'acqua disponibile**: più il valore si avvicina a 1, più la domanda si avvicina alla disponibilità. A livello di singola gestione il rapporto vale in media 0,608 (da 0,526 nel Nord-Ovest a 0,771 nel Sud e nelle Isole) evidenziando che il **49% della popolazione è servito da gestioni in classe C e solo l'8% in classe A**[1] .

Tuttavia, l'interpretazione di tali indicatori va inquadrata nel contesto della regolazione ARERA sulla qualità tecnica del servizio idrico, oggetto della **sentenza del Consiglio di Stato**, Sez. II, n. 1201 del **13 febbraio 2025**, relativa al contenzioso tra Acquedotto Pugliese e ARERA . La pronuncia ha censurato specifiche modalità di determinazione degli obiettivi di riduzione delle perdite (delibere 917/2017/R/idr e 183/2022/R/idr), giudicando irragionevoli, nel caso esaminato, gli obiettivi e le tempistiche applicati nel biennio 2018-2019, che non avrebbero tenuto conto delle condizioni di partenza specifiche del gestore per attuare nei tempi previsti le riduzioni delle perdite. La successiva dichiarazione da parte del Consiglio di Stato - nell'ottobre 2026 - dell'efficacia **erga omnes** dell'annullamento parziale delle delibere ARERA oggetto del contenzioso, estende gli effetti della pronuncia oltre il singolo gestore. La sentenza non comporta l'automatica invalidazione dei dati statistici nazionali né dell'intero sistema di calcolo degli indicatori perdite medie dell'acqua immessa in rete (M1b) e acqua immessa in rete per chilometro di rete al giorno (M1a), tuttavia impone all'Autorità di provvedere all'attuazione della pronuncia giudiziale, procedendo anche al consequenziale **ricalcolo degli incentivi**. Tale provvedimento potrebbe quindi portare ad una revisione del calcolo dell'indicatore M1 *tout court*.

Quadro generale sulla gestione delle perdite e le possibili aree di intervento

Le perdite idriche non possono essere eliminate del tutto, ma devono essere affrontate attraverso una gestione sistematica e continuativa. Il presente documento mira a proporre un **percorso graduale che consenta di superare la logica degli interventi emergenziali**, introducendo un processo strutturato e misurabile che presuppone la **conoscenza della rete**, da acquisire attraverso **attività di monitoraggio**, **misurazione e modellizzazione tramite strumenti digitali**, quale condizione preliminare per pianificare interventi efficaci.

Il **bilancio idrico**, secondo il metodo internazionale International Water Association (IWA), contabilizza l'acqua immessa in rete distinguendo tra consumi fatturati, usi autorizzati non fatturati, perdite apparenti (errori di misura, gestione dati e allacciamenti abusivi) e perdite reali da tubature, serbatoi e allacciamenti. ARERA lo utilizza per calcolare l'indicatore delle perdite e verificarne l'affidabilità attraverso una quota minima di acqua misurata e un'indagine della Commissione europea del 2024 conferma la preferenza degli Stati membri per il metodo IWA e per l'indicatore di acqua non fatturata in m^3/km di rete/anno proposto da EurEau. Il bilancio idrico non è solo un adempimento verso l'ente regolatore ma uno **strumento di gestione** con il quale è possibile, scomponendo le perdite, avere un'indicazione precisa di dove **intervenire**, per esempio sui contatori che registrano meno del dovuto oppure sulla rete. Di conseguenza il bilancio deve essere sviluppato con **precisione e validando i dati** (vedi 4.a). Sulla base di tali metodi di contabilizzazione di seguito si individuano le **quattro leve con cui un gestore può intervenire per la riduzione delle perdite e le**

1) ARERA, Relazione annuale 2026, Vol. 1 Stato dei Servizi 2025.

2) Servizi a rete, "Per il Consiglio di Stato la sentenza AQP vs ARERA ha efficacia erga omnes", serviziarete.it, 19 ottobre 2026.

tecnologie disponibili per ciascuna:

Leva	A cosa serve	Tecnologie disponibili
Gestione della pressione	Tenere la pressione nelle tubature non più alta del necessario: riduce l'acqua che esce dalle perdite, rende meno frequenti le rotture e allunga la vita delle condotte.	Valvole che riducono la pressione, progettate con modelli della rete; pompe a velocità variabile (inverter); analisi degli sbalzi di pressione
Misura e distrettualizzazione	Dividere la rete in distretti con misuratori agli ingressi, per fare il bilancio idrico di ciascuno. La misura notturna, tra le 2 e le 4, quando i consumi sono minimi, mostra quanta acqua perde ogni distretto.	Misuratori di portata installabili senza interrompere il servizio, registratori di pressione, punti di misura permanenti, prove di chiusura progressiva delle valvole per restringere la zona della perdita (step test)
Monitoraggio continuo e ricerca delle perdite	Accorgersi di una perdita appena nasce, invece di scoprirla a posteriori, localizzarla e avvisare in automatico le squadre.	Sensori acustici fissi che "ascoltano" il rumore dell'acqua che fuoriesce, sensori che misurano più grandezze insieme, strumenti di ascolto e localizzazione (correlatori, geofoni), termocamere, gas traccianti
Gestione dell'infrastruttura	Capire in che stato sono le tubature, decidere dove investire per primo e ridurre le perdite anche senza scavare.	Georadar e mappe digitali (GIS), datazione delle condotte e classificazione in quattro livelli di rischio, rivestimento interno delle condotte (TALR), risanamento senza scavo (relining)

Tuttavia, **l'efficacia delle misure dipende anche dalla loro sequenza**: secondo l'IWA la valutazione delle opportunità di **gestione della pressione** dell'acqua costituisce generalmente una **priorità** rispetto alla gestione delle perdite. Per tale ragione, in conseguenza del fatto che la **sostituzione delle condotte** è, a parità di metro cubo recuperato, la leva **più costosa** (vedi 3.b), questa va riservata ai tratti più critici, individuati con un approccio di gestione degli asset che assegni a ogni tratto un punteggio in base alla probabilità e alle conseguenze di una rottura. Inoltre, considerando un **territorio prevalentemente non pianeggiante come quello italiano la gestione della pressione ha un potenziale ancora in gran parte inespresso**. Anche dove il territorio è pianeggiante spesso la pressione potrebbe essere più bassa, consentendo di calmare la rete e ridurre sia le perdite che le nuove rotture. Allo stesso modo anche la divisione in distretti va calibrata insieme alla gestione della pressione e alle tecnologie di monitoraggio su larga scala oggi disponibili. Appare quindi essenziale individuare le tecnologie applicabili caso per caso tramite un'adeguata mappatura di tutto il territorio agendo con un approccio olistico.

La metodologia di misurazione delle perdite incide sulla valutazione delle performance dei gestori e orienta, di conseguenza, le decisioni di policy. In Italia, dove il tasso annuo di sostituzione delle condotte è particolarmente basso, **migliorare la conoscenza della posizione e della condizione delle infrastrutture consente di orientare gli investimenti verso i tratti che ne hanno maggiore necessità**, affiancando la sostituzione mirata delle condotte alle prioritarie misure di gestione della pressione, monitoraggio e risanamento senza scavo. Per confrontare reti diverse l'IWA propone l'indice di perdita infrastrutturale (ILI) che mette a confronto le perdite reali di una rete con il livello minimo che quella rete potrebbe tecnicamente raggiungere, tenendo conto delle sue caratteristiche, tra cui la pressione dell'acqua. Un ILI pari a 1 indica che la rete perde il minimo possibile, un ILI pari a 4, che perde quattro volte tanto. L'IWA raccomanda però di non usare l'ILI da solo per fissare obiettivi, e di usarlo per obiettivi regolatori solo dopo aver fatto il possibile sulla pressione. In merito, si evidenzia che la **direttiva europea sulle acque potabili** (UE) 2020/2184[3] prevede la valutazione delle perdite mediante l'ILI o un altro metodo appropriato.

L'obbligo riguarda i gestori che distribuiscono 10.000 metri cubi al giorno o servono 50.000 persone ed entro il 12 gennaio 2028 la Commissione fisserà una soglia di perdita, costruita sulle valutazioni degli Stati e sulla media europea che ne risulta, e gli Stati che la superano avranno due anni per presentare un piano d'azione[4] . In Italia il decreto legislativo 18/2023 affida ad ARERA il compito di raccogliere i risultati e calcolare il tasso medio nazionale di perdita da trasmettere alla Commissione[5].

In Italia ARERA usa un indicatore che combina perdite per chilometro e perdite in percentuale, tuttavia, se gli obiettivi pubblici si basano solo sulla percentuale, un gestore può sembrare fermo anche quando sta riducendo le perdite,

3) Direttiva (UE) 2020/2184 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 dicembre 2020, concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano (rifusione), art. 4, par. 3.
4) Ibidem.
5) ARERA, Relazione annuale 2026, vol. 2 "Attività svolta 2025".

oppure apparire migliore solo perché sono cambiati i consumi. Infatti, **l'indicatore percentuale è sconsigliato** dai principali organismi tecnici internazionali (IWA, American Water Works Association, ecc.) e dalle raccomandazioni europee, proprio **perché le perdite si diluiscono nei consumi**. Nel caso italiano, dove i consumi per abitante sono circa il doppio di quelli dei Paesi del Nord Europa, una stessa perdita in volume pesa in percentuale molto meno, e con consumi allineati a quelli nordeuropei il dato nazionale crescerebbe significativamente. La percentuale tende inoltre a premiare le grandi città, dove i consumi sono concentrati, e penalizzare i gestori delle aree rurali con reti estese e pochi abitanti, dove i volumi di perdite più elevati non sono paragonabili a contesti cittadini densamente popolati.

Il ruolo del PNRR nell'implementazione degli investimenti e le prospettive dopo il PNRR

Il PNRR (Piano nazionale di ripresa e resilienza) e il programma europeo REACT-EU hanno assegnato 3,83 miliardi di euro alle infrastrutture idriche, e quasi metà delle risorse inserite nei piani dei gestori è servita a sviluppare sistemi per ridurre le perdite. Nello specifico, nei piani di investimento 2024-2029 dei gestori, gli interventi finanziati con i fondi europei Next Generation EU valgono 4.023 milioni di euro, di cui 2.906 milioni di contributo pubblico e, considerando anche il 2021-2023, la spesa attivata nel settore arriva a 4,9 miliardi; tuttavia, con la fine del PNRR si evidenzia che gli investimenti programmati sono scesi da 6,1 miliardi nel 2025 a 4,1 miliardi nel 2029.

Tra gli investimenti maggiori, oltre a quelli per la riduzione delle perdite e gli interventi sulle tubature, la seconda voce di spesa (18,84%) è il **rafforzamento della misura e del controllo**: contatori, sperimentazione di contatori intelligenti, divisione della rete in distretti, sistemi informativi e controllo a distanza degli impianti (telecontrollo). **Con l'esaurirsi dei fondi PNRR, la sfida è mantenere il livello degli investimenti per l'innovazione del settore idrico**, combinando nuove risorse pubbliche, strumenti di finanziamento efficaci e una maggiore capacità di attuazione.

Tra le misure si evidenziano:

- la misura **PNRR M2C4-I4.5** che ha messo a disposizione un miliardo di euro in contributi a fondo perduto, con cofinanziamento tariffario, attraverso lo SFNIISSI previsto dal DL 19/2026
- il **PNIISSI**, destinato a essere il principale canale nazionale di finanziamento pubblico, ha assegnato nel primo stralcio circa 955 milioni di euro a 66 interventi, a fronte di richieste superiori a 12 miliardi; pertanto, colmare questo divario sarà essenziale per sostenere lo sviluppo delle infrastrutture;

Per garantire la continuità degli investimenti è necessario assicurare che i gestori dispongano non solo della capacità tecnica ma anche finanziaria necessaria a realizzare gli interventi, considerando che ARERA stima circa un miliardo di euro di investimenti non programmati.

L'esperienza del PNRR ha mostrato allo stesso tempo un limite rispetto all'impiego di risorse in tempi ristretti per l'acquisto di diverse tecnologie da installare rapidamente, senza un'analisi sistematica del mix di tecnologie in grado di dare il beneficio maggiore in ciascun territorio. La **scelta degli strumenti adeguati richiede capacità di analisi, indicatori adeguati, conoscenza di come ogni tecnologia funziona in un determinato contesto e monitoraggio dei risultati**: competenze che il gestore deve avere al proprio interno o saper acquisire. Dopo la conclusione del PNRR, rispetto ai nuovi strumenti di finanziamento, serve quindi una **componente del PNIISSI dedicata alle reti**, che indichi però priorità chiare: piano perdite, cartografia, misura di tutta l'acqua immessa e attività con il miglior rientro dell'investimento, come la gestione della pressione e il controllo dei distretti, insieme alla qualificazione del personale (vedi 4.b).

2.

Applicazioni tecnologiche e casi studio

2. Applicazioni tecnologiche e casi studio

Il catalogo delle tecnologie disponibili

Le tecnologie disponibili per l'implementazione e innovazione delle infrastrutture idriche è molto vasto e, considerando un catalogo di **dodici tecnologie per il monitoraggio della rete, la previsione dei guasti e la localizzazione delle perdite**, si possono individuare sei criteri di qualificazione: copertura della rete, accuratezza, complessità di implementazione, costi di investimento (CAPEX), costi operativi (OPEX) e maturità tecnologica. Nello specifico ci sono alcune tecnologie più mature e meno onerose, come i geofoni e i correlatori acustici, che consentono di localizzare le perdite in punti specifici della rete, altre soluzioni a copertura estesa, come i sistemi di monitoraggio di pressione e portata e i modelli digitali, che richiedono investimenti maggiori, ma permettono una visione complessiva del funzionamento della rete. In particolare:

Tecnologia	A cosa serve	Quanta rete copre	Precisione	Complessità	Investimento iniziale	Costi annui	Maturità
Analisi degli sbalzi di pressione (transitori)	Sorveglianza continua	Un punto	Media	Alta	Medio	Medio	Alta
Modellazione idraulica (simulazione della rete)	Sorveglianza continua	Ampia	Variabile	Molto alta	Alto	Medio	Media
Gestione della pressione	Sorveglianza continua	Un distretto	Alta	Alta	Alto	Medio	Alta
Sensori di pressione e portata	Sorveglianza continua	Intera rete	Alta	Alta	Alto	Medio	Alta
Gemello digitale	Previsione dei guasti	Ampia	Variabile	Molto alta	Alto	Alto	Bassa
Sistemi di supporto alle decisioni con IA	Previsione dei guasti	Intera rete	Variabile	Molto alta	Medio	Medio	Bassa
Correlatori acustici	Ricerca delle perdite	Un tratto	Alta	Media	Basso	Medio	Molto alta
Geofoni	Ricerca delle perdite	Un punto	Molto alta	Bassa	Basso	Medio	Molto alta
Registratori acustici permanenti	Ricerca delle perdite	Un distretto	Media	Alta	Medio	Medio	Alta
Raggi cosmici	Ricerca delle perdite	Un tratto	Media	Media	Alto	Alto	Bassa
Radar satellitare (SAR)	Ricerca delle perdite	Intera rete	Bassa	Media	Alto	Alto	Alta
Contatori intelligenti acustici	Ricerca delle perdite	Un distretto	Bassa	Alta	Alto	Alto	Bassa

Il catalogo comprende le principali tecnologie disponibili - cui si rimette all'allegato a questo documento per una descrizione dettagliata e in via di aggiornamento continuo - volte a garantire una gestione efficiente e sostenibile del servizio idrico, la cui effettiva scalabilità appare, tuttavia, attualmente limitata e aggravata da una serie di gap descritti nelle sezioni che seguono. Il catalogo allo stesso tempo non indica una soluzione valida ovunque poiché i benefici di ciascuna tecnologia cambiano da caso a caso in funzione del territorio, delle caratteristiche della rete e del livello di partenza delle perdite.

Alcune applicazioni concrete

Con riferimento alle diverse tecnologie disponibili, vi sono alcuni casi di apllicazione concreta in Italia che mostrano come alcune delle soluzioni descritte nell'Allegato al presente policy brief siano state applicate dai gestori, indicando per ciascuno la situazione di partenza, le tecnologie impiegate e i risultati.

- **Acque Bresciane con Aquanexa – Provincia di Brescia, distretti misurati con sensori che si alimentano da soli (PNRR)**

L'intervento è stato sviluppato da **Acque Bresciane**, gestore del Servizio Idrico Integrato della Provincia di Brescia, con **Aquanexa** nel ruolo di partner di ingegneria e digitalizzazione e Pydro come fornitore tecnologico, nell'ambito degli **investimenti del PNRR** dedicati alla riduzione delle perdite e alla digitalizzazione delle reti.

La situazione di partenza presentava **tre criticità principali**: una rete complessa, a servizio di aree urbane, industriali

e rurali; perdite non completamente tracciate; una copertura limitata della distrettualizzazione e una visibilità disomogenea dei dati operativi.

È stato quindi applicato un **misuratore autoalimentato**, installato direttamente in rete, che ricava l'energia necessaria dal flusso dell'acqua e trasmette la portata (quanta acqua passa), pressione, volume e temperatura senza alimentazione esterna né batterie nei punti remoti. La soluzione è stata inserita in un percorso metodologico che ha compreso l'**analisi e la modellazione della rete**, la **progettazione dei distretti** e l'**integrazione dei dati nei sistemi operativi del gestore** comportando i seguenti benefici:

- 79 chilometri di rete analizzati;
- 4 distretti realizzati;
- 27 perdite individuate sulla rete con riduzione delle stesse pari al 22%;
- maggiore visibilità dei fenomeni idraulici e dei dati operativi, con base informativa per la gestione proattiva e per la programmazione degli investimenti futuri.

- **Gruppo CAP – Città metropolitana di Milano, digital twin e AI per ridurre le perdite**

Tra gli interventi avviati grazie ai fondi stanziati con il PNRR si evidenzia il **Piano di riduzione delle perdite idriche attraverso Digital Twin**, **Intelligenza Artificiale e gestione data-driven** della rete per far fronte alla crescente pressione esercitata dai cambiamenti climatici sulle risorse idriche. L'esigenza è sorta con l'obiettivo di andare oltre l'intervento sulle criticità una volta manifestate, e **anticipare attraverso la conoscenza, il monitoraggio continuo e l'utilizzo intelligente dei dati**.

Avviato da Gruppo CAP nel 2020 sull'intero territorio gestito della Città Metropolitana di Milano, il percorso ha affiancato gli interventi infrastrutturali (sostituzione delle reti più vecchie, contatori intelligenti, ingegnerizzazione di reti e impianti) con un **ecosistema digitale integrato**, che usa i dati per orientare le decisioni strategiche, superando interventi puntuali e reattivi. Il sistema comprende tre componenti:

- una **piattaforma dati centralizzata** che integra telecontrollo (SCADA), sensori distribuiti, contatori intelligenti, modelli idraulici, mappe digitali (GIS), sistemi di manutenzione e gestione delle squadre operative;
- **un Digital Twin della rete idrica**, replica digitale dinamica che trasforma i dati in informazioni per la gestione operativa e strategica, consentendo di simulare il comportamento della rete, rilevare anomalie, valutare scenari di esercizio e pianificare interventi più efficaci;
- **tecnologie per localizzare le perdite**, anche occulte (monitoraggio satellitare, sensori acustici permanenti, distrettualizzazione spinta e misure ad alta frequenza), integrate con intelligenza artificiale e Decision Support System (DSS), che incrociano storico dei guasti, caratteristiche delle condotte, parametri idraulici e dati territoriali per individuare i tratti più vulnerabili e le priorità di sostituzione.

Il passaggio da una manutenzione prevalentemente correttiva a una **manutenzione predittiva** ha comportato, secondo il gestore, i seguenti **benefici**:

- disponibilità di **dati affidabili**, continuamente **aggiornati** e **integrati**;
- migliore **capacità di risposta** agli eventi estremi;
- **ottimizzazione dei consumi energetici**, con incremento dell'efficienza operativa e orientamento più efficace degli investimenti futuri.

Grazie all'implementazione di questo sistema la riduzione di perdite idriche è passata dal 2020 al 2025:

- in termini di M1a da 18,95 a 15,09 mc/km/gg
- in termini di M1b da 21 a 18,25%
- in termini di volume risparmiato da 54.268.837 a 43.827.015 mc.

La perdita idrica si è ridotta di 2,75 punti percentuali, pari a una riduzione relativa del 13,1% rispetto al 2020 per un risparmio di 10.441.822 mc[6].

- **Gruppo Iren - Reggio Emilia, Liguria, Piemonte una strategia di gruppo sulle perdite**

L'intervento è sviluppato dal **Gruppo Iren**, che gestisce il servizio idrico in 266 comuni, per circa 3,1 milioni di abitanti e 21.977 km di rete di acquedotto[7]. Nel 2023 le perdite di rete nei territori storici del gruppo sono state del 30,4%, a fronte di una media nazionale di oltre il 41%[8]. Il nuovo piano prevede di portare la quota di rete divisa in distretti misurati dal 56% all'85% entro il 2030; secondo l'azienda, i distretti, un controllo più attivo e interventi tempestivi hanno permesso

6) Elaborazioni Gruppo di Lavoro "Infrastrutture idriche e cambiamento climatico" di AIS – Associazione Infrastrutture Sostenibile.
7) Gruppo Iren, Bilancio di Sostenibilità 2023.
8) Ibidem.

di ridurre ulteriormente le perdite[9]. Per cercare le perdite il gruppo usa **sistemi di "ascolto" computerizzato**: apparecchi installati in rete registrano i rumori e li trasmettono via radio, così da individuare le zone critiche[10]. Nel 2023 la Banca europea per gli investimenti (BEI) ha concesso al gruppo 150 milioni di euro per il servizio idrico delle province di Genova e La Spezia, circa un milione di abitanti, con un costo del prestito che varia in base ai risultati raggiunti nella riduzione delle perdite; l'obiettivo del gruppo è ridurre le perdite complessive dal 31% al 20% entro il 2030[11].

Tecnologie che stanno prendendo piede all'estero

Ai fini dell'elaborato è utile identificare un gruppo di tecnologie ancora poco diffuse presso i gestori italiani ma in crescita all'estero: **fibra ottica** per il controllo continuo delle condotte; **intelligenza artificiale** applicata ai dati di pressione e portata e ai registratori acustici, per riconoscere subito una nuova perdita nonché per ripulire e completare gli archivi dei gestori; **robot e diagnosi non invasive** per controllare le condotte senza scavare; **sistemi di controllo preventivo** delle grandi condotte di trasporto con più metodi di misura; **monitoraggio in tempo reale** della qualità di fiumi e laghi e monitoraggio sistematico delle acque sotterranee; **resine speciali** contro i PFAS; **piattaforme specializzate di gestione dati** che riuniscono in un unico archivio telecontrollo, mappe, contatori e sensori.

A fronte di queste tecnologie sta evolvendo la **figura dell'esperto di dati e di supporto tecnico come servizio**, per compensare le competenze perse con il pensionamento dei tecnici esperti oltre che campagne per i cittadini sulle perdite dopo il contatore. Sul mercato è in corso anche l'ingresso dei grandi fornitori di servizi cloud (Google, AWS, Azure) con offerte dedicate all'acqua.

Tra le tecnologie emergenti, le **sonde a fluorescenza per il rilevamento dei batteri** possono già essere integrate nelle piattaforme di telecontrollo. Mentre le analisi microbiologiche di laboratorio richiedono due o tre giorni e i batteri raddoppiano ogni 20 minuti, le sonde forniscono un risultato in un secondo, senza reagenti, effettuando 86.400 misurazioni al giorno per ciascun punto. Secondo il produttore, riducono dell'85% i tempi di risposta alle contaminazioni e consentono un dosaggio più preciso del cloro, limitando i sottoprodotti della disinfezione.

Per ridurre le perdite bisogna sapere dove e quanta acqua si perde, e questo dipende dalla **gestione dei dati**: quanti se ne raccolgono, quanto sono affidabili e se i sistemi del gestore riescono a scambiarseli. Le analisi elaborate da Water Europe descrivono una "**catena della misura**": il sensore rileva un valore, il dato viene trasmesso, elaborato, inserito in un modello o incrociato con altri dati e trasformato in un'allerta per chi deve intervenire, se un anello manca, il dato resta inutilizzato[12].

Per questo motivo il decreto legislativo 18/2023, che recepisce la direttiva europea sulle acque potabili, ha istituito AnTeA (Anagrafe territoriale dinamica delle acque potabili), la piattaforma digitale per raccogliere, controllare, gestire e analizzare i dati sulle acque destinate al consumo umano in Italia; nel 2025 sono proseguite le attività per renderla pienamente operativa[13]. I dati tecnici dei gestori confluiscono inoltre nelle raccolte ARERA sulla qualità tecnica del servizio e dal 2026 sono verificati da gruppi di enti di governo d'ambito di territori diversi[14].

- Tra le soluzioni già disponibili sul mercato italiano per gestire il dato:
- una **mappa digitale della rete consultabile via browser (WebGIS)**, conforme alle specifiche europee INSPIRE, che mostra condotte, valvole, contatori, sensori e distretti con lo storico dei guasti;
- un **archivio unico** in cui confluiscono i dati di telecontrollo, contatori, fatturazione e mappe, con schermate di sintesi per la sala controllo, i responsabili di rete e la direzione;
- un **controllo sistematico della qualità del dato**, con un indice calcolato periodicamente;
- **contatori con modulo radio** che leggono i consumi ogni ora e segnalano anomalie, collegati a un software di gestione (SAC) e a un'app per gli utenti;
- la protezione dei sistemi di telecontrollo in linea con la direttiva europea NIS2 sulla sicurezza informatica.

Oltre ai dati di esercizio è necessario **conoscere in modo approfondito la singola infrastruttura**. In questo senso nel contesto italiano non tutti i gestori raccolgono in modo sistematico e georeferenziato le rotture, con il tipo di materiale, di giunto e di condotta, laddove, invece, una **completa caratterizzazione permetterebbe di capire meglio perché le perdite si generano**, per esempio quando si acquistano materiali di qualità scadente per risparmiare, e **costruire così indicatori sui tassi di rottura per materiale, età e comune, su cui fondare le strategie di intervento e le scelte future dei materiali**.

Tra i casi di applicazione concreta si evidenzia la **piattaforma nazionale di scambio dati sulle reti interrate di Kadaster** nei Paesi Bassi, ossia un sistema pubblico nazionale sviluppato dall'agenzia catastale olandese in collaborazione con gli operatori di rete, i contractor e le amministrazioni. La piattaforma viene impiegata dai soggetti che devono eseguire uno scavo, **dichiarando l'intenzione di avvio dell'intervento attraverso il portale e ricevendo per via digitale**

9) F. Giuseppini (amministratore delegato di Ireti, Gruppo Iren), in Ecoscienza, n. 5-6/2024, Arpae Emilia-Romagna, pp. 72-73.
10) Gruppo Iren, "P come Perdite idriche: che cosa sono, come contrastarle e l'esempio virtuoso di Iren", EveryDay, 4 marzo 2025, gruppoiren.it.
11) Banca europea per gli investimenti, comunicato stampa "Italy: EIB provides Iren with €150 million in sustainability-linked financing to improve water service in Genoa and La Spezia", 4 aprile 2023.
12) Water Europe, Smart Measuring Devices for Efficient Water Systems, white paper, Bruxelles, 2022, pp. 11-12.
13) ARERA (2026), vol. 2, p. 197.
14) ARERA (2026), vol. 2, pp. 216-217.

la cartografia esatta di cavi e condotte presenti nell'area, con obbligo di seguire il protocollo di scavo accurato.

- **Tecnologia e impiego**: scambio digitale di dati geografici sulle reti interrate, con richiesta online georeferenziata e restituzione della cartografia di dettaglio.
- **Costi**: 21,50 euro per singola richiesta a carico di chi esegue lo scavo.
- **Periodo attivazione servizio**: dal luglio 2008, piattaforma operativa dal luglio 2010.

L'utilizzo dei dati disponibili agli enti catastali e il coordinamento locale dei lavori nel sottosuolo, a livello comunale o d'ambito tra i gestori di gas, energia elettrica, teleriscaldamento, acqua, fognatura e telefonia per programmare gli interventi sono strumenti distinti ma collegati, che mirano a contenere i costi e ridurre i tempi per ottenere i permessi di scavo che oggi sono uno degli ostacoli alla riduzione delle perdite, che, moltiplicate per il tempo di attesa della riparazione, diventano volume perso.

3.

Gli impatti positivi

3. Gli impatti positivi

I benefici di una tecnologia efficiente

Il ruolo delle tecnologie efficienti nel settore idrico

La gestione efficiente del servizio idrico richiede oggi di affrontare insieme la disponibilità della risorsa, l'invecchiamento delle infrastrutture, la continuità dell'erogazione, il controllo della qualità e il contenimento dei costi energetici. In questo contesto il contributo delle tecnologie non consiste soltanto nell'automazione di singole operazioni: il vantaggio principale è **conoscere come funziona la rete, accorgersi subito delle anomalie e decidere sulla base di misure sistematiche**. Per Water Europe, rispetto al monitoraggio tradizionale, manuale e discontinuo, le nuove tecnologie consentono una gestione più accurata, sicura e tempestiva[15].

Per la gestione del servizio idrico in Italia è decisivo **passare da un monitoraggio statico e discontinuo a sistemi integrati e tempestivi**, basati su dispositivi di misura intelligenti, sensori connessi (IoT), mappe digitali (GIS) e analisi dei dati. La disponibilità degli strumenti, tuttavia, non è sufficiente: le misure devono essere integrate nelle attività quotidiane e nei processi decisionali del gestore, valutando l'affidabilità tecnica ed economica delle soluzioni. Per questo sono state evidenziate nelle sezioni precedenti (2.a) le **tecnologie illustrate** che **consentono di gestire in modo coordinato reti e impianti** anziché intervenire separatamente sui singoli componenti.

I benefici delle tecnologie già consolidate in Italia

Tra le tecnologie già diffuse in Italia: pompe con inverter, controllori programmabili (PLC), registratori di dati, telecontrollo (SCADA), distretti di misura, misura della portata minima notturna, bilancio idrico IWA, sensori di qualità negli impianti, contatori intelligenti e registratori acustici (noise logger).

Questi strumenti misurano le prestazioni e supportano la gestione delle criticità. I distretti consentono di confrontare acqua immessa e consumata in porzioni circoscritte della rete; le misure di portata, pressione e portata notturna orientano la ricerca delle anomalie. Il bilancio IWA (vedi 1.b) distingue guasti delle condotte ed errori di contabilizzazione.

Registratori e ricerca acustica localizzano le perdite nelle aree sospette; **telecontrollo, PLC** e registratori di dati rilevano il funzionamento, segnalano anomalie e consentono interventi a distanza. Ispezioni mirate riducono i tempi di localizzazione e l'acqua persa, purché ogni allarme attivi una procedura efficace.

Gli **inverter** adattano la velocità delle pompe alla domanda, con risparmi energetici tipici del 20–40%, da valutare caso per caso secondo domanda e caratteristiche dell'impianto. Consumi in kWh per metro cubo prodotto o distribuito, ore di pompaggio rispetto ai volumi e confronti tra impianti simili individuano sprechi e verificano i risultati. In Italia l'acquedotto assorbe il 62% dell'elettricità del servizio idrico: circa 0,47 kWh per metro cubo immesso in rete.

I contatori intelligenti, con letture frequenti, rilevano consumi anomali, ricostruiscono i profili di consumo e migliorano il bilancio idrico; secondo Water Europe, aiutano anche a localizzare perdite, prevedere la domanda e ridurre i costi di accumulo e pompaggio. In Italia **la telelettura copre solo il 9,1% dei consumi degli utenti** (vedi 1.a). I benefici richiedono però che i dati diventino informazioni, servizi e decisioni: molti gestori, anche dopo installazioni finanziate dal PNRR, li usano solo per la fatturazione semestrale, ottenendo al più recuperi di fatturato, senza migliorare il servizio. Nonostante gli investimenti, i contatori intelligenti sono circa il 20% in Italia, oltre il 30% in Europa e circa il 60% negli Stati Uniti.

Queste soluzioni **creano una base dati utile anche dopo le campagne di misura**: pressioni, volumi immessi e guasti registrati consentono di seguire ogni distretto nel tempo e concentrare gli interventi dove emergono peggioramenti, anticipando le anomalie, evitando controlli a tappeto e documentando le scelte.

I benefici delle tecnologie in diffusione e delle soluzioni emergenti

La **gestione della pressione** ha un ruolo importante per la riduzione delle perdite, per le ragioni e con la priorità indicate dall'IWA (vedi 1.b)[16]. L'efficacia dipende comunque dalla configurazione della rete e dalla necessità di garantire agli utenti un servizio adeguato.

In questo senso **l'integrazione tra dati raccolti sul campo, mappe digitali e modelli idraulici permette di simulare scenari e confrontare alternative di gestione**. Il gemello digitale della rete, un modello virtuale aggiornato in continuo dai sensori, unisce struttura della rete, parametri idraulici, informazioni sulle condotte e misure in tempo reale, e permette di simulare nuove opere, guasti, siccità o cambiamenti demografici prima di investire. Un modello resta però affidabile solo se tarato, aggiornato e verificato su dati reali, pertanto, gli **algoritmi predittivi** possono indicare quali condotte rischiano di più, combinando età, materiale, pressioni, guasti passati e altre variabili ma restano un supporto alla scelta degli interventi, non una garanzia di prevenzione. Water Europe indica **l'analisi dei dati con**

15) Water Europe (2022), p. 7.
16) IWA Water Loss Specialist Group, Use of the Infrastructure Leakage Index (ILI) in EU Directives and Regulations, position statement, marzo 2022.
17) Water Europe (2022), pp. 15, 17.

intelligenza artificiale tra i punti ancora da sviluppare, insieme a costi, dialogo tra sistemi diversi, qualità dei dati e competenze, e ricorda che molti software richiedono un modello idraulico della rete già tarato[17].

Per la qualità dell'acqua, la **diffusione di sonde multiparametriche a basso consumo e di strumenti di misura in linea accorcia il tempo tra la comparsa di un'anomalia e il momento in cui il gestore ne viene a conoscenza** come nel caso delle sonde a fluorescenza (vedi 2.c). Il beneficio varia però a seconda del parametro: la misura in continuo non sostituisce le analisi di laboratorio e va valutata per sensibilità, affidabilità, frequenza di manutenzione e requisiti di controllo. Servono quindi sistemi più robusti, economici e adatti a misurare a lungo, e una verifica indipendente delle prestazioni dichiarate dai fornitori[18].

I benefici nel medio-lungo periodo: monitoraggio e manutenzione

Il valore di una tecnologia dipende dai risultati iniziali e dalla loro durata: usura delle condotte, variazioni di pressione e cambiamenti nel funzionamento della rete possono generare nuove perdite. La loro gestione richiede quindi pianificazione, intervento e verifica permanenti, non un progetto a termine. Senza un controllo continuo, le nuove perdite si scoprono solo a posteriori e i risultati ottenuti si perdono. **Servono quindi misuratori affidabili, dati aggiornati, controllo dei distretti, manutenzione delle valvole che regolano la pressione, ricerca e riparazione delle perdite**.

Il monitoraggio continuo permette di distinguere un'anomalia occasionale da un peggioramento progressivo: confrontando nel tempo portate, pressioni e consumi di energia, il gestore riconosce i segnali ricorrenti, avvia le verifiche e aggiorna la programmazione degli interventi. Servono reti di **sensori multiparametrici integrate con telecontrollo e mappe digitali**, cruscotti di distretto e strumenti per valutare lo stato delle condotte. Queste tecnologie supportano la **manutenzione preventiva**, consentendo di programmare controlli e interventi prima che si verifichino guasti e la **manutenzione predittiva** che, invece, anche tramite l'intelligenza artificiale individua le condotte più esposte al rischio combinando dati su materiale, età, condizioni e storico dei guasti. Inoltre, tra i benefici si evidenzia che per le condotte vecchie con molte **piccole perdite**, esistono delle **soluzioni** innovative in chiave manutentiva:

- un rivestimento sigillante applicato dall'interno della condotta TARL, che secondo i fornitori consente riduzioni tra il 30% e il 70% sulla rete trattata, con una spesa inferiore alla sostituzione;
- le tecniche di risanamento senza scavo (relining) possono ridurre anche le perdite dovute a fessure e giunzioni deteriorate (vedi Allegato per maggiori dettagli).

In un Paese con un tasso di sostituzione della rete basso, scegliere bene dove e come intervenire conta quanto la quantità di investimenti[19]. Questi vantaggi vanno valutati al netto dei costi di installazione, manutenzione, comunicazione e sostituzione dei sistemi digitali poiché valore di una tecnologia sta tanto nei miglioramenti che produce quanto nella possibilità di gestire la rete in modo ripetibile, controllabile e adattabile.

Benefici complessivi e prospettive di lungo periodo

Monitoraggio, automazione, controllo della pressione, misura e gestione delle condotte, usati insieme, producono benefici che si rafforzano a vicenda: meno acqua persa significa meno acqua da prelevare, trattare e pompare, meno guasti significano meno interventi d'urgenza e meno interruzioni, dati più affidabili permettono di indirizzare le risorse verso le infrastrutture più critiche.

Ridurre le perdite è particolarmente importante dove **le fonti sono sotto stress**, come nel Sud e nelle Isole, per questo una **gestione sostenibile** non punta al minimo teorico di perdite a qualsiasi costo, ma a **obiettivi proporzionati al contesto**, tenendo conto anche dei costi ambientali e sociali degli interventi. In questa logica le piattaforme di previsione dell'acqua disponibile e i modelli di bacino aiutano a organizzare l'approvvigionamento e a prepararsi alla scarsità, collegando le informazioni sulle fonti con quelle della distribuzione.

In sintesi, il beneficio più importante è il **passaggio da una gestione frammentata e soprattutto reattiva a una gestione preventiva, misurabile e aggiornata di continuo**. Le tecnologie creano le condizioni per questo cambiamento, ma risultati duraturi richiedono personale competente, manutenzione dei dispositivi, dati integrati e verifiche periodiche: è il collegamento tra intervento, monitoraggio e manutenzione che permette di vedere i benefici, verificarne la durata e correggere la gestione quando emergono nuove criticità.

Analisi costi-benefici

Per decidere quanto investire nella riduzione delle perdite serve un confronto tra il costo dell'acqua persa e il costo degli interventi.

I benefici di una stessa tecnologia cambiano molto in base ai singoli casi, in funzione delle caratteristiche della rete, del modo in cui la tecnologia è applicata e della sua qualità. Per questo le promesse di riduzione percentuale vanno lette con cautela, poiché ad esempio ridurre le perdite dove si perde metà dell'acqua significa recuperare volumi importanti, mentre dove se ne perde solo il 20% comporta una riduzione inferiore. Inoltre, a **incidere sono anche il costo**

18) Water Europe (2022), pp. 7, 18.
19) Commissione europea, European Water Resilience Strategy, COM(2025) 280 final, 4 giugno 2025, § 2.2.

dell'acqua e le caratteristiche del territorio. L'analisi costi-benefici serve quindi a dare una chiave di lettura per scegliere il mix di tecnologie e di attività adatto a ciascuna situazione, e a stimare quanto investire e quanto chiedere in termini di finanziamento.

Pur con queste cautele, l'esperienza internazionale indica quali attività danno in generale i benefici maggiori: la **gestione della pressione, la ricerca attiva delle perdite e il monitoraggio dei distretti costano in media circa un decimo della sostituzione delle condotte a parità di metro cubo** recuperato.

La **scarsa qualità delle infrastrutture alimenta un circolo vizioso**, poiché si continuano a finanziare riparazioni che non migliorano lo stato generale della rete, portando ulteriori malfunzionamenti e ulteriori necessità di interventi. In particolare, **nel contesto italiano spesso le voci principali di spesa riguardano i costi di esercizio, a discapito degli investimenti**, pertanto, uscire da questo circolo è uno dei benefici attesi delle tecnologie e delle attività per conoscere e gestire la rete. Inoltre, si deve evidenziare che la direttiva sulle acque potabili chiede che la valutazione delle perdite e del potenziale di riduzione tenga conto degli aspetti sanitari, ambientali, tecnici ed economici[20]. La valutazione economica è quindi parte del metodo, non un'aggiunta.

Le **voci da confrontare** appaiono complessivamente le seguenti:

- **Benefici**: acqua non più persa, energia di pompaggio e di trattamento risparmiata, reagenti, riparazioni evitate grazie alle minori rotture, investimenti in nuove fonti rinviati o evitati.
- **Costi**: investimento iniziale e costi di esercizio di ciascuna tecnologia, compresi manutenzione, comunicazioni e sostituzione dei dispositivi. Per l'energia esiste già un riferimento nazionale sui consumi dell'acquedotto (vedi 3.a).

Il catalogo tecnologico individuato nel presente documento sulla base delle tecnologie disponibili tra i soci di SHIFT (vedi Allegato) classifica investimento iniziale e costi di esercizio delle tecnologie: la gestione della pressione, per esempio, richiede un investimento alto ma ha costi di esercizio bassi, quindi è onerosa da avviare ma economica da mantenere.

Gap tra risorse disponibili e necessarie

Secondo ARERA gli investimenti in fognatura e depurazione in Europa sono insufficienti rispetto alle nuove regole europee: la **direttiva (UE) 2024/3019 sulle acque reflue urbane** alza gli standard di depurazione e la **strategia europea per la resilienza idrica** propone di migliorare l'efficienza nell'uso dell'acqua di almeno il 10% entro il 2030. Mancano però ancora dati adeguati a misurare questi obiettivi poiché le perdite degli acquedotti, per esempio, sono rilevate solo da pochi Stati e senza criteri comuni[21]. La Commissione Europea stima che per attuare la legislazione europea sulle acque manchino investimenti per circa 23 miliardi di euro l'anno[22].

I dati confermano lo squilibrio dato che nel 2024 gli investimenti in fognatura e depurazione nell'Unione europea sono stati pari a circa **29 miliardi di euro**, il **38%** degli investimenti per la protezione dell'ambiente, realizzati per il **55%** da soggetti privati. Tuttavia, in quasi vent'anni sono cresciuti solo del 3%, contro oltre il 50% degli investimenti ambientali complessivi. Il valore aggiunto del settore idrico è cresciuto da circa 100 a quasi 150 miliardi di euro tra il 2015 e il 2024 (in Italia da 15 a 22 miliardi), ma **il suo peso sull'economia si è ridotto**: ciò solleva **dubbi sulla capacità del settore di sostenere da solo gli investimenti richiesti[23]**.

Gap tecnologico

Negli ultimi vent'anni i sensori si sono evoluti **più lentamente delle tecnologie digitali** per trasmettere e analizzare i dati, e molti strumenti di misura sono ancora apparecchiature di laboratorio automatizzate, **troppo costose da acquistare e mantenere per una diffusione capillare**. La maturità varia molto a seconda di cosa si misura: i sensori per grandezze fisiche come portata, pressione e livello sono stabili e richiedono poca taratura, mentre la misura in continuo dei parametri chimici e biologici richiede strumenti complessi, spesso con reagenti e tarature frequenti.

Per alcune sostanze, inoltre, i limiti fissati dalla normativa europea sono **difficili da raggiungere con strumenti in linea a costi sostenibili**, e distinguere sostanze simili della stessa famiglia chimica, come i PFAS, richiede tecniche ancora poco diffuse.

Inoltre, usare molti dispositivi richiede di **integrarli nei sistemi di gestione e nelle decisioni dei gestori**, e pone domande pratiche: dove installare i sensori, quali parametri misurare direttamente e quali ricavare in modo indiretto, ogni quanto raccogliere i dati perché siano utili alle analisi, quali software considerare affidabili. Mancano **formati di dati e regole di comunicazione comuni, regole per la gestione dei dati aperti e metodi standard** per analizzare grandi quantità di dati e trasformarli in allarmi. I software commerciali sono pochi e molti richiedono un **modello idraulico della rete già tarato**. A questi limiti si aggiungono un divario di competenze, più marcato nei gestori di acqua potabile che negli impianti di depurazione, già abituati a gestire in tempo reale i dati di molti strumenti, e una **collaborazione ancora insufficiente tra ricerca, industria e decisori pubblici**.

20) Direttiva (UE) 2020/2184, art. 4, par. 3.
21) ARERA (2026), vol. 1, pp. 78, 80-81, 84.
22) Commissione europea, COM(2025) 280, § 3.2.
23) ARERA (2026), vol. 1, pp. 81-83.
24) Water Europe (2022), pp. 13, 15, 19.

Restano aperti, infine, i temi dell'**affidabilità e della validazione del dato**, del collegamento nelle aree remote, del dialogo tra dispositivi diversi, della sicurezza informatica e dell'autonomia energetica dei sensori, con batterie al litio scarse in Europa e sistemi di recupero dell'energia ancora inadeguati[24].

Gap economico e di integrazione

I sensori semplici possono costare poco, ma gli analizzatori no: oggi non esistono **dispositivi a basso costo da diffondere in modo capillare** sulle reti, e una misura di pH o di conducibilità non si legge ancora con uno smartphone come accade per la posizione GPS. Al costo d'acquisto si sommano **installazione, comunicazioni, messa in servizio e manutenzione**, che per i sensori in aree remote comprende anche gli spostamenti del personale, oltre alle licenze software, alla conservazione dei dati in cloud e alla tutela della riservatezza dei dati degli utenti.

La diffusione su larga scala richiederebbe **dispositivi piccoli, economici da acquistare e da gestire**, facili da installare, a basso consumo e collegati in rete. Il mercato invece è **limitato e frammentato**, un ostacolo importante per molte tecnologie digitali dell'acqua, e non permette di ridurre i costi unitari. I benefici sono ancora considerati **bassi rispetto ai costi e mancano modelli di business sostenibili per i gestori**. Occorre quindi chiarire chi sostiene il costo dei sensori, chi beneficia delle informazioni raccolte e come attribuire un valore economico ai dati.

Gap normativo

Secondo le analisi di Water Europe la normativa è una delle **barriere principali**. Per la conformità alle regole europee sulla qualità dell'acqua contano **solo le analisi di laboratorio con metodi standardizzati**, richieste con frequenza bassa, e le autorità di regolazione, non ancora convinte dei benefici, non chiedono di installare strumenti di misura in continuo. Mancano inoltre **linee guida e standard per l'uso dei dispositivi e dei dati raccolti**. Il dato dei sensori ha quindi un valore per la gestione ma non sostituisce i controlli ufficiali, e i dispositivi vengono **installati solo dove portano un risparmio rilevante o un vantaggio competitivo**. Un vuoto simile riguarda le politiche europee: l'obiettivo di aumentare l'efficienza idrica non ha ancora **definizioni e metodi di misura condivisi**, e la Commissione ha istituito un gruppo di lavoro per scegliere l'indicatore più adatto.

Direzioni di risposta indicate a livello europeo

Le linee di intervento proposte rispondono ai quattro gap:

- **tecnologico**: sostegno alla ricerca e al trasferimento tecnologico, con verifiche indipendenti delle prestazioni dichiarate dai produttori attraverso il programma europeo di verifica delle tecnologie ambientali (ETV);
- **economico**: creazione di un mercato di volume, anche tramite appalti pre-commerciali, a partire dagli ambiti in cui i benefici economici sono più evidenti;
- **normativo**: aggiornamento della normativa sul monitoraggio, per riconoscere i dati dei dispositivi in continuo, aumentare la frequenza dei controlli e introdurre requisiti di monitoraggio in linea degli inquinanti, con metodi e parametri specifici;
- **di integrazione**: linee guida per una standardizzazione condivisa e per l'uso dei sensori nella manutenzione predittiva delle reti fognarie, allineamento della rendicontazione elettronica alle iniziative di dati aperti, rafforzamento dei Piani di sicurezza dell'acqua e formazione sulla gestione dei dati per tecnici e dirigenti dei gestori.

Le criticità nel contesto italiano

In Italia i quattro gap europei si sommano a **forti differenze territoriali**, a un riordino delle gestioni non ancora concluso e a una **capacità di investire e realizzare le opere non uniforme**. Il divario si vede già negli indicatori di servizio descritti nella sezione 1.a, in particolare per le interruzioni del servizio, che vanno da meno di un'ora per utente all'anno nel Nord a oltre 100 ore nel Sud e nelle Isole . Il gap tra risorse disponibili e necessarie riguarda quindi non solo quanti fondi ci sono, ma anche la **capacità di trasformarli in opere e di farle funzionare nel tempo**.

Il ritardo rispetto agli altri paesi nel raggiungimento di livelli di efficienza rispetto alle perdite idriche, soprattutto nelle aree del Sud, dipende in larga parte dalla presenza di gestori troppo piccoli e privi al loro interno di competenze tecniche adeguate. In questo quadro infatti diversi gestori di piccole dimensioni non hanno potuto accedere ai fondi PNRR perché privi dei requisiti minimi previsti e perché senza una dimensione minima e competenze tecniche, nuove risorse e investimenti tecnologici rischiano di disperdersi (vedi 4.c).

Al fine di migliorare la qualità della gestione idrica una soluzione è quella di **rendere obbligatori per ogni gestore un inventario digitale della rete** e, sotto una soglia di efficienza, **un piano d'azione per ridurre le perdite**, come prevede la **Francia dal 2012**. In Italia, invece, rete non è ancora interamente mappata in formato digitale (vedi 1.a), mentre la mappatura è il primo passo di ogni intervento. L'obbligo dovrebbe prevedere scadenze certe, con un sistema informativo territoriale (GIS) entro una data stabilita, e un piano di riduzione delle perdite che in un periodo definito porti ciascun gestore dal proprio livello di partenza a un obiettivo commisurato, con monitoraggio verificato e formazione del personale. Il piano inoltre dovrebbe dare la precedenza alle attività con il miglior rapporto tra costi ed efficacia (vedi 1.b e 3.b).

Ulteriore problematica risiede nella **modalità di distribuzione** delle premialità da parte di ARERA a cui accedono tutti

i gestori che raggiungono determinate classi idriche a dalla presentazione o meno di un bilancio idrico preciso. Infatti, se tutti i gestori avessero un bilancio idrico corretto e preciso agevolerebbero la creazione di un **catasto digitale condiviso del sottosuolo e di un coordinamento degli scavi**, già esistente in modelli sviluppati da altri paesi europei, che permetterebbe di **raccogliere in maniera sistemica e georeferenziata le rotture**. Ciò sarebbe utile anche alla creazione di una mappatura nazionale, promuovendo a livello comunale o d'ambito il coordinamento dei lavori tra i gestori delle diverse reti, così da ridurre i tempi dei permessi di scavo e quindi l'acqua persa in attesa delle riparazioni.

Inoltre, tra le criticità si evidenzia come il **ritardo tecnologico** si concentri in relazione alle **utenze**: la lettura a distanza dei consumi degli utenti resta molto inferiore a quella dei volumi misurati lungo la rete (vedi 1.a). Finora i dispositivi sono stati installati soprattutto nei punti principali della rete, meno numerosi, mentre i **contatori degli utenti** sono spesso in posizioni in cui il segnale di trasmissione è debole. Il rinnovo dei contatori è in corso, ma **circa un quinto della rete di acquedotto non è ancora mappato in formato digitale**.

Per il 2024-2029 i piani dei gestori prevedono investimenti per **29,6 miliardi di euro**, circa **90 euro per abitante** all'anno contro i 69 del periodo 2020-2023. La **riduzione delle perdite** assorbe circa **7,95 miliardi**: il 75,69% è destinato a sostituire e risanare condotte e solo il **18,84%** a misura, distretti, telecontrollo e sistemi informativi. Gli investimenti scendono da **6,1 miliardi** nel 2025 a **4,1 miliardi** nel 2029 (vedi 1.c), e la capacità di spesa è diseguale: nel Sud e nelle Isole i gestori hanno realizzato il 69% degli investimenti previsti nel 2022 e il 60% nel 2023, contro il 95% e l'86% della media nazionale.

Finora l'innovazione è dipesa in larga parte da **programmi straordinari**:

- il PNRR ha destinato 900 milioni di euro alla riduzione delle perdite e alla digitalizzazione delle reti, 2 miliardi alle infrastrutture per la sicurezza dell'approvvigionamento e 600 milioni a fognatura e depurazione;
- il programma REACT-EU ha messo a disposizione 482 milioni per la digitalizzazione delle reti nel Mezzogiorno.

Nel complesso queste risorse coprono il **13,65% del fabbisogno** 2024-2029, con un picco vicino al 30% nel 2025 . Dopo il PNRR restano i contributi da 1 miliardo con una quota a carico della tariffa e il PNIISSI, il cui primo stralcio copre una piccola parte delle richieste.

La regolazione italiana usa già il dato di misura come **condizione per accedere ai premi**: per le perdite almeno il **70% dei volumi in rete** deve essere misurato e almeno il **90% dei volumi consegnati agli utenti** deve derivare dalla lettura di un contatore. La diffusione della lettura a distanza è invece misurata con indicatori usati solo per il monitoraggio, fuori dal sistema di premi e penali.

Come a livello europeo, anche in Italia il **valore del dato digitale dipende dal riconoscimento che gli dà la regolazione**: le installazioni non collegate a indicatori verificabili rischiano di restare sperimentazioni isolate. Nuovi fabbisogni arriveranno dall'indicatore di resilienza idrica, che entrerà nel sistema di premi e penali dal 2028, dal recepimento della nuova direttiva sulle acque reflue e dal completamento delle regole nazionali sul riuso delle acque reflue depurate.

In Italia la difficoltà di integrazione è anzitutto **organizzativa a fronte della frammentazione gestionale e della mancata qualità dei dati**. Gli ambiti territoriali ottimali sono 62 e in diversi territori convivono gestioni preesistenti mantenute per legge (gestioni salvaguardate), gestioni comunali autonome contestate e affidamenti in scadenza senza un nuovo gestore pronto. In merito alla **qualità del dato**, presupposto di ogni integrazione, è stato evidenziato inoltre come nel Sud e nelle Isole i dati sulle perdite coprono il **68% della popolazione**, le gestioni che non comunicano i dati servono l'11% della popolazione nazionale e, quando ARERA ha assegnato premi e penali per il 2022-2023, il 40% delle gestioni esaminate aveva dati o documenti incompleti o incoerenti e il 27% registri incompleti. Oggi, inoltre, pur in presenza delle soglie minime di misura richieste per i premi delle verifiche incrociate tra enti d'ambito (vedi 2.c), **ARERA assegna i premi solo sulla base dei dati dichiarati dai gestori, senza una validazione tecnica del bilancio idrico** da parte di soggetti qualificati. Il sistema comporta quindi come principale problematica **che i gestori che non sono in grado di misurare l'acqua immessa in rete o non sanno gestire i propri dati in modo preciso** con il rischio di

4.

Prospettive di policy

dichiarare valori poco affidabili e accedere comunque ai premi, allo stesso modo di chi misura correttamente i riferimenti numerici, a discapito dell'equità del confronto.

4. Prospettive di policy

Il documento porta a una conclusione: le tecnologie per conoscere, proteggere e gestire la risorsa idrica esistono e sono già applicate anche in Italia. Ci sono, però, tre nodi che ne frenano la diffusione: le regole non riconoscono ancora pienamente il valore del dato; i finanziamenti calano dopo il PNRR e premiano più la sostituzione delle condotte che la misura; la gestione del servizio resta frammentata, con gestori spesso troppo piccoli o senza un orizzonte stabile per investire. Per ciascuna criticità si propongono alcune **misure volte a sostenere gli investimenti tecnologici per una gestione innovativa del sistema idrico integrato** promuovendo:

- una regolazione che esclude dai premi chi dichiara dati non verificabili;
- indicatori corretti per misurare le prestazioni in modo oggettivo;
- premi che inneschino un circolo virtuoso, moltiplicando i benefici a vantaggio di tutti i gestori e orientandoli verso l'adozione di innovazione efficace.

Le misure riguardano sia investimenti materiali (reti, misuratori, sensori) sia investimenti immateriali (competenze, dati, organizzazione), a cui va data pari importanza, in particolare poiché questi ultimi hanno un costo inferiore, ma governano l'efficacia dei restanti elementi che compongono l'infrastruttura idrica.

Implementazioni e semplificazione a livello normativo

Si propone di **individuare obiettivi sulle perdite in volume** al fine di dare più peso all'indicatore ARERA per chilometro di rete e affiancargli un indice di confronto tra reti come l'ILI. È anche il modo per preparare fin d'ora il piano d'azione che la direttiva europea chiederà agli Stati sopra la soglia di perdita. In questa prospettiva, **si deve superare l'attuale misurazione sulla base dell'indicatore percentuale**, (vedi 1.b), **rivedendo la classificazione ARERA**, affinché la classe A non sia percepita solamente come un traguardo raggiunto. Gli obiettivi dovrebbero essere fissati in base al livello di partenza di ciascun gestore, con gli indicatori suggeriti dalla Commissione europea una volta stabilizzata la pressione.

- Si propone, in questa logica, di **riconoscere** nei Piani di sicurezza dell'acqua previsti dal decreto legislativo 18/2023 i **dati dei sensori**, a complemento delle analisi di laboratorio, come raccomanda Water Europe e garantire una **sola rendicontazione digitale** per raccogliere i dati una volta sola, in formati aperti e comuni, e alimentare le raccolte della piattaforma AnTeA e rispondere ai crescenti gli obblighi europei, riducendo gli oneri per i gestori.

Finanziamenti e incentivazioni economiche

- Si propone di **stabilizzare** e rendere continuativo e periodico lo stanziamento **PNIISSI riservando nello stesso e nei contributi una quota a distretti e digitalizzazione delle reti (vedi 1.c e 3.c)**. Più in generale, una parte delle risorse oggi destinate alla sostituzione delle condotte andrebbe vincolata alle attività prioritarie indicate nella sezione 1.c, con costi ridotti ma elevati benefici, sia in conoscenza sia in riduzione delle perdite.
- Si propone di **prevedere un meccanismo che addebiti il costo per le perdite eccessive**: in Danimarca dal 1994 i gestori con perdite superiori al 10% pagano una penale allo Stato, in Francia il gestore che non ha l'inventario della rete o, con un rendimento sottosoglia, e che non adotta un piano d'azione, paga il doppio del canone per la tutela della risorsa. Un meccanismo analogo, introdotto in modo graduale e con i **proventi destinati agli investimenti nelle reti**, renderebbe le perdite un costo visibile per chi le genera. Il meccanismo andrebbe però costruito su indicatori corretti e non sulla sola percentuale.
- Si propone di prevedere un meccanismo tale per cui **chi riceve i premi ARERA sulle perdite deve dimostrare come li reinvestirà per continuare a migliorare**, e condividere con gli altri gestori, attraverso incontri periodici e la diffusione dei risultati, ciò che è stato appreso. In questa logica una quota dei premi potrebbe essere vincolata a questo scopo e alla diffusione delle soluzioni presso i gestori più piccoli. Tale approccio si basa su una leva di moltiplicazione, in cui un investimento effettuato dal gestore per l'innovazione e che ne condivide i risultati spinge anche gli altri a migliorare e a competere per i premi successivi ha un impatto superiore rispetto alla sola sostituzione di condotte, in un contesto come quello italiano dove esiste una limitata capacità di spesa e un forte ritardo da recuperare.
- Si propone di **promuovere acquisti congiunti e appalti pre-commerciali per sensori e piattaforme**, con verifica indipendente delle prestazioni sul modello del programma europeo ETV **a beneficio dei gestori piccoli**, finanziando anche **servizi** come il telecontrollo in cloud e la conduzione esterna degli impianti, utili ai gestori piccoli e al Sud, che oggi realizza una quota minore degli investimenti previsti.

Nuova governance del settore

- Si propone di rendere **obbligatoria una dimensione minima dei gestori e la presenza di competenze tecniche adeguate**. La dimensione minima si può raggiungere anche con accorpamenti, a condizione che riuniscano e rafforzino le competenze tecniche, in particolare in un contesto come quello del Mezzogiorno dove la frammentazione delle gestioni è oggi uno dei principali ostacoli agli investimenti.
- Anche al fine di garantire l'attuazione efficace della proposta che precede, si propone di definire un **programma nazionale di formazione e affiancamento per tecnici e dirigenti dei gestori piccoli e medi**, in raccordo con l'accademia europea dell'acqua annunciata dalla Commissione Europea. Oggi la rete si gestisce infatti con strumenti fortemente avanzati per cui servono nuove competenze poiché un gestore con una squadra competente può ottenere risultati anche con meno tecnologie, mentre senza competenze anche i contatori intelligenti e i sistemi informativi restano inutilizzati. Il programma dovrebbe prevedere **percorsi standardizzati**, sul modello delle buone pratiche IWA, e **percorsi di alta formazione** dedicati alla gestione dei sistemi idrici.
- Per garantire un'adeguata gestione del dato di qualità e permettere ai gestori di decidere in modo maggiormente accurato dove investire le risorse è utile prevedere un **sistema di validazione del bilancio idrico** anche al fine di accedere ai premi con figure in grado di svolgere il validare i bilanci. A tal fine si propone di:

1. **definire la formazione e gli esami da superare per assumere la qualifica di validatore**, sul modello dell'American Water Works Association, che negli Stati Uniti subordina l'accesso al confronto tra gestori a una soglia di affidabilità dei dati, e della certificazione dei tecnici di ricerca perdite avviata in Italia con l'Associazione Italiana Prove non Distruttive (AIPnD), che ha già qualificato oltre 150 operatori e che diversi gestori oggi chiedono ai propri fornitori;
2. prevedere l'accesso alle **premialità di ARERA** solo ai gestori che presentano un bilancio idrico preciso e validato da un soggetto diverso da chi lo ha redatto;
3. **sperimentare** il sistema in un **territorio pilota**, con gestori, regolatori e Comuni disponibili, in possesso di capacità di applicazione, per mostrarlo come un caso di studio il quale vale la pena replicare in altri territori o su scale più ampie.

Conseguentemente, grazie alla garanzia di presentazione di bilanci idrici validati da un terzo, corretti e precisi, si può **creare un catasto digitale condiviso del sottosuolo e di un coordinamento degli scavi**, con i benefici descritti nelle sezioni 2.c e 3.c.

- Si propone l'istituzione di un **Tavolo permanente su dati e innovazione** per riunire regolatore, gestori, ricerca e imprese per definire standard comuni, regole sulla privacy e criteri di verifica delle tecnologie, colmando la collaborazione ancora insufficiente segnalata da Water Europe. Il tavolo può essere anche la sede in cui valutare, caso per caso, le tecnologie più adatte ai diversi territori e aggiornare il loro elenco, nonché favorire la collaborazione tra gestori, regolatori e comuni, oggi ancora limitata.

5.

Focus catalogo tecnologie

5. Focus catalogo tecnologie

Il presente allegato illustra in dettaglio le tecnologie emergenti parte del catalogo del policy brief "Dalla gestione dell'emergenza alla resilienza: tecnologie per conoscere, proteggere e gestire la risorsa idrica".

- **Conoscere per prevedere la disponibilità idrica e individuare i rischi**

Le **piattaforme di previsione** usano un **gemello digitale del bacino idrografico** per prevedere l'acqua disponibile alle captazioni a 72 ore, a sei mesi e a trent'anni, evidenziando le allerte per siccità ed eventi estremi e un modulo dedicato al manto nevoso. Le immagini dei satelliti europei Sentinel servono a individuare i cedimenti del terreno che mettono a rischio le condotte e le anomalie di umidità del suolo che possono segnalare perdite.

- **Potabilizzare l'acqua**

Prima di arrivare al rubinetto, l'acqua prelevata da pozzi, sorgenti e fiumi viene trattata negli impianti di potabilizzazione, che oggi devono rispondere anche ai nuovi parametri introdotti dalla direttiva europea sulle acque potabili, come PFAS e microplastiche. A ogni problema corrisponde un trattamento specifico:

- i filtri a sabbia e a carbone attivo trattengono torbidità, microinquinanti e PFAS;
- la nanofiltrazione e l'osmosi inversa, che fanno passare l'acqua attraverso membrane molto fini, eliminano nitrati, arsenico e sali in eccesso;
- i raggi ultravioletti e l'ozono disinfettano l'acqua, rimuovono i contaminanti emergenti e riducono i sottoprodotti della disinfezione con il cloro.

In caso di siccità, eventi estremi o aree isolate si usano **impianti di potabilizzazione mobili**, installati dove serve.

- **Gestire gli impianti a distanza**

I **sistemi di automazione e telecontrollo (SCADA)** consentono di **monitorare e regolare** da remoto il funzionamento degli impianti: sensori e centraline controllano in continuo la **qualità** dell'acqua e **automatizzano** il dosaggio dei reagenti, il lavaggio dei filtri e l'attivazione delle pompe in funzione dei livelli dei serbatoi e della pressione in rete. Gli operatori possono supervisionare gli impianti da qualsiasi dispositivo e ricevere allarmi associati alle procedure da seguire. Le **soluzioni cloud** rendono inoltre queste tecnologie accessibili **anche ai gestori piccoli e medi**, riducendo i costi e la necessità di infrastrutture informatiche proprie. La possibilità di esternalizzare la conduzione e la manutenzione degli impianti offre ulteriori opportunità di efficientamento operativo.

- **Ridurre le perdite con un percorso a fasi**

Per ridurre le perdite è necessario anzitutto conoscere la rete. Il percorso parte dalla sua **mappatura digitale**, tramite georadar, rilievi GPS, droni e digitalizzazione delle cartografie esistenti sulla base della quale si sviluppano un **modello idraulico** calibrato sui dati rilevati e un **gemello digitale**. Seguono il bilancio idrico IWA per ciascun distretto, le misure notturne e l'installazione di sensori acustici permanenti, capaci di rilevare tempestivamente nuove perdite. Le dispersioni vengono poi localizzate sul campo con correlatori, geofoni, termocamere e gas traccianti e riparate, ove possibile, senza scavi e **tecniche di risanamento delle condotte** (*relining*), da scegliere in base allo stato della condotta. Infine, ogni tratto è assegnato a una delle quattro classi di rischio.

In particolare, tra le tecnologie di **risanamento** delle condotte **senza scavo** si evidenzia il **relining, molto diffusa nel Nord Europa** e in progressiva affermazione anche in Italia, che consente di **riabilitare le condotte** in pressione mediante l'inserimento, all'interno della **tubazione esistente**, di un tubolare flessibile multistrato rinforzato con **fibre aramidiche** e collegato alla rete attraverso appositi raccordi terminali. Il rinforzo sostiene la pressione interna di esercizio indipendentemente dalla tenuta della condotta originaria: non si tratta quindi di una semplice sigillatura delle perdite, ma dell'introduzione di una nuova barriera di contenimento del fluido. Il sistema non richiede l'incollaggio alla parete esistente né processi di polimerizzazione in cantiere e permette di **limitare gli scavi ai punti di accesso e alle eventuali lavorazioni intermedie, riducendo l'estensione dei ripristini stradali e le interferenze con il territorio**. Appare per questo un'opzione vincente soprattutto per le condotte adduttrici e per gli attraversamenti stradali, ferroviari o di aree ambientalmente sensibili, dove la sostituzione tradizionale presenta maggiori complessità. L'applicabilità deve essere verificata caso per caso, considerando lo stato e la stabilità della tubazione ospitante, il tracciato, le curve, le derivazioni, le pressioni di esercizio e transitorie, nonché l'effetto della riduzione del diametro utile sulla capacità di trasporto. Per l'impiego in acquedotto occorre inoltre verificare l'idoneità dei materiali al contatto con acqua potabile secondo i requisiti applicabili. Tra gli esempi di soluzioni attualmente disponibili **Primus Line®** la cui tecnologia, nei termini individuati, integra, senza sostituirla in modo generalizzato, la sostituzione delle condotte, offrendo un'alternativa da confrontare sulla base dei costi lungo il ciclo di vita, dei tempi di fuori servizio e degli impatti ambientali e sociali del cantiere.

- **Monitorare la qualità dell'acqua in rete**

Nei punti critici della rete — all'uscita dei serbatoi, a fine rete, negli ospedali e nelle scuole — i **sensori** connessi misurano continuamente pH, cloro residuo, torbidità, conducibilità, temperatura e carbonio organico. Dove l'alimentazione elettrica non è disponibile, funzionano a energia solare mentre le sonde a fluorescenza per il rilevamento dei batteri sono integrate nel sistema di telecontrollo.

- **Ridurre i consumi energetici**

I consumi degli impianti vengono monitorati con indicatori come i kWh per metro cubo e kWh per metro cubo/metro per tener conto del dislivello di sollevamento che è diverso e specifico per ogni impianto. L'efficienza aumenta installando inverter, sostituendo le pompe meno performanti dopo aver valutato il tempo di rientro dell'investimento e recuperando, tramite piccole turbine, l'energia prodotta dalla pressione in eccesso nella rete. Importante anche monitorare le vibrazioni e sviluppare un approccio di manutenzione predittiva che eviti malfunzionamenti e rotture con conseguenti disservizi. Analogamente l'applicazione di sistemi di ottimizzazione energetica applicati al sistema nel suo complesso consente di ottenere significativi risparmi energetici ed ambientali in un periodo storico in cui i costi dell'energia sono la principale voce di spesa di un gestore idrico.

- **Gestire i dati**

Una mappa digitale della rete accessibile via browser, cruscotti dedicati alla sala controllo, ai responsabili e alla direzione, contatori con lettura a distanza, verifiche sulla qualità dei dati e report per ARERA supportano una gestione integrata delle informazioni.