

Investimenti e indicatori di performance delle perdite

Ing. Gianfredi Mazzolani
Acquedotto Pugliese SpA

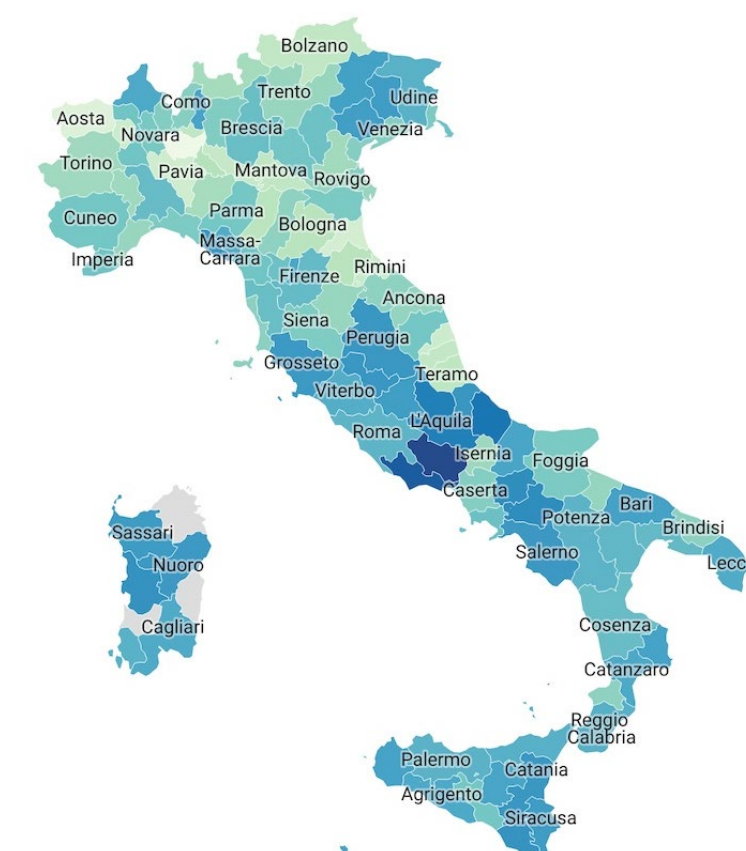


A.D. 1308
unipg
DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA
CIVILE E AMBIENTALE



Qualche dato per iniziare

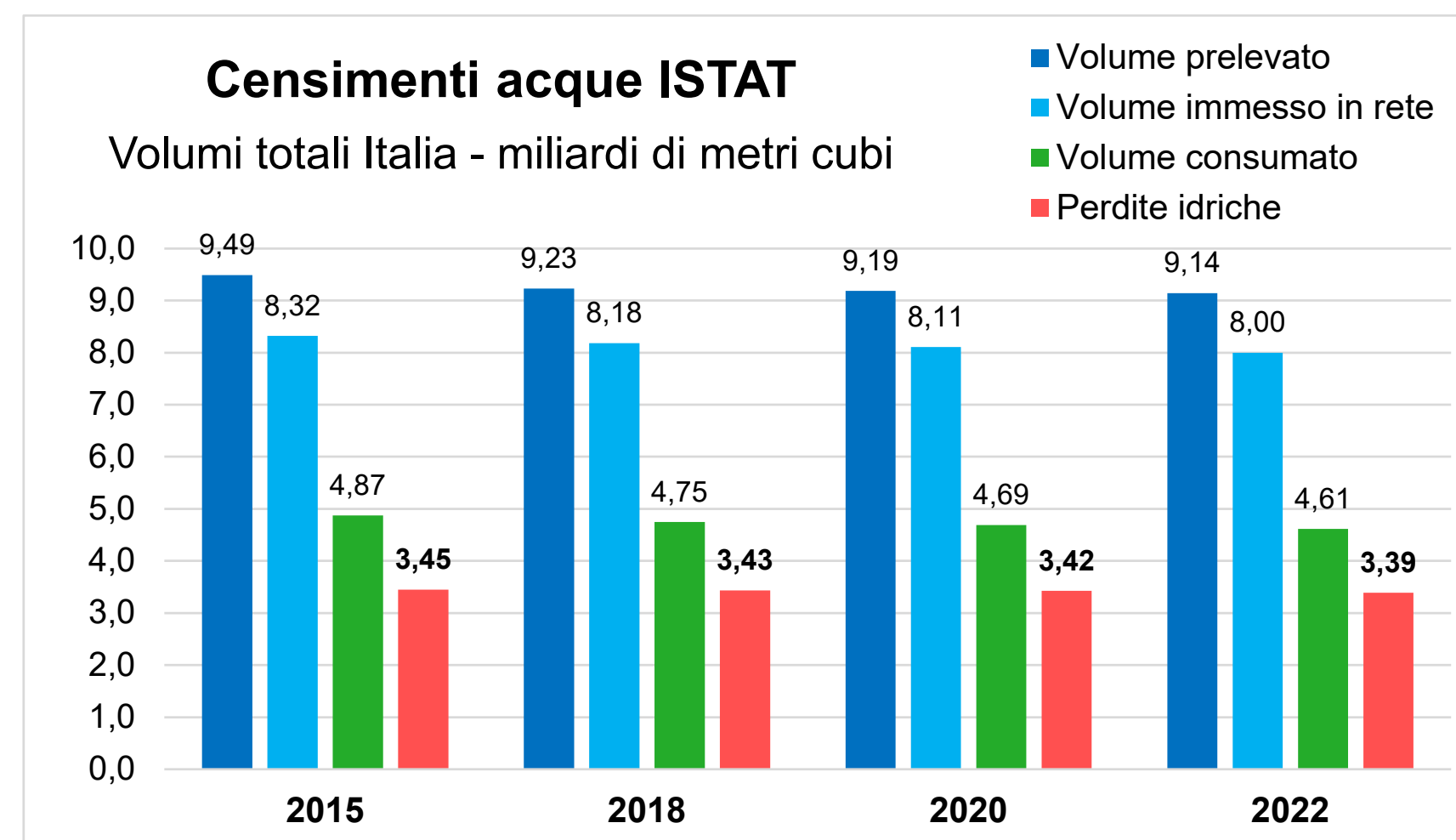
- **Prelievo di acqua a uso potabile** – Tra i 27 Paesi EU, l'Italia è al terzo (peggior) posto con **424 Litri/ab/giorno** (dopo Irlanda e Grecia), quasi il doppio della media EU che è pari a 224 Litri/ab/giorno (ISTAT 2022, TEHA 2024).
- **Consumo di acqua potabile** – Anche qui l'Italia è tra i meno virtuosi in Europa, con un consumo pro-capite pari a **214 Litri/ab/giorno**. Passando dalla Puglia – regione più virtuosa con 156 Litri/ab/giorno – fino a Trentino e Valle D'Aosta con 291 e 419 Litri/ab/giorno (ISTAT 2022).
- **Perdite idriche** – Considerando il tasso di perdite percentuali, l'Italia è al quarto peggior posto tra i Paesi EU (dopo Bulgaria, Irlanda e Romania), con **42,4 % di perdite idriche** nelle reti di distribuzione, a fronte di una media EU di 25 % (ISTAT 2022, TEHA 2024 su dati EurEau*). In termini di perdite lineari la media italiana 2021 è di **22,8 mc/km/giorno** (TEHA 2024).



(*) I dati raccolti da EurEau riguardano 21 dei 27 Paesi membri dell'Unione, che ad oggi non ha una procedura di raccolta e monitoraggio dei dati

Ancora qualche dato...

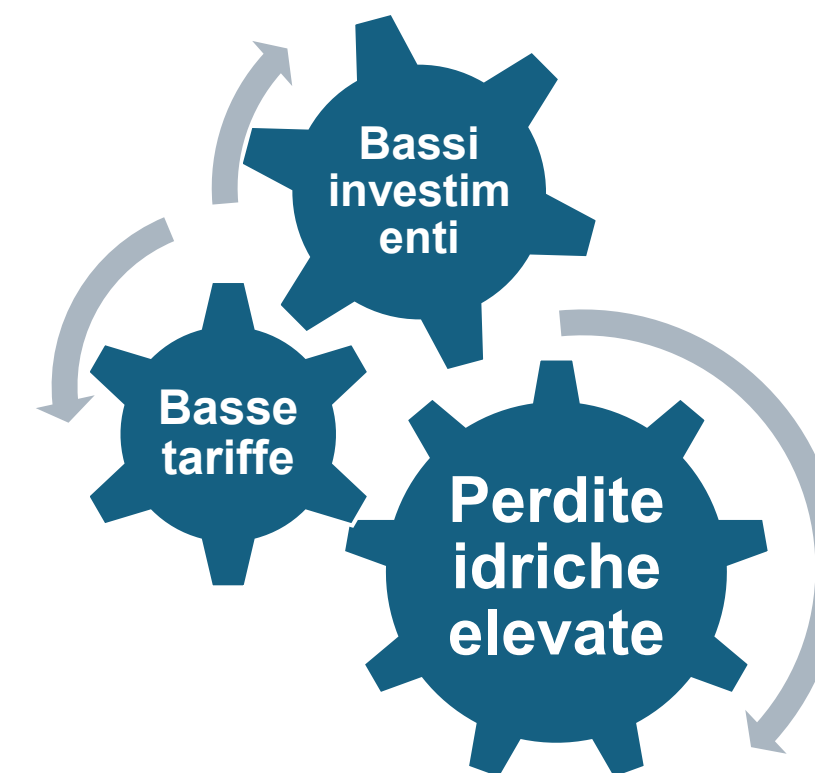
- **Trend delle perdite idriche** – Nonostante l'impulso di ARERA all'esecuzione di investimenti nel settore idrico e l'impulso al miglioramento delle performance tecniche dei gestori (RQTI) – tra cui in primis quelle sulle perdite – il volume totale di perdite è rimasto invariato in Italia tra il 2015 e il 2022: **3,4 miliardi di metri cubi annui** (corrispondenti a 155 piscine olimpioniche ogni ora!).
- In questo periodo, il volume di perdite è stato ridotto in 9 regioni su 20, ma **solo 2 regioni sono state virtuose**, avendo ridotto il volume di perdite di oltre il 20 %: il Friuli Venezia Giulia e la Puglia.
- In assenza di interventi sulle reti, il volume di perdite aumenta nel tempo per il **Natural Rate of Rise of Leakage**. In Italia tale fenomeno ha bilanciato – in media – l'effetto positivo degli interventi di riduzione delle perdite.



Investimenti per la riduzione delle perdite

- L'elevato tasso di perdite idriche delle reti italiane è relazionato ad investimenti bassi (sulle reti e in generale nelle infrastrutture del SII). Rispetto alla media EU di 82 Euro/ab/anno, **nel periodo 2019-23 in Italia sono stati investiti nel SII 59 Euro/ab/anno** (nel 2023 AQP ha investito 503 M€ corrispondenti a 125 Euro/ab/anno).
- Il trend degli investimenti italiani è in crescita per la spinta di ARERA e per le risorse messe a disposizione dal React EU e PNRR (€ 2,5 mld).
- Per effettuare la pianificazione di interventi di riduzione delle perdite è necessario scegliere **uno o più indicatori di performance**, utili anche in corso d'opera per monitorarne l'efficacia (ed eventualmente per mettere in atto azioni correttive). Indicatori di performance (KPIs) non buoni possono incidere negativamente sulla spesa per gli investimenti, che è pubblica.

La **tariffa media del SII in Italia** è 2,08 €/m³ contro 3,20 €/m³ della media EU e valori maggiori di 4,00 €/m³ in Francia, Germania, Olanda, ecc.

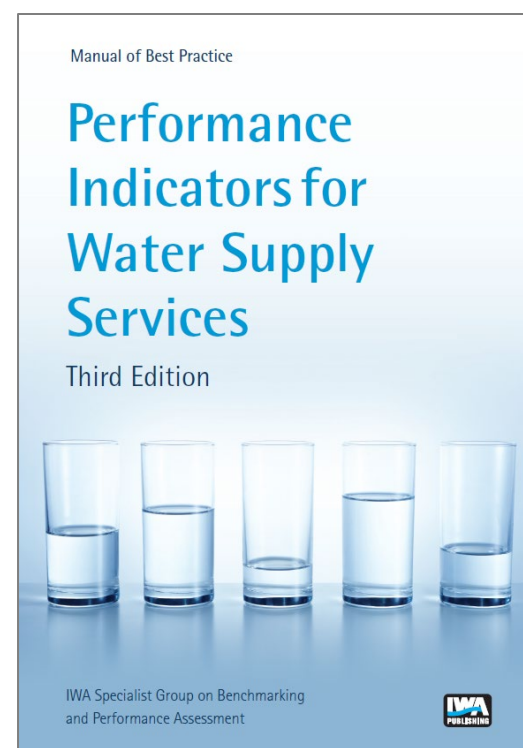


Paradosso della bolletta: più di 50 italiani su 100 considerano il costo dell'acqua elevato, ma solo 10 hanno idea di quanto sia (< 1 c€/L), tutti gli altri lo sovrastimano o non ne hanno idea

Indicatori di performance (KPIs)

Requisiti dei KPI

- 1) Essere chiaramente definito, ragionevolmente calcolabile e verificabile.
- 2) Fornire una misura indipendente da condizioni particolari.
- 3) Essere quantificabile in modo da fornire una misurazione oggettiva.
- 4) Includere informazioni sulla qualità dei dati delle variabili.
- 5) Essere scalabile, ossia applicabile a qualsiasi scala, dalla singola infrastruttura al livello di ambito.



Utilizzi dei KPIs

- 1) Valutazione delle prestazioni: Utilizzo di KPI per determinare lo stato attuale e l'evoluzione delle prestazioni di un servizio
- 2) Valutazione comparativa delle prestazioni (benchmarking): valutare le prestazioni di un servizio rispetto ad altri metrico).
- 3) Miglioramento delle prestazioni: Seconda fase del processo di *benchmarking* in cui vengono identificate e adottate le migliori pratiche per migliorare le prestazioni di un servizio.

Uno sguardo alla regolazione in Italia

- La RQTI di ARERA (Del. 917/17) introduce un set di macro-indicatori del SII, il più importante dei quali è quello sulle perdite idriche (M1), applicato **sia ai sistemi di adduzione che alle reti di distribuzione**.
- M1 è composto da:
 - **Indicatore di perdite lineari** $M1a = Vp/L/365$ [m³/km/gg]
 - **Indicatore di perdite percentuali** $M1b = Vp/Vi = Vp/(Va+Vp)$ [%]
 in cui Vp è il **volume annuo di perdite totali** (reali e apparenti); L è la **lunghezza delle reti**; Vi e Va sono il **volume immesso in rete** e quello **autorizzato**, rispettivamente.
- In base alla coppia di valori viene definita una classe, dalla migliore A alla peggiore E. In base alla classe il gestore è chiamato a **ridurre annualmente M1a, dal 2 % della classe B al 6 % della E**.
- Il valore di **uno dei due indicatori detta la classe** – la vincola – indipendentemente dal valore dell'altro (v. grafico).
- La classe della gran parte dei gestori è vincolata da M1b (v. grafico) ⇒ **l'obiettivo % di riduzione di M1a dipende dal valore di M1b**.

Classi M1 in base a M1a e M1b (RQTI aggiorn. 2023)

		M1a - perdite idriche lineari (mc/km/gg)				
		M1a <12	12 ≤ M1a <20	20 ≤ M1a <35	35 ≤ M1a <55	M1a ≥55
Perdite idriche percentuali	M1b <20%	A —	2 %			
	20% ≤ M1b <35%		B	4 %		
	35% ≤ M1b <45%			C	5 %	
	45% ≤ M1b <55%				D	6 %
	M1b ≥55%					E

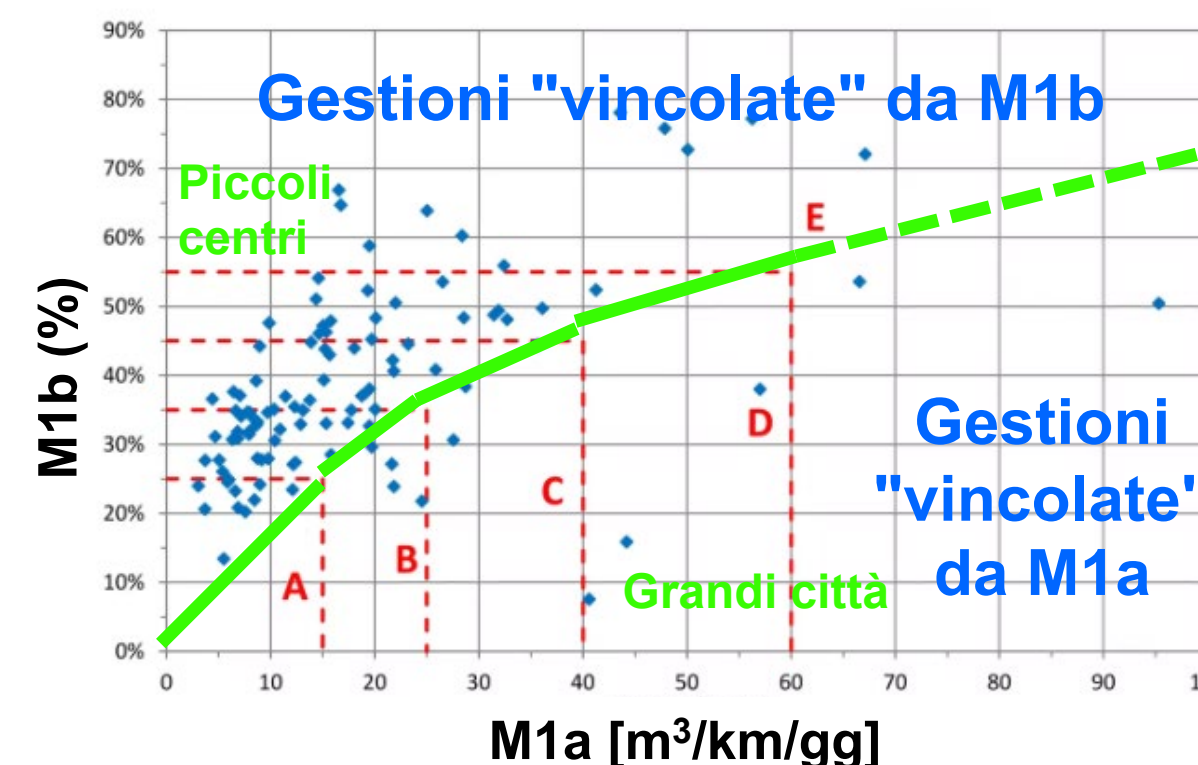


Grafico di una presentazione ARERA a Servizi a Rete, Treviso maggio 2019 – Valori iniziali di M1a e M1b delle gestioni analizzate

N.B. M1a senza allacci, classi M1 prima delle modifiche 2021 e 2023

Uno sguardo all'Europa: la DWD (1/2)

*“To improve the efficiency of water infrastructure including avoiding over-exploitation of scarce resources of water intended for human consumption, **water leakage levels should be assessed by all Member States and reduced if they are above a certain threshold.**”*

*“In accordance with Directive 2000/60/EC, Member States shall ensure that an **assessment of water leakage levels** within their territory and of the potential for improvements in water leakage reduction is performed **using the infrastructural leakage index (ILI) rating method or another appropriate method.**”*

- La Drinking Water Directive (DWD) definisce un percorso per determinare i livelli di perdita in modo uniforme nei 27 Stati Membri (oggi non noti) e, successivamente, per richiedere che le perdite siano ridotte se superiori a una certa soglia (da fissare)
 - Entro gennaio 2026 *assessment* sulla metodologia e raccolta dati.
 - Entro gennaio 2028, sulla base dell'*assessment* e dei dati di perdite raccolti, la Commissione adotta un **Atto Delegato che definisce metodologia e soglia**.
 - Entro i successivi due anni, gli Stati Membri con dati sopra soglia devono presentare un **action plan di riduzione delle perdite**.

DIRECTIVE (EU) 2020/2184 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL
of 16 December 2020
on the quality of water intended for human consumption

Cos'è l'Infrastructural Leakage Index (ILI)?

L' **Infrastructural Leakage Index (ILI)** fu introdotto nel 1999 da Lambert come indicatore di perdite più affidabile dell'indicatore percentuale nelle reti di distribuzione. È un indicatore sperimentale definito come rapporto tra il volume di perdite reali annue (CARL, *Current Annual Real Losses*, m³/anno) e il volume di perdite “inevitabili” (UARL, *Unavoidable Annual Real Losses*, m³/anno), intese come il volume minimo di perdite ottenibile alla pressione media di esercizio della rete in assenza di vincoli finanziari o economici.

$$ILI = \frac{CARL}{UARL} = \frac{W_{year-leak}}{P_s \cdot (6.57 \cdot L_m + 9.13 \cdot L_c + 0.256 \cdot N_c)}$$

where CARL (= $W_{year-leak}$) is the annual volume of real losses given by the water balance, L_m is the length of mains (km), L_p is the total length of the private connection pipes between the edge of the street (property line) and customer metres (km), N_c is the number of connections and P_s is the average operating pressure (m).

Uno sguardo all'Europa: la DWD (2/2)

- Nella primavera 2024 la Commissione ha avviato una prima consultazione pubblica, ponendo 6 quesiti (v. box), di cui **il secondo e il quinto quesito riguardano il KPI da adottare in EU**.
- La Commissione non ha messo «direttamente» in consultazione ILI, ma un position paper di EurEau (*Proposal for a Harmonised Leakage Reporting Index*, 2023), nel quale ILI è "bocciato" ("it is not realistic to use it as a harmonised index, for reporting and target setting purposes") in favore di un **indicatore lineare molto simile ad M1a**, precisando che "It does not need to be used exclusively".
- Su 28 Stati (è aggiunta la Norvegia), hanno risposto alla consultazione in 20 (l'Italia non è tra questi). Con l'eccezione 3 stati (Germania, Romania e Slovenia), tutti gli altri **17 Stati hanno espresso parere positivo per la proposta EurEau di indicatore di perdite lineare**.
- L'ILI che era la prima scelta della DWD sembra quindi tramontare. L'indicatore percentuale di perdite non è mai – neanche menzionato – da alcuno dei 20 Stati rispondenti. Vediamo ora perché **sono entrambi unfit come KPI delle perdite idriche**.

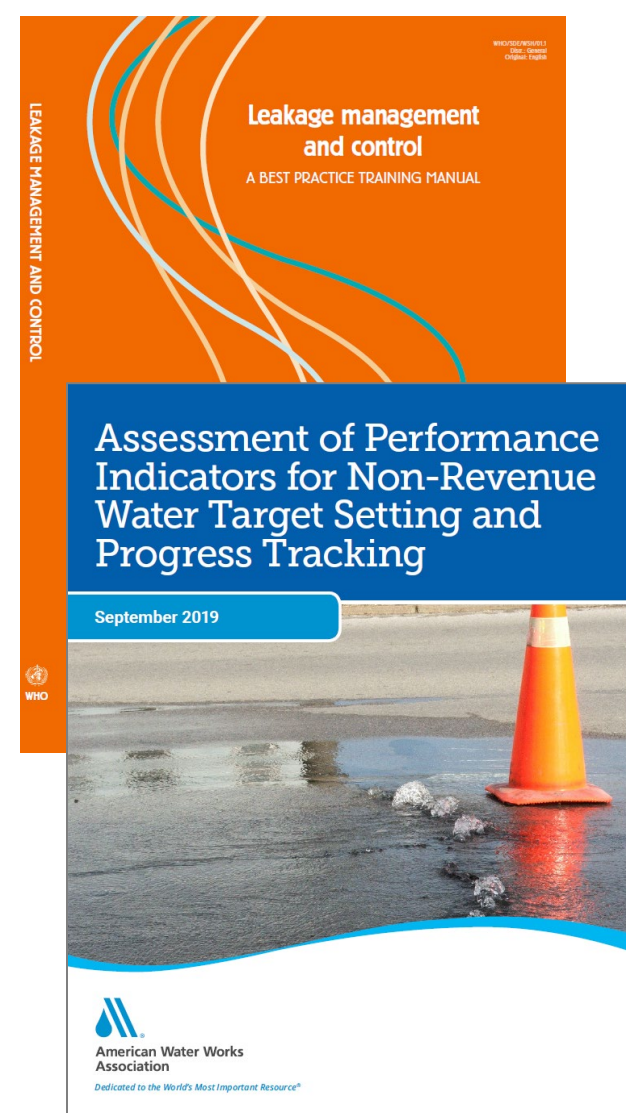
Quesiti posti agli Stati membri dalla Commissione

- 1) *Is providing the COM requested data in the proposed COM **approach on water leakage levels by Jan 2026 feasible for your Member State**?*
- 2) *In case the COM approach is considered not to be feasible (please explain why it is not feasible), please propose an alternative approach, ideally fit to ensure harmonised MS' communication by taking into account the discussions held at the DWEG meeting on 23 May.*
- 3) *How does this alternative approach takes into account the **'potential for improvement' and 'human health, environmental, technical and economic aspects'** as required by the recast DWD Article 4(3)?*
- 4) *What is **the level** (water supplier, water supply zones, metered areas, regions, national) **of assessment** results/ data and what period/year(s) are covered for communication to COM by Jan 2026?*
- 5) ***Would you support the EUREAU method as an appropriate method** to harmonise the MS' communication to COM by Jan 2026 even if you use currently another method? How would this EUREAU method cover the required assessment aspects set out under question 3?*
- 6) ***How to proceed after Jan 2026** (communication to COM): how best to organise the MS' involvement in the COM assessment?*

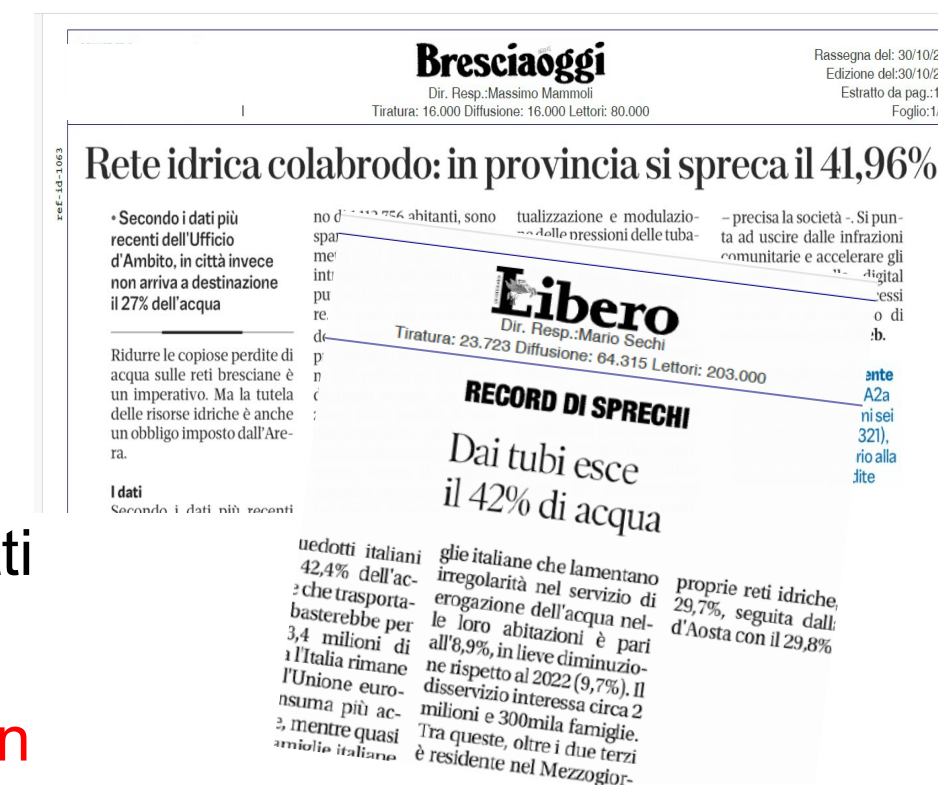
L'indicatore percentuale di perdite

"La semplicità è una qualità ambigua, si nasconde dietro complessità non risolte", René Descartes

"For every complex problem, there is an answer that is clear, simple, and wrong", H.L. Mencken (citato da AWWA 2020)



- La risposta "**chiara, semplice ed errata**" al problema delle perdite idriche è l'indicatore di percentuale di perdite! Non c'è un solo manuale tecnico internazionale che lo supporti.
- Lasciamolo pure ai titoli dei quotidiani (soltanto!), ma come abbiamo visto M1b definisce gli obiettivi di riduzione perdite nella regolazione ARERA per la grande maggioranza dei gestori. Così come l'indicatore percentuale è adottato nei criteri di valutazione dei progetti ReactEU e PNRR. **Il rischio è l'inefficacia della spesa pubblica.**
- Negli USA l'**American Water Works Association (AWWA)** respinge con fermezza l'indicatore percentuale di perdite UFW%.



*"Unfortunately, many water regulatory agencies still employ the UFW % and regard it as: a) Simple to employ and track; b) Straightforward to use to set targets (**despite a history of inability to motivate measurable loss reductions in water utilities**). AWWA's 2020 Position advocates that regulatory agencies move away from percentages and focus on Volume, Value, and Validity of water audit data" (AWWA 2020)*

L'indicatore percentuale di perdite

I difetti della sua formulazione

- La **variabile di controllo** – il volume di perdite idriche V_P – si trova non solo al numeratore (come in M1a e in ILI), ma anche al denominatore.
- L'indicatore dipende dal **consumo degli utenti** e dagli altri volumi autorizzati (V_A). M1b si può esprimere in funzione di M1a e D1a (V_A rapportato alla lunghezza di rete). Il grafico mostra la forte non linearità in particolare per bassi D1a.
- L'indicatore **non include elementi dell'asset** di cui si presume valuti l'efficienza (lunghezza reti, numero di allacci) **né elementi sul suo funzionamento** (pressione).
- Nella regolazione ARERA è M1b è applicato non solo alle reti di distribuzione ma anche ai **sistemi di adduzione**.

$$M1b = \frac{V_P}{V_I} = \frac{V_P}{V_A + V_P} = \frac{M1a}{D1a + M1a}$$

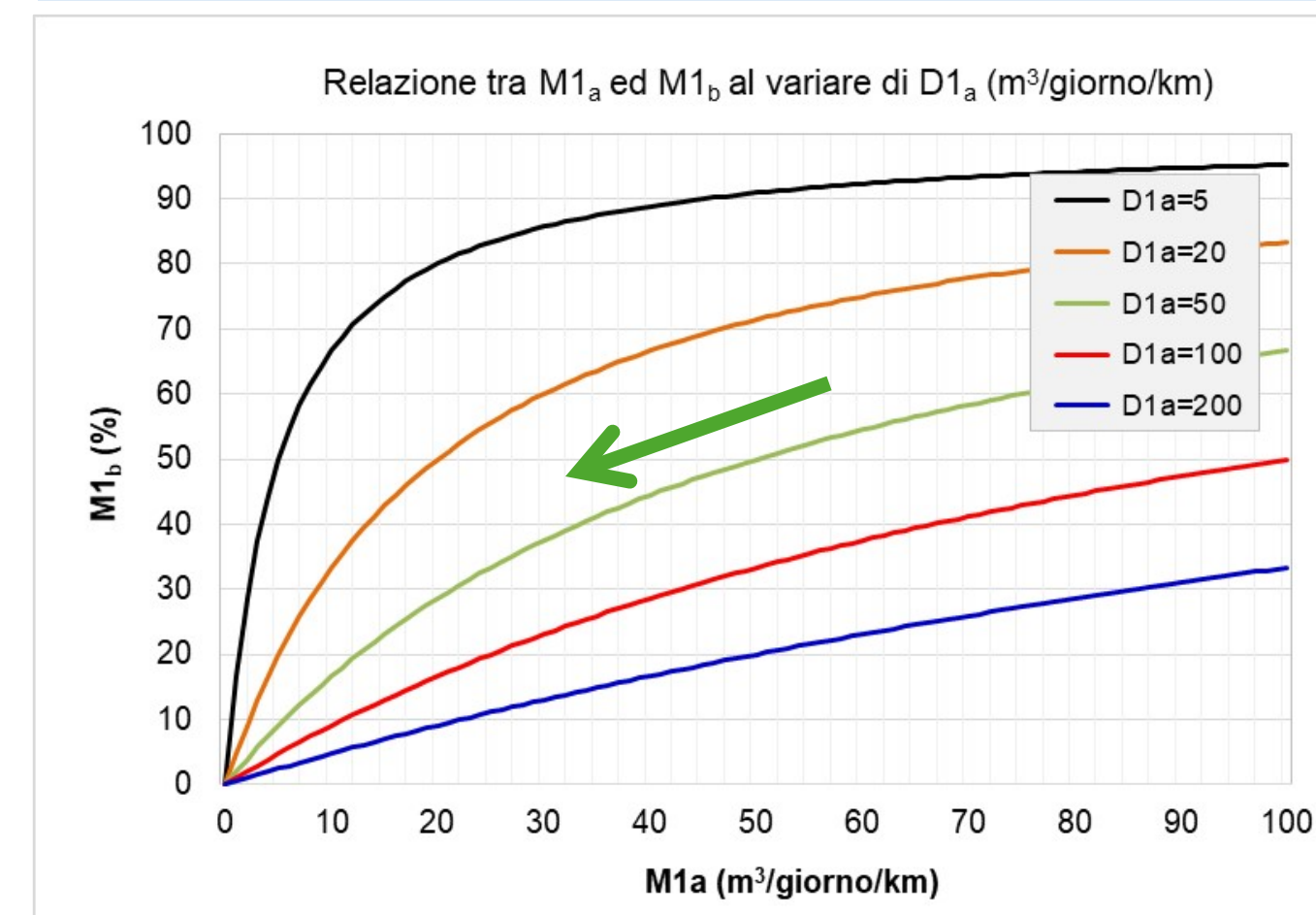
V_P : volume di perdite (m^3)

V_I : volume immesso (m^3)

V_A : volume autorizzato (m^3)

M1a: indicatore lineare di perdite ($m^3/km/d$)

D1a: densità di consumo autorizzato ($m^3/km/d$)



L'indicatore percentuale di perdite

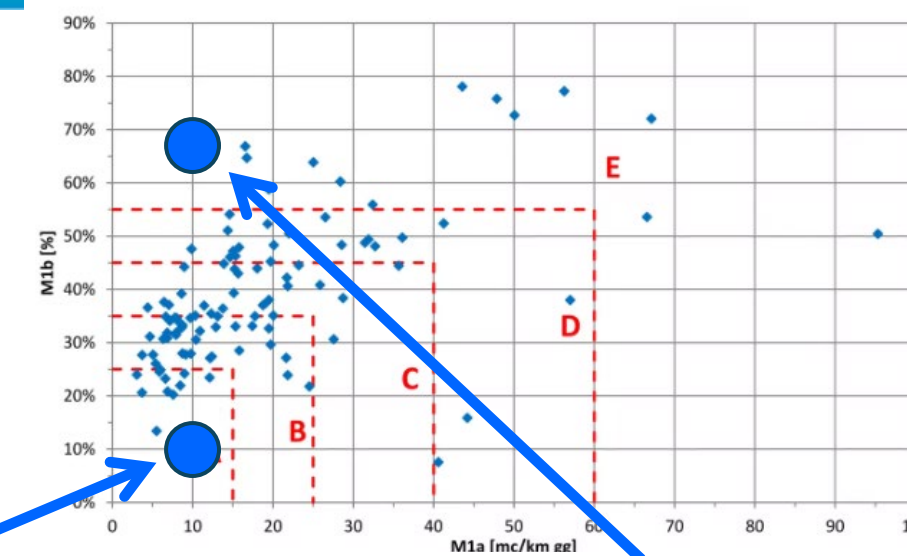
Il paradosso gestore rurale (# 1)

- Due gestori, che chiamiamo «**Rurale**» e «**Metropoli**» operano su reti di distribuzione di pari lunghezza, con lo stesso volume di perdita 10 e quindi lo stesso indicatore di perdite lineari M1a. Ma i consumi in questo caso sono molto diversi poiché **il gestore «Metropoli» opera su un'area fortemente urbanizzata** con ben 100 allacciamenti per km di rete, **mentre il gestore «Rurale» opera in un'area rurale** con soli 5 allacci per km. Se il primo avrà consumo 100, il secondo avrà 5.

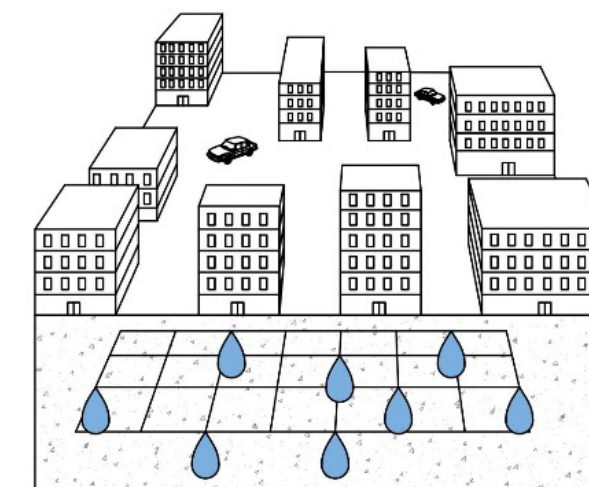
M1b del gestore «Metropoli» = $10 / (10 + 100) = 1/11 = 9,1 \%$

M1b del gestore «Rurale» = $10 / (10 + 5) = 2/3 = 67 \%$

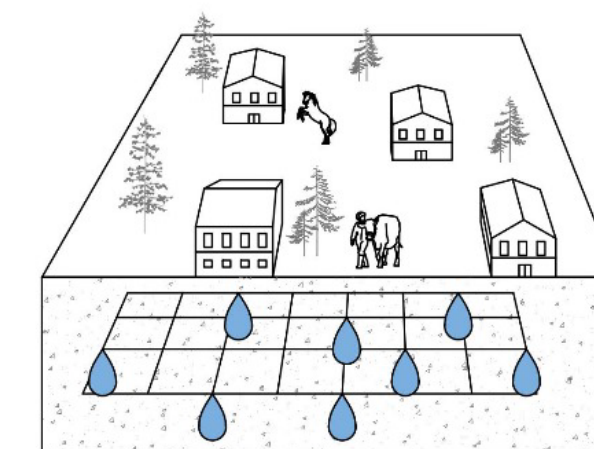
- Il gestore «Rurale» ha un indicatore percentuale pari ad oltre 7 volte quello del gestore «Metropoli»**, pur avendo i due lo stesso indicatore lineare di perdite M1a! Supponiamo che questo sia pari a 10 m³/km/d, il gestore «Metropoli» si trova in **classe A** e non ha obblighi di riduzione dei volumi di perdite, mentre il gestore «Rurale» è il **classe E** e deve ridurre M1a (già basso!) del 6 % all'anno, sarà esposto al pubblico ludibrio e farà una proposta di finanziamento PNRR...



Gestore «Metropoli»



Gestore «Rurale»



Il gestore più svantaggiato d'Italia - Caso reale! – Un piccolo gestore del Nord ha M1a = 3,87 m³/km/d e M1b = 57,4 % a causa della bassissima densità di consumo (D1a = 2,87 m³/km/d) ⇒ Classe E ⇒ M1a dovrebbe scendere a 0,72 m³/km/d per andare in Classe A!

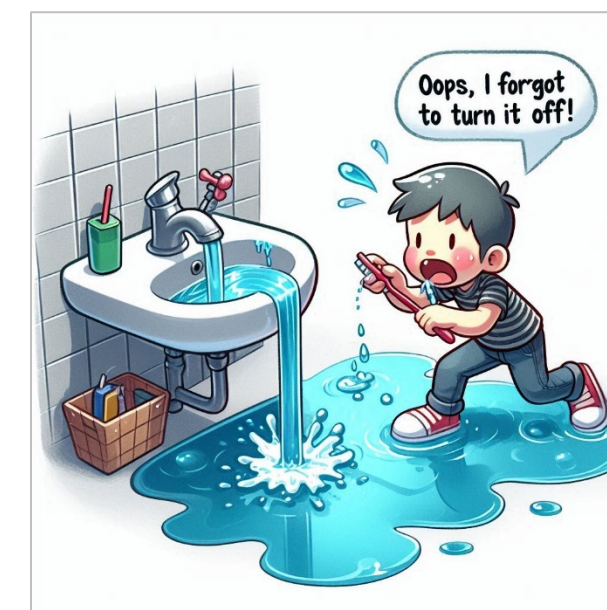
L'indicatore percentuale di perdite

Il paradosso del risparmiatore (# 2)

- Due gestori, che chiamiamo «**Saver**» e «**Waster**» operano su reti di distribuzione di pari lunghezza, con lo stesso volume di perdita 20 e gli stessi consumi autorizzati 80. Supponiamo che M1a sia pari a 10 m³/km/d per entrambi, mentre a $M1b = 20 / (20 + 80) = 2/10 = 20 \%$
- Con questi valori di M1a e M1b i gestori sono entrambi in Classe A e non attuano piani di riduzione delle perdite, non essendo richiesto. Supponiamo che il volume di perdite negli anni si mantenga invariato.
- Il gestore «**Saver**» è affetto da scarsità di risorsa idrica e decide di attuare una politica di comunicazione ed informazione che incentivi gli utenti al risparmio idrico, anche attraverso la diffusione di smart meter. Al contrario, il gestore «**Waster**» incentiva al consumo sapendo che in questo modo tiene bassa la tariffa...
- Dopo 5 anni, i consumi autorizzati di «Saver» diventano 70 (dagli 80 iniziali), mentre quelli di «Waster» aumentano a 90.
- $M1b$ di «Saver» = $20 / (20 + 70) = 2/9 = 22,2 \%$ → Il gestore virtuoso è penalizzato scalando in Classe B!
- $M1b$ di «Waster» = $20 / (20 + 90) = 2/11 = 18,2 \%$ → Il gestore sprecone è avvantaggiato rimanendo saldamente in Classe A.



Gestore «Saver»

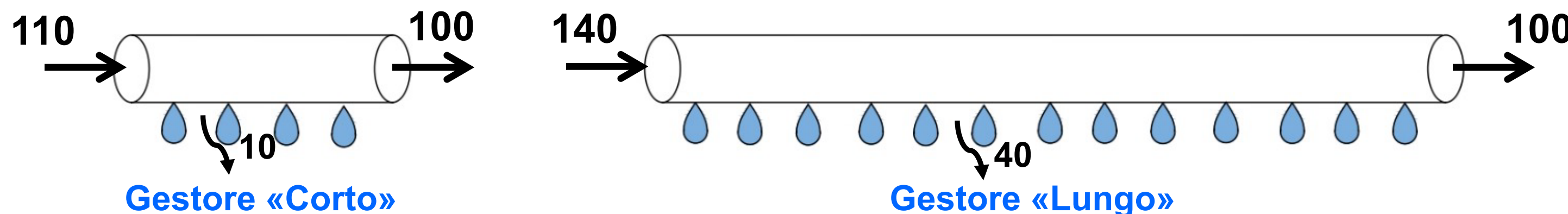


Gestore «Waster»

L'indicatore percentuale di perdite

Il paradosso del tubo (adduzione) (# 3)

- I gestori «Corto» e «Lungo» sono due grossisti che hanno in concessione solo sistemi di adduzione. Entrambi devono consegnare ogni anno un volume pari a 100 nel serbatoio di un'azienda distributrice. **Le condotte di entrambi i gestori sono caratterizzate da perdite pari a 2 ogni 100 km.** Quindi l'indicatore M1a è uguale per entrambi i gestori, supponiamo sia pari a 10 m³/km/d.
- Il tubo del gestore «Corto» è 500 km, mentre quello di «Lungo» è 2.000 km. Tenendo conto delle perdite lineari il gestore «Corto» dovrà immettere nel tubo 110, mentre «Lungo» dovrà immettere 140.
- **M1b di «Corto» = $10 / (10 + 100) = 10/110 = 9,1 \% \rightarrow$ Classe A**
- **M1b di «Lungo» = $40 / (40 + 100) = 40/140 = 28,6 \% \rightarrow$ Classe B!**
- **Il gestore «Lungo» è svantaggiato da M1b per il solo fatto di gestire una condotta di lunghezza maggiore rispetto «Corto». Se è distorsivo per le reti di distribuzione, l'indicatore percentuale non ha alcun senso per l'adduzione.**



L'indicatore percentuale di perdite

Il paradosso del gestore integrato (# 4)

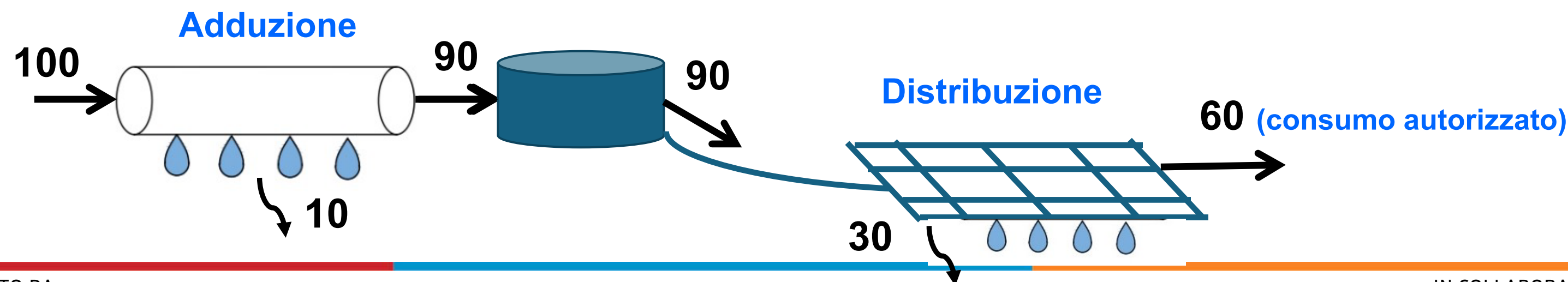
- Supponiamo che entrambi i sistemi abbiano M1a pari a 15 m³/km/d. Con i dati della figura calcoliamo M1b per i sistemi separati e per quello integrato.

M1b Adduzione = $10 / 100 = 10 \% \Rightarrow$ Classe B (−2% di riduzione annua di M1a)

M1b Distribuzione = $30 / 90 = 33,3 \% \Rightarrow$ Classe B (−2% di riduzione annua di M1a)

M1b Sistema integrato Adduzione + Distribuzione = $(10+30) / 100 = 40 \% \Rightarrow$ Classe C (−4% di riduzione annua di M1a)

- **M1b del sistema integrato è sempre maggiore di entrambi i valori di M1b dei singoli sistemi** (può essere dimostrato algebricamente) invece di essere ricompreso tra essi. Questo è un paradosso logico per un KPI causato dalla non scalabilità di M1b.
- **La conseguenza paradossale è che conviene tenere separate le gestioni e i bilanci idrici (Classe B) anziché gestirle integrate (Classe C)!**



ILI vs AMSI

Infrastructural Leakage Index vs Asset Management Support Indicator

- L'indicatore ILI fu introdotto da Lambert nel 1999 mediando sperimentalmente dati rotture in alcune reti di distribuzione. Affinché tali medie siano robuste sono necessarie tre condizioni: 1) Almeno 5.000 allacciamenti (ipotesi frequenza rotture); 2) Pressione di esercizio maggiore di 25 m (ipotesi relazione lineare pressione); 3) Densità allacciamenti maggiore di 20 / km.
- **ILI non è stato concepito per la scala dei DMAs** verso i quali per sua natura non è scalabile. Alla fine degli anni '90 i DMAs si cominciavano a studiare e non erano una best practice.
- Recentemente, è stato introdotto **AMSI** che **è invece scalabile sino alla condotta. Applicato con l'indicatore lineare consente di supportare in modo razionale ed efficiente i piani di riabilitazione delle reti idriche.**



*"ILI generated a lot of discussion during the field test. It has great support, but also received a lot of criticism. **In general, it seems to be supported by water losses consultants** (...). The criticisms are of a various nature. The first one, supported by the authors, is that it is the only indicator of the whole IWA KPI systems that contains a judgement in itself and is based on an empirical expression (...)". Performance Indicators for Water Supply Services. IWA Third Edition 2017.*

Paper su AMSI e gli altri indicatori di perdite

- Giustolisi O., Ciliberti F. G., Mazzolani G., Laforgia D. (2024). *Effectiveness of Water Loss Performance Indicators for Asset Management*. Digital Water, 2:1, 1-31
- Giustolisi O., Mazzolani G., Berardi L., Laucelli D. (2024). *From Advanced Hydraulic Modelling to Performance Indicator for the Efficiency of Investments in Leakage Management of Pressurized Water Systems*. Water Research 258 (121765).
- Giustolisi O., Mazzolani G. (2022). Gli indicatori di perdite idriche nella regolazione ARERA e nel bando PNRR: M1a versus M1b. Servizi a Rete, n. 3 (maggio-giugno).

Grazie per l'attenzione

Gianfredi Mazzolani

Direttore Ricerca, Sviluppo e Attività Internazionali

g.mazzolani@aqp.it

