



# **Proposta di indici di performance per la quantificazione delle criticità del Servizio Idrico Integrato e la misura degli effetti degli investimenti ad esse relative**

*Prof. Mario Rosario Mazzola*

*Ing. Antonino Fortunato*

*Ing. Alessio Lombardo*

*Università degli Studi di Palermo – Dipartimento di Ingegneria  
Civile, Ambientale, Aerospaziale, dei Materiali (DICAM)*



## **Focus sulle criticità nelle reti idriche e fognarie**

Area A «Criticità nell'approvvigionamento idrico  
(captazione e adduzione)»

Area B «Criticità nella distribuzione»

Area C «Criticità del servizio di fognatura (reti nere  
e miste)»



Criticità	Nome	Formula	u.m.	Descrizione e indicazioni per il calcolo	Elementi di definizione
<b>A1.1</b> <b>Insufficienza del sistema delle fonti per garantire la sicurezza dell'approvvigionamento</b>	Disponibilità di risorse idriche	$[(\text{Volume massimo annualmente derivabile dal sistema delle fonti di approvvigionamento}) / (\text{Volume annualmente necessario a soddisfare la domanda})] * 100$	%	Percentuale dei volumi disponibili (ivi inclusi i volumi acquistati) in rapporto ai volumi richiesti dal bacino di utenza.	Il volume annualmente necessario a soddisfare la domanda deve essere valutato in riferimento al consumo annuo per utenza, in condizioni socio economiche e climatiche simili, in assenza di fattori limitanti il consumo, sia in termini infrastrutturali, che di disponibilità della risorsa.
	Differenziazione delle fonti di approvvigionamento	$[(\text{Volume prodotto dalla fonte di approvvigionamento più produttiva}) / (\text{Volume totale prodotto e acquistato})] * 100$	%	Il PI esprime la presenza di più risorse per l'approvvigionamento. La mancanza di differenziazione delle fonti rappresenta una vulnerabilità, qualitativa e/o quantitativa, del sistema in caso di crisi idrica.	



Criticità	Nome	Formula	u.m.	Descrizione e indicazioni per il calcolo	Elementi di definizione
<b>A4.2 Inadeguatezza e/o scarsa flessibilità delle condizioni di esercizio delle infrastrutture</b>	Inadeguatezza e/o scarsa flessibilità delle condizioni di esercizio	$[(\text{Volume erogato})/(\text{Volume richiesto dal bacino d'utenza})]*100$	%	Minima percentuale di soddisfacimento, nell'anno, delle domande dei centri abitati durante condizioni di funzionamento non ordinarie (indisponibilità di una o più fonti, di una o più linee di adduzione, di impianti di sollevamento, di impianti di potabilizzazione, etc).	Ai fini del calcolo dell'indicatore, occorre definire più dettagliatamente le condizioni di esercizio non ordinarie. Il volume richiesto dal bacino d'utenza deve essere valutato in riferimento al consumo per utenza, nel corso dell'anno, in condizioni socio economiche e climatiche simili, in assenza di fattori limitanti il consumo, sia in termini infrastrutturali, che di disponibilità della risorsa.



Criticità	Nome	Formula	u.m.	Descrizione e indicazioni per il calcolo	Elementi di definizione
<b>A4.3 Capacità idraulica delle infrastrutture non rispondente ai livelli di domanda</b>	Capacità idraulica non rispondente ai livelli di domanda	$[(\text{Volume erogato})/(\text{Volume richiesto dal bacino d'utenza})]*100$	%	Minima percentuale di soddisfacimento delle domande dei centri abitati in condizioni operative ordinarie (sia in termini di disponibilità delle risorse che di esercizio dell'infrastruttura) durante l'anno.	Sono da definire più dettagliatamente le condizioni di esercizio ordinarie. Il volume richiesto dal bacino d'utenza deve essere valutato in riferimento al consumo per utenza, nel corso dell'anno, in condizioni socio economiche e climatiche simili, in assenza di fattori limitanti il consumo, sia in termini infrastrutturali, che di disponibilità della risorsa.

Indicatore analogo:

*“Capacità idraulica non rispondente ai livelli di domanda” - (B7.1 Capacità delle infrastrutture non rispondente ai livelli di domanda)*



Criticità	Nome	Formula	u.m.	Descrizione e indicazioni per il calcolo
<b>A5.1 Eccessivo tasso di interruzioni per interventi di riparazione di rotture dovute alle condizioni fisiche delle infrastrutture</b>	Interruzioni dell'adduzione per interventi di riparazione*	$\left[ \frac{\text{N}^\circ \text{ abitanti soggetti a interruzioni dell'approvvigionamento} \cdot \text{durata in ore delle interruzioni}}{\text{N}^\circ \text{ totale abitanti residenti} \cdot 24 \cdot 365} \right] \cdot 100$	%	L'indicatore deve essere calcolato su base annua. Nel calcolo del PI si devono considerare esclusivamente le interruzioni per interventi di riparazione di rotture causate dalle condizioni fisiche delle infrastrutture.

\*Fonte: Modificato da IWA

Indicatore analogo:

*“Interruzioni dell'adduzione per interventi di manutenzione” - (A5.3 Eccessivo tasso di interruzioni per interventi di manutenzione programmata)*

Criticità	Nome	Formula	u.m.	Descrizione e indicazioni per il calcolo
<b>B3.1 Discontinuità del servizio</b>	Durata delle interruzioni programmate	$\sum(t_i * U_i) / \sum U_i$ dove $U_i$ è il numero di utenti interessati dalla $i$ -esima interruzione programmata, $t_i$ è la durata (ore) della $i$ -esima interruzione programmata	ore	L'indicatore deve essere calcolato su base annua. Durata media delle sospensioni della fornitura, ponderata in funzione delle utenze interessate alla sospensione stessa. Le utenze interessate da più di una interruzione nel corso dell'anno vanno conteggiate tante volte quante sono state le interruzioni subite.

Indicatore analogo:

*“Durata delle interruzioni non programmate” - (B5.1 Scarsa affidabilità del servizio di distribuzione, ovvero elevato tasso di interruzioni non programmate)*

Criticità	Nome	Formula	u.m.	Descrizione e indicazioni per il calcolo
<b>A7.1 Inadeguate condizioni fisiche delle condotte delle reti di adduzione</b>	Età media delle adduttrici	$\sum(A_i * L_i) / \sum L_i$ dove $A_i$ = età dall'anno di entrata in funzione del tratto di adduttrice i-esimo, $L_i$ = lunghezza del tratto di adduttrice i-esimo	anni	Età media dall'entrata in funzione delle adduttrici ponderata sulla lunghezza delle condotte. Tale calcolo deve essere effettuato separatamente per ciascuna classe di materiale delle adduttrici.

Indicatori analoghi:

*“Età media delle condotte delle reti di distribuzione” - (B1.1 Inadeguate condizioni fisiche delle condotte delle reti di distribuzione)*

*“Età media delle condotte fognarie” - (C2.1 Inadeguate condizioni fisiche delle condotte fognarie)*



Criticità	Nome	Formula	u.m.	Descrizione e indicazioni per il calcolo
<b>A7.1 Inadeguate condizioni fisiche delle condotte delle reti di adduzione</b>	Condizioni fisiche delle condotte	$[(\text{Lunghezza condotte con un certo livello di condizione fisica})/(\text{Lunghezza totale rete di adduzione})]*100$	%	Sviluppo percentuale delle condotte di una rete di adduzione, che si trovano nelle quattro condizioni, qualitativamente valutate, di seguito elencate: Molto buone, Buone, Accettabili, Cattive, Pessime. La valutazione qualitativa delle condizioni fisiche deve essere coerente con i livelli delle perdite idriche dalle condotte e con i tassi di rottura delle stesse.
<b>Elementi di definizione</b>	Occorre definire le modalità di valutazione qualitativa delle condizioni fisiche delle condotte e descrivere dettagliatamente ciascuna condizione, facendo riferimento a letteratura tecnica consolidata, ad esempio i manuali "New Zealand Infrastructured Asset Grading Guidelines – Water assets", New Zealand Water and Wastes Association Inc, 1999; "Visual Assessment of Utility Assets", New Zealand Water and Wastes Association Inc, 2008.			

Indicatori analoghi:

*"Condizioni fisiche delle condotte" - (B1.1 Inadeguate condizioni fisiche delle condotte delle reti di distribuzione)*

*"Condizioni fisiche delle condotte" - (C2.1 Inadeguate condizioni fisiche delle condotte fognarie)*



Criticità	Nome	Formula	u.m.	Descrizione e indicazioni per il calcolo
<b>A7.2 Inadeguate condizioni fisiche delle opere civili degli impianti</b>	Condizioni fisiche delle opere civili degli impianti	$[(N^{\circ} \text{ impianti in cui le opere civili sono in un certo livello di condizione fisica}) / (N^{\circ} \text{ totale impianti})] * 100$	%	Percentuale delle opere civili del servizio di adduzione (impianti, serbatoi, partitori e pozzetti), che si trovano nelle quattro condizioni, qualitativamente valutate, di seguito elencate: Molto buone, Buone, Accettabili, Cattive, Pessime. La valutazione qualitativa delle condizioni fisiche deve essere coerente con i livelli di perdite idriche dagli impianti.
<b>Elementi di definizione</b>	Occorre definire le modalità di valutazione qualitativa delle condizioni fisiche delle condotte e descrivere dettagliatamente ciascuna condizione, facendo riferimento a letteratura tecnica consolidata, ad esempio i manuali "New Zealand Infrastructured Asset Grading Guidelines – Water assets", New Zealand Water and Wastes Association Inc, 1999; "Visual Assessment of Utility Assets", New Zealand Water and Wastes Association Inc, 2008.			

Indicatori analoghi:

*"Condizioni fisiche delle opere civili degli impianti" - (B1.2 Inadeguate condizioni fisiche delle opere civili degli impianti)*

*"Condizioni fisiche delle opere civili degli impianti" - (C2.2 Inadeguate condizioni fisiche delle opere civili)*

Criticità	Nome	Formula	u.m.	Descrizione e indicazioni per il calcolo
<b>A7.3 Inadeguate condizioni fisiche delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche</b>	Età media delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche degli impianti di sollevamento	Media pesata dell'età delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche degli impianti di sollevamento in adduzione, con pesi le potenze installate negli impianti di sollevamento.	anni	Questo indicatore ha l'obiettivo di verificare la vetustà delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche degli impianti di sollevamento.

Indicatori analoghi:

*“Età media delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche delle opere di presa” [pesi: volumi annui prodotti]*

*“Età media delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche dei serbatoi” [pesi: capacità volumetrica]*

*“Età media delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche dei partitori” [pesi: volumi annui in ingresso]*

*“Età media delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche dei pozzetti” [media aritmetica]*



*“Età media delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche degli impianti di sollevamento” - (B1.3 Inadeguate condizioni fisiche delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche) [pesi: **potenza installate**]*

*“Età media delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche dei serbatoi” - (B1.3 Inadeguate condizioni fisiche delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche) [pesi: **capacità volumetriche**]*

*“Età media delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche dei partitori” - (B1.3 Inadeguate condizioni fisiche delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche) [pesi: **volumi annui in ingresso**]*

*“Età media delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche dei pozzetti” - (B1.3 Inadeguate condizioni fisiche delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche) [media aritmetica]*

*“Età media delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche” - (C2.3 Inadeguate condizioni fisiche delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche degli impianti) [media aritmetica]*

Criticità	Nome	Formula	u.m.	Descrizione e indicazioni per il calcolo
<b>A7.3 Inadeguate condizioni fisiche delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche</b>	Condizioni fisiche delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche	$[(N^{\circ} \text{ apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche con un certo livello di condizione fisica}) / (N^{\circ} \text{ totale apparecchiature})] * 100$	%	Percentuale delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche del servizio di adduzione, che si trovano nelle quattro condizioni, qualitativamente valutate, di seguito elencate: Molto buone, Buone, Accettabili, Cattive, Pessime. La valutazione qualitativa delle condizioni fisiche deve essere coerente con il tasso di rottura delle stesse.
<b>Elementi di definizione</b>	Occorre definire le modalità di valutazione qualitativa delle condizioni fisiche delle condotte e descrivere dettagliatamente ciascuna condizione, facendo riferimento a letteratura tecnica consolidata, ad esempio i manuali "New Zealand Infrastructured Asset Grading Guidelines – Water assets", New Zealand Water and Wastes Association Inc, 1999; "Visual Assessment of Utility Assets", New Zealand Water and Wastes Association Inc, 2008.			

Indicatori analoghi:

*"Condizioni fisiche delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche" - (B1.3 Inadeguate condizioni fisiche delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche)*

*"Condizioni fisiche delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche" - (C2.3 Inadeguate condizioni fisiche delle apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche degli impianti)*



Criticità	Nome	Formula	u.m.	Descrizione e indicazioni per il calcolo
<b>B4.1 Alto livello di perdite idriche lungo le reti di distribuzione</b>	Perdite reali per chilometro di rete	(Volume delle perdite idriche totali – (Consumi non autorizzati + errori di misura))/Lunghezza totale rete di distribuzione esclusi gli allacci	m <sup>3</sup> /km/giorno	Perdite reali annue, CARL, in metri cubi al giorno per chilometro di rete di distribuzione, esclusi gli allacci.

Indicatori analoghi:

*“Perdite reali per chilometro di rete” - (A8.1 Alto livello di perdite idriche lungo gli adduttori)*





Criticità	Nome	Formula	u.m.	Descrizione e indicazioni per il calcolo
<b>B4.1 Alto livello di perdite idriche lungo le reti di distribuzione</b>	Perdite apparenti per chilometro di rete	(Consumi non autorizzati + errori di misura)/Lunghezza totale rete di distribuzione esclusi gli allacci	m <sup>3</sup> /km/giorno	Perdite apparenti annue, AL, in metri cubi al giorno per chilometro di rete di distribuzione, esclusi gli allacci.

Indicatori analoghi:

*“Perdite apparenti per chilometro di rete” - (A8.1 Alto livello di perdite idriche lungo gli adduttori)*

Criticità	Nome	Formula	u.m.	Descrizione e indicazioni per il calcolo
<b>B10.2 Cattivo funzionamento o vetustà dei misuratori di utenza</b>	Età media dei misuratori	Media aritmetica dell'età dei misuratori di utenza	anni	L'indicatore ha l'obiettivo di verificare la vetustà del parco contatori nella rete di distribuzione per dedurre l'attendibilità delle misurazioni tramite confronto con le esperienze ricavabili dalla letteratura nazionale ed internazionale.

Indicatori analoghi:

*“Età media dei misuratori dei parametri di quantità” - (A9.2 Cattivo funzionamento o vetustà dei misuratori (dei parametri di quantità e di qualità) nelle infrastrutture di adduzione);*

*“Età media dei misuratori dei parametri di quantità” - (B9.2 Cattivo funzionamento o vetustà dei misuratori di processo (dei parametri di quantità e di qualità));*

*“Età media dei misuratori dei parametri di quantità” - (C7.2 Cattivo funzionamento o vetustà dei misuratori (dei parametri di quantità e di qualità))*





Criticità	Nome	Formula	u.m.	Descrizione e indicazioni per il calcolo	Elementi di definizione
<b>B10.2 Cattivo funzionamento o vetustà dei misuratori di utenza</b>	Cattivo funzionamento o vetustà dei misuratori di utenza	$[(N^{\circ} \text{ misuratori non funzionanti correttamente}) / (N^{\circ} \text{ totale misuratori})] * 100$	%	Percentuale di misuratori di utenza che, per vetustà o altre cause, non funzionano correttamente. I misuratori non oggetto di verifica andranno conteggiati come misuratori non funzionanti correttamente.	Occorre individuare la frequenza di verifica dei misuratori.

Indicatori analoghi:

*“Cattivo funzionamento o vetustà dei misuratori nelle reti di adduzione” - (A9.2 Cattivo funzionamento o vetustà dei misuratori (dei parametri di quantità e di qualità) nelle infrastrutture di adduzione);*

*“Cattivo funzionamento o vetustà dei misuratori nelle reti di distribuzione” - (B9.2 Cattivo funzionamento o vetustà dei misuratori di processo (dei parametri di quantità e di qualità));*

*“Cattivo funzionamento o vetustà dei misuratori nella rete fognaria” - (C7.2 Cattivo funzionamento o vetustà dei misuratori (dei parametri di quantità e di qualità))*



Criticità	Nome	Formula	u.m.	Descrizione e indicazioni per il calcolo
<b>C1.1 Mancanza parziale o totale delle reti di raccolta e collettamento dei reflui</b>	Copertura del servizio fognario*	$[(N^{\circ} \text{ abitanti serviti da fognatura}) / (N^{\circ} \text{ totale abitanti residenti e fluttuanti})] * 100$	%	Percentuale di abitanti serviti da fognatura sul totale degli abitanti residenti e fluttuanti nell'ambito o nel sub-ambito territoriale.
	Abitanti residenti coperti dal servizio di fognatura**	$[(N^{\circ} \text{ abitanti residenti serviti da fognatura}) / (N^{\circ} \text{ totale abitanti residenti})] * 100$	%	Percentuale di abitanti residenti serviti da fognatura sul totale degli abitanti residenti nell'ambito o nel sub-ambito territoriale.

\*Fonte: IBNET

\*\*Fonte: Modificato da IBNET



Criticità	Nome	Formula	u.m.	Descrizione e indicazioni per il calcolo
<b>C3.1 Alta frequenza di allagamenti (NB specificare le cause)</b>	Allagamenti da reti miste*	$(N^{\circ} \text{ annuo allagamenti relativi a fognature miste/Lunghezza totale reti fognarie miste}) * 100$	n/100 km/anno	Il PI include esclusivamente incidenti relativi a reti miste.

\*Fonte: IWA

Indicatore analogo:

*“Allagamenti da reti nere”*



Criticità	Nome	Formula	u.m.	Descrizione e indicazioni per il calcolo
<b>C4.1 Inadeguatezza dimensionale delle infrastrutture (velocità eccessive o troppo basse, livelli di riempimento eccessivi)</b>	Sovraccarico delle reti fognarie in tempo di pioggia*	$[(\text{Lunghezza tratti di reti fognarie dove si sia verificato un "sovraccarico" in tempo di pioggia durante l'anno}) / (\text{Lunghezza totale fognatura})] * 100$	%	Percentuale dello sviluppo delle reti fognarie interessate da sovraccarichi in tempo di pioggia.

\*Fonte: IWA

Indicatore analogo:

*“Sovraccarico delle reti fognarie in tempo secco”*



Criticità	Nome	Formula	u.m.	Descrizione e indicazioni per il calcolo
<b>C4.2 Scaricatori di piena non adeguati</b>	Variabilità dei volumi in arrivo ai depuratori	$(\text{Volume annuo in arrivo ai depuratori in tempo di pioggia}) / (\text{Volume annuo in arrivo ai depuratori in tempo secco})$	-	L'indicatore esprime l'efficienza del sistema degli scaricatori di piena, in termini di volumi annui in arrivo ai depuratori in tempo di pioggia, in rapporto ad i volumi in arrivo in tempo secco.