

APPLICAZIONE IN ITALIA DEI PIU' RECENTI SVILUPPI NEL CALCOLO DELLA FREQUENZA ECONOMICA DI CONTROLLO PERDITE

Marco FANTOZZI*, Allan O. LAMBERT**

**Parole Chiave: Intervento economico; livello economico di perdita; controllo attivo delle
perdite**

SOMMARIO

Durante l'ultimo decennio la Water Losses Task Force dell'IWA (International Water Association), costituita da esperti del settore di molti paesi del mondo, sulla base degli studi e delle esperienze pratiche maturate a livello internazionale, ha standardizzato un approccio pratico al problema della gestione tecnica dell'acqua non fatturata (NRW Non-revenue Water) e delle sue componenti, basato sull'utilizzo del Bilancio Idrico e dei Performance Indicators, che può essere applicato con successo a tutti gli acquedotti.

Dal 2002 in questi calcoli sono stati inseriti anche i limiti di confidenza del 95% per conoscere meglio il grado di affidabilità degli stessi. Questi metodi, applicati in un numero sempre crescente di paesi del mondo, sono stati promossi a livello internazionale da membri della IWA Water Losses Task Force. Il Bilancio Idrico IWA ha rapidamente ottenuto consensi a livello internazionale ed è già stato adottato o promosso (con minime variazioni) da: DVGW (Germania), Australian Water Services Association, Queensland Environmental Protection Agency e Victoria Essential Services Commission, Malta Water Services Corporation, South African Water Research Commission, New Zealand Water and Waste Association, American Water Works Association e Canadian Federation of Municipalities and National research centre.

L'attuale Water Losses Task Force dell'IWA si è ora posta come obiettivo lo sviluppo di un metodo pratico e rapido per il calcolo della frequenza economica di controllo attivo delle perdite e del livello economico a breve termine delle perdite. Questa relazione presenta un metodo pratico,

* Studio Fantozzi, Via Forcella 29, 25064 Gussago (BS), Italy, marco.fantozzi@email.it www.studiomarcofantozzi.it

** ILMSS Ltd, 3 Hillview Close, Llanrhos, Llandudno, North Wales LL30 1SL, UK, AOandJGLambert@aol.com

basato sui più recenti sviluppi della Water Losses Task Force dell'IWA, per il calcolo della frequenza economica di controllo attivo delle perdite con campagne di ricerca periodiche condotte con le più appropriate tecnologie disponibili. I calcoli sono basati su tre parametri chiave: tasso di crescita delle perdite occulte, costo marginale dell'acqua e costo dell'intervento di ricerca perdite.

Si ritiene che la disponibilità di una metodologia pratica di calcolo della frequenza economica della ricerca perdite possa incoraggiare i Gestori che non stanno applicando un approccio attivo di ricerca perdite ad applicare una politica di controllo che si può dimostrare essere economica per la loro specifica situazione. Questi metodi sono incorporati in un software per il calcolo rapido dei Livelli Economici di Perdita.

1. INTRODUZIONE

1.1 SVILUPPI NELL'ULTIMO DECENNIO

Durante l'ultimo decennio è stato sviluppato, e testato a livello internazionale, un approccio sistematico e tecnicamente robusto alla gestione tecnica dell'Acqua Non Fatturata (Non-Revenue Water) e delle sue componenti, principalmente per merito dei membri della Water Losses Task Force dell'IWA (International Water Association). I principali sviluppi sono stati:

- 1994: Concetto BABE (background and burst estimates) per l'analisi e la previsione delle componenti delle Perdite Reali annue e delle componenti delle portate notturne.
- 1994: Concetto FAVAD (Fixed and Variable Area Discharges) per l'analisi e la previsione delle relazioni tra pressione e livello di perdita e tra pressione e consumi.
- 1999: Sviluppo degli indicatori di performance 'best practice' per la gestione operativa delle Perdite Reali, inclusa una formula per predire le Perdite Reali Inevitabili (minimo tecnico) specificatamente per ogni singolo sistema, in base al valore dei principali parametri.
- 2000: Definizione del Bilancio Idrico Internazionale e degli Indicatori di Performance 'best practice'.
- 2002: Introduzione dei limiti di confidenza del 95% nel Bilancio Idrico ed in altri calcoli.

I metodi sono descritti nell'International Report on Water Losses Management and Techniques presentato al 2001 IWA Berlin Congress (Lambert, 2002) e in una serie di articoli dei membri dell'attuale IWA Water Losses Task Force sul Journal 'Water21' tra il Maggio 2003 e il Dicembre 2004.

1.2 L'APPROCCIO A 4 COMPONENTI PER LA GESTIONE DELLE PERDITE REALI

L'approccio pratico per la gestione delle perdite reali è riassunto nella Figura 1, dove il volume delle Perdite Reali Annue (Current Annual Real Losses o CARL) per un sistema di distribuzione,

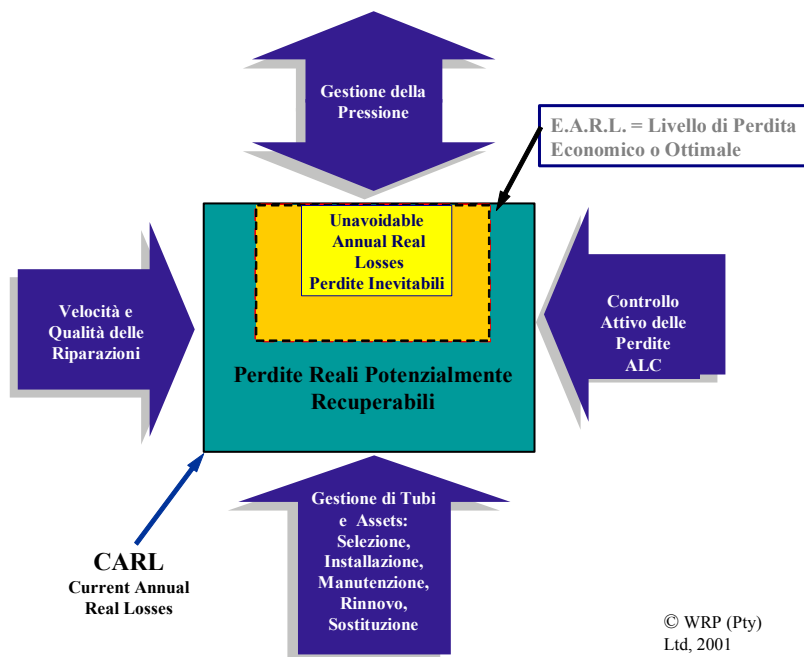
calcolato usando il bilancio idrico “best practice” dell’IWA, è rappresentato dal rettangolo grande. Il volume CARL, sebbene tende a crescere al manifestarsi di nuove perdite e rotture e con il deterioramento nel tempo del sistema di distribuzione, può essere contenuto e ridotto da una combinazione appropriata di gestione della pressione, velocità e qualità delle riparazioni, controllo attivo delle perdite (per localizzare le perdite occulte) e riabilitazione delle reti.

Il volume di perdite reali annue più basso tecnicamente raggiungibile, all’attuale pressione operativa, è rappresentato dal rettangolo piccolo chiamato UARL (Unavoidable Annual Real Losses).

Il volume UARL può essere calcolato specificatamente per ogni singolo acquedotto utilizzando una formula, sviluppata dalla prima Water Losses Task Force (1996-99) dell’IWA, basata sulla lunghezza della rete, numero di prese, posizione dei contatori (rispetto al limite di proprietà) e pressione media (Lambert et al, 1999). La formula dell’UARL può essere applicata a sistemi con più di 5000 prese, più di 25 metri di pressione, e più di 20 prese per km di rete.

Normalmente non è economicamente conveniente raggiungere il valore di UARL, a meno che l’acqua non sia molto scarsa e/o molto costosa.

Il Livello Economico delle Perdite Reali normalmente si trova tra il valore attuale CARL e quello più basso tecnicamente raggiungibile UARL (pochi sistemi idrici a livello internazionale hanno raggiunto un livello economico dimostrabile delle perdite reali).



© WRP (Pty)
Ltd, 2001

Figura 1 - *L'Approccio a 4 Componenti per la Gestione delle Perdite Reali*

Sebbene la Figura 1 appaia statica, la gestione delle perdite reali è, di fatto, una battaglia continua per limitare la tendenza delle Perdite Reali (CARL) ad aumentare nel tempo, usando una appropriata combinazione di tutte e quattro le componenti. L'indicatore di performance "Best Practice" dell'efficienza tecnica della gestione delle perdite reali, all'attuale pressione operativa, è l'Indice di Perdita dell'Infrastruttura (Infrastructure Leakage Index o ILI), che è il rapporto adimensionale tra CARL e UARL. Il valore dell'ILI è stato ormai calcolato per centinaia di sistemi idrici in tutto il mondo e normalmente varia tra valori da circa 1 a 15 e più (McKenzie and Lambert, 2004), sebbene occasionalmente siano stati calcolati valori anche superiori a 100. Ad oggi meno di 20 Gestori nel mondo sono stati identificati con valori di ILI nel range tra 1.0 e 1.5, che rappresenta uno standard tecnico molto elevato di gestione delle perdite reali. In Inghilterra e Galles i livelli economici di perdita risultano essere nel range tra 1 e 3 (Lambert, McKenzie and Waldron, 2004).

Per tenere in considerazione i possibili errori dei dati utilizzati e le assunzioni fatte nel calcolo del bilancio idrico (al fine di calcolare le perdite reali), sono stati sempre più introdotti nei calcoli i limiti di confidenza del 95%. Ne consegue che la componente dei dati in ingresso con il valore di varianza più elevato è la componente dove gli sforzi dovrebbero essere maggiormente concentrati se si vuole ridurre i limiti di confidenza del 95% dei dati di output.

La Figura 2 mostra, per un sistema Italiano, il valore di CARL (con limiti di confidenza del 95%) confrontato con il valore più basso tecnicamente raggiungibile UARL e con le perdite inevitabili di sottofondo (Unavoidable Background Leakage o UBL) (FASTCALC, 2004).

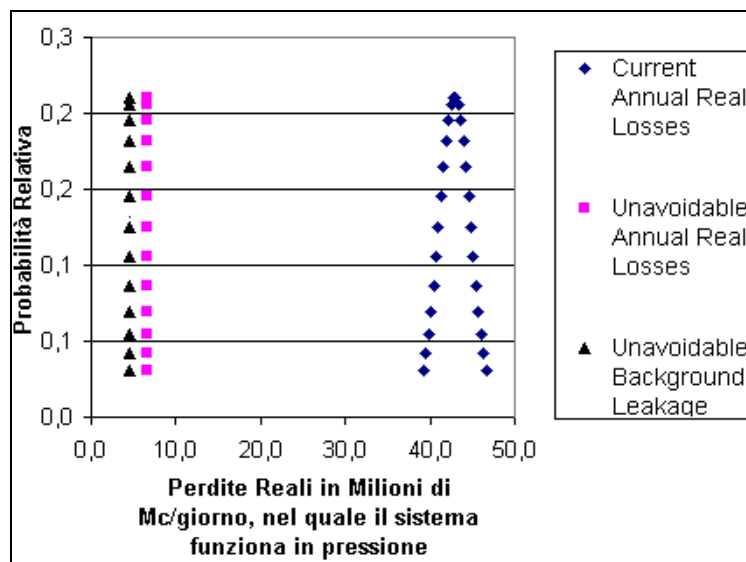


Figura 2 - Perdite Reali Annue CARL (2001/02), UARL e UBL per un sistema di distribuzione Italiano.

Le ormai numerose esperienze di calcolo dimostrano che, per sistemi ben gestiti con un basso livello di perdite e una misura affidabile dell'impresso in rete e dei consumi, è molto difficile raggiungere valori dei limiti di confidenza inferiori di +/-15% per il volume delle Perdite Reali calcolato con un bilancio idrico 'top-down' (es: EPA&Wide Bay Water, Manual No 3, 2005).

Ulteriori stime del volume delle perdite reali da misure della portata notturna e/o da analisi BABE delle componenti sono quindi raccomandate come 'best practice' (Alegre et al, 2000). Le misure della portata notturna sono anche utili per identificare le reti/distretti con perdite elevate mentre l'uso di un modello base di analisi delle componenti BABE è utile per identificare le strategie più efficaci per ridurre le perdite.

La metodologia per la stima e la gestione tecnica delle perdite reali, come già ampiamente descritto, è ora promossa dai membri della Water Losses Task Force e raccomandata dalle Organizzazioni di riferimento nazionali in Sud Africa, Australia, Nuova Zelanda e in Nord America, ed è usata da consulenti e agenzie di investimento internazionali in oltre 20 paesi del mondo. Le metodologie usate per il calcolo di CARL e UARL hanno dimostrato di essere allo stesso tempo robuste e pratiche (particolarmente se nei calcoli vengono utilizzati i limiti di confidenza del 95%).

1.3 IDENTIFICARE IL LIVELLO ECONOMICO DELLE PERDITE REALI

Un obiettivo stabilito dall'attuale Water Losses Task Force (Liemberger e Farley, 2004) è di 'sviluppare' un metodo rapido e pratico per il calcolo del livello economico di intervento con il controllo attivo delle perdite occulte e del livello economico di perdita a breve termine (short-run economic leakage level o SRELL). Chiaramente non ha molto senso il tentativo di calcolare, o di ottenere, un livello economico di perdita per uno specifico sistema fintanto che il Gestore non si impegna ad applicare (in modo appropriato) tutte e quattro le componenti per la Gestione delle Perdite Reali evidenziate nella Figura 1.

In attesa dello sviluppo di un metodo per il calcolo dei livelli economici di perdita, un approccio pratico usato con successo da Gestori come Malta Water Services Corporation e Halifax Regional Water Council (Canada) è stato quello di identificare e implementare un insieme di iniziative nell'ambito delle 4 componenti che singolarmente comportano il valore più elevato del rapporto benefici:costi o il più breve tempo di ritorno dell'investimento. Quando non è più possibile identificare ulteriori iniziative economicamente convenienti, si può ragionevolmente assumere che sia stato raggiunto un livello economico di perdita, sebbene deve essere riconosciuto che il livello economico di perdita varia nel tempo.

I livelli economici di perdita possono anche essere predetti usando i modelli BABE di analisi delle componenti delle perdite reali e precisamente di:

- perdite di sottofondo (non localizzabili) da piccoli non visibili e udibili punti di rottura;

- volumi persi da perdite e rotture segnalate;
- volumi persi da perdite e rotture non segnalate con frequenza economica di intervento di ricerca perdite.

I modelli di analisi delle componenti sviluppati in Gran Bretagna per grandi sistemi idrici richiedono la conoscenza del numero e del tipo delle perdite occulte che si verificano, di media, ogni anno. Poiché molti Gestori a livello internazionale non eseguono nessun tipo di controllo attivo delle perdite, di solito fuori dalla Gran Bretagna, questo tipo di informazioni sul numero tipico di perdite occulte non è disponibile.

E' necessario quindi un approccio più semplice per incoraggiare più Gestori a iniziare una politica di controllo attivo delle perdite e a stabilire:

- per piccoli sistemi, la frequenza economica di intervento per trovare le perdite occulte;
- per grandi sistemi, la % economica del sistema idrico da controllare ogni anno;
- un budget annuo appropriato per queste attività;
- il volume economico annuo delle perdite reali occulte, corrispondenti alla frequenza economica di intervento.

Nella restante parte di questo articolo, viene proposto un metodo semplice e 'system-specific' per il calcolo di questi parametri, basato sul controllo sistematico con tecniche acustiche (correlazione, ascolto con geofoni, noise loggers o tecniche simili). Viene riportato un recente esempio di applicazione del metodo ad un piccolo sistema idrico del Nord Italia non dotato di misura permanente delle portate notturne in ingresso alla rete.

Questo approccio, ulteriormente sviluppato con l'introduzione dei limiti di confidenza del 95% per tutti i parametri e le predizioni, è ora stato incorporato in un software per il calcolo dei livelli economici di perdita. Questo software (Fastcell) è attualmente sottoposto a test in Italia, Australia e in Gran Bretagna.

2. TEORIA DI INTERVENTO ECONOMICO

2.1 TASSO NATURALE DI CRESCITA DELLE PERDITE

La Figura 3 (da esperienza inglese) mostra come la portata notturna in parte di un sistema di distribuzione può aumentare gradualmente nel tempo, per effetto delle perdite e rotture 'occulte', sebbene tutte le perdite 'segnalate' vengano prontamente riparate. Nella Figura 3 si nota che la riparazione delle perdite occulte trovate durante un intervento di controllo attivo delle perdite è stato completato entro la settimana n° 16. La portata viene confrontata con l'uso notturno dei clienti e con le perdite di sottofondo, per verificare che non siano rimaste rotture significative.

Il tasso di crescita medio che allora rimane è irregolare e specifico per ogni sistema, essendo influenzato da diversi fattori locali. Ma il tasso di crescita medio può essere calcolato con misure periodiche della portata minima notturna nei momenti dell'anno in cui sono ritenuti minimi i consumi notturni industriali e di irrigazione.

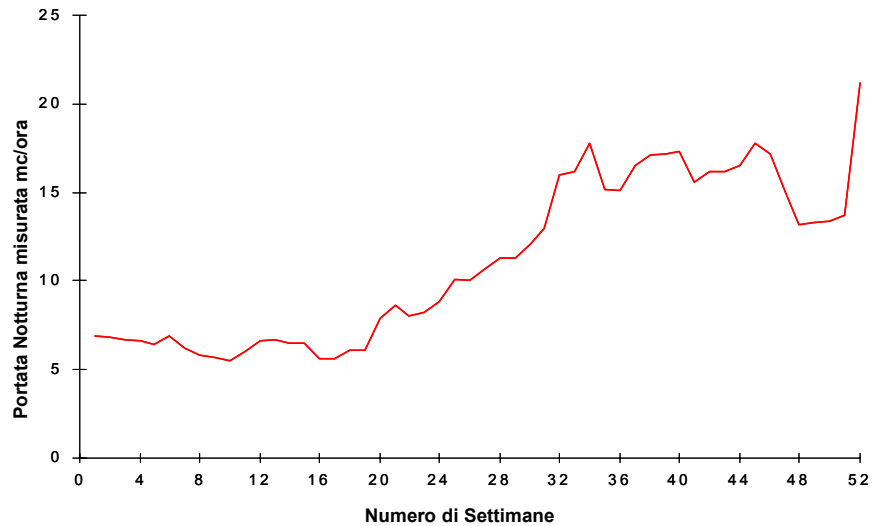


Figura 3 - Tasso di crescita naturale delle perdite occulte

La Figura 4 mostra questa situazione in modo più generale. Nel tempo T_a (espresso in giorni), la portata notturna cresce dal valore Q_0 al valore Q_1 , con un incremento pari a Q_u .

Se la pressione media notturna P_0 (quando è stata misurata la portata Q_0) e la pressione media notturna P_1 (quando è stata misurata la portata Q_1) risultano essere significativamente diverse sarà necessario correggere Q_0 (moltiplicando Q_0 per P_1/P_0) prima di procedere al calcolo.

Inoltre le portate notturne espresse in m^3/ora devono essere moltiplicate per un appropriato fattore Notte-Giorno (Night-Day Factor o NDF), che rapporta i livelli di perdita di notte ai livelli medi di perdita di giorno tenendo in considerazione le variazioni della pressione nelle 24 ore.

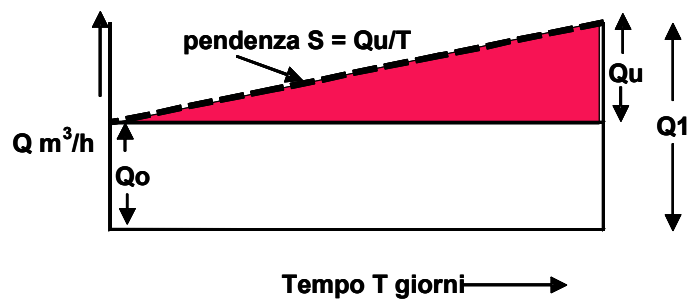


Figura 4 - Forma generale semplificata del tasso di crescita delle perdite occulte nel tempo

Una volta che Q_0 è stato corretto in base alla pressione (se necessario), e Q_u convertito in $m^3/giorno$ applicando il valore appropriato del Fattore Notte-Giorno, si può calcolare il tasso medio di crescita delle perdite occulte come:

$$S \text{ (m}^3\text{/giorno/giorno)} = Q_u \times \text{NDF}/T \quad (1)$$

Dopo il tempo T , il volume del triangolo che rappresenta le perdite occulte è:

$$V \text{ (m}^3\text{)} = 0.5 \times T \times ST = 0.5 \times S \times T^2 \quad (2)$$

Se il costo marginale dell'acqua è MAC (in Euro/ m^3), il valore del volume delle perdite occulte V al tempo T è:

$$MAC \times V = MAC \times 0.5 \times S \times T^2 \quad (3)$$

2.2 FREQUENZA ECONOMICA DI INTERVENTO DI RICERCA PERDITE (EIF)

Usando assunzioni simili alla teoria "economic stock control", può essere dimostrato (Lambert et al, 1998), che la frequenza economica di intervento avviene quando il costo di intervento CI su tutto il sistema (esclusi i costi di riparazione) uguaglia il valore del volume delle perdite occulte $MAC \times V$. Quindi il periodo economico tra due interventi successivi di ricerca perdite (T_e in giorni) si ottiene quando

$$CI = MAC \times V = MAC \times 0.5 \times S \times T_e^2 \quad (4)$$

o

$$T_e \text{ (giorni)} = (CI/(MAC \times 0.5 \times S))^{0.5} \quad (5)$$

Se S è espresso in $m^3/giorno$ per anno, piuttosto che in $m^3/giorno$ per giorno, allora

$$T_e \text{ (giorni)} = (CI/(MAC \times 0.5 \times S/365))^{0.5} \quad (5a)$$

e

$$T_e \text{ (mesi)} = (0.789 \times CI/(S \times MAC))^{0.5} \quad (5b)$$

2.3 PERCENTUALE ECONOMICA DEL SISTEMA (EP)

Per grandi sistemi, se T_e è superiore a 1 anno, è preferibile intervenire su una percentuale appropriata del sistema ogni anno, piuttosto che aspettare e poi intervenire su tutto il sistema una volta ogni 'pochi' anni. La Percentuale Economica del Sistema (EP) che dovrebbe essere controllata ogni anno è:

$$EP\% = 100 \times (12/T_e) \quad (6)$$

Dove T_e è espresso in mesi. Il Budget Annuo di Intervento (Annual Budget for Intervention o ABI) viene calcolato come:

$$ABI = EP\% \times CI \quad (7)$$

Il Volume Annuo Economico delle perdite occulte (Economic Annual Volume of Unreported Real Losses o EAVURL) quando una percentuale economica (EP) del sistema è stata ispezionata ogni anno è:

$$EAVURL = ABI/MAC = EP \times CI/MAC \quad (8)$$

2.4 PREVISIONI RAPIDE E PRATICHE

Da quanto sopra si vede che diversi importanti parametri tecnici e finanziari possono essere previsti velocemente se il costo marginale (MAC) e il tasso di crescita delle perdite occulte (S) vengono stimati (e assunti essere costanti), e se viene specificato il costo di intervento (CI). Non è essenziale conoscere il numero medio tipico di perdite occulte annue e la loro posizione nel sistema di distribuzione (ad es: su rete, idranti, valvole, prese, ecc.) – sebbene questi dati, se disponibili, possono certamente essere utilizzati nei calcoli. Si può anche notare che i calcoli di T_e , EP% e di EAVURL:

- non sono molto sensibili a moderati errori random in CI, MAC e S, a causa dell'esponente 0.5;
- sono indipendenti dalla valuta utilizzata, a causa dell'utilizzo del rapporto CI/MAC.

3. APPLICAZIONE DEL METODO

3.1 CASO DI STUDIO

Viene riportato di seguito (Fantozzi & Lambert, 2004) il caso di un piccolo sistema idrico nel nord Italia con 900 prese di utenza, 16 km di rete, misura non permanente della portata in ingresso, costo di un intervento di controllo attivo delle perdite (ALC) mediante noise loggers = Euro 4000, Costo Marginale dell'Acqua MAC = 0.11 Euro/m³, Portata Notturna misurata

(14/02/2002) dopo l'intervento di ricerca perdite e le riparazioni = 10,8 m3/ora, Portata Notturna misurata nuovamente il 10/04/2004 (786 giorni dopo) = 18.0 m3/ora (assumendo lo stesso valore di pressione). Applicando la metodologia descritta sopra si ottiene un Tasso medio di crescita delle perdite $S = 18.0 - 10.8 = 7.2\text{m}^3/\text{ora}$ in 2.15 anni = $3.35\text{ m}^3/\text{ora}/\text{anno}$. Se $\text{NDF}=24\text{ ore}/\text{giorno}$, $S = 3.35\text{ m}^3/\text{ora}/\text{anno} \times 24 = 80.4\text{ m}^3/\text{giorno}/\text{anno}$ allora la Frequenza Economica di Intervento T_e (equazione 5b) = $(0.789 \times 4000 / (80.4 \times 0.11))^{0.5} = 18.9$ mesi, la Percentuale Economica del sistema $\text{EP}\% = 12\text{ mesi} / 18.9\text{ mesi} = 63\%$ del sistema all'anno, il Budget Annuale per la Ricerca perdite $\text{ABI} = \text{EP}\% \times \text{CI} = 63\% \times 4000\text{ Euro} = \text{Euro } 2540$ all'anno ed il Volume Economico Annuo delle Perdite Reali occulte = $\text{EP} \times \text{CI} / \text{MAC} = 63\% \times 4000 / 0.11 = 22909\text{ m}^3/\text{anno}$.

3.2 PREVISIONI USER FRIENDLY

Esprimendo CI ed S in termini di 'per presa di utenza' o 'per km di rete', le equazioni di T_e , $\text{EP}\%$, ABI e EAVURL possono essere presentate in molte diverse unità di misura e formati grafici, come ad esempio nella Figura 5 sotto, per predire la frequenza economica di intervento di ricerca perdite T_e . Nell'esempio italiano, CI è 4.44 (= 4000/900) Euro/presa di utenza, MAC è 0.11 Euro/m3, quindi $\text{CI}/\text{MAC} = 4.44/0.11 = 40\text{ m}^3/\text{presa di utenza}$. Per un tasso di crescita S pari a 89 litri/presa di utenza/giorno/anno (= $80.4\text{ m}^3/\text{giorno}/\text{anno} \times 1000/900$), il grafico indica la frequenza economica di intervento ogni 18 mesi (confrontati con i 18.9 mesi, come calcolato sopra). Limitazioni di spazio precludono la presentazione di altri esempi, ma la forma di tali grafici è molto utile per ottenere una visione generale di come l'interazione tra S e il rapporto CI/MAC influenzi T_e , $\text{EP}\%$, ABI e EAVURL .

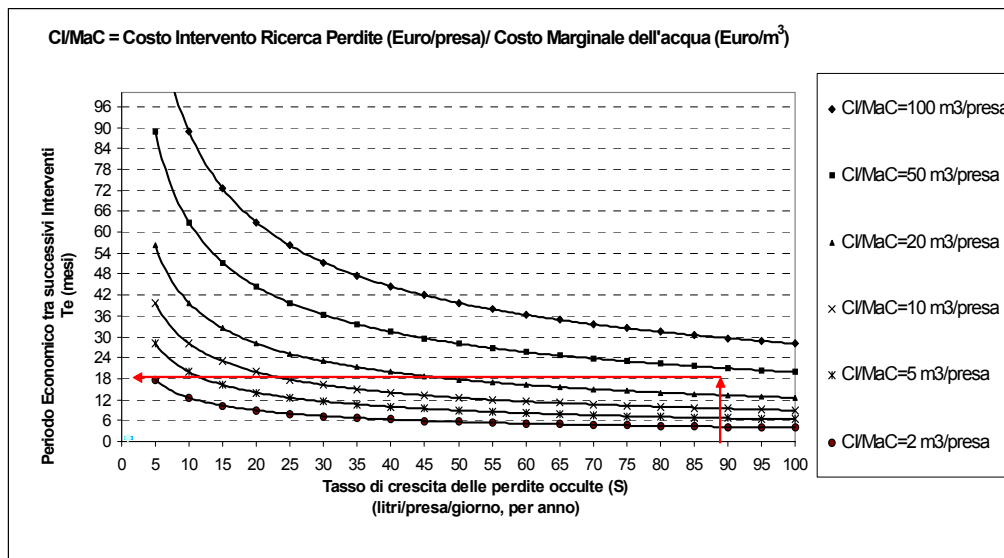


Figura 5 - Grafico per predire la frequenza economica di intervento di ricerca perdite T_e

3.3 APPLICAZIONE AI GRANDI SISTEMI

L'approccio base descritto sopra può anche essere applicato (con eventuali modifiche se necessario) a sistemi più grandi. Per i grandi sistemi che non eseguono controlli attivi delle perdite, una stima iniziale approssimata del tasso di crescita (S) delle perdite occulte per l'intero sistema potrebbe essere basata sul tasso di crescita delle Perdite Reali annue (dal Bilancio Idrico annuo) su un periodo di alcuni anni. Si può quindi fare una stima iniziale di Te e di EP per tutto il sistema e anche del budget annuo approssimato (ABI) e del Volume Annuo Economico delle perdite occulte (EAVURL), preferibilmente mediante un software che utilizzi i limiti di confidenza del 95%. Poi, si può stimare i valori di S per ogni parte del sistema attribuendo le portate tipiche alle perdite trovate durante interventi successivi di ricerca perdite e i valori di Te, ABI e EAVURL possono essere stimati per ogni parte del sistema singolarmente. Questo approccio è stato recentemente applicato a dati di ricerca perdite raccolti per zone in una grande città del Nord America.

4. CONCLUSIONI

Le conclusioni di questo studio sono le seguenti:

- Nell'ultimo decennio è stato sviluppato un insieme di metodi e di concetti robusti per la stima e la gestione dell'acqua non fatturata (Non-Revenue Water) e delle sue componenti.
- Questi metodi, adottati in un numero sempre crescente di nazioni, sono stati promossi con successo a livello internazionale dai membri della Water Losses Task Force (WLTF) dell'IWA.
- L'uso dei limiti di confidenza del 95% nei calcoli del bilancio idrico rappresenta un significativo passo in avanti.
- I metodi inglesi esistenti per la stima dei Livelli Economici di Perdita, che richiedono misure continue delle portate notturne in piccoli distretti, non sono attualmente applicabili nella maggior parte delle situazioni a livello internazionale.
- La Water Losses Task Force (WLTF) dell'IWA è alla ricerca di un metodo semplice per il calcolo della Frequenza Economica di Intervento e dei Livelli Economici di perdita a breve periodo per l'applicazione a livello internazionale a piccoli e grandi sistemi idrici.
- E' necessario un metodo semplice per la stima della frequenza economica di intervento per il controllo attivo delle perdite e dei budget relativi, in modo da incoraggiare più Gestori ad implementare attività continuative di ricerca delle perdite.
- Il metodo presentato in questo studio richiede solo tre parametri – tasso medio di crescita delle perdite occulte, costo marginale dell'acqua e costo di intervento.

- Si assume che il costo marginale dell'acqua e il tasso medio di crescita delle perdite occulte siano approssimativamente costanti per ogni singolo sistema o sottosistema.
- Il rapporto tra il Costo di Intervento ed il Costo Marginale dell'acqua è un parametro chiave, indipendente dall'unità di misura della valuta utilizzata.
- L'approccio descritto è semplice, versatile e applicabile su vasta scala, soprattutto se nei calcoli sono utilizzati i limiti di confidenza del 95%.
- Uno studio con nuovi sviluppi su questi argomenti è stato inviato per la presentazione al Seminario internazionale 'Leakage 2005' della Water Losses Task Force dell'IWA a Halifax, Nuova Scozia (Canada), in Settembre 2005.

5. RINGRAZIAMENTI

Ai numerosi membri della Water Losses Task Force che hanno contribuito allo sviluppo di queste metodologie ed un particolare grazie a John Morrison, David Pearson e Stuart Trow.

6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Lambert, A. 'Water Science and Technology: Water Supply, Vol 2 No 4, 1-20, 2002.
- McKenzie Dr R. & Lambert, A., *Best Practice Performance Indicators: a practical approach*. Water21, August (2004). [<http://iwapublishing.com/template.cfm?name=w21aug04>]
- Lambert A., McKenzie R. and Waldron T., *ILIs over four continents*. Demand Management Bulletin No 6, October (2004). [www.environment-agency.gov.uk/savewater]
- Lambert A., *Fastcalc, International software to calculate IWA Water Balance and Performance Indicators with 95% confidence limits*. (Contact ILMSS Ltd and Studio Fantozzi for details) (2004).
- Queensland Environmental Protection Agency and Wide Bay Water (in press): *Manual 3, The Economics of Water Loss Management*. ISBN 0 7242 9495 3. Part of series 'Managing and Reducing Losses from Water Distribution Systems'. (2004).
- Alegre H. et al., *Performance Indicators for Water Supply Services. IWA Manual of Best Practice*. ISBN 900222272 (2000)
- Liemberger R. & Farley M., *The Water Loss Task Force: recent highlights and future events*. Water21, December (2004). [<http://iwapublishing.com/template.cfm?name=w21dec04>]
- Lambert A. et al, *Managing Water Leakage: Economic and Technical Issues*. Financial Times Energy. ISBN 1 84083 011 5 (1998).

*M. FANTOZZI, A.O. LAMBERT - Applicazione in Italia dei più recenti sviluppi nel calcolo della frequenza
economica di controllo perdite*

Fantozzi M. & Lambert A., *Esperienze di applicazione dell'approccio IWA a piccolo sistemi
idrici in Italia*, Conferenza H2O sulla 'Gestione delle perdite idriche', Ferrara, Italy (2004).