

I CONSUMI IDROPOTABILI

G. Silvagni & F. Volpi

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ingegneria Informatica, D.I.C.I.I. - Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", Via del Politecnico 1, 00133 Roma, Italia -
silvagni@ing.uniroma2.it; volpi@ing.uniroma2.it

SOMMARIO

La conoscenza e la caratterizzazione dei consumi idropotabili assumono oggi una sempre maggiore importanza strategica nella gestione di una rete di distribuzione idrica, in attuazione delle disposizioni della legge 36/94 e successive integrazioni, volte al risparmio della risorsa, alla garanzia del soddisfacimento dei livelli minimi di servizio ed al raggiungimento degli obiettivi di efficacia, efficienza ed economicità. Nella nota è presentato un modello di analisi dei consumi registrati in alcuni comuni italiani che consente sia di quantificarne i valori, sia di caratterizzarne la variabilità nella giornata con parametri di validità territoriale. Il modello di analisi è in grado di descrivere in modo compatto il livello di servizio richiesto dall'utenza e costituisce un utile strumento per un'agevole attività di gestione delle reti di distribuzione così come richiesto dalla vigente normativa. La procedura di analisi seguita, con il monitoraggio continuo della risorsa distribuita, contribuisce all'interpretazione del diagramma tempo - portata registrato in punti significativi della rete. La lettura frazionata del diagramma consente l'individuazione del consumo domestico e la sua scomposizione nelle varie componenti con parametri che sembrano caratterizzare i diversi ambiti territoriali.

1. Introduzione

Lo studio dei consumi idropotabili in Italia ha registrato negli ultimi sessanta anni una esigenza di approfondimento via via crescente al seguito dello sviluppo del servizio idropotabile. Negli anni cinquanta gli obiettivi erano essenzialmente due: la quantificazione del massimo valore della portata media giornaliera cui proporzionare l'acquedotto esterno; la valutazione del coefficiente di punta per il dimensionamento della rete di distribuzione cittadina.

In effetti la legge che istituiva il Piano Regolatore Generale degli Acquedotti (PRGA) fissava in una prima fase in 50 l/ab./g. la dotazione idrica per abitante per portarla dopo pochi mesi al valore di 150 l/ab./g.. La distribuzione idrica all'utenza era spesso garantita da un servizio a luce tarata che successivamente è stato abolito per ovvi motivi igienici prevedendo di assicurare ad ogni utente un servizio a domanda.

La struttura che sovrintendeva all'alimentazione idrica era costituita, principalmente dallo stato centrale o dalle sue emanazioni (ad esempio al sud Italia dalla Cassa del Mezzogiorno) che finanziava e realizzava gli acquedotti esterni e dai singoli comuni cui competeva la gestione delle reti interne. Le difficoltà finanziarie comunali portavano sovente a considerare l'incremento dei volumi richiesti in rete come la conseguenza dello sviluppo e del miglioramento delle condizioni di vita degli abitanti con il risultato di demandare il soddisfacimento delle richieste al potenziamento delle grandi infrastrutture acquedottistiche regionali finanziate dallo Stato.

La chiusura della CASMEZ e le difficoltà sempre crescenti nella individuazione nel territorio delle risorse idropotabili hanno avuto come conseguenza l'approfondimento delle tematiche sui consumi idropotabili per meglio affrontare e superare le deficienze riscontrate nelle varie reti di distribuzione.

Alla fine degli anni ottanta tali temi sono stati affrontati e portati avanti da un gruppo di ricerca inter-universitario che ha trovato coagulo nell'attività del Prof. Curto e successivamente in quella dei Proff. Lucio Tagliatela e Paolo Bertola; tale gruppo sui "Consumi idropotabili" ha visto e vede tuttora l'attività dei ricercatori del settore di oltre 15 università italiane distribuite sull'intero territorio nazionale riuniti nel C.S.S.A. (Centro Studi Sistemi Acquedottistici).

La caratterizzazione delle idro-esigenze ed il funzionamento di un sistema acquedottistico hanno acquistato sempre maggiore rilevanza in fase di attuazione delle disposizioni della legge 36 del 1994 e successive integrazioni, volte al risparmio della risorsa, alla garanzia del soddisfacimento dei livelli minimi di servizio secondo i principi dell'affidabilità dei sistemi acquedottistici.

La corretta definizione delle richieste dell'utenza ha assunto in base alla legge una maggiore valenza al fine di garantire nella gestione dei si-

stemi di distribuzione idrica i requisiti di efficienza, di efficacia ed economicità previsti.

Come evidenziato in precedenti lavori (Silvagni et al., 1999 - 2004) la conoscenza delle portate immesse in punti idonei delle reti di distribuzione interne ai centri abitati rappresenta un primo fattore caratterizzante il comportamento della domanda idropotabile, in particolare i relativi diagrammi tempo – portata rappresentano la risposta elastica delle reti agli impulsi di domanda dell'utenza e, effettuando un attento controllo sulle portate immesse, si giunge all'individuazione delle diverse componenti di consumo ed ai valori dei volumi idrici effettivamente consegnati.

Per caratterizzare i consumi, di norma, si fa riferimento a reti che hanno garantito nel tempo una alimentazione idrica senza soluzione di continuità con una variazione dei livelli piezometrici molto ridotta nel corso delle 24 ore. Per tali casi le registrazioni delle portate in uscita dai serbatoi cittadini ed immesse nelle reti di distribuzione costituiscono un indispensabile elemento per caratterizzare nel suo complesso i valori delle perdite complessive e quantificare i consumi domestici.

Le ipotesi iniziali nell'interpretazione dei dati registrati, portano ad individuare le differenti modalità di utilizzo della risorsa in base agli usi ed alle abitudini degli abitanti; le oscillazioni dei dati di portata registrati connessi alla variabilità giornaliera della domanda sono da ritenersi rappresentative del consumo stesso.

Infatti è proprio la concentrazione in determinate fasce orarie a caratterizzare l'utilizzo della risorsa nell'ambito considerato, rappresentando, secondo gli usi del territorio, la risposta non istantanea alla domanda dell'utenza.

Il procedimento di ricomposizione dei dati registrati, secondo ipotesi fissate permette, per mezzo di parametri standard, di effettuare un significativo confronto tra differenti comuni, in termini di consumo per abitante e qualità del funzionamento delle reti. L'obiettivo primario è quindi quello di legare l'effettivo consumo idrico all'ambito territoriale di appartenenza, svincolando l'analisi dalle aliquote riconducibili alle perdite nelle reti di distribuzione che ovviamente non caratterizzano la domanda degli utenti.

2. Il consumo civile

Il consumo civile nel suo complesso è il risultato di usi svariati della risorsa, riconducibili a due componenti: il consumo domestico ed il consumo collettivo.

Per consumo domestico si intende quello fisiologico, per la preparazione del cibo, per lavaggio personale e delle cose, per eventuali usi esterni (Lamberti et al., 1994).

Il consumo collettivo si compone generalmente in consumi pubblici e consumi commerciali:

- i consumi pubblici sono quelli delle scuole degli ospedali, caserme, edifici pubblici in genere, centri sportivi, fontane, parchi etc.;
- i consumi commerciali sono quelli dei negozi, dei supermercati, degli alberghi, dei ristoranti, degli autolavaggi, cantieri edili, etc. nonché i consumi industriali inseriti nel tessuto urbano.

Indicando le varie componenti del consumo in:

- C_l , il consumo lordo specifico [l/ab./g.];
- C_d , il consumo domestico specifico [l/ab./g.];
- C_c , il consumo collettivo specifico [l/ab./g.];
- P , le perdite [l/ab./g.];

il consumo complessivo potrà essere considerato come la somma delle varie aliquote mediante la relazione:

$$C_l = C_d + C_c + P \quad (1)$$

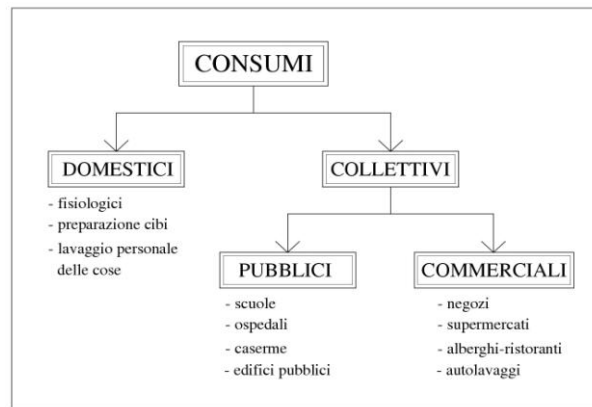


Fig. 1 - Suddivisione dei consumi idrici Civili

Tenuto conto di tale suddivisione, concordemente con quanto ipotizzato in precedenti lavori, l'individuazione delle varie componenti del consumo può essere effettuata adottando uno schema di lettura dei diagrammi tempo-portata che consenta di suddividere l'aliquota della portata base (assimilabile alle perdite in rete ed alle erogazioni costanti o a luce tarata) da quella che individua l'effettivo consumo domestico.

In particolare, è possibile considerare che la portata notturna sia essenzialmente attribuibile all'erogazione di portate costanti o comunque poco variabili nelle 24 ore conseguenza o di perdite in rete o di utenze con erogazione continua costante quali ad esempio quelle industriali, fontane a getto continuo, complessi ospedalieri caratterizzati da autonomi serbatoi di compenso.

Le perdite in rete costituiscono un fattore ricorrente ormai in tutte le reti idropotabili ed in passato hanno comportato una sovrastima dei con-

sumi e causato situazioni di mal funzionamento delle reti idriche.

La fenomenologia che determina i valori delle perdite è legata al deterioramento delle condotte distributrici e alla formazione di fori a seguito dell'innescio di corrosioni localizzate.

In quest'ultimo caso le valutazioni dei valori della portata effluente risultano complicate dalla elasticità del materiale costituente le condotte che rende la sezione del foro dipendente dalla pressione agente nella rete. In bibliografia il problema è affrontato con studi sperimentali che hanno evidenziato la non capacità del modello torricelliano nella quantificazione delle perdite. Sperimentalmente il comportamento elastico delle condotte determina, infatti, un legame quasi lineare tra il valore delle perdite e quello delle pressioni agenti. (Pezzinga, 1994; Lambert, 2000)

Pertanto il valore delle perdite per una rete varia nel corso della giornata al variare della pressione in condotta; durante le ore di maggior consumo, infatti, le perdite di carico idraulico determinano una riduzione del valore della pressione nelle condotte e quindi una riduzione delle perdite idriche. Nei sistemi di distribuzione caratterizzati da bassi valori delle pendenze piezometriche e da elevati valori del carico idraulico si può trascurare la variabilità giornaliera delle perdite considerandole in tali sistemi senza apprezzabili errori costanti nell'arco della giornata.

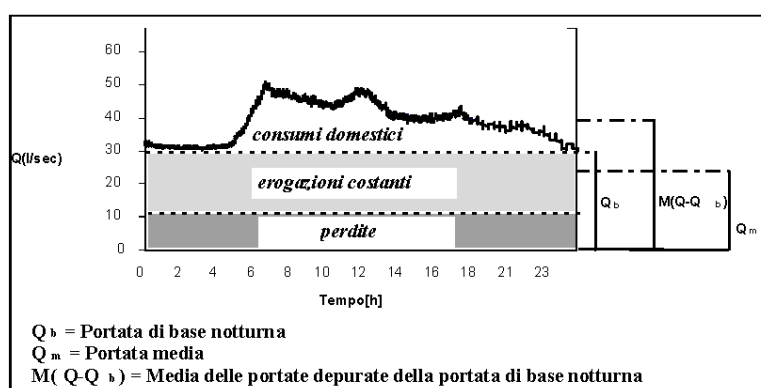


Fig. 2 - Schema della divisione dei consumi per un diagramma portate-tempo.

Nell'ambito delle attività del succitato C.S.S.A. sono state poste sotto osservazione per periodi più o meno lunghi molteplici reti di distribuzione ricadenti in comuni del territorio italiano.

A titolo di esempio si riportano i risultati delle indagini effettuate nei comuni inseriti negli schemi di alimentazione dell'acquedotto Campano, dell'acquedotto della Campania Occidentale e dell'acquedotto Pugliese.

Delle reti considerate, sono stati presi in esame i dati riguardanti il loro funzionamento, le caratteristiche della richiesta dell'utenza e le moda-

lità di ricerca delle perdite.

Le registrazioni delle portate in transito sono state effettuate nei punti significativi della rete di distribuzione, con una risoluzione temporale del dato dai 18 secondi a più minuti. La scelta di un valore di Δt così basso ha avuto l'obiettivo di caratterizzare la richiesta dell'utenza quanto più possibile come si manifesta e grava sulle condotte distributrici. Utilizzare tempi così ridotti consente anche di non sottostimare i volumi consegnati così come mostrato (De Marinis ed altri, 2003) dai risultati delle indagini sperimentali compiute nel laboratorio di campo realizzato nel comune di Piemonte San Gervasio.

Da una prima analisi dei diagrammi tempo – portata, si può notare l'estrema regolarità delle registrazioni che nella forma, al variare delle realtà considerate rimangono pressoché simili.

Infatti, per tutti i comuni, gli andamenti delle macro oscillazioni della domanda sono analoghi, in essi si denotano tre picchi principali: il primo dei quali è localizzato nelle prime ore della giornata, in cui si suppone che gli utenti si preparino alle attività lavorative o che queste iniziano; il secondo più basso nel primo pomeriggio in corrispondenza delle attività connesse al pranzo; il terzo, il minore dei tre, nelle ore serali in preparazione delle attività connesse alla cena.

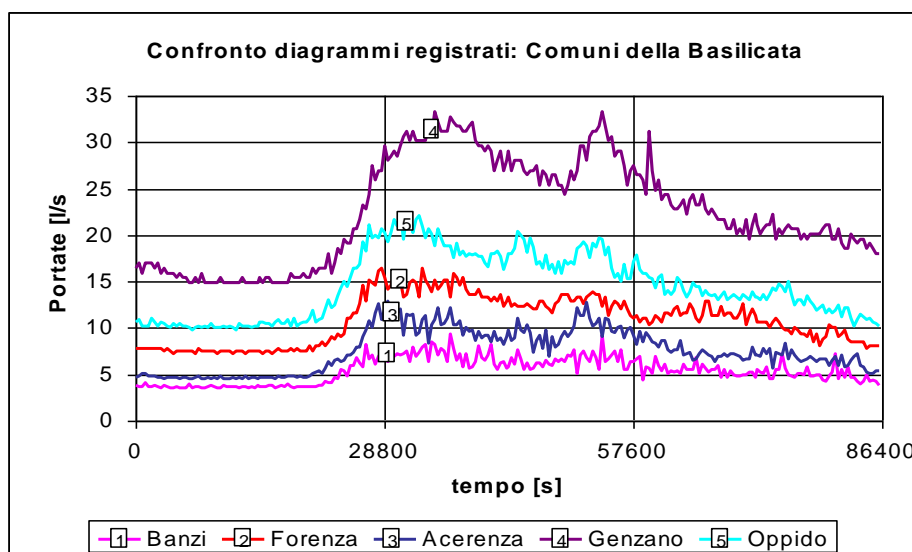


Fig. 3a - Registrazioni delle portate erogate (Regione Basilicata).

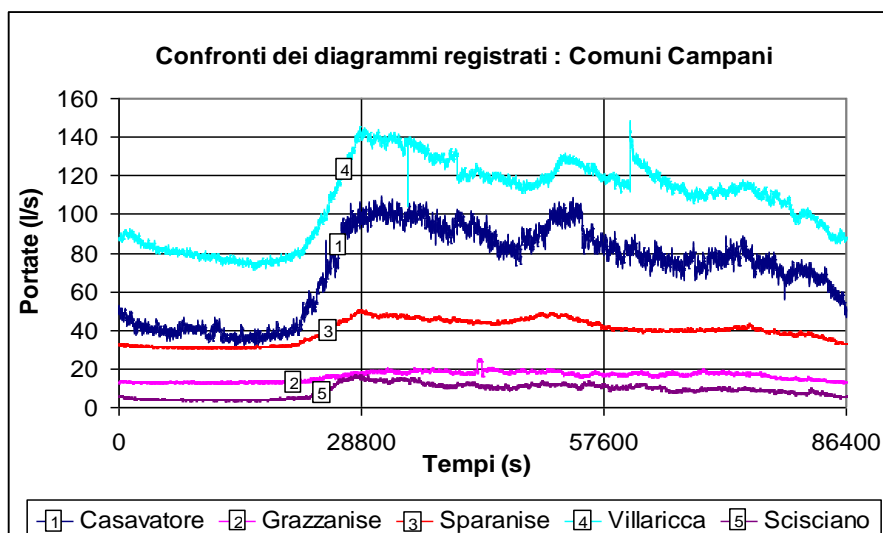


Fig. 3b - *Registrazioni delle portate erogate (Regione Campania).*

L'andamento medio della domanda idropotabile e la sua variabilità giornaliera sono strettamente connesse alle caratteristiche sociali del contesto analizzato, infatti per le aree considerate e per quelle esaminate in altre piccole realtà italiane vi è una chiara dipendenza dai fenomeni connessi alle caratteristiche lavorative (inizio mattutino, pranzo e cena) che fissano gli impulsi di massima domanda.

Inoltre, al variare del giorno di registrazione è risultata, evidente la regolarità delle portate registrate, gli scostamenti di qualche punto percentuale tra il valore medio e le singole registrazioni possono essere considerate unicamente dipendenti dall'aliquota casuale della variabilità della portata (Silvagni et al. 2001, de Marinis et al. 2004).

Nei paragrafi successivi verranno descritti i modelli interpretativi dell'andamento medio della domanda e quelli caratterizzanti la variabilità istantanea della richiesta da parte dell'utenza.

Altro aspetto importante che traspare dalla lettura dei diagrammi portate - tempo vede sempre le portate notturne erogate estremamente elevate, non attribuibili alla sola presenza della domanda domestica. Di conseguenza, valutate tutte le utenze caratterizzate da erogazioni costanti (fontane a getto continuo, utenze a luce tarata, etc.), il valore residuo è attribuito di norma a deficienze di funzionalità della rete, cioè a deficienze strutturali che determinano l'aliquota delle perdite.

La conferma a tali ipotesi di lettura dei dati registrati è ottenibile paragonando tra loro le misure effettuate prima e dopo gli interventi per l'eliminazione delle principali perdite localizzate. Le registrazioni hanno

mostrato sempre un andamento regolare con una rigida traslazione delle serie di dati verso il basso.

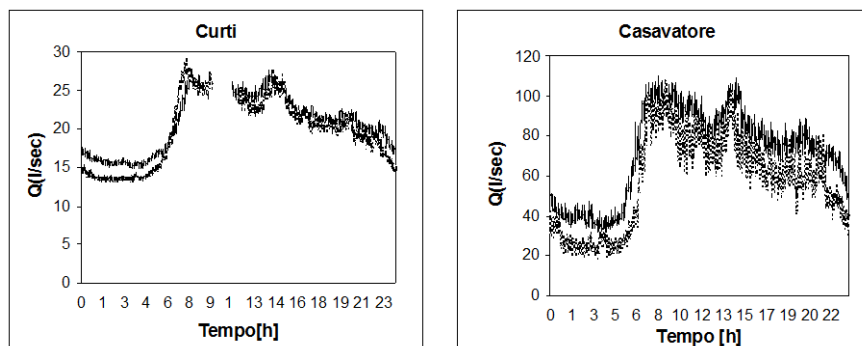


Fig. 4 - Portate registrate prima e dopo gli interventi di manutenzione sulle reti.

Il diagramma tempo – portata consente di caratterizzare le macro oscillazioni giornaliere, rappresentando effettivamente il consumo e la sua distribuzione nell'arco delle 24 ore e che gli elevati valori delle portate notturne quantificano prevalentemente le perdite esistenti.

La periodicità riscontrata nelle registrazioni, costituisce anche una conferma della validità del volume giornaliero erogato quale misura delle prestazioni di una rete, intatti la sua costanza del tempo testimonia le immutate condizioni di esercizio della rete alle richieste costanti e periodiche da parte dell'utenza.

3. Il consumo idropotabile domestico

Numerose indagini sono state effettuate negli ultimi decenni sia in Italia che in Europa allo scopo di individuare i valori numerici attendibili dei consumi idropotabili domestici.

A Milano, ad esempio, un'indagine effettuata da Orsi et al. (1988) in edifici residenziali ha evidenziato consumi domestici giornalieri di 200-300 l/ab./g., a Roma Margaritora et al. (1988) in una ricerca condotta in due interi rioni, per un numero complessivo di abitanti stimato in 65.000, ha fornito consumi domestici di 200 l/ab./g.; infine a Napoli una ricerca effettuata su due campioni (Molino et al., 1988), di qualche centinaio di abitanti ciascuno, ha messo in evidenza consumi domestici giornalieri di 150 l/ab./g. in un complesso di abitazioni popolari e di 210 l/ab./g. per il campione residente in immobili di lusso.

In Europa, invece la tendenza è quella di stimare consumi domestici sensibilmente più bassi. Infatti, così come evidenziato da Martini (1988), nella Repubblica federale Tedesca alcuni studi eseguiti da enti specializ-

zati nel corso degli anni '70, sulla base della estrapolazione della tendenza degli anni precedenti, indicavano per l'anno 2000 il raggiungimento di consumi domestici dell'ordine di 190-220 l/ab./g., mentre in realtà in base ai dati registrati si sono mantenuti attorno ai 145 – 150 l/ab./g.. In Olanda è stato presentato uno studio eseguito per determinare le previsioni dei consumi specifici per una regione di 1.200.000 abitanti. Il modello di sviluppo è stato basato sull'impiego di metodologie di regressione, sull'esame delle tendenze dei consumi domestici ed industriali, sulla distribuzione delle strutture urbane in rapporto a quelle rurali. Per quanto riguarda i consumi domestici è stato indicato un consumo specifico per il 2015 variabile da 128 a 158 l/ab./g...

Da quanto riportato risulta che la distribuzione dei consumi specifici in Europa vede l'Italia porsi ai primi posti per dotazione media nazionale, con 220 l/ab./g. contro medie di altri paesi che sono contenute intorno ai 150 l/ab./g..

Nei comuni presi in esame alla fine degli anni 2000 da Silvagni et al. (2004), sono stati presi in esame i consumi domestici senza tener conto della portata di base notturna costituita in gran parte da perdite nella rete. Dalla tabella 1 si evidenzia che i valori di consumo rimangono generalmente al di sotto della soglia di 150 l/ab./g., valore minimo di consumo giornaliero da garantirsi all'utente in base al DPCM 47/96.

Tab. 1 – Consumi unitari per usi civili.

Comune	Abitanti	Consumo (l/ab.g)
Scisciano	4.390	110
Villaricca	22.114	143
Sparanise	7.220	112
Grazzanise	6.938	100
Casavatore	20.869	160
Forenza	2.805	130
Acerenza	3.045	120
Genzano	6.335	140
Oppido	4.005	128
Banzi	1.905	113
Tricarico	7.175	144

Per i centri urbani analizzati i valori dei consumi domestici variano da 110 a 160 litri abitante giorno confermando la tendenza riscontrata in gran parte dei piccoli centri urbani europei. Nel valutare la dotazione idrica totale da attribuirsi al centro urbano devono portarsi in conto le richieste conseguenti ad una più o meno ricca infrastrutturazione urbana (ospedali, presidi militari, piccole industrie etc) e dalle perdite più o meno "fisiologiche" che non dovrebbero superare il 15 – 20 % dei consumi effettivi.

4. Valori dei coefficienti di punta oraria del consumo domestico

La massima richiesta giornaliera assume una elevata valenza progettuale, a tale valore, infatti, corrispondono le condizioni più gravose di funzionamento per la rete di distribuzione ed in base a tale portata va costruito lo scenario di funzionamento alla punta e valutati gli indici prestazionali.

La massima portata dipende ovviamente dalla contemporaneità delle richieste dei singoli utenti e non dal valore delle perdite o dei consumi di utenze ad erogazione costante; pertanto lo schema di fig. 1 va applicato all'analisi del diagramma tempo – portata depurando i valori di portata registrati di un valore pari alla portata di base notturna, e valutando solo l'andamento delle richieste attribuibili alle utenze domestiche. Su tali valori si è condotta l'analisi dei consumi medi domestici e la valutazione dei coefficienti di punta giornalieri, c_p .

I valori di c_p presentano un spiccata variabilità con il numero degli abitanti serviti dalla rete, A_b , in accordo con quanto riporta la bibliografia (Babbitt, 1928; Funel, 1969; Gibs et al., 1980; Silvagni et al., 1999, de Marinis et al., 2004).

A titolo di esempio nella figura 5 seguente sono riportati in diagramma i valori depurati delle portate registrate rapportati alla medio giornaliero.

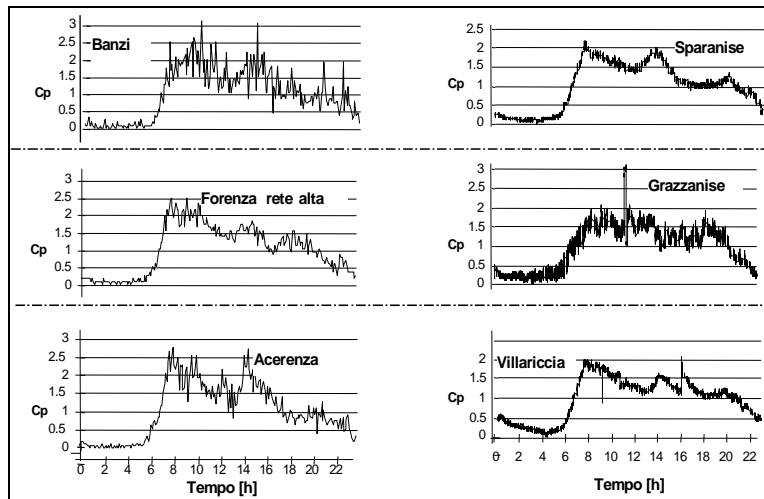


Fig. 5a - Valori di coefficienti di punta trascurando la portata di base notturna (Regione Basilicata).

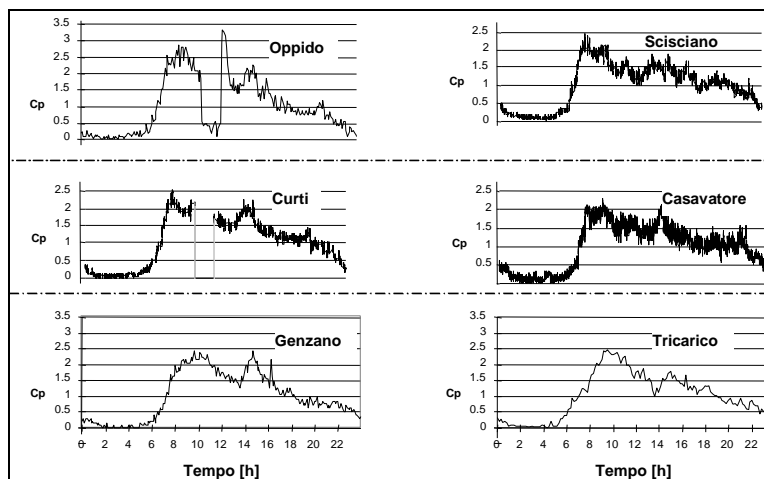


Fig. 5b - Valori di coefficienti di punta trascurando la portata di base notturna (Regione Campania).

I valori di c_p oscillano ovviamente nel corso della giornata intorno al valore uno con punte comprese tra due e tre. La relazione sperimentale tra i valori di c_p e il numero di abitanti per centro urbano è ben interpretata da una legge di potenza di espressione:

$$c_p = 4.23 \cdot (Ab \cdot 10^{-3})^{-0.26} \quad (2)$$

Tale risultato è in buon accordo con le altre relazioni di bibliografia. Ad esempio Milano (Milano, 1988) considerando i consumi della città di Milano, quelli della città di Dresda e di Mannheim (Conti 1924) e di altri centri più piccoli assume l'espressione proposta da Gibs:

$$c_p = 3.45 \cdot (Ab \cdot 10^{-3})^{-0.16} \quad (3)$$

Il confronto dell'espressione di Gibs con quella riportata nella relazione (2) (Silvagni et al., 1999) (fig. 6) rileva un buon accordo per un numero di utenti serviti minori di 30.000 unità. Per un numero di utenti maggiore l'espressione di Gibs fornisce valori di punta minori.

La relazione proposta da Babbit (1928):

$$c_p = 5.02 \cdot (Ab \cdot 10^{-3})^{-0.20} \quad (3)$$

fornisce risultati sensibilmente maggiori dei dati sperimentali testati; tuttavia, poiché i valori forniti dalla suddetta relazione risultano alquanto

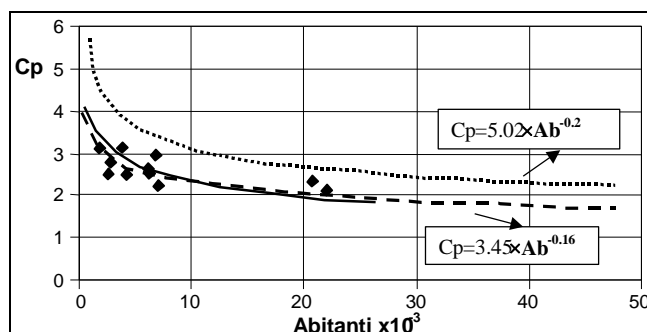


Fig. 6 - Confronto tra la curva di potenza dedotta per i comuni considerati e quelle presenti in letteratura.

elevati nella realtà italiana, normalmente essa viene utilizzata in sicurezza nelle progettazioni delle reti idriche.

Recentemente De Marinis et al. (2004) nell'ambito di un approccio probabilistico ai consumi hanno determinato non solo una relazione tra il coefficiente di punta c_p il numero degli abitanti Ab ma ne definiscono anche le fasce fiduciarie con livelli di confidenza variabili da 90% al 99%. La relazione viene però presentata per valori del numero degli utenti fino a 1250.

5. Variabilità della richiesta nel corso della settimana e nel corso dell'anno.

I consumi giornalieri si presentano con una ciclicità settimanale caratterizzata da scarsissime variazioni da un giorno all'altro. I maggiori picchi e i maggiori volumi di consumo che anni fa si registravano il sabato e la domenica ed in generale nei giorni di festa tendono attualmente a ridursi andando verso valori costanti giornalieri.

Analogamente le variazioni tra i vari mesi dell'anno si sono andati a ridurre e i maggiori consumi estivi presentano un incremento inferiore al dieci per cento.

Ma non mancano registrazioni che testimoniano un comportamento anomalo ad esempio nei comuni del padovano sono stati registrati nei giorni non feriali, essenzialmente il sabato e la domenica una riduzione della portata richiesta dalla rete in percentuali elevate anche il 30 – 40 % conseguenza di un elevato tenore di vita e della frequentazione delle numerose seconde case in zona colli servite da altro servizio idrico. Un comportamento inverso si è invece registrato in molti comuni costieri che in estate sono interessati da un elevato flusso turistico e da un conseguente aumento dei consumi idropotabili.

6. Variabilità della richiesta nell'arco della giornata.

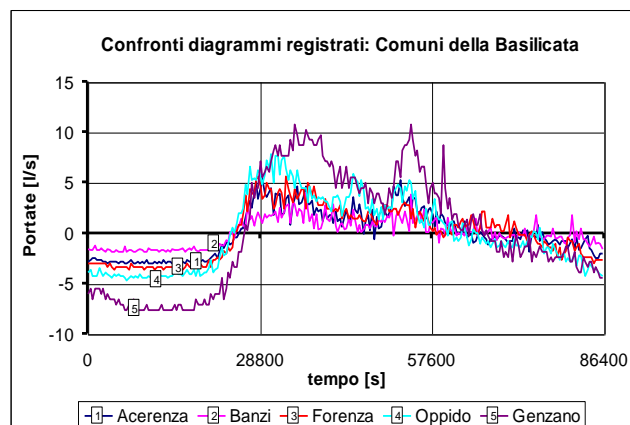
Le richieste dell'utenza nel corso dell'intera giornata sono di norma variabili e caratterizzate da una oscillazione continua casuale su un andamento deterministico caratteristico del centro urbano.

Nelle registrazione delle portate richieste dall'utenza nei vari centri urbani è evidente che l'andamento dei consumo presenta nel corso della giornata un andamento ciclico che giorno dopo giorno caratterizza le richieste idropotabili.

In Italia l'andamento giornaliero dei consumi in quasi tutti i comuni monitorati risulta caratterizzato da un minimo accentuato e di lunga durata nelle ore notturne e da tre picchi di richiesta, la mattina, il primo pomeriggio e la sera. L'entità dei picchi e l'intervallo temporale tra essi è funzione del clima, delle caratteristiche lavorative ed in generale delle abitudini di vita degli abitanti diverse da zona a zona e spesso variabili nel tempo.

Una caratterizzazione di tale andamento è stata proposta con una metodologia di studio che si basa sulla teoria dei segnali e tratta i dati registrati come segnali e ne permette la scomposizione in termini di onde armoniche inferiori, ne caratterizza i parametri ampiezze (A), frequenze (f), e fasi (θ).

I diagrammi di consumo registrati sono stati analizzati rispetto al valor medio delle portate erogate, giungendo ad una caratterizzazione della sola oscillazione riconducibile alla reale domanda, variabile nell'arco temporale giornaliero (Fig. 7).



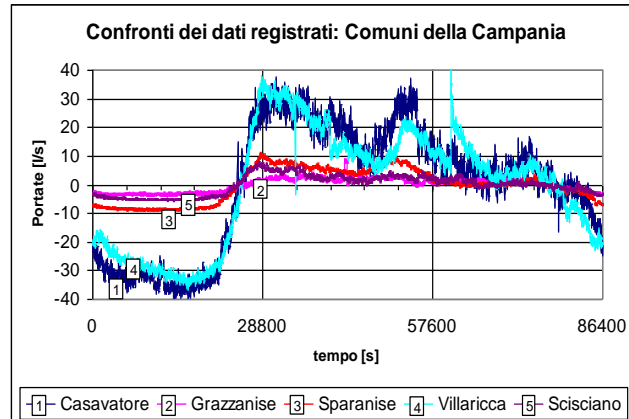
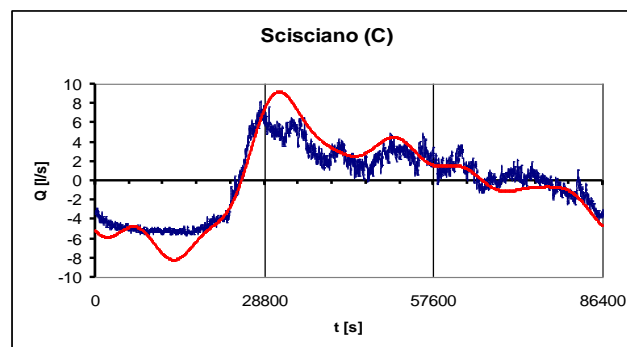


Fig. 7 - Regrazzazioni riferite alla portata media

Nel modello, inoltre, i parametri caratterizzanti le armoniche elementari in cui il segnale è suddiviso sono stati utilizzati per caratterizzare l'andamento della domanda e analizzare le differenze comuni per comune, raggruppando le caratteristiche di funzionamento in standard per area di appartenenza. L'andamento giornaliero della domanda può essere scomposto come somma di armoniche sfasate nel tempo ed esprimibili con l'espressione seguente:

$$Q(t) = \sum_{i=1}^n A_i(\sin(2\pi \cdot f_i \cdot t + \Phi_i)) \quad (4)$$

- A_i , è l'ampiezza dell' i -esima dell'armonica [l/s];
- f_i , è la frequenza dell' i -esima armonica [Hz];
- Φ_i , è il ritardo di fase dell' i -esima armonica [rad].



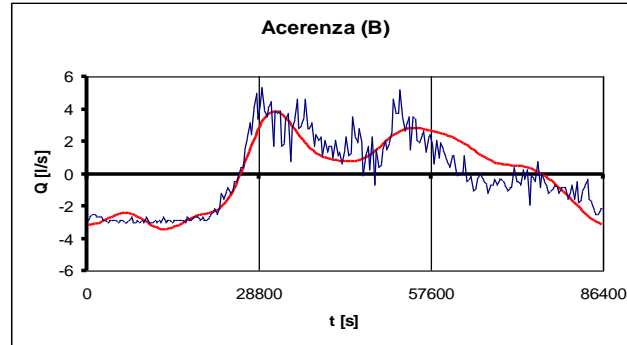


Fig. 8 – *Segnali registrati e ricostruiti*

Per i comuni campani e lucani esaminati l'analisi spettrale condotta ha limitato ad otto il numero delle armoniche di riferimento consentendo un grado di approssimazione sufficiente inferiore al dieci per cento. Il risultato più interessante è che la scomposizione ha evidenziato le differenze esistenti tra la domanda nelle diverse realtà studiate, appartenenti ad ambiti territoriali differenti.

In particolare sia in ambito campano che in quello lucano si sono individuate delle forti corrispondenze tra le macro oscillazioni, legata al consumo della risorsa, rispetto al numero degli utenti di ogni realtà considerata. In particolare in figura sono riportate le crescite delle relative ampiezze per i comuni considerati nei due ambiti, campano e lucano, al variare dell'ordine delle armoniche scelte.

Le informazioni del ritardo di fase hanno consentito di caratterizzare la variabilità della domanda nel corso del giorno. In particolare, procedendo al confronto dei valori delle fasi si è verificata la sostanziale coincidenza delle stesse per ognuno degli ambiti analizzati a testimonianza dello stretto legame tra domanda idropotabile ed usi-abitudini locali. Sono proprio i valori di fase individuati per i singoli ambiti a demarcare le differenze della domanda giornaliera tra realtà campane e lucane.

I differenti valori di fase riscontrabili nelle tabelle seguenti permettono di affermare che per i comuni della Campania, i fenomeni di picco nel diagramma tempo-portate son anticipati rispetto ai comuni lucani e che per quest'ultimi la distribuzione della domanda risulta concentrata in un numero di ore inferiore.

Le differenze minime e non significative dei valori delle fasi riscontrati nei comuni di una stessa area consentono di ipotizzare il loro valore medio $M(\emptyset)$, come descrittivo e caratteristico della domanda all'interno di ciascun ambito.

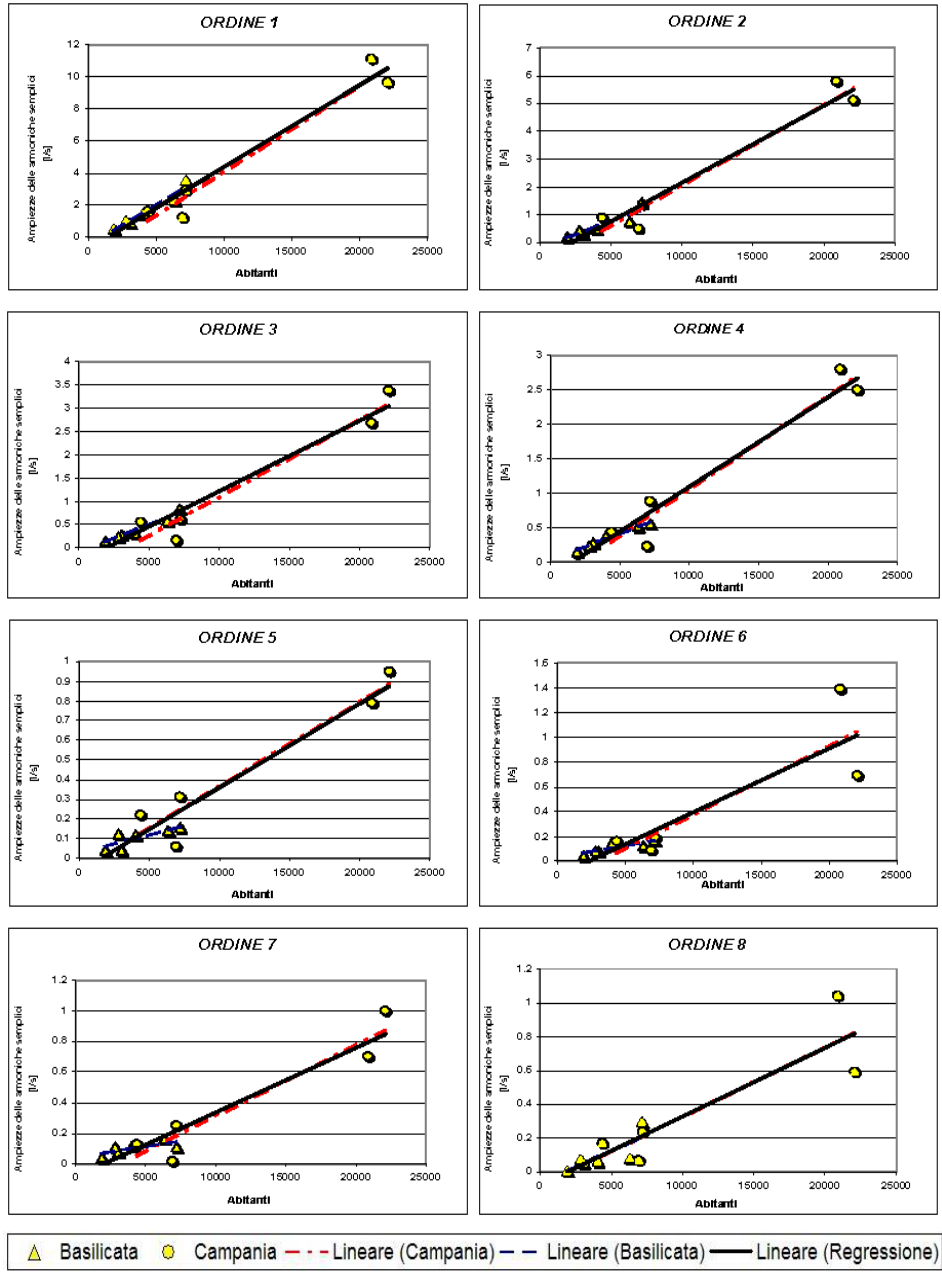


Fig. 9 – Variabilità delle ampiezze delle armoniche principali con il numero degli abitanti

Tab. 2 – Ampiezze, Frequenze e Fasi caratteristiche per grado di armonica inferiore: Campania.

Ordine delle armoniche		1	2	3	4	5	6	7	8	
Comuni della Campania	Sparanise	A_1 (l/s)	2,94	1,36	0,60	0,88	0,31	0,19	0,25	0,24
		ϕ_1 (rad)	-1,8951	-3,4719	-5,9193	-7,4773	-9,7313	-11,5945	-14,2164	-15,5823
	Scisciano	A_1 (l/s)	1,63	0,87	0,55	0,44	0,22	0,16	0,13	0,17
		ϕ_1 (rad)	-1,8923	-3,2467	-4,9011	-7,5419	-9,1861	-12,5545	-14,0184	-15,4891
	Villaricca	A_1 (l/s)	9,64	5,12	3,37	2,50	0,95	0,69	1,00	0,59
		ϕ_1 (rad)	-2,0287	-3,3225	-5,3701	-7,7955	-8,9880	-11,5667	-14,4473	-16,3518
	Grazzanise	A_1 (l/s)	1,21	0,50	0,16	0,23	0,06	0,09	0,02	0,07
		ϕ_1 (rad)	-2,0631	-3,3934	-5,7115	-7,1331	-9,1861	-11,8040	-13,9348	-15,2180
	Casavatore	A_1 (l/s)	11,12	5,8	2,68	2,80	0,79	1,39	0,70	1,04
		ϕ_1 (rad)	-2,0039	-3,5437	-4,8276	-7,7695	-9,5146	-11,7056	-14,4704	-16,2247
	$M(\phi)$ (rad)		-1,9767	-3,3956	-5,3459	-7,5435	-9,3212	-11,8451	-14,2175	-15,7732
	f_1 (Hz)		1,16E-05	2,31E-05	3,46E-05	4,62E-05	5,76E-05	6,93E-05	8,07E-05	9,24E-05

Tab. 3 – Ampiezze, Frequenze e Fasi caratteristiche per grado di armonica inferiore: Basilicata.

Ordine delle armoniche		1	2	3	4	5	6	7	8	
Comuni della Basilicata	Accrenza	A_1 (l/s)	0,88	0,28	0,26	0,27	0,04	0,08	0,08	0,05
		ϕ_1 (rad)	-3,6107	-4,2303	-6,7435	-9,1714	-10,9421	-14,0241	-15,3271	-17,4834
	Banzi	A_1 (l/s)	0,50	0,20	0,13	0,14	0,04	0,04	0,04	0,01
		ϕ_1 (rad)	-3,5678	-4,2239	-6,6129	-9,0358	-10,9178	-12,8656	-15,7188	-18,1688
	Forenza	A_1 (l/s)	1,00	0,43	0,24	0,23	0,12	0,08	0,11	0,07
		ϕ_1 (rad)	-3,3347	-4,1577	-7,2519	-9,3810	-10,4084	-12,8936	-15,4222	-17,7915
	Genzano	A_1 (l/s)	2,31	0,75	0,58	0,52	0,14	0,12	0,16	0,08
		ϕ_1 (rad)	-3,4752	-5,4475	-6,9422	-9,9900	-11,2878	-13,5083	-14,7456	-17,2434
	Oppido	A_1 (l/s)	1,43	0,49	0,31	0,39	0,12	0,15	0,11	0,11
		ϕ_1 (rad)	-3,2746	-5,3787	-7,2322	-8,4478	-10,5968	-13,1194	-14,8246	-16,4690
	Tricarico	A_1 (l/s)	3,51	1,42	0,83	0,55	0,16	0,17	0,11	0,30
		ϕ_1 (rad)	-3,3881	-4,9363	-6,8335	-9,5503	-12,0813	-14,0306	-14,8896	-18,2931
$M(\phi)$ (rad)		-3,4419	-4,7291	-6,9306	-9,2627	-11,0390	-13,4069	-15,1546	-17,5749	
f_1 (Hz)		1,15E-05	2,31E-05	3,46E-05	4,61E-05	5,76E-05	6,92E-05	8,07E-05	9,23E-05	

Il procedimento di ricomposizione dei dati registrati, secondo le ipotesi fissate permette, per mezzo di parametri standard, di effettuare un significativo confronto tra differenti comuni, in termini di consumo per abitante e qualità del funzionamento delle reti. L'obiettivo primario è stato, quindi, quello di legare l'effettivo consumo idrico all'ambito territoriale di appartenenza, svincolando l'analisi dalle aliquote riconducibili alle perdite nelle reti di distribuzione che ovviamente non caratterizzano la domanda degli utenti.

Caratterizzato l'andamento ciclico della domanda, l'oscillazione casuale della richiesta idropotabile rispetto all'andamento di pattern deve essere interpretato con una metodologia di analisi statistica.

Tale andamento è stato definito dal De Marinis et altri (2004) nell'installazione sperimentale di Piedimonte San Germano. In particolare gli autori hanno dimostrato la validità delle leggi di Gumbel o Log-

normale a interpretare la distribuzione di probabilità dei valori delle oscillazioni ed essendo le due leggi bi-parametriche gli autori hanno mostrato il legame del valore mediano con la numerosità degli utenti e la costanza del coefficiente di variazione, cv.

Bibliografia

Alegre, H., Baptista J.M. e Faria, A.L. (1997). A general framework of indicators in the scope of water supply. *IWSA Workshop on Performance Indicators for transmission and distribution system*. Lisbona.

Alvisi, S., Franchini M., e Marinelli, A. (2002) Analisi stocastica dei coefficienti orari e giornalieri della richiesta idrica nelle reti acquedottistiche, *Proc. XXVIII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche*, Potenza 16-19 Settembre.

Ancarani, A. e Reitano, B. (1998) Contributo alla definizione degli indicatori di qualità del servizio idrico integrato. *La politica dell'Acqua in Europa, International Conference, Federgasacqua*. Venezia.

Arredi, F. (1972), "Fabbisogni idrici", *Conferenza Nazionale delle acque*, Tipografia del Senato, Roma.

Atkinson K. (1966) An introduction to numerical analysis. *J. Wiley & Sons*. New York, 1966.

Babbitt, H.E. (1928) Sewerage and sewerage treatment. 3ed. Wiley, New York, 28 – 33

Beim G.K., Hobbs B.E. (1988). Analytical simulation of water system capacity reliability. A Markov Chain approach and verification of the model. *Water Resources Research*, V.24/9.

Benvenuto N. e Cherubini G.. (2002) Algorithms for communications system and their application. *John Wiley & Sons*. Londra, 2002

Bertola P., Musacci A. (1988), "Consumi idropotabili di punta e dimensionamento delle reti di acquedotto", *Atti del XXI Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, L'Aquila*, Vol. II pp. 57-68.

Bertola P. (1990), "Consumi idropotabili e coefficienti di punta in condizioni di completo soddisfacimento della domanda", *Convegno su "La conoscenza dei consumi per una migliore gestione delle infrastrutture acquedottistiche, Sorrento*.

Bizzarri A., Di Federico I., Di Federico V., e S. Mazzacane S. (2000) *Reti di distribuzione idrica urbana: Indagine di affidabilità*. FrancoAngeli. Milano, Italy.

Bizzarri A., Di Federico V., Ugarelli R., e Salandin P. (2002) Valutazione di affidabilità nelle reti di distribuzione idrica. *Giornata di studio su la "Distrettualizzazione delle reti di distribuzione idrica nella misura e nella riduzione delle perdite"*, col. Federgasacqua. Bologna.

Bonvissuto G., Mazzola M.R. (1988), "Un modello flessibile per la determinazione dei consumi residenziali di un centro abitato", *Atti del XXI Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, L'Aquila*, Vol. II pp. 78-87.

Comincioli V., (1990) *Analisi Numerica. Metodi Modelli Applicazioni. McGraw Hill*. Milano, 1990.

Curto G., Mazzola M.R. (1986), "Il problema della corretta valutazione dei fabbisogni per acquedotti", *Atti del VII Corso di aggiornamento di "Tecniche per la difesa dall'inquinamento"*, Camigliatello Silano (CS).

De Marinis G., Gargano R., Leopardi A. e Tricarico C., (2004) La richiesta di portata per piccoli agglomerati residenziali. Proc. XXIX Convegni Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Trento (Italia)

Ermini R., Silvagni G. (1995), "Consumi perdite e sprechi nei sistemi idrici", *Quaderni del Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell'Ambiente*, Potenza.

Ermini R., Silvagni G., Viparelli R. (1996), "Criteri di analisi e di gestione di un sistema acquedottistico", *Atti del 3° SIBESA, Simposio Italo-Brasiliano di Ingegneria Sanitaria Ambientale, Gramado Brasile*

Fallico C., Maiolo M., Principato G., Veltri P. (1990), "Indagine sui consumi idropotabili in alcuni centri turistici del Tirreno cosentino", *Atti del Convegno su "La conoscenza dei consumi per una migliore gestione delle infrastrutture acquedottistiche"*, Sorrento (Italy)

Gargano, R., de Marinis, G. (2008) La richiesta di portata a scopo idropotabile, in *Tecnica per la difesa dall'inquinamento*, a cura di G. Frega, ed. Nuova BIOS

Lamberti P., Maiolo M., Mazzola M.R., Veltri P. (1994), "Rapporto sui consumi idropotabili in Italia sul finire degli anni 80", *Quaderno N. 1* a cura di P. Bertola e L. Tagliatela, Napoli.

Maiolo M., Principato G., Veltri P. (1990), "Indagine sui consumi idropotabili in un quartiere campione della città di Cosenza", *Atti del Convegno su "La conoscenza dei consumi per una migliore gestione delle infrastrutture acquedottistiche"*, Sorrento, Vol. III pp. 113-132

Margaritora G., Mariani F., Moriconi P. (1988), "Ricerca sui consumi idropotabili del comune di Roma", *Atti del XXI Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, L'Aquila*, Vol. II pp. 181-192.

Molino B., Rasulo G., Tagliatela L. (1988), "Campagna di acquisizione dati per due complessi residenziali di tipologia diversa: determinazione della dotazione e del coefficiente di punta", *Atti del XXI Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, L'Aquila*, Vol. II pp. 209-234.

Orsi E., Zampaglione D. (1988), "Consumi idropotabili in Lombardia", *Atti del XXI Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, L'Aquila*, Vol. II pp. 235-242.

Sileo C., Silvagni G., Volpi F., (1999) *Indici di Servizio e Consumi idropotabili - MURST Gruppo Nazionale Sistemi Acquedottistici*, Giornate di studio, Napoli 30.09 - 01.10.

Su, Y., Mays, L.W., Duan, N. e Lansey, K.E. Reliability Based Optimisation Model for Water Distribution Systems. *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE*, V. 114/12, 1987.

Silvagni G., Sileo C. e Fontana M. (2001) Analisi dei consumi idropotabili e dei coefficienti di punta in alcuni Comuni dell'Italia Meridionale. *Atti della Giornata di Studi "Evoluzione dei Servizi Idrici in Italia"*. CUEN, Napoli.

Silvagni G., Fortucci C., e Volpi F. (2004) La domanda idropotabile giornaliera. *Atti del Seminario "La gestione e l'affidabilità dei sistemi acquedottistici"*. ACCADUEO, Ferrara, 19-21 Maggio.

Silvagni G., C. Fortucci, e F. Volpi. (2004) Analisi della domanda dell'utenza. *Atti del Simposio Internazionale di Ingegneria Sanitaria Ambientale SIDISA*. Taormina, Giugno

G. Silvagni, C. Fortucci, F. Volpi, (2004) *Caratterizzazione della domanda idropotabile giornaliera*. IDR@TRENTO - XXIX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche. 7-10 settembre. (vol. 3, pp. 303-310). ISBN/ISSN: 88-7740-382-9.