

Funzioni e opere principali degli Acquedotti

Funzione dell'acquedotto è quella di trasportare le acque dal luogo di origine, ove esse sono disponibili, sino al luogo di consumo

Tipologie di acquedotto:

- Acquedotti civili. Servono le utenze che ricadono all'interno del tessuto urbano: principalmente utenze domestiche e pubbliche, ma anche industrie, attività artigianali, commerciali e turistiche ubicate nel centro urbano. Le acque distribuite **devono essere potabili**
- Acquedotti industriali. Sono a servizio delle aree industriali. Può non essere richiesto un trattamento di potabilizzazione spinta, ma semplici trattamenti fisici (es. filtraggio)
- Acquedotti per uso irriguo. A servizio delle aree agricole. In genere non è richiesto trattamento di potabilizzazione

Il corso affronta lo studio degli acquedotti civili.

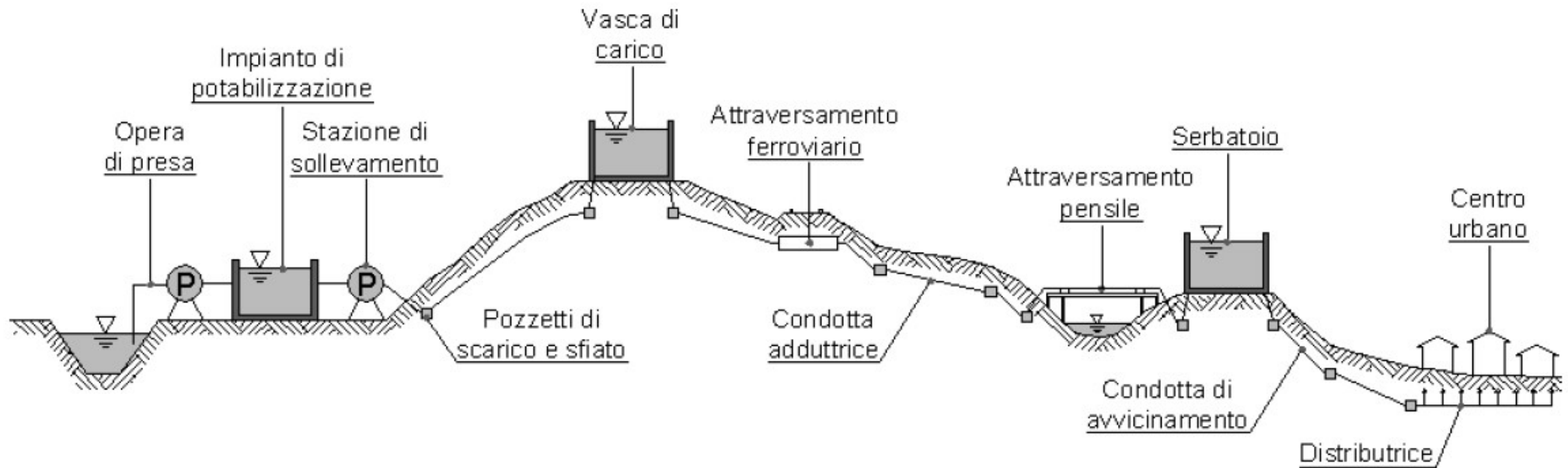
Le principali opere di un acquedotto civile sono:

- impianto di attingimento (captazione)
- impianto di trattamento (potabilizzazione)
- rete di adduzione
- serbatoio di accumulo
- rete di distribuzione

Gli acquedotti si suddividono quindi in due parti principali:

- Acquedotto esterno (adduzione)
- Acquedotto interno (distribuzione)

Schema di un acquedotto civile



Stima dei fabbisogni degli acquedotti civili

Poiché il costo per la realizzazione di un acquedotto è molto elevato, e non è proporzionale alle portate trasportate, non è economicamente conveniente realizzare la rete attraverso più interventi di potenziamento durante la vita utile, come si fa per altri tipi di opere, come gli impianti di trattamento

L'opera deve pertanto essere dimensionata con riferimento alla domanda da soddisfare durante la sua vita utile, che può avere un ordine di grandezza di circa 40 anni, definito "orizzonte temporale"

La stima dei fabbisogni è basata su due fattori:

- previsione della dotazione idrica media annua pro-capite futura **Fa**, chiamata anche dotazione unitaria, ed espressa generalmente in l/ab/giorno. Essa dovrebbe soddisfare il fabbisogno futuro d'acqua non solo per il consumo domestico, ma anche per tutti gli altri consumi cittadini delle utenze pubbliche, industriali, artigianali, commerciali, per perdite e sprechi, ragguagliati alla popolazione residente
- previsione della popolazione futura **Pn** dopo n anni di funzionamento dell'acquedotto

Queste valutazioni sono generalmente sviluppate all'interno dei Piani Regolatori Generali degli Acquedotti (PRGA). In Sardegna il PRGA vigente, redatto nel 2006, ha proiettato le previsioni fino al 2041

Il fabbisogno globale annuo V_a e la portata media annua q_a , nell'anno di massimo consumo, sono dati evidentemente da:

- $V_a = F_a P_n 365$
- $Q_a = F_a P_n$

Partendo dalla portata media giornaliera, si perviene, mediante un coefficiente di punta mensile K_m , alla portata del mese di massimo consumo:

- $Q_m = K_m \times Q_a = K_m \times F_a \times P_n = F_m \times P_n$

Partendo dalla portata del mese di massimo consumo, si perviene, mediante un coefficiente di punta giornaliero K_g , alla portata del giorno di massimo consumo:

- $Q_g = K_g \times Q_m = K_g \times K_m \times F_a \times P_n = F_g \times P_n$

Infine, partendo dalla portata del giorno di massimo consumo, si perviene, mediante un coefficiente di punta orario K_h , alla portata dell'ora di massimo consumo:

- $Q_h = K_h \times Q_g = K_h \times K_g \times K_m \times F_a \times P_n = F_h \times P_n$

Stima della dotazione idrica annua pro-capite, o dotazione unitaria (Fa)

La dotazione idrica pro-capite rapporta ai soli residenti i consumi idrici relativi a:

- utenze delle abitazioni private
- utenze degli edifici pubblici
- servizi pubblici
- utenze commerciali e turistiche
- utenze artigianali ed industriali
- perdite

I fabbisogni idrici delle varie utenze dipendono da vari fattori, quali

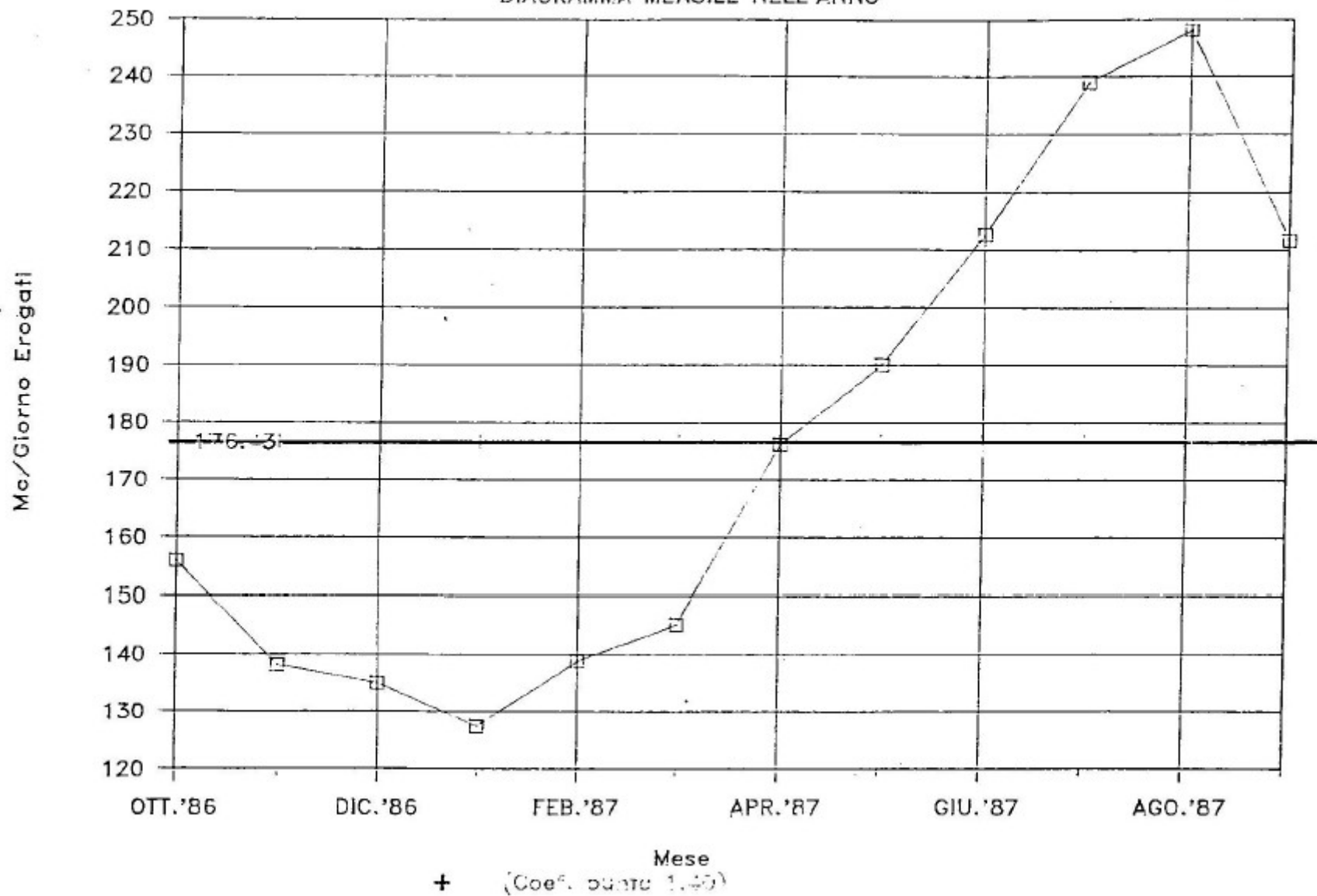
- clima
- livello sociale ed economico
- usi e abitudini della popolazione
- dimensione del centro urbano
- posizione geografica e importanza del centro cittadino rispetto ai centri limitrofi e vicini
- l'entità della domanda d'acqua può anche essere influenzata dal costo dell'acqua, ovvero dalla percezione della sua preziosità (la coscienza civica di chi cerca di evitare gli sprechi al di là del danno economico).

La dotazione idrica pro-capite generalmente si assume **dipendente** dal numero di abitanti.

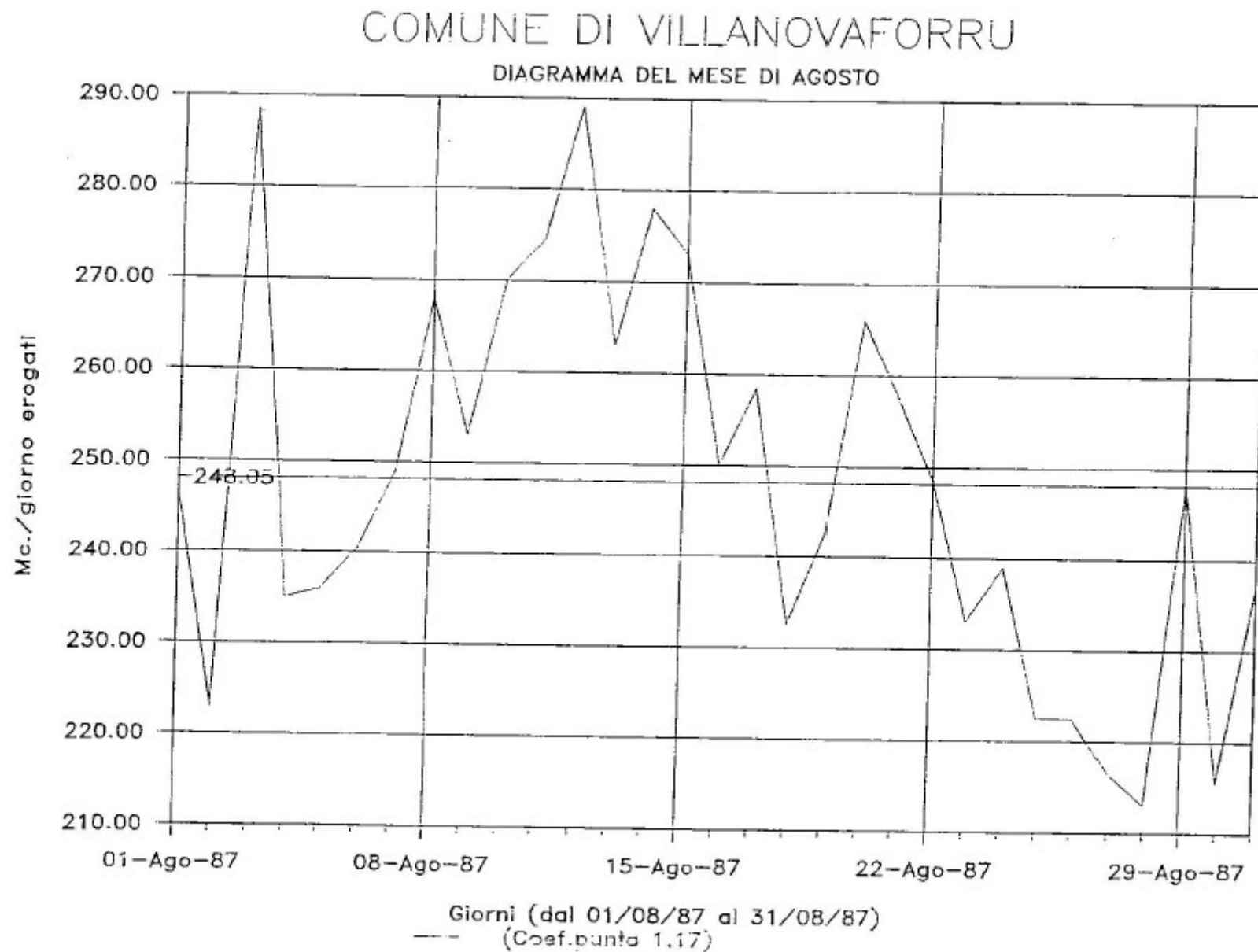
Il coefficiente di punta mensile

COMUNE DI VILLANOVAFORRU

DIAGRAMMA MENSILE NELL'ANNO



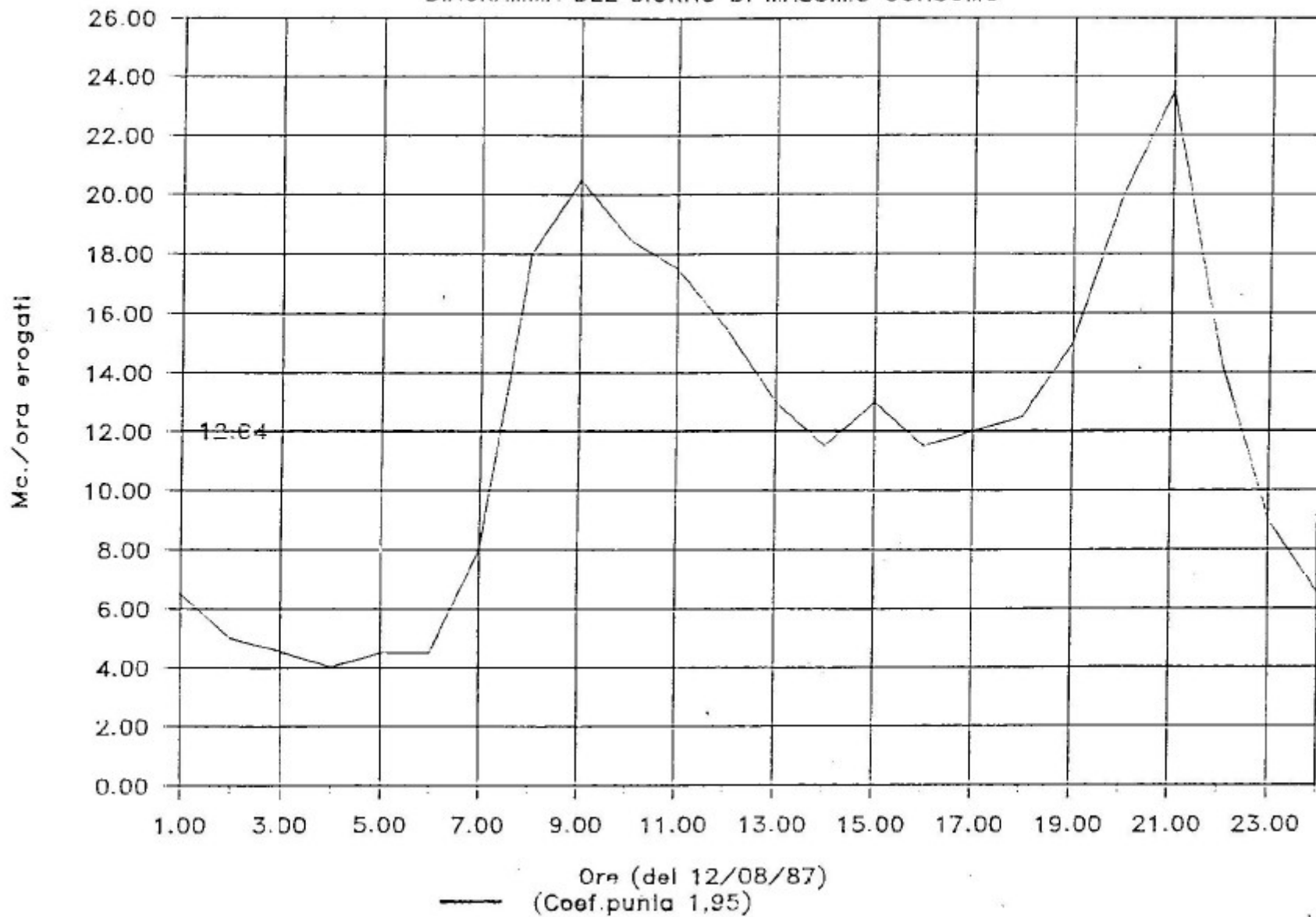
Il coefficiente di punta giornaliero



Il coefficiente di punta orario

COMUNE DI VILLANOVAFORRU

DIAGRAMMA DEL GIORNO DI MASSIMO CONSUMO



Dotazione idrica pro-capite

Dotazioni unitarie previste dal PRGA 2006 della Regione Sardegna (l/ab/giorno)

Popolazione residente	Fa	Km	Kg	Kh	Fg	Fh
nuclei e case sparse	205	1.30	1.15	2.0	300	600
0 ÷ 5'000	235	1.30	1.15	2.0	350	700
5'000 ÷ 10'000	280	1.25	1.15	2.0	400	800
10'000 ÷ 30'000	325	1.20	1.15	1.7	450	765
30'000 ÷ 100'000	420	1.15	1.15	1.5	550	825
più di 100'000	455	1.15	1.15	1.5	600	900
Popolazione turistica	presente per 120 giorno all'anno, in aggiunta alla popolazione residente				460	quello del centro

La differenza tra la portata di punta oraria (che corrisponde a quella da garantire alle utenze) e quella del giorno di massimo consumo rende conveniente ricorrere a serbatoi di compenso

I **serbatoi** sono posti in prossimità dei centri urbani da servire. La **rete di adduzione** alimenta i serbatoi con un tracciato extra cittadino partendo dalle fonti di approvvigionamento (dighe, sorgenti, ecc.) che possono distare molti km dall'abitato, mentre la **rete di distribuzione** parte dal serbatoio per raggiungere le singole utenze (lungo le strade cittadine)

La rete di adduzione è dimensionata per la portata media nel giorno di massimo consumo $Q_g = F_g \times P_n$

La rete di distribuzione è dimensionata per la portata media nell'ora di massimo consumo $Q_h = F_h \times P_n$

Stima della popolazione residente all'orizzonte temporale di progetto

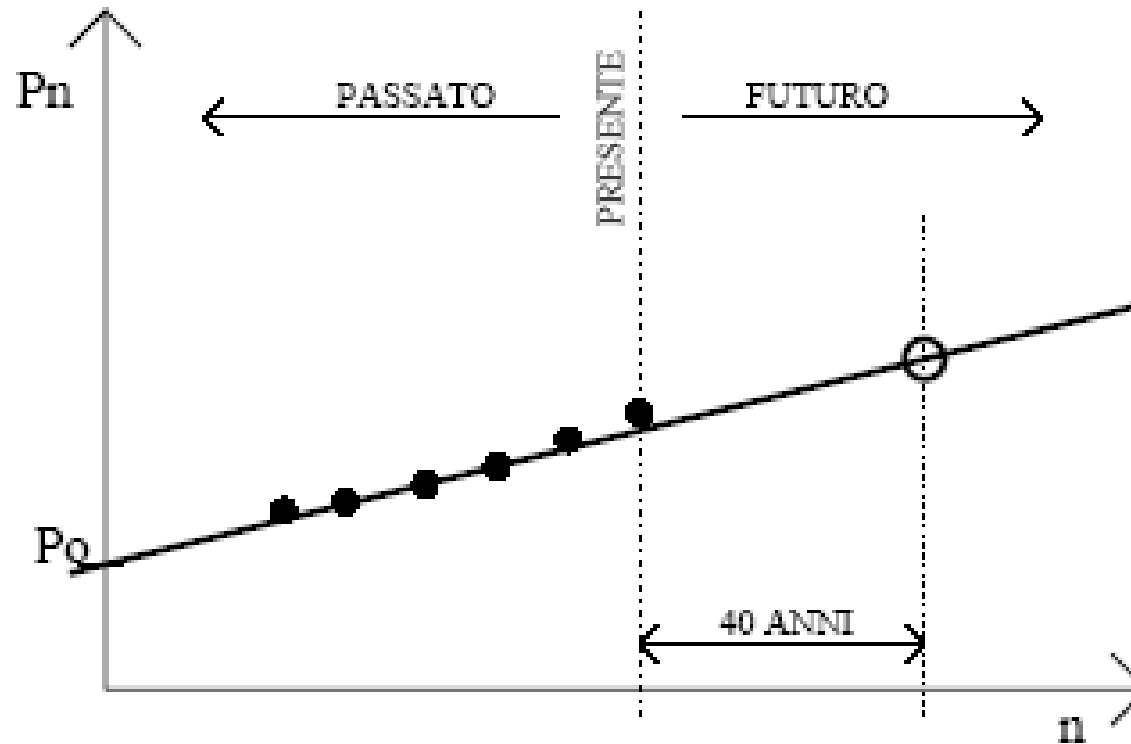
Ipotesi: la popolazione in passato ha seguito un andamento estrapolabile

Dati: censimenti della popolazione aggiornati ogni 10 anni. Si deve considerare che sono i dati più recenti a rappresentare meglio le tendenze in atto.

Legge di crescita: viene scelta quella che meglio interpreta i comportamenti passati.

Previsione della popolazione futura: con la legge di crescita prescelta, estrapolando nel tempo le modalità di crescita della popolazione registrate nel passato.

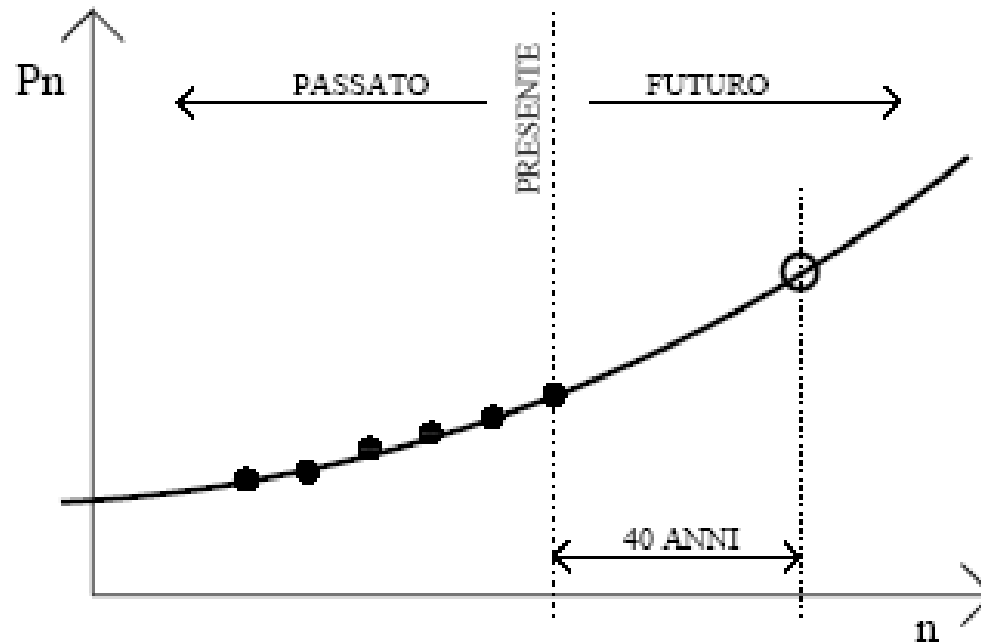
Stima della popolazione residente: legge di crescita aritmetica



$$P_n = P_0 + Kn$$

P_n = popolazione dell'anno n . K (pendenza) e P_0 (intercetta, non coincidente necessariamente con la popolazione censita all'anno $n = 0$) sono parametri da stimare mediante regressione lineare fra le coppie n, P_n osservate in passato

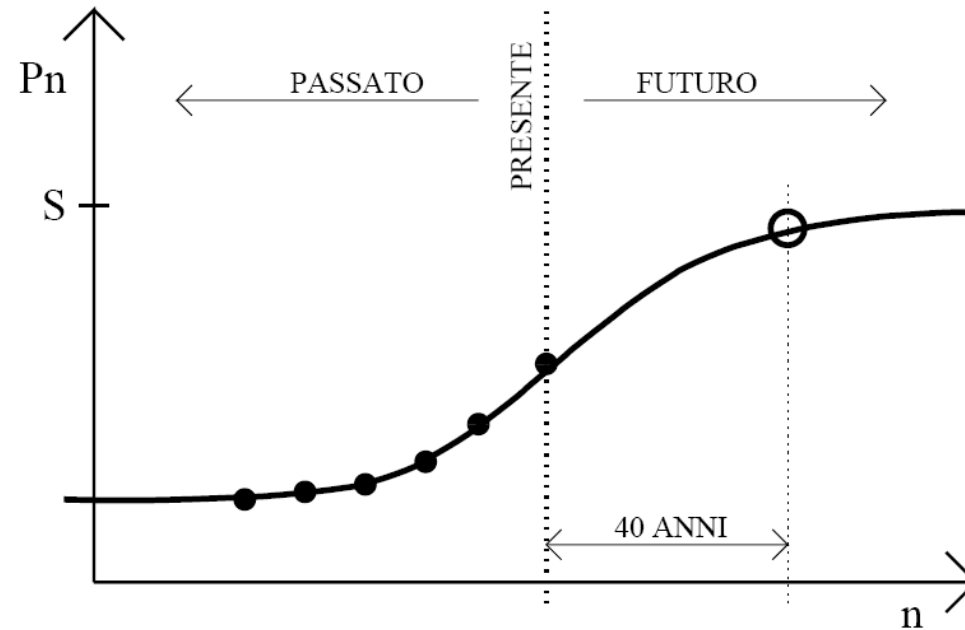
Stima della popolazione residente: legge di crescita esponenziale



$$P_n = P_0(1+i)^n$$

P_n = popolazione dell'anno n , P_0 = ultima popolazione censita, i = tasso di incremento annuo.

Stima della popolazione residente: legge di crescita logistica



$$P_n = S / (1 + a e^{-bn})$$

S è la popolazione in condizioni di saturazione, cui P tende asintoticamente

con $a = (S - P_0) / P_0$ e $b = KS$

$P = P_0$ per al tempo $t = 0$ (che in generale non concide con il tempo di inizio della previsione)

Stima della popolazione residente: modelli di tipo stocastico

Prevede:

- suddivisione della popolazione maschile e femminile per classi di età (5/10 anni)
- probabilità (tasso) di sopravvivenza per ogni classe di età della popolazione maschile e femminile
- probabilità per ogni classe di età femminile di dare alla luce un neonato di sesso maschile o femminile.

Questi modelli richiedono una taratura estremamente accurata, in considerazione dell'alto numero di parametri utilizzati

Fissati questi parametri e nota la popolazione iniziale relativa a ciascuna classe, questa viene fatta evolvere nel tempo

Questo è il modello utilizzato nel PRGA della Sardegna

Stima della popolazione turistica

La stima della popolazione turistica è basata sulla ricettività potenziale della zona.

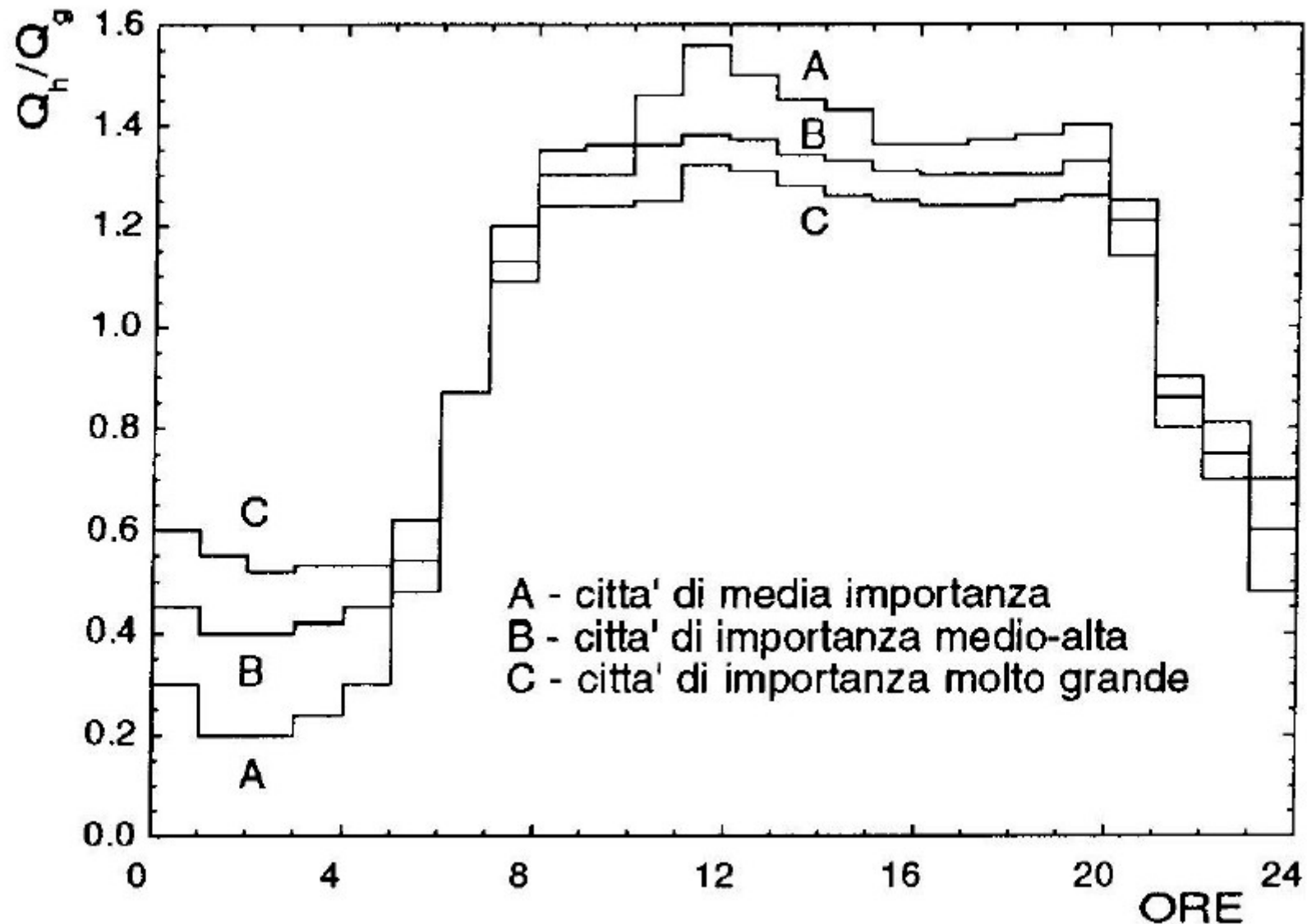
Nel PRGA della Sardegna, la stima è basata, per ogni comune, sulla valutazione di 3 parametri:

- A) capacità di accoglienza delle strutture recettive esistenti;
- B) predisposizione della popolazione all'accoglienza nelle abitazioni private (si tratta, per lo più, della tendenza di parenti o emigrati a rientrare al paese di origine per le vacanze alloggiando nelle proprie abitazioni o ospitati da parenti);
- C) per i comuni costieri, potenzialità di accoglienza della costa, quantificata in:
 - 2 turisti/m di spiaggia profonda;
 - 1 turista/m di spiaggia stretta;
 - 0.5 turisti/m di roccia accessibile.

La popolazione turistica viene assunta come:

$$\max(A+B,C)$$

Il serbatoio di compenso



La funzione del serbatoio di compenso è quella di accumulare la portata in arrivo dalla rete di adduzione, costante per tutto il giorno, nelle ore in cui le erogazioni sono basse, per poter erogare le portate nelle ore di maggiore richiesta

Funzione di regolazione

Erogazione di portata d'acqua con legge temporale assegnata

- $q_u(t)$ = portata erogata in uscita (deflusso)
- $q_i(t)$ = portata in ingresso (afflusso)

L'integrale della portata in uscita durante tutto il periodo di regolazione sarà uguale all'integrale della portata in ingresso

Funzionamento di una vasca di accumulo (serbatoio):

- quando $q_u(t) < q_i(t)$: accumula la risorsa in eccedenza ($q_i(t) - q_u(t)$)
- quando $q_u(t) > q_i(t)$: fornisce la risorsa mancante ($q_u(t) - q_i(t)$) compensando l'insufficienza della portata in ingresso con la risorsa accumulata

Equazione di continuità per una vasca di accumulo

$$\frac{dV(t)}{dt} = q_i(t) - q_u(t)$$

$V(t)$ è il volume invasato al tempo t .

Le variazioni di volume nella vasca di accumulo:

$q_i(t) > q_u(t) \Rightarrow \frac{dV(t)}{dt} > 0$: il volume invasato $V(t)$ aumenta.

$q_i(t) < q_u(t) \Rightarrow \frac{dV(t)}{dt} < 0$: il volume invasato $V(t)$ diminuisce.

$q_i(t) = q_u(t) \Rightarrow \frac{dV(t)}{dt} = 0$: il volume invasato $V(t)$ ha raggiunto un massimo o un minimo.

Equazioni di continuità in forma integrale e volume di compenso

Integrando l'equazione differenziale con condizione al contorno $V = V_0$ per $t = t_0$ otteniamo:

$$V(t) - V_0 = \int_{t_0}^t q_i(\tau) d\tau - \int_{t_0}^t q_u(\tau) d\tau$$

Il *volume di compenso* V_c si ottiene come differenza fra il volume massimo $V(t_M)$ e il volume minimo $V(t_m)$ nel ciclo delle 24 ore:

$$V_c = V(t_M) - V(t_m) = \int_{t_m}^{t_M} [q_i(\tau) - q_u(\tau)] d\tau \equiv \int_{t_M}^{t_m} [q_u(\tau) - q_i(\tau)] d\tau$$

Per calcolare il volume di compenso non occorre specificare il volume iniziale V_0 .