



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale (DICEA)

CORSO DI LAUREA IN
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

TESI DI LAUREA IN
INFRASTRUTTURE IDRAULICHE

CORRELAZIONE PERDITE IDRICHE-PRESSIONE INTERNA PER UNA TUBAZIONE IN PEAD PROVE DINAMICHE

RELATORE: Ch.mo Prof. Ing. Maurizio Giugni

CANDIDATO: Antonio Di Marzo

CORRELATORE: Ch.mo Prof. Ing. Francesco De Paola

Matr. N49/274

Anno accademico 2013/2014

INTRODUZIONE

- L'acqua ha da sempre rappresentato un elemento essenziale del territorio e del sistema ambientale ed è un bene insostituibile per lo sviluppo delle varie attività umane e per il miglioramento della qualità della vita.
- Negli ultimi decenni le carenze idriche si sono accentuate a causa di un incremento dei consumi e di un peggioramento della qualità delle risorse dovuto, in particolare, ad uno sfruttamento eccessivo delle stesse, carenze strutturali e di manutenzione dei sistemi idrici.
- Quindi l'acqua di buona qualità, essendo un bene a disponibilità tutt'altro che illimitata, necessita di un uso razionale e sostenibile con l'individuazione ed il contenimento delle **perdite idriche** nelle condotte attraverso una corretta gestione dei sistemi acquedottistici.

Il problema delle perdite idriche

Le perdite idriche sono composte da due aliquote:

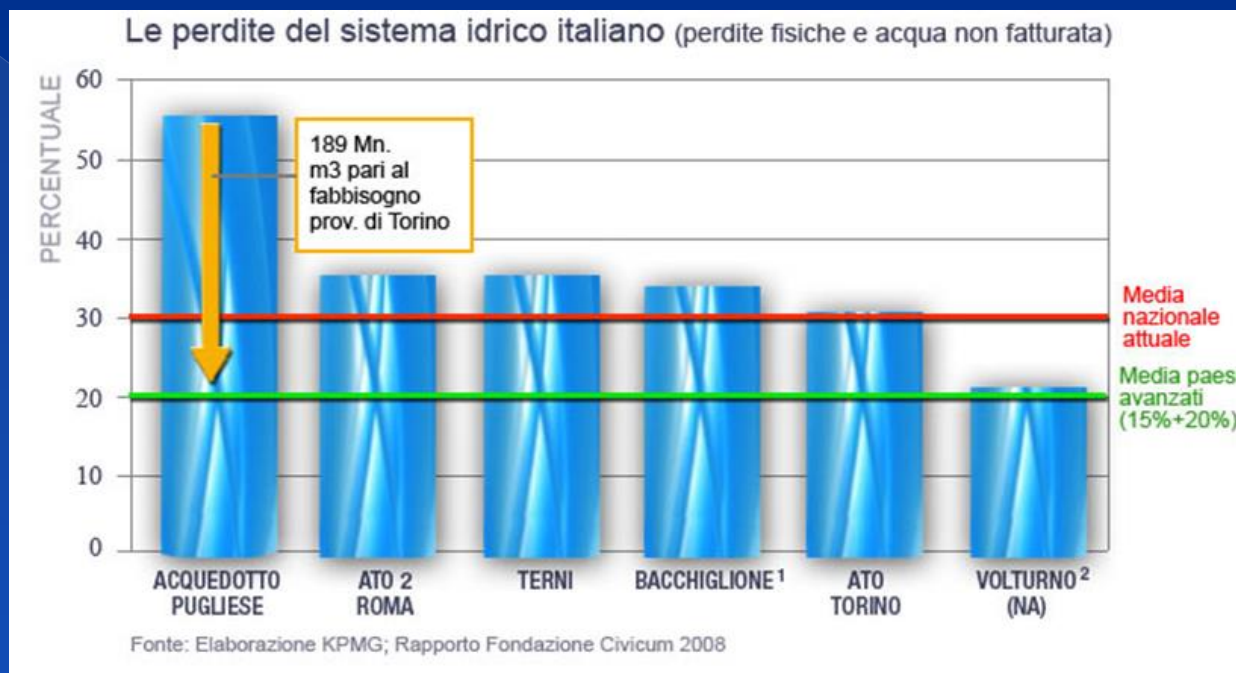
PERDITE IDRICHE	PERDITE APPARENTI	ERRORI DI MISURAZIONE	Errori nel misurare il volume immesso in rete o i consumi dell'utenza
		CONSUMO NON AUTORIZZATO	Furti sulla rete (Allacciamenti abusivi)
	PERDITE REALI o FISICHE	PERDITE DI SOTTOFONDO	Volumi modesti
		PERDITE DA ROTTURE SEGNALATE	Volumi notevoli (evidenti all'esterno)
		PERDITE DA ROTTURA NON SEGNALATE	Volumi notevoli (non evidenti all'esterno)

Il problema delle perdite idriche



Esempi di perdite idriche fisiche (www.federica.unina.it)

Il problema delle perdite idriche



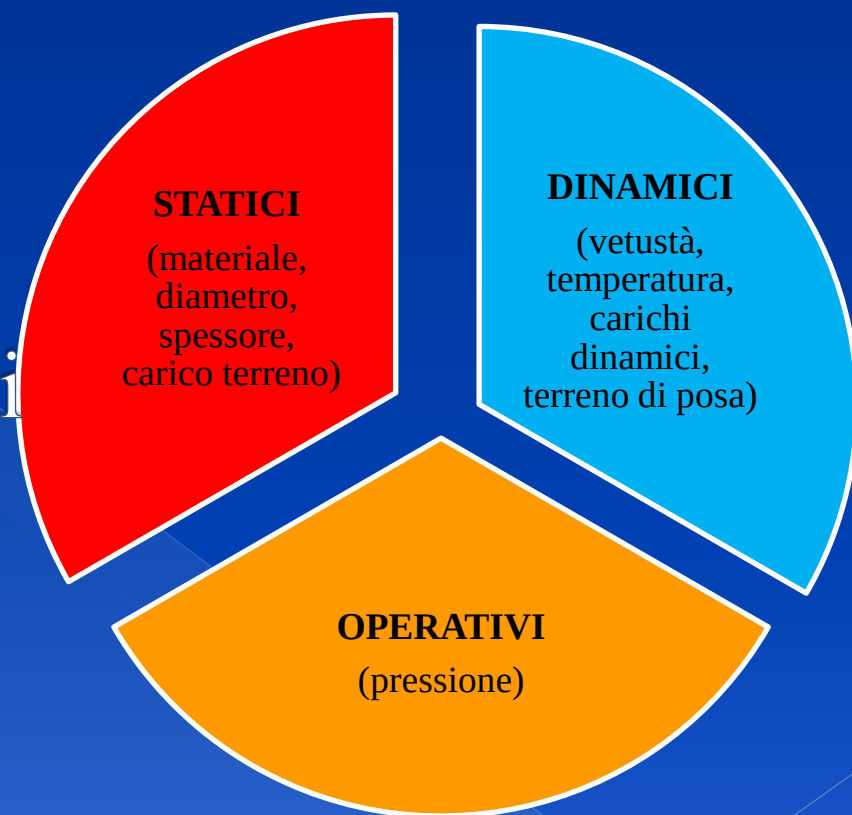
Secondo uno studio del Co.Vi.R.i la quantità di acqua immessa nel sistema idrico nel 2009 riferita a 60 milioni di abitanti è di circa 8,7 miliardi di m³ e la percentuale media di perdite del sistema idrico italiano è del 30% comportando un valore di 2,61 miliardi di m³ persi ogni anno

**Mancato ricavo di
oltre 3 miliardi di
euro annui**

**226 milioni di euro
persi annualmente**

Il problema delle perdite idriche

I fattori che possono maggiormente influenzare fenomeni di rottura o comunque di non perfetta tenuta sono:



Legge di perdita

Dalla letteratura l'analisi dell'efflusso di un fluido attraverso una luce a battente può essere effettuata mediante la classica legge di Torricelli :

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (h_1 - h_{gs})}$$



Sperimentalmente si è arrivati alla conclusione che la legge che meglio esprime la relazione tra perdite e pressioni in rete, risulta di tipo monomia:

$$Q = \alpha \cdot P^\beta$$

- μ = coefficiente di efflusso;
- A = area della sezione;
- h_1 = carico totale all'ingresso della sezione di efflusso;
- h_{gs} = quota del baricentro della sezione di efflusso.

- Q = portata attribuita alle perdite (l/s);
- α = il coefficiente della legge monomia noto in letteratura come *Emitter Coefficient* (l/s·bar);
- P = pressione in rete (bar);
- β = esponente adimensionale della legge monomia, noto in letteratura come *Leakage Exponent*.

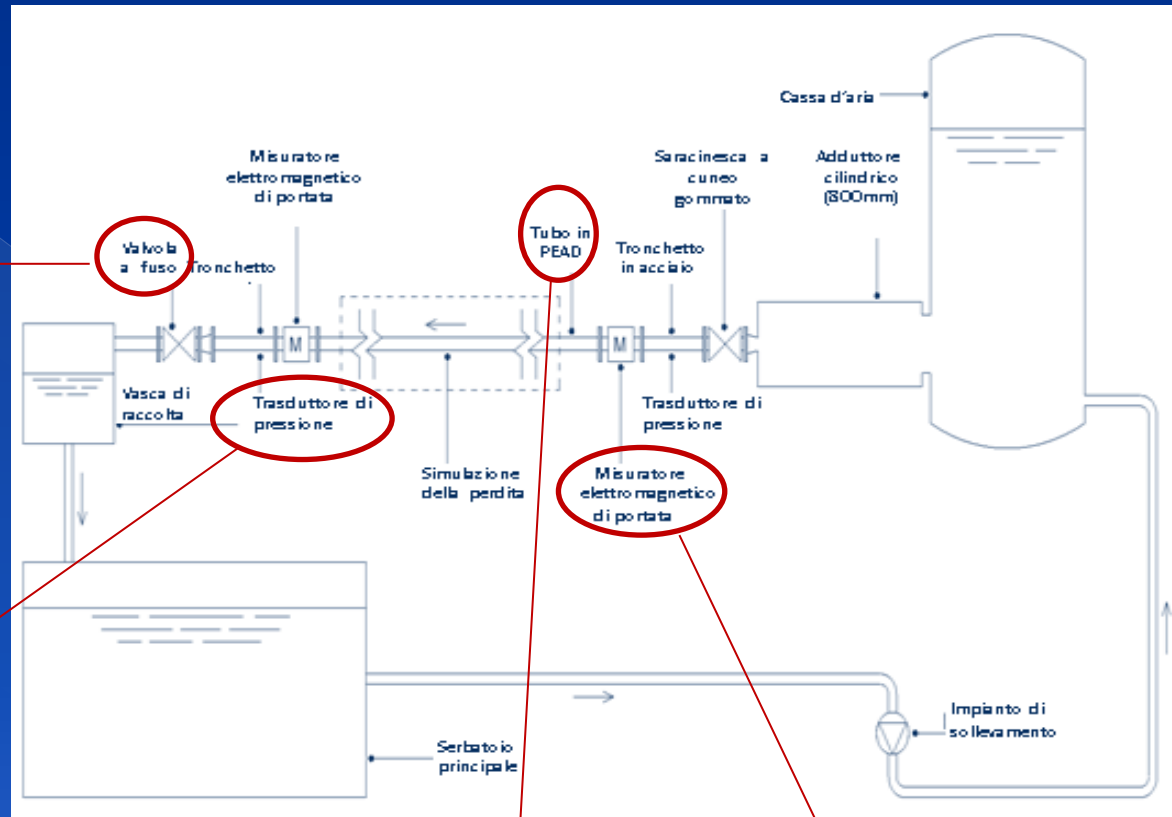
Legge di perdita

Dall'espressione si nota come, riducendo il valore di pressione in rete, è possibile ottenere anche una riduzione di perdite, tant'è che tra i metodi comunemente praticati per il contenimento delle perdite idriche nella rete di distribuzione vi è il controllo del cielo piezometrico mediante valvole di regolazione di pressione

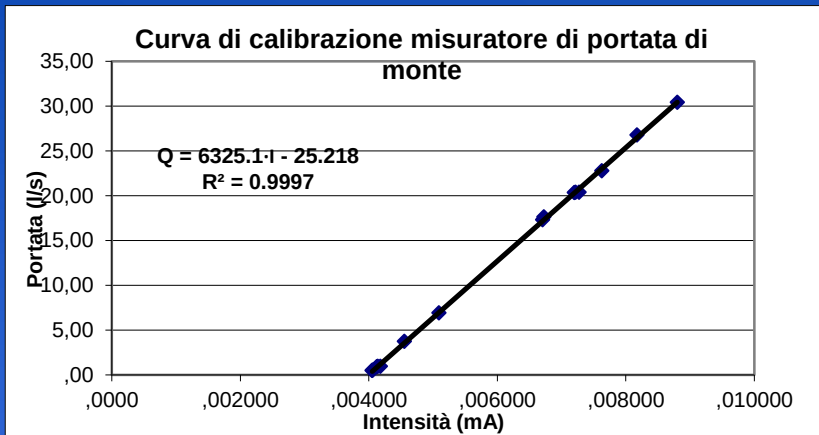
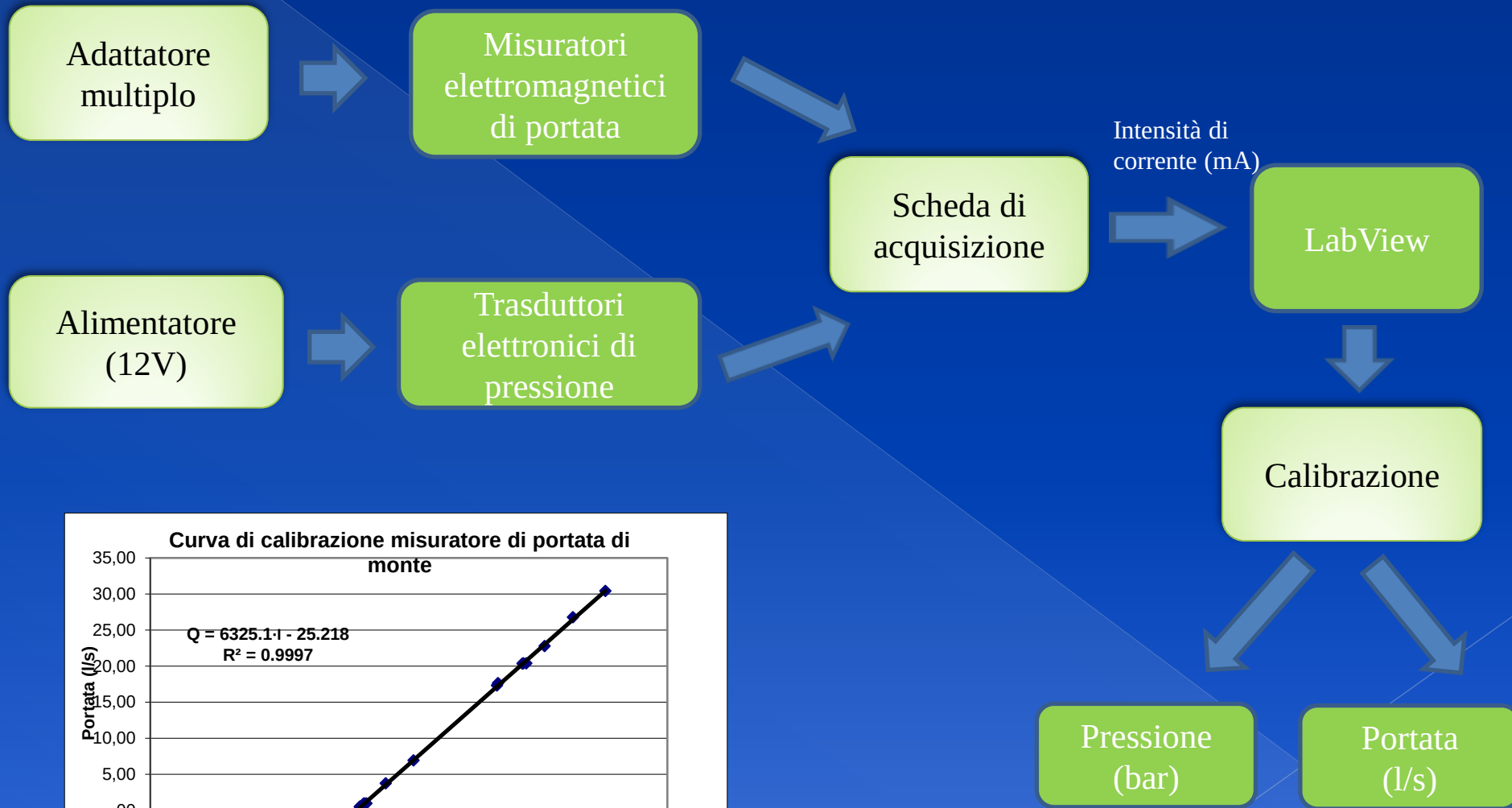
(PRV, Pressure Reducing Valves)



Installazione sperimentale

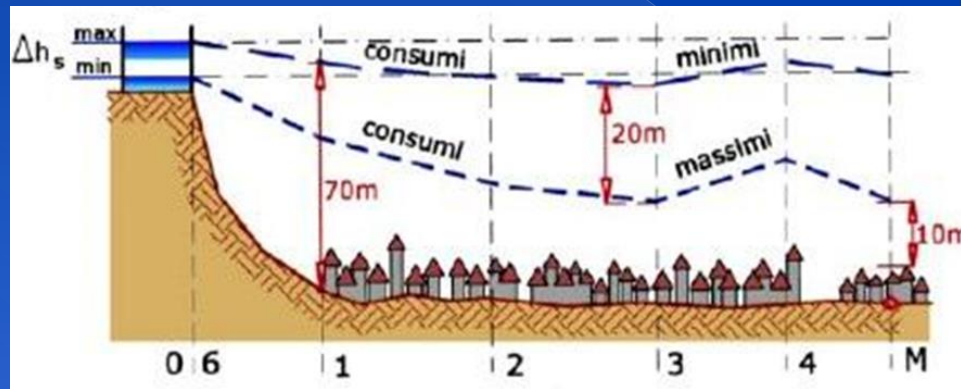


Assemblaggio e acquisizione



Prove dinamiche: correlazione perdite idriche-p pressione

Le **prove dinamiche** sono state eseguite regolando con diversi gradi di apertura la valvola a fuso posta a valle della perdita (così da comportare la variazione delle portate erogate), attestandosi sulla massima apertura della valvola posta a monte del tronco oggetto di studio. In questo modo durante la prova è stato possibile determinare una variazione di pressione e portata, al fine di riprodurre l'andamento caratteristico della variabilità della portata nell'arco della giornata in una rete di distribuzione, dovuta alla variazione di richiesta dell'utenza, con conseguente variazione del cielo piezometrico.

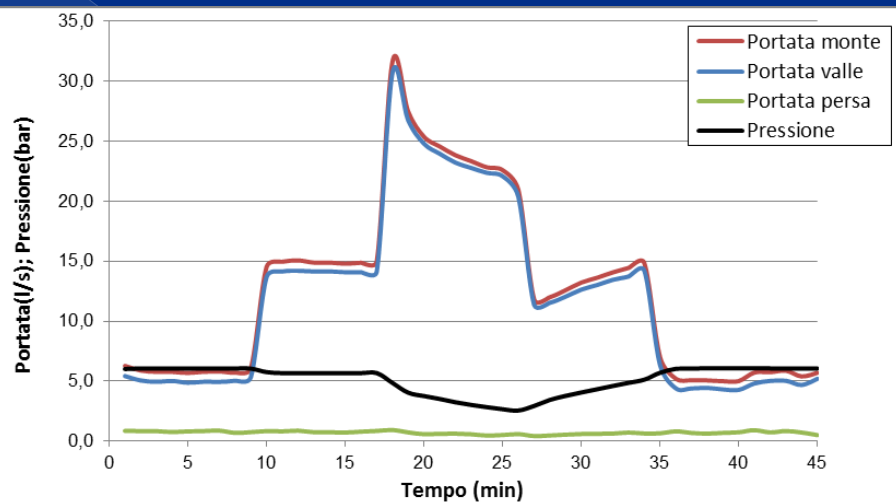


Piezometriche nell'ora di punta e di minor consumo per rete con serbatoio di testata (www.federica.unina.it)

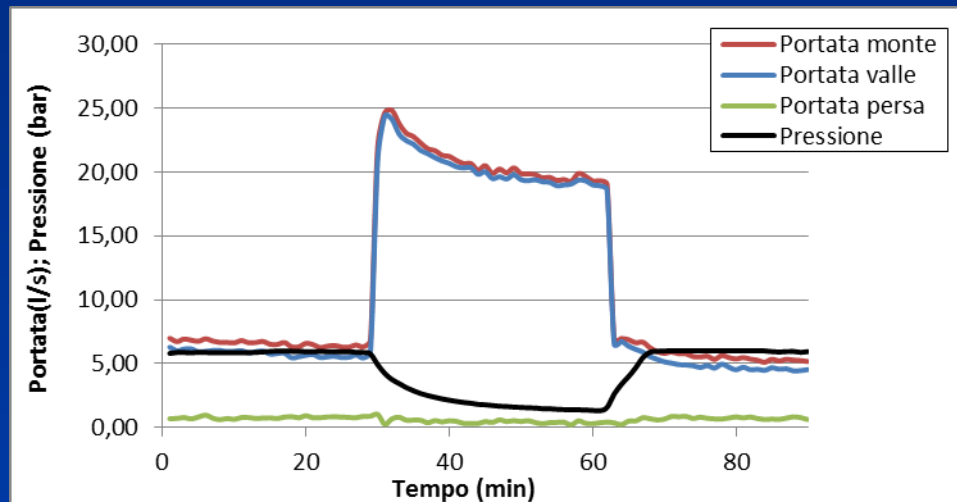
Prove dinamiche: correlazione perdite idriche-p pressione

Per le prove dinamiche è stata eseguita l'acquisizione e la registrazione dei dati per tre differenti tipologie di prove, per un totale di 9 test dinamici:

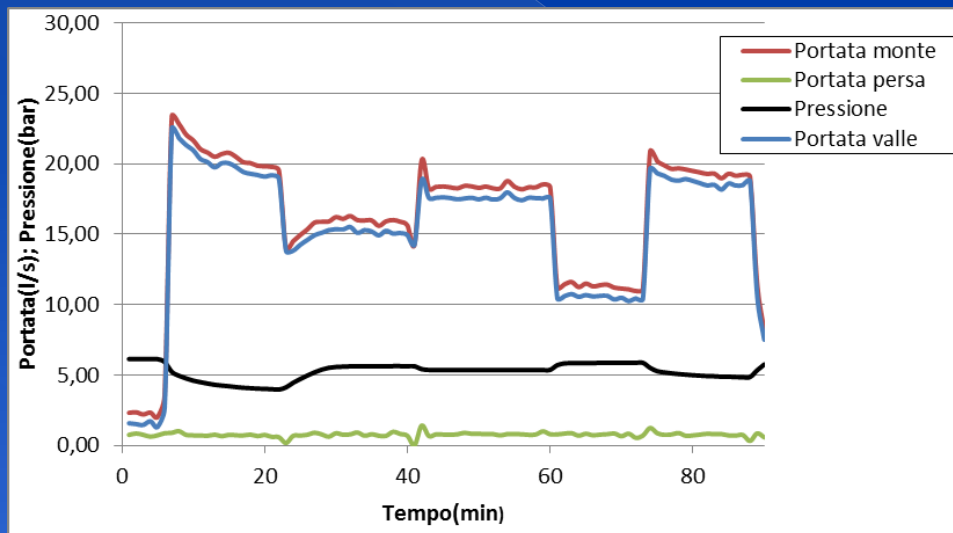
- 6 prove a step di durata variabile (45, 60, 90 minuti)
- 1 prova apertura – chiusura dalla durata di 90 minuti
- 2 prove di simulazione del pattern dei consumi giornaliero dalla durata di 90 minuti ciascuna



Prova a step



Prova apertura-chiusura



Prova pattern dei consumi

Prove dinamiche: correlazione perdite idriche-p pressione

Dai grafici si riscontra quanto segue:

- ① l'andamento delle portate disperse si attesta su valori esigui, mediamente corrispondenti a 0,65 l/s (data la ridotta dimensione dell'orifizio): esso è correlato alle pressioni, con un incremento al crescere del cielo piezometrico e un decremento al ridursi di esso.
- ② registrando i valori della portata in condotta superiore ai 25 l/s, si determina un repentino decremento di portata e di pressione, dovuto a un limite (ossia allo svuotamento progressivo della cassa d'aria che alimenta l'impianto).
- ③ in conseguenza delle manovre brusche della valvola a fuso, a seguito dei transitori di moto vario ingenerati (sovrappressioni in caso di chiusura, depressioni in caso di apertura) si determinano elevate variazioni istantanee di portata.

Conclusioni

- L'elaborato di tesi è stato centrato sulla caratterizzazione sperimentale della legge di perdita per una tubazione in PEad.
- Per la calibrazione dei coefficienti α e β è stato utilizzato un algoritmo genetico scritto in ambiente Matlab che ha come obiettivo la minimizzazione degli scarti quadratici medi tra i valori desunti sperimentalmente e quelli correlati alla funzione analitica della legge di perdita.
- Dall'analisi eseguita è risultata valida l'applicazione della legge monomia con valori di α e β riportati nelle tabelle successive.

Conclusioni

Prove a step	α	β	Durata prova	Portata persa (l/s)	μ torricelliano
1	0,315	0,530	90 minuti	0,74	0,79
2	0,291	0,545	45 minuti	0,66	0,74
3	0,388	0,420	45 minuti	0,69	0,82
4	0,323	0,471	45 minuti	0,54	0,74
5	0,412	0,354	45 minuti	0,64	0,82
6	0,395	0,387	60 minuti	0,68	0,80

Prova apertura-chiusura	α	β	Durata prova	Portata persa (l/s)	μ torricelliano
1	0,325	0,478	90 minuti	0,73	0,74

Prova Pattern dei consumi	α	β	Durata prova	Portata persa (l/s)	μ torricelliano
1	0,396	0,382	90 minuti	0,79	0,76
2	0,392	0,394	90 minuti	0,52	0,87

- Nella maggior parte delle prove il valore del coefficiente β è diverso dal valore torricelliano di 0,5.
- La tubazione è rimasta in campo elastico non subendo una sostanziale variazione dell'apertura del foro al variare delle sollecitazioni.
- Il coefficiente di efflusso μ si attesta sul valore di 0,8 tipico delle luci con tubo addizionale esterno.



GRAZIE PER L'ATTENZIONE