

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO II”



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale

Tesi di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio

Il controllo Attivo delle pressioni per la riduzione delle perdite nei sistemi acquedottistici:
Applicazione dell'algoritmo Harmony Search alla rete Napoli Est

Relatore:

Prof. Ing. Maurizio Giugni

Correlatore:

Prof. Ing. Francesco De Paola

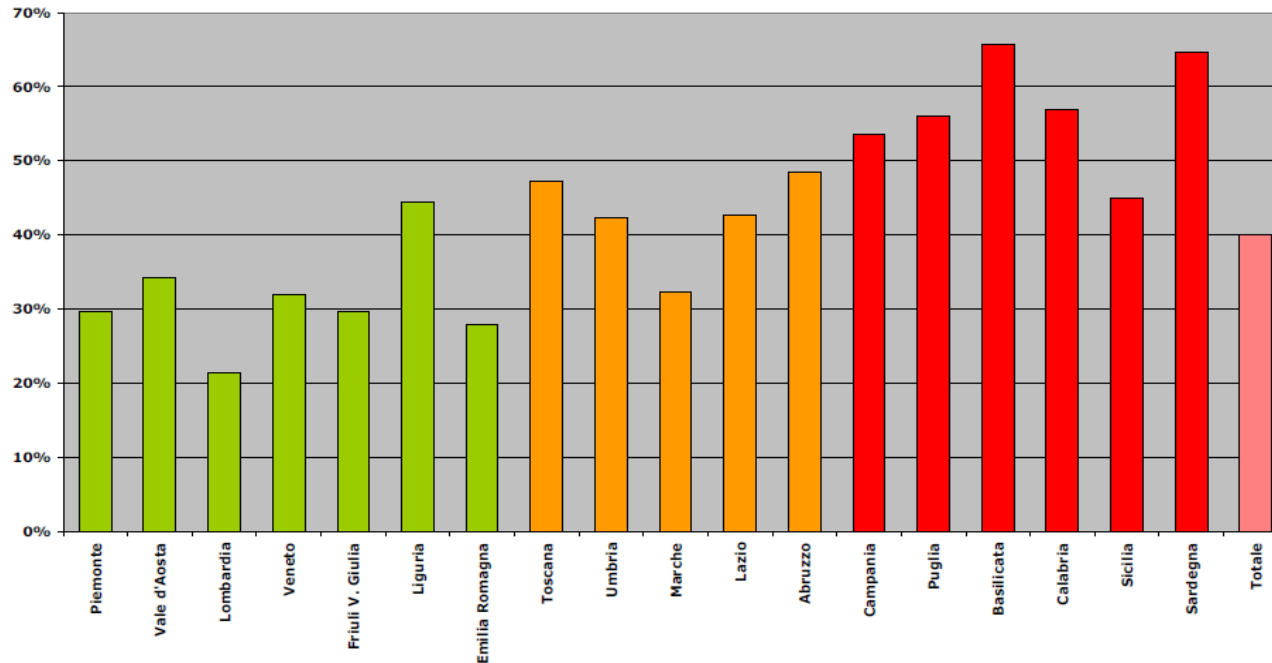
Candidato:

Maresca Fabio

matr. N49000209

La situazione idrica italiana

L'Italia si colloca tra i paesi più ricchi di risorse idriche; tuttavia, la domanda idropotabile non risulta soddisfatta. Tale incongruenza è dovuta ad una serie di carenze strutturali, gestionali e di manutenzione.



Distribuzione regionale delle perdite fisiche ed amministrative (Co.Vi.R.I., 2005)

La rete nazionale di distribuzione risulta nel complesso molto frammentata, con un grado di conservazione spesso scadente, le cui perdite idriche si attestano su un valore medio del 40%.

Classificazione delle perdite idriche

È possibile operare una fondamentale differenziazione tra perdite amministrative (o apparenti) e perdite fisiche (o reali).

Le perdite amministrative o apparenti costituiscono i volumi idrici consumati e non contabilizzati, le perdite reali o fisiche sono, invece, riconducibili alla non integrità e/o alla mancanza di tenuta degli elementi che costituiscono la rete idrica.

VOLUME D'ACQUA IMMESSO IN RETE	CONSUMO AUTORIZZATO	FATTURATO	MISURATO	Dalla lettura dei contatori
			NON MISURATO	Es. Contratti a forfait
		NON FATTURATO (Utilizzato dal Gestore)	MISURATO	Utilizzato dal gestore per scopi propri (sfiori, scarichi, lavaggi, prelievi, ecc.)
			NON MISURATO	<u>Molto difficilmente è misurato</u>
	PERDITE IDRICHE	PERDITE APPARENTI	NON MISURATO PER ERRORI DI MISURAZIONE	Errori nel misurare il volume imnesso in rete o i consumi dell'utenza
			CONSUMO NON AUTORIZZATO	Furti sulla rete (Allacciamenti abusivi)
		PERDITE REALI o FISICHE	PERDITE DI SOTTOFONDO	Piccoli quantitativi
			PERDITE DA ROTTURE SEGNALATE	Grandi quantitativi (evidenti all'esterno)
			PERDITE DA ROTTURE NON SEGNALATE	Grandi quantitativi (non evidenti all'esterno)

Componenti del Bilancio Idrico in un sistema di distribuzione (Criteri di gestione dei sistemi acquedottistici, Giugni)

Relazione tra perdite e pressione

Le reti idriche vengono dimensionate per garantire una pressione adeguata a garantire il rispetto di predefiniti livelli minimi di servizio. Tali minimi sono, però, raggiunti solo per brevi periodi di tempo, in corrispondenza dei momenti di maggior consumo. Il fenomeno delle perdite è regolato, quindi, dalla relazione intercorrente tra esse e la pressione di esercizio in rete.

Da studi recenti, è emerso che è possibile ritenere valido il legame diretto tra la pressione in rete P e le perdite fisiche Q , secondo una relazione del tipo:

$$Q = C * P^\alpha$$

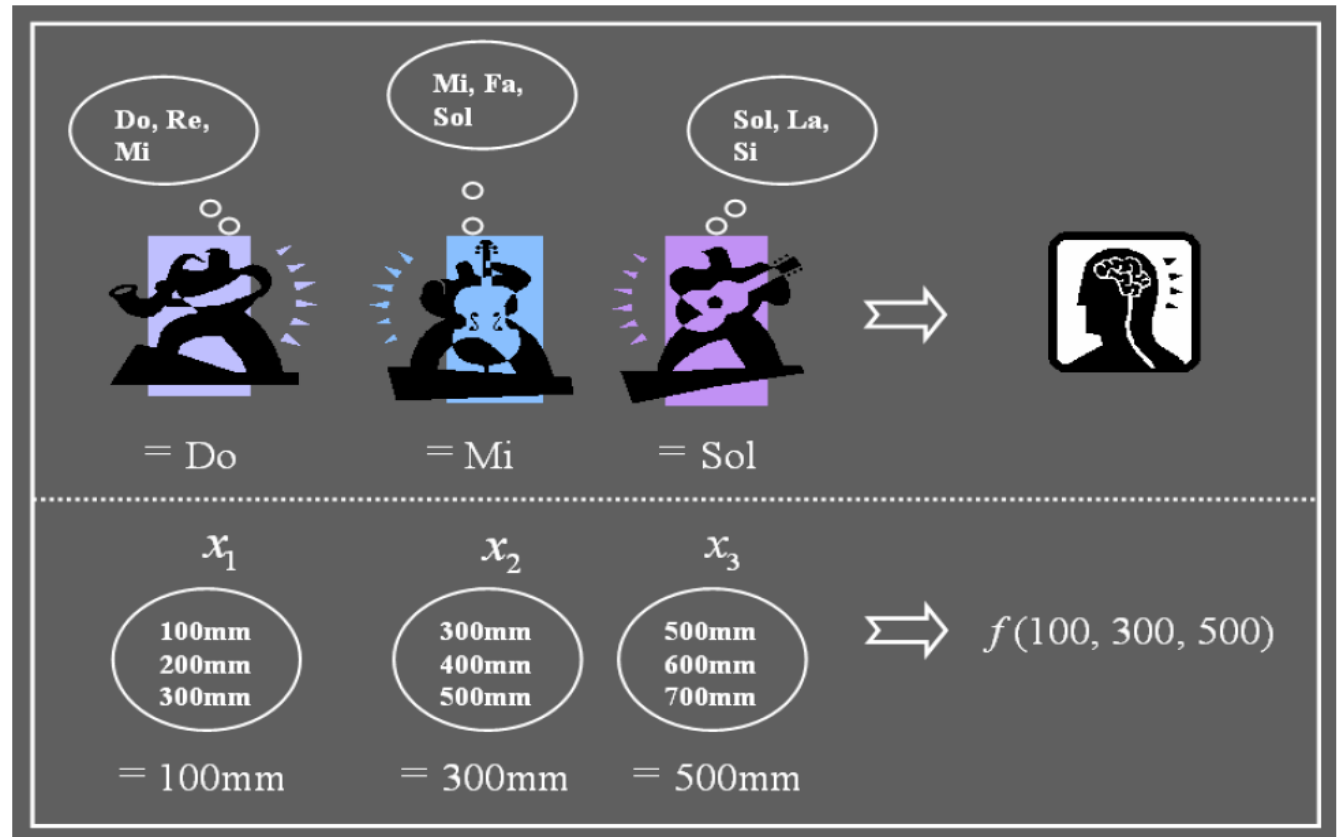
L'obiettivo di qualsiasi strategia di controllo delle pressioni dovrebbe essere quello di minimizzare quanto più possibile i carichi piezometrici in eccesso. In particolare, il controllo remoto di valvole di regolazione può essere usato per minimizzare le pressioni in eccesso tenendo conto della variabilità del pattern giornaliero dei consumi.



L'algoritmo meta-euristico Harmony Search (HS)

Ispirati dai fenomeni naturali e antropologici, gli algoritmi meta-euristici sono stati ideati per superare gli inconvenienti degli algoritmi tradizionali e hanno avuto un notevole successo nell'ottimizzazione della risoluzione di problemi in diversi campi dell'ingegneria. Il metodo Harmony Search (HS) è ispirato al principio musicale jazz del **perfetto stato di armonia**.

L'improvvisazione jazz cerca la migliore armonia, proprio come l'algoritmo di ottimizzazione cerca la migliore soluzione. La qualità dell'armonia si perfeziona prova dopo prova, così come la qualità della soluzione migliora iterazione dopo iterazione.

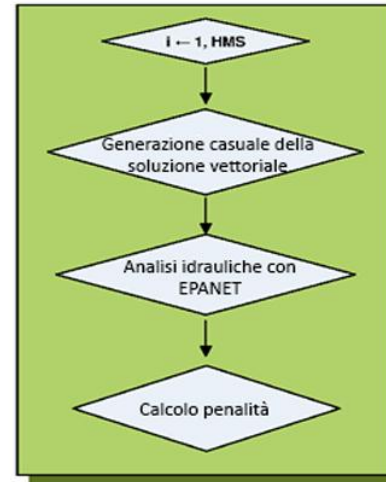


L'Harmony Search per l'ottimizzazione di una rete idrica

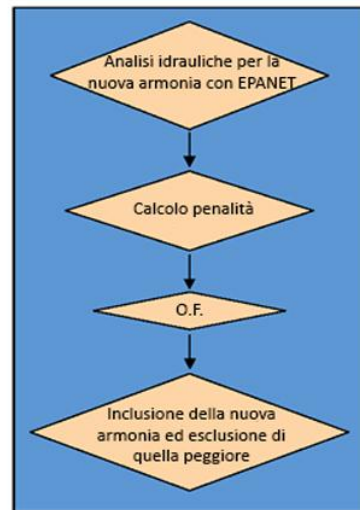
STEP 1: Inizializzazione parametri

$f(x)$: funzione obiettivo $[\min \sum p_i / (M \cdot p_i^{\text{min}})]$
 x : variabili decisionali (posizione valvole e loro settaggio)
 N : numero di valvole da posizionare
 X_i : set dei luoghi candidati per il posizionamento e settaggio della pressione di x_i
 K : numero dei luoghi candidati e dei settaggi possibili
 HMS (numero delle soluzioni vettoriali in HM)
 $HMCR$ (HM considering rate)
 PAR (pitch adjusting rate)
 NI (numero di soluzioni vettoriali generate)

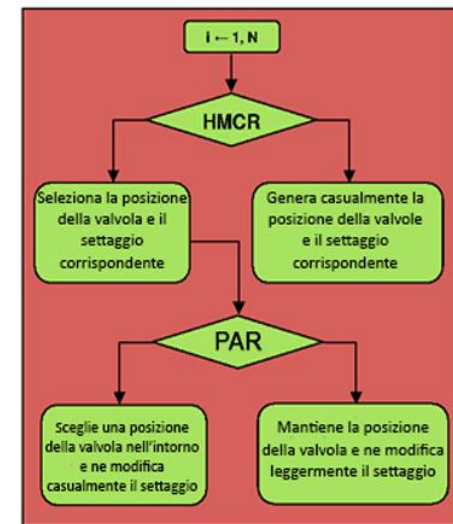
STEP 2: Inizializzare HM



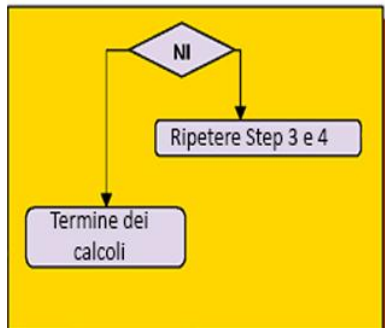
STEP 4: Aggiornamento HM



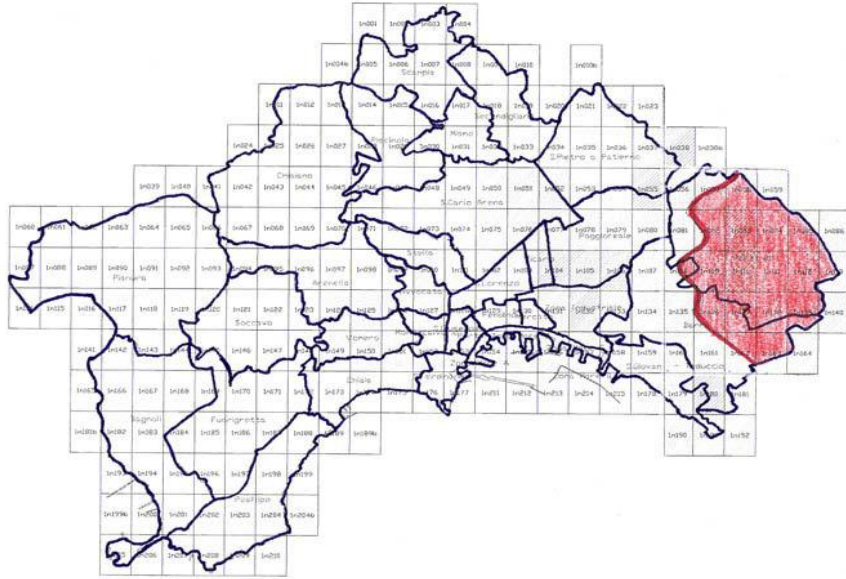
STEP 3: Improvvisazione nuova armonia



STEP 5: Verifica criterio d'arresto

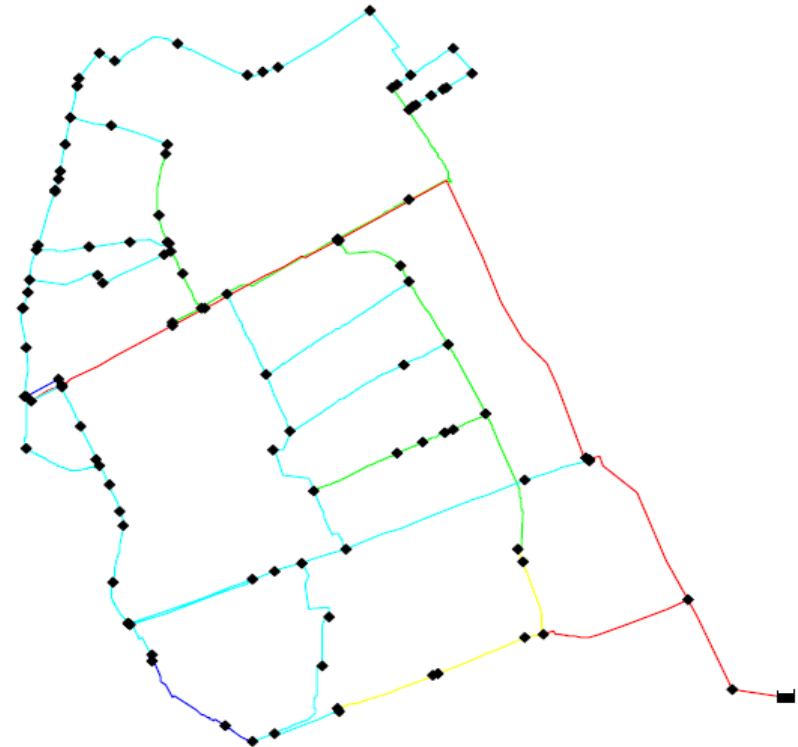


Un caso di studio: la rete idrica di Napoli Est



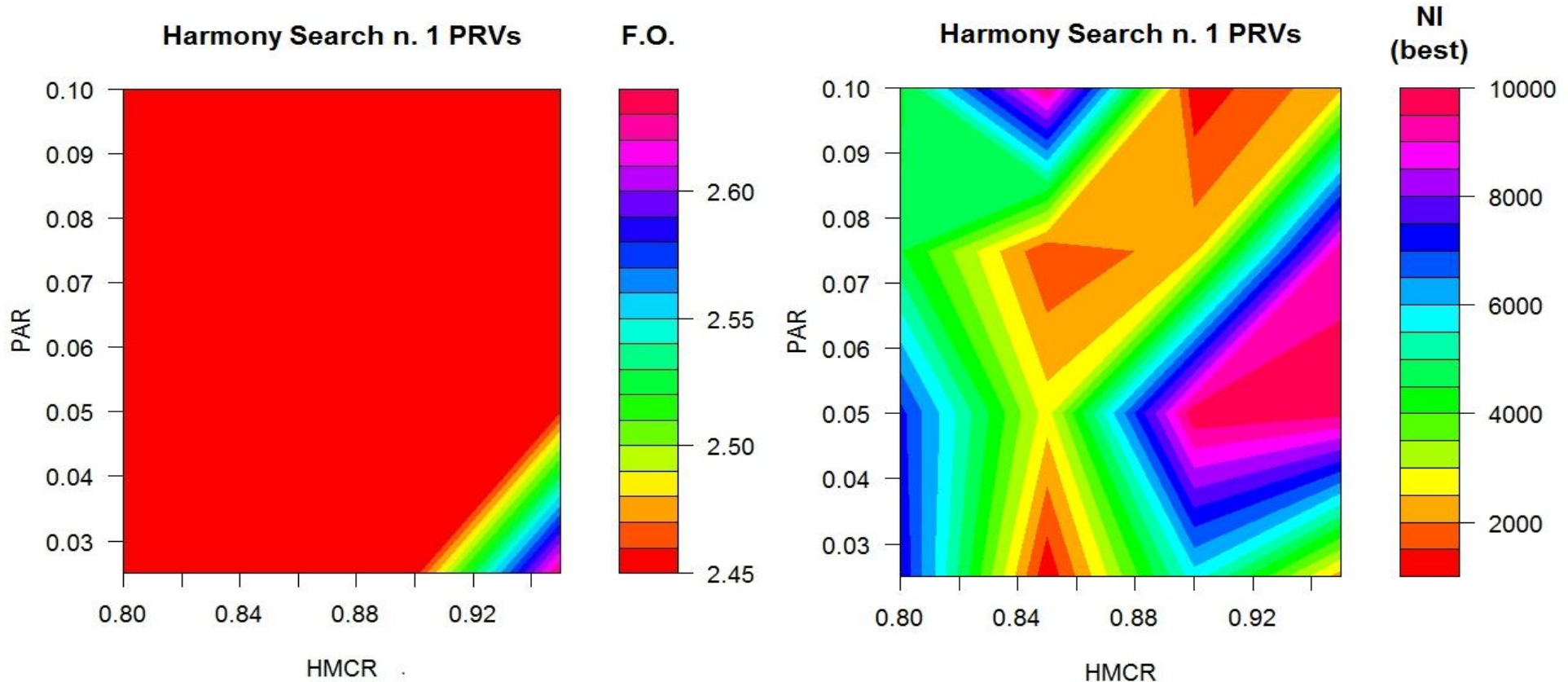
La macroarea servita ricopre buona parte della cosiddetta zona orientale della città. Il range altimetrico è piuttosto ampio, variando dagli 11 ai 78 m s.l.m.m. La rete è alimentata dal serbatoio "San Sebastiano".

La rete di distribuzione risulta molto complessa e articolata, come può evincersi dallo schema. I diametri variano da 40 a 1000 mm. Le condotte sono in cemento armato, ghisa grigia, acciaio bitumato e ghisa sferoidale. Dal bilancio idrico della rete di Napoli Est risulta che le perdite globali della rete ammontano all'incirca al 67%.



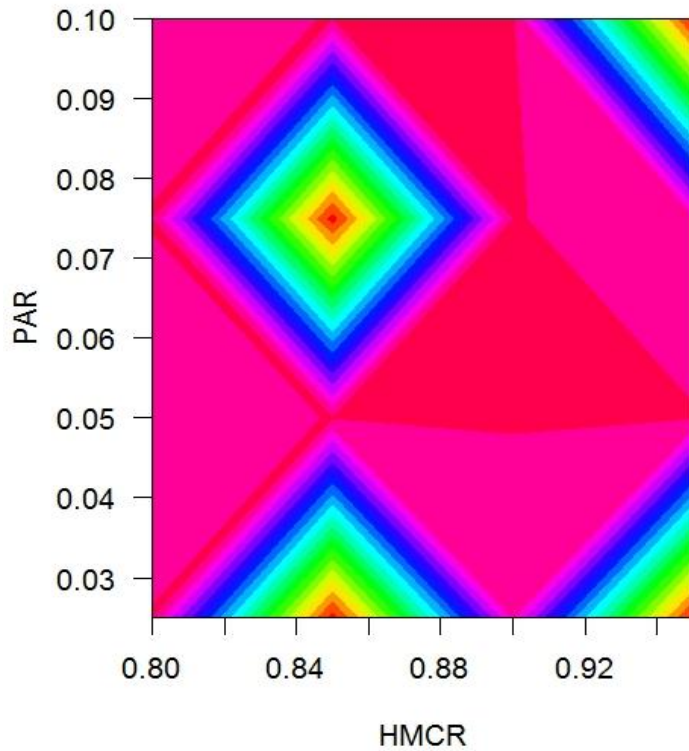
Analisi di sensitività

La procedura di ottimizzazione mediante Harmony Search è stata implementata sulla rete con un numero di valvole variabile da 1 a 6. Fissando il numero di iterazioni si è proceduto ad un'analisi di sensitività facendo variare i due parametri di HMCR e di PAR.



Analisi di sensitività

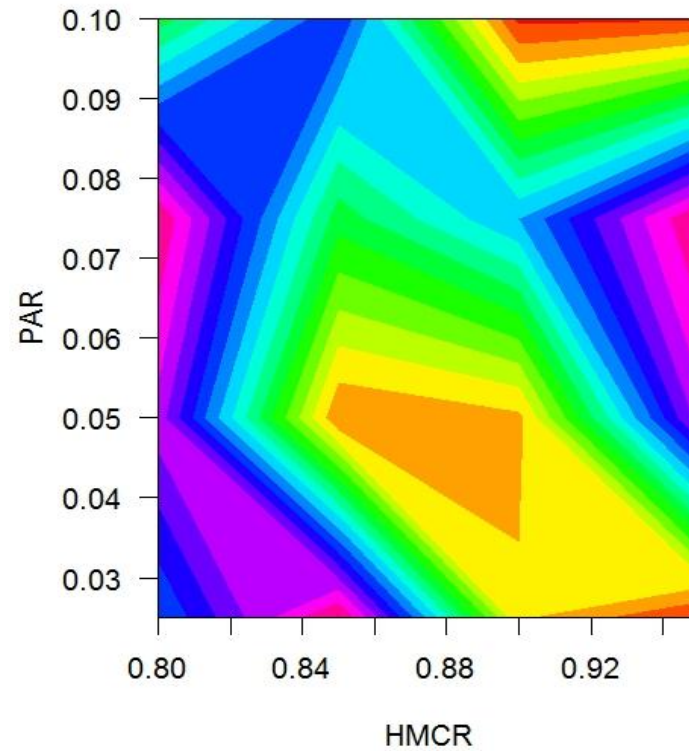
Harmony Search n. 2 PRVs



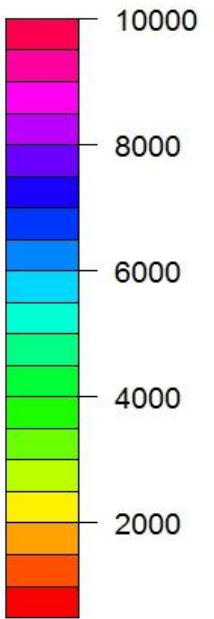
F.O.



Harmony Search n. 2 PRVs

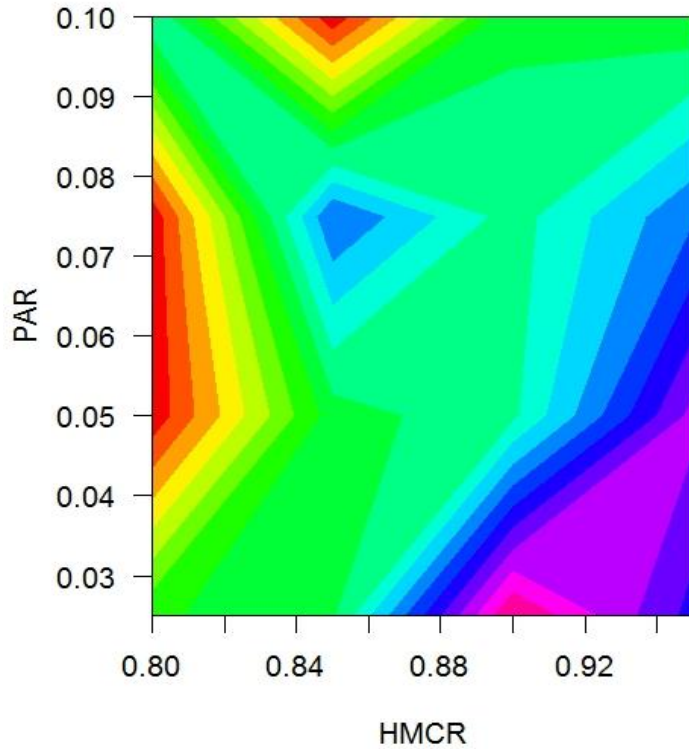


NI
(best)

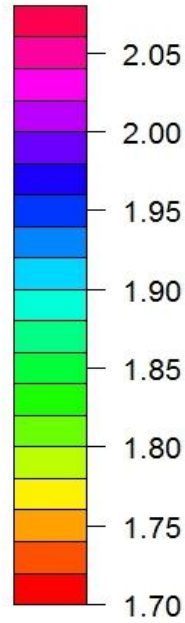


Analisi di sensitività

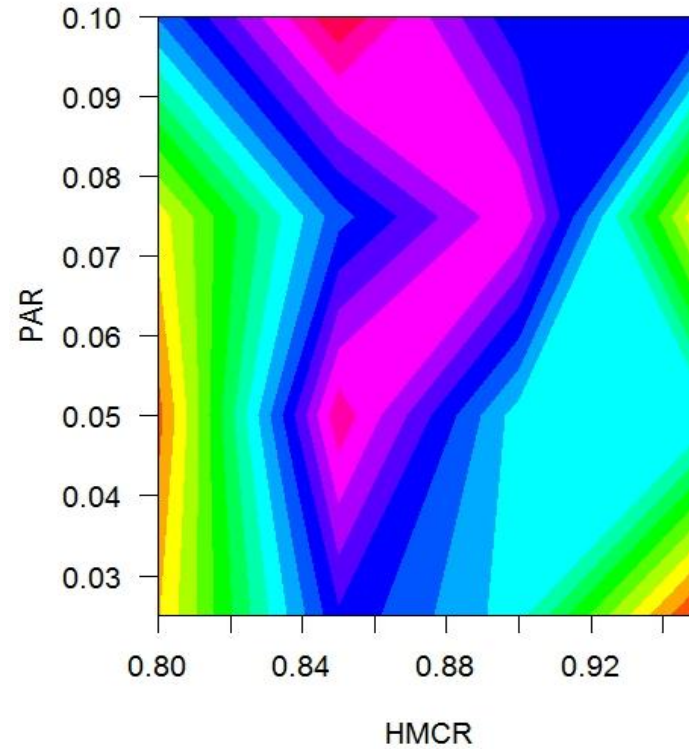
Harmony Search n. 3 PRVs



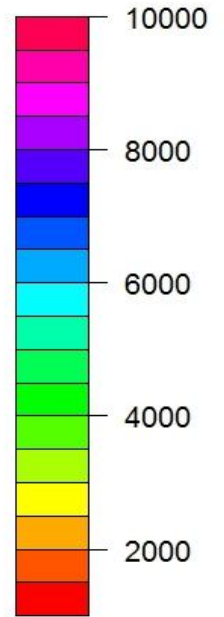
F.O.



Harmony Search n. 3 PRVs

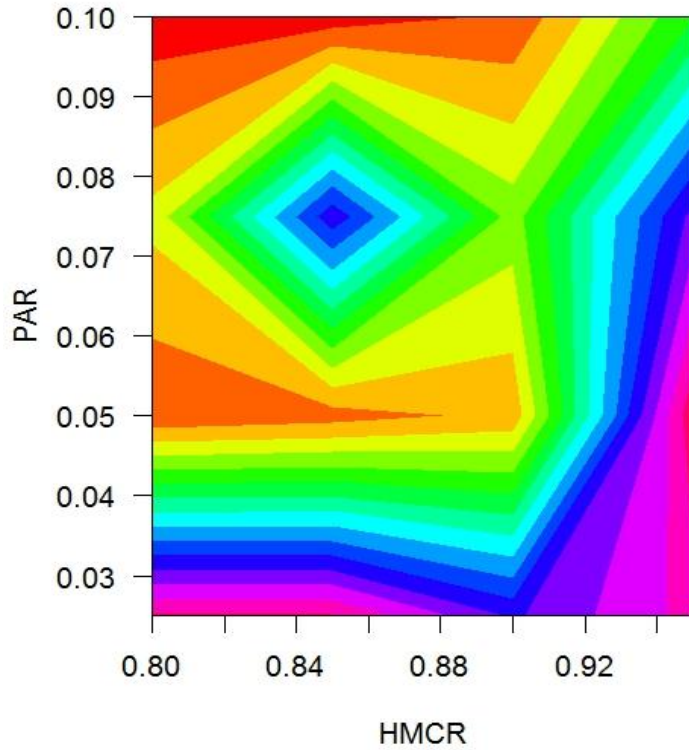


NI (best)

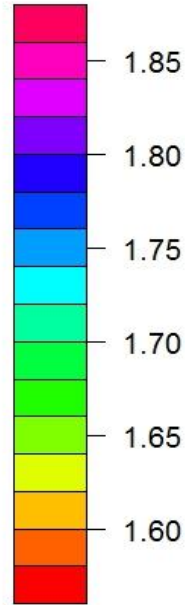


Analisi di sensitività

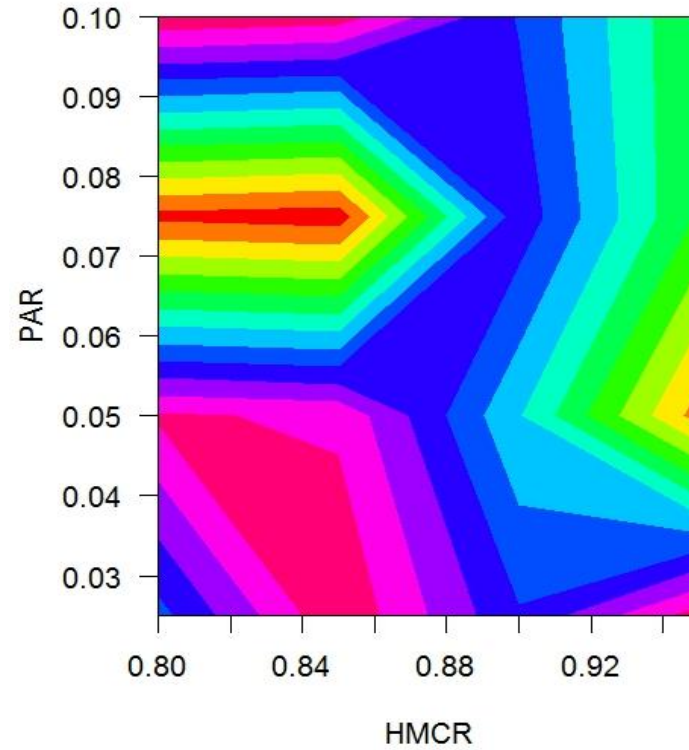
Harmony Search n. 4 PRVs



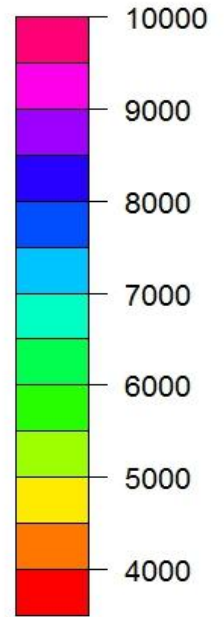
F.O.



Harmony Search n. 4 PRVs

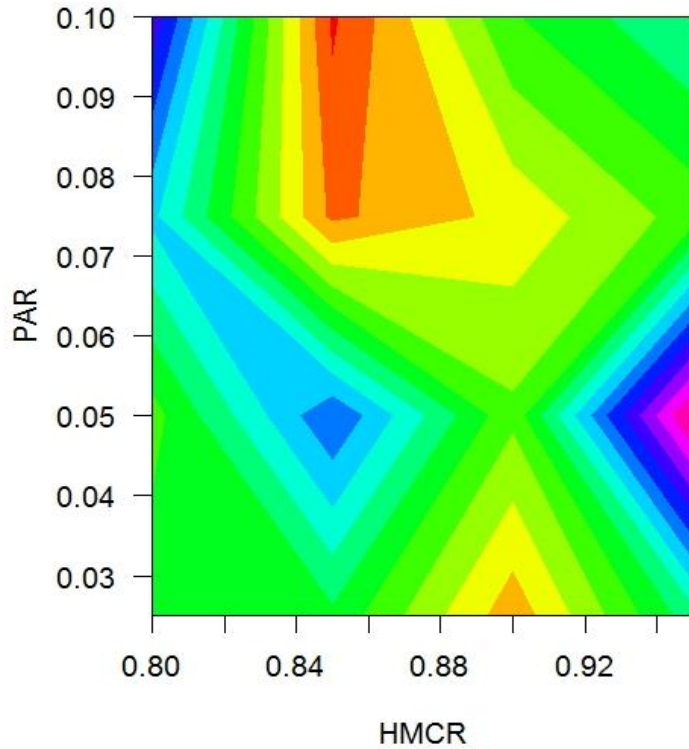


NI
(best)

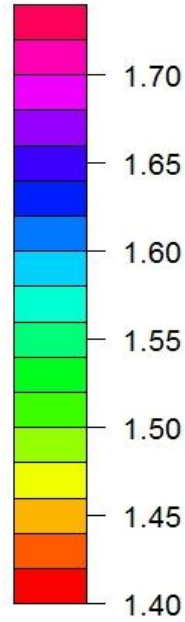


Analisi di sensitività

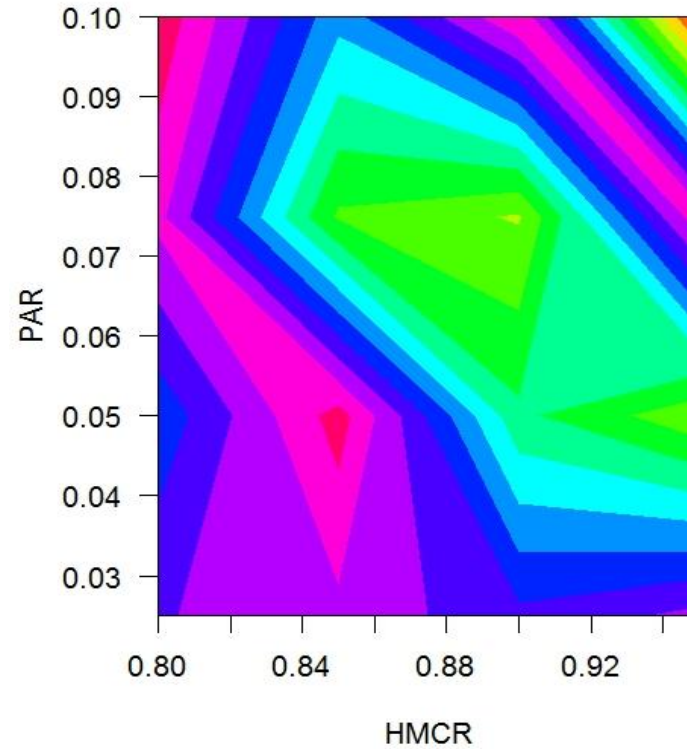
Harmony Search n. 5 PRVs



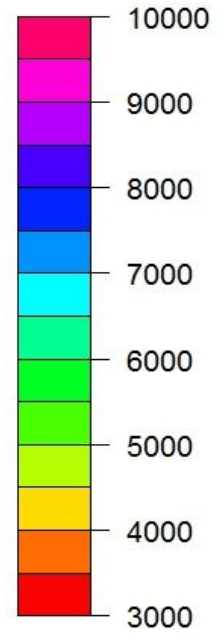
F.O.



Harmony Search n. 5 PRVs

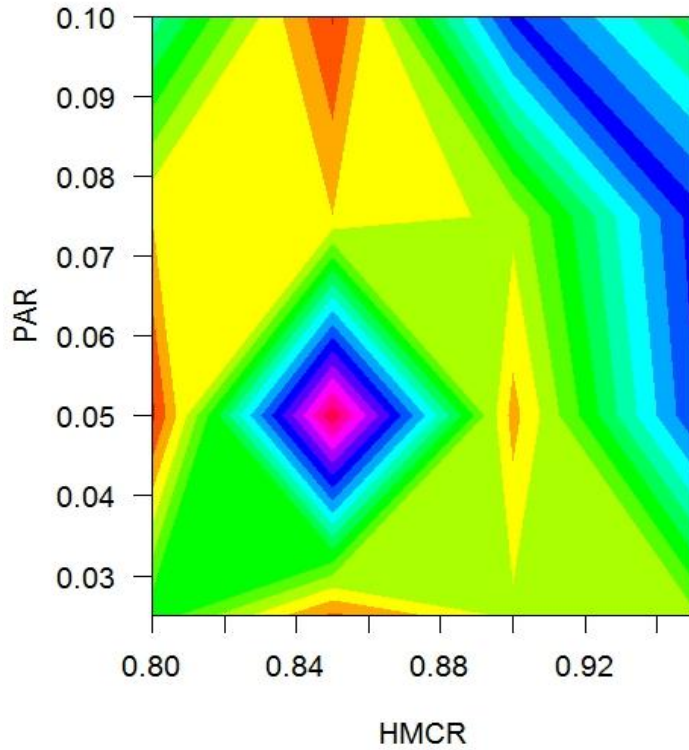


NI
(best)

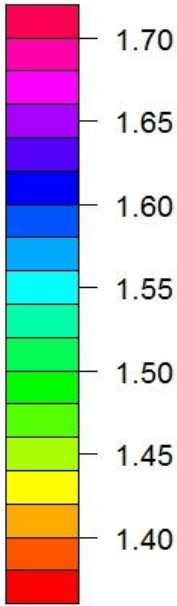


Analisi di sensitività

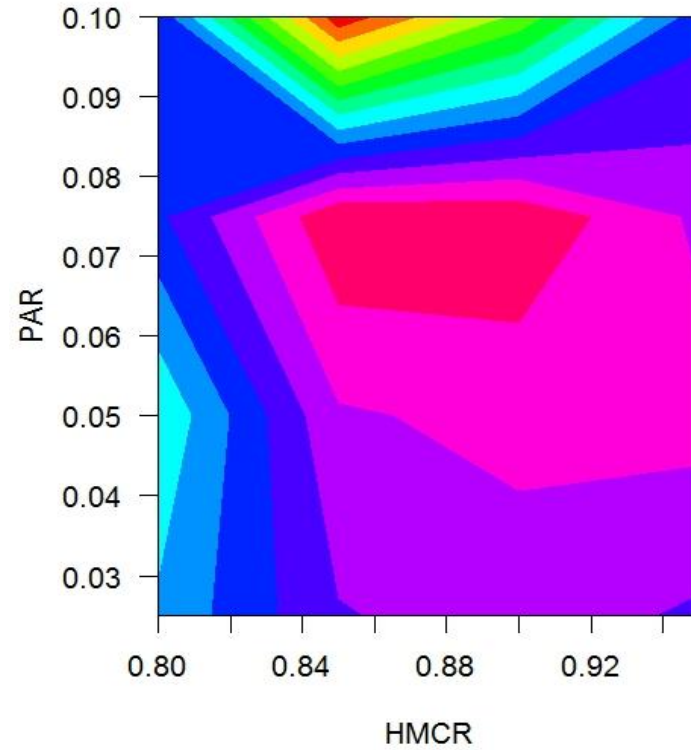
Harmony Search n. 6 PRVs



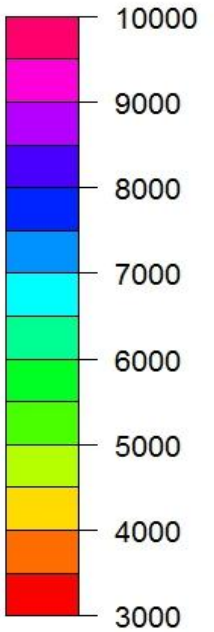
F.O.



Harmony Search n. 6 PRVs

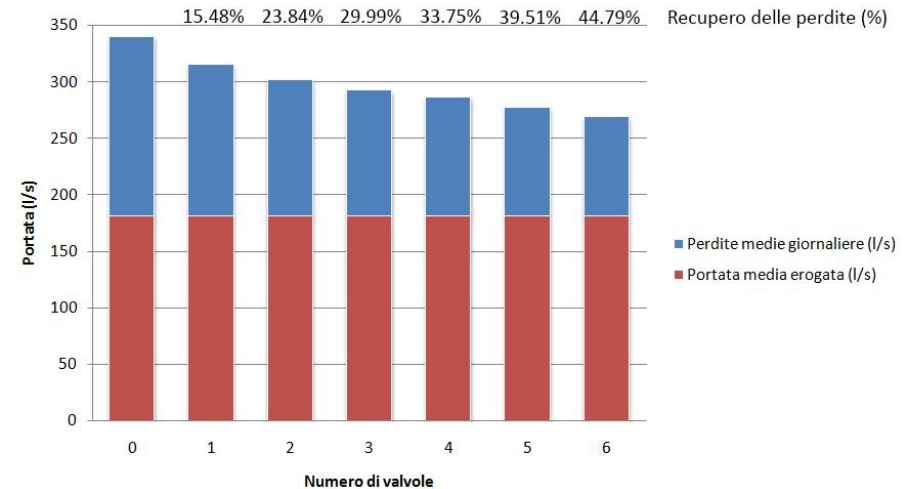
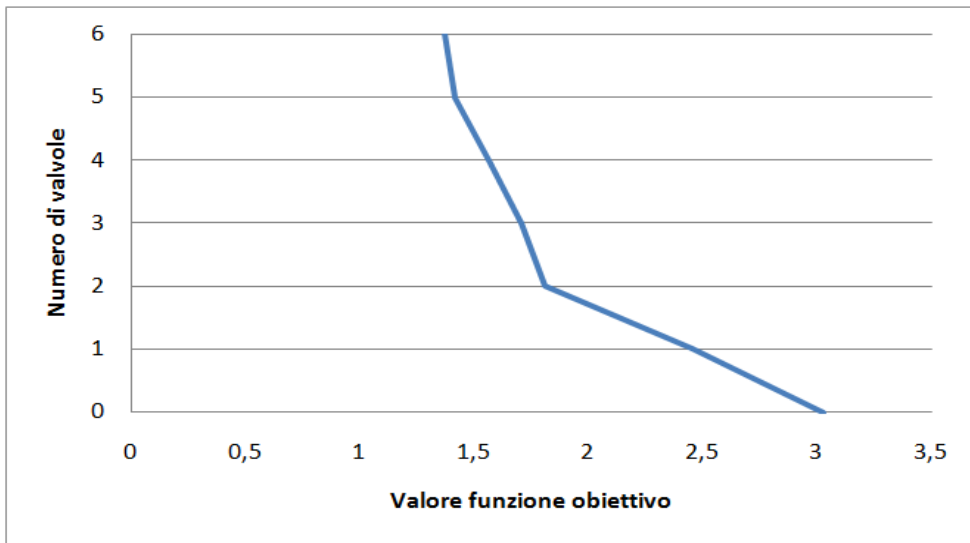


NI (best)

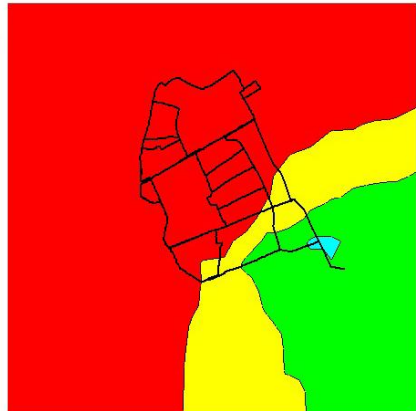


Recupero delle perdite al variare del numero delle valvole

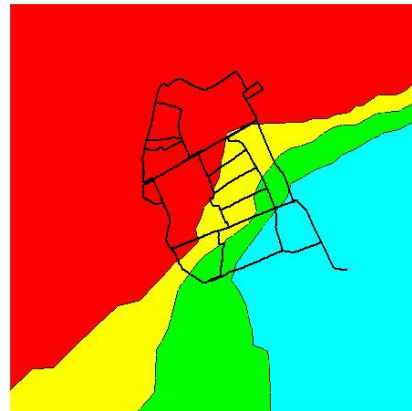
Si confrontano la riduzione del valore della funzione obiettivo con il recupero di perdite idriche, all'umentare del numero delle valvole di regolazione.



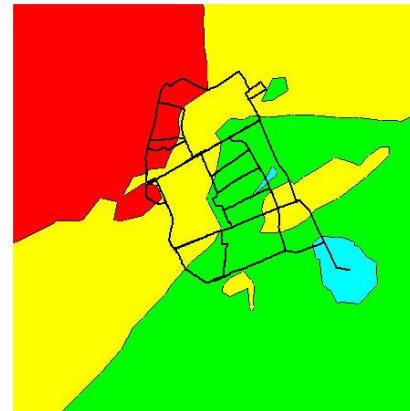
Evoluzione del cielo piezometrico della rete



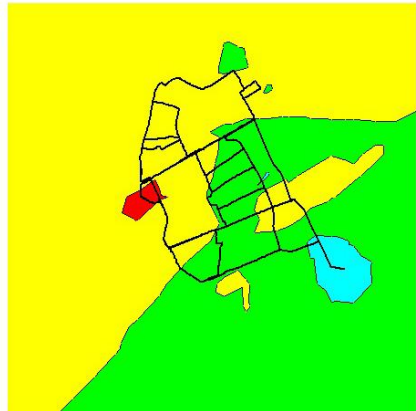
Cielo piezometrico in assenza di PRV



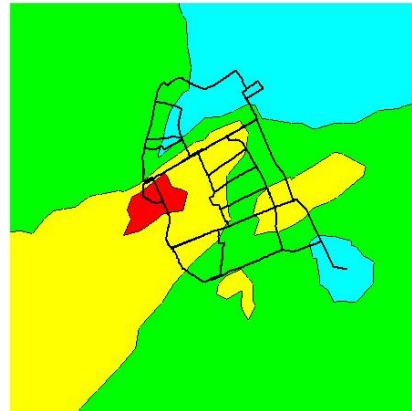
Cielo piezometrico con 1 PRV



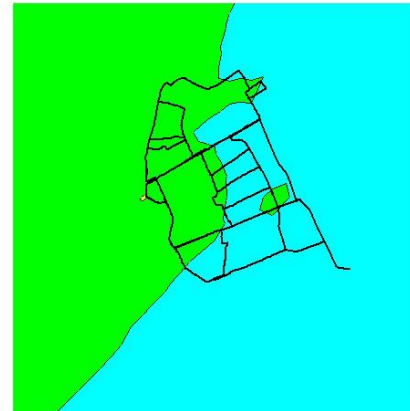
Cielo piezometrico con 2 PRV



Cielo piezometrico con 3 PRV



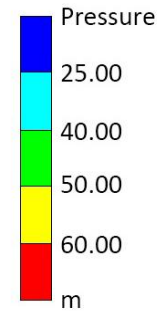
Cielo piezometrico con 4 PRV



Cielo piezometrico con 5 PRV



Cielo piezometrico con 6 PRV



Pressure

25.00

40.00

50.00

60.00

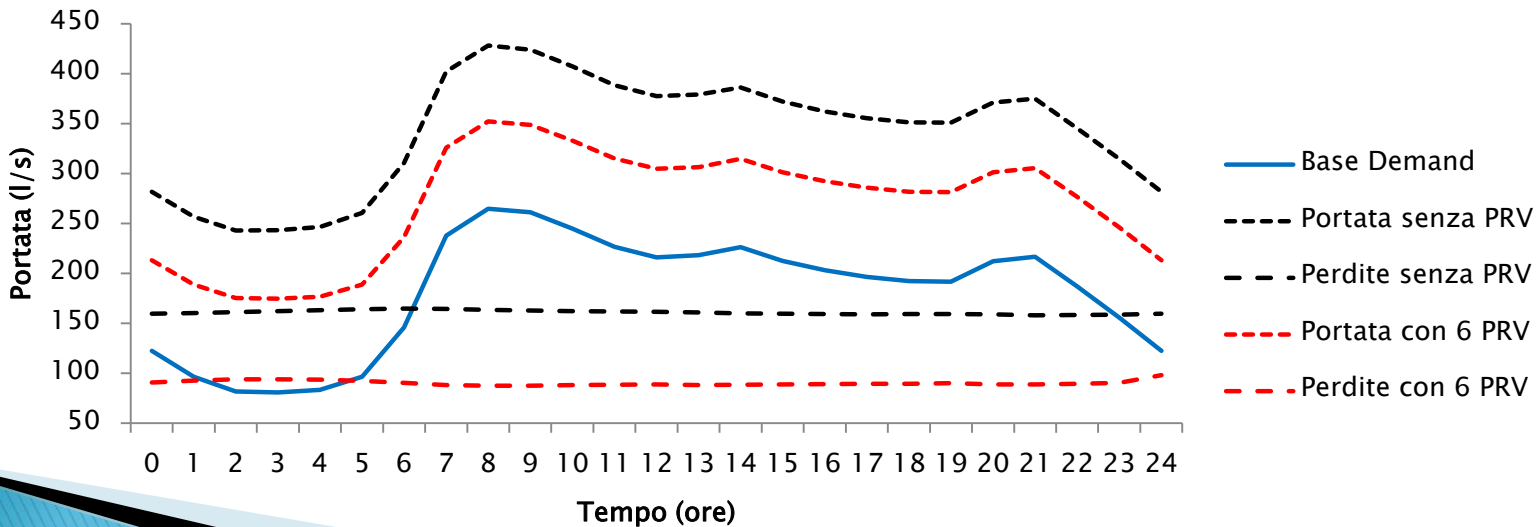
m

Recupero delle perdite al variare del numero delle valvole

Numero valvole	Portata media giornaliera (l/s)	Perdite medie giornaliere (l/s)	Recupero sul volume totale (%)	Recupero perdite (%)
0	340,48	158,43		
1	315,96	133,91	7,20	15,48
2	302,71	120,66	11,09	23,84
3	292,97	110,92	13,95	29,99
4	287,07	105,02	15,69	33,71
5	277,88	95,83	18,39	39,51
6.1	276,73	94,68	18,72	40,24
6.2	272,57	90,52	19,95	42,86
6.3	269,52	87,47	20,84	44,79

Analizzando il recupero delle perdite all'aumentare delle PRV risulta notevole il recupero che si ha nel passaggio da 4 a 5 valvole.

Si evidenzia anche l'andamento di perdite e portate nell'arco della giornata.



Disposizione e regolazione delle PRV

Valvola di regolazione n°5:
Perdita di carico (max)= 8.72 m
ID valvola: 358

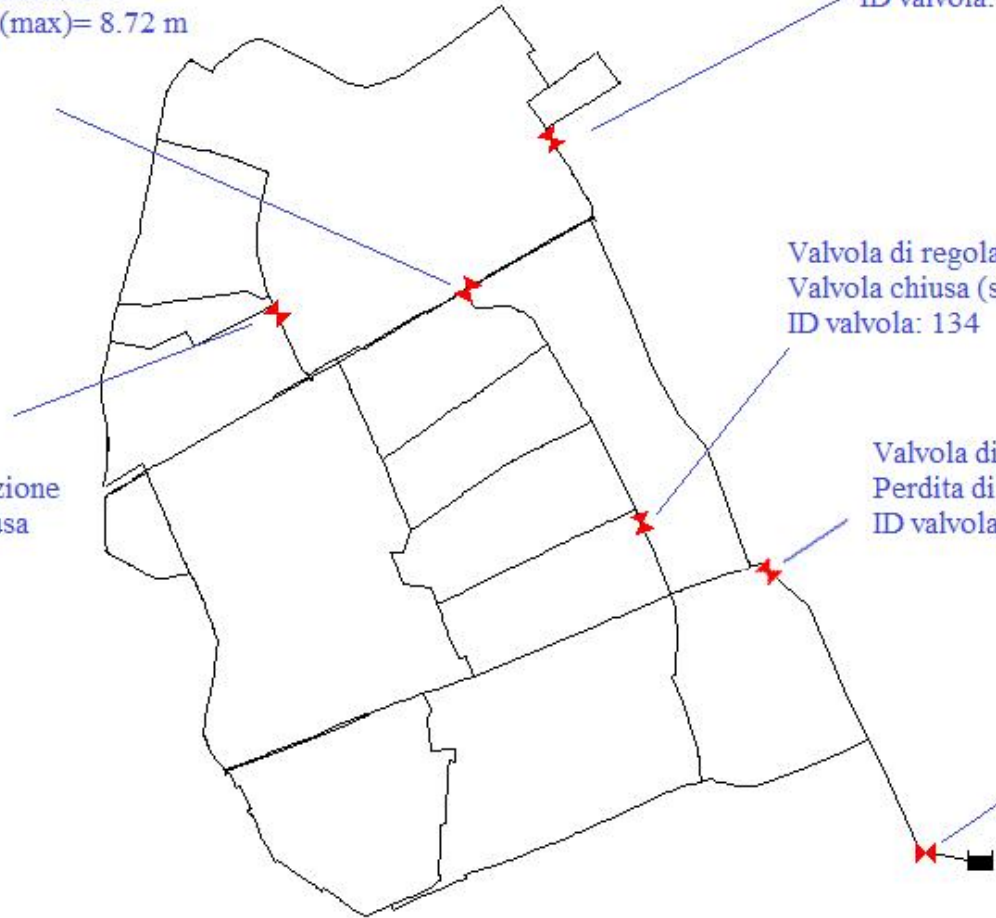
Valvola di regolazione n°4:
Perdita di carico (max)= 16.91 m
ID valvola: 82

Valvola di regolazione n°3:
Valvola chiusa (saracinesca)
ID valvola: 134

Valvola di regolazione
n°6: Valvola chiusa
(saracinesca)
ID valvola: 111

Valvola di regolazione n°2:
Perdita di carico (max)= 13.16 m
ID valvola: 151

Valvola di regolazione
n°1: Perdita
di carico (max)= 16.33 m
ID valvola: 1



Conclusioni

Si è visto come, tramite l'algoritmo risolutivo Harmony Search, è possibile giungere ad una migliore gestione della rete idrica arrivando ad ottenere un recupero delle perdite dell'ordine del 45%, cioè del 21% del volume immesso in rete, pari a 6130 m³/giorno, corrispondenti a 2.24 milioni di m³/anno.

