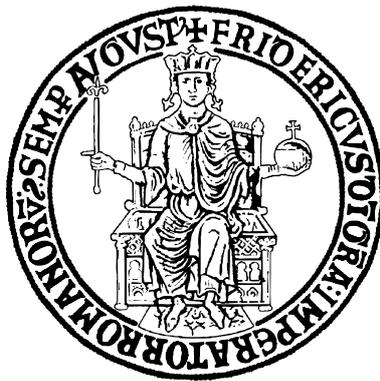


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II



SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI
BASE

Corso di Laurea Triennale in

INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE

SINTESI DELL'ELABORATO DI LAUREA

**DIMENSIONAMENTO E GESTIONE
OTTIMIZZATA DI UN SISTEMA DI DRENAGGIO
URBANO MEDIANTE ALGORITMI
METAEURISTICI INNOVATIVI**

Relatore

Ch.mo Prof. Ing. M. Giugni

Candidato

Francesco Iannitti 518/614

Correlatore

Prof. Ing. F. De Paola

Anno Accademico 2013/2014

Il presente elaborato di tesi ha come obiettivo il dimensionamento e la gestione ottimizzata di un sistema di drenaggio urbano. Lo scopo è quello di verificare se il sistema di drenaggio urbano (Figura 1), già dimensionato durante il corso di Infrastrutture Idrauliche con il metodo della corrivazione, è ottimizzato ed è idoneo in proiezione futura. In caso contrario vengono fornite possibili soluzioni al problema. Per fare ciò è stato fatto uso del software SWMM e dell'algoritmo Harmony Search.

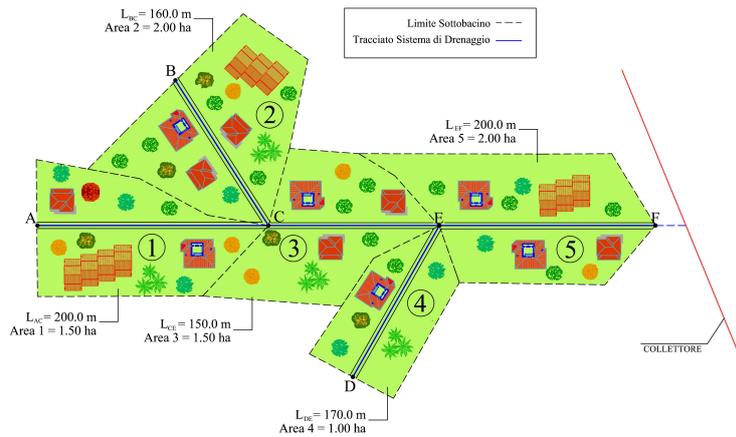


Figura 1: Schema rete

I dati geometrici della rete ed i dati idraulici ottenuti con il metodo della corrivazione, sono illustrati nelle seguenti tabelle (Tabella 1 e Tabella 2):

Tratti	$L (m)$	$A (ha)$	$\varphi (-)$	$i (-)$
1	200	1,5	0,57	0,015
2	160	2	0,57	0,010
3	150	1,5	0,57	0,020
4	170	1	0,57	0,010
5	200	2	0,57	0,015

Tabella 1: Dati geometrici

Tratti	$\Phi (mm)$	$D_e (mm)$	$h/D (-)$	$V_{max} (\frac{m}{s})$	$Q_p (\frac{m^3}{s})$	$i_c (\frac{mm}{h})$
1	600	700	0,51	2,09	0,302	120
2	853	1000	0,40	1,93	0,407	122
3	853	1000	0,54	3,12	0,976	117
4	600	700	0,45	1,62	0,2	120
5	1025	1200	0,56	3,11	1,484	111

Tabella 2: Dati idraulici

Il risolutore idraulico utilizzato, EPA SWMM, consente di eseguire simulazioni dinamiche di sistemi di drenaggio, a partire dai dati geometrici, di precipitazioni meteorica del sistema, lavorando su diversi livelli, come da Fig. 2:

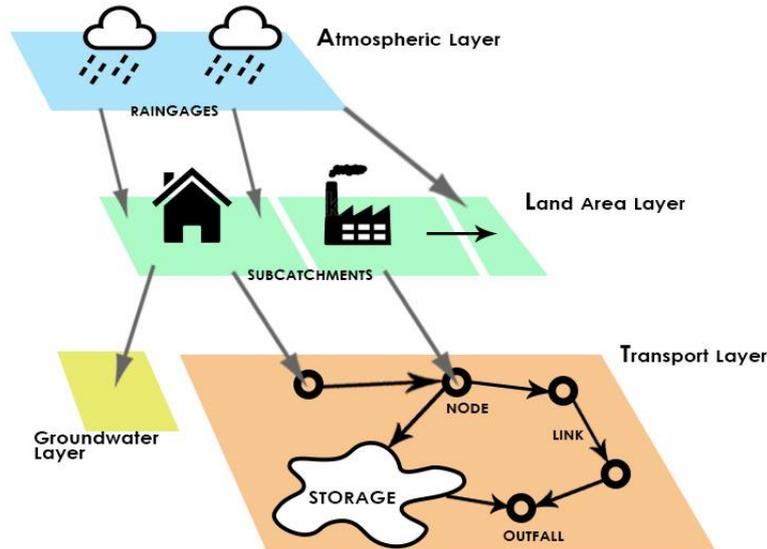


Figura 2: Livelli SWMM

Al termine della simulazione, relativamente a caso oggetto di studio, il software fornisce i seguenti risultati:

Tratti	Φ (mm)	D_e (mm)	$\frac{h}{D}$ (-)	V_{max} ($\frac{m}{s}$)	Q_p ($\frac{m^3}{s}$)
1	600	700	0,49	2,54	0,303
2	853	1000	0,39	2,18	0,402
3	853	1000	0,53	3,24	0,961
4	600	700	0,44	2,05	0,202
5	1025	1200	0,57	3,37	1,512

Tabella 3: Risultati SWMM

Dalla Tabella 3 si evince come i dati idraulici desunti dal software siano del tutto compatibili con quelli ottenuti progettando col metodo della corrivazione. Pertanto è stata effettuata un'analisi economica che si riferisce esclusivamente alla valutazione dei costi relativi all'acquisto delle tubazioni; successivamente si valuta il costo totale da sostenere.

Al fine di individuare una soluzione tecnicamente ammissibile che consenta, nel contempo, un esborso economico inferiore rispetto alla configurazione individuata tramite il metodo della corrivazione si utilizza il modello di calcolo agli Algoritmi Armonici "Harmony Search". La tecnica utilizzata dal software è quella di partire da dati già noti i quali influenzeranno poi la creazione di nuove possibili soluzioni al fine di ottimizzare il problema.

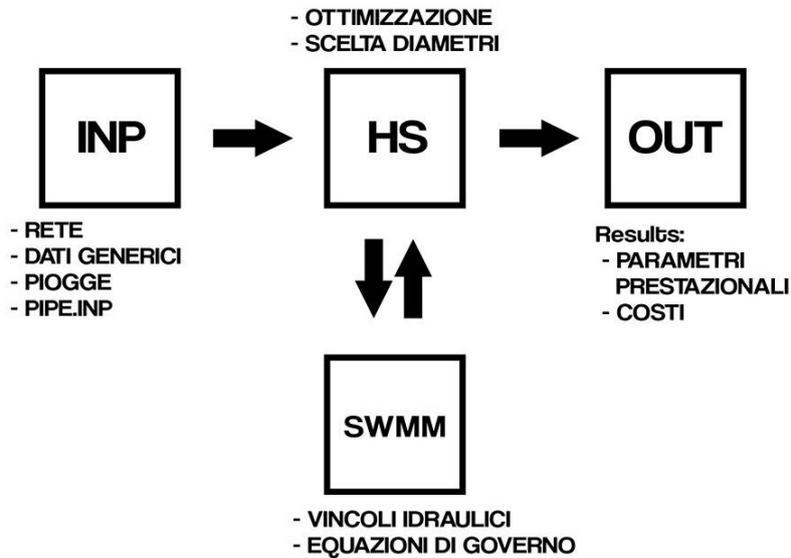


Figura 3: Schema di funzionamento HS

Sono state effettuate tre simulazioni da 10000 iterazioni ciascuna e, da ciascuna delle quali, la configurazione ottimale di diametri è risultata quella di Tabella 4:

Tratti	1	2	3	4	5
$\Phi(mm)$	500	600	690	500	1025
Costo Totale (€)	174559				

Tabella 4: Nuova combinazione

E' stata inoltre effettuata un'analisi di sensitività, durante la quale sono stati fatti variare due parametri di configurazione dell'algoritmo. Tale operazione però ha fornito gli stessi risultati di Tabella 4, confermando quindi la validità di questo risultato.

Nella Tabella 5 sono riportati i dati idraulici relativi a questa nuova configurazione.

Tratti	$\Phi(mm)$	$\frac{h}{D} (-)$	$V_{max} (\frac{m}{s})$	$Q_p (\frac{m^3}{s})$
1	500	0,67	2,55	0,304
2	600	0,68	2,22	0,402
3	690	0,80	3,24	0,966
4	500	0,59	2,06	0,203
5	1025	0,57	3,37	1,516

Tabella 5: Parametri idraulici SWMM+HS

Con l'utilizzo di tale metodo è stato possibile apprezzare di un decremento dei costi di progetto del 25%.

Si è ipotizzato di analizzare i documenti catastali e il piano territoriale regionale relativi all'area in questione con lo scopo di valutare l'efficienza del lavoro anche in prospettiva futura, effettuando una previsione con arco temporale ventennale. Si suppone che da tale analisi sia emerso un aumento, sia del coefficiente di afflusso e quindi del suolo edificabile, sia dell'intensità di pioggia rispettivamente del 20% e del 10% come mostrato dalla Tabella 6:

Tratti	$\varphi (-)$	$\varphi_{20} (-)$	$i_c \left(\frac{mm}{h}\right)$	$i_{c20} \left(\frac{mm}{h}\right)$
1	0,57	0,67	120	133
2	0,57	0,67	122	134
3	0,57	0,67	117	129
4	0,57	0,67	120	133
5	0,57	0,67	111	122

Tabella 6: Variazione ipotizzata

E' inoltre riportato di seguito (Figura 4), la nuova configurazione del nostro sistema oggetto di studio considerando tale variazione avvenuta.

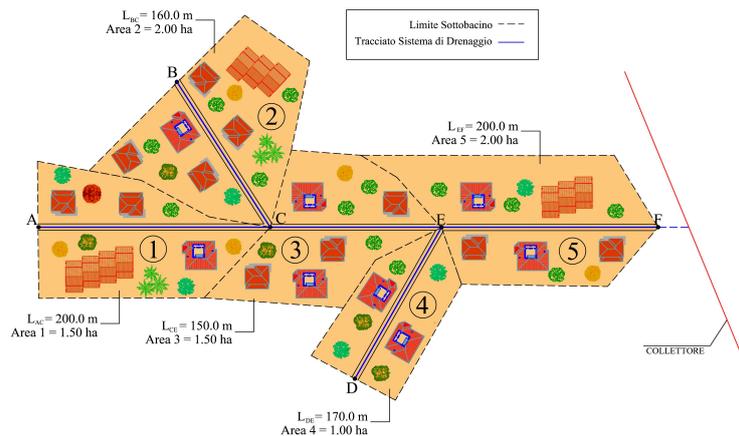


Figura 4: Previsione futura della rete

Il sistema di drenaggio urbano oggetto di studio, non supporta tale variazione, in quanto, inserendo i nuovi parametri nello SWMM, questo ci segnala la saturazione dei tratti 1, 2 e 3.

Possiamo quindi ovviare a tale inconveniente fornendo tre diversi scenari progettuali:

Nel primo si prevede la disposizione di quattro vasche di accumulo ubicate come in Figura:

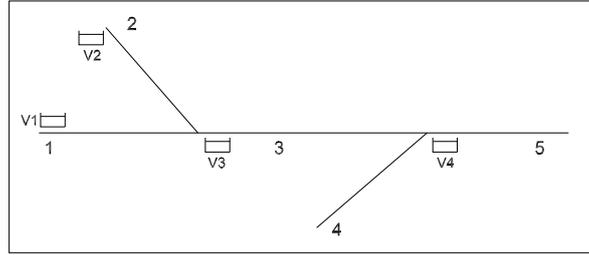


Figura 5: Posizionamento vasche

Anche in tal caso, si implementa un modello risolutivo, interfacciando le simulazioni idrauliche eseguite con il software SWMM con l'individuazione delle soluzioni ottime generate dall'Harmony Search. Sono state effettuate tre simulazioni da 10000 iterazioni, da ciascuna delle quali si è desunta una configurazione come mostrato in Tabella 7.

Vasche	$W (m^3)$	Costi (€)
V1	1,5	355,53
V2	1,8	426,15
V3	273,24	62675
V4	3,075	725,55
Costo Totale (€)		64182,4

Tabella 7: Configurazione vasche HS

Un'alternativa alla soluzione precedentemente presentata, può essere quella di intervenire mediante l'adeguamento dimensionale delle condotte esistenti. Si tratterebbe quindi di cercare la combinazione ottimale di diametri valutata però con le nuove condizioni idrauliche ipotizzate. E' stato fatto nuovamente ricorso all'algoritmo Harmony Search dove, impostando i diametri come incognite e ed imponendo le medesime condizioni al contorno della soluzione sviluppata in precedenza, abbiamo ottenuto una nuova configurazione di diametri, che differisce dalla precedente solo per quanto riguarda le prime tre condotte, come mostrato dalla tabella 8:

Tratti	$D_1 (mm)$	$D_2 (mm)$	$L (m)$	Costo $D_2 (\frac{€}{ml})$	Costo totale (€)
1	500	533	200	119,02	23804
2	600	690	160	204,60	32736
3	690	853	150	300,85	45127,5
Costo Totale Intervento (€)				101667,5	

Tabella 8: Adeguamento tubazioni

In ultima istanza è stata eseguita un'ulteriore simulazione, verificando la risposta idraulica del sistema di drenaggio, nel caso si consideri la nuova configurazione diametrica in presenza, però, del coefficiente di afflusso e dell'indice di piovosità iniziali. Per fare ciò, è stata quindi inserita nello SWMM la nuova configurazione di diametri e sono stati simulati eventi con le condizioni idrauliche iniziali. I dati emersi da tali simulazioni, sono riassunti nella Tabella 9:

Tratti	$\Phi(mm)$	$\frac{h}{D} (-)$	$V_{max} (\frac{m}{s})$	$Q_p (\frac{m^3}{s})$	Costo ($\frac{€}{ml}$)	Costo (€)
1	533	0,60	2,55	0,303	119,02	23804
2	690	0,39	2,18	0,401	204,60	32736
3	853	0,53	3,24	0,961	300,85	45127,5
4	500	0,29	1,99	0,202	95,70	16269
5	1025	0,57	3,37	1,512	421,30	84260
Costo totale intervento (€)				202196,5		

Tabella 9: Configurazione preventiva

Si riporta inoltre una tabella comparativa delle varie tipologie di intervento:

TIPO DI INTERVENTO	$C_{intervento}(€)$	$C_{iniziale}(€)$	Incremento(%)
Aggiunta Vasche	64182,4	174559	37
Adeguamento tubazioni	101667,5	174559	58
Progettazione preventiva	27637,5	174559	16

Tabella 10: Tabella comparativa

I tre scenari possibili vengono analizzati sia in termini economici che in termini tecnici eseguendo un raffronto tra le soluzioni sviluppate. Dalle analisi effettuate, risulta evidente come l'approccio progettuale più conveniente risulti quello derivante dalla progettazione di tipo "preventivo" che prevede una configurazione diametrale, compatibile, sin dalla fase di realizzazione, delle eventuali variazioni di portata derivanti dall'incremento del coefficiente di afflusso e dell'indice di piovosità. Questa scelta, prevede un incremento del 16% dei costi di realizzazione iniziali, rispetto a quelli relativi alla progettazione eseguita senza considerare le suindicate proiezioni future.

Pertanto, il presente elaborato di tesi, si è occupato, usufruendo di innovativi software metaeuristici di ottimizzazione, di raffrontare le risultanze ottenute per il dimensionamento di un sistema di drenaggio, considerando le soluzioni tecniche economicamente più vantaggiose. Nello specifico, interfacciando il solutore idraulico SWMM con l'Harmony Search sono state sviluppate soluzioni progettuali che contemplino sia l'aspetto tecnico-idraulico che economico e considerino, allo stesso tempo, le condizioni idrauliche determinabili a seguito di previsioni temporali su scala ventennale.