

DEPOSITO



**cooperativa
ARCHITETTI
E INGEGNERI
progettazione**

via Gandhi n.1 - scala D
42100 Reggio Emilia
tel. 0522/292910
fax 0522/322127
e-mail calrep@tin.it

Arch. Roberto Orlandini
viale Montegrappa n.9
42100 Reggio Emilia
tel. 0522/432255
fax 0522/432255

committente

coop edilizia LA BETULLA s.c.r.l.
Via Gandhi n.16 - 42100 Reggio Emilia

prat.

2650

file

2650-00-S-AR-TASSELLI-00

progetto

**PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA
PRIVATA SULL' AREA Tì 4 -27**

data

31.07.2007

aggiorn.

16.12.2008

scala

.

denominazione

**FOGNATURE
VERIFICA IDRAULICA CAVO CANALINA**

elaborato

S.AR.08.01.E2

**Progetto delle reti di drenaggio delle acque meteoriche e dei reflui antropici della nuova urbanizzazione in Comune di Reggio Emilia
Piano Particolareggiato di Iniziativa Privata Area Ti 4-27**

STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO

Elaborato E2

Verifica idraulica del Cavo Canalina di Albinea chiuso alla sezione di interesse

**Ing. Andrea Artusi
Ing. Yos Zorzi**

Modena, 31 Luglio 2007

INDICE

1. PREMESSA	3
2. STUDIO DELLE PRECIPITAZIONI METEORICHE INTENSE	4
3. CARATTERISTICHE DEL CANALE E DEL BACINO IMBRIFERO - componenti idrologiche e idrauliche	6
4. TRASFORMAZIONE AFFLUSSI DEFLUSSI	10
5. VERIFICHE IDRAULICHE DEL CANALE E DEI RAMI DI COLLEGAMENTO DEL COMPARTO	12
6. CONCLUSIONI	14

1. PREMESSA

Si è proceduto alla stesura della presente relazione idraulica allo scopo di definire le modalità di deflusso del Cavo Canalina di Albinea in corrispondenza della sezione di chiusura di interesse, costituita dal punto di definitiva tombinatura, con condotta circolare in cemento DN 1200 mm, posto in località Canali in fregio a Via Tolstoj. Circa 600 m a valle, lungo Via Tassoni dove la tubazione presenta dimensioni maggiori – DN 1600 mm - verranno recapitate le portate meteoriche generate dall'area oggetto dell'intervento edificatorio P.P.I.P. Area Ti 4-27.

Lo studio prende in considerazione le condizioni di officiosità idraulica a partire da assegnati tempi di ritorno, le portate determinate saranno assunte a base delle verifiche progettuali.

Il lavoro è stato articolato nelle seguenti fasi:

1. determinazione della curva di possibilità pluviometrica caratteristica del bacino in esame in corrispondenza ad assegnati tempi di ritorno;
2. studio delle caratteristiche morfometriche ed idrologiche del bacino del Cavo Canalina di Albinea, chiuso alla sezione di interesse;
3. trasformazione AFFLUSSI-DEFLUSSI per assegnati tempi di ritorno;
4. verifiche idrauliche del canale alla sezione di interesse.

2. STUDIO DELLE PRECIPITAZIONI METEORICHE INTENSE

La determinazione della quantità ed intensità della precipitazione si può desumere dalle registrazioni effettuate presso le stazioni del Servizio Idrografico Italiano presenti nelle vicinanze dell'area in esame, dotate di pluviografo registratore.

Nel caso specifico la scelta è ricaduta su una serie di stazioni prossime al bacino del Cavo Canalina di Albinea, tutte ritenute indicative per caratteristiche altimetriche, climatiche, per vicinanza all'area in questione e per similitudine geomorfologica.

Una semplice stazione pluviometrica può fornire la sola "quantità" di pioggia caduta nell'arco di una giornata ed eventualmente di un singolo evento, ma mai la reale "intensità" istantanea di una precipitazione; peraltro è ragionevole ammettere, e l'esperienza lo conferma, che per zone estese qualche decina di kmq il regime delle precipitazioni si mantiene abbastanza costante in assenza di forti discontinuità orografiche o climatiche.

Fissare il tempo di ritorno significa stabilire statisticamente che un certo evento si verifichi mediamente una volta nell'intervallo temporale stabilito; in pratica si definisce una probabilità di non superamento.

Questo tipo di determinazione informa anche sul livello di criticità di una precipitazione ed informa il progettista sul margine di rischio a cui andrà incontro un'opera idraulica nel corso della sua vita.

Ovviamente tempi di ritorno elevati (100 o 1000 anni) preludono a precipitazioni di forte o fortissima intensità, viceversa bassi tempi di ritorno (2 - 5 anni) caratterizzano piogge con intensità modesta.

Le elaborazioni condotte sui dati raccolti sono state finalizzate alla individuazione, per ogni stazione, della relazione che lega l'altezza delle precipitazioni $h_d(T)$ alla durata d ed al tempo di ritorno T , relazione nota come Curva di Possibilità Pluviometrica (C.P.P.) e che solitamente è esprimibile nella forma monomia:

$$h_d(T) = a(T) \cdot d^n \quad (\text{mm})$$

in cui i parametri a ed n , funzioni in generale di T , sono da stimare sulla base delle serie storiche dei massimi annuali delle altezze di precipitazione di differente durata: 15, 30, 45 minuti, 1, 3, 6, 12 e 24 ore, nel caso in esame.

A tal fine si è ipotizzato che per qualunque durata dell'evento meteorico i valori di $h_d(T)$ abbiano la distribuzione di probabilità asintotica di Gumbel (EV1 - Extreme Value 1), il cui uso è molto diffuso per regolarizzare serie empiriche di valori estremi.

Secondo tale modello, detto h_0 un valore di soglia, la probabilità di non superamento di tale valore da parte di un generico evento di durata d , è tale da:

$$P_r[h < h_0 / d] = \exp\{-\exp[-\alpha(h - u)]\}$$

da cui si ricava:

$$h_d(T) = u - \frac{1}{\alpha} \ln \left\{ \ln \left[\frac{T}{(T-1)} \right] \right\}$$

dove u e α sono i parametri della distribuzione le cui stime sono state effettuate col metodo dei momenti e sono fornite dalle relazioni:

$$\alpha = 1,283/\sigma$$

$$u = \mu - 0,5772/\sigma$$

con μ media e σ scarto quadratico medio del campione stesso.

Da queste elaborazioni è possibile ricostruire i valori " a " ed " n " della curva di possibilità pluviometrica media rappresentativa del bacino in esame (Cavo Canalina di Albinea chiuso alla sezione di interesse) utilizzando i valori dei parametri delle CPP calcolate per ogni singola stazione pluviografica considerata; al risultato si perviene calcolando la media pesata delle diverse porzioni di territorio comprese fra determinati valori sia di a che di n .

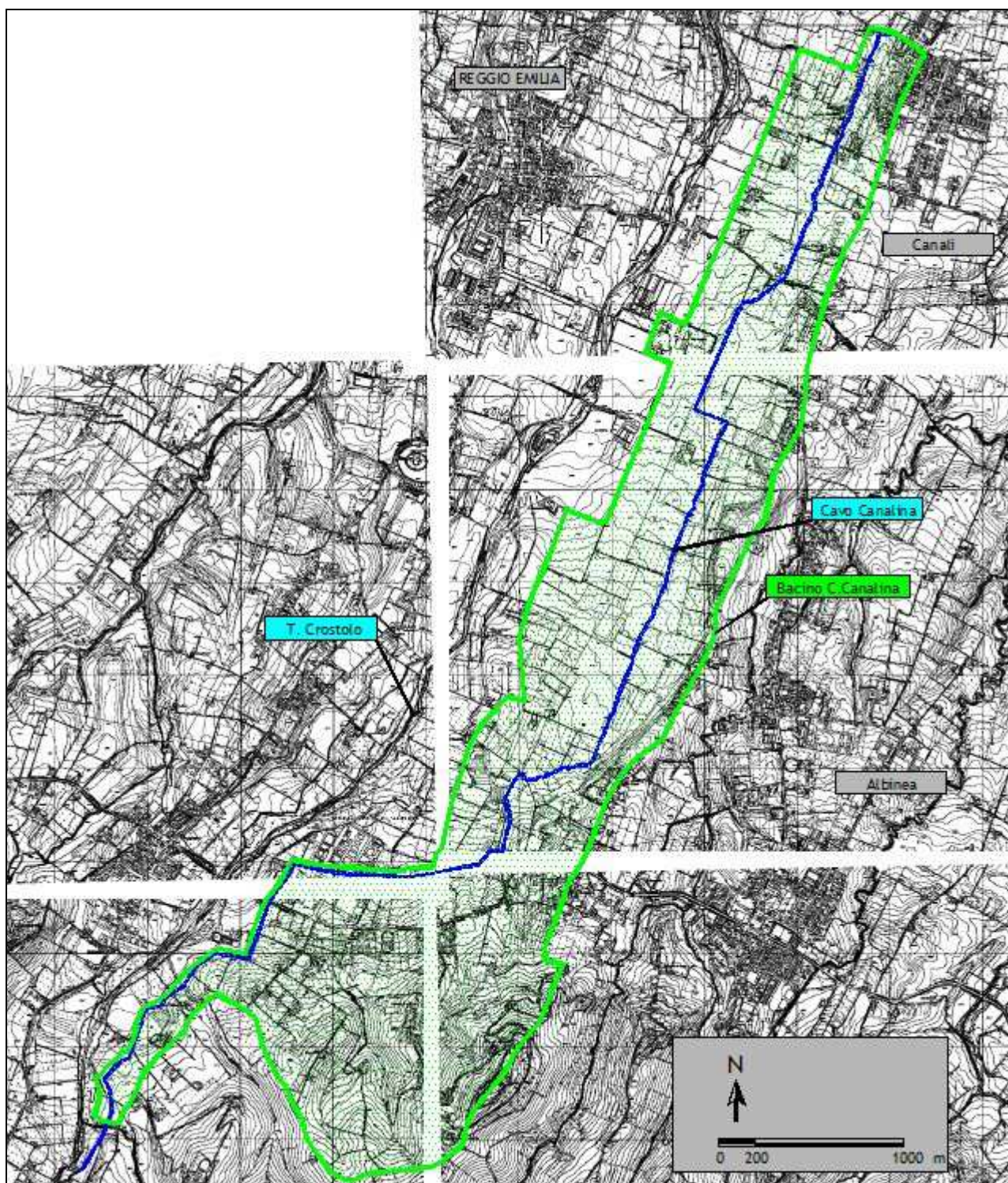
Considerando un tempo di ritorno di 20 anni, scelto in quanto di comune impiego nella progettazione e verifica di sistemi di drenaggio urbano, il procedimento sopra descritto ha portato ai seguenti risultati (cfr. Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica in esso contenuta - Allegato 3: Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense):

Tempo di ritorno (anni)	Parametro " a " (mm/h)	Parametro " n " (-)
20	42.6	0,284

Tabella 1 – Parametri della curva di possibilità pluviometrica considerata per il bacino del Cavo Canalina di Albinea chiuso alla sezione di interesse.

3. CARATTERISTICHE DEL CANALE E DEL BACINO IMBRIFERO - componenti idrologiche e idrauliche

Il Cavo Canalina di Albinea è un canale di bonifica che, pur avendo originariamente funzioni irrigue (l'incile è posto in destra idraulica del Torrente Crostolo circa 1 km a valle di Vezzano), è di fatto un canale di scolo e collettamento delle portate che tendono a formarsi in corrispondenza della corrivazione dei fossi del margine appenninico e dell'alta-media pianura reggiana.



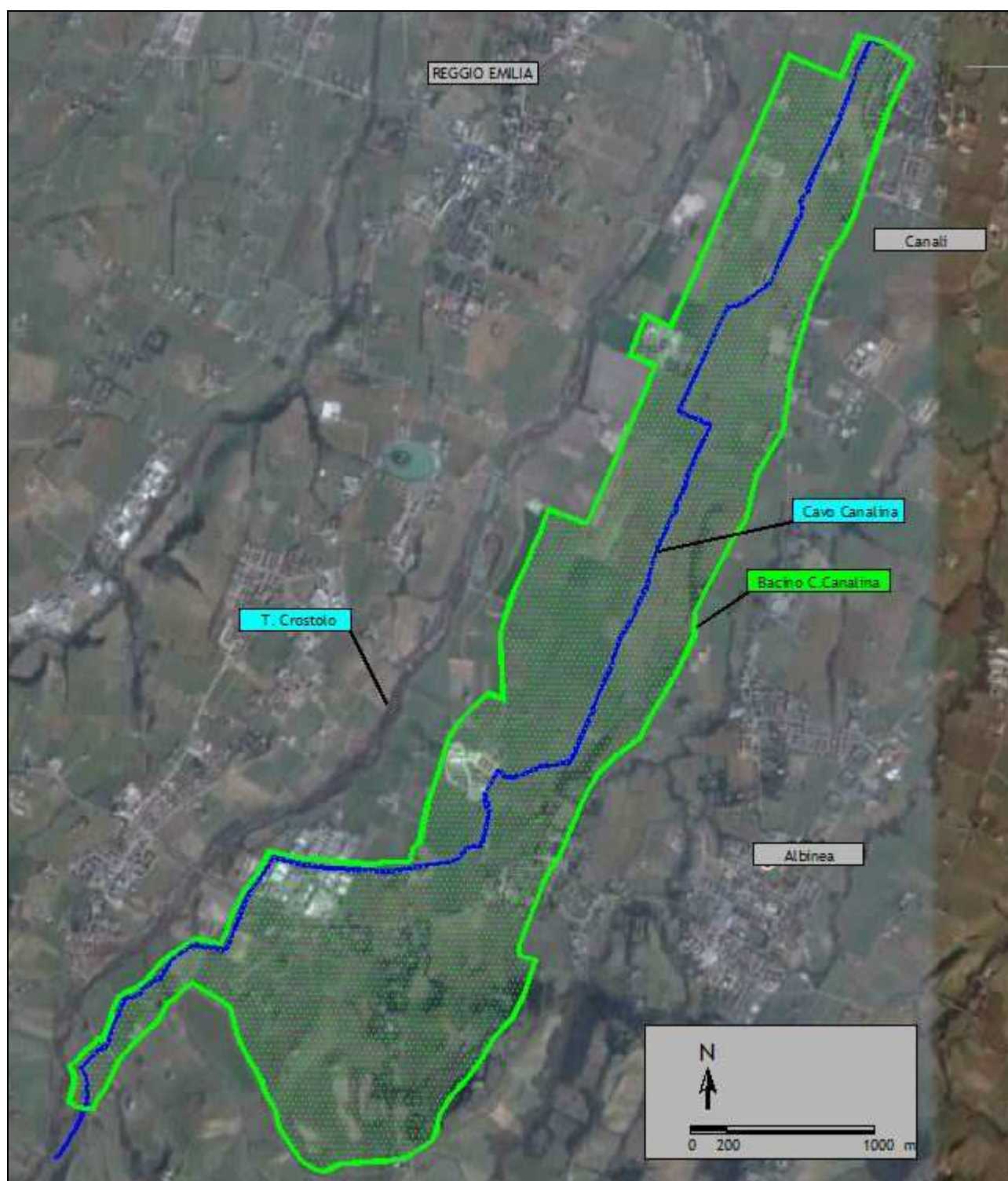


Figura 1 – Inquadramento geografico del bacino idrologico del Cavo Canalina di Albinea su base C.T.R. 1:5.000 e su immagine da satellite.

Il canale, si contraddistingue prevalentemente per un andamento Sud-Nord alla stregua del reticolo idrografico superficiale naturale della media-alta pianura reggiana.

Le acque in carico nel Cavo Canalina di Albinea, dopo aver percorso circa 9 km attraverso terreni per lo più agricoli unicamente interrotti dalla zona industriale di Albinea, si inabissano definitivamente in corrispondenza della tombinatura con condotta circolare in cemento DN 1200

mm, posta in località Canali in fregio a Via Tolstoj. Lungo Via Tassoni il collettore diviene poi di maggiori dimensioni – DN 1600 mm – e dopo circa 1300 m recapita nel Torrente Crostolo.

Il bacino del Cavo Canalina si presenta come una valle degradante ad andamento uniforme allungato con direzione da Sud-Nord; si imposta su litotipi prevalentemente sabbioso-ghiaiosi nel settore Sud e limo-argillosi in quello a Nord.

Nel suo insieme è contraddistinto da pendenze notevoli in corrispondenza delle testate del bacino, prossime al margine collinare; nei tratti di fondo valle la pendenza decresce attestandosi su valori compresi tra 0,5-1%, come, ad esempio, in corrispondenza della sezione di chiusura.

Complessivamente l'area del bacino misurata alla sezione di chiusura considerata (definitiva tombinatura in corrispondenza di Via Tolstoj, località Canali) è pari a circa 610 ha; il bacino si colloca ad una altitudine che nei tratti apicali misura 280 m slm (Castello di Albinea) che in prossimità della sezione di chiusura calano a circa 80 m slm.

Nome bacino	Bacino effluente	Superficie	Lunghezza	Quota max	Quota min	Dislivello	Pendenza media
		(ha)	(km)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m)	(%)
<i>Cavo Canalina</i>	<i>T. Crostolo</i>	<i>610</i>	<i>9</i>	<i>280</i>	<i>80</i>	<i>200</i>	<i>2,2%</i>

Tabella 2 – Caratteristiche morfologico-altimetriche del bacino del Cavo Canalina di Albinea chiuso alla sezione di interesse.

Il bacino, nel suo insieme, è contraddistinto da pendenze medie notevoli dell'ordine del 2%; limitatamente al tratto in esame, immediatamente a monte della sezione di chiusura considerata, raggiungono valori dell'ordine dello 0,5-1%.

Per quanto attiene la formazione dell'onda di piena, il bacino interviene attraverso il grado di permeabilità e capacità invaso delle depressioni superficiali, nonché attraverso i tempi di corrivazione.

In pratica il primo comportamento è ascrivibile ai fenomeni idrologici, il secondo a quelli idraulici.

In riferimento al primo di tali due aspetti, non tutto il volume affluito durante una precipitazione giunge alla rete idrica superficiale: vi sono infatti fenomeni idrologici legati all'infiltrazione, all'evaporazione ed all'immagazzinamento di acque nelle depressioni superficiali che incidono sul volume d'acqua piovuta. Tali fenomeni possono essere convenientemente espressi attraverso l'impiego di un coefficiente “ ϕ ” detto coefficiente di deflusso, il cui valore può essere compreso tra 0 e 1 ed esprime la quota parte di volume affluito durante una precipitazione che giunge effettivamente alla rete idrica superficiale senza disperdersi.

Per il bacino oggetto di analisi, tenendo conto delle proprie caratteristiche di buona permeabilità ed antropizzazione scarsa e non particolarmente intensiva, si è posto $\phi = 0,15$.

Per quanto riguarda invece la componente idraulica nel fenomeno di formazione dell'onda di piena si fa riferimento al metodo di NASH a 3 serbatoi in serie di ugual costante k , la cui peculiarità è di schematizzare il bacino come una sequenza di laminazioni e traslazioni delle portate.

Il modello utilizzato è di tipo concettuale; esso simula il comportamento del bacino investito da un evento meteorico breve ed intenso alla stessa stregua di un sistema di 3 serbatoi lineari posti in serie di costante temporale k pari a $0,25 T_c$, quest'ultimo essendo il tempo di corrivazione del bacino.

La risposta impulsiva del modello è fornita dalla seguente espressione:

$$IUH(t) = \frac{\left(\frac{t}{k}\right)^{(n-1)}}{k(n-1)!} e^{-t/k}$$

dove k (espresso in minuti) è la costante caratteristica dei serbatoi, supposti tutti uguali, ed n = 3 è il numero degli stessi.

Dunque, il valore del parametro di forma n è stato mantenuto costante, mentre la costante temporale k è stata correlata al tempo di corrvazione del bacino.

4. TRASFORMAZIONE AFFLUSSI DEFLUSSI

Le vicende che portano alla trasformazione degli afflussi netti in deflussi sono così complesse che quasi mai è possibile ricostruirle fedelmente.

Abbandonati i metodi empirici o semi-empirici (quali formule di Giandotti, Gherardelli-Marchetti, Forti, Füller-Tonini, etc.) in quanto, derivando da interpolazioni di dati sperimentali notevolmente dispersi, forniscono risultati largamente incerti ed applicabili solo quando essi siano impiegati nei rispettivi campi di validità, ci si è sempre più rivolti alla teoria dei modelli matematici di trasformazione AFFLUSSI-DEFLUSSI.

Nella maggior parte dei modelli idrologici la definizione della risposta del bacino scolante viene affrontata con un approccio di tipo sintetico-concettuale: si immagina cioè che il bacino si comporti, ad esempio, come un serbatoio e se ne individua la funzione di risposta a meno dei parametri che vanno definiti caso per caso.

Se si restringe poi il campo ai modelli di tipo lineare (per i quali, cioè, vale il principio di sovrapponibilità degli effetti e la cui relazione ingresso-uscita è descritta da un'equazione differenziale lineare) si può dimostrare che il legame esistente tra la portata uscente $q(t)$ e la pioggia netta $p(t)$ è del tipo:

$$q(t) = \int_0^t h(t-u)p(u)du$$

dove l'integrale è detto "integrale di convoluzione" e la funzione $h(t)$ si chiama genericamente "funzione impulsiva del sistema" che in idrologia prende il nome di Idrogramma Unitario Istantaneo (IUH).

Quest'ultimo può essere interpretato come l'idrogramma uscente dal bacino a causa di una pioggia di durata infinitesima e volume unitario (si veda per maggior dettagli Maione - 1977).

Nel caso in oggetto, l'IUH è stato calcolato con il modello di NASH che interpreta il bacino come una "cascata" di serbatoi lineari, in particolare si è fissato un numero di serbatoi pari a 3; questo valore ha consentito di riprodurre un'onda di piena identica a quella ricavata con il modello di corrivazione.

Il programma utilizzato (URBIS 2003) è stato messo a punto dall'Istituto di Idraulica del Politecnico di Milano; esso consente, a partire da una precipitazione nota o da una curva di possibilità pluviometrica di assegnato tempo di ritorno, di ricavare attraverso la "convoluzione" con l'idrogramma unitario istantaneo del bacino l'intera onda di piena e relativa portata al colmo alla sezione di chiusura.

Operativamente sono state utilizzate le piogge derivate dalle curve di possibilità pluviometrica media, desunte dalla stazione pluviografiche considerate, aventi tempo di ritorno di 20 anni, tutte convolute con l'IUH derivante dal modello di NASH.

E' stato adottato uno ietogramma di tipo Chicago, di durata pari al tempo di corrivazione del bacino, stimata pari a 180 minuti, e picco di intensità posto ad un terzo della durata, che ha offerto buoni risultati nella ricostruzione di fenomeni analoghi in altro contesto.

Un'altra semplificazione introdotta nelle presenti elaborazioni è la costanza del valore di $\varphi = 0,15$ nel tempo.

Le elaborazioni così effettuate hanno fornito l'onda di piena definita dal seguente idrogramma:

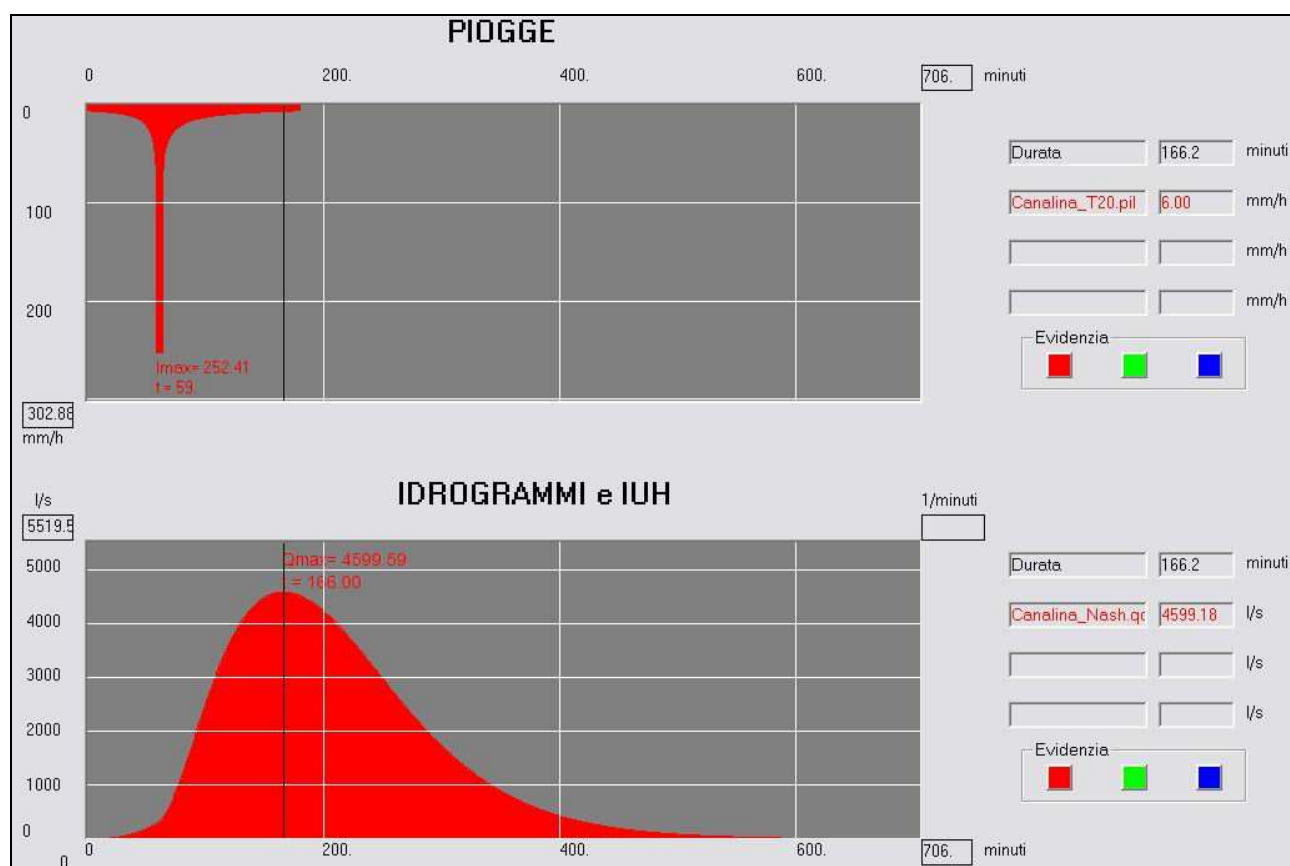


Figura 2 – Risultati delle elaborazioni effettuate utilizzando il programma di idrologia urbana “Urbis 2003” (a cura di P.Mignosa e A.Paoletti).

Nella tabella seguente vengono riportati sinteticamente i valori calcolati ritenuti significativi per il bacino oggetto di indagine.

Sezione di chiusura	Superficie bacino S	Lungh. asta	Quota Media	Tempo di corrivazione T_c	Portata di piena Q_{p20}	Tempo di ritorno
	(ha)	(km)	(m. slm)	(min)	(m^3/s)	(anni)
Cavo Canalina di Albinea – Via Tolstoj	610	9	120	180	4,6	20

Tabella 3 – Portate di piena del Cavo Canalina di Albinea calcolate alla sezione di interesse con riferimento a T_r = 20 anni.

5. VERIFICHE IDRAULICHE DEL CANALE E DEI RAMI DI COLLEGAMENTO DEL COMPARTO

In condizioni di moto uniforme la velocità media V_m è legata alle caratteristiche dell'alveo o condotto (pendenza, scabrezza, geometria trasversale) e della corrente (profondità, area bagnata, raggio idraulico) dalla legge del moto uniforme, che di norma si esprime a mezzo della formula di Chézy:

$$V_m = C\sqrt{Ri}$$

nella quale si è posto la pendenza i del fondo in luogo della cadente j ; si precisa inoltre che il coefficiente C si può esprimere, per esempio, con l'espressione di Strickler e/o di Kutter:

$$C = cR^{1/6}$$

dove c = coeff. di scabrezza di Gauckler-Strickler.

Dall'equazione precedente si ricava immediatamente il valore della portata:

$$Q = AC\sqrt{Ri}$$

Questa relazione che lega in modo univoco la portata Q all'altezza h in condizioni di moto uniforme, costituisce, adottando una locuzione dell'idraulica pratica, la "scala delle portate" della sezione.

Dall'applicazione della precedente relazione si determina, per la sezione di definitiva tombinatura del canale (che risulta una condotta circolare in c.a. del diametro interno di 1200 mm), la relativa scala delle portate, di seguito tabulata in termini di altezze di moto uniforme, portate defluenti e velocità medie sulla sezione.

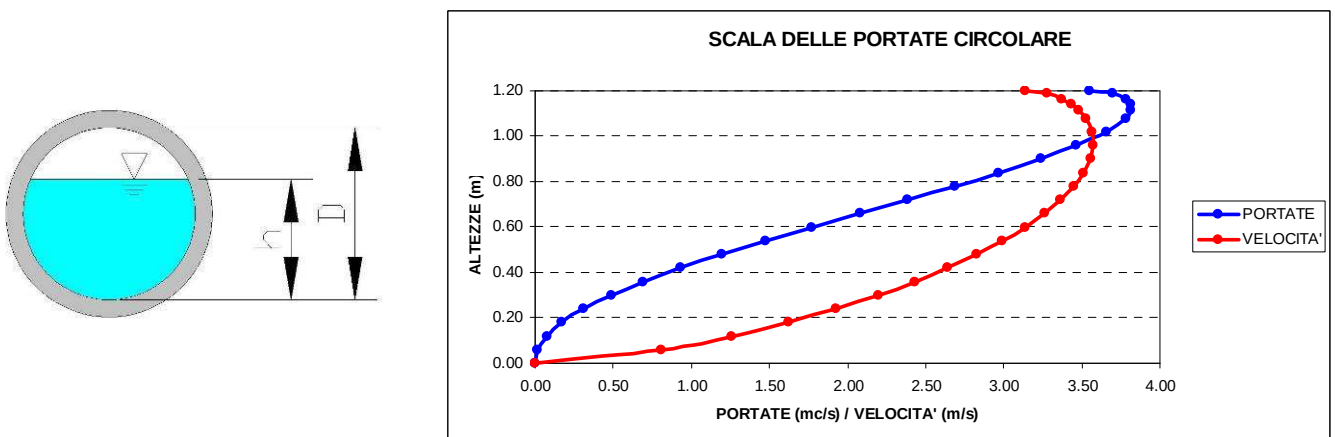


Figura 3 – Scala delle portate e delle velocità del Cavo Canalina di Albinea calcolata alla sezione di interesse.

AREA (mq)	PERIMETRO BAGNATO (m)	RAGGIO IDRAULICO (m)	PORTATA (mc/s)	BATTENTE (m)	VELOCITA' (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
0.02	0.54	0.04	0.017	0.06	0.81
0.06	0.77	0.08	0.074	0.12	1.26
0.11	0.95	0.11	0.172	0.18	1.62
0.16	1.11	0.14	0.311	0.24	1.93
0.22	1.26	0.18	0.486	0.30	2.20
0.29	1.39	0.21	0.695	0.36	2.43
0.35	1.52	0.23	0.933	0.42	2.64
0.42	1.64	0.26	1.196	0.48	2.83
0.49	1.76	0.28	1.478	0.54	2.99
0.57	1.88	0.30	1.774	0.60	3.14
0.64	2.01	0.32	2.078	0.66	3.26
0.71	2.13	0.33	2.384	0.72	3.36
0.78	2.25	0.35	2.684	0.78	3.45
0.85	2.38	0.36	2.970	0.84	3.51
0.91	2.51	0.36	3.235	0.90	3.56
0.97	2.66	0.37	3.468	0.96	3.58
1.02	2.82	0.36	3.656	1.02	3.57
1.07	3.00	0.36	3.781	1.08	3.53
1.10	3.13	0.35	3.815	1.12	3.48
1.11	3.23	0.34	3.812	1.14	3.43
1.12	3.35	0.33	3.781	1.16	3.37
1.13	3.53	0.32	3.697	1.19	3.27
1.13	3.77	0.30	3.548	1.20	3.14

Tabella 4 – Valori numerici della scala di deflusso del del Cavo Canalina di Albinea calcolata alla sezione di interesse.

D =diametro sezione (m)	i = pendenza media	Coeff. k di strickler	PORTATA Q (mc/s)	VELOCITA' V (m/s)
1,20	0.01	70	3,815	3,48

Tabella 5 – Dati riassuntivi della verifica idraulica condotta sul Cavo Canalina di Albinea alla sezione di interesse.

Supponendo che il deflusso avvenga in moto uniforme, ovvero senza risalti con il pelo libero parallelo al fondo, con un battente pari alla massima altezza meno un minimo franco, nell'ipotesi di una pendenza media dell'alveo pari all'1%, la portata massima smaltibile dal canale in corrispondenza della sezione analizzata, risulta essere pari a circa 3,8 mc/s; tale valore è da intendersi calcolato, altresì, in funzione di un coefficiente di scabrezza (Strickler) che tiene in considerazione la "rugosità" delle pareti del canale nello stato di verifica (sezione circolare in c.a.).

Nella definizione dei battenti di deflusso secondo la formula di Chèzy si è fissata una pendenza degli alvei desunta dalle quote di fondo dell'alveo in un tratto a cavallo delle sezioni di verifica.

6. CONCLUSIONI

Nel quadro della verifica effettuata risulta evidente come, relativamente a tempi di ritorno ventennali, la condotta con cui il Cavo Canalina viene tomlinata in corrispondenza di Via Tolstoj nei pressi del comparto di futura realizzazione non sia in grado di ricevere ulteriori apporti idrici, consentendo, in definitiva, il transito di circa 3.8 mc/s contro i circa 4.6 mc/s generati dal bacino del Cavo Canalina di Albinea chiuso alla sezione di interesse.

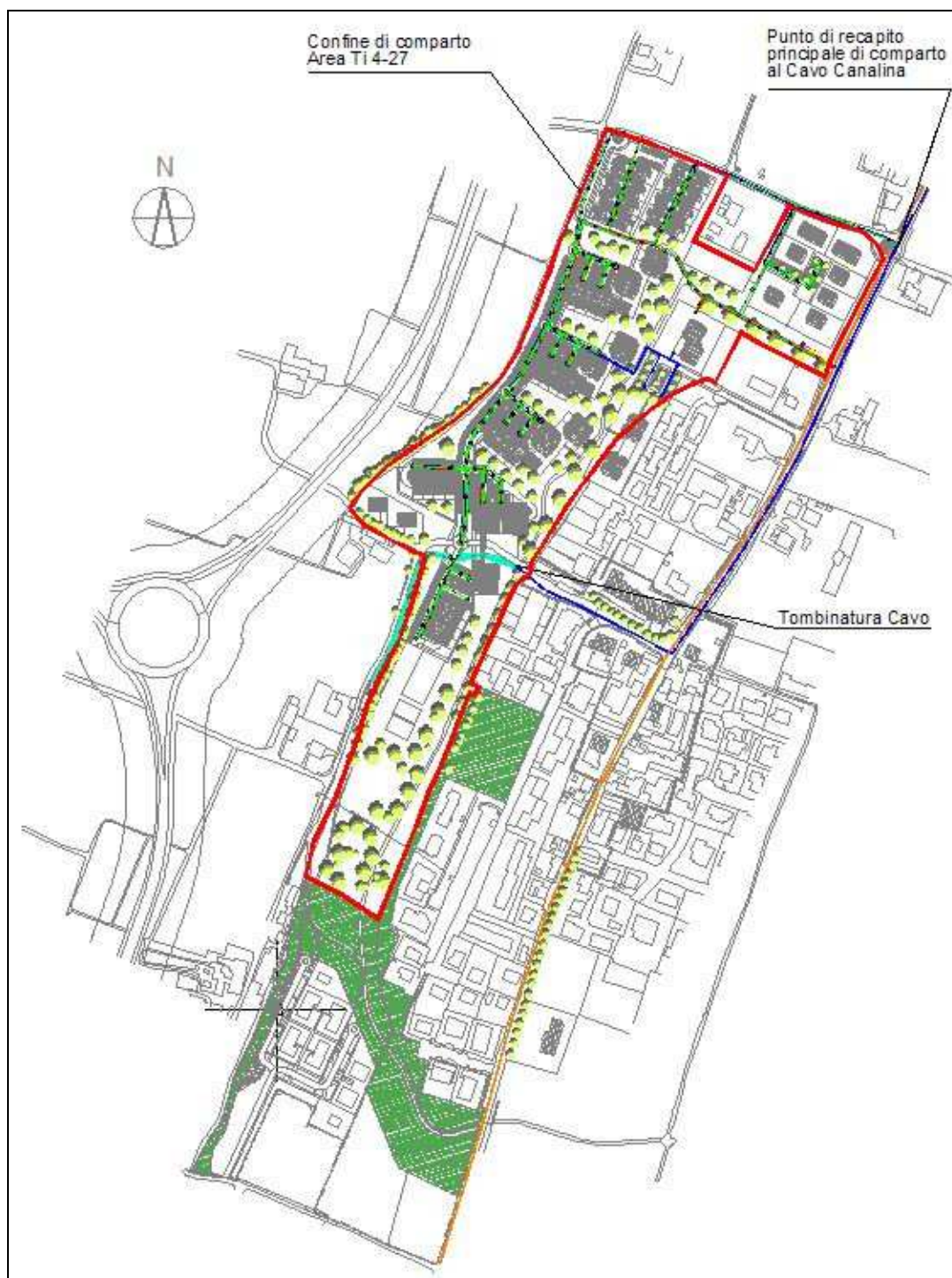


Figura 4 – Area Ti 4-27: indicazione dei punti di recapito principale al Cavo Canalina e di tombinatura definitiva del canale.

Il recapito al Cavo Canalina delle acque meteoriche generate dal comparto in previsione avverrà in massima parte in un punto ubicato in Via Tassoni, all'estremità Nord-Est dell'area oggetto di intervento, dove la sezione del cavo stesso è costituita da una condotta circolare di diametro pari a 1600 mm. Ciò considerato, unitamente al fatto che detta condotta scarica direttamente al Torrente Crostolo circa 1 km a più valle, non si ritiene vi siano particolari elementi di rischio idraulico connessi allo scarico delle portate meteoriche generate dalla zona da urbanizzare a valle della tombinatura del cavo.

Maggiore attenzione va invece posta agli scarichi che possono prevedersi a monte della tombinatura, nel tratto a cielo aperto del Cavo Canalina, e più in generale alle aree di futura urbanizzazione poste a Sud-Est del tracciato del canale: con riferimento ad un evento meteorico sintetico caratterizzato da tempo di ritorno ventennale il ricettore considerato manifesta fenomeni di sovraccarico causati dalla ridotta capacità di smaltimento delle portate della sezione tombinata nei confronti della piena generata dal bacino a monte. Il conseguente effetto di rigurgito ed innalzamento del pelo libero che può verificarsi nel tratto di canale a cielo aperto immediatamente a monte è da tenere in debita considerazione nell'ambito della prossima urbanizzazione dell'area, anche e soprattutto tenendo conto del fatto che un ulteriore aggravio degli apporti di portate meteoriche è da prevedersi in relazione a future impermeabilizzazioni dei suoli nel bacino imbrifero del corso d'acqua, ad oggi ancora di natura quasi totalmente permeabile.

In ogni caso, è doveroso sottolineare che le considerazioni alla base della definizione delle portate al colmo di piena nel canale sono state fatte in senso cautelativo, non tenendo conto della presenza di eventuali strozzature lungo l'asta idraulica determinate da brevi tratti tombinati in corrispondenza delle intersezioni con la viabilità, il che conduce generalmente ad una netta riduzione delle portate realmente osservabili rispetto a quanto stimato in linea teorica.

Si osserva altresì che, essendo il tempo di corrivazione del canale molto maggiore rispetto alla corrivazione del sottobacino costituito dal comparto in via di realizzazione, nell'ipotesi di precipitazione meteorica uniformemente distribuita sul territorio non si avrebbe concomitanza di transito delle onde di piena.