

Provincia di Livorno
Comune di Rosignano Marittimo

"LA CITTÁ AL MARE"
VARIANTE AL R.U. DI UN'AREA SITA
NEL COMUNE DI ROSIGNANO MARITTIMO
FRAZIONE DI VADA IN LOCALITÁ MAZZANTA

PROGETTO

- arch. **Mario Bartolommei** - Via Oberdan, 2 - 52100 - Arezzo - t. +39 0575 24200 - mario.bartolommei@gmail.com (capogruppo)

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

- **s+s studio** - **Diletta Storace e Nicola Spagni architetti** - Piazza San Firenze, 2 - 50122 - Firenze - t. +39 055 2654495 - info@essepiuesse.it

- **Sintesis s.r.l.** - **ing. Renato Butta** - Via Martin Luther King 15 - 57128 Livorno - t. +39 0586 815245 - Renato.Butta@sintesis.toscana.it

- **Prima Ingegneria** - **ing. Pietro Chiavaccini** - Via G. Civinini 8 - 57128 - Livorno - t.+39 0586 372660 - p.chiavaccini@primaingegneria.it

- **dott. Sergio Crocetti** - via Palestro, 49 - 57014 - Collesalveti (LI) - t. +39 0586 963040 - scroce@sysnet.it

COMMITTENZA

camping Rada Etrusca - via dei Cavalleggeri, 28 - 57018 - Vada (Rosignano Marittimo)

camping Molino a Fuoco - via dei Cavalleggeri, 32 - 57018 - Vada (Rosignano Marittimo)

camping Baia del Marinaio - via dei Cavalleggeri, 177 - 57018 - Vada (Rosignano Marittimo)

camping Campo dei Fiori - loc. Campo dei Fiori, 4 - 57018 - Vada (Rosignano Marittimo)

residence gli Oleandri - via dei Cavalleggeri - 57018 - Vada (Rosignano Marittimo)

IDS del Clero - Livorno - via dei Cavalleggeri - 57018 - Vada (Rosignano Marittimo)

sig. Vallini Gianfranco - via dei Cavalleggeri - 57018 - Vada (Rosignano Marittimo)

**RELAZIONE DI MESSA IN SICUREZZA
IDRAULICA**

TITOLO

009

ELABORATO

SCALA

DESCRIZIONE

STATO

07-04-2014

DATA PRESENTAZIONE

DATA APPROVAZIONE

02
REVISIONE

NB
ESECUZIONE

PC
APPROVAZIONE



INDICE

1. INTRODUZIONE	2
1.1 DESCRIZIONE DEL TERRITORIO E DELLO STATO ATTUALE DELLA RETE DI COLLETTORI	3
1.2 INTERVENTI DI PROGETTO.....	5
2. MODELLO IDROLOGICO	8
2.1 PREMESSA.....	8
2.2 LA PLUVIOMETRIA.....	8
2.3 IETOGRAMMI	11
2.4 PERDITE IDROLOGICHE.....	12
2.5 MODELLI AFFLUSSI DEFLUSSI.....	15
3. SIMULAZIONE ED ANALISI IDRAULICA DELLA RETE.....	20
4. CONCLUSIONI.....	24
APPENDICE 1.....	27

1. INTRODUZIONE

La presente relazione è la revisione prima della relazione già presentata in fase di istruttoria e comprende gli aspetti e le necessità sorte in tale fase istruttoria.

Gran parte delle aree oggetto della presente variante al regolamento urbanistico ricadono in PIE e PIME sia secondo il vigente R.U. (Figura 1) e in PIME che secondo il P.A.I. Bacino Toscana Costa (Figura 2), condizioni che vincolano l'attuazione di nuove edificazioni alla contestuale o preventiva realizzazione di interventi di messa in sicurezza idraulica sui corsi d'acqua o sulle cause dell'insufficiente drenaggio (all. A art. 3.2.2.1 del DPGR 53/R). Le opere di messa in sicurezza idraulica sono inoltre indispensabili per consentire l'attuazione degli interventi in accordo a quanto indicato dall'art 2 comma 3 lett. f della LR 21/2012 che sottopone la realizzazione di interventi edilizi alla preventiva esecuzione di opere di messa in sicurezza idraulica che possano declassificare le aree ad una pericolosità idraulica inferiore.

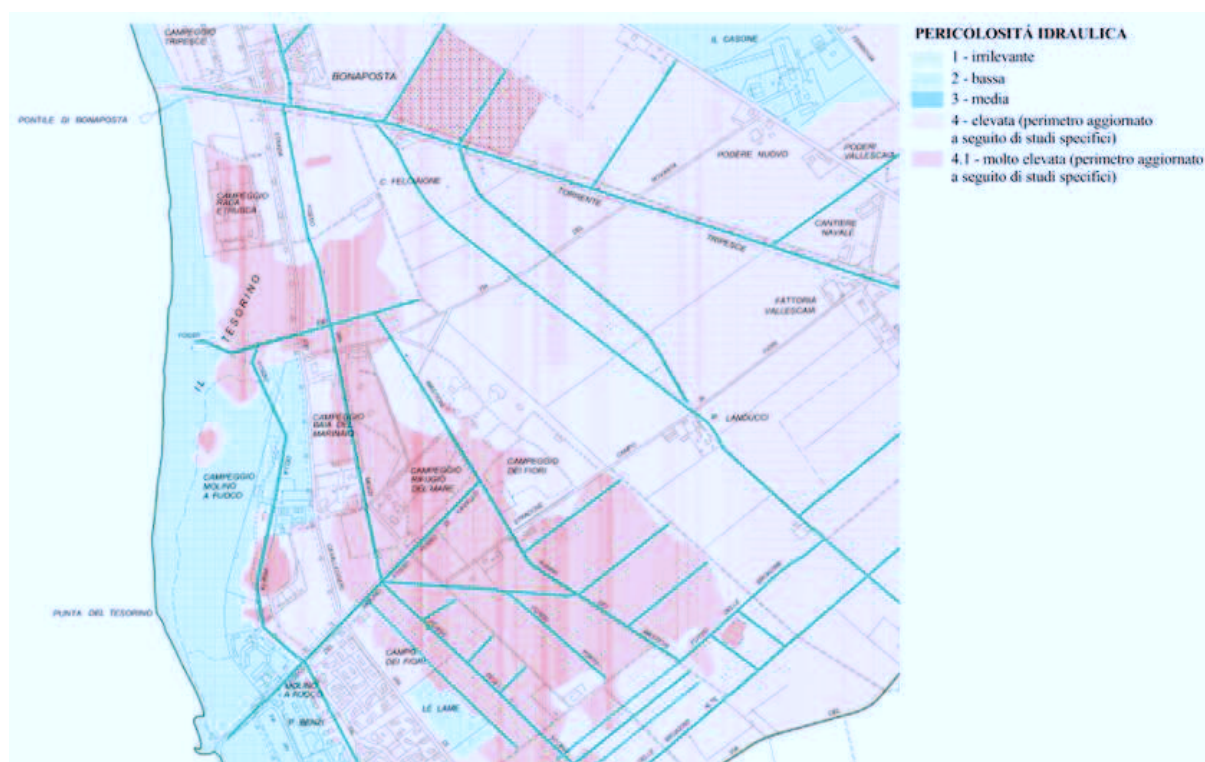


Figura 1. Perimetrazione della pericolosità idraulica ai sensi del vigente R.U.

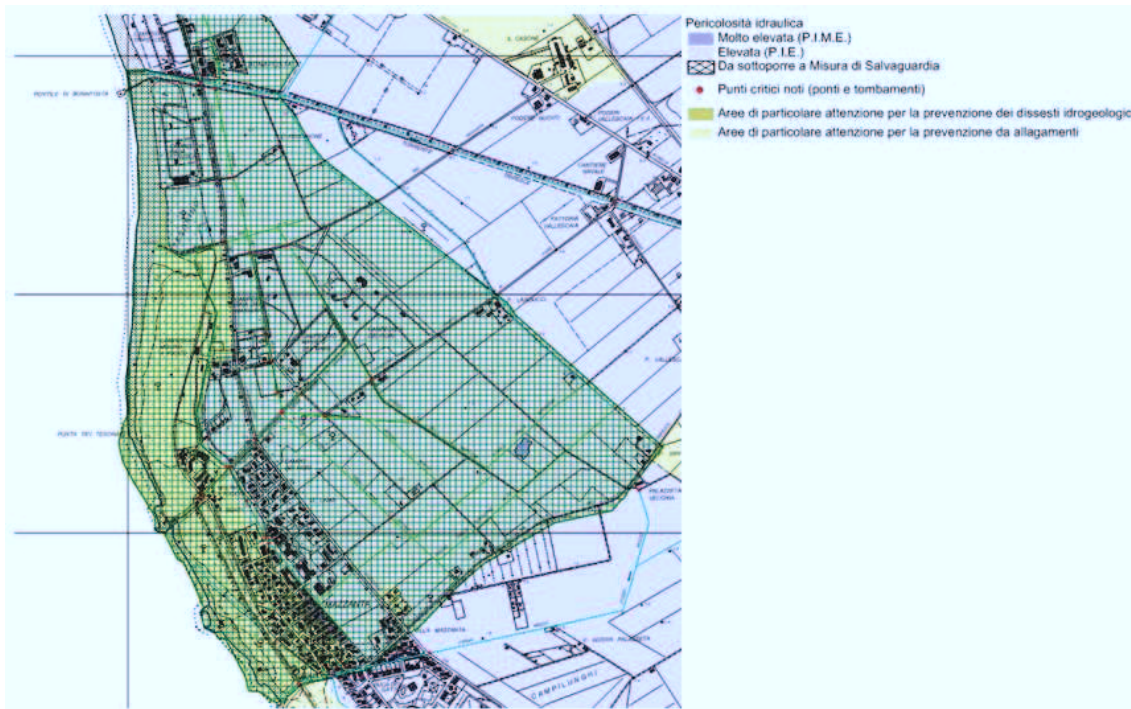


Figura 2. Perimetrazione della pericolosità idraulica ai sensi del P.A.I. Bacino Toscana Costa

Con la presente relazione e relativi elaborati grafici si effettua un primo studio idrologico-idraulico volto alla progettazione degli interventi di messa in sicurezza idraulica per eventi sino a tempi di ritorno di 200 anni. Il presente progetto costituisce una guida di riferimento per il successivo livello di progettazione da presentarsi unitamente al Piano Attuativo che dovrà definire nel dettaglio gli interventi di messa in sicurezza idraulica e non rappresenta modifica delle classi di pericolosità indicate nei vigenti strumenti di pianificazione del territorio, che quindi vengono confermate assieme alle condizioni di fattibilità espresse in sede di regolamento urbanistico. In particolare gli interventi proposti sono coerenti con quanto indicato nello studio del dott. Geol Paolo Squarci (marzo 2007) "Verifiche sul rischio idraulico del territorio comunale a sud di Vada" e nello studio idrologico –idraulico a supporto del R.U. effettuato dal Consorzio di Bonifica Colline Livornesi e la presente relazione ne costituisce un approfondimento.

1.1 DESCRIZIONE DEL TERRITORIO E DELLO STATO ATTUALE DELLA RETE DI COLLETTORI

Il territorio oggetto di variante presenta in più zone quote altimetriche poco al di sopra del livello medio mare. Attualmente le acque vengono inviate tramite una rete di collettori nel Fosso del Molino dal quale vengono sollevate con un impianto idrovoro verso il mare. Il bacino idrico spettante all'impianto è di circa 3.2 km². Negli studi idraulici allegati al R.U. si evidenzia come anche per eventi con tempi di ritorno di 20 anni l'impianto idrovoro non sia sufficiente allo

smaltimento della corrispondente portata con conseguenti allagamenti delle aree maggiormente depresse.

I fossi presenti nella rete di collettori dell'area in oggetto di variante sono riportati in Tabella 1 in cui è indicata la lunghezza e la relativa area di sottobacino idrografico. I bacini idrografici e la rete di collettori sono individuati in Figura 3.

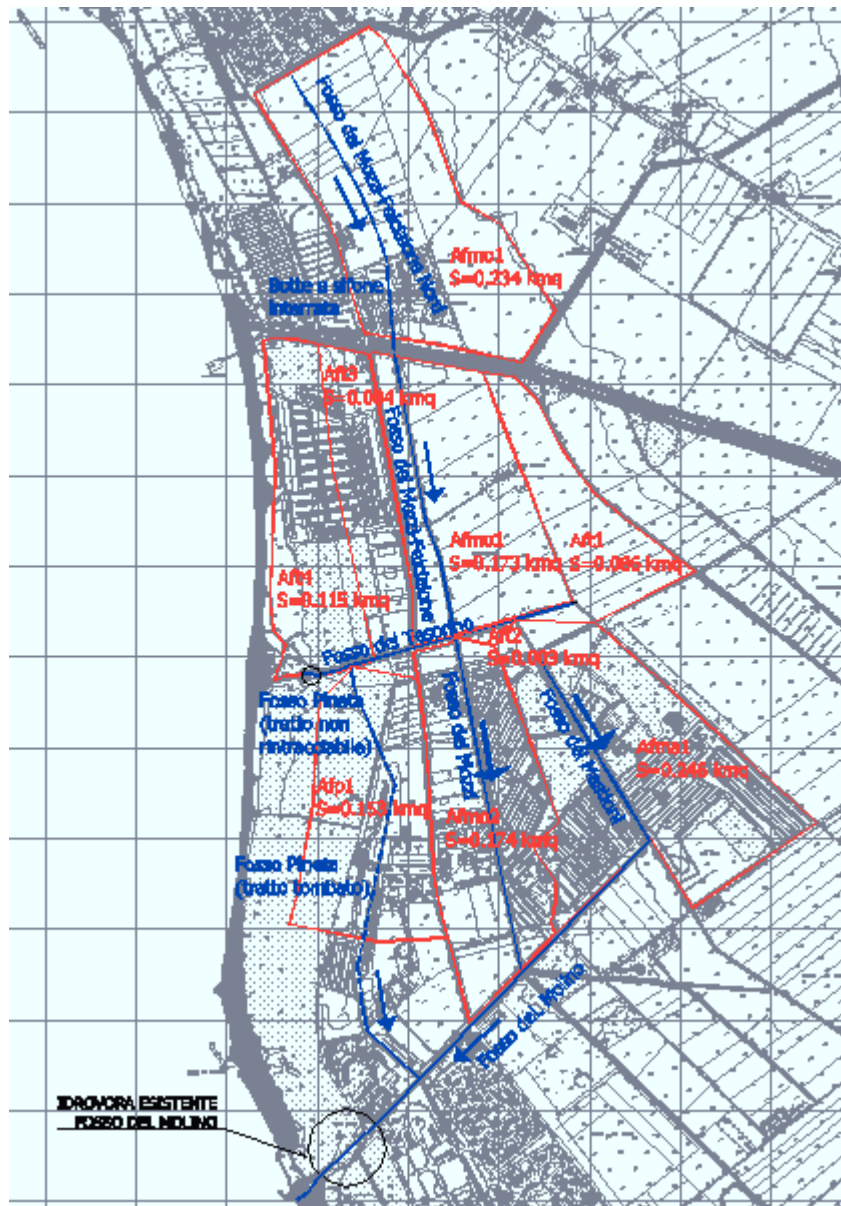


Figura 3. Rete attuale dei collettori con indicazione dei bacini idrografici



Bacino/sottobacini	Superficie (kmq)
F. Tesorino1	0,086 (Aft1)
F. Mastioni	0,246 (Afma1)
F. Tesorino2	0,003 (Aft2)
F. Mozzi-Felciaione Nord	0,234 (Afmo Nord)
F. Mozzi-Felciaione 1	0,173 (Afmo1)
F. Mozzi2	0,174 (Afmo2)
F. Tesorino3	0,084 (Aft3)
F. Pineta	0,153 (Afp1)
F. Tesorino4	0,114 (Aft4)

Tabella 1 Bacini e sottobacini

In generale i fossi presentano delle pendenze molto basse dell'ordine dello 0.04-0.06%.

Il F. Pineta si presenta per un lungo tratto tombato (in corrispondenza del campeggio Molino a Fuoco) con una tubazione di diametro 800 mm. Nel tratto di confluenza con il F. Tesorino non è più rinvenibile la sezione del F. Pineta (folta presenza di vegetazione e interramento).

Il F. del Tesorino che si sviluppa parallelamente al F. del Molino ha attualmente la foce totalmente occlusa dalla spiaggia e dalle dune.

Il F. dei Mozzi-Felciaione Nord è collegato al F. dei Mozzi-Felciaione 1 tramite una botte a sifone che da sopralluogo effettuato è completamente interrata. Nella situazione attuale le acque del fosso a Nord non possono quindi raggiungere il F. dei Mozzi – Felciaione 1. Nell'analisi idraulica effettuata si è comunque considerato che la portata da nord riesca a raggiungere la rete idraulica a sud. Nel futuro, analogamente, a quanto già previsto dagli studi sopra citati del Geol. Paolo Squarci e dal Consorzio di Bonifica Colline Livornesi, è auspicabile che il F. dei Mozzi-Felciaione Nord sia sconnesso idraulicamente dalla rete idraulica di interesse per l'area oggetto di variante e faccia confluire le proprie acque a mezzo di un nuovo impianto idrovoro nel F. Circolare immediatamente a sud di Vada.

Le aree a nord del Tripesce facenti parte del F. dei Mozzi-Felciaione Nord non sono oggetto di messa in sicurezza idraulica del presente progetto non rientrando nelle aree soggette a variante urbanistica.

Le sezioni d'alveo dei fossi ai quali si è fatto riferimento sono frutto di rilievi speditivi da parte dello scrivente, mentre per le quote altimetriche del territorio si è fatto riferimento ai dati Lidar forniti dal Comune di Rosignano Marittimo.

1.2 INTERVENTI DI PROGETTO

Analogamente a quanto già previsto dagli studi idraulici allegati al Regolamento Urbanistico, si prevede di dividere la rete dei collettori del territorio in esame dalla restante rete facente capo

all'impianto del F. del Molino. La divisione comporta la realizzazione di un nuovo impianto idrovoro a valle (lato mare) di Via dei Cavalleggeri che solleva le acque in un nuovo canale che ha come recettore finale il mare. La posizione è stata definita in base a valutazioni ambientali e di compatibilità con la riserva delle biodiversità del tombolo di Cecina. Il nuovo canale si prevede di realizzarlo con tecniche di ingegneria naturalistica. L'impianto idrovoro attualmente è ipotizzato in 3 pompe con portata da 1 mc/s per una prevalenza di circa 4 m. Il funzionamento dell'impianto dovrà mantenere i livelli liquidi che vengono normalmente mantenuti dall'attuale impianto in modo da non peggiorare il fenomeno dell'intrusione del cuneo salino.

Riprendendo anche spunto dal catasto Leopoldino riportato in Figura 4 dove molte aree erano soggette a naturali allagamenti data l'esigua quota del territorio rispetto al livello medio mare, si è cercato di intervenire sul territorio ricreando per quanto possibile delle ben definite aree che possono essere soggette ad allagamenti. Sono state in particolar modo individuate due aree in testa al F. del Tesorino.



Figura 4- Catasto Leopoldino dell'area in esame

In queste aree si prevede di abbassare il piano campagna sino alla quota di -0.4 mt (nel caso in cui in un'area sia realizzato un laghetto artificiale, il massimo livello liquido di tale laghetto non dovrà superare la quota di -0.4 mt in modo da lasciar spazio al volume alle acque che si prevede



possono esservi raccolte). Il piano di campagna non può essere abbassato sotto la quota di -0.4 pena la possibilità di intercettare la falda. La superficie complessiva delle aree di laminazione è di circa 2.53 ha e le vasche saranno dotate di argini (orientativamente sino ad una quota di +0.5/+1 mt sopra il liv. medio mare) e di tubazioni e soglie di sfioro per la restituzione della portata invasata funzionanti a gravità. La restituzione delle acque avverrà spontaneamente quando il livello liquido nei fossi sarà sceso ad una quota inferiore a quella delle vasche (situazione in cui le portate critiche di maggiore pericolosità sono già state smaltite dalla rete e dall'impianto idrovoro). La realizzazione di queste aree di laminazione permette l'installazione di un impianto idrovoro di minor potenza.

Nella tavola grafica allegata si individua un'area di possibile utilizzo per la compensazione dei volumi di acqua provenienti anche dal Tripesce di estensione pari a 2.78 ha.

A seguito di maggiori approfondimenti plano-altimetrici potrà realizzarsi il ripristino del tratto a cielo aperto del F. Pineta che sfocia nel F. del Tesorino (già nel catasto Leopoldino era presente tale fosso) con l'interposizione di una paratoia mobile in modo da scollegare eventualmente il tratto tombato dal F. del Tesorino.

Altri interventi previsti sono la risagomatura dei canali, la realizzazione di modeste arginature nelle aree maggiormente depresse e la realizzazione di un nuovo canale di guardia lungo via dei Cavalleggeri in cui possono anche essere convogliate le fognature pluviali delle nuove costruzioni.

Si rende inoltre necessario ricostruire l'attraversamento del F. Tesorino in corrispondenza di via dei Cavalleggeri con uno scatolare in c.a. di base 3.5 mt e altezza 2 m. Altro scatolare (base 1.6 mt e altezza 2 m) dovrà esser previsto lungo il F. dei Mastioni in corrispondenza di via del Novanta. Anche il canale di laminazione e le opere di restituzione delle acque prevedono la realizzazione di attraversamenti stradali.

Si prevede infine la realizzazione di una modesta arginatura a sud delle aree di proprietà dei campeggi Baia del Marinaio e Campo dei Fiori contro possibili allagamenti provenienti dal F. del Molino.

Per le nuove costruzioni, allo stato attuale delle conoscenze ed in particolare per l'area adiacente allo sbocco del F. Pineta nel F. del Molino, il piano del pavimento finito del primo solaio fuori terra non potrà essere impostato a quota inferiore di +1.00 metri rispetto al livello medio mare. L'area adiacente allo sbocco del F. Pineta nel F. del Molino continuerà a riversare le proprie acque di pioggia nel F. del Molino e la realizzazione in detta area oggetto di variante di nuove costruzioni non comporta comunque un aggravio di rischio per il F. del Molino poiché con la realizzazione del nuovo impianto idrovoro il F. del Molino perde una superficie di bacino pari a circa 1.26 kmq.



Attualmente al F. del Molino fa infatti capo un bacino di circa 3.2 kmq, mentre con la realizzazione delle opere idrauliche del presente progetto il bacino si riduce a 1.94 kmq.

2. MODELLO IDROLOGICO

2.1 PREMESSA

Per i fossi della rete in esame non sono disponibili i calcoli degli idrogrammi di piena attraverso l'utilizzo del modello AITO, si è perciò provveduto a determinare gli idrogrammi di piena con noti modelli idrologici di letteratura come di seguito illustrato.

2.2 LA PLUVIOMETRIA

Nell'area in esame le stazioni pluviometriche gestite dal Servizio Idrologico Regionale non dispongono di serie storiche di dati molto aggiornate. Per le piogge di durata tra 1 e 24 ore si sono aggregati i dati di più stazioni prossime all'area di interesse: stazione di Cecina Terriccio Basso (TOS10002060, serie dal 1979 al 1998), stazione di Vada Bonifica (TOS10002050, serie dal 1999 al 2009) e stazione Cecina 11000002 (ex ARSIA ora confluita nel Settore Fitosanitario Regionale, serie dal 2003 al 2012). Seguono le tabelle con i dati pluviometrici considerati.

Tabella 2. Serie di dati relativa alla stazione pluviometrica di Cecina Terriccio Basso TOS10002060

Anno	1h	3h	6h	12h	24h
1979	22.60	30.40	33.80	43.20	58.60
1980	53.20	53.40	55.40	55.80	55.80
1981	28.00	28.00	32.20	52.20	80.20
1982	32.00	65.80	73.20	80.40	80.60
1983	26.00	58.40	62.80	66.00	85.40
1984	34.80	37.40	40.00	48.80	62.00
1985	12.20	25.00	32.80	36.00	40.00
1986	18.80	31.40	51.20	56.20	64.80
1987	34.60	47.80	62.20	67.80	100.80
1988	16.40	38.60	47.40	48.80	50.60
1989	41.20	69.60	70.40	70.60	71.20

1991	71.40	106.80	129.00	137.20	148.80
1993	27.80	45.20	73.60	74.80	74.80
1994	19.00	47.20	55.60	58.60	63.00
1995	30.40	31.60	35.00	38.60	55.40
1996	22.60	48.40	56.40	61.40	68.00
1997	56.00	68.80	69.00	69.00	69.00
1998	17.60	29.80	31.20	31.20	31.20

Tabella 3. Serie di dati relativa alla stazione pluviometrica di Vada Bonifica TOS10002050

Anno	1h	3h	6h	12h	24h
1999	29.4	68.4	114.4	117.2	137.4
2000	32.6	49.2	66.8	74.4	80
2001	34	72.4	79.6	81.6	84.6
2002	21.4	53	53	55	73
2003	21.2	24.4	24.6	35	39.8
2004	18	23.8	35.3	42	46
2005	16.1	25.4	29	34.6	40
2006	39.2	60.5	70.4	75.8	77.2
2007	20.6	36.4	38.1	52.3	63.2
2008	23	26.2	37.6	44.4	56.6
2009	13.6	26.3	34.6	36	37.6

Tabella 4. Serie di dati relativa alla stazione pluviometrica di Cecina 1100002

Anno	1h	3h	6h	12h	24h
2003	16.8	19	28.8	39.6	41
2004	20.4	23.2	28	29.4	41.6
2005	41	51	52.8	69	73
2006	34	51.4	71.8	102.2	112.2
2007	54.4	86.6	140.8	147	167.4
2008	24.8	27	37.4	42.2	53.4



2009	36.2	36.8	43	51.2	70
2010	44.6	46.6	51.2	58.8	69.4
2011	20.6	21	28.8	34.6	40.2
2012	28.8	39.4	39.6	43.4	46

Per determinare le curve di possibilità pluviometrica relative a diversi tempi di ritorno, i dati della serie sono stati sottoposti ad analisi statistica utilizzando la distribuzione di Gumbel che permette di individuare sia i valori dell'altezza di pioggia corrispondenti ad un prefissato tempo di ritorno T_r , sia il tempo di ritorno T_r corrispondente ad un dato valore dell'altezza in esame.

Il valore del tempo di ritorno è legato a quello della probabilità di superamento (probabilità che l'evento X assuma un valore maggiore od uguale ad x) dalla seguente relazione :

$$P(X > x) = 1/T_r$$

Il valore della probabilità di non superamento risulta:

$$P(X < x) = 1 - P(X > x) = 1 - 1/T_r$$

In Tabella 5 sono riportati i valori di a ed n relativi alle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica ($h=at^n$) per piogge di durata superiore ad 1h.

Tabella 5. Parametri a e n delle curve segnalatrici per vari tempi di ritorno

Tempo di ritorno	t > 1ora	
	a	n
10 anni	50.21 mm	0.23
20 anni	58.32mm	0.23
30 anni	63.00 mm	0.23
50 anni	68.83 mm	0.23
100 anni	76.71 mm	0.23
200 anni	84.56 mm	0.23

Le curve di possibilità pluviometriche così ottenute sono aggiornate ai dati più recenti rispetto a quanto individuato dalla Regione Toscana con il progetto AITO (Alluvioni in Toscana, aggiornamento al 2002) relativamente alla stazione di Vada Bonifica per la quale valgono i seguenti parametri (curva $h=at^n Tr^m$):

$a=26.173$, $n=0.251$ e $m=0.2$.



Relativamente alle piogge di breve intense ($t < 1$ h), anche in questo caso non vi sono a disposizione dati di serie storiche molto aggiornate e l'unica stazione disponibile e maggiormente attendibile è quella di Vada Bonifica con i parametri derivanti dal progetto AITO (aggiornamento al 2002) determinati secondo una legge statistica tipo GEV, e relativi ad una curva di possibilità climatica e pluviometrica del tipo:

$$h = at^n T_r^m$$

dove h è l'altezza di pioggia cumulata espressa in mm, t la durata in ore e T_r il tempo di ritorno (espresso in anni). I valori dei coefficienti a , n e m assunti sono riportati in Tabella 6.

STAZIONE	t<1h		
	<i>a</i>	<i>n</i>	<i>m</i>
Vada Bonifica	25.717	0.333	0.162

Tabella 6 Stazioni di misura

Come meglio evidenziato nel seguito, la durata delle piogge critiche per i vari collettori è per lo più superiore all'ora, e quindi la quest'ultima curva di possibilità pluviometrica assume minore importanza.

Si è inoltre trascurato il fattore di riduzione areale (modesta estensione dell'area), procedendo pertanto a favore di sicurezza.

2.3 IETOGRAMMI

L'andamento temporale dell'evento pluviometrico è stato schematizzato ricorrendo ad un ietogramma sintetico, che pur non rappresentando il reale andamento dell'evento di pioggia, introduce, nelle procedure di trasformazione afflussi-deflussi, una variabilità temporale della pioggia in grado di produrre risultati tali da ritenersi cautelativi. La legge di distribuzione che si introduce rappresenta, in tal modo, lo ietogramma di "progetto" o ietogramma "sintetico". Per lo studio in questione, tra gli ietogrammi noti in letteratura, si è deciso di utilizzare quello ad intensità costante (IDF) e di considerare eventi pluviometrici di durata t variabile dalle 1 alle 24 h ed aventi tempi di ritorno pari a 20, 30, e 200 anni. Lo ietogramma ad intensità costante tende inoltre a massimizzare i volumi, condizione cautelativa per lo scopo del presente lavoro anche in relazione alla determinazione dei volumi di laminazione come di seguito evidenziato.



2.4 PERDITE IDROLOGICHE

Per la determinazione delle perdite di bacino è stato utilizzato il metodo del CN del Soil Conservation Service che consente di determinare il deflusso corrispondente allo scorrimento superficiale di bacini per i quali non esistono osservazioni di deflusso.

Il metodo si basa sul concetto che il deflusso superficiale è nullo fino a che non è raggiunto un valore minimo pari alle perdite iniziali I_a . In letteratura tecnica è riconosciuta l'esistenza di una correlazione positiva fra la perdita iniziale I_a e la capacità di ritenzione potenziale S espressa dalla seguente espressione:

$$I_a = 0.2S$$

dove S è la capacità di ritenzione potenziale S cioè la quantità di acqua immagazzinabile nel bacino, definita come: $S = 25.4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$.

S dipende da CN (Runoff Curve Number), parametro determinato mediante le tabelle in funzione della natura del terreno, del tipo di copertura vegetale e del corrispondente grado di imbibizione.

Dopo aver stabilito, attraverso la Tabella 7 e la Tabella 8, la natura del terreno dal punto di vista idrogeologico e la copertura del suolo (vegetale e non) si risale, utilizzando la Tabella 9, al valore del CN relativo ad una condizione media di umidità del terreno antecedente l'evento di pioggia considerato (AMC II: Antecedent Moisture Condition classe II).

L'appartenenza al gruppo del suolo è stata definita in base alla carta della permeabilità della Regione Toscana, mentre l'uso del suolo è stato individuato nel dettaglio grazie alla relativa carta allegata al Regolamento Urbanistico.

La classe AMC viene individuata confrontando le condizioni medie di umidità del bacino in esame con quelle riportati in Tabella 10. La conversione del valore del CN ai valori corrispondenti per le classi AMC I e AMC III viene effettuata attraverso formule:

$$CN_I = \frac{CN_{II}}{2.3 - 0.013 \cdot CN_{II}}$$

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057 \cdot CN_{II}}$$



GRUPPO	DESCRIZIONE
A	(Suoli a basso potenziale di scorrimento superficiale). I suoli di questo gruppo presentano un tasso di infiltrazione elevato anche quando sono completamente bagnati. Sono costituiti principalmente da sabbie o ghiaie di notevole spessore, con drenaggio da buono a eccessivo.
B	I suoli di questo gruppo presentano un tasso di infiltrazione moderato quando sono completamente bagnati. Sono principalmente suoli di spessore moderatamente elevato o elevato, con drenaggio da moderatamente buono a buono e con tessitura moderatamente fine a moderatamente grossolana.
C	I suoli di questo gruppo presentano un tasso di infiltrazione basso quando sono completamente bagnati. Sono principalmente suoli con uno strato che impedisce il movimento discendente dell'acqua, oppure suoli con tessitura da moderatamente fine a fine.
D	(Suoli ad alto potenziale di scorrimento). I suoli di questo gruppo presentano un tasso di infiltrazione bassissimo quando sono completamente bagnati. Sono principalmente suoli argillosi con un alto potenziale di rigonfiamento, suoli con una falda permanentemente alta, suoli con uno strato di argilla alla superficie o presso la superficie e suoli sottili giacenti sopra materiale pressoché impermeabile.

Tabella 7 Classificazione litologica dei suoli secondo SCS

USO DEL SUOLO	Codice CORINE
Tessuto Urbano continuo	111
Tessuto Urbano discontinuo	112
Aree industriali o commerciali	121
Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	122
Aree portuali	123
Aree estrattive	131
Cantieri	133
Aree verdi urbane	141
Seminativi in aree non irrigue	211
Vigneti	221
Fruteti e frutti minori	222
Oliveti	223
Prati Stabili	231
Sistemi colturali e particellari complessi	242
Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali (formazioni vegetali naturali, boschi, lande, ecc.)	243
Boschi di latifoglie	311
Boschi di conifere	312
Boschi misti	313
Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota	321
Brughiere e cespuglietti	322
Aree a vegetazione sclerofilla	323



Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	324
Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti	332
Aree con vegetazione rada	333
Aree percorse da incendi	334

Tabella 8 Classificazione dei suoli secondo il Codice CORINE

Codice CORINE	CN(A)	CN(B)	CN(C)	CN(D)
111	89	92	94	95
112	77	85	90	92
121	81	88	91	93
122	98	98	98	98
123	98	98	98	98
131	72	82	87	89
133	77	86	91	94
141	39	61	74	80
211	72	81	88	91
221	72	81	88	91
222	62	71	78	81
223	72	81	88	91
231	30	58	71	78
242	68	79	86	89
243	45	66	77	83
311	45	66	77	83
312	36	60	73	79
313	25	55	70	77
321	68	79	86	89
322	49	69	79	84
323	39	61	74	80
324	36	60	73	79
332	72	82	87	89
333	30	58	71	78
334	30	58	71	78

Tabella 9 Parametri CN relativi alla classe II di umidità (AMC) per le quattro classi litologiche e per i vari tipi di uso del suolo

CLASSE AMC	STAGIONE DI RIPOSO	STAGIONE DI CRESCITA
I	< 12.7	< 35.5
II	12.7 -28.0	35.5 - 53.3
III	>28.0	> 53.3

Tabella 10 Condizioni di umidità antecedenti individuate in base alla precipitazione totale nei 5 giorni precedenti

Relativamente allo studio in esame, per il calcolo del CN, è stato fatto riferimento ad una condizione cautelativa del tipo AMCIII (Tabella 11).

Bacino/sottobacini	Superficie (kmq)	CN(III)
F. Tesorino1	0,086 (Aft1)	76

F. Mastioni	0,246 (Afma1)	76
F. Tesorino2	0,003 (Aft2)	60
F. Mozzi – Felciaione Nord	0,234 (Afmo Nord)	77
F. Mozzi- Felciaione1	0,173 (Afmo1)	61
F. Mozzi2	0,174 (Afmo2)	77
F. Tesorino3	0,084 (Aft3)	75
F. Pineta	0,153 (Afp1)	78
F. Tesorino4	0,114 (Aft4)	64

Tabella 11 Valori del CN per i vari bacini e sottobacini in condizione AMCIII

Lo schema idrologico adottato è riportato in Figura 5 dove il F. del Tesorino 4 rappresenta il tratto finale della rete di collettori al termine del quale si prevede l'installazione di un impianto idrovoro.

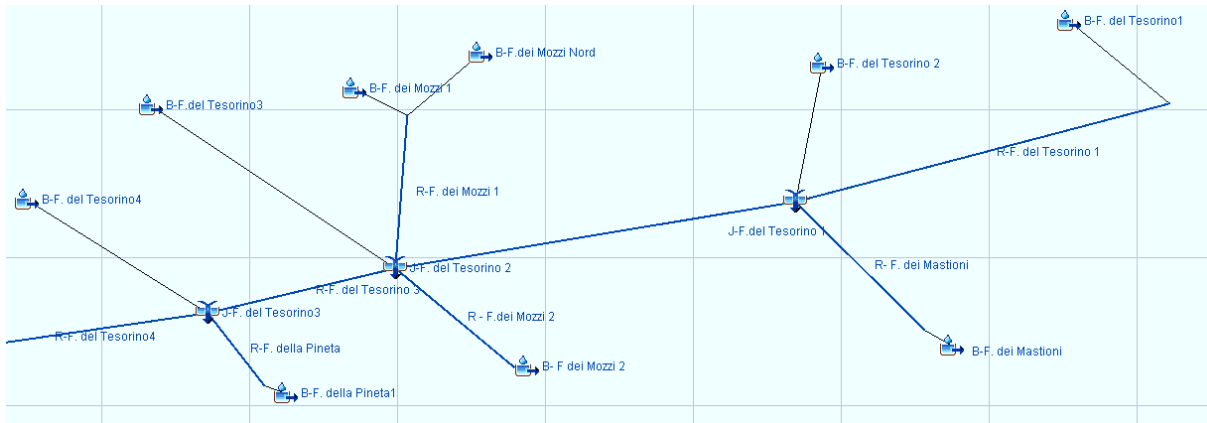


Figura 5 Schema idrologico

2.5 MODELLI AFFLUSSI DEFLUSSI

Il calcolo idrologico è stato effettuato considerando il metodo dell'idrogramma unitario del SCS in cui è necessario definire un tempo di ritardo (lag time). Per la valutazione di tale parametro sono state impiegate le formule del tempo di corrvazione di Pasini e Pezzoli di seguito riportate (formule utilizzate in comprensori di bonifica e comunque pianeggianti):

$$T_c = 0.108 \times \frac{(S \times L)^{\frac{1}{3}}}{i^{0.5}} \text{ - Pasini;}$$

$$T_c = 0.55 \times \frac{L}{i^{0.5}} \text{ - Pezzoli;}$$

dove L=lunghezza asta in km, i pendenza media del bacino e S superficie del bacino in km².



Dei valori così ottenuti ne è stata fatta la media, e il tempo di ritardo è assunto pari a $0,6T_c$ per ogni sottobacino esaminato.

I valori dei tempi di ritardo sono riportati di seguito nella Tabella 12.

Bacino/sottobacini	T (min)	T (h)
F. Tesorino1	23.1	0.38
F. Mastioni	77.5	1.29
F. Tesorino2	11.7	0.20
F. Mozzi – Felciaione Nord	86.1	1.44
F. Mozzi- Felciaione 1	77.1	1.28
F. Mozzi2	85.9	1.37
F. Tesorino3	31.3	0.52
F. Pineta	82.1	1.37
F. Tesorino4	36.0	0.60

Tabella 12 Tempi di ritardo impiegati nel modello di trasformazione afflussi deflussi

Come si noti i valori del tempo di ritardo sono compresi fra 0.5 e 1.5 ore. Effettuando la simulazione con il modello prescelto di afflussi-deflussi per tempi di pioggia variabile dai 20 minuti sino alle 6 ore, si nota come la durata di pioggia critica che da luogo alla maggior portata nel tratto terminale sia per il tempo di ritorno di 200 anni pari a 3 ore.

L'analisi idraulica svolta nel seguito è stata eseguita per tempi di ritorno di 200 anni sia con durata della pioggia pari a quella critica per la portata nel tratto finale (3 ore) che per la durata di 6 ore tendente a massimizzare i volumi di laminazione. Gli affluenti del Tesorino per le piogge di durata sopra detta raggiungono valori di portata inferiori rispetto ai loro massimi, ma si massimizza il volume di acqua che affluisce al corso principale e si determinano profili di rigurgito maggiormente gravosi per il territorio in esame.

Seguono gli idrogrammi di piena per tempi di pioggia pari a 3 ore per tempo di ritorno di 200 anni utilizzati nella modellazione idraulica: tali idrogrammi sono posti in testa ai vari tratti di collettore. La notazione è relativa allo schema di Figura 5 (schema di HEC-HMS).

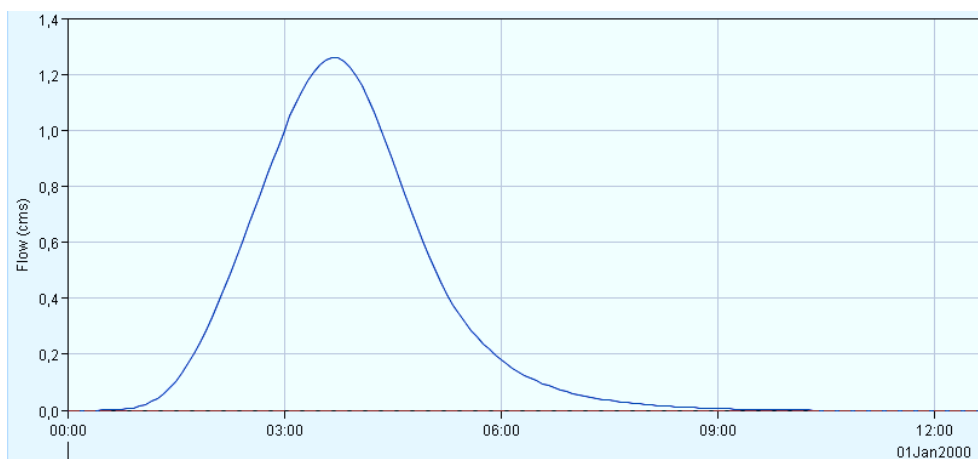


Figura 6. Idrogramma di piena per Tr 200 anni e $T_p=3$ ore in testa al F. dei Mozzi Nord

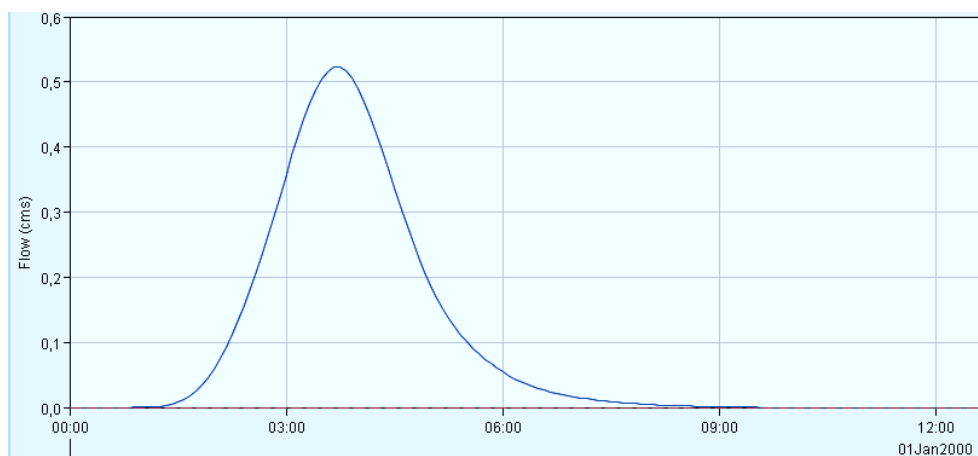


Figura 7. Idrogramma di piena per Tr 200 anni e $T_p=3$ ore in testa al F. dei Mozzi 1

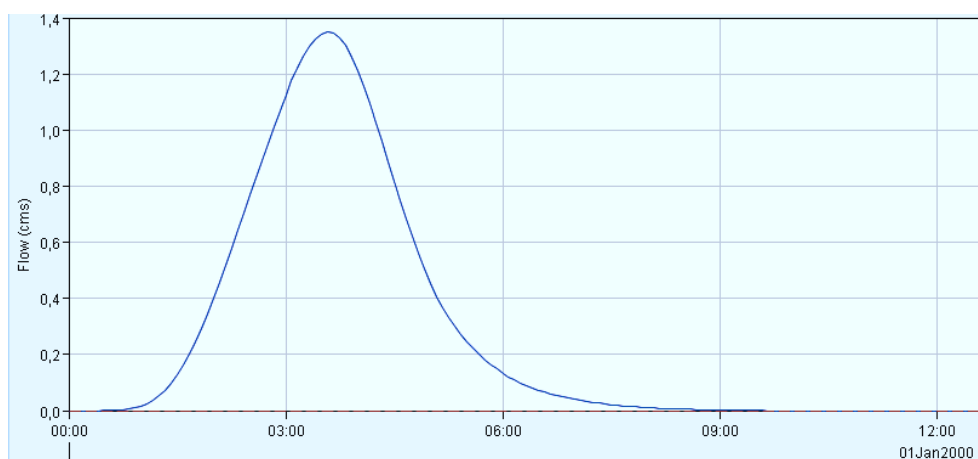


Figura 8. Idrogramma di piena per Tr 200 anni e $T_p=3$ ore in testa al F. dei Mastioni

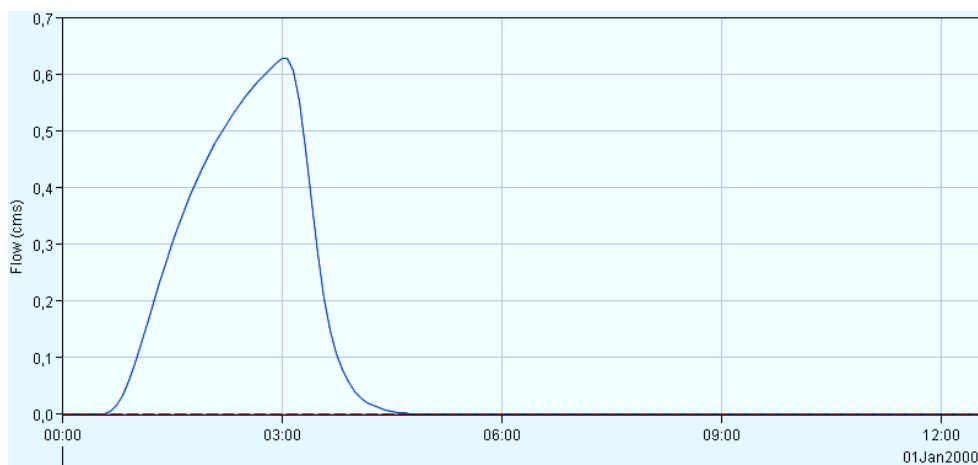


Figura 9. Idrogramma di piena per Tr 200 anni e $T_p=3$ ore in testa al F. del Tesorino 1

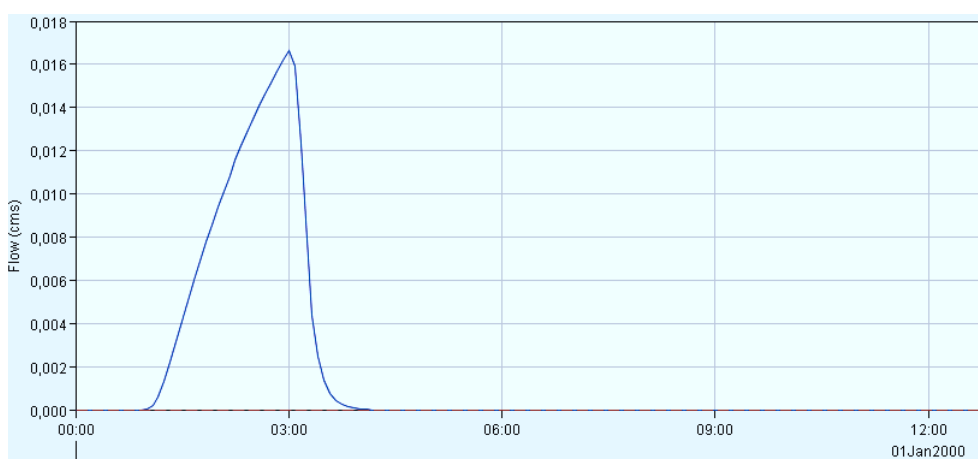


Figura 10. Idrogramma di piena per Tr 200 anni e $T_p=3$ ore in testa al F. del Tesorino 2

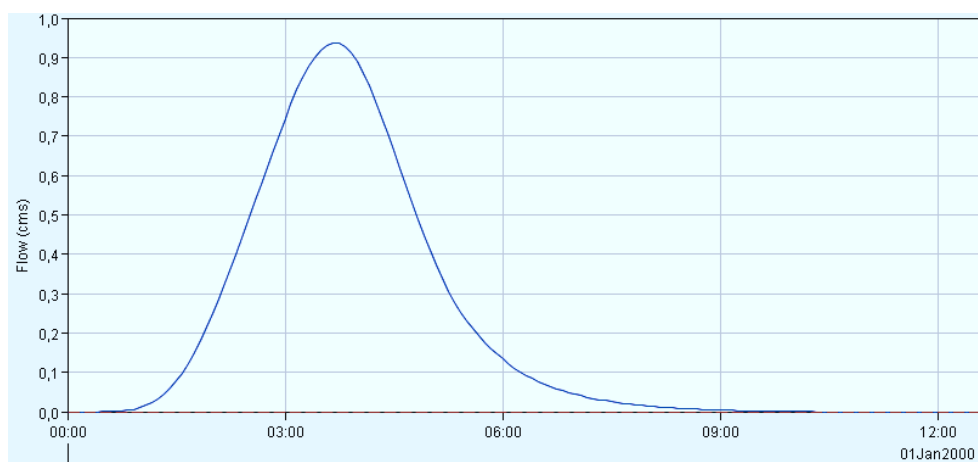


Figura 11. Idrogramma di piena per Tr 200 anni e $T_p=3$ ore in testa al F. dei Mozzi 2

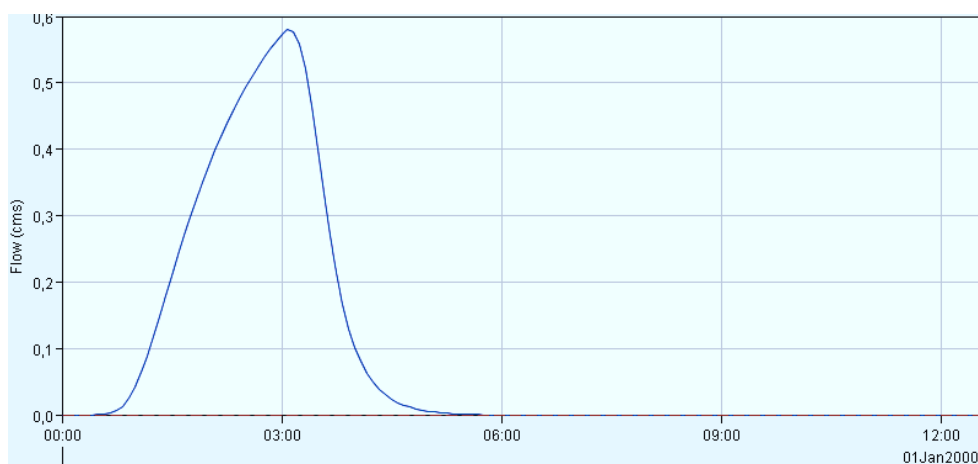


Figura 12. Idrogramma di piena per Tr 200 anni e $T_p=3$ ore in testa al F. del Tesorino 3

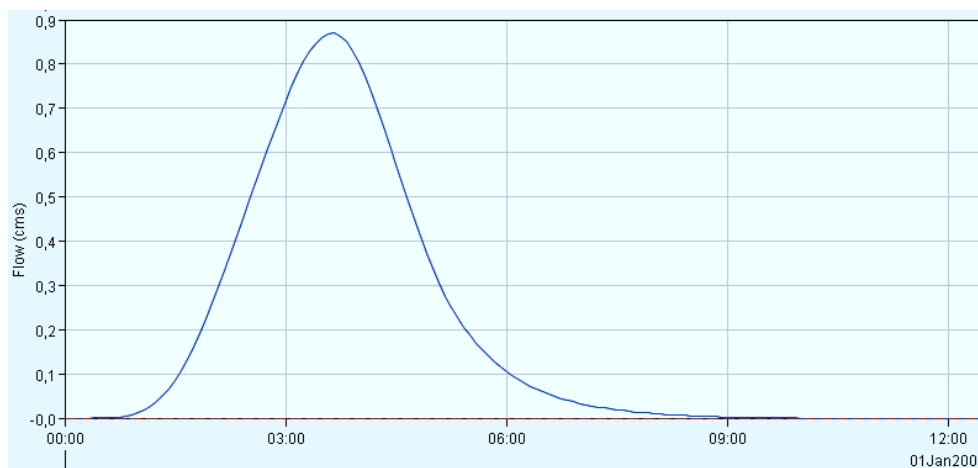


Figura 13. Idrogramma di piena per Tr 200 anni in testa al F. della Pineta1

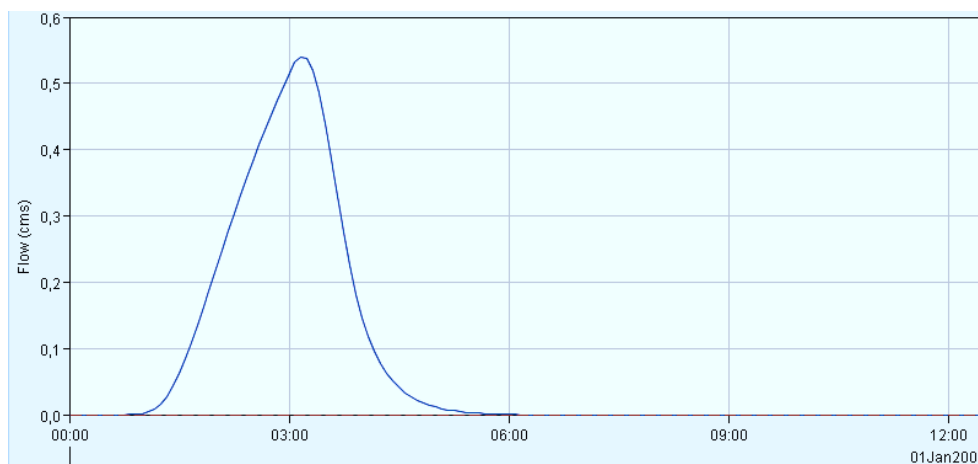


Figura 14. Idrogramma di piena per Tr 200 anni e $T_p=3$ ore in testa al F. del Tesorino4

In Tabella 13 si riassumono i massimi valori di portata in testa ad ogni collettore per la durata di pioggia di 3 ore e tempo di ritorno di 200 anni.



Tabella 13. Portate massime per Tr=200 anni e tempo di pioggia di 3 ore in testa ai collettori della rete.

Collettori	Q [mc/sec] massime per Tr200 Tp=3 ore
F. dei Mozzi Nord	1.26
F. dei Mozzi 1	0.52
F. dei Mastioni	1.35
F. del Tesorino1	0.63
F. del Tesorino2	0.02
F. dei Mozzi 2	0.94
F. del Tesorino3	0.58
F. della Pineta 1	0.87
F. del Tesorino4	0.54

3. SIMULAZIONE ED ANALISI IDRAULICA DELLA RETE

In questo capitolo sono illustrate le principali ipotesi a base della simulazione della propagazione in alveo dell'onda di piena e degli allagamenti dei territori circostanti ed i risultati ottenuti mediante l'applicazione all'area oggetto di studio, del modello mono, bi-dimensionale TUFLOW (*Two-dimensional Unsteady FLOW*) di cui si riporta in appendice la descrizione del codice di calcolo.

Il modello è stato applicato sfruttando i dati Lidar e il rilievo speditivo delle sezioni dei canali.

La griglia di calcolo ha dimensione 1.050x2.350 km con celle di dimensione 2x2m. La durata della modellazione è di 6 h per la pioggia di durata 3 ore e di 12 ore per la pioggia di durata 6 ore.

Questi valori di durate sono sufficiente a massimizzare i volumi delle aree di laminazione.

Gli idrogrammi riportati in precedenza sono stati applicati in testa ad ogni relativo tratto di collettore.

Il funzionamento dell'impianto idrovoro del F. del Tesorino è stato schematizzato con un funzionamento dipendente dal livello liquido raggiunto nella vasca di pompaggio e, in particolare, si è previsto che l'attacco delle 3 pompe da 1 mc/sec l'una sia posizionato alla quota di -0.775 m sul livello medio mare. Nei fossi si è prudenzialmente ipotizzato che all'inizio della pioggia sia già presente un livello liquido sino a quota di -0.5 m, quota a cui può trovarsi la falda.

Per i fossi si è utilizzato il coefficiente di scabrezza di Manning pari a 0.035.

Seguono le immagini dei principali risultati per la simulazione con pioggia di durata 3 ore (da luogo alla massima portata nel collettore finale) per tempo di ritorno di 200 anni (la simulazione dura 6 ore).

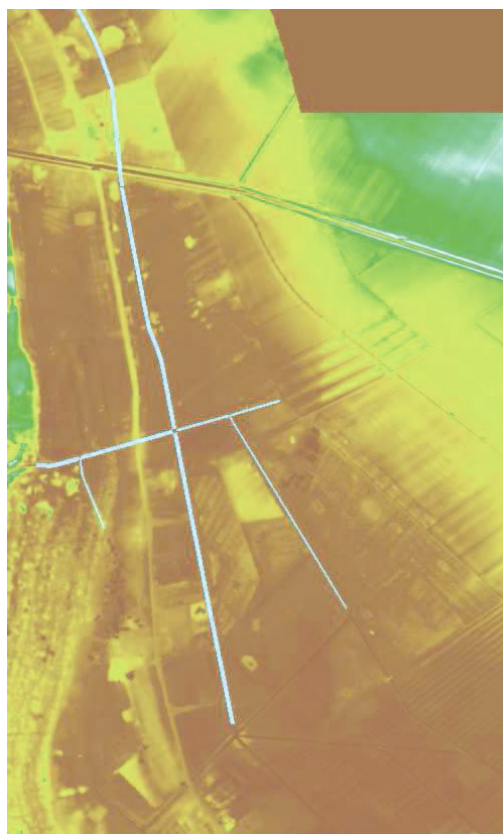


Figura 15. Pioggia di durata 3 h per Tr200 anni: istante di inizio della pioggia. I fossi sono con il livello liquido a -0.5 m

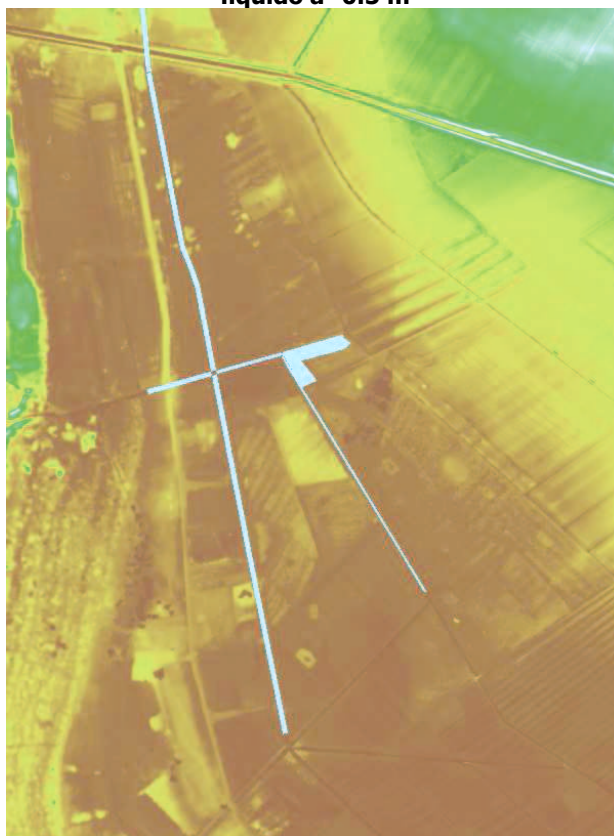


Figura 16. Pioggia di durata 3 h per Tr200 anni: 2 ore e 50 minuti dopo l'inizio della pioggia. Inizia ad entrare in funzione l'area di laminazione di minori dimensioni.

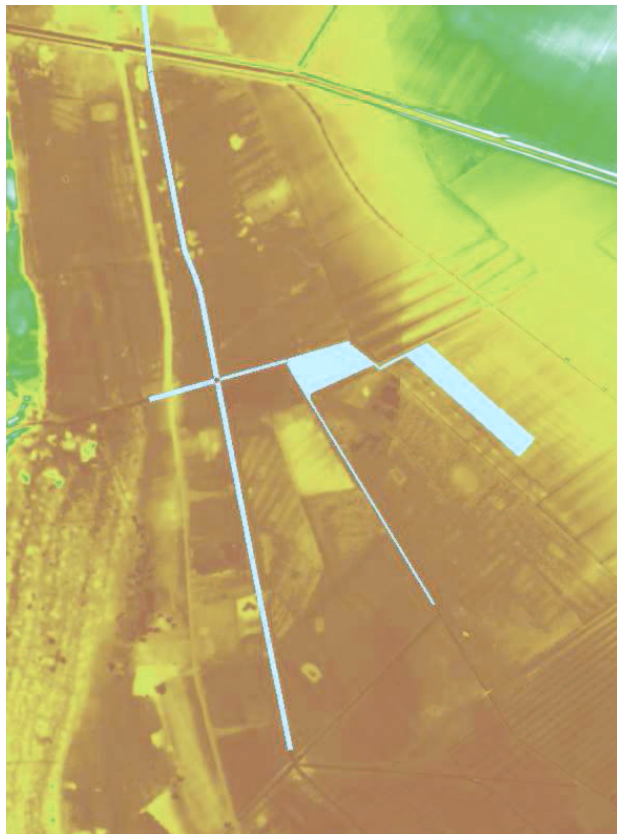


Figura 17. Pioggia di durata 3 h per Tr200 anni: 4 ore e 30 minuti dopo l'inizio della pioggia. E' completamente entrata in funzione l'area di laminazione di maggior dimensione.

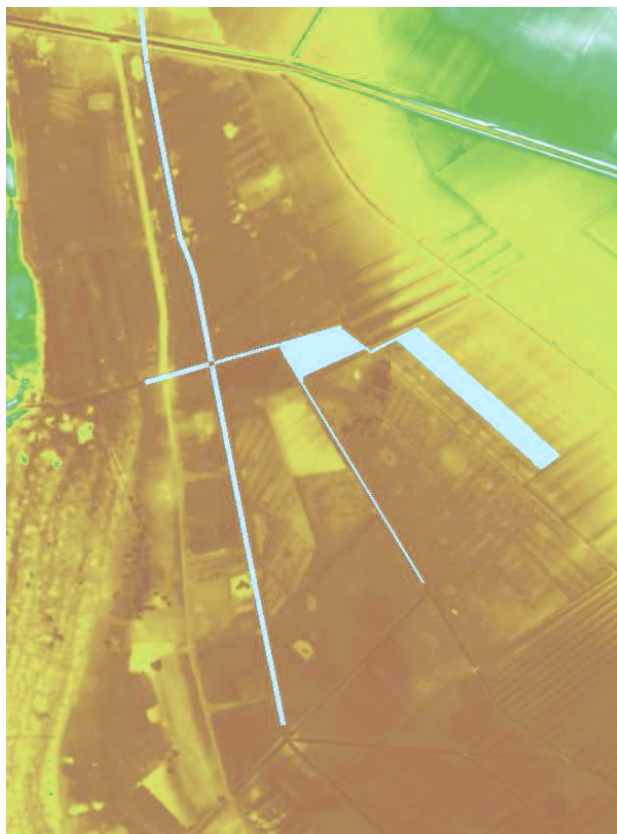


Figura 18. Pioggia di durata 3 h per Tr200 anni: massimi livelli liquidi raggiunti nella rete dei collettori.

Dalla simulazione effettuata si ricava che nella rete i massimi livelli liquidi raggiungono quote di circa +20/+25 cm rispetto al livello medio mare e tali quote rappresentano un possibile problema di allagamento solo nelle aree maggiormente depresse dove in effetti si può intervenire con modeste arginature. Il livello liquido massimo raggiunto in corrispondenza dell'idrovora è di circa +15 cm. Nell'area di laminazione da 0.81 ha la massima quota liquida raggiunta è di +21 cm, mentre nell'area di superficie di 1.72 ha il massimo livello raggiunto è a -16 cm. La prima vasca riesce ad invasare 5040 mc circa, mentre la seconda circa 4400 mc.

Con la simulazione effettuata a mezzo del software TUFLOW che esamina la propagazione dell'onda di piena e tiene conto delle modalità di riempimento delle aree di laminazione, si riesce ad apprezzare il contributo del volume di invaso offerto dalla rete di collettori e dalle aree di laminazioni previste. Infatti, dal software HEC-HMS che considera i soli tempi di sfasamento dei picchi di portata dei vari collettori, ma non i volumi di invaso, si ricaverebbe l'idrogramma di piena di cui in che prevede una portata massima di circa 6 mc/sec in arrivo all'impianto di sollevamento. Dalla simulazione idraulica effettuata e grazie ai volumi di invaso, si evince invece che la massima portata in arrivo all'impianto è pari a circa 3.6 mc/sec e quindi notevolmente inferiore. La differenza fra i picchi di portata è dovuta come detto alla presenza dei volumi di invaso che sono conteggiati e confermati anche da calcolo manuale.

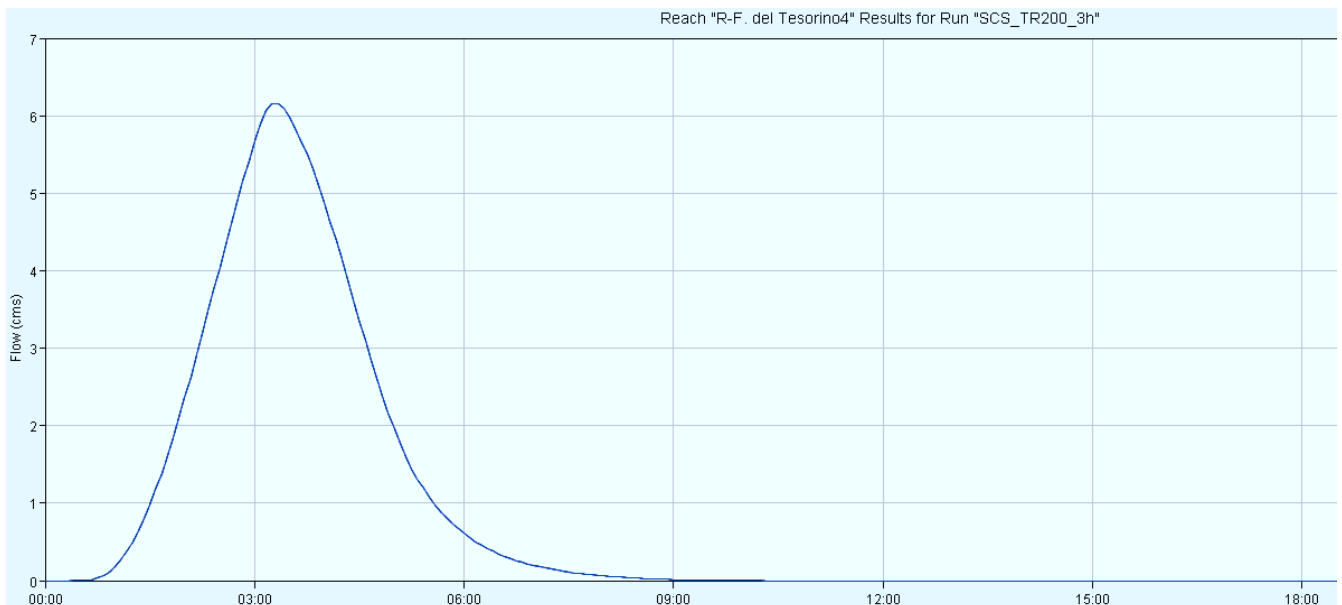


Figura 19. Idrogramma in arrivo all'impianto di sollevamento secondo il software HEC-HMS che non considera i volumi di invaso.



La simulazione effettuata per piogge di maggior durata (6 ore) non comporta un sensibile aumento dei volumi invasati nelle vasche e i livelli liquidi si mantengono in linea con quelli della precedente simulazione.

4. CONCLUSIONI

La presente relazione è la revisione prima della relazione già presentata in fase di istruttoria e comprende gli aspetti e le necessità sorte in tale fase istruttoria.

Gran parte delle aree oggetto della presente variante al regolamento urbanistico ricadono in PIE e PIME sia secondo il vigente R.U. (Figura 1) e in PIME che secondo il P.A.I. Bacino Toscana Costa (Figura 2), condizioni che vincolano l'attuazione di nuove edificazioni alla contestuale o preventiva realizzazione di interventi di messa in sicurezza idraulica sui corsi d'acqua o sulle cause dell'insufficiente drenaggio (all. A art. 3.2.2.1 del DPGR 53/R). Le opere di messa in sicurezza idraulica sono inoltre indispensabili per consentire l'attuazione degli interventi in accordo a quanto indicato dall'art 2 comma 3 lett. f della LR 21/2012 che sottopone la realizzazione di interventi edilizi alla preventiva esecuzione di opere di messa in sicurezza idraulica che possano declassificare le aree ad una pericolosità idraulica inferiore.

Con la presente relazione e relativi elaborati grafici si effettua un primo studio idrologico-idraulico volto alla progettazione degli interventi di messa in sicurezza idraulica per eventi sino a tempi di ritorno di 200 anni. Il presente progetto costituisce una guida di riferimento per il successivo livello di progettazione da presentarsi unitamente al Piano Attuativo che dovrà definire nel dettaglio gli interventi di messa in sicurezza idraulica e non rappresenta modifica delle classi di pericolosità indicate nei vigenti strumenti di pianificazione del territorio, che quindi vengono confermate assieme alle condizioni di fattibilità espresse in sede di regolamento urbanistico. In particolare gli interventi proposti sono coerenti con quanto indicato nello studio del dott. Geol Paolo Squarci (marzo 2007) "Verifiche sul rischio idraulico del territorio comunale a sud di Vada" e nello studio idrologico -idraulico a supporto del R.U. effettuato dal Consorzio di Bonifica Colline Livornesi e la presente relazione ne costituisce un approfondimento.

Si riassumono schematicamente gli interventi di progetto previsti:

- divisione della rete dei collettori del territorio in esame dalla restante rete facente capo all'impianto del F. del Molino. La divisione comporta la realizzazione di un nuovo impianto idrovoro a valle di via dei Cavalleggeri lungo il F. del Tesorino che solleva le acque in un



nuovo canale che ha come recettore finale il mare. Il nuovo canale si prevede di realizzarlo con tecniche di ingegneria naturalistica. L'impianto idrovoro attualmente è ipotizzato in 3 pompe con portata da 1 mc/s per una prevalenza di circa 4 m. Il funzionamento dell'impianto dovrà mantenere i livelli liquidi che vengono normalmente mantenuti dall'attuale impianto in modo da non peggiorare il fenomeno dell'intrusione del cuneo salino;

- individuazione di due aree di laminazione in testa al F. del Tesorino dove si prevede di abbassare il piano campagna sino alla quota di -0.4 mt. Il piano di campagna non può essere abbassato sotto la quota di -0.4 pena la possibilità di intercettare la falda. La superficie complessiva delle aree di laminazione è di circa 2.78 ha e le vasche saranno dotate di argini (orientativamente sino ad una quota di +0.5/+1 mt sopra il liv. medio mare) e di tubazioni e soglie di sfioro per la restituzione della portata invasata funzionanti a gravità. La realizzazione di queste aree di laminazione permette l'installazione di un impianto idrovoro di minor potenza;
- individuazione di un'ulteriore area di compensazione dei volumi di acqua provenienti anche dal Tripesce di estensione pari a 2.78 ha;
- a seguito di maggiori approfondimenti plano-altimetrici potrà realizzarsi il ripristino del tratto a cielo aperto del F. Pineta che sfocia nel F. del Tesorino (già nel catasto Leopoldino era presente tale fosso) con l'interposizione di una paratoia mobile in modo da scollegare eventualmente il tratto tombato dal F. del Tesorino.
- altri interventi previsti sono la risagomatura dei canali, la realizzazione di modeste arginature nelle aree maggiormente depresse e la realizzazione di un nuovo canale di guardia lungo via dei Cavalleggeri in cui possono anche essere convogliate le fognature pluviali delle nuove costruzioni;
- ricostruzione dell'attraversamento del F. Tesorino in corrispondenza di via dei Cavalleggeri con uno scatolare in c.a. di base 3.5 mt e altezza 2 m. Altro scatolare (base 1.6 mt e altezza 2 m) dovrà esser previsto lungo il F. dei Mastioni in corrispondenza di via del Novanta. Anche il canale di laminazione e le opere di restituzione delle acque prevedono la realizzazione di attraversamenti stradali;
- realizzazione di una modesta arginatura a sud delle aree di proprietà dei campeggi Baia del Marinaio e Campo dei Fiori contro possibili allagamenti provenienti dal F. del Molino;
- per le nuove costruzioni, allo stato attuale delle conoscenze ed in particolare per l'area adiacente allo sbocco del F. Pineta nel F. del Molino, il piano del pavimento finito del primo solaio fuori terra non potrà essere impostato a quota inferiore di +1.00 metri rispetto al



livello medio mare. L'area adiacente allo sbocco del F. Pineta nel F. del Molino continuerà a riversare le proprie acque di pioggia nel F. del Molino e la realizzazione in detta area oggetto di variante di nuove costruzioni non comporta comunque un aggravio di rischio per il F. del Molino poiché con la realizzazione del nuovo impianto idrovoro il F. del Molino perde una superficie di bacino pari a circa 1.26 kmq. Attualmente al F. del Molino fa infatti capo un bacino di circa 3.2 kmq, mentre con la realizzazione delle opere idrauliche del presente progetto il bacino si riduce a 1.94 kmq.

Dalla simulazione idraulica effettuata per piogge di durata pari a 3 ore (pioggia che da luogo ai maggiori valori di portata nel collettore finale) si nota che i livelli liquidi nella rete idrica si attestano intorno ai +20/25 cm che solo nelle aree più depresse possono dare luogo ad allagamenti, comunque risolvibili con modeste arginature. Il volume complessivo invasato nelle aree di laminazione è pari a circa 9400 mc.

Livorno, aprile 2014

I tecnici
Ing. Pietro Chiavaccini

Ing. Nicola Buchignani



APPENDICE 1.

DESCRIZIONE DEL MODELLO TUFLOW

In appendice si riportano i codici di calcolo del modello TUFLOW, tratti dai capitoli del manuale riguardanti le equazioni che governano le simulazioni. Il TUFLOW (Two-dimensional Unsteady FLOW) è un modello bi-dimensionale alle differenze finite in grado di simulare inondazioni e variazioni di marea e comprende sia il programma ESTRY (1D, quasi-2D) sia l'algoritmo di soluzione completamente bidimensionale.

ESTRY è un potente programma in grado di modellare matematicamente le inondazioni e le maree sviluppato da WBM Oceanics Australia e applicato con successo su migliaia di casi relativi sia a semplici corsi d'acqua (1D) che a situazioni complesse (2D). Il modello si basa sulla soluzione numerica delle equazioni di continuità e della quantità di moto in condizioni non permanenti, considerando anche i termini inerziali.

$$B \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial (Au)}{\partial x} = 0 \quad (\text{Equazione di continuità 1D})$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + k \cdot |u| \cdot u = 0 \quad (\text{Quantità di moto 2D})$$

dove u è la velocità alla profondità ed alla larghezza medie, ζ è il livello liquido, t il tempo, x la distanza, A l'area della sezione, B la larghezza, k il coefficiente che tiene conto delle perdite di energia: $K = \frac{g \cdot n^2}{R^{4/3}}$ dove n è il coefficiente di Manning, R il raggio idraulico e g l'accelerazione di gravità.

Tali equazioni sono risolte nel TUFLOW mediante la tecnica di Runge-Kutta alle differenze finite e la soluzione 1D è determinata tenendo conto di termini fondamentali quali la propagazione delle onde, l'attrito al fondo (equazione di Manning), i termini inerziali.

Unitamente agli scenari di un normale canale a pelo libero, ESTRY è inoltre in grado di modellare regimi di corrente subcritici e supercritici, canali non inerziali, tombini circolari e rettangolari, ponti, stramazzi, strutture definite dall'utente e canali unidirezionali.



Per quanto riguarda l'algoritmo completamente bidimensionale, il TUFLOW risolve le equazioni bidimensionali del livello liquido in acque basse (SWE). Queste sono utilizzate per modellare le onde lunghe causate, per esempio, dalle maree, dalle piene o da improvvisi ed importanti innalzamenti del livello liquido. Tali equazioni sono ricavate sotto le ipotesi che lungo la verticale la velocità orizzontale sia uniforme e sia trascurabile l'accelerazione rendendo dunque valida la distribuzione idrostatica delle pressioni. Queste ipotesi sono valide dove la lunghezza d'onda è molto più grande della profondità d'acqua. Quanto appena descritto si traduce nelle equazioni differenziali riportate di seguito:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial(Hu)}{\partial x} + \frac{\partial(Hv)}{\partial y} = 0 \quad (\text{Equazione di continuità 2D})$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - c_f \cdot v + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + g \cdot u \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{C^2 \cdot H} - \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = F_x \quad (\text{Quantità di moto})$$

lungo l'asse x)

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + c_f \cdot u + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + g \cdot v \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{C^2 \cdot H} - \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = F_y \quad (\text{Quantità di moto})$$

lungo l'asse y)

dove ζ è l'elevazione della livello liquido, u e v le componenti della velocità alla profondità media rispettivamente lungo l'asse x e y , H la profondità d'acqua, t il tempo, x ed y le distanze lungo le rispettive direzioni, c_f il coefficiente di Coriolis, C il coefficiente di Chezy, μ il coefficiente di diffusione orizzontale, p la pressione atmosferica, ρ la densità dell'acqua, F_x e F_y la somma delle componenti delle forze esterne lungo l'asse x e y , rispettivamente. I termini delle equazioni appena scritte sono da attribuirsi a differenti fenomeni fisici: la propagazione delle onde dovute alle forze gravitazionali, i fenomeni di diffusione ed avvezione, le azioni delle forze esterne come attrito al fondo, rotazione della terra, vento, le onde e la pressione barometrica.

La procedura di calcolo per risolvere tali equazioni è composta di due stadi ognuno dei quali avente due fasi. Nella prima fase del primo stadio, il programma risolve l'equazione della quantità di moto lungo y per la velocità lungo tale direzione attraverso un metodo del tipo predictor/corrector. Nella seconda fase del primo stadio, viene calcolato il livello liquido e la velocità lungo l'asse x risolvendo le equazioni di continuità e della quantità di moto.



Nel secondo stadio vengono risolte le stesse equazioni ma lungo le altre due direzioni: nella prima fase del secondo stadio lungo x , nella seconda fase del secondo stadio lungo y .