Consorzio 5 Toscana Costa

C.F.01779220498 - www.cbtoscanacosta.it

Lavori di manutenzione straordinaria alle arginature del Fiume Cornia I e II categoria idraulica nel tratto compreso tra la S.P. Vecchia Aurelia e Loc. Bandita - Comune Campiglia M.ma - LOTTO 6

CUP: G64J18000390002

PROGETTO DEFINITIVO
Studio Idraulico

Progettisti

Geom. Angela Nencioni

Ing. Elisa Totti

Ing. J. Lorenzo Rotelli

Il R.U.P.

Ing. Roberto Benvenuto

Firmato digitalmente da:BENVENUTO ROBERTO
Data:25/06/2019 08:56:45

DATA	ELAB.
Maggio 2019	TAV_A2

Comune di Piombino

Studio Ing. S PAgliara

Calcolo delle esondazioni per Tr=200 e 30 anni del F.Cornia nell'ipotesi di demolizione del P. di Ferro e di risagomatura e protezione delle arginature come da progetto preliminare del Consorzio Alta Maremma: " Lavori di manutenzione straordinaria alle arginature del Fiume Cornia - II e III categoria idraulica "

Relazione

Il tecnico incaricato:	Data:	Versione:
Ing. Stefano Pagliara	**settembre 2007**	**1.0.0907**

Ing. Stefano Pagliara, Via Borsellino, 14 – 56100 –Pisa tel. 050 830856

RELAZIONE:

Calcolo delle esondazioni per Tr=200 e 30 anni del F.Cornia nell'ipotesi di demolizione del P. di Ferro e di risagomatura e protezione delle arginature come da progetto preliminare del Consorzio Alta Maremma: " Lavori di manutenzione straordinaria alle arginature del Fiume Cornia - II e III categoria idraulica "

PREMESSA

Il presente studio e' stato commissionato dal comune di Piombino con lo scopo di valutare gli effetti sia della demolizione di Ponte di Ferro che della risagomatura e protezione delle arginature come da progetto del Consorzio di Bonifica Alta Maremma.

Il lavoro ha come riferimento lo studio condotto dallo scrivente per conto del Consorzio di Bonifica dell'Alta maremma "Studio idrologico-idraulico finalizzato alla sistemazione del F.Cornia" del dicembre 2004 e successive integrazioni.

PROGETTAZIONE

Le presenti simulazioni considerano quanto presente nel Progetto preliminare " Lavori di manutenzione straordinaria alle arginature del Fiume Cornia - II e III categoria idraulica " del settembre 2007 redatto dal Consorzio di Bonifica Alta Maremma, il quale prende in considerazione il rafforzamento delle arginature in Dx e Sx idraulica nel tratto che va da monte del ponte di Ferro a valle di Cafaggio.

Nella Figura seguente e' riportato uno stralcio della Tav.1 del suddetto progetto con i vri interventi previsti per le arginature.

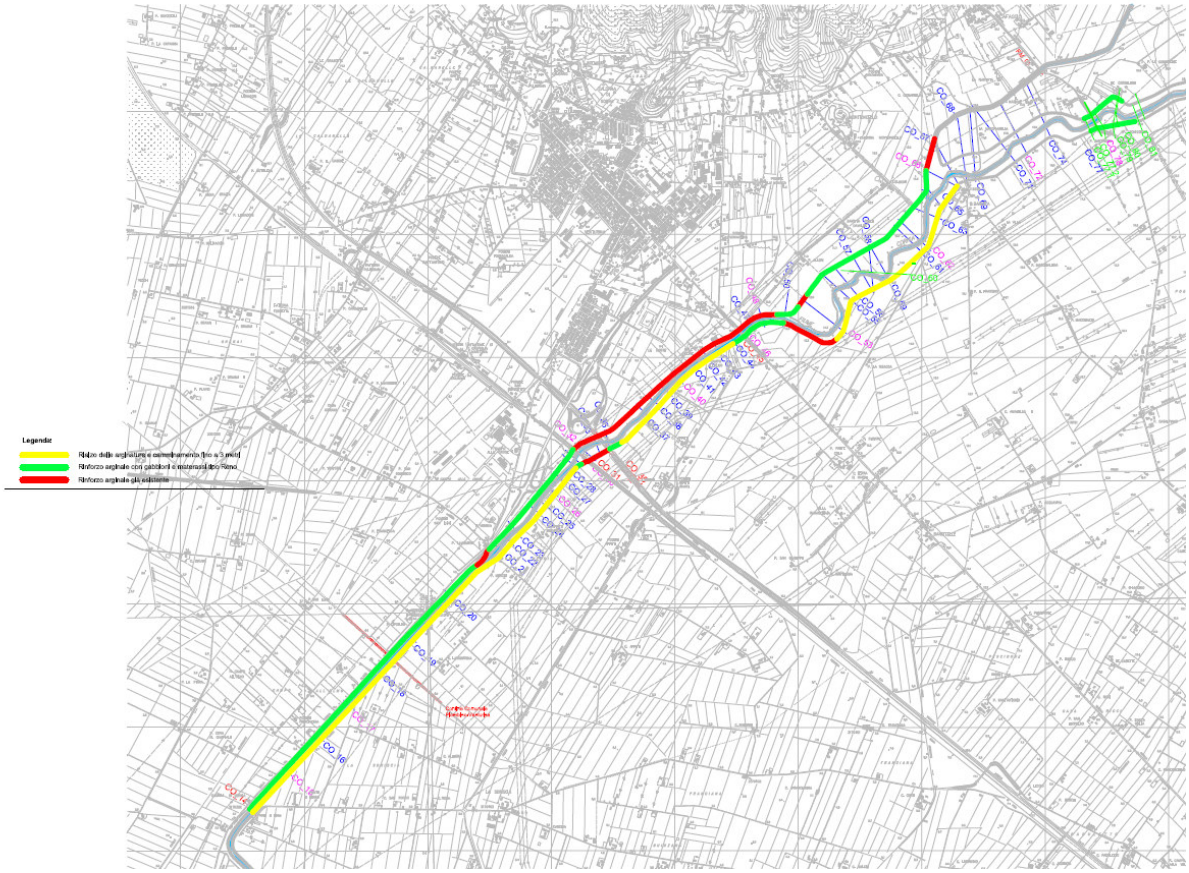


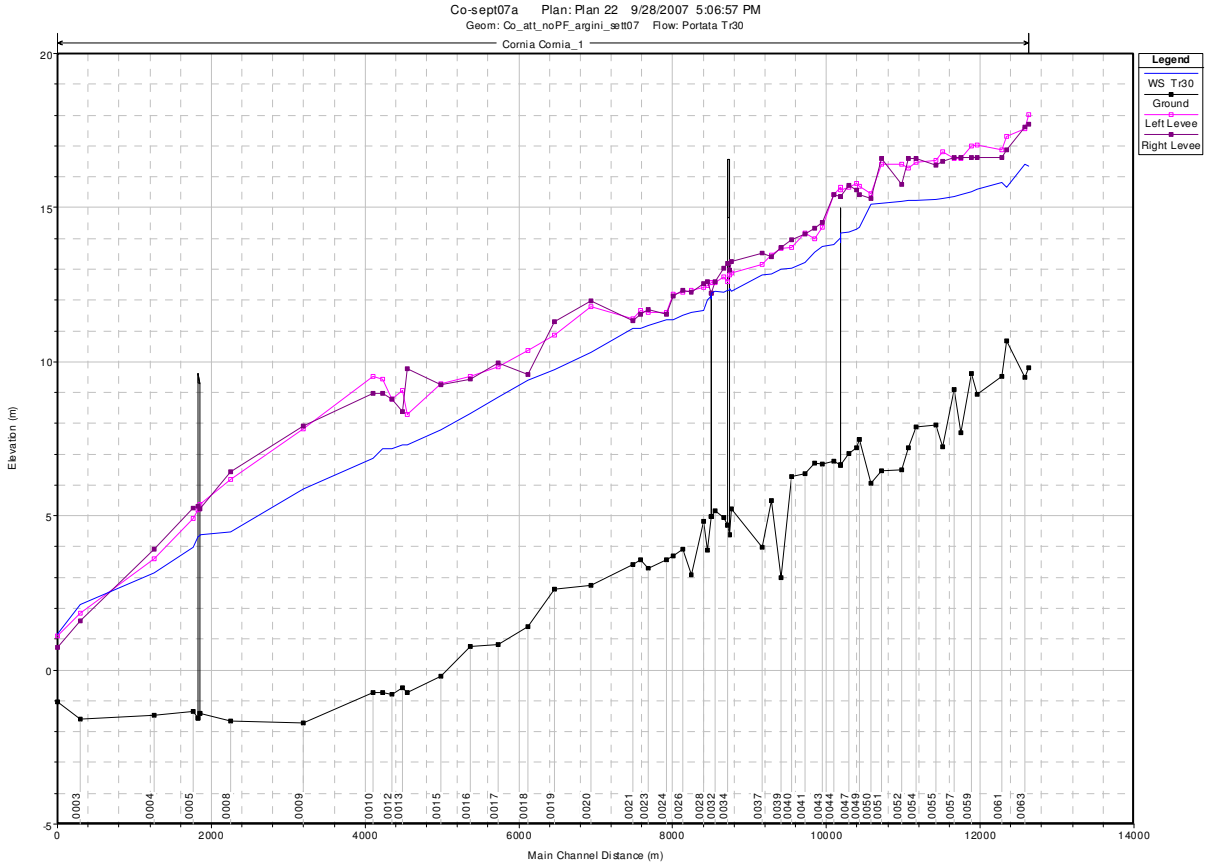
Fig.1 Interventi previsti sulle arginature (stralcio Tav.1 del progetto preliminare del Consorzio)

Con tale progetto viene limitata la possibilita' di rottura arginale per tracimazione; risulta quindi giustificato effettuare il calcolo delle esondazioni prevedendo solo la tracimazione arginale per gli argini risagomati e rafforzati.

CALCOLO IDRAULICO IN ALVEO

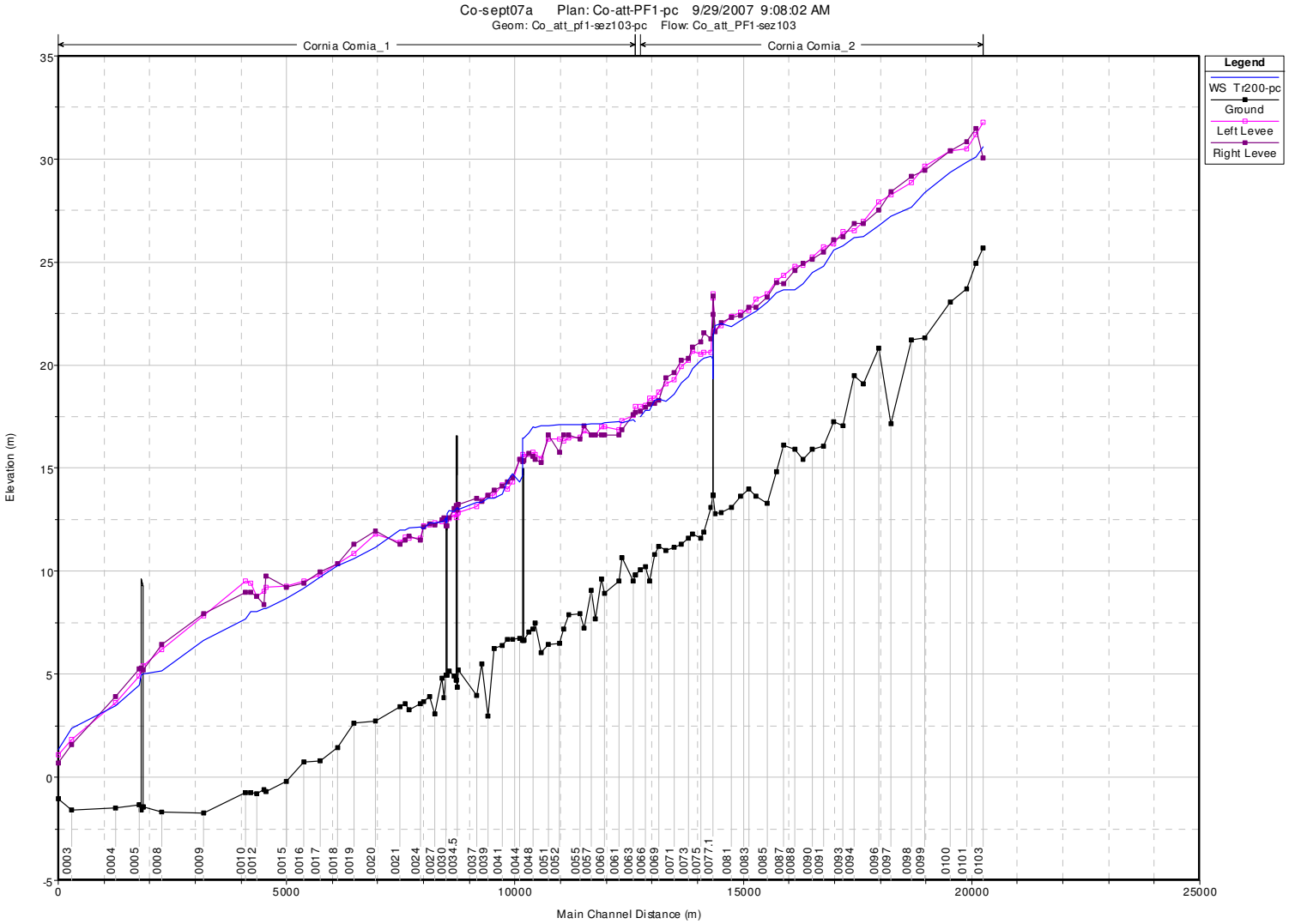
Il calcolo idraulico in alveo si basa sul lavoro sopra citato (Ing. S.Pagliara "Studio idrologico-idraulico finalizzato alla sistemazione del F.Cornia" del dicembre 2004)ed utilizza lo stesso modello. La modellazione e' stata realizzata mediante il software Mike11.
Nel presente studio e' stato inoltre tarato, basandosi sul modello di M11, un semplice modello in Hec-Ras al fine di meglio visualizzare le risultanze del calcolo stesso.

Per Tr= 30 anni non si hanno esondazioni nelle condizioni considerate (assenza di ponte di Ferro e arginature risagomate e protette) se non nel tratto subito a monte della foce.



Profilo per Tr= 30 anni nella situazione con ponte di Ferro demolito
(Qmax 890 mc/s a monte, decresce fino a 850 mc/s a valleper la laminazione in alveo)

Per Tr=200 anni invece le esondazioni persistono, seppur in maniera molto meno grave rispetto allo stato attuale.



Profilo per Tr=200 con demolizione P.Ferro e rafforzamento argini(Tr200-pc; portate da 1350 a monte a 1100mc/s a valle)

Ing. Stefano Pagliara, Via Borsellino, 14 – 56100 –Pisa tel. 050 830856

Il profilo longitudinale e' calcolato per una portata di circa 1230 mc/s a monte del ponte di Cafaggio in cui si hanno delle esondazioni; diventa pari al massimo pari a 1350 mc/s e a valle dell'immissione del Rio Merdancio. Dal ponte della ex SS1ne transitano solamente circa 1200 mc/s; a valle del ponte sulla FF.SS ne transitano solamente 1100 mentre a valle del P.di Ferro ne transitano 950 mc/s (che diventano 1100 mc/s nel caso di sua demolizione).

CALCOLO DELLE AREE ALLAGATE

Il calcolo idraulico è stato effettuato a moto vario monodimensionale lungo i corsi d'acqua ed a moto vario bidimensionale per quanto riguarda la propagazione delle esondazioni.

Il calcolo del profilo di rigurgito a moto permanente viene effettuato risolvendo l'equazione dell'energia con le perdite di carico distribuite valutate mediante l'equazione di Manning, sono calcolate inoltre le perdite di carico localizzate dovute a repentini cambiamenti di sezione nonché alla presenza di manufatti come ponti stramazzi e briglie.

Nel calcolo si e' tenuto conto delle caratteristiche geometriche e topografiche del territorio, nonché della presenza di eventuali opere interferenti in varia misura con il deflusso fluviale (ponti, rilevati stradali , traverse, ecc.). In tale fase risulta altresì opportuna la ricognizione dello stato di consistenza delle opere di difesa dalle inondazioni (quali vasche di assorbimento e/o di laminazione, scolmatori, ecc.).

Il calcolo è stato effettuato mediante un modello di simulazione in moto vario bidimensionale (l'unico che permetta, con un ottimo grado di precisione il calcolo della propagazione delle acque di esondazione). In particolare è stato usato il modello FIM2D (Pagliara 1997-2007).

Il modello matematico usato simula Il flusso bidimensionale a superficie libera mediante il sistema alle derivate parziali, iperbolico, non lineare, delle equazioni complete di De Saint Venant.
Le equazioni di continuita' e del moto nelle due direzioni possono essere scritte,

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial M}{\partial x}+\frac{\partial N}{\partial y}=0 \qquad (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t}+\frac{\partial (uM)}{\partial x}+\frac{\partial (vM)}{\partial y}+gh\frac{\partial H}{\partial x}+\frac{1}{\rho}\tau_x=0 \qquad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t}+\frac{\partial (uN)}{\partial x}+\frac{\partial (vN)}{\partial y}+gh\frac{\partial H}{\partial y}+\frac{1}{\rho}\tau_y=0 \qquad (3)$$

con:

$$\tau_x=\frac{\rho g n^2 u\sqrt{u^2+v^2}}{h^{1/3}} \qquad (4)$$

$$\tau_y=\frac{\rho g n^2 v\sqrt{u^2+v^2}}{h^{1/3}} \qquad (5)$$

in cui g è l'accelerazione di gravita', x ed y sono le coordinate spaziali, t il tempo, h l'altezza d'acqua, u e v le componenti della velocita' nelle due direzioni, $M = u\cdot h$ = flusso nella direzione x; $N = v\cdot h$ = flusso della corrente nella direzione y, H e' la quota della superficie libera, n il coefficiente di scabrezza di Manning, ρ la densita' dell'acqua mentre τ_x e τ_y sono gli sforzi tangenziali al fondo, rispettivamente nelle direzioni x ed y.

Il metodo usato per la formulazione numerica delle equazioni (1)-(3) e' quello originariamente proposto da Iwasa (Iwasa et al., 1980) e usa uno schema alle differenze finite di tipo esplicito.

L'equazione di continuita' viene scritta nella forma seguente:

$$\frac{h^{n+3}_{i+1/2,j+1/2}-h^{n+1}_{i+1/2,j+1/2}}{2\Delta t}+\frac{M^{n+2}_{i+1,j+1/2}-M^{n+2}_{i,j+1/2}}{\Delta x}+\frac{N^{n+2}_{i+1/2,j+1}-N^{n+2}_{i+1/2,j}}{\Delta y}=0, \qquad (6)$$

i vari termini nella eq.2 sono cosi' esprimibili:

a) $$\frac{\partial M}{\partial t}=\frac{M^{n+2}_{i,j+1/2}-M^{n}_{i,j+1/2}}{2\Delta t} \qquad (7)$$

b) $$\frac{\partial(uM)}{\partial x} = \frac{1}{\Delta x}\frac{1}{h^{n+1}_{i+1/2,j+1/2}}\left(\frac{M^n_{i+1,j+1/2} + M^n_{i,j+1/2}}{2}\right)^2 -$$

(8)

$$\frac{1}{\Delta x}\frac{1}{h^{n+1}_{i-1/2,j+1/2}}\left(\frac{M^n_{i,j+1/2} + M^n_{i-1,j+1/2}}{2}\right)^2$$

c) $$\frac{\partial(vM)}{\partial y} = \frac{1}{\Delta y}\frac{\left(M^n_{i,j+1/2} + M^n_{i,j+3/2}\right)\left(N^n_{i+1/2,j+1} + N^n_{i-1/2,j+1}\right)}{h^{n+1}_{i-1/2,j+1/2} + h^{n+1}_{i+1/2,j+1/2} + h^{n+1}_{i-1/2,j+3/2} + h^{n+1}_{i-1/2,j+3/2}} -$$

(9)

$$\frac{1}{\Delta y}\frac{\left(M^n_{i,j+1/2} + M^n_{i,j-1/2}\right)\left(N^n_{i+1/2,j} + N^n_{i-1/2,j}\right)}{h^{n+1}_{i-1/2,j-1/2} + h^{n+1}_{i+1/2,j-1/2} + h^{n+1}_{i+1/2,j+1/2} + h^{n+1}_{i-1/2,j+1/2}}$$

d)

$$gh\frac{\partial H}{\partial x} = g\cdot\left(\frac{h^{n+1}_{i+1/2,j+1/2} + h^{n+1}_{i-1/2,j+1/2}}{2}\right)\cdot \tag{10}$$

$$\left(\frac{H^{n+1}_{i+1/2,j+1/2} - H^{n+1}_{i-1/2,j+1/2}}{\Delta x}\right)$$

e)

$$\frac{1}{\rho}\tau_x = \frac{gn^2_{i,j+1/2}\left(\overline{u}_{i,j+1/2}\right)\sqrt{\left(u^n_{i,j+1/2}\right)^2 + \left(v^n_{i,j+1/2}\right)^2}}{\left(\left(h^{n+1}_{i+1/2,j+1/2} + h^{n+1}_{i-1/2,j+1/2}\right)/2\right)^{1/3}} \tag{11}$$

i termini della equazione (3) possono essere cosi' scritti:

a') $$\frac{\partial N}{\partial t} = \frac{N^{n+2}_{i+1/2,j} - N^n_{i+1/2,j}}{2\Delta t} \tag{12}$$

b') $$\frac{\partial(uN)}{\partial x} = \frac{1}{\Delta x}\frac{\left(M^n_{i+1,j+1/2} + M^n_{i+1,j-1/2}\right)\left(N^n_{i+1/2,j} + N^n_{i+3/2,j}\right)}{h^{n+1}_{i+1/2,j+1/2} + h^{n+1}_{i+1/2,j-1/2} + h^{n+1}_{i+3/2,j-1/2} + h^{n+1}_{i+3/2,j+1/2}} -$$

$$\frac{1}{\Delta x}\frac{\left(M^n_{i,j+1/2}+M^n_{i,j-1/2}\right)\left(N^n_{i-1/2,j}+N^n_{i+1/2,j}\right)}{h^{n+1}_{i-1/2,j+1/2}+h^{n+1}_{i-1/2,j-1/2}+h^{n+1}_{i+1/2,j-1/2}+h^{n+1}_{i+1/2,j+1/2}} \tag{13}$$

c') $$\frac{\partial(vN)}{\partial y}=\frac{1}{\Delta y}\frac{1}{h^{n+1}_{i+1/2,j+1/2}}\left(\frac{N^n_{i+1/2,j}+N^n_{i+1/2,j+1}}{2}\right)^2-$$

$$\frac{1}{\Delta y}\frac{1}{h^{n+1}_{i+1/2,j-1/2}}\left(\frac{N^n_{i+1/2,j-1}+N^n_{i+1/2,j}}{2}\right) \tag{14}$$

d') $$gh\frac{\partial H}{\partial y}=g\cdot\left(\frac{h^{n+1}_{i+1/2,j+1/2}+h^{n+1}_{i+1/2,j-1/2}}{2}\right)\cdot$$

$$\left(\frac{H^{n+1}_{i+1/2,j+1/2}-H^{n+1}_{i+1/2,j-1/2}}{\Delta y}\right) \tag{15}$$

e')

$$\frac{1}{\rho}\tau_y=\frac{gn^2_{i+1/2,j}\left(\bar{v}_{i+1/2,j}\right)\sqrt{\left(u^n_{i+1/2,j}\right)^2+\left(v^n_{i+1/2,j}\right)^2}}{\left(\left(h^{n+1}_{i+1/2,j+1/2}+h^{n+1}_{i+1/2,j-1/2}\right)/2\right)^{1/3}} \tag{16}$$

in cui:

$$\bar{u}_{i,j+1/2}=\frac{\left(M^{n+2}_{i,j+1/2}+M^n_{i,j+1/2}\right)/2}{\left(h^{n+1}_{i+1/2,j+1/2}+h^{n+1}_{i-1/2,j+1/2}\right)/2}$$

$$\bar{v}_{i+1/2,j}=\frac{\left(N^{n+2}_{i+1/2,j}+N^n_{i+1/2,j}\right)/2}{\left(h^{n+1}_{i+1/2,j+1/2}+h^{n+1}_{i+1/2,j-1/2}\right)/2}$$

Il calcolo procede mediante la soluzione delle equazioni (2) e (3) per le incognite M^{n+2} e N^{n+2} in quanto i valori M^n, N^n e h^{n+1} sono specificati dalle condizioni iniziali o sono conosciuti dal

precedente passo temporale. I valori M^{n+2} ed N^{n+2} sono sostituiti nella equazione di continuita' e quindi viene ricavata l'incognita h^{n+3}. La versione piu' recente del codice di calcolo prevede alcune modifiche nei termini non lineari, al fine di ottenere una migliore stabilità dello schema numerico.

Sono presenti nel modello due diversi tipi di condizioni al contorno. La prima e' quella che considera una condizione al contorno in cui il flusso M=N=0, mentre la seconda considera la possibilità di far defluire la portata in arrivo verso l'esterno della mesh considerata.

Il fronte della corrente e' trattato in modo tale che quando l'altezza d'acqua è minore di un prefissato valore (p.e. 0.001m), il flusso nella rispettiva cella è assunto pari a zero. Particolari equazioni sono usate nel modello, nel caso in cui si abbia un gradino od un salto di fondo fra due celle adiacenti.

La propagazione della piena lungo il corso d'acqua arginato viene effettuata usando le equazioni complete di De Saint Venant :

$$\frac{1}{gA}\cdot\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{2Q}{gA^2}\frac{\partial Q}{\partial x}-\frac{Q^2}{gA^3}\frac{\partial A}{\partial x}+\frac{\partial H}{\partial x}+\frac{n^2|Q|Q}{A^2R^{4/3}}=0$$

$$\frac{\partial A}{\partial t}+\frac{\partial Q}{\partial x}=q \qquad (17)$$

in cui Q è la portata, A è la sezione trasversale, R il raggio idraulico, H la quota della superficie libera, q la portata laterale ed n il coefficiente di scabrezza della equazione di Manning. Le equazioni vengono risolte numericamente mediante uno schema alle differenze finite di tipo esplicito. Le due necessarie condizioni al contorno vengono specificate come idrogramma $Q=Q(t)$ nella sezione di monte e come andamento dei livelli in funzione del tempo nella sezione di valle da stabilire in base alla condizione al contorno presente in tale sezione.

SIMULAZIONI EFFETTUATE

Le nuove simulazioni effettuate sono rappresentate nelle seguenti tavole:

<u>*Tavola E12*</u>: simulazione per Tr=200 anni relativa alle esondazioni del F.Cornia nell'ipotesi di demolizione di ponte di Ferro e risagomatura arginale e protezione arginale come da progetto del Consorzio di Bonifica Alta Maremma (Tav1).

In tali ipotesi non si ha rottura ma solo sormonto arginale.

Tavola E13: simulazione per Tr=30 anni relativa la F.Cornia con demolizione di ponte di Ferro e risagomatura arginale e protezione arginale come da progetto del Consorzio di Bonifica Alta Maremma (Tav1).
In tali ipotesi non si ha rottura ma solo sormonto arginale.

Di seguito e' riportata la tabella relativa alle simulazioni effettuate:

	n.sim	descrizione
Tav E12	Tr200-D	simulazione stato attuale con demolizione ponte di Ferro e rivestimento degli argini da ponte di Ferro a Ponte Cafaggio (come da progetto Consorzio)
Tav E13	Tr30-D	simulazione stato attuale con demolizione ponte di Ferro e rivestimento degli argini da ponte di Ferro a Ponte Cafaggio (come da progetto Consorzio)

Il risultato, riportato nelle carte, e' l'inviluppo dei massimi delle varie simulazioni effettuate per queste condizioni di calcolo.
I punti di sormonto sono riportati nella tavola E0 del lavoro originario.

CONCLUSIONI

Sono state eseguite le simulazioni con riferimento alla situazione di progetto prevista in cui si ha la demolizione di Ponte di Ferro e il rafforzamento dei rilevati arginali come da progetto preliminare dle consorzio Alta Maremma del settembre 2007.

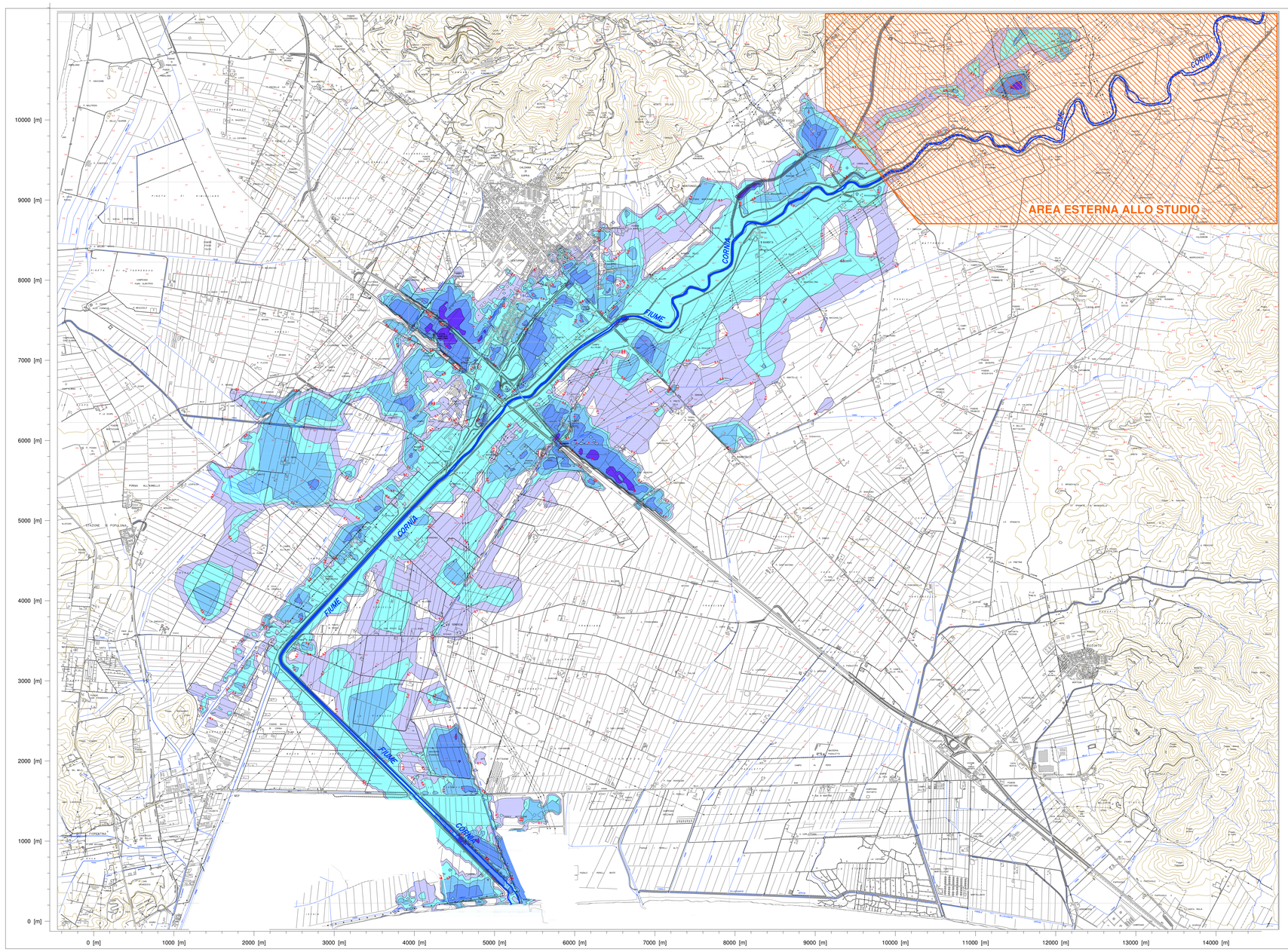
Le simulazioni sono state effettuate considerando il F Cornia e laminando le portate in arrivo a causa della tracimazione arginale. Non sono state considerate condizioni di rottura arginale a causa del rafforzamento previsto nel progetto sopra richiamato.

I risultati sono riportati nelle tavole degli allagamenti per i vari casi considerati.

Nell'area riportata nelle carte E12 e E13 risulta il rischio idraulico relativo al F.Cornia e al tratto terminale del Rio Merdancio per Tr=200 e 30 anni.

Pisa, settembre 2007

Prof. Ing. Stefano Pagliara

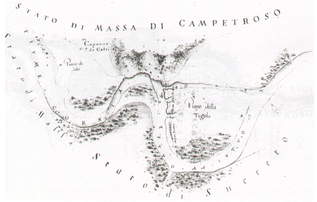


Inviluppo delle altezze d'acqua in metri (m)

- 3
- 2
- 1
- 0.5
- 0.3
- 0.1

Comune di Piombino

Calcolo delle esondazioni per Tr=200 e 30 anni del F.Cornia nell'ipotesi di demolizione del P. di Ferro e di risagomatura e protezione delle arginature come da progetto preliminare del Consorzio Alta Maremma: " Lavori di manutenzione straordinaria alle arginature del Fiume Cornia - II e III categoria idraulica "



(simulazioni effettuate con il modello Fim2d, Pagliara (1996-2007)

Inviluppo delle altezze d'acqua di esondazione del F. Cornia per tempi di ritorno di 200 anni - scenario Tr200-D (demolizione di Ponte di Ferro e risagomatura e protezione arginature da P.Ferro a Cafaggio)

IL PROGETTISTA:
Prof. Ing. Stefano Pagliara

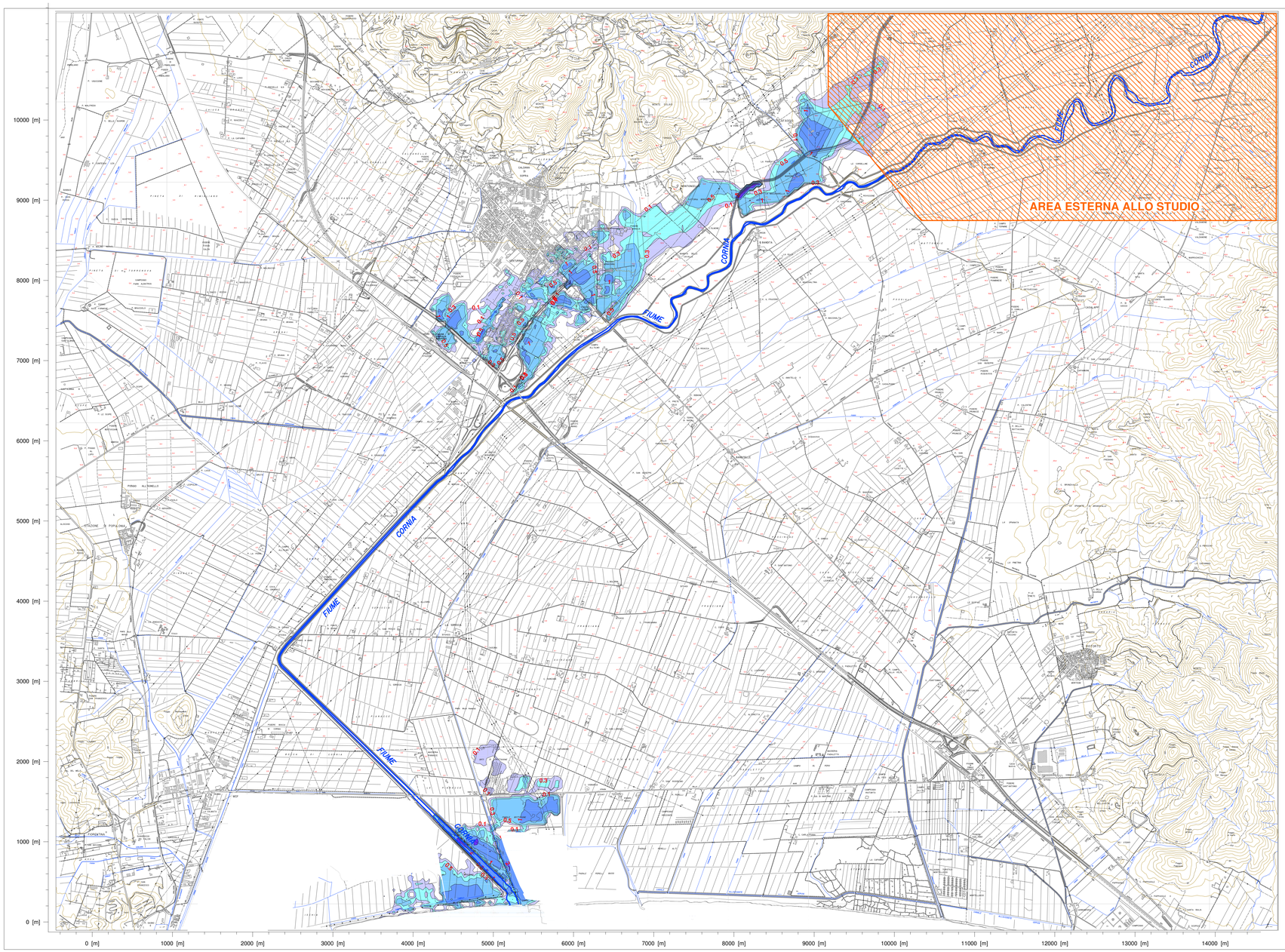
REVISIONI:

DATA: settembre 2007

SCALA:

COLLABORATORE:

TAV:
E12

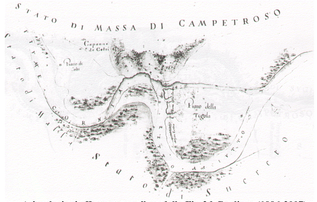


Inviluppo delle altezze d'acqua in metri (m)

3
2
1
0.5
0.3
0.1

Comune di Piombino

Calcolo delle esondazioni per Tr=200 e 30 anni del F.Cornia nell'ipotesi di demolizione del P. di Ferro e di risagomatura e protezione delle arginature come da progetto preliminare del Consorzio Alta Maremma: " Lavori di manutenzione straordinaria alle arginature del Fiume Cornia - II e III categoria idraulica "



(simulazioni effettuate con il modello Fim2d, Pagliara (1996-2007)

Inviluppo delle altezze d'acqua di esondazione del F. Cornia per tempi di ritorno di 30 anni - scenario Tr30-D (demolizione di Ponte di Ferro e risagomatura e protezione arginature da P.Ferro a Cafaggio)

IL PROGETTISTA:
Prof. Ing. Stefano Pagliara

REVISIONI:

DATA: settembre 2007

SCALA:

COLLABORATORE:

TAV:
E13