



Comune di Castellina Marittima
Provincia di Pisa

Istanza di variazione delle previsioni dell'attuale Regolamento
Urbanistico relativamente ad un terreno agricolo in località Le Badie,

UTOE C.4

STUDIO IDRAULICO DI SUPPORTO

IL PROPONENTE

Lu.ma.tos di Mangifesta Martina & C sas

I TECNICI

Ing. Pietro Chiavaccini
Ing. Maurizio Verzoni
Ing. Nicola Buchignani
Ing. Nicola Verzoni



STUDIO TECNICO P.R.I.M.A.
Via G. CIVININI, 8 - 57128 LIVORNO
P.IVA 01530730496
STUDIO CERTIFICATO ISO-9001/2008



Rev.	Cod. Elaborato	Data	Redatto	Verificato	Approvato
0	PT180-12-CAV-R01-00	Set. 2015	P. Chiavaccini	P. Chiavaccini	P. Chiavaccini

1	INTRODUZIONE	5
1.1	ANALISI TERRITORIALE	5
1.1.1	BACINO DEL T. PESCEIRA.....	7
2	MODELLO IDROLOGICO DEL BACINO	8
2.1	LA PLUVIOMETRIA.....	8
2.2	IETOGRAMMI	9
2.3	PERDITE IDROLOGICHE	9
2.4	MODELLI AFFLUSSI DEFLUSSI	13
3	ANALISI DELLE ESONDAZIONI	18
4	CONCLUSIONI.....	21
	APPENDICE 1.....	23

1 INTRODUZIONE

Il presente lavoro costituisce lo studio idrologico idraulico ai sensi del vigente DPGR 53/r per l'istanza di variante urbanistica per un terreno in località le Badie, UTOE C4. Tale studio costituisce aggiornamento di quello presentato nel dicembre 2012-gennaio 2013 e sul quale l'Autorità di Bacino Regionale si è espressa in maniera favorevole. Si riportano di seguito i principali risultati dello studio, specifici per l'area in esame e considerando gli aggiornamenti dovuti alle nuove curve di possibilità climatica pubblicata dalla Regione Toscana

1.1 Analisi territoriale

L'area di interesse è ubicata in Loc. Le Badie in destra idraulica del T. Pescera nel suo tratto terminale (Figura 1) ed è completamente ricompresa nell'UTOE C4 (Figura 2).

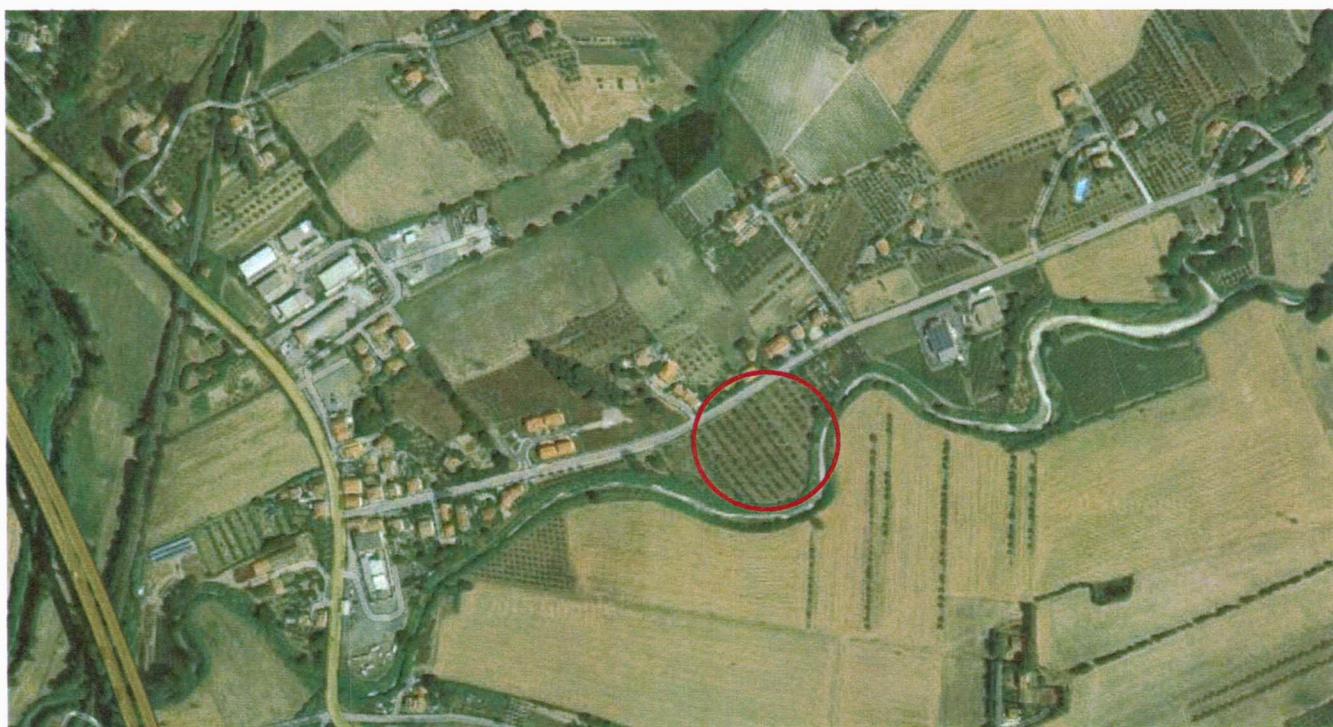


Figura 1 Ubicazione dell'area di intervento

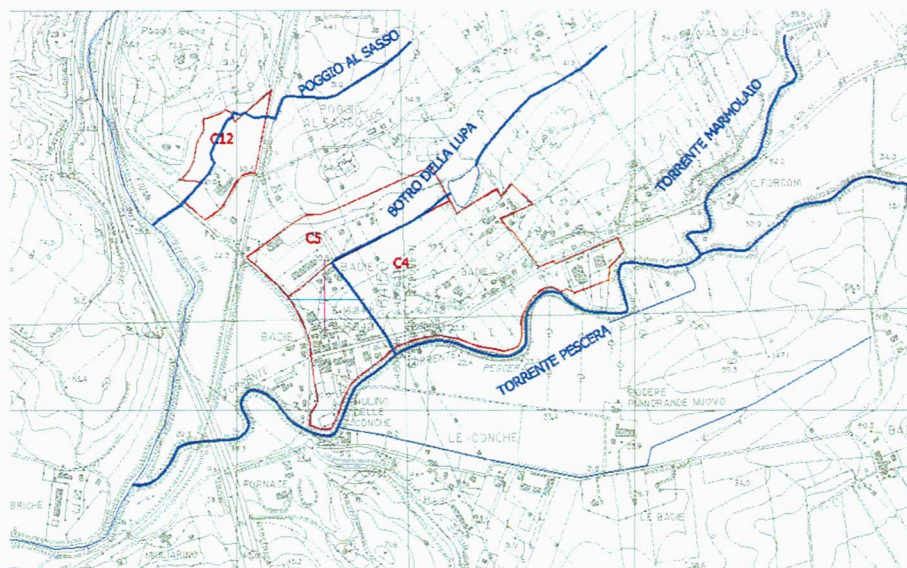


Figura 2 Poggio al Sasso, Botro della Lupa e Torrente Marmolaio (area Le Badie)

L'intero tratto del T. Pescara fa parte del reticolo idraulico di riferimento del vigente PAI dell'Autorità di Bacino Toscana Costa, con bacino idrografico che costituisce uno dei sottobacini del F. Fine (sinistra idrografica).

Dal punto di vista della pericolosità indicata dal vigente PAI del Bacino Toscana Costa l'area è soggetta a pericolosità idraulica di tipo elevata (PIE) (vedere punto A di Figura 3).

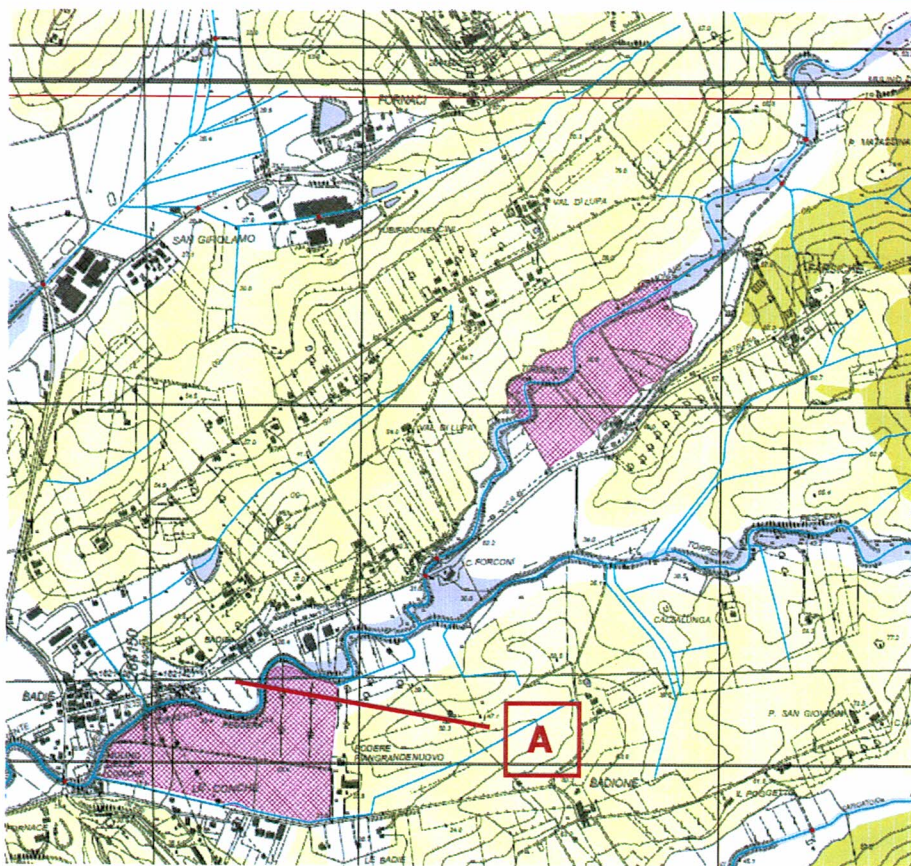


Figura 3 Pericolosità idraulica del vigente PAI per la zona delle Badie (Botro della Lupa e T. Pescara)

Sono stati esclusi dal reticolo di PAI solo i fossi minori (scoline e capifossi) che costituiscono la rete di drenaggio secondaria.

1.1.1 Bacino del T. Pescara

Il torrente Pescara è tra i principali affluenti del F. Fine. Con una superficie complessiva di di 30 km² prende origine dal Poggio di Nocola a circa 600 m sul l.m.m. Il suo affluente principale è il T. Marmolaio che sottende un bacino di circa 16 km² con punto di origine presso il Monte Vaso. La confluenza dei due corsi d'acqua avviene all'altezza della Loc. Le Badie circa 2 km a monte della immissione nel F. Fine. La pendenza media del Bacino è di circa il 5% nella parte valliva (a valle della confluenza con il T. Marmolaio) mentre più a monte raggiunge valori fino al 12-15%. In corrispondenza dell'abitato delle Badie poco più a monte dell'attraversamento sull'autostrada Genova Rosignano, riceve le acque del F. della Lupa. Questo ha un bacino di circa 0.52 kmq e si origina a circa 90 m rispetto al l.m.m lungo la strada per Poggimberna con una lunghezza complessiva dell'asta fluviale di 1.9 km circa. Poco più a monte dell'abitato delle Badie il fosso della Lupa è intercettato da uno sbarramento artificiale (noto come invaso Barani) costituendone il successivo canale di scarico. La pendenza media del Fosso della Lupa è di circa il 3%

2 MODELLO IDROLOGICO DEL BACINO

2.1 LA PLUVIOMETRIA

Per la pluviometria si è fatto riferimento allo studio idrologico allegato al "Progetto preliminare per la regimazione idraulica del F. Fine". In questo studio è stata analizzato il regime pluviometrico delle stazioni della rete idrografica con un numero di dati significativo (Quercioletta, Casacce, Santa Luce, Nugola) e determinata una curva di possibilità climatica e pluviometrica media per il bacino attraverso l'applicazione dei poligoni di Thiessen. La curva risultante fornita è 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). Tale curva è stata definita per eventi con durata maggiore di un'ora. Per le durate inferiori all'ora si è fatto riferimento al coefficiente n della curva di possibilità pluviometrica definita nello studio "Studio idrologico idraulico UTOE C12" di Hs Ingegneria relativamente alla stazione di Casacce (codice idrografico 1990) pari a 0.315. I valori dei coefficienti a , n e m assunti sono riportati in Tabella 1.

Tabella 1. Coefficienti della curva di possibilità climatica e pluviometrica

t<1h			t>1h		
a	n	m	a	n	m
32.54	0.315	0.17	32.54	0.255	0.17

Per tutti i bacini analizzati si è trascurato il fattore di riduzione areale, procedendo pertanto a favore di sicurezza.

Per varie durate e tempi di ritorno le altezze di pioggia complessive a livello di bacino sono riportate in

Tabella 2. Altezze di pioggia massimi con le cpp studio 2012

Tr	t=1h	t=2h	t=3h	t=4h	t=5h	t=6h
200	80.1	95.6	106.0	114.1	120.7	126.5
30	58.0	69.2	76.8	82.6	87.5	91.6

Nel 2014 la regione Toscana ha effettuato la regionalizzazione delle pluviometrie con dati aggiornati. In riferimento ai bacini e sottobacini del T. Pescera i valori delle altezze di pioggia per varie durate sono indicati nella tabella che segue:

Tabella 3. Altezze di pioggia massime con le nuove cpp della Regione Toscana 2014

Tr	t=1h	t=2h	t=3h	t=4h	t=5h	t=6h
200	85.5	105.5	119.3	130.1	139.2	147.1



30	61.5	72.6	79.8	85.7	90.4	94.4
----	------	------	------	------	------	------

I valori presentano qualche differenza in eccesso dell'ordine del 10%.

2.2 IETOGRAMMI

L'andamento temporale dell'evento pluviometrico è stato schematizzato ricorrendo ad uno 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, in accordo con quanto definito nel citato progetto "Regimazione Idraulica del Fiume Fine", si è deciso di utilizzare quello ad andamento triangolare con picco posto a 0.5 volte la durata di pioggia t e con valore del picco pari a due volte l'intensità media. Si sono considerati eventi pluviometrici di durata t variabile da $\frac{1}{2}$ ora a 5 ore ed aventi tempi di ritorno pari a 200 e 30.

2.3 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 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 4 e la Tabella 5, la natura del terreno dal punto di vista idrogeologico e la copertura del suolo (vegetale e non) si risale, utilizzando la Tabella 6, 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).

La classe di permeabilità dei suoli è stata definita sulla base della corrispondente carta della Regione Toscana sulla base della tipologia indicata (Tabella 7).

La classe AMC viene individuata confrontando le condizioni medie di umidità del bacino in esame con quelle riportati in Tabella 8. La conversione del valore del CN ai valori corrispondenti per le classi AMC I e AMC III viene effettuata attraverso formule:

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

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

Tabella 4. Classificazione litologica dei suoli secondo SCS

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 5. Classificazione dei suoli secondo il Codice CORINE

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

Codice CORINE	CN(A)	CN(B)	CN(C)	CN(D)
111	77	85	90	92
112	61	75	83	87
121	85	90	92	94
122	83	89	92	93
123	95	95	95	95
131	77	86	91	94
133	77	86	91	94
141	39	61	64	80
211	58	72	81	85
221	58	69	77	80
222	32	58	72	79
223	32	58	72	79
231	39	61	74	80
241	58	72	81	85
242	58	72	81	85
243	30	58	71	78
311	30	55	70	77
312	36	60	73	79
313	33	57	71	78
321	39	61	74	80
322	30	48	65	73
323	35	56	70	77
324	48	67	77	83

332	89	92	94	95
333	68	79	79	89
334	76	85	90	93

Tabella 7. Attribuzione della classe litologica SCS in base ai codici di permeabilità della carta regionale

COD	PERMEABILITA'	TIPOLOGIA	Classificazione litologica SCS
1	Permeabilità da bassa a molto bassa	PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità)	D
2	Permeabilità medio-bassa	PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità)	C
3	Permeabilità media	PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità)	B
4	Permeabilità medio-alta	PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità)	A
5	Permeabilità alta	PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità)	A
A	Permeabilità da bassa a molto bassa	PERMEABILITA' MISTA	D
B	Permeabilità medio-bassa	PERMEABILITA' MISTA	C
C	Permeabilità media	PERMEABILITA' MISTA	B
D	Permeabilità medio-alta	PERMEABILITA' MISTA	A
E	Permeabilità alta	PERMEABILITA' MISTA	A
I	Permeabilità da bassa a molto bassa	PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione e/o carsismo)	D
II	Permeabilità medio-bassa	PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione e/o carsismo)	C
III	Permeabilità media	PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione e/o carsismo)	B
IV	Permeabilità medio-alta	PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione e/o carsismo)	A
V	Permeabilità alta	PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione e/o carsismo)	A
IM	IMPERMEABILE	IMPERMEABILE	D
NRC	Aree non rilevate o non classificate	AREE NON RILEVATE o NON CLASSIFICATE	C

Tabella 8. Condizioni di umidità antecedenti individuate in base alla precipitazione totale nei 5 giorni precedenti

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

Relativamente allo studio in esame, per il calcolo del CN, si è fatto riferimento ad una condizione del tipo AMCIII (Tabella 8). I valori riassuntivi dei parametri CN adottati nel modello idrologico per i vari bacini è indicato in Tabella 9.

Tabella 9. Parametri di CN per la determinazione delle perdite idrologiche

Id Bacino	Corso d'acqua	Bacino di riferimento	S (kmq)	CN
CN1	Botro Canale	BOTRO CANALE	0.31	88
CN2	Botro Canale	BOTRO CANALE	2.46	88
CN2a	Botro Canale	BOTRO CANALE	0.15	88
G1	Gaziandrino	RICAVO	0.75	89
L1	Lupa	PESCERA	0.29	86
L2	Lupa	PESCERA	0.18	86
L3	Lupa	PESCERA	0.05	89
M1	Marmolaio	PESCERA	15.87	84
PE1	Pescera	PESCERA	11.96	85
PE2	Pescera	PESCERA	0.52	86
PE3	Le conche	PESCERA	0.85	90
PE4	Pescera	PESCERA	0.12	92
R1	Ricavo	RICAVO	3.00	87
S1	Salice	RICAVO	0.61	87
S2	Salice	RICAVO	0.07	87
SG1	San Girolamo	BOTRO CANALE	0.71	88
SG2	San Girolamo	BOTRO CANALE	0.13	90
SG3	San Girolamo	BOTRO CANALE	0.07	88
SS1	Poggio al Sasso	POGGIO AL SASSO	0.15	81
SS2	Poggio al Sasso	POGGIO AL SASSO	0.07	85
Z1	Zimbrone	RICAVO	1.28	88

2.4 MODELLI AFFLUSSI DEFLUSSI

Il calcolo idrologico è stato effettuato considerando il metodo dell'idrogramma unitario del Soil Conservation Service (SCS Unit Hydrograph) in cui è necessario definire un tempo di corrivazione (in h) e un tempo di ritardo da esso dipendente proporzionalmente ad un fattore di 0.6. Il modello proposto è coerente con quello impiegato nel citato Progetto di regimazione del F. Fine che per i bacini minori prevedeva l'impiego del metodo SCS. La valutazione del tempo di corrivazione è stata effettuata mediando i valori che si ottengono dalle molteplici formulazioni impiegate in letteratura:

- formula di Kerby - Hatheway:

$$T_c = \frac{1}{60} \left(\frac{0.67 \cdot \left(1000 \frac{L}{0.3048} \cdot N \right)}{i^{0.5}} \right)^{0.467}$$

- formula di Giandotti:

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8H_m}$$



- formula di Ventura:

$$T_c = 0.127 \left(\frac{A}{i_B} \right)^{0.5}$$

- formula di Kirpich:

$$T_c = 0.0003257 \frac{L^{0.77}}{i_B^{0.385}}$$

- formula di Pasini:

$$T_c = 0.108 \frac{(AL)^{0.33}}{i^{0.5}}$$

- formula di Pezzoli:

$$T_c = 0.055 \frac{L}{i^{0.5}}$$

- formula di Rosso et al:

$$T_c = 0.26 \frac{L^{0.82}}{i_B^{0.2}} (1 + S)^{0.13}$$

- formula di Ferro:

$$T_c = 0.675 A^{0.5}$$

- formula PIN Regione Toscana:

$$T_c = \frac{0.17}{0.6} L$$

$$T_c = \frac{0.32}{0.6} A^{0.5}$$

dove A è la superficie del Bacino in Km², L=lunghezza asta in km, i pendenza media del corso d'acqua, i_B pendenza media del corso d'acqua e N coefficiente pari a 0.2 (coefficiente valido per

suoli privi di significativa copertura vegetale come è il caso della condizione invernale) e S capacità di ritenzione potenziale (definita attraverso il Curve Number) sopra determinato.

Il valore medio del Tc per i diversi bacini è indicato in Tabella 10.

Tabella 10 Tempo di corrivazione per i vari bacini investigati

Id Bacino	Corso d'acqua	Bacino di riferimento	S (kmq)	Tc (h)
L1	Lupa	PESCERA	0.29	0.52
L2	Lupa	PESCERA	0.18	0.34
L3	Lupa	PESCERA	0.05	0.66
M1	Marmolaio	PESCERA	15.87	2.83
PE1	Pescera	PESCERA	11.96	2.22
PE2	Pescera	PESCERA	0.52	0.80
PE3	Le conche	PESCERA	0.85	0.78
PE4	Pescera	PESCERA	0.12	0.67

Lo schema idrologico è indicato per i vari bacini è indicato nelle figure che seguono.

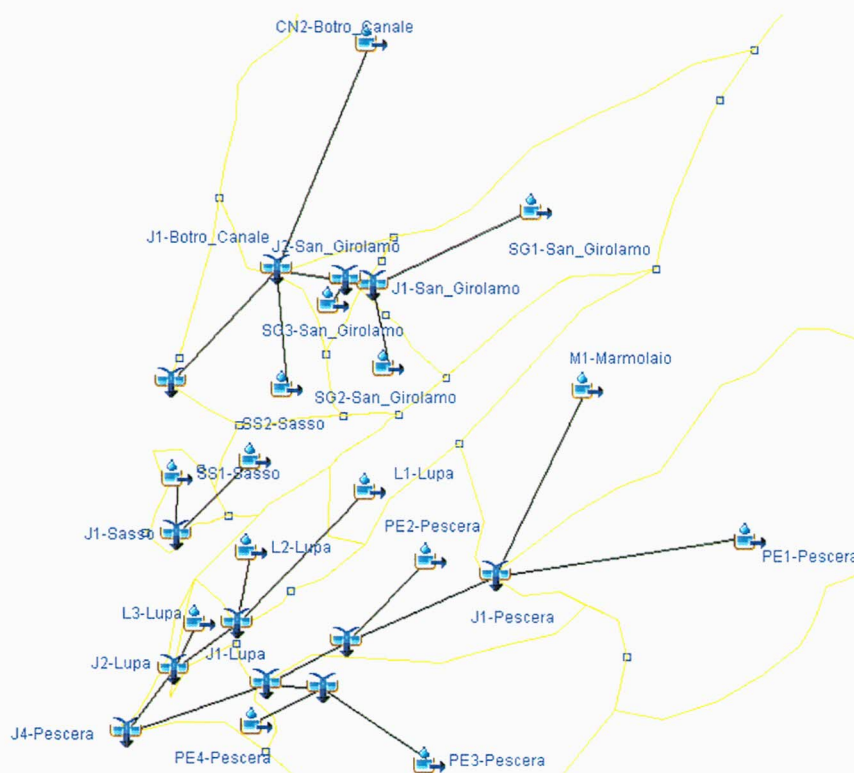


Figura 4. Schema del modello idrologico per i bacini in località Le Badie

I valori massimi delle portate per i vari punti significativi del bacino al variare del tempo di ritorno sono indicati in Tabella 11.

Tabella 11 Portate massime per i vari elementi dei bacini esaminati

ID elemento	Riferimento	Superficie (km ²)	Q (mc/s) (Tr200)	Q (mc/s) (Tr30)	Q (mc/s) (Tr20)
-------------	-------------	-------------------------------	------------------	-----------------	-----------------

M1-Marmolaio	Marmolaio Confluenza con Pescera	15.9	105.87	66.06	59.36
PE1-Pescera	Pescera Confluenza con Marmolaio	11.95	95.8	59.76	53.7
J1-Pescera		27.85	196.77	122.65	110.37
PE2-Pescera		0.53	8.03	4.89	4.38
J2-Pescera		28.38	198.73	124.29	111.8
PE3-Pescera		0.85	15.4	9.82	8.87
PE4-Pescera		0.12	2.54	1.66	1.51
J5-Pescera		0.97	17.85	11.44	10.35
J3-Pescera		29.35	203	127.39	114.67
L1-Lupa		0.29	5.56	3.35	2.98
L2-Lupa		0.18	4.09	2.44	2.18
J1-Lupa		0.47	9.27	5.67	5.07
L3-Lupa		0.05	0.95	0.6	0.54
J2-Lupa	Sezione Terminale Confluenza con Fosso della Lupa	0.52	10.16	6.22	5.56
J4-Pescera	Sezione Terminale T. Pescera Confluenza con F. Fine	29.87	204.75	128.53	115.61

Con le curve di possibilità climatica e pluviometrica della Regione Toscana aggiornate al 2014 si ricavano i seguenti dati.

ID elemento	Riferimento	Superficie (km ²)	Q (mc/s) (Tr200)	Q (mc/s) (Tr30)
M1-Marmolaio	Marmolaio Confluenza con Pescera	15.9	126.79	69.84
PE1-Pescera	Pescera Confluenza con Marmolaio	11.95	110.70	62.03
J1-Pescera		27.85	233.6	129.62
PE2-Pescera		0.53	6.74	3.84
J2-Pescera		28.38	236.77	124.29
PE3-Pescera		0.85	11.83	7.08
PE4-Pescera		0.12	1.77	1.09
J5-Pescera		0.97	13.58	8.16
J3-Pescera		29.35	242.57	134.57
J4-Pescera	Sezione Terminale T. Pescera Confluenza con F. Fine	29.87	244.77	135.82

Analizzando i valori con le due metodologie non si ritiene sussistano significative differenze in termini di pericolosità idraulica nelle aree investigate, in particolare in quella di interesse del presente studio.

I corsi d'acqua analizzati costituiscono affluenti del F. Fine che ne condiziona il deflusso. A questo proposito è necessario definire le massime portate che si possono verificare sul F. Fine in corrispondenza delle confluenze al variare del tempo di ritorno. Tali valori sono indicati negli studi forniti dall'Amministrazione in particolare nel Progetto di Regimazione Idraulica del F. Fine. I valori assunti sono:

Tabella 12 Portate massime nel F. Fine nei tratti interessati

Tratto	Q (mc/s) (Tr200)	Q (mc/s) (Tr30)	Q (mc/s) (Tr20)
Monte Confluenza B. Canale	888.5	582.8	532.0
Tra Botro Canale e T. Pescera	888.4	567.0	514.0
A valle T. Pescera	1091.4	694.4	628.7

I picchi di portata nel F. Fine si verificano ad un tempo di circa 5 h dall'inizio di un ipotetico evento, mentre il bacino del T. Pescera presenta tempo critico di 4 h. Al fine di procedere a favore di sicurezza non si è tenuto conto dello sfasamento temporale dei picchi di piena, ipotizzando comunque il F. Fine al massimo delle sue capacità per i diversi tempi di ritorno.

Di seguito si riporta l'andamento delle portate per vari punti significativi del bacino (riferimento studio del 2012-2013)

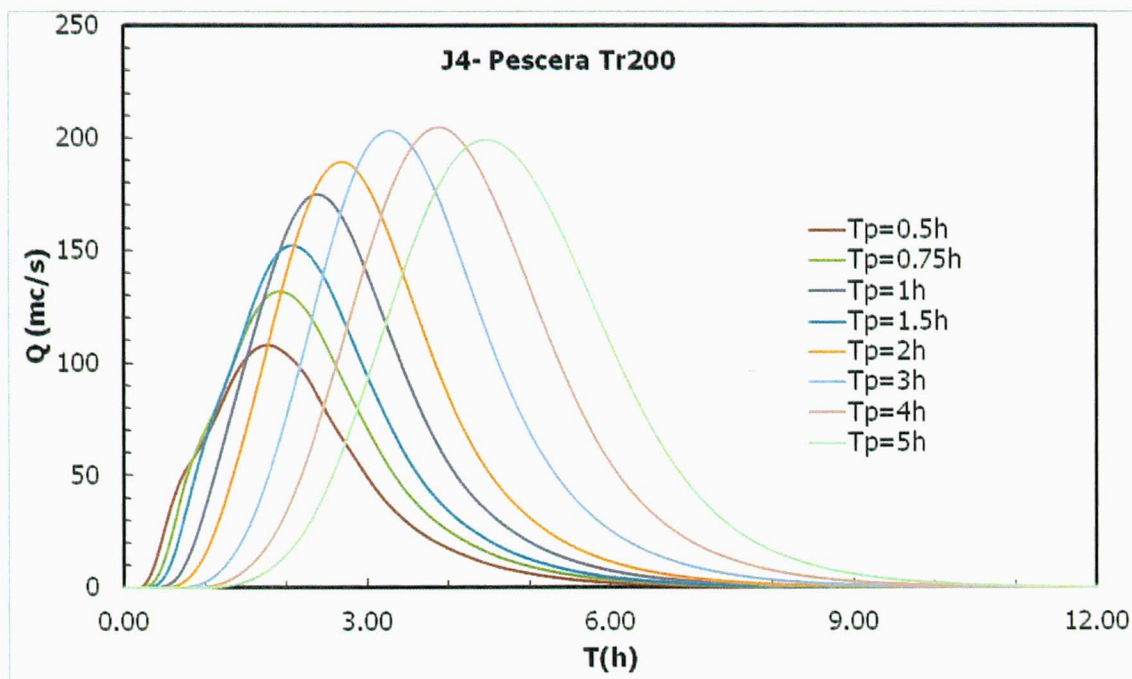


Figura 5. Idrogramma di piena del torrente Pescera alla confluenza con il F. Fine per varie dura-te e Tr=200 anni

3 ANALISI DELLE ESONDAZIONI

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.

La costruzione del modello digitale del terreno è realizzata mediante l'utilizzo di punti georeferenziati di coordinate x,y,z frutto dell'acquisizione Lidar. Nel modello sono inseriti gli edifici e la rete delle infrastrutture (strade e ferrovia). La definizione dei coefficienti di scabrezza è stata fatta sulla base di quanto già definito nel precedente studio, sovrapponendo pertanto al terreno la Carta dell'Uso del Suolo Land Corine e fissando per ogni zona il corrispondente coefficiente di Manning (impiegando i valori noti in letteratura ed in particolare quelli riportati in "USDA-SCS, 1986- Urban hydrology for small watersheds. Technical release 55. Washington, DC" e "McCuen, R.H., 1998. Hydrologic Design and Analysis; Prentice Hall, New Jersey"). Tale parametro è assegnato anche ad ogni sezione dei corsi d'acqua rilevati lungo i quali sono inoltre individuate e collocate le singolarità: ponti, attraversamenti, tratti tombati,... In Tabella 13 è riportato il valore del coefficiente di scabrezza impiegato nella simulazione:

USO DEL SUOLO	Codice CORINE	Manning n
Tessuto Urbano continuo	111	0.02
Tessuto Urbano discontinuo	112	0.025
Aree industriali o commerciali	121	0.02
Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	122	0.015
Aree portuali	123	0.015
Aree estrattive	131	0.035
Cantieri	133	0.035
Aree verdi urbane	141	0.04
Aree ricreative e sportive	142	0.04
Seminativi in aree non irrigue	211	0.12
Vigneti	221	0.3
Frutteti e frutti minori	222	0.3
Oliveti	223	0.3
Prati Stabili	231	0.3
Colture temporanee associate a colture permanenti	241	0.2
Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	243	0.15
Boschi di latifoglie	311	0.6
Boschi di conifere	312	0.6

Boschi misti	313	0.6
Aree a pascolo naturale e praterie	321	0.25
Brughiere e cespuglieti	322	0.25
Aree a vegetazione sclerofilla	323	0.3
Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	324	0.4
Spiagge, dune e sabbie	331	0.1
Aree percorse da incendi	334	0.03

Tabella 13 Coefficienti di scabrezza impiegati nel modello bidimensionale

La modellazione per l'area delle "Badie" è stata eseguita per un'area di 2.5x2.8 km con celle quadrate di dimensione 2.5 m di lato (Figura 6)

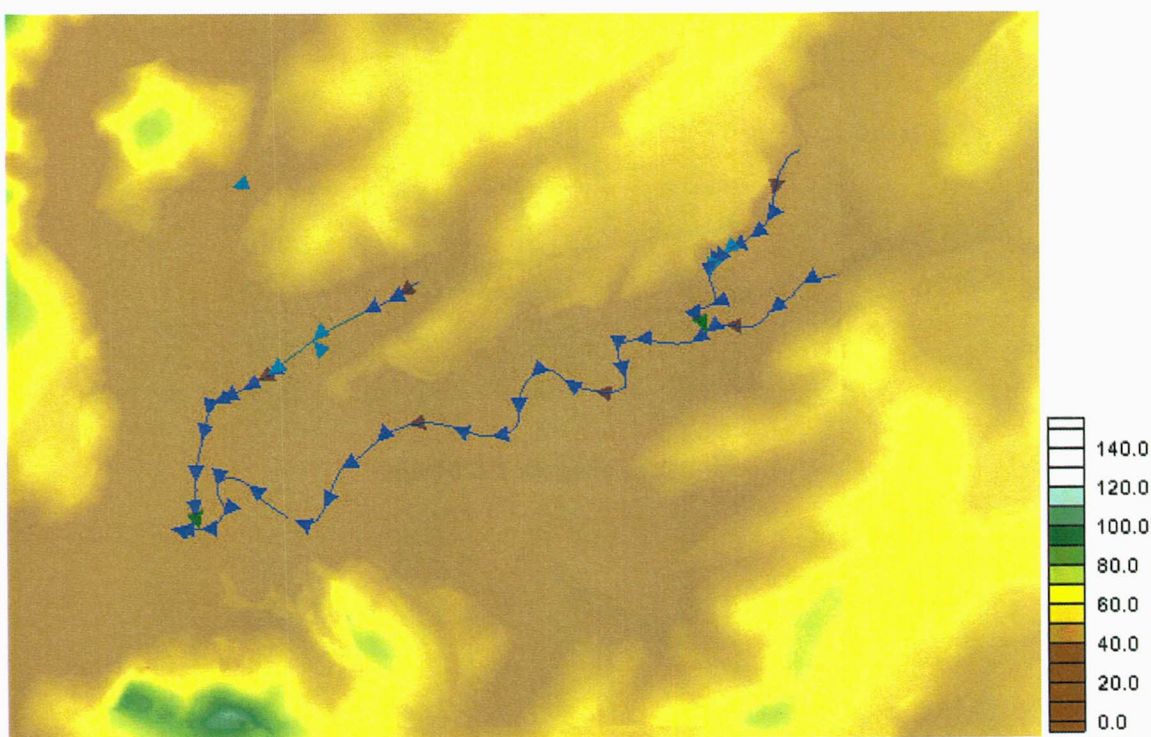


Figura 6 Griglia di calcolo in loc. Le Badie

Nell'ottica di non considerare nei tratti a valle la perdita di acqua che si ha nei tratti a monte per esondazione, si sono suddivisi i corsi d'acqua in tratti omogenei intendendo con questo la divisione dei fossi in corrispondenza di singolarità come ponti, scatolari ecc. che danno luogo a esondazioni ed in corrispondenza dell'immissione di affluenti. Ogni tratto ha quindi come condizione al contorno nella sezione di monte l'idrogramma di piena non depurato delle acque esondate nel tratto precedente:.

I risultati delle esondazioni per i vari tratti analizzati sono riportati nelle tavole allegate. Evidenti risultano le problematiche legate al rigurgito del F. Fine in particolare nelle confluenze del F. della Lupa. Non sussistono invece problematiche relative alla zona di interesse.

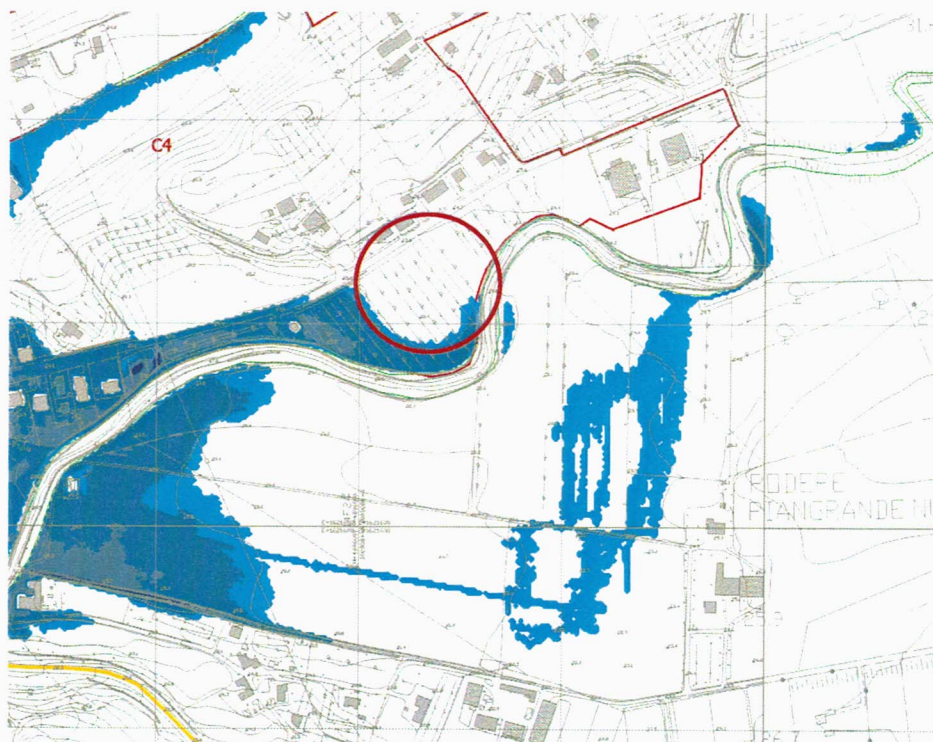


Figura 7 Aree allagate TR200 anni

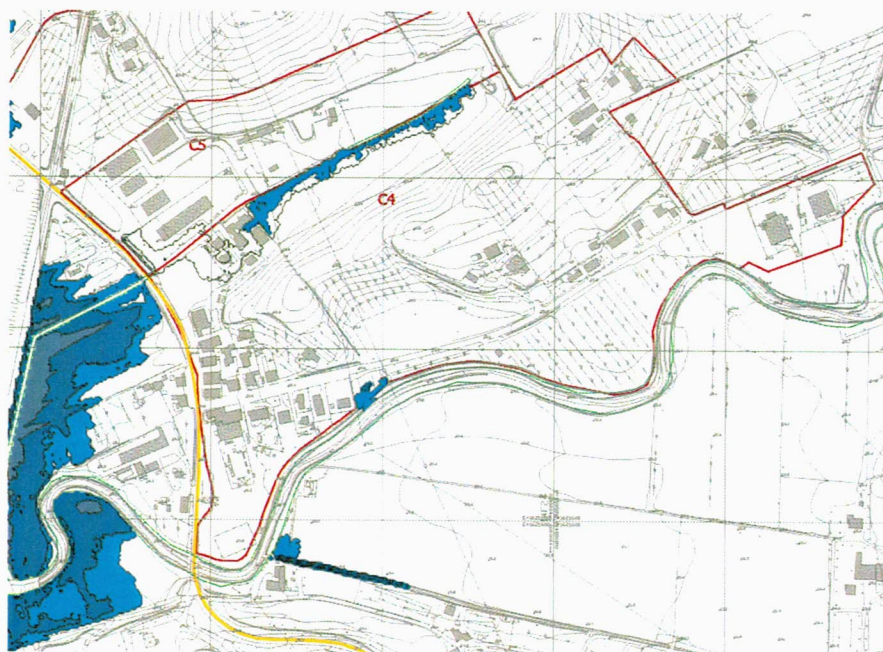


Figura 8 Aree allagate TR30 anni

4 CONCLUSIONI

Il presente studio accompagna la definizione delle esondazioni in un'area dell'Utoe C4 del Comune di Castellina M.ma soggetta a variante urbanistica. Lo studio ha visto la definizione del modello idrologico (adeguando studi esistenti ed in particolare Progetto preliminare della Regimazione idraulica del F. Fine- HS Ingegneria srl- anno 2004) e successivamente l'analisi idraulica con modello bidimensionale in moto vario. La base topografica è stata ricavata dai dati Lidar messi a disposizione dall'Amministrazione. E' stato eseguito un confronto con i dati pluviometrici predisposti dalla regione Toscana nel 2014, con risultati che pur con qualche differenza si ritiene non significativa ai fini della analisi delle esondazioni. Pertanto si fa riferimento al quadro di esondazioni individuato nello studio del 2012-2013.

Le analisi sono state svolte considerando l'effetto di rigurgito del fiume Fine nell'ipotesi cautelativa che vi sia concomitanza dell'evento di piena. Non si sono considerati scenari legati a rotture arginali o ad altri cedimenti che possono interferire con il deflusso nel corso d'acqua.

I risultati hanno evidenziato che i principali sono legati all'effetto di rigurgito del F. Fine che determinano in molti casi condizioni di innalzamento dei livelli liquidi ben oltre le sommità arginali. Il torrente Pescera presenta criticità locali per insufficiente capacità di contenimento delle quote arginali. In alcuni casi le esondazioni sono da imputarsi alle ridotte capacità di deflusso di ponti ed attraversamenti.

L'area di interesse, classificata in PIE nel vigente PAI, non è comunque interessata da fenomeni di allagamento, per cui ai fini di una fattibilità dell'intervento si ritiene sufficiente procedere con un posizionamento dell'opera leggermente sopraelevata rispetto all'esistente (anche limitata a solo fronte lato fiume del corso d'acqua) senza comunque dover prevedere compensazioni.

Livorno, settembre 2015

Il tecnico
Ing. Pietro Chiavaccini



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 .