

 INGEGNERIA PROGETTI S.R.L.  	INGEGNERIA PROGETTI S.R.L. VIA DELLA LIBERTA, 97 90143 PALERMO e-mail studio@ingegneriaprogetti.com						
	REVISIONI	04	18/10/2019	Agg. secondo richiesta dell'Autorità di Bacino di cui al Prot. n° 6077 del 25/09/2019	ING. S. PRIOLO ING. G. LA PLACA	ING. G. PUPELLA ING. G. RACCUGLIA	ING. S. PRIOLO ING. G. PUPELLA
		03	11/06/2019	Approvazione sec. rapporto Finale di Verifica Commessa N. 19-1681 del 11/06/2019	ING. S. PRIOLO ING. G. LA PLACA	ING. G. PUPELLA ING. G. RACCUGLIA	ING. S. PRIOLO ING. G. PUPELLA
		02	21/05/2019	Agg. secondo rapporto del Controllo Conformità rev.00 del 24/04/2019	ING. S. PRIOLO ING. G. LA PLACA	ING. G. PUPELLA ING. G. RACCUGLIA	ING. S. PRIOLO ING. G. PUPELLA
		01	29/03/2019	REVISIONE	ING. S. PRIOLO ING. G. LA PLACA	ING. G. PUPELLA ING. G. RACCUGLIA	ING. S. PRIOLO ING. G. PUPELLA
		N.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO

REVISIONI					
	00	11/06/2019	Approvazione sec. rapporto Finale di Verifica Commessa N. 19-1681 del 11/06/2019	ING PRE PR CS	V. DI DIO
	N.	DATA	DESCRIZIONE	ESAMINATO	ACCETTATO

NUMERO E DATA ORDINE: 4 000 067 102 del 23/04/2018

MOTIVO DELL'INVIO: PER ACCETTAZIONE PER INFORMAZIONE

CODIFICA ELABORATO		 Terna Rete Italia T E R N A G R O U P
RC11006BCSI01422		
TITOLO ELABORATO		TIPOLOGIA ELABORATO
Nuova Stazione Elettrica 380/220/150 kV di Pantano D'Arci Comune di Catania (CT) Relazione idrologica - idraulica		ESECUTIVO
		PROGETTO
		TE-GR-11-006

NOME DEL FILE	SCALA CAD	FORMATO	SCALA	FOGLIO
RC11006BCSI01422_00_04.pdf	1 unità = 1mm	A4	-	1/25 + All.

Questo documento contiene informazioni di proprietà Terna Rete Italia S.p.A. e deve essere utilizzato esclusivamente dal destinatario in relazione alle finalità per le quali è stato ricevuto. E' vietata qualsiasi forma di riproduzione o di divulgazione senza l'esplicito consenso di Terna Rete Italia S.p.A.

This document contains information proprietary to Terna Rete Italia S.p.A. and it will have to be used exclusively for the purposes for which it has been furnished. Whichever shape of spreading or reproduction without the written permission of Terna Rete Italia S.p.A. is prohibit.

**REGIONE SICILIA – PROVINCIA CATANIA
COMUNE DI CATANIA**

Realizzazione della S.E. 380/220/150 kV di Pantano D’Arci

Relazione idrologica-idraulica

PREMESSA

TERNA S.p.A., nell’ambito dei suoi compiti istituzionali e del vigente programma di sviluppo della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN), approvato dal Ministero per lo Sviluppo Economico, ha in progetto la realizzazione di una nuova Stazione Elettrica di trasformazione 380/220/150 kV nel Comune di Catania (CT).

La Stazione Elettrica rientra in un più ampio piano di interventi di potenziamento e razionalizzazione della rete AT della Sicilia Orientale.

La nuova stazione permetterà di rinforzare l’alimentazione dell’area di Catania incrementando la continuità e la qualità del servizio di fornitura interconnettendo l’esistente rete 220/150 kV con il sistema 380 kV. Tale intervento consentirà anche un consistente piano di razionalizzazione della rete AT nell’area compresa tra le province di Siracusa e Catania, finalizzato a ridurre l’impatto ambientale e territoriale delle infrastrutture di trasmissione in programma, con evidenti benefici ambientali.

Il Progetto della stazione e delle opere connesse è stato autorizzato con decreto del Ministero dello Sviluppo Economico - Direzione Generale per il Mercato Elettrico, le Rinnovabili e l’efficienza energetica, il Nucleare di concerto con il Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - Direzione Generale per i rifiuti e l’inquinamento con prot. n° 239/EL-227/266/2018 del 08/02/2018. Inoltre, il Progetto è stato sottoposto a parere VIA/VAS del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare di concerto con il Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo ottenendo il decreto di compatibilità ambientale Prot. n°0000352 del 28/11/2013.

LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

L'ubicazione della S.E. di Pantano è stata individuata in considerazione delle esigenze tecniche di connessione della stazione alla rete elettrica nazionale e delle possibili ripercussioni sull'ambiente, con riferimento alla legislazione nazionale e regionale vigente in materia. Pertanto, la Nuova Stazione Elettrica di Pantano sarà ubicata a ridosso della SP70/1 denominata Passo del Fico in prossimità dell'incrocio con la SP55, come da PTO.

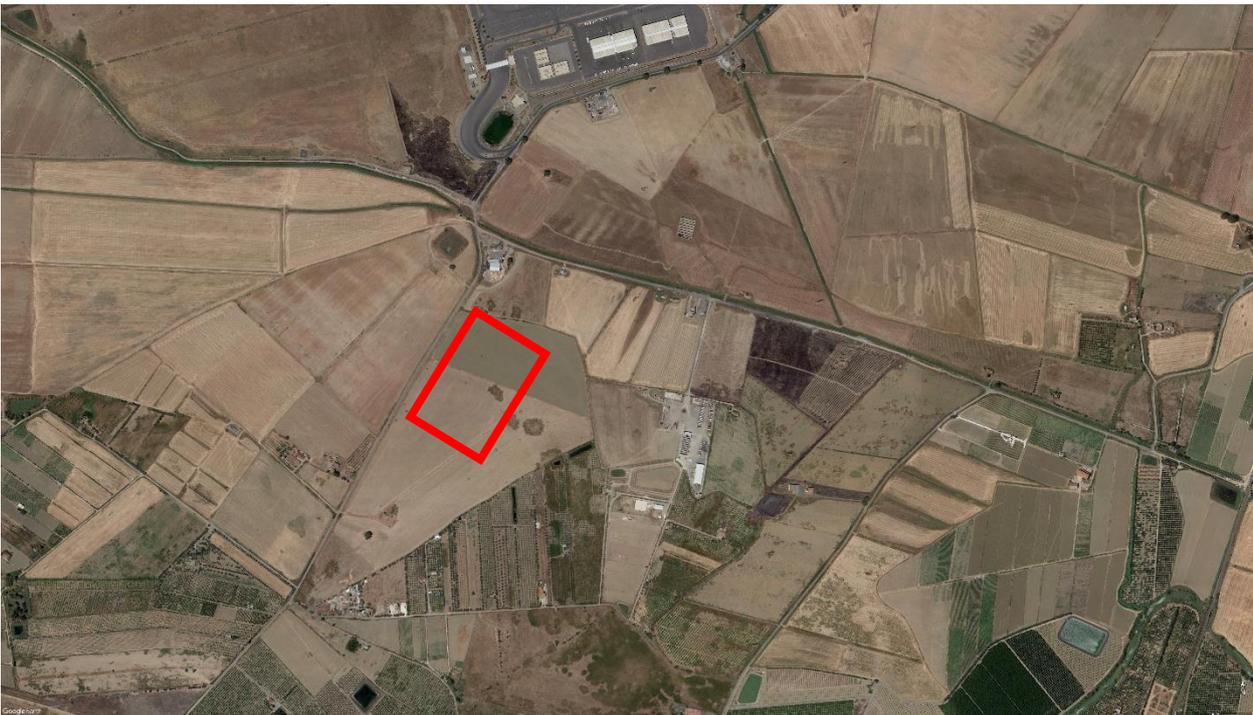


Fig. 1 – Ortofoto con individuazione dell'area occupata dalla S.E.

Il sito, destinato alla realizzazione della Stazione Elettrica ed alla bretella di accesso, ricade catastalmente all'interno delle particelle 371/41/137/459 del Foglio 46 del N.C.T. del Comune di Catania (CT). Le aree sono non edificate con destinazione d'uso agricola.

In adiacenza alla S.E. è prevista la realizzazione di un bacino di compensazione idraulica che occuperà le particelle 105/41/137/459/460 del Foglio 46.

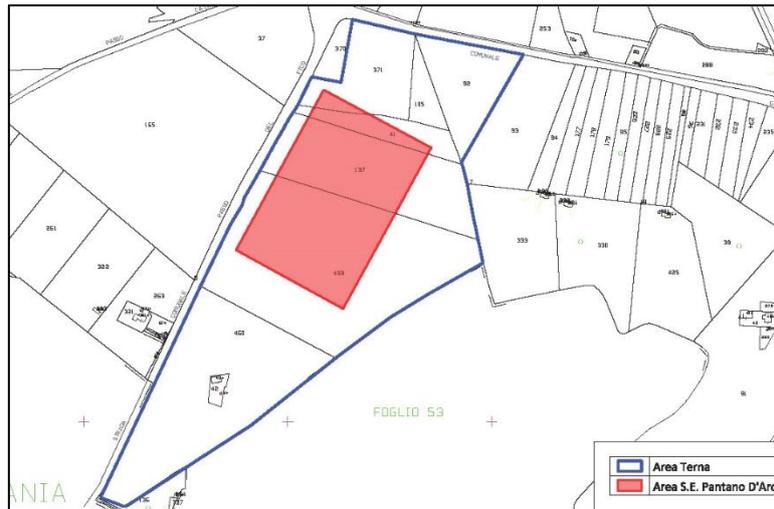


Fig.2 – Stralcio catastale

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Geomorfologicamente, l'area di studio, è caratterizzata da lineamenti morfologici essenziali che dipendono dalle caratteristiche geologiche e dalla resistenza all'erosione delle litologie affioranti.

L'area ricade nella Piana di Catania, nell'ambito del Bacino idrografico del F. Simeto. La Piana di Catania, si estende per 428 kmq e rappresenta la più estesa pianura alluvionale della Sicilia. Ha avuto origine in seguito al colmamento del Golfo primordiale pre-etneo che esisteva nel punto di contatto tra la zolla euro-asiatica a nord corrispondente alla catena dei monti Peloritani e la zolla africana a sud corrispondente all'Altopiano Ibleo.

L'area oggetto di studio è caratterizzata da una morfologia pianeggiante, costituita da depositi alluvionali, che si estendono dal margine dell'Altopiano Ibleo a sud, fino alle falde dell'edificio vulcanico dell'Etna verso Nord.

Il reticolo idrografico è rappresentato dai fiumi Simeto, Dittaino, e Gornalunga, che attraversano la Piana in direzione ovest-est, caratterizzati da un andamento sinuoso in relazione alle basse pendenze che non superano il 2%. Procedendo dalla foce verso monte, il Simeto si snoda in una serie di curve per circa 9 km fino alla confluenza del fiume Dittaino.

I suddetti corsi d'acqua hanno un regime idrologico torrentizio, con deflussi superficiali esigui o assenti nei periodi estivi e piene tumultuose nei periodi invernali.

Dai sopralluoghi e dallo studio effettuato, è emerso che l'area di progetto presenta buone condizioni di stabilità, infatti non vi si riscontrano segni di dissesto potenziali o in atto, né particolari fenomeni erosivi.

Per la conoscenza globale dello stato di dissesto idrogeologico del territorio e per verificare se l'area ricade in zona a dissesto geomorfologico, idrogeologico, di esondazione e rischio idraulico, sono state consultate le carte del P.A.I. (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia).

L'Area ricade nel Bacino Idrografico del Fiume Simeto (094); Area tra i Bacini del Simeto e San Leonardo (094A); Laghi di Pergusa (094B) e Maletto (094C) in scala 1:10.000, pubblicate dall'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente.

Dalla consultazione delle Carte del P.A.I. di cui si allegano gli stralci in scala 1:10.000, l'Area dal punto di vista geologico e geomorfologico, non ricade in nessuna delle classi di Rischio, né di Pericolosità geomorfologica che il Piano di Assetto Idrogeologico contempla, mentre invece ricade in zona di Pericolosità Idraulica P2 e in zona di Rischio Idraulico R1 e rischio di esondazione (fig. 3 e 4).

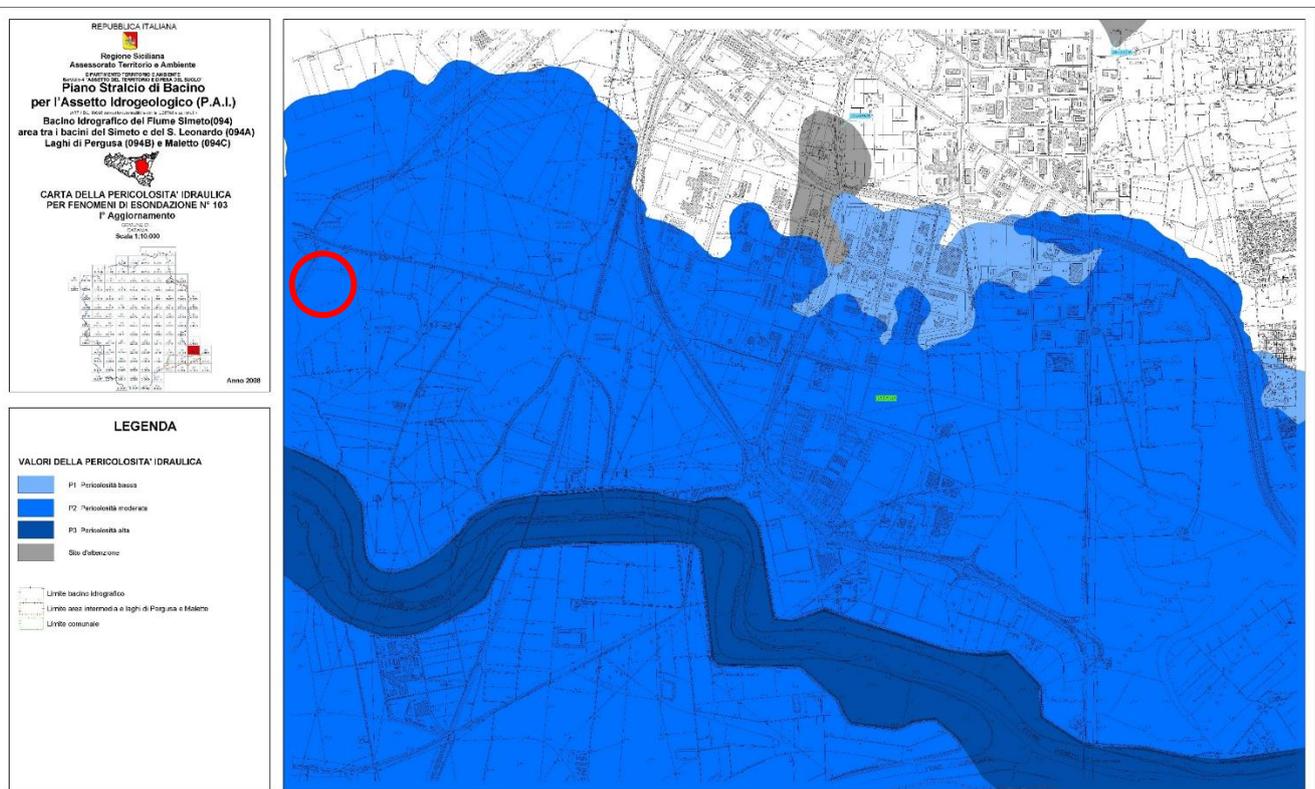


Fig.3 – Stralcio carte PAI “Pericolosità idraulica” con individuazione della S.E.

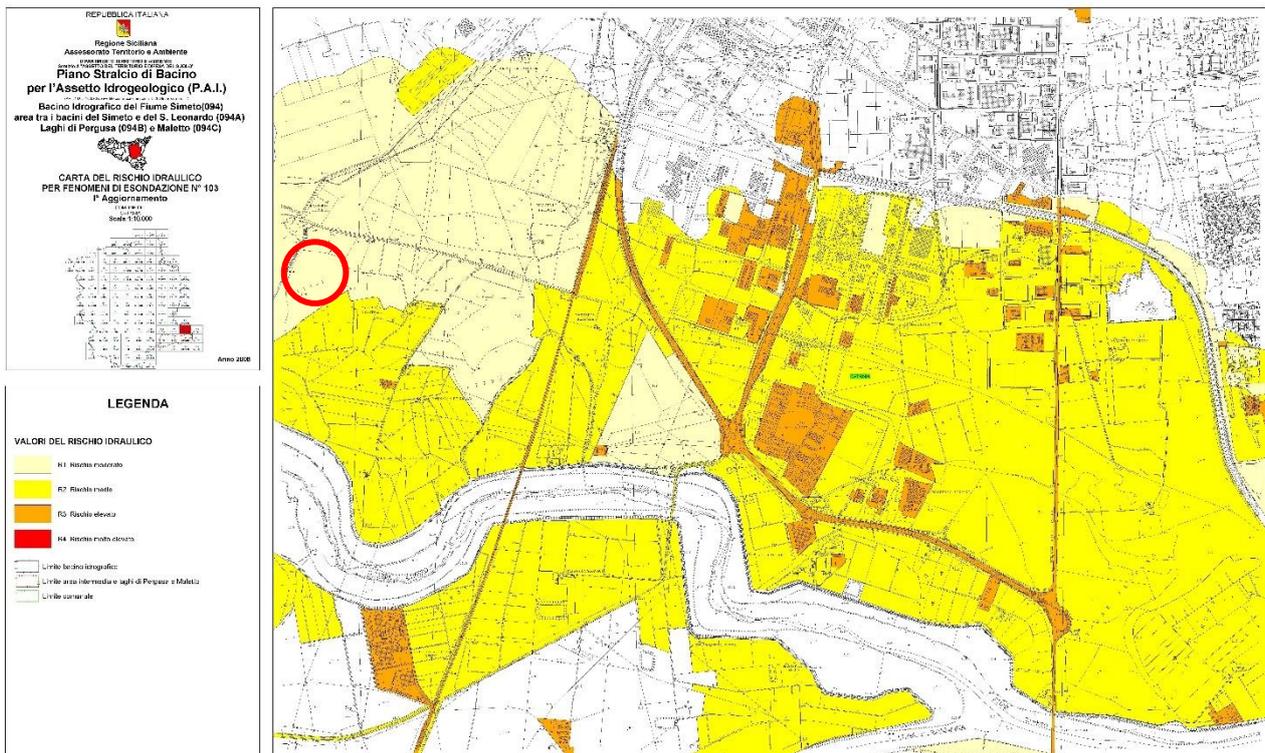


Fig.4 – Stralcio carte PAI “Rischio idraulico” con individuazione della S.E.

SCOPO DELLO STUDIO CONDOTTO

Il presente documento ha lo scopo di relazionare lo studio condotto per definire la quota altimetrica del piano di stazione, gli interventi necessari per ottemperare alla prescrizione contenuta nel D.M. 0000352 del 28.11.2013, di seguito riportata, e quelli per lo smaltimento delle acque meteoriche provenienti dalle superfici impermeabili della Stazione.

Lo studio idraulico dell’area ha avuto origine dalla consultazione delle carte del P.A.I., circa il rischio idraulico e la pericolosità per fenomeni di esondazione in cui ricade l’area d’intervento, e dalla prescrizione n.3 relativa al progetto esecutivo riportata nell’ambito del parere di compatibilità ambientale del progetto “elettrodotto in singola terna a 380 kV Paternò-Priolo” contenuto nel D.M. 0000352 del 28.11.2013. Quest’ultimo chiede specificatamente che per la Stazione Elettrica di Pantano d’Arce venga predisposto *“un progetto dettagliato relativamente alle opere di mitigazione e inserimento paesaggistico modulato sia sul contenimento di eventuali rischi idraulici anche attraverso l’utilizzo di bacini naturalistici di raccolta delle acque piovane, che sul potenziamento*

della vegetazione [,,]. Nel contempo il progetto potrà delineare anche interventi utili per il contenimento di eventuali rischi di natura idrogeologica e caratterizzanti la naturalità del sito. [...].”

Le analisi idrologiche sono state eseguite con riferimento ai dati pluviometrici disponibili per la stazione pluviometrica di Catania, più vicina al sito, nel database dell’Osservatorio delle Acque della Regione Siciliana - Assessorato dell’Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità.

Nel suo complesso, il sistema progettato prevede:

- la regimazione delle acque di piazzale per tempo di ritorno 50-ennale con relativo trattamento delle prime piogge e sistema di accumulo con vasche di laminazione costituito da trincee impermeabili con controllo della portata in uscita per lo scarico nel canale “Jungetto”;
- la realizzazione di un bacino naturalistico di raccolta delle acque piovane in grado di compensare la volumetria realizzata a causa dell’innalzamento della stazione rispetto all’attuale piano di campagna ai fini della sicurezza idraulica della stessa.

ANALISI IDROLOGICA DELL'AREA

Le ipotesi di calcolo della rete delle acque meteoriche sono state condotte sulla base di un tempo di ritorno del fenomeno temporalesco pari a $TR = 50$ anni.

I dati necessari alla determinazione della curva di probabilità pluviometrica sono stati ricavati dal database dell'Osservatorio delle Acque della Regione Siciliana - Assessorato dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità, sulla base degli annali della stazione pluviometrica di Catania (ist.Agrario), installata ad una latitudine $37^{\circ}31'07''$ e longitudine $15^{\circ}04'10''$. Gli annali di riferimento sono quelli compresi tra il 1990 e il 2013.

L'analisi della curva di probabilità pluviometrica individua la relazione che intercorre tra il tempo di pioggia (t) e l'altezza d'acqua piovuta (h), secondo la seguente formulazione:

$$h_t = a * t^n$$

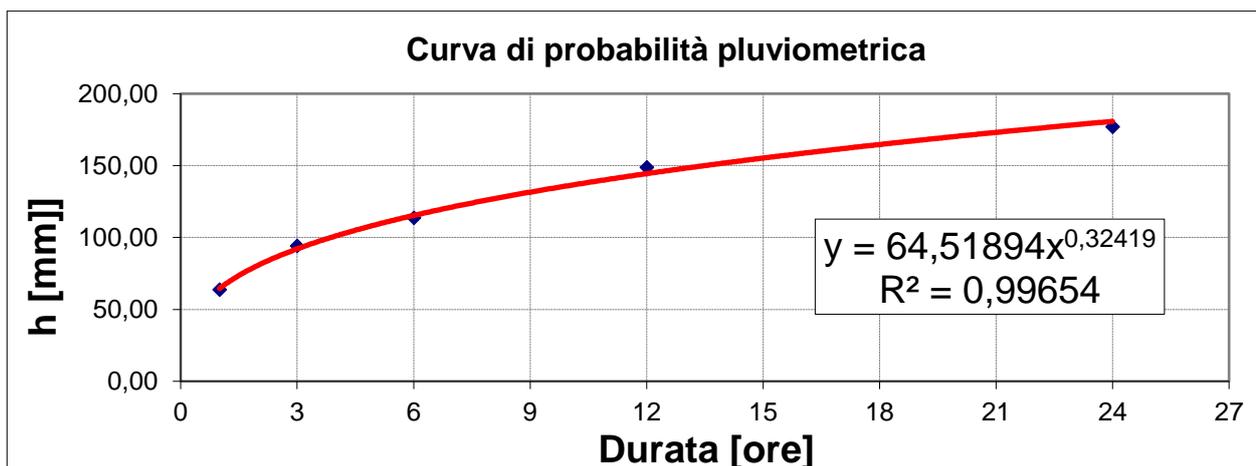


Fig. 5 Curva di probabilità pluviometrica

La curva individua i valori cercati, che risultano essere:

$$a = 64,51894 \text{ ed } n = 0,32419$$

La stima della precipitazione, con assegnato tempo di ritorno, è stata determinata con la distribuzione di Gumbel ai dati dei campioni di precipitazione massima annua di durata 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore e 24 ore. La curva è stata ottenuta dall'elaborazione dei dati pluviometrici ricavati dai suddetti annali:

CATANIA (ist. Agrario)	Precipitazioni [mm]				
	1	3	6	12	24
2013	60	77,4	77,6	77,6	77,6
2012	31	56,2	65,2	89,8	141,4
2011	-	-	-	-	-
2010	27	51,4	54,4	59	67,4
2009	-	-	-	-	-
2008	30	51	55,8	55,8	86,2
2007	62	66,8	72	80	96,6
2006	28,6	44,4	78	80,4	119,4
2005	27,6	36,2	48,4	69	110,8
2004	35	35,8	41,6	47,2	68,4
2003	50	97,4	115,4	135,8	136,4
2002	41,2	44,6	45,4	80,2	92
2001	23	28,2	28,2	33,6	42,6
2000	33,4	34	42	53,6	76,8
1999	30,8	36,8	50	86	120,2
1998	33,6	38,8	50,2	58	71,6
1997	37,2	65,2	91,2	134,2	166,2
1996	38,6	38,6	40	49	62
1995	45,8	73	84	120,6	121
1994	20	33,4	73,6	95,2	105,8
1993	25	35	54	84	106,8
1992	36,6	53	71,4	98	111,4
1991	34,8	38,2	45,6	50,8	68,2
1990	34	45,6	45,6	70	118,8

Tab.1 Stazione di Catania - ist. Agrario (CT): massime altezze annuali di precipitazione

Da cui:

Coeff.	1	3	6	12	24
α	0,12	0,07	0,06	0,05	0,04
v	30,84	41,31	51,20	65,30	84,92

Quantili T-ennali					
T [Anni]	1	3	6	12	24
50	63,60	94,18	113,64	148,61	176,89

REGIMAZIONE DELLE ACQUE DI PIAZZALE E RELATIVO TRATTAMENTO DELLE PRIME PIOGGE

Le finiture interne della S.E. saranno perlopiù realizzate con materiali permeabile (terreno vegetale, ghiaia e betonelle); le uniche aree impermeabili saranno quelle relative alla viabilità principale di stazione, ovvero il tratto che dal cancello di accesso permette di raggiungere gli ATR, oltre alle coperture degli edifici e alle superfici relative alle vasche di raccolta olii degli ATR e dei Trasformatori MT/bt.

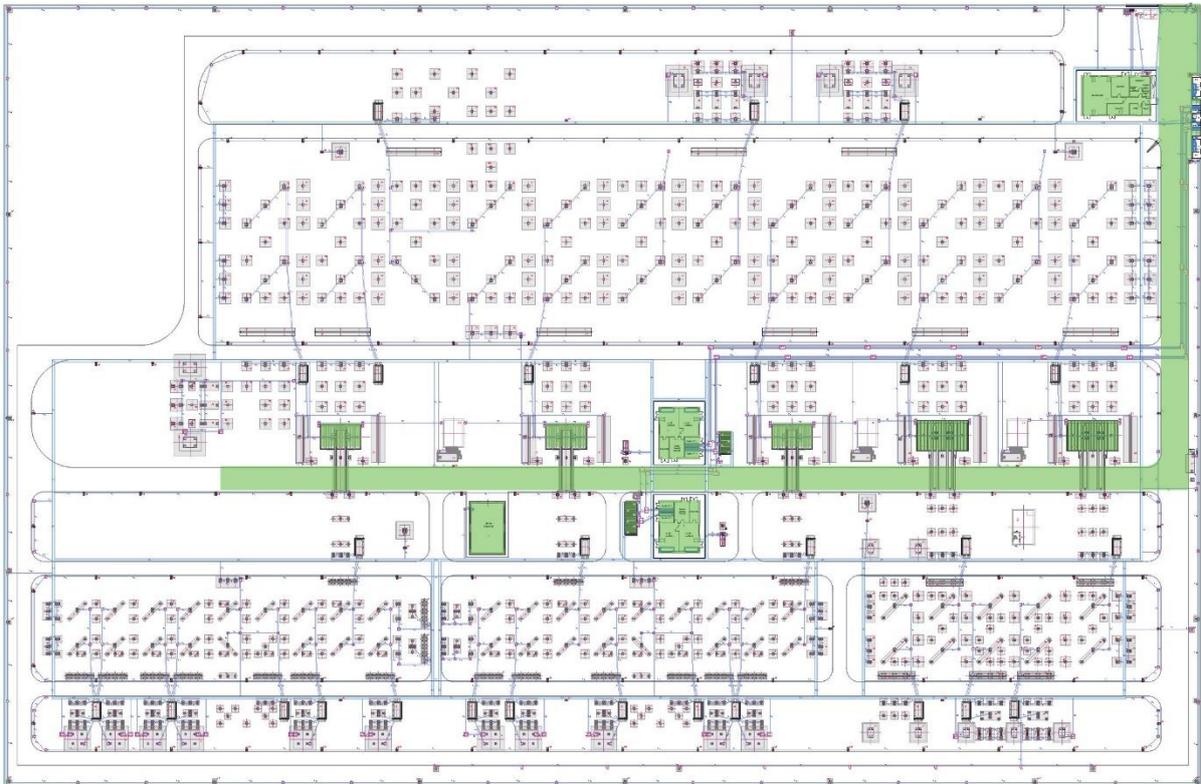


Fig. 6 Individuazione delle aree impermeabili.

Le acque provenienti dalle suddette superfici verranno convogliate attraverso una rete di captazione delle acque, costituita da condotte in PVC, con diametri variabili compresi tra 110 mm ed i 400mm, con pendenza minima del 4,5‰. Queste sono interrotte da pozzetti con caditoie in ghisa, posti ad interasse di circa 12m, e da pozzetti con chiusini in ghisa in corrispondenza dei tratti all'interno delle aree inghiaiate. Le suddette reti saranno collegate, previo trattamento delle acque di prima pioggia tramite apposito impianto, alla vasca di accumulo esterna ricadente all'interno delle

particelle n° 41 e 371 di proprietà Terna; infine le acque raccolte verranno immesse nel canale artificiale Jungetto, adiacente alla strada comunale confinante a nord con la proprietà Terna.

Per acque di prima pioggia si intendono i primi 5 mm di acqua, per ogni evento meteorico, per ogni metro quadrato di superficie impermeabile dotata di rete drenante.

In tutta la S.E. non ci sono aree scoperte in cui vi sia la presenza di depositi di rifiuti, materie prime, prodotti non protetti dall'azione degli agenti atmosferici oppure in cui avvengono lavorazioni con una qualche sistematicità, a causa delle quali vi sia il rischio significativo di dilavamento di sostanze pericolose o di sostanze che creano pregiudizio all'ambiente. Inoltre, la stazione non sarà presidiata durante il suo normale funzionamento, ma solo sporadicamente in casi di manutenzione delle apparecchiature elettromeccaniche ad Alta Tensione; per tanto non sarà soggetta al transito o alla presenza regolare di automezzi che potrebbero rilasciare sostanze inquinanti ad esempio olii, benzina ecc.

➤ Dimensionamento condotte acque meteoriche

Per la verifica della rete di progetto si è fatto riferimento alle portate ammissibili per condotte a pelo libero utilizzando la formula di Chezy con coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler, confrontandole con la portata massima da smaltire in relazione all'area di superficie scolante che affluisce in un tratto di condotta di determinato diametro in funzione ad un determinato tempo di corrivazione t_c e un tempo di ritorno T_r .

Il calcolo delle portate delle acque meteoriche massime da smaltire è stato realizzato utilizzando il cosiddetto metodo cinematico o metodo della corrivazione, il quale fornisce la seguente espressione:

$$Q_M = \varphi * i * A [m^3/s]$$

dove:

Q_M è la portata massima al colmo [m^3/s];

φ è il valore del coefficiente di afflusso del bacino [-];

i è la precipitazione di pioggia al tempo di corrivazione t_c in base al tempo di ritorno considerato [m/s];

A è l'area del bacino in esame [m^2].

➤ Il coefficiente di deflusso

La riduzione dell'afflusso φ della rete si considera dovuta al grado di impermeabilità delle superfici e al ritardo degli afflussi dovuto ad ogni tipo di ostacolo. Tali parametri variano a seconda della densità delle costruzioni e della topografia della zona.

Nella tabella seguente, estratta dal testo "Acque meteoriche di dilavamento" di Paolo Montin vengono riportati i valori del coefficiente di deflusso per tipologia di superficie.

Tipologia superficie	φ
Verde su suolo profondo, prati, orti, superfici agricole	0,10-0,15
Terreno incolto, sterrato non compattato	0,20-0,30
Superfici in ghiaia sciolta – parcheggi drenanti	0,30-0,50
Pavimentazioni in macadam	0,35-0,50
Superfici sterrate compatte	0,50-0,60
Coperture tetti	0,85-1,00
Pavimentazioni in asfalto o cls	0,85-1,00

Tab.2 Coefficienti di deflusso delle principali tipologie di superfici

Nel caso specifico, trattandosi delle superfici impermeabili di stazione, realizzate nella maggior parte in asfalto, si utilizzerà un valore pari a:

$$\varphi = 0,9$$

valido anche per le superfici impermeabili degli edifici.

➤ Il tempo di corrivazione t_c

La valutazione del tempo di corrivazione, vale a dire il tempo che l'acqua impiega a compiere il percorso tra il punto del bacino più lontano ed una determinata sezione di chiusura della canalizzazione (coincidente con l'ingresso al disoleatore), è stata effettuata tenendo in considerazione il fatto che non è possibile assimilare il comportamento delle superfici di scolo a quelle di un normale bacino idrografico, per via della limitata pendenza delle aree afferenti e per l'assenza di una rete idrografica in senso stretto. In questo caso quindi il tempo di corrivazione, più correttamente denominato tempo di concentrazione T_c , è stato calcolato utilizzando la seguente metodologia valida per aree urbanizzate ("Sistemi di fognatura – Manuale di progettazione" – HOEPLI, 1997):

$$t_c = t_a + t_r$$

dove:

t_a è il tempo d'accesso alla rete;

t_r è il tempo di rete, somma dei tempi di percorrenza di ogni singola canalizzazione secondo il percorso più lungo (L) della rete fognaria.

Il tempo di accesso t_a è di incerta determinazione, poiché dipende dalla pendenza dell'area, dalla natura della stessa, nonché dell'altezza della pioggia precedente l'evento critico di progetto. Tuttavia, il valore normalmente assunto nella progettazione è compreso entro l'intervallo di 5 – 20 minuti (valori suggeriti da Centro Studi Deflussi Urbani nel Manuale di Progettazione – Sistemi di Fognatura); i valori più bassi sono solitamente validi per le aree di minore estensione, più attrezzate e di maggior pendenza mentre i valori più alti nei casi opposti.

Analogamente Di Fidio, nel testo "Fognature", suggerisce di adottare in zone fittamente edificate un valore del tempo di accesso alla rete pari a 5 minuti mentre in zone rade e piatte, con pozzetti di introduzione in fognatura molto distanti, valori variabili fra i 20 e i 30 minuti.

Nel caso specifico, vista l'area oggetto di studio, si assume un valore cautelativo di 15 minuti.

Per quanto riguarda invece il tempo di rete t_r esso è calcolabile come somma dei tempi di percorrenza di ogni singola canalizzazione seguendo il percorso più lungo della rete fognaria in progetto. Per la velocità di percorrenza si è adottato un valore medio pari a 1 m/s; al fine dell'individuazione della lunghezza massima che l'acqua deve percorrere lungo la rete di progetto si è fatto riferimento alla geometria effettiva della rete L_{max} pari a circa 280 m. Tale lunghezza corrisponde alla maggiore tra le lunghezze massime dei tratti di condotta relativi al bacino di raccolta.

Nel caso specifico, adottando la formula del metodo cinematico, si ottiene:

$$t_r = \frac{L_{max}}{v} = 5 [min]$$

Pertanto, il tempo di concentrazione da utilizzare nel calcolo della portata massima è pari a:

$$t_c = t_a + t_r = \mathbf{20\ min = 0,33\ h}$$

➤ Valore di pioggia critica i

Il valore di pioggia al tempo di corrivazione t_c precedentemente calcolato, si determina dell'equazione della curva pluviometrica in base al tempo di ritorno considerato pari a 50 anni.

In particolare, si avrà:

$$h_t = a * t^n \rightarrow i = \frac{a}{t_c^{(1-n)}} = \frac{64,51894}{0,33^{(1-0,32419)}} = 137,11 \text{ [mm/h]} = 3,8 * 10^{-5} \text{ [m/s]}$$

➤ Verifica condotta

Al fine di dimensionare i diametri delle condotte di progetto, occorre verificare che la superficie affluente ad una determinata condotta sia inferiore alla superficie massima e di conseguenza alla portata che quel determinato diametro riesce a smaltire.

La determinazione della portata della singola condotta considera i seguenti parametri di progetto:

- fattore di scabrezza (per il metodo di Gauckler-Strickler) $KS1 = 120$
- percentuale di riempimento 70%
- inclinazione del canale $i = 4,5\text{‰}$

Il calcolo della portata della condotta Q_C , eseguito con la formula di Chezy e con coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler, è in funzione del diametro prescelto:

Diametro Nominale DN [mm]	Portata massima condotta Q_C [m ³ /s]
110	0,00497
160	0,01382
200	0,02513
250	0,04549
315	0,08442
400	0,15959

Tab.3 – Portate condotte in funzione del diametro e dei parametri di progetto

La portata massima da smaltire Q_M , come riportato in relazione, è funzione dell'area del bacino e si determina con la seguente formula:

$$Q_M = 0,9 * 3,8 * 10^{-5} * A_{max}$$

Imponendo la condizione $Q_M = Q_C$ si ricava l'area massima del bacino confluyente in una determinata condotta, per tanto si avrà:

$$A_{max} = Q_C / (0,9 * 3,8 * 10^{-5})$$

Pertanto, le aree di bacino massime A_{max} in funzione delle portate massime Q_C (e del diametro prescelto) saranno:

Diametro Nominale DN [mm]	Portata massima condotta Q_C [m ³ /s]	Aree di bacino massime A_{max} [m ²]
110	0,00497	145,09
160	0,01382	403,27
200	0,02513	733,24
250	0,04549	1327,21
315	0,08442	2462,98
400	0,15959	4655,76

Tab.4 – Determinazione Area massima in funzione della portata ammissibile

La planimetria e la tabella seguente individuano, le superfici impermeabili di stazione in relazione al diametro della condotta:

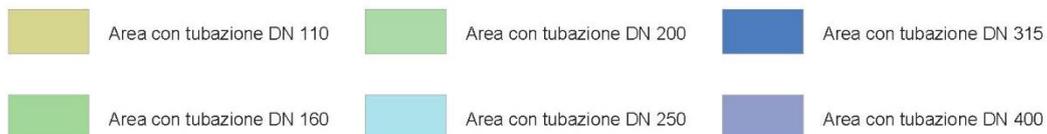
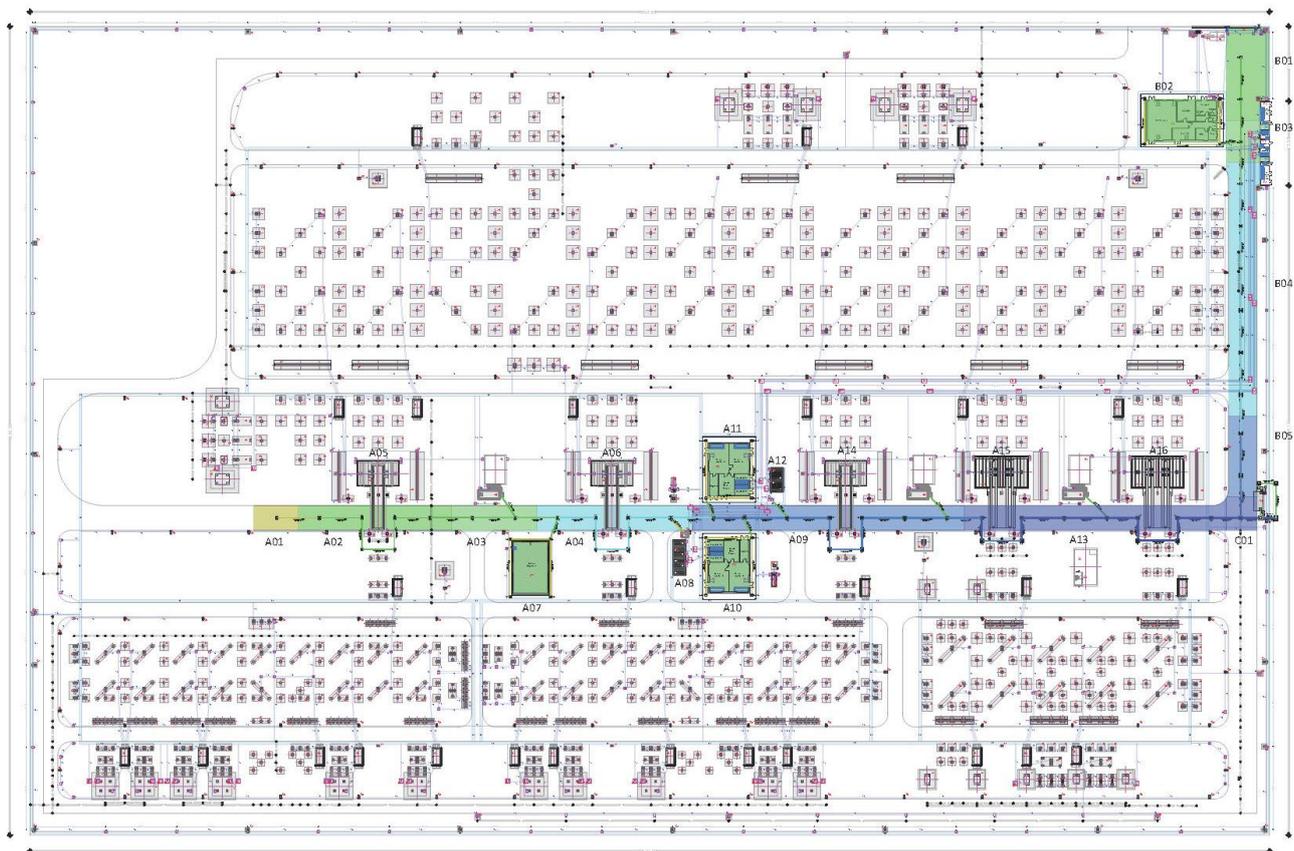


Fig. 7 Planimetria con individuazione delle superfici impermeabili

Area di bacino*	Diametro della condotta DN [mm]	Superficie impermeabile A_i [mq]	Area di confronto A_{max} [mq]
A01	110	88	145,09
(A01)+A02	160	(88) + 303 = 391	403,27
A05 + A06	160	160	403,27
(A01+A02) + (A05+A06) +A03	200	(391) + (160) + 168 = 719	733,24
A07	160	155	403,27
A08	110	29	145,09
(A01+A02+A05+A06+A03)+(A07)+(A08)+A04	250	(719) + (155) + (29) + 308 =1211	1327,11
A10	160	185	403,27
A11	160	185	403,27
A12	110	20	145,09
A14 + A15	160	206	403,27
(A01+A02+A05+A06+A03+A07+A08+A04)+(A10+A11+A12)+(A14 + A15)+A09	315	(1211)+(185+185+20)+(206)+538=2345	2462,98
A16	110	126	145,09
(A01+A02+A05+A06+A03+A07+A08+A04+A10+A11+A12+A14+A15+A09)+(A16)+A13	400	(2345)+(126)+520=2991	4655,76
B01	160	302	403,27
B02	160	243	403,27
(B01+B02)+B03	200	(302+243)+123=668	733,24
(B01+B02+B03)+B04	250	(668)+585=1253	1327,21
(B01+B02+B03+B04)+B05	315	1253+184=1437	2462,98
(A01+A02+A05+A06+A03+A07+A08+A04+A10+A11+A12+A14+A15+A09+A16+A13)+ (B01+B02+B03+B04+B05)+C01	400	(2991)+(1437)+83=4511	4655,76

*l'area di bacino in tabella identifica, in funzione del diametro, l'area scolante.

Tab.5 – Verifica confronto superfici impermeabili – diametro delle condotte

Come si evince dalla tabella in tutti i tratti si verifica la seguente condizione:

$$A_i \leq A_{max}$$

La portata Q_t che confluisce al sistema di accumulo tramite le condotte di captazione delle acque piovane e la seguente:

$$Q_t = 0,15 \text{ m}^3/\text{s} = 150 \text{ l/s}$$

➤ **Impianto trattamento acque di prima pioggia**

Le vasche di raccolta e di trattamento delle acque meteoriche di prima pioggia raccolgono le acque provenienti dalle superfici impermeabili di stazione, in particolare, quelle che necessitano di trattamento sono le acque raccolte dalle aree asfaltate e/o occupate dai fabbricati.

L'impianto di trattamento delle acque di prima pioggia è stato dimensionato al fine di garantire, come previsto dalla normativa, un volume di acque da trattare per un'altezza di pioggia di 5mm per l'intera superficie impermeabile afferente all'impianto. La superficie di calcolo è stata arrotondata sulla base della disponibilità sul mercato di vasche prefabbricate di misura assimilabile a quella di progetto. Nello specifico verrà installato un impianto di disoleazione in grado di trattare le acque di prima pioggia proveniente da una superficie di 4.511mq, pertanto verrà installato un disoleatore di 5.000 mq.

Il ciclo di trattamento si svolge attraverso fasi di decantazione, accumulo, rilancio prima pioggia, disoleazione e filtrazione a coalescenza.

Le acque di prima pioggia saranno escluse dalle successive di seconda pioggia tramite la chiusura della valvola posta sulla tubazione d'ingresso acque, comandata da un galleggiante tarato a un adeguato livello.

Lo stato di calma così determinato all'interno della vasca consente di ottenere, per gravità, la separazione degli inquinanti di peso specifico differente da quello dell'acqua, nello specifico le sostanze più leggere (grassi e oli minerali, idrocarburi non emulsionati, ecc..) tenderanno a galleggiare aggregandosi in superficie. È una delle operazioni più diffusamente utilizzate nel trattamento delle acque reflue per ottenere un effluente chiarificato.

Le acque accumulate defluiranno nel comparto di rilancio-sollevamento e, per mezzo di un'elettropompa sommergibile, verranno scaricate nel comparto di disoleazione statica.

Se allo stesso tempo, il sensore presenza pioggia a servizio dell'impianto si attiverà, un apposito automatismo installato a quadro elettrico provvederà a bloccare il funzionamento della elettropompa e a farla ripartire una volta terminata la pioggia.

Al termine dello svuotamento della zona di accumulo (entro 48-72 ore dalla fine della precipitazione) si ripristineranno automaticamente le impostazioni iniziali dell'impianto in modo da renderlo disponibile per un altro ciclo depurativo.

Per un ulteriore affinamento, la massa liquida chiarificata viene fatta defluire attraverso uno speciale filtro adsorbente a coalescenza, utile a rimuovere quelle tracce di sostanze oleose eventualmente presenti.

Inoltre, sulla tubazione di uscita è inserito un dispositivo di chiusura automatica a galleggiante (otturatore) che, attivato da un determinato livello di liquido leggero accumulato in superficie, chiude lo scarico impedendo la fuoriuscita dell'olio. Il dispositivo è azionato da galleggiante e calibrato per liquidi leggeri.

Le vasche hanno una capacità di accumulo, superiore al volume di acque di prima pioggia da trattare.

Tale filtro è costituito da poliuretano espanso a celle aperte finemente spaziate avente forma reticolare, resistente ai solventi, che può essere riutilizzato per lunghi periodi (è sufficiente un semplice lavaggio per ripristinare il suo potere filtrante).

Le migliaia di fibre finissime costituenti il filtro, intersecando il flusso dell'acqua, consentono di attrarre e trattenere le eventuali goccioline d'olio e, contemporaneamente, consentono all'acqua depurata di defluire verso lo scarico finale.

L'inizio della precipitazione e il conseguente riempimento della vasca di raccolta e successivamente della vasca di trattamento, vengono rilevati da un'apparecchiatura elettronica che ne memorizza il dato e, dopo un certo tempo programmabile, mette in funzione la pompa di sollevamento a portata controllata della vasca di raccolta. Tale tempo, secondo normativa, è di 48 ore.

Quando nella vasca di raccolta e nella vasca di trattamento viene raggiunto il livello massimo, superiore al volume scaricato di acque inquinate di "prima pioggia", un particolare dispositivo blocca l'immissione nella vasca di trattamento deviando così le successive acque diluite direttamente al bacino di dispersione delle acque di seconda pioggia.

Le acque in uscita dall'impianto saranno a norma con la Tab. 4 Parte III Allegato 5 del D.Lgs. 152/06 per scarico in strati superficiali del suolo essendo la concentrazione degli idrocarburi nelle acque di ingresso inferiore a 1 mg/l.

SISTEMA DI ACCUMULO CON VASCHE DI LAMINAZIONE

Il progetto esecutivo, al fine di regimentare le acque meteorologiche provenienti dal sistema di captazione e convogliamento di stazione, prevede, a valle del disoleatore, la realizzazione di una vasca di laminazione con la funzione di ammortizzatore idraulico.

Durante gli eventi meteorici di particolari intensità e durata, la vasca trattiene temporaneamente i volumi intercettati dalle superfici impermeabili e modera la portata in uscita evitando pericolosi sovraccarichi a scapito del ricevitore finale (Canale Jungetto).

La suddetta vasca sarà costituita da due bacini (denominati A e B), connessi tra di loro tramite 4 tubi in PVC DN315, realizzati con elementi prefabbricati in PP (Polipropilene) che, rivestiti con apposita guaina impermeabile, ne garantiscono la perfetta tenuta idraulica.

La figura seguente riporta lo schema planimetrico dell'impianto.

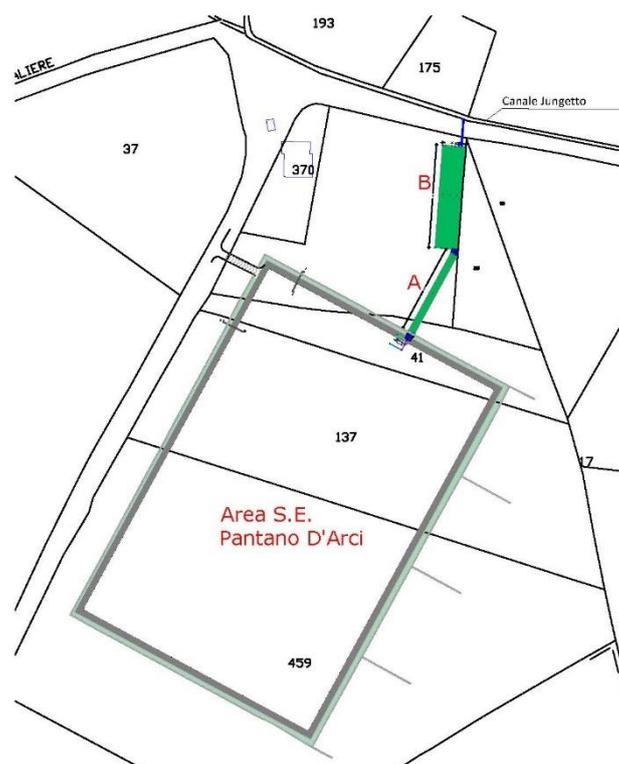


Fig. 8 – Schema planimetrico con individuazione delle vasche di laminazione

Il principio di dimensionamento della vasca è quello di garantire uno svuotamento totale in un tempo non superiore alle 48h. Quindi, nel rispetto della normativa tedesca DWA(ATV) A 138, in

quanto in Italia non esiste una norma di riferimento per la progettazione di impianti simili, fissati il tempo di svuotamento in 48h e la portata in uscita di 3,5 l/s, essendo noti la superficie impermeabile e la curva pluviometrica, si ottiene un volume di accumulo strettamente necessario pari a 520mc.

Considerato che l'area è soggetta a possibili esondazioni e che il recapito finale non sia in grado, in questa configurazione, di ricevere la portata ipotizzata, si è dimensionata la vasca per una capacità massima di circa 1587mc. Questa ulteriore capacità di accumulo, assieme ai pozzetti d'ispezione e di sfiato, in particolare se ne prevedono 10 nel Bacino A e 17 nel bacino B, garantiscono, oltre l'assenza di sacche d'aria che potrebbero compromettere il corretto funzionamento del sistema, l'eventuale stramazzo delle acque nel terreno circostante, con lo scopo di non far risalire acqua nella Stazione.

Tale volume, inoltre, rispetta il dimensionamento minimo previsto dall'art.80 del Regolamento Edilizio del Comune di Catania, che per le vasche di laminazione prescrive un volume minimo di 0,03 mc per mq di superficie coperta o pavimentata. Infatti, essendo 4511mq le superfici impermeabili il volume minimo corrisponde a circa 138mc contro i 1587mc disponibili.

Di seguito si riporta il volume di accumulo disponibile all'interno delle vasche di laminazione:

Vasca di laminazione	N° di elementi previsti	Dimensioni elemento in cm [l x p x h]	vuoti per singolo elemento in %	Volume disponibile in mc
A	790	80 x 80 x 66	96	320,35
B	2999	80 x 80 x 66	96	1266,78
Tot.	3789			1587,13

Tab. 6 – Determinazione del volume massimo di accumulo

STUDIO IDRAULICO PER LA DETERMINAZIONE DELLA QUOTA ALTIMETRICA DI IMPIANTO

L'analisi è stata eseguita sulla base della verifica di compatibilità idraulica redatta dal CESI nel 2014 che si allega alla presente (Elaborato REGR11005CSA00625).

Tale scelta è scaturita in seguito alla verifica delle Carte del P.A.I. che risultano aggiornate, per l'area in esame (Tavola n°103 del Bacino Idrografico del Fiume Simeto), all'anno 2008. In particolare, sono state visionate la Carta della Pericolosità Idraulica per fenomeni di esondazione (fig.3) e la carta del Rischio idraulico per fenomeni di esondazione (fig.4). Da queste si evince che l'area ricade in P2 Pericolosità Moderata ed R1 Rischio Moderato.

Inoltre, i valori delle portate al colmo di piena del fiume Simeto, gli idrogrammi di piena ed il modello digitale del terreno utilizzati nella trattazione del CESI sono ancora validi in quanto risulta confermato ad oggi il modello idraulico PAI e l'orografia del terreno.

L'area di stazione potrebbe subire una sola esondazione del Fiume Simeto in quanto quelle del Dittaino e del Gornalunga non possono interessare l'area in progetto per la naturale orografia.

Lo studio redatto dal CESI, sulla base di una modellazione numerica bidimensionale, utilizzando il codice di calcolo MIKE 21, con le considerazioni di seguito riportate permettono di trarre le seguenti conclusioni relativamente al grado di compatibilità idraulica della Stazione.

Considerando un tempo di ritorno di 100 anni, dall'analisi eseguita dal CESI si evince che nell'area della futura SE il potenziale tirante idrico in corrispondenza della quota più alta, pari a 9,50m s.l.m., è di circa $h=2m$. Applicando in maniera del tutto acritica quanto emerge dai programmi di simulazione alla base delle perimetrazioni del PAI, la quota di riferimento per la nuova stazione elettrica, per alluvionamenti con tempi di ritorno pari a 100 anni, risulterebbe pari a 11,50 m s.l.m.

La predetta quota risulterebbe eccessivamente cautelativa in quanto:

- nella relazione del CESI si conclude che *lo studio è stato eseguito assumendo una serie di ipotesi molto cautelative (ingombro dei sostegni, scabrezza idraulica, assegnazione delle condizioni al contorno di monte, elevato livello del mare), per cui i risultati ottenuti dalle simulazioni idrauliche effettuate sono da ritenersi a favore di sicurezza;*
- da un'analisi dei profili longitudinali del terreno che intercettano l'area di stazione ed il potenziale invaso simulato dal CESI sino al mare si evince che l'unico ostacolo

presente al deflusso delle acque di esondazione è rappresentato dal rilevato dell'autostrada E45 che raggiunge una quota media di 9,00m s.l.m.;

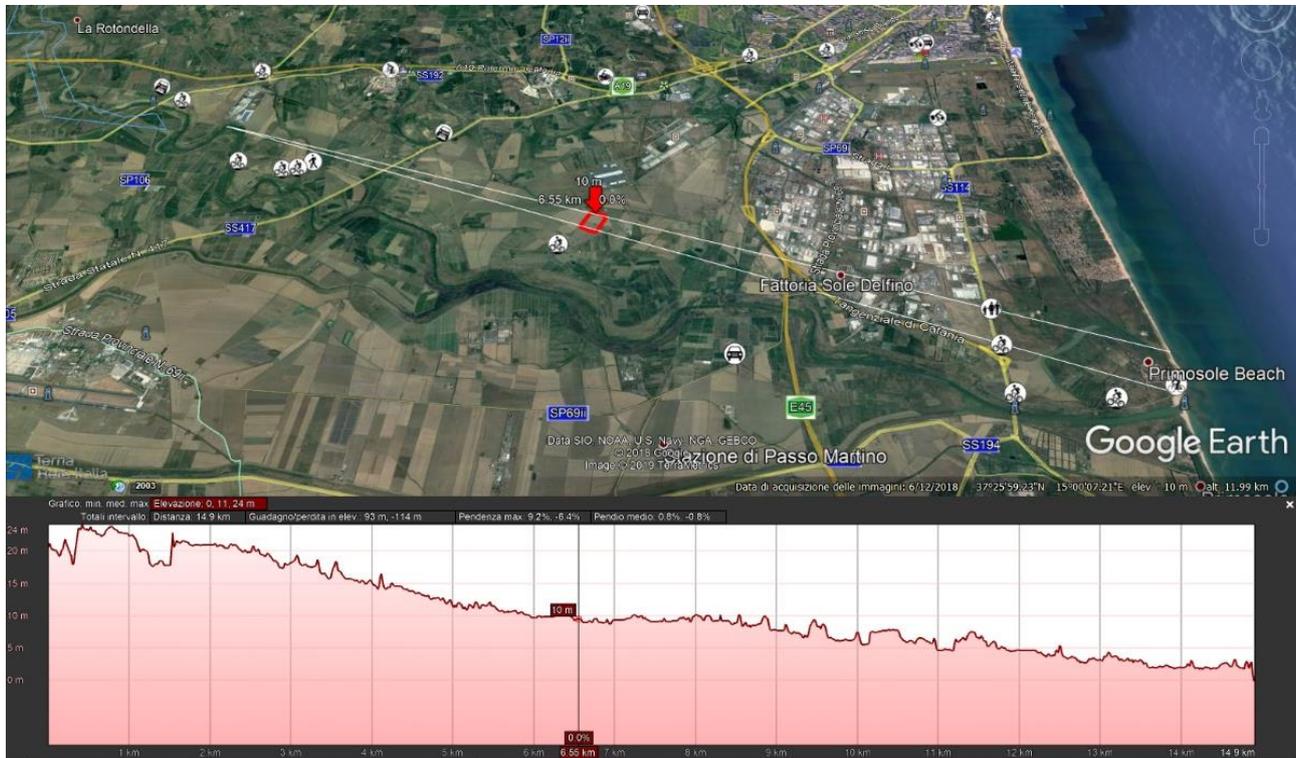


Fig. 10 – Profilo altimetrico con individuazione della posizione della SE

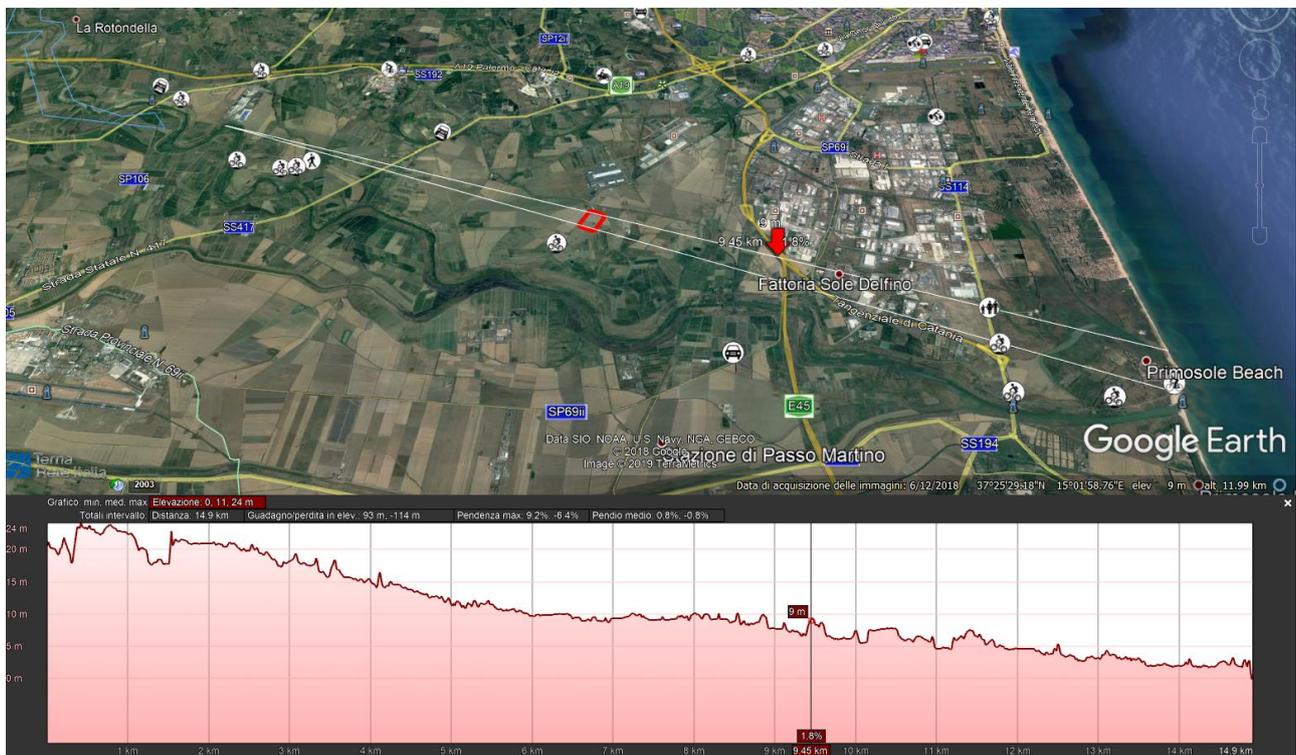


Fig. 11 – Profilo altimetrico con individuazione della posizione della E45

- analizzando il potenziale naturale invaso con l'area di interesse progettuale si evince che la simulazione del CESI racchiude un'area sufficientemente ampia, con una larghezza di circa 6km, che è priva di elementi di partizione in grado di determinare confinamenti, e quindi innalzamenti e ostacoli puntuali, al deflusso delle acque verso i recapiti più vallivi;
- la futura presenza della SE non determina alcuna riduzione delle velocità di smaltimento delle acque esondate, in quanto la volumetria da realizzare non crea restringimenti della sezione di rifluimento delle acque stesse in considerazione della notevole ampiezza del terreno pianeggiante sui cui insiste;
- l'intera area potenzialmente interessata dall'esondazione è caratterizzata da un ampio reticolo idraulico secondario (canali naturali ed artificiali) che garantiscono una via preferenziale per l'allontanamento delle acque verso il Fiume Simeto.

Per quanto sopra considerato, si ritiene sufficientemente cautelativo fissare un tirante idraulico pari ad $h=1,00\text{m}$. Da questo ne deriva che la quota di stazione viene fissata a 10,50 m.s.l.m. ovvero con un incremento di quota pari ad 1,00m rispetto al punto più alto dell'attuale piano di campagna. Questo garantisce un margine di sicurezza nei confronti di un potenziale allagamento della SE in quanto tale fenomeno potrebbe verificarsi solo in corrispondenza del cancello d'ingresso, infatti lungo il perimetro della SE è presente un muro di recinzione chiuso con altezza fuori terra di 2,5m. L'altezza del rilevato in prossimità del cancello d'ingresso è pari a circa 1,65m che risulta abbondantemente superiore rispetto al tirante idrico ipotizzato.

Inoltre, la posizione finale della Stazione prevista in progetto risulta traslata di circa 30,00m verso Sud-Ovest rispetto alla simulazione del CESI al fine di allontanarla dall'area di maggior deflusso naturale.

Infine, la strada di accesso, potendo costituire un potenziale ostacolo al deflusso delle acque di esondazione, è stata progettata tramite un sistema scatolare in c.a. che ne garantisce l'attraversamento lungo l'asse trasversale a quello di marcia.

Per le considerazioni sopra fatte, le opere in progetto non ostacolano il passaggio delle acque rispetto alla situazione attuale e non peggiorano la situazione di rischio associata al territorio.

DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA DI COMPENSAZIONE IDRAULICA

L'area esterna alla SE è stata interessata da un intervento integrato con finalità sia idrauliche che naturalistiche tramite la realizzazione di un bacino di compensazione idraulico. Il progetto di questo intervento è scaturito dalla necessità di ottemperare alla prescrizione n.3 riportata nell'ambito del parere di compatibilità ambientale del progetto contenuto nel D.M. 0000352 del 28.11.2013. Quest'ultimo chiede specificatamente che per la Stazione Elettrica di Pantano d'Arce venga predisposto *“un progetto dettagliato relativamente alle opere di mitigazione e inserimento paesaggistico modulato sia sul contenimento di eventuali rischi idraulici anche attraverso l'utilizzo di bacini naturalistici di raccolta delle acque piovane, che sul potenziamento della vegetazione [,,]. Nel contempo il progetto potrà delineare anche interventi utili per il contenimento di eventuali rischi di natura idrogeologica e caratterizzanti la naturalità del sito. [..].”*

Da un punto di vista idraulico il bacino è stato dimensionato al fine di compensare il volume dei rilevati da realizzare per la SE rispetto all'attuale piano di campagna. Tale scelta risulta a vantaggio di sicurezza rispetto al dimensionamento secondo il tirante idraulico pari ad $h=1,00m$.

Il volume dei rilevati previsto nel progetto della SE è di circa 87.000mc, inoltre nell'area esterna saranno realizzati gli elettrodotti ed il sistema di mitigazione che aumenterebbero tale quantità. In un'ottica conservativa si è previsto di incrementare tale valore del 20% ottenendo un volume finale di 105.000mc.

Il bacino di compensazione è stato quindi dimensionato per tale volumetria ed è ottenibile scavando un'area esterna alla SE di circa 105.000mq per una profondità di circa 1,00m.

ALLEGATO

Elettrodotto a 380 kV Paternò - Priolo

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Storia delle revisioni

Rev.00	19/12/2014	Prima emissione

Elaborato	Verificato			Approvato
 D. Gatti D. Zuccalà C. Pertot	L. Moiana	ING/SI-SA		N. Rivabene ING/SI-SA

Sommario

1. PREMESSE E SINTESI GENERALE DELLO STUDIO	2
2. INQUADRAMENTO DELL'AREA	3
3. ANALISI STORICA DELLE INONDAZIONI AVVENUTE PRESSO L'AREA DI STUDIO.....	3
4. ANALISI DEL PAI PER IL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME SIMETO	4
4.1 Il fiume Simeto	5
4.2 Il fiume Dittaino	7
4.3 Il fiume Gornalunga.....	8
5. IL MODELLO DIGITALE DEL TERRENO.....	6
6. DETERMINAZIONE DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA A PARTIRE DALLE VERIFICHE IDRAULICHE DEL PAI	14
6.1 Calcolo dei colmi di portata	14
6.2 Analisi idrologica: durata degli idrogrammi di piena	28
7. ANALISI IDRAULICA.....	30
7.1 Metodologia di calcolo con modello numerico	30
7.2 Modello bidimensionale Mike 21.....	31
7.2.1 Equazioni di base	32
7.2.2 Integrazione delle equazioni del modello	34
7.2.3 Trattamento dei contorni.....	37
8. IMPLEMENTAZIONE DEI MODELLI IDRAULICI	39
8.2 Modello idraulico per il dominio A: sostegni n° 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49.	42
Reticolo di calcolo	42
Singolarità	42
Condizioni iniziali e condizioni al contorno.....	48
8.3 Modello idraulico per dominio B: sostegni n° B15 e B16	49
Reticolo di calcolo	49
Singolarità	53
Condizioni iniziali e condizioni al contorno.....	53
8.4 Modello idraulico per il dominio C: sostegni n° B17, B18 e B19	54
Reticolo di calcolo	54
Singolarità	54
Condizioni iniziali e condizioni al contorno.....	59
9. Risultati	60
9.1 Simulazioni idrauliche per il dominio A: sostegni n° 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49.....	60
9.1.1 Scenario ante-operam	60
9.1.2 Scenario post-operam	67
9.2 Simulazioni idrauliche per il dominio B: sostegni n° B15 e B16	77
9.2.1 Scenario ante-operam	77
9.2.2 Scenario post-operam	86
9.3 Simulazioni idrauliche per il dominio C: sostegni n° B17, B18 e B19	92
9.3.1 Scenario ante-operam	92
9.3.2 Scenario ante-operam	102
10. CONCLUSIONI	107
11. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	108

1. PREMESSE E SINTESI GENERALE DELLO STUDIO

La società Terna Rete Italia S.p.A. ha presentato, in data 28/10/2010, richiesta per il rilascio da parte del Ministero dello Sviluppo Economico, di concerto con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, di autorizzazione alla costruzione ed all'esercizio del nuovo elettrodotto a 380 kV in singola terna "Paternò - Priolo" e delle opere connesse, corredata dei relativi elaborati progettuali; poiché gli interventi rientrano tra le opere da assoggettare a Valutazione di Impatto Ambientale nazionale, la stessa Terna ha anche presentato, in data 03/11/2011, la richiesta di pronuncia di compatibilità ambientale dell'opera al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, di concerto con il Ministero per i Beni e le Attività Culturali e del Turismo.

A seguito del parere favorevole n. 1221 del 10/05/2013, con prescrizioni, formulato dalla Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA/VAS a seguito dell'istruttoria sul progetto, e del parere favorevole con prescrizioni del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo, prot. N. 21696 del 19/08/2013, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare si è espresso, con D.M. 0000352 del 28/11/2013, riguardo la compatibilità ambientale del progetto, subordinata al rispetto delle prescrizioni indicate dalla Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA/VAS, dal Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo e dalla Direzione Generale per le Valutazioni Ambientali del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Tra le prescrizioni richieste è previsto che venga predisposto uno studio di compatibilità idraulica nelle configurazioni ante-operam e post-operam, che analizzi compiutamente gli effetti dell'interferenza dei sostegni che ricadono nelle aree di pericolosità P3 e P4 e nei siti di attenzione, perimetrati nel Piano Stralcio di Bacino per l'assetto Idrogeologico [1] (PAI) della Regione Sicilia, sul regime idraulico nell'intorno dell'area interessata.

Facendo seguito a quanto richiesto dalla Normativa nelle NTA (Norme Tecniche di Attuazione – Appendice B del PAI stesso), nel presente rapporto trovano illustrazione le seguenti attività:

- Reperimento di dati idraulici di carattere storico disponibili via web che interessano le aree oggetto di studio, ad esempio documentazioni su passate inondazioni o eventi critici;
- Studio idraulico delle aree interessate dai deflussi di piena eccezionale con modello idrodinamico bidimensionale.

In particolare, lo studio in oggetto verifica la sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica nel posizionamento dei sostegni in area P3 e P4, calcolando i livelli idrici e le corrispondenti velocità della corrente a partire da portate e livelli associati al transito di piene eccezionali già determinate nel PAI (con i corrispondenti tempi di ritorno) lungo le aste fluviali adiacenti alle aree di interesse.

La verifica idraulica è stata condotta mediante modellistica numerica bidimensionale, utilizzando il codice di calcolo commerciale MIKE 21 prodotto da DHI (Danish Hydraulic Institute – DK [2, 3]), basato sulle equazioni bidimensionali di de Saint Venant.

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA

L'area di interesse si colloca nella parte di elettrodotto a 380 kV "Paternò-Priolo" che attraversa la regione Sicilia, in particolare la provincia di Catania. L'area è attraversata dai fiumi Simeto e Gornalunga che si riunisce al Simeto poco prima di sfociare a mare nella località Primosole (vedi Figura 1).

Nel presente studio, al fine di ottenere una rappresentazione territoriale adeguata e quanto più completa possibile, si è fatto riferimento a n. 16 fogli in formato vettoriale della Carta Tecnica Regionale (CTR) della Sicilia in scala 1:10.000, adeguata agli scopi del presente studio.

Dalla analisi delle mappe di pericolosità idraulica riportate nel PAI si evince che ricadono nelle fasce di "pericolosità elevate P3" (di colore blu scuro) i sostegni 42 ÷ 49 della tratta A e i sostegni B15 ÷ B19 della tratta B, complessivamente 13 sostegni.

L'ubicazione dei sostegni da sottoporre a studio idraulico, congiuntamente alla delimitazione delle fasce di pericolosità idraulica, definite all'interno del PAI della Sicilia è riportato in Figura 2.

La pericolosità "P", identificata con l'area inondata secondo il PAI, è stata valutata seguendo una metodologia semplificata in funzione del solo tempo di ritorno e, precisamente, in modo inversamente proporzionale ad esso, come nella Tabella 1:

T (anni)	P
50	P3 (alta)
100	P2 (moderata)
300	P1 (bassa)

Tabella 1: Tabella della Pericolosità idraulica tratta dal PAI Sicilia

Nelle Figura 3, Figura 4, Figura 5 e Figura 6 sono rappresentate le carte della Pericolosità della Regione Sicilia ed un collage delle stesse nella zona di interesse.

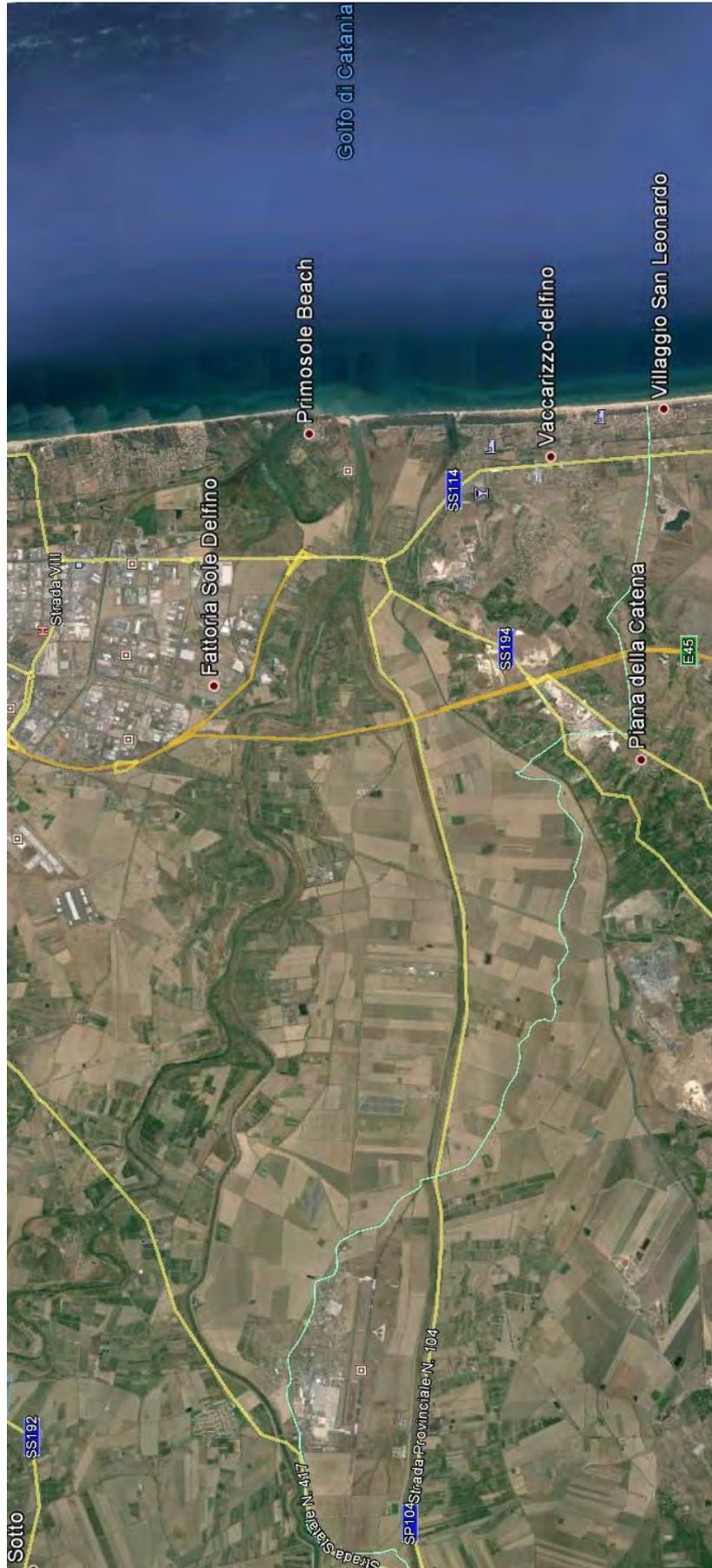


Figura 1: Area di studio, da Google Earth

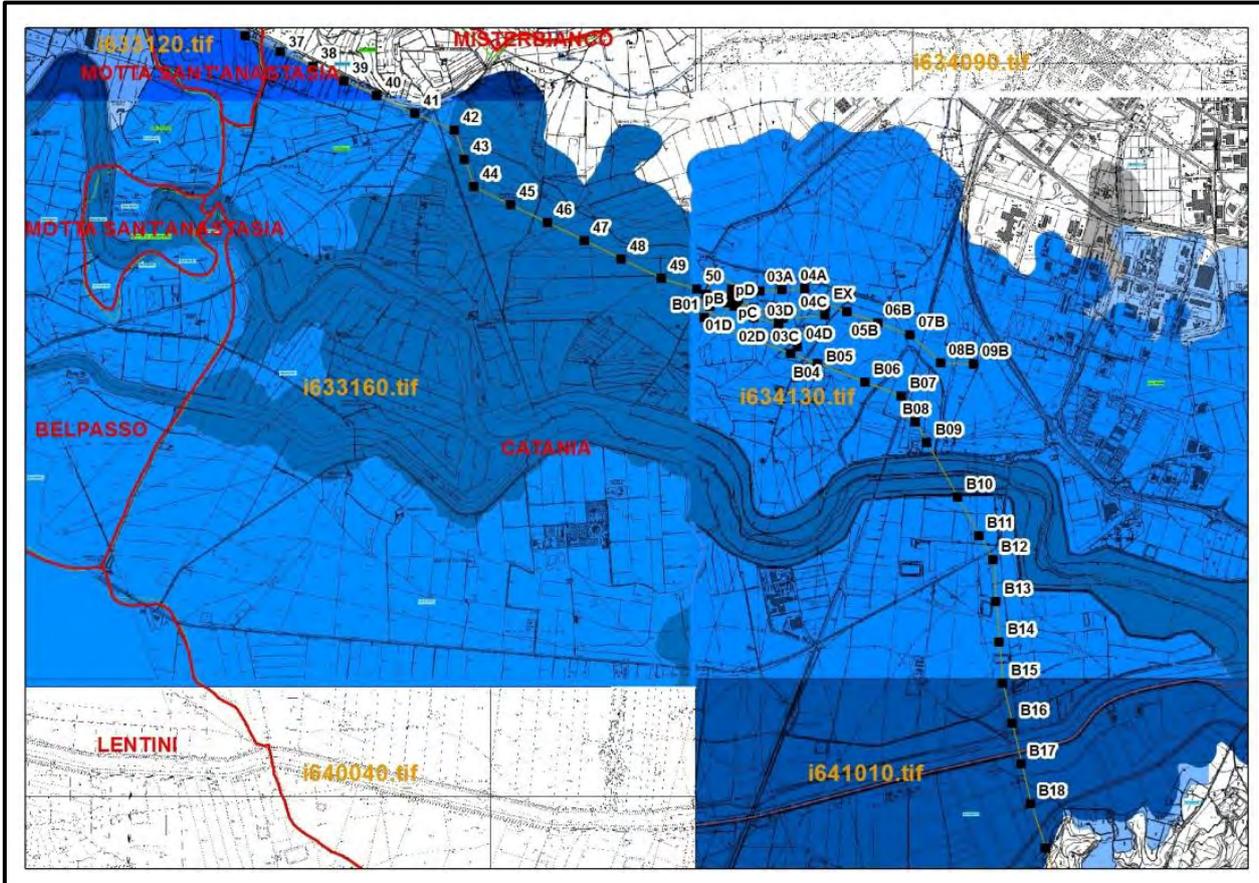
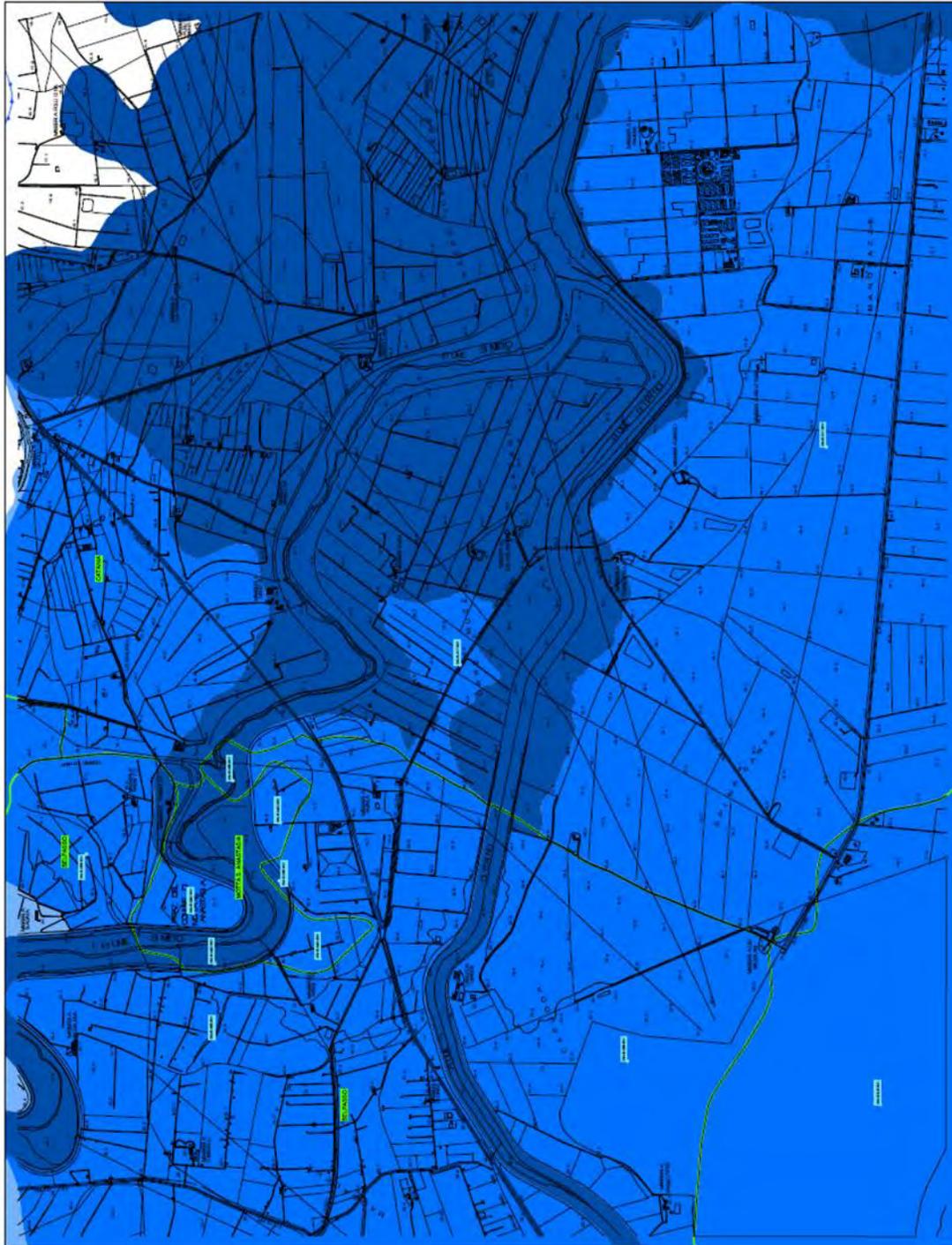


Figura 2: Mappe di pericolosità del PAI dell'area di studio - aggiornamento 2008



REPUBBLICA ITALIANA
Regione Siciliana
Assessorato Territorio e Ambiente
DIRETTORE REGIONALE TERRITORIO, COORDINATORE REGIONALE
Piano Stralcio di Bacino
per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)
Bacino Idrografico del Fiume Simeto (094)
area tra i bacini del Simeto e del S. Leonardo (094A)
Laghi di Pergusa (094B) e Malletto (094C)

CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA
PER FENOMENI DI ESONDAZIONE N° 102
3° Aggiornamento "Parziale"
COMUNE DI BELPASSO
Scala 1:10.000
Anno 2011

LEGENDA

VALORI DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA

- P1 Pericolosità bassa
- P2 Pericolosità moderata
- P3 Pericolosità alta
- Sito d'attrazione
- Limite bacino idrografico
- Limite area intermedia e laghi di Pergusa e Malletto
- Limite comunale

Figura 3: Carta della pericolosità (Aggiornamento PAI Sicilia 2011)

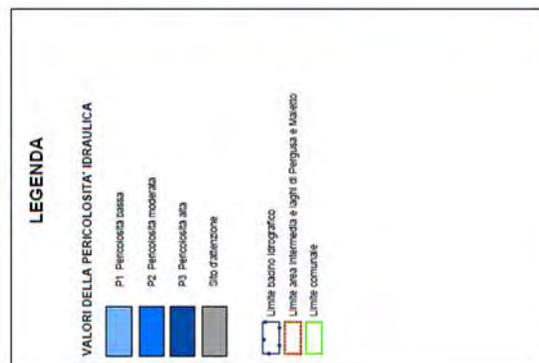
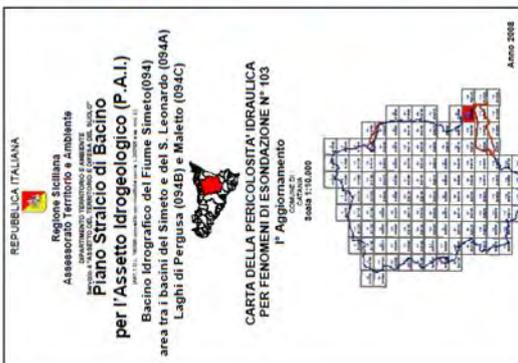
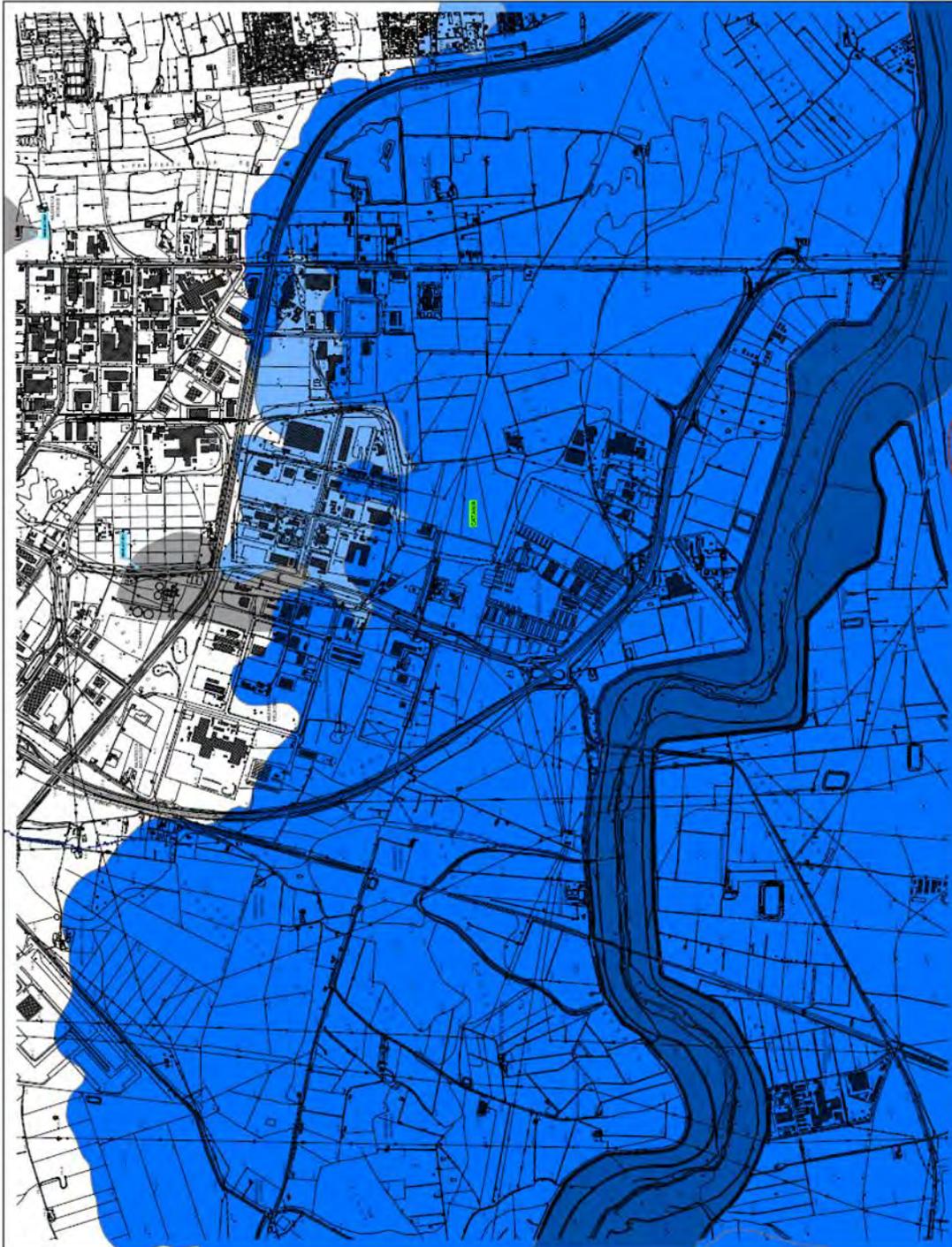


Figura 4: Carta della pericolosità (Aggiornamento PAI Sicilia 2008)

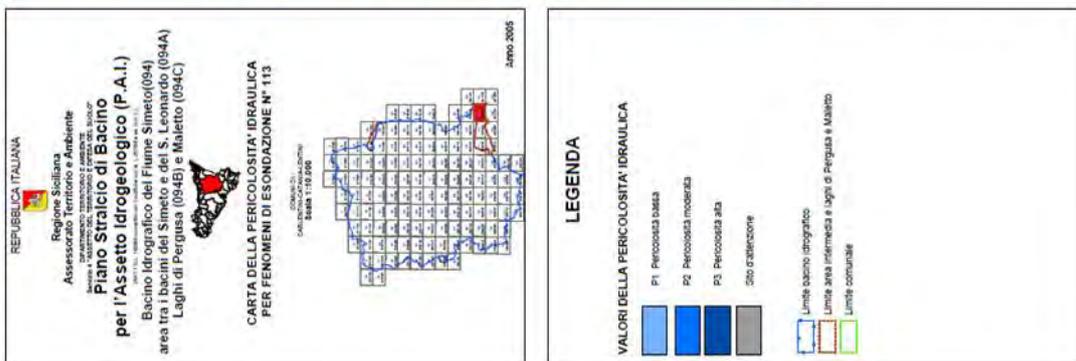
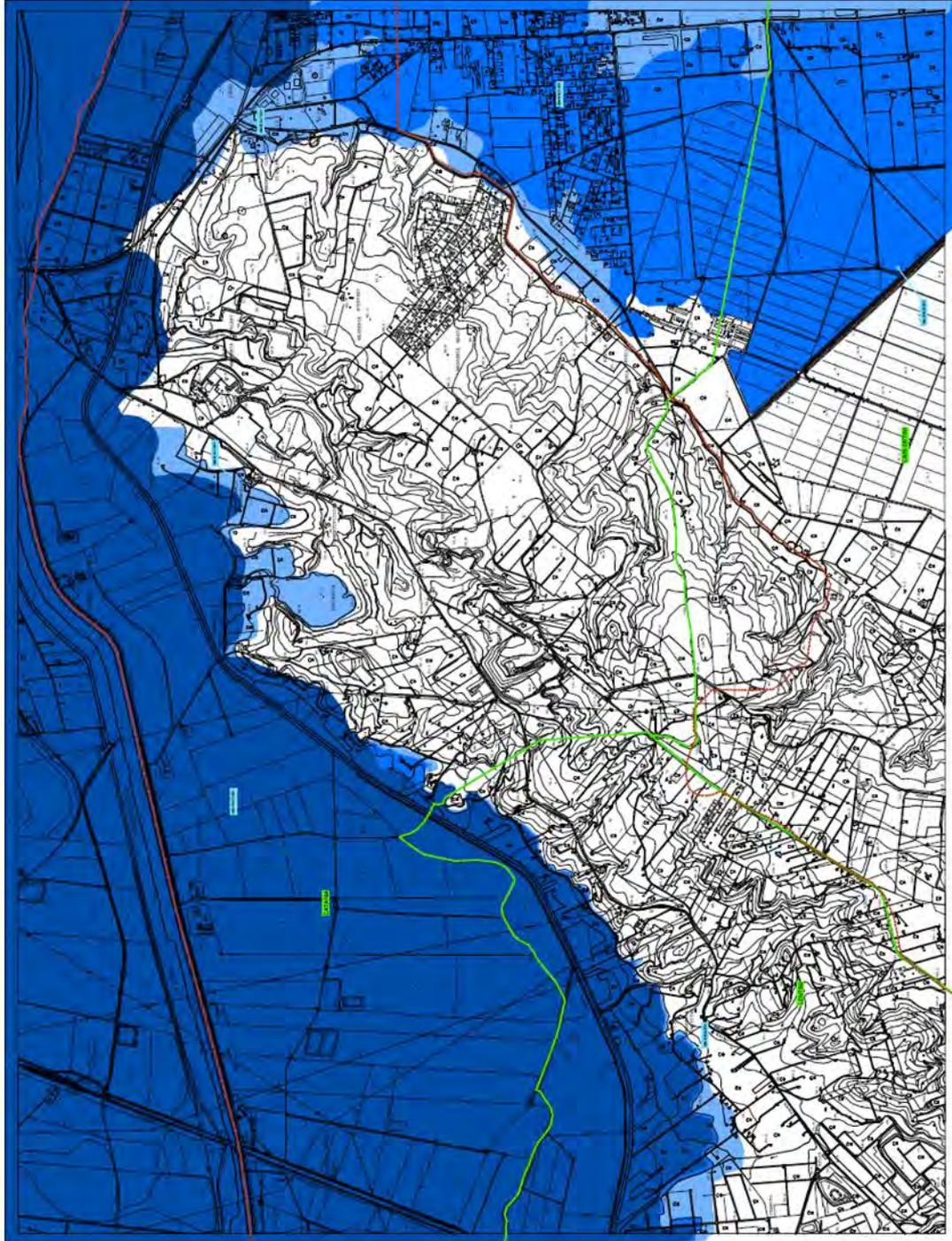


Figura 5: Carta della pericolosità (Aggiornamento PAI Sicilia 2008)

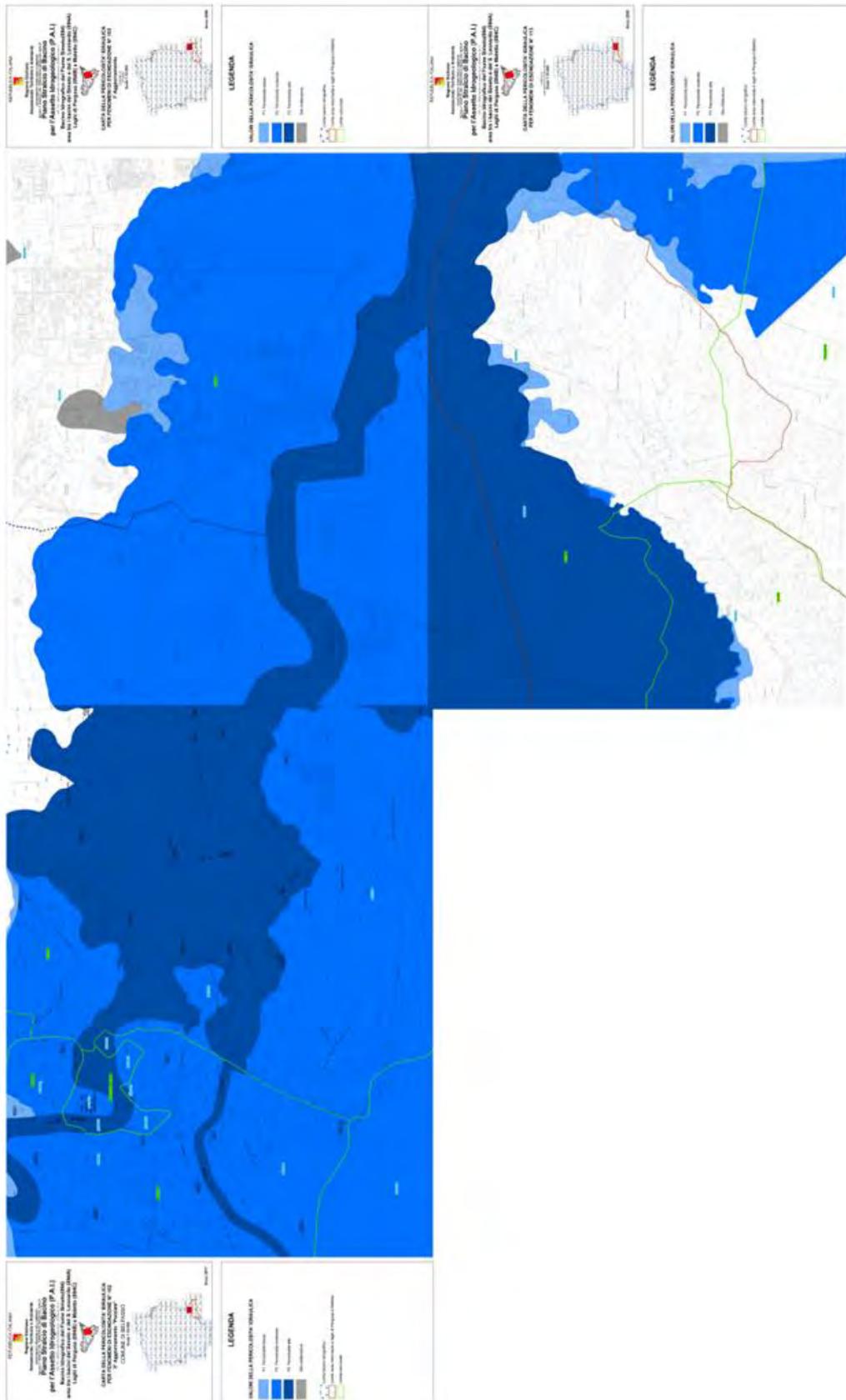


Figura 6: Collage della pericolosità (Aggiornamento PAI Sicilia 2008-2011)

Lo studio idraulico delineato nel seguito si propone di esaminare un'area complessiva comprendente le zone in cui sono collocati i sostegni e le aree ad esse adiacenti, in particolare:

- un'area in sinistra idrografica del fiume Simeto (dominio A);
- un'area delimitata dal tratto canalizzato del Dittaino fino alla confluenza nel Simeto, dal Simeto stesso e dal tratto canalizzato del Gornalunga (a monte della reciproca confluenza), ove sono collocati altri sostegni del tracciato B, anche se non tutti in area P3 (dominio B);
- un'area in destra idrografica del Gornalunga (dominio C).

In Figura 7 sono mostrati in via indicativa i tre domini di calcolo A, B e C.

I domini A, B e C, come appare nelle Figure, si appoggiano ai corsi d'acqua Simeto, Dittaino e Gornalunga, già studiati nel PAI per portate associate a tempi di ritorno 50, 100 e 300 anni.

In sostanza l'area di studio viene suddivisa in 3 domini di calcolo indipendenti, ponendo come condizioni al contorno proprio i risultati delle analisi idrodinamiche monodimensionali presentate nel PAI. Pertanto non è stato necessario eseguire calcoli idrologici di portate né calcoli idraulici sulla propagazione delle piene lungo le aste di Simeto, Dittaino e Gornalunga.



Figura 7: Domini di studio: A (a Nord del f. Simeto), B (fra Dittaino, Simeto e Gornalunga) e C (a Sud del Gornalunga)

Inoltre, in un'ottica conservativa sono state trascurate nel modello geometrico le vasche di laminazione idraulica progettate con finalità sia idrauliche che naturalistiche intorno alla SE di Pantano d'Arci [9]. In Figura 8 è riportata la planimetria delle vasche in progetto su ortofoto.

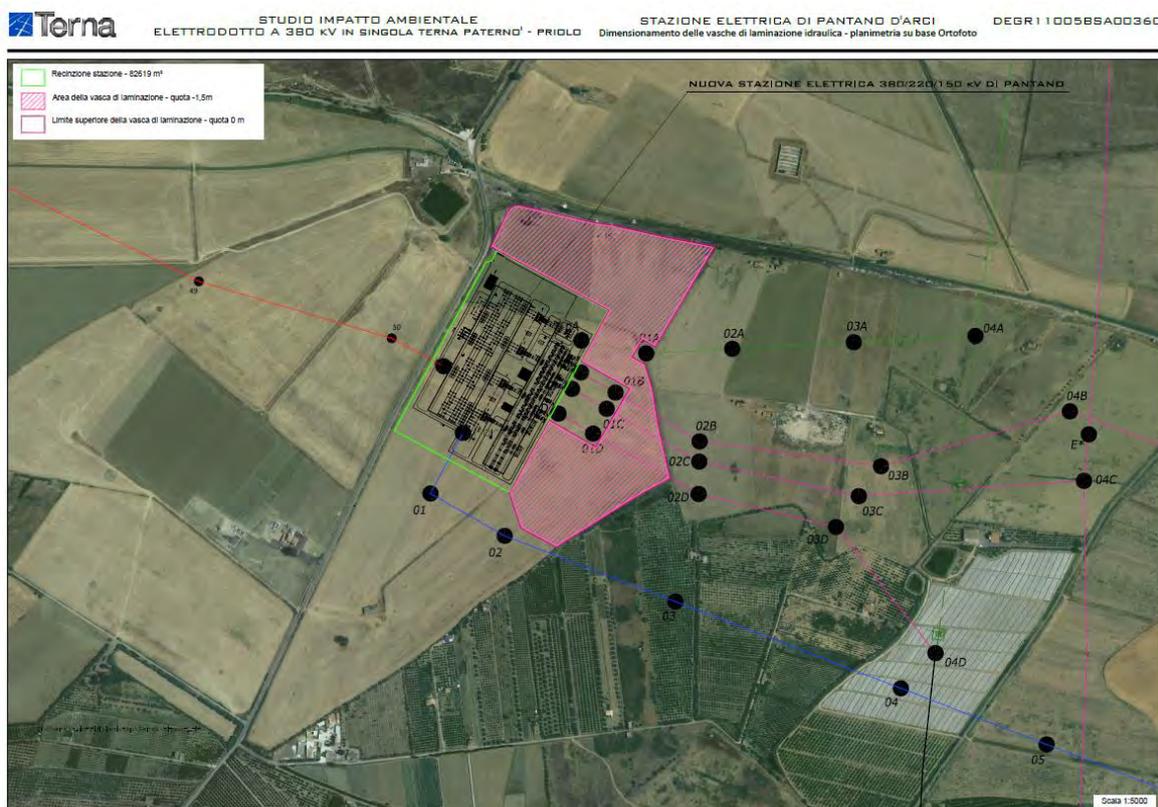


Figura 8: Vasche di laminazione progettate alla SE di Pantano d'Arci

3. ANALISI STORICA DELLE INONDAZIONI AVVENUTE PRESSO L'AREA DI STUDIO

È stata compiuta una ricerca delle informazioni storiche e degli studi esistenti riguardanti i fenomeni di inondazione che in passato hanno colpito il tratto terminale del bacino idrografico del fiume Simeto – Dittaino - Gornalunga, in cui è collocata l'area di interesse.

L'indagine ha coinvolto solamente le risorse documentali presenti sul web; in particolare, i dati e le informazioni individuate derivano dalla consultazione delle seguenti fonti:

- Sistema Informativo sulle Catastrofi Idrogeologiche (SICI) del CNR-GNDCI, realizzato nell'ambito del Progetto Aree Vulnerabili Italiane (AVI) [5];
- Relazione finale Regione Sicilia per il progetto AVI [6];
- Relazione Generale dello Schema di Massima del Piano Territoriale Provinciale di Catania [7];
- Piano Comunale di Protezione Civile del Comune di Catania [8];
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Simeto [1].

In questo modo è stato possibile ricostruire una serie storica degli eventi di piena avvenuti nel tratto vallivo del bacino del Simeto a partire dall'inizio del secolo scorso fino ai giorni nostri, che viene illustrata in Tabella 3.

Tabella 3.5: Eventi alluvionali registrati in Sicilia nel periodo 1900-1976.

Data	Zona Colpita	Vittime
26 ott. 1902	Modica	-
17 nov. 1908	Prov. di: Catania, Siracusa, Messina	10
Novembre 1915	Prov. di Agrigento e Caltanissetta	130
15 nov. 1920	Misilmeri	11
6 ott. 1924	Palermo	-
26 ott. 1925	Palermo	-
27 nov. 1927	Prov. di Catania	-
21, 22, 23 nov. 1931	Intera Regione – Prov. Palermo	12
31 mag. 1939	Intera Regione - Madonie	3
14 sett. 1948	Sicilia Centro orientale	-
15 ott. 1951	Sicilia orientale	23
30 nov. 1959	Bacino del Dittaino	10
2 sett. 1965	Trapani	10
27 sett. 1971	Prov. Caltanissetta e Agrigento	-
31 dic. 1972	Provincia di Messina	15
31 ott. 1976	Prov. Agrigento e Trapani	16

Relazione di compatibilità idraulica

EVENTO	DATA	CORSI D'ACQUA INTERESSATI	LOCALITÀ COLPITE	INFORMAZIONI
1	26/03/08	F. Simeto	Piana di Catania	Rotture arginali; danno lieve a strada comunale
2	09/11/20	F. Simeto	Piana di Catania	Sovralluvionamento terreno agrario
3	24/11/20	F. Simeto; Fosso Benante; F. Gornalunga; F. Dittaino	Passo Martino	Rotture arginali; tiranti idrici di 2 metri; danni gravi a ferrovia
4	09/12/24	F. Gornalunga	Piana di Catania	Danni a seminativi per una superficie di 2000 ha
5	21/03/25	Fosso Benante; F. Simeto; F. Gornalunga; Fosso Buttaceto; F. Dittaino	Piana di Catania	Rotture arginali; danni a ferrovia e a seminativi
6	27/11/27	F. Simeto	Piana di Catania	Rotture arginali; perdita di terreno agrario per una superficie di 11000 ha; danni gravi a ponti e ferrovia
7	28/12/27	Fosso Buttaceto	Piana di Catania - Primosole	Rotture arginali; perdita di terreno agrario e danni lievi a strada comunale
8	10/01/28	F. Simeto	Piana di Catania	Rotture arginali; perdita di terreno agrario
9	26/03/28	F. Simeto	Piana di Catania	-
10	22/02/31	F. Simeto; F. Gornalunga; F. Dittaino	Piana di Catania	Portata al colmo di piena 478 m ³ /s; rotture arginali; danni a ponti, strada provinciale, edifici civili, seminativi e frutteti
11	10/12/31	F. Simeto	Piana di Catania	Danni gravi a ponti
12	01/12/33	F. Simeto	Piana di Catania - Primosole	Rotture arginali e sovralluvionamento; 2 vittime; annegamento capi di bestiame; danni a strade, ferrovia, ponti, opere di regimazione fluviale, acquedotto, elettrodotto, edifici civili e seminativi
13	24/01/34	F. Simeto; Fosso Buttaceto	Piana di Catania	Rotture arginali; danni gravi a strada statale, ferrovia e seminativi
14	23/01/46	F. Simeto	Piana di Catania	Rotture arginali; danni gravi a ponti e strada statale
15	15/09/48	F. Simeto	Piana di Catania	Rotture arginali; danni gravi a ponti, ferrovia, edifici di interesse artistico, acquedotto, seminativi e frutteti
16	05/01/49	F. Simeto	Piana di Catania	Rotture arginali; danni a frutteti e seminativi

Tabella 3: Eventi di piena nel tratto terminale del bacino del fiume Simeto a partire dal 1900 ad oggi (continua)

EVENTO	DATA	CORSI D'ACQUA INTERESSATI	LOCALITÀ COLPITE	INFORMAZIONI
17	15-18/10/51	F. Simeto; F. Gornalunga; Fosso Benante; F. Dittaino	Piana di Catania	Portata al colmo F. Simeto alla foce 5000 m ³ /s; portata al colmo F. Gornalunga 1400 m ³ /s; rotture arginali; 35 vittime; danni gravi a strade, ponti, ferrovie, opere di regimazione fluviale, acquedotti, fognature, elettrodotti, edifici pubblici, civili e di interesse artistico, impianti zootecnici, seminativi e frutteti
18	16/03/53	F. Simeto	Piana di Catania	Rotture arginali; danni gravi a strada statale e ferrovia
19	15/02/54	F. Simeto	Piana di Catania	Rotture arginali; danni gravi a ponti e a strada statale; innesco franamenti
20	23/01/55	F. Simeto	Piana di Catania - Primosole	Rotture arginali; danni gravi a strada statale; innesco franamenti
21	03/02/55	F. Simeto	Piana di Catania	Rotture arginali; danni a strade, edifici civili, seminativi e frutteti
22	23/01/57	F. Simeto	Piana di Catania	Rotture arginali; 1 vittima
23	21/11/57	F. Simeto	Piana di Catania	Rotture arginali; danni ad edifici civili
24	01/01/73	F. Simeto; F. Dittaino	Piana di Catania	Rotture arginali; danni gravi a ponti, strade, ferrovia, acquedotto, elettrodotto, edifici civili e di interesse artistico, seminativi e frutteti
25	24/10/79	F. Simeto	Piana di Catania	Rotture arginali; danni a strade, ferrovia, elettrodotto, aeroporto, edifici pubblici e seminativi
26	10/10/96	Canale Fosso Monaco; Canale Junghetto	Simeto – Oasi	Danni a strade, edifici civili, seminativi e frutteti
27	13-14/12/05	F. Simeto; F. Gornalunga; F. Dittaino	Piana di Catania – Passo Martino	Allagamenti; danni a stabilimenti produttivi e colture agricole
28	13/01/09	F. Gornalunga; F. Dittaino	Piana di Catania – Primosole	Allagamenti

Tabella 4: Eventi di piena nel tratto terminale del bacino del fiume Simeto a partire dal 1900 ad oggi

Come si evince dalla tabella, la piana di Catania, in cui confluiscono tre corsi d'acqua, Simeto, Dittaino e Gornalunga, costituisce uno scenario idraulico abbastanza problematico, in cui le esondazioni nel corso dell'ultimo secolo si sono verificate con una certa regolarità, essenzialmente in relazione a piene che hanno superato la capacità degli alvei, causate da piogge durature ed intense in ampie zone del bacino del Simeto.

In particolare, l'evento alluvionale di maggior rilievo è stato quello del 1951, durante il quale persero la vita 35 persone, a causa degli allagamenti e delle frane innescate, e che arrecò ingenti danni ad edifici, infrastrutture viarie (soprattutto il tratto ferroviario Catania - Siracusa), allevamenti e terreni agricoli. L'alluvione fu dovuta a piogge particolarmente intense, che durarono oltre tre giorni e interessarono tutta la Sicilia, soprattutto la parte orientale: si registrarono 1366 mm a Nicolosi (CT) nelle 96 ore del 15-18 ottobre 1951, mentre il 17 ottobre a Lentini (SR) caddero 702 mm di pioggia in un giorno (uno dei valori giornalieri più elevati mai osservati in Italia). Per il fiume Simeto venne misurata una portata al colmo di piena di 5000 m³/s in corrispondenza della foce, mentre per quanto riguarda il Gornalunga si registrò una portata massima di 1400 m³/s.

In seguito, per scongiurare il ripetersi di tali eventi, furono avviate azioni di sistemazione idraulica lungo l'asta del fiume Simeto, soprattutto del tratto vallivo e della foce, con la costituzione di un nuovo sbocco a mare e la diversione delle acque dalla originaria ansa fociale. Alla vecchia foce del fiume, dove confluiscono i canali Buttaceto e Junghetto, si sono realizzate sistemazioni che si estendono per l'intera lunghezza di questi corsi d'acqua minori, fino all'area di riserva denominata "Oasi del Simeto". Non essendo stato possibile effettuare opere di regolarizzazione anche in quest'ultimo tratto del fiume, si sono avute inondazioni a monte della riserva, per cui alcune aree coltivate ad agrumeto sono state danneggiate ed in gran parte trasformate in canneto. In relazione a ciò, è stato successivamente progettato lo spostamento della foce del Buttaceto e la creazione di uno sfioratore alla foce del canale Junghetto, in modo da evitare il ripetersi di queste inondazioni, pur salvaguardando l'integrità della zona umida di riserva.

Per quanto riguarda le aree oggetto del presente studio, delimitate a Nord dal fosso Buttaceto e a Sud dal canale Benante, non è stato possibile stabilire con esattezza da quali e da quanti eventi di piena sia stata colpita in passato, a causa della frammentarietà e dello scarso dettaglio geografico delle informazioni reperite. Viene però indicato all'interno del Piano Comunale di Protezione Civile del Comune di Catania [8] che questa zona può essere interessata da allagamenti in caso di esondazione dei corsi d'acqua adiacenti e questo avvalora la necessità del presente studio idraulico di dettaglio.

4. ANALISI DEL PAI PER IL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME SIMETO

In questo capitolo si riportano in sintesi, e solo relativamente al tratto oggetto di studio, le analisi ed i risultati del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana (PAI) relative al bacino idrografico del fiume Simeto, del quale il Gornalunga è affluente a 3 km dalla foce [1].

Particolare attenzione è inoltre dedicata ai capitoli relativi alle aree a rischio idraulico e ai calcoli idraulici effettuati per l'asta del Gornalunga e Simeto che attraversano l'area di studio.

Questi dati infatti sono stati adottati nel modello numerico e ne rappresentano il dato principale di input e, per tale ragione, nei paragrafi successivi vengono presentati in modo molto dettagliato ed esaustivo.

Tabella 3.8: Bacini idrografici ed aree del versante orientale.

VERSANTE ORIENTALE	Numero	Denominazione
	085	Area tra Capo Passero e F. Tellaro
	086	F. Tellaro
	087	Area tra F. Tellaro e F. di Noto (Asinaro) e F. di Noto
	088	Area tra F. Noto e F. Cassibile
	089	F. Cassibile
	090	Area tra F. Cassibile e F. Anapo
	091	F. Anapo
	092	Area tra F. Anapo e F. S. Leonardo (Lentini)
	093	F. S. Leonardo (Lentini) – Area tra Lentini e F. Simeto
	094	F. Simeto
	095	Area tra F. Simeto e F. Alcantara
	096	F. Alcantara
	097	Area tra F. Alcantara e Fiumara Agrò
	098	F.ra d'Agrò ed Area tra F.ra d'Agrò e T.te Savoca
	099	T.te Savoca
	100	T.te Pagliara ed Area tra T.te Pagliara e T.te Fiumedinisi
101	T.te Fiumedinisi	
102	Area tra T.te Fiumedinisi e Capo Peloro	

Tabella 5: Denominazione dei bacini idrografici, da PAI regione Sicilia (Cap.3, pag.51)

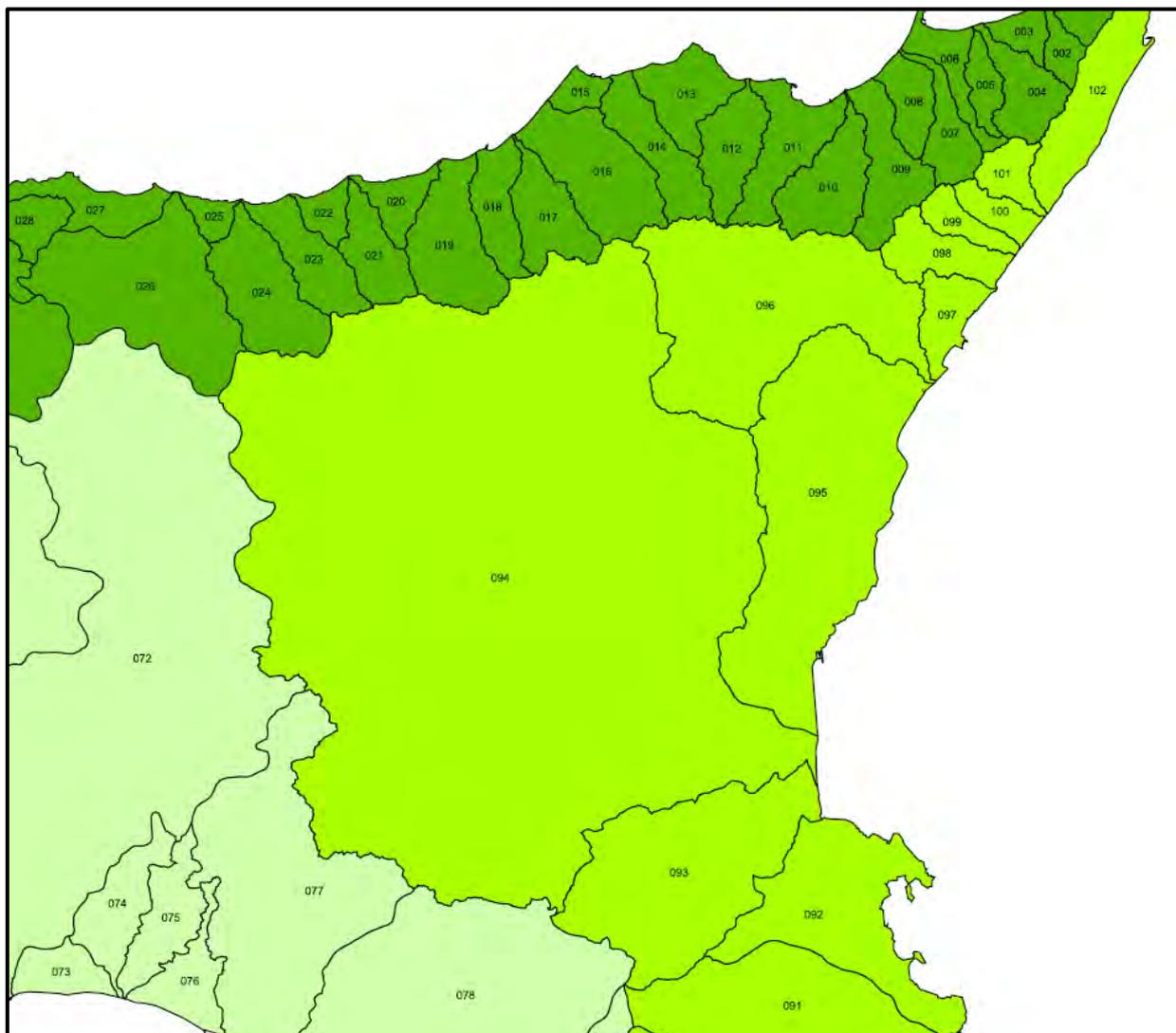


Figura 9: Bacino 094 del fiume Simeto

4.1 Il fiume Simeto

Il bacino del F. Simeto ricade nel versante orientale della Sicilia e si estende per circa 4030 Km², interessando il territorio delle provincie di Catania, Enna, in misura inferiore Messina e, solo marginalmente, Siracusa, Caltanissetta e Palermo. L'altitudine del bacino può essere sintetizzata dai seguenti valori: minima 0 m s.l.m.; massima 3.274 m s.l.m.; media 531 m s.l.m.

Gli affluenti principali sono T. Cutò, T. Martello, T. Saracena, F. Troina, F. Salso, F. Dittaino, F. Gornalunga.

Il fiume Simeto si sviluppa per una lunghezza complessiva di circa 87 km, inizialmente con prevalente direzione Nord-Sud per poi deviare progressivamente verso Est. L'asta, dal punto di vista idrografico, può suddividersi in cinque tratti principali:

- dall'origine alla confluenza con il F. Troina (5 km);
- dalla confluenza con il F. Troina alla confluenza con il F. Salso (24 km);
- dalla confluenza con il F. Salso alla confluenza con il F. Dittaino (46 km);
- dalla confluenza con il F. Dittaino alla confluenza con il F. Gornalunga (9 km);
- dalla confluenza con il F. Gornalunga alla foce (3 km).

Le caratteristiche dell'alveo variano sensibilmente anche all'interno dei singoli tratti sia a causa delle diversità geolitologiche e morfologiche dei terreni attraversati, della variazione delle pendenze di fondo e della variazione spaziale dell'ordine di grandezza delle portate, sia in relazione agli interventi di sistemazione effettuati. Tali differenze sono particolarmente rilevanti nei tratti compresi tra le confluenze del Troina e del Salso e tra le confluenze del Salso e del Dittaino.

In modo semplificato si possono distinguere due tratti:

- dall'origine alla traversa Barca (ubicata tra la confluenza del Salso con il Dittaino), tratto in cui l'alveo ha dimensioni modeste e gli interventi di sistemazione sono discontinui e finalizzati alla stabilizzazione delle sponde;
- dalla traversa Barca alla foce ove si riscontrano le caratteristiche tipiche dell'alveo di pianura e le sistemazioni sono costituite da argini continui per la difesa della piana di Catania dalle inondazioni.

Lungo l'asta principale non esistono laghi o serbatoi di rilevante capacità, ma esistono importanti traverse per la derivazione delle acque fluenti che determinano la formazione di piccoli invasi.

In riferimento alla suddivisione in cinque tratti si riportano di seguito le caratteristiche peculiari dell'asta principale.

Il primo tratto (origine-confluenza F. Troina) presenta caratteristiche di transizione tra quelle dei corsi d'acqua montani e di pianura. Persistono ancora vistosamente i fenomeni di trasporto e deposito di materiale più grossolano. In questo tratto non sono stati realizzati interventi di sistemazione dell'alveo.

Il secondo tratto (confluenza F. Troina-confluenza Salso) è caratterizzato da una sistemazione continua costituita da muri di sponda e repellenti in calcestruzzo nei soli 3,5 km a monte della confluenza del F. Salso, ove il corso d'acqua scorre in un fondovalle intensamente coltivato. Più a monte, invece, l'alveo si sviluppa tra il pendio dei Nebrodi, in sponda destra, e i terreni dolcemente ondulati ed intensamente

coltivati della fascia pedemontana etnea, in sponda sinistra. Ricade in questo tratto la traversa di S. Domenica utilizzata ai fini idroelettrici ed irrigui.

Nella parte più alta, per molti chilometri, il fondovalle in sinistra è delimitato da una ripida parete lavica che determina un salto di quota di alcune decine di metri rispetto ai terreni adiacenti.

Il terzo tratto (confluenza F. Salso-confluenza F. Dittaino) è diviso in due parti distinte dalla traversa Barca. La parte di monte, che si sviluppa per circa 22 km, non completamente regimentata, nonostante interessi aree estensivamente coltivate. All'inizio di questa prima parte è ubicata la traversa Contrasto che determina un piccolo invaso utilizzato sempre ai fini elettrici ed irrigui. L'alveo, che è inizialmente imposto in sinistra ad una ripida scarpata in dissesto che delimita i terreni agricoli superiori, costeggia poi al rilievo di sponda destra provocando problemi erosivi e lasciando prevalentemente in sinistra le superfici coltivate fino a giungere al piccolo invaso determinato dalla traversa Barca di Paternò, che costituisce fonte di approvvigionamento idrico ai fini irrigui. La parte dell'alveo a valle della traversa Barca è arginata con sezione sistemata con alveo di magra e un solo piano di golena, all'inizio, e con doppi piani di golena, più a valle. I piani golenali superiori, e a volte anche quelli inferiori, sono largamente utilizzati per coltivazioni estensive. I terreni attraversati sono estesamente interessati da coltivazioni agrumicole.

Nel quarto tratto (confluenza F. Dittaino-confluenza F. Gornalunga) si riscontrano le medesime caratteristiche del tratto immediatamente precedente.

Varia la pendenza media (dello 0,05%) e le accresciute portate che vengono convogliate in una sezione che raggiunge larghezza complessiva anche superiore a 500 metri.

Nel quinto tratto (confluenza F. Gornalunga-foce) il fiume giunge, circa 3 km, alla costa ionica convogliato tra argini che si allargano progressivamente sino alla foce lasciando in ultimo una sezione di larghezza superiore al chilometro. La sezione terminale risulta interessata per tutta la larghezza da un banco di sabbia e in gran parte anche da una striscia di fitta boscaglia che lascia comunque un varco attraverso il quale le acque defluiscono al mare avvicinandosi all'argine sinistro. Quest'ultimo tratto lambisce in sinistra l'area dell'Oasi del Simeto ed è costituito da un drizzagno che lascia sempre in sinistra una vecchia ansa e la vecchia foce a mare. Questa porzione del corso d'acqua ormai abbandonata dal Simeto, riceve solo le acque del Buttaceto (che in passato afferiva invece al F. Simeto più a monte dell'immissione del F. Gornalunga) e del fosso Junghetto, che costituisce l'attuale recapito di gran parte delle fognature di Catania.

4.2 Il fiume Dittaino

Il fiume Dittaino trae origine, sotto il nome di torrente Bozzetta, a quota 925 m s.l.m. dalle pendici orientali dei monti Erei nella zona centrale della Sicilia. Sul Bozzetta è stato realizzato il serbatoio Nicoletti che raccoglie i deflussi di circa 50 kmq di bacino diretto. Nel bacino sotteso dal Nicoletti sono

state realizzate solo opere di sistemazione trasversali, costituite in prevalenza da briglie semplici in calcestruzzo. Tali interventi interessano il Bozzetta, il torrente Manna ed il vallone dell'Ammaro. A valle della diga i maggiori affluenti del Dittaino sono il torrente Calderari ed il vallone Sciaguana.

Il torrente Calderari ha un bacino imbrifero compreso tra le quote 865 e 245 m s.l.m., la cui superficie si estende per circa 137 km². L'asta principale si sviluppa per una lunghezza di circa 23 km.

Il bacino imbrifero del vallone Sciaguana si estende per circa 107 km². L'asta principale trae origine a quota 425 m s.l.m. da monte Campanelli e si sviluppa per circa 16 km. Sullo Sciaguana è stato realizzato l'omonimo invaso che raccoglie i deflussi di circa 64,8 km² di bacino diretto e 26,3 km² di bacino allacciato tramite traverse da corsi d'acqua limitrofi.

4.3 Il fiume Gornalunga

Il fiume Gornalunga nasce a quota 903 m s.l.m. dai Monti Erei, dalle pendici di Cozzo Bannata a Monte Rossomanno. Dopo aver ricevuto nell'ordine il Fosso Belmontino, i valloni Murapano e Gresti ed il fiume Secco, il Gornalunga è stato sbarrato a quota 200 m s.l.m. per realizzare l'invaso artificiale Ogliastro o Don Sturzo, il quale raccoglie le acque di circa 170 Km² di bacino diretto.

L'asta principale del Gornalunga si sviluppa complessivamente per circa 80 km.

Il più importante affluente del F. Gornalunga a valle della diga Ogliastro è il fiume dei Monaci o Mazzarella, il quale trae origine dalle pendici di Monte Moliano e Monte Montagna sotto il nome di fiume dell'Elsa e prende successivamente i nomi di fosso del Tempio, fosso Pietrarossa, fiume Margherita e fiume del Ferro, fino alla confluenza con il fiume Caltagirone. Dopo aver ricevuto in destra idrografica il Caltagirone e fino alla confluenza con il Gornalunga, il corso d'acqua prende il nome di fiume dei Monaci o Mazzarella.

La confluenza del f. Gornalunga nel Simeto avviene 2,7 km a monte dello sbocco del Simeto a mare.

A monte della confluenza, il Gornalunga è sistemato e presenta caratteristiche molto regolari.

La sezione trasversale-tipo, che è tripla trapezia ed è larga in sommità 210 m circa, si mantiene costante per circa 7 km. L'alveo di magra è coperto da vegetazione intensa, mentre le golene ne sono spoglie.

Le aree limitrofe, al di là degli argini, sono sedi di coltivazioni. Procedendo verso monte, a 5 km circa dalla confluenza nel Simeto, il Gornalunga è attraversato da un ponte stradale e uno ferroviario (linea CT-SR). In corrispondenza di questi attraversamenti si rileva un notevole restringimento localizzato dell'alveo, il quale prosegue poi verso monte seguendo un percorso molto regolare in planimetria, mentre la parte centrale risulta coperta da una fitta vegetazione. In questo tratto, la larghezza dell'alveo diventa 190 m circa e il fiume riceve anche le acque di diversi canali di bonifica. Proseguendo verso monte, in corrispondenza di una curva a sinistra dove si rileva anche l'immissione del canale Bortone,

l'alveo si restringe e la sua larghezza passa da 190 m a 120 m circa. Da qui, verso monte, la sistemazione non ha più previsto arginature in terra, ma solo inalveazione del corso d'acqua per scavo.

Risalendo, l'alveo segue un percorso più sinuoso fino alla confluenza del F. Mazzarella.

A monte della confluenza, il Gornalunga, ancora sistemato per scavo, ha una sezione trasversale larga 80 m.

Poche centinaia di metri più a monte, è visibile una confluenza che costituisce il ricongiungimento tra un vecchio alveo del Gornalunga (ramo di sinistra), ormai abbandonato dal fiume, e il suo nuovo unico percorso (ramo di destra) sistemato con sezione doppia trapezia. Per circa 6 km a monte di questa confluenza i due rami corrono paralleli o quasi, anche se il vecchio alveo è ormai poco più di un fosso. Il tratto sistemato si snoda verso monte in una serie di anse. L'alveo sistemato prosegue verso monte fino a raggiungere il Ponte Cacocciola, circa 14 km a monte dalla confluenza del F. Mazzarella. A monte del ponte, risalendo, l'alveo non è più sistemato.

Verso monte, il corso d'acqua segue il suo percorso naturale, fino a che, a 15 km dal Ponte Cacocciola l'alveo è sbarrato dalla diga di Ogliastro.

5. IL MODELLO DIGITALE DEL TERRENO

Il modello digitale del terreno (DTM) per i calcoli idrodinamici è stato generato dal codice di calcolo Mike 21 a partire da curve di livello e punti quotati presenti nella Carta Tecnica Regionale in scala 1:10000.

Quanto più il DTM, che è una rappresentazione tridimensionale georeferenziata dell'area di studio, approssima il reale andamento morfologico dei luoghi, tanto più aderente alla realtà risulta il reticolo di calcolo da esso ricavato e attendibili risultano le valutazioni altimetriche, le stime della pendenza del terreno, la precisione del calcolo numerico e i risultati sul deflusso delle acque in termini di tiranti idrici e velocità della corrente.

La Figura 10 illustra l'altimetria globale dell'area di studio e riporta le aste fluviali che l'attraversano, i principali rilevati (strade e ferrovie) che vi insistono ed i sostegni dell'elettrodotto in progetto (dimensioni esagerate).

La Figura 11 illustra invece il reticolo di calcolo definito nell'area di studio e appoggiato all'altimetria già descritta. I nodi colorati corrispondono alle condizioni al contorno applicate (portate immesse lungo gli arigini tracimabili e livello del mare lungo la linea di costa), come dettagliato meglio nel seguito.

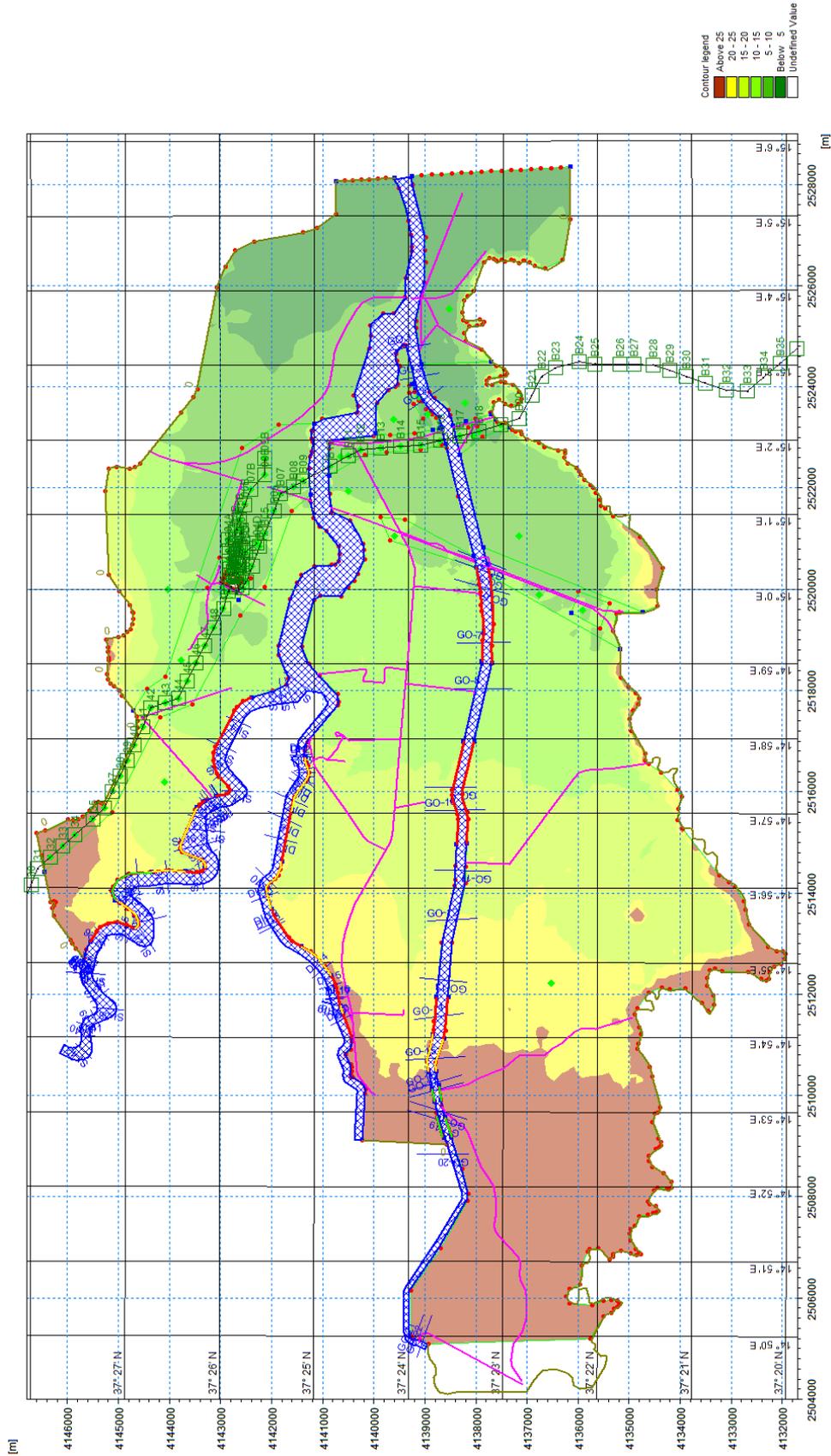


Figura 10: Rappresentazione del DTM del bacino idrografico di studio

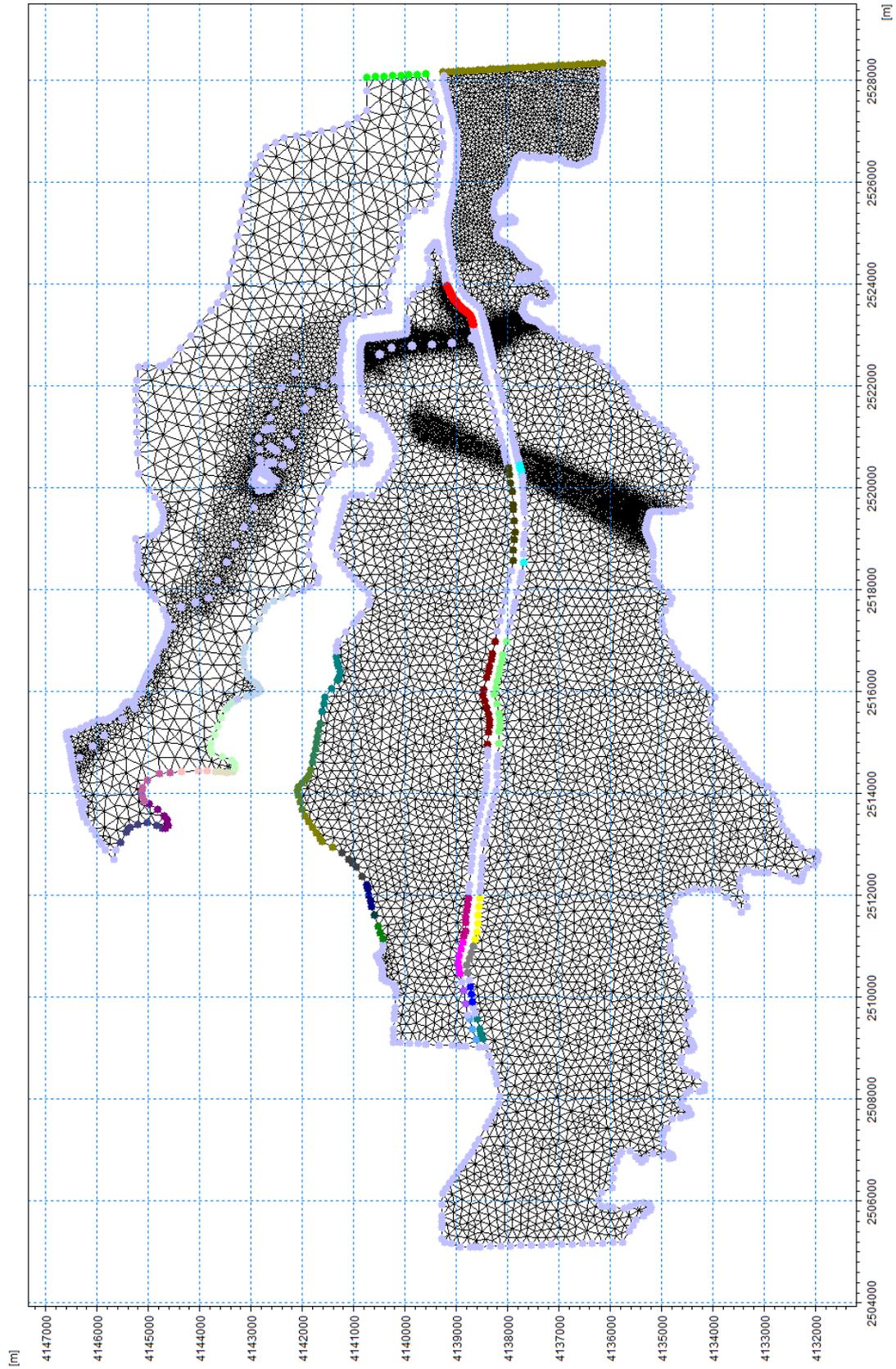


Figura 11: Reticolo di calcolo e condizioni al contorno sui nodi di confine

6. DETERMINAZIONE DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA A PARTIRE DALLE VERIFICHE IDRAULICHE DEL PAI

Nel seguito si descrive la metodologia adottata per calcolare gli idrogrammi di piena in ingresso al contorno dei domini di calcolo, da assegnare come dati di input per i calcoli idrodinamici descritti più avanti.

6.1 Calcolo dei colmi di portata

I valori delle portate al colmo di piena dei fiumi Simeto, Gornalunga e Dittaino riportate nel PAI, per tempi di ritorno pari a 50, 100, 300 anni, sono stati adottati come valori di riferimento per lo studio di compatibilità idraulica dei 13 sostegni oggetto di disamina.

Le portate distribuite esondate in caso di piena eccezionale lungo i vari tratti arginati di Simeto, Dittaino e Gornalunga, che rappresentano soglie tracimanti di sfioro lungo il perimetro dei domini di calcolo, sono state desunte dai livelli idrici nei fiumi riportati in Tabella 6, Tabella 7 e Tabella 8, tratte dal PAI, per le tre portate Q50, Q100 e Q300 corrispondenti ai tre tempi di ritorno da studiare (50, 100 e 300 anni).

Essendo i livelli del PAI calcolati con un modello monodimensionale limitato all'alveo e quindi sovrastimati, i colmi di portata sono stati normalizzati in modo che la loro somma non superasse le portate di riferimento alle sezioni più vicine al mare; si è inoltre tenuto conto di valori di portata sicuramente contenuti negli alvei arginati e stimati sempre analizzando i risultati del PAI.

Si ottengono in questo modo portate variabili da zero fino ad alcune centinaia di metri cubi al secondo lungo ciascun tratto di Simeto, Dittaino e Gornalunga. La Figura 11 mostra il reticolo di calcolo complessivo; i tratti colorati lungo il perimetro corrispondono alle tracimazioni degli argini così determinate, e anche alla linea di costa ove è stato assegnato il livello idrico del mare.

Nelle figure successive è rappresentato lo schema planimetrico e la traccia delle sezioni per il vari tratti di interesse: tali sezioni trasversali sono riportate nell'Appendice C del PAI stesso.

Da Figura 21 a Figura 24 compaiono i risultati del calcolo delle portate sfioranti per ogni metro di argine. Le progressive chilometriche corrispondono alla distanza dalla foce.

I colmi di portata che complessivamente si riversano nei domini di studio, con riferimento al tempo di ritorno di 300 anni, si aggirano da poco meno di 2000 mc/s per il Dittaino, a 2500 mc/s per il Gornalunga e superano i 4000 mc/s per il Simeto.

Relazione di compatibilità idraulica

Tabella 4.3 Valori delle portate al colmo di piena (Q_t) del fiume Simeto, per tempi di ritorno pari a 50, 100, 300 anni.

tratto	portate (mc/s)		
	tr=50	tr=100	tr=300
da SI-1 a SI-14	4121	5037	6925
da SI-15 a SI-86	3993	4881	6710
SI-87	3121	4027	6270
da SI-88 a SI-90	3099	3999	6222
da SI-91 a SI-93	3089	3987	6203
da SI-94 a SI-98	3086	3984	6199
da SI-99 a SI-116	3081	3977	6187
da SI-117 a SI-121	3079	3975	6185
da SI-122 a SI-133	3078	3974	6184
da SI-134 a SI-137	3062	3953	6145
da SI-138 a SI-150	3059	3949	6143
SI-151	2994	3868	6010
da SI-152 a SI-165	2974	3843	5969
da SI-166 a SI-176	2963	3830	5948
da SI-177 a SI-183	2934	3792	5886
da SI-184 a SI-190	2924	3780	5866

Tabella 6: *Q e TR nel fiume Simeto (tratti di interesse da SI-1 a SI-20) (fonte PAI)*

Tabella 4.4 Valori delle portate al colmo di piena (Q_t) del fiume Gornalunga, per tempi di ritorno pari a 50, 100, 300 anni.

tratto	portate (mc/s)		
	tr=50	tr=100	tr=300
da GO-1 a GO-27	1656	2253	3533
da GO-28 a GO-47	1320	1796	2816
da GO-48 a GO-82	1159	1578	2474

Tabella 7: *Q e TR nel fiume Gornalunga (tratto di interesse da GO-1 a GO-12) (fonte PAI)*

Tabella 4.5 Valori delle portate al colmo di piena (Q_t) del fiume Dittaino, per tempi di ritorno pari a 50, 100, 300 anni.

tratto	portate (mc/s)		
	tr=50	tr=100	tr=300
da DI-1 a DI-41	1642	2234	3503
da DI-42 a DI-76	1610	2192	3436
da DI-77 a DI-129	1570	2137	3351
da DI-130 a DI-138	1502	2044	3206
da DI-139 a DI-163	1437	1956	3067
da DI-164 a DI-263	1332	1812	2842

Tabella 8: *Q e TR nel fiume Dittaino (tratto di interesse da DI-1 a DI-20) (fonte PAI)*

Schema planimetrico con l'ubicazione delle sezioni di calcolo per le verifiche idrauliche nel tratto del Fiume Dittaino (da DI-14 a DI-1)

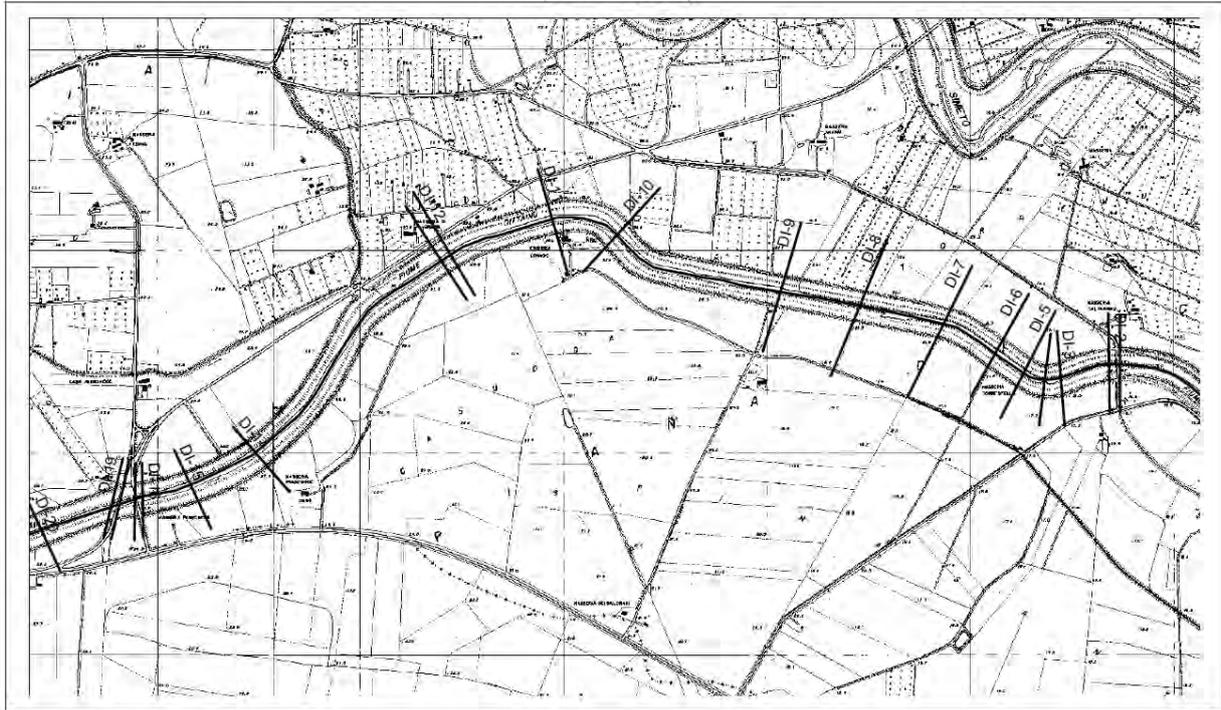


Figura 12: Sezioni del Dittaino poco prima della confluenza nel Simeto

Schema planimetrico con l'ubicazione delle sezioni di calcolo per le verifiche idrauliche nel tratto del Fiume Gornalunga (da GO-3 a GO-1)

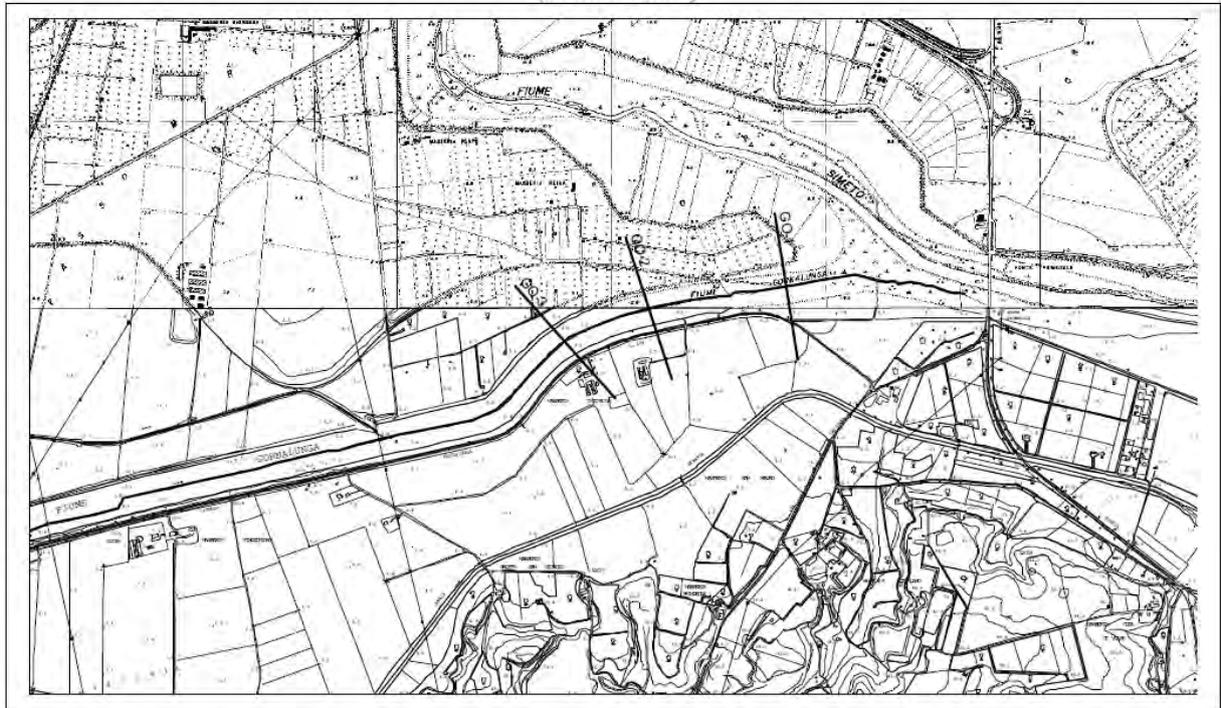


Figura 13: Sezioni del Gornalunga poco prima della confluenza nel Simeto (1)

Schema planimetrico con l'ubicazione delle sezioni di calcolo per le verifiche idrauliche nel tratto del Fiume Gornalunga (da GO-7 a GO-4)

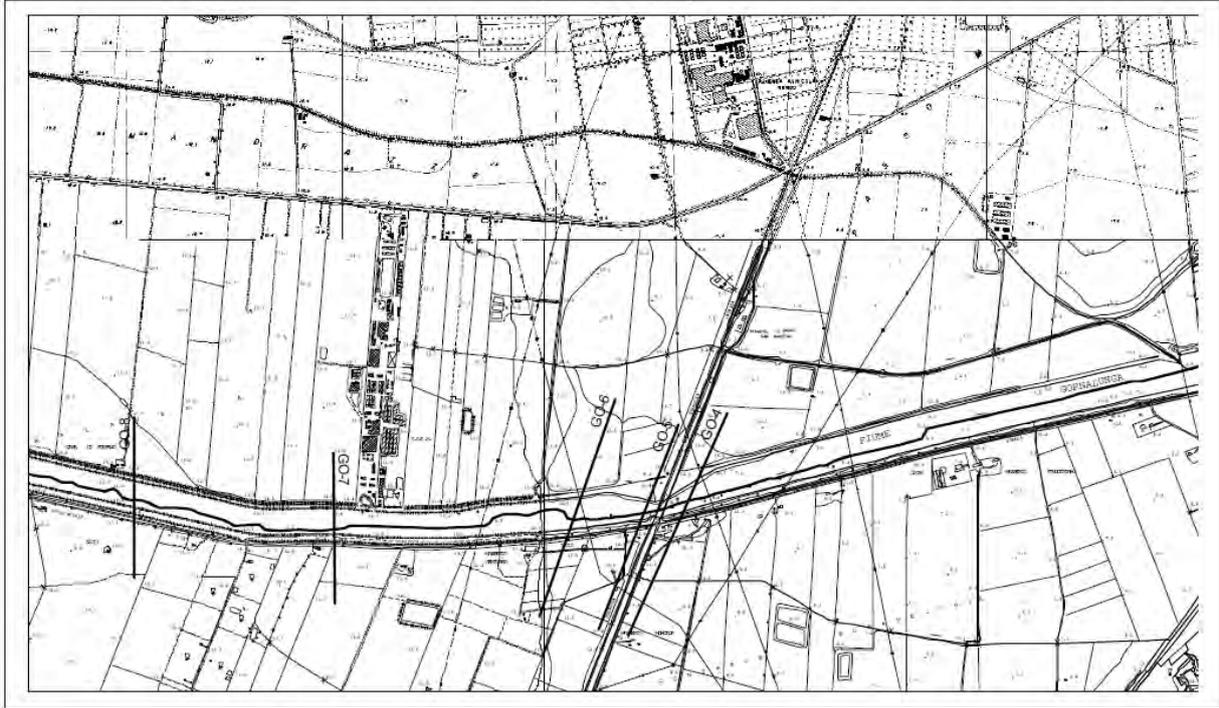


Figura 14: Sezioni del Gornalunga poco prima della confluenza nel Simeto (2)

Schema planimetrico con l'ubicazione delle sezioni di calcolo per le verifiche idrauliche nel tratto del Fiume Gornalunga (da GO-12 a GO-8)

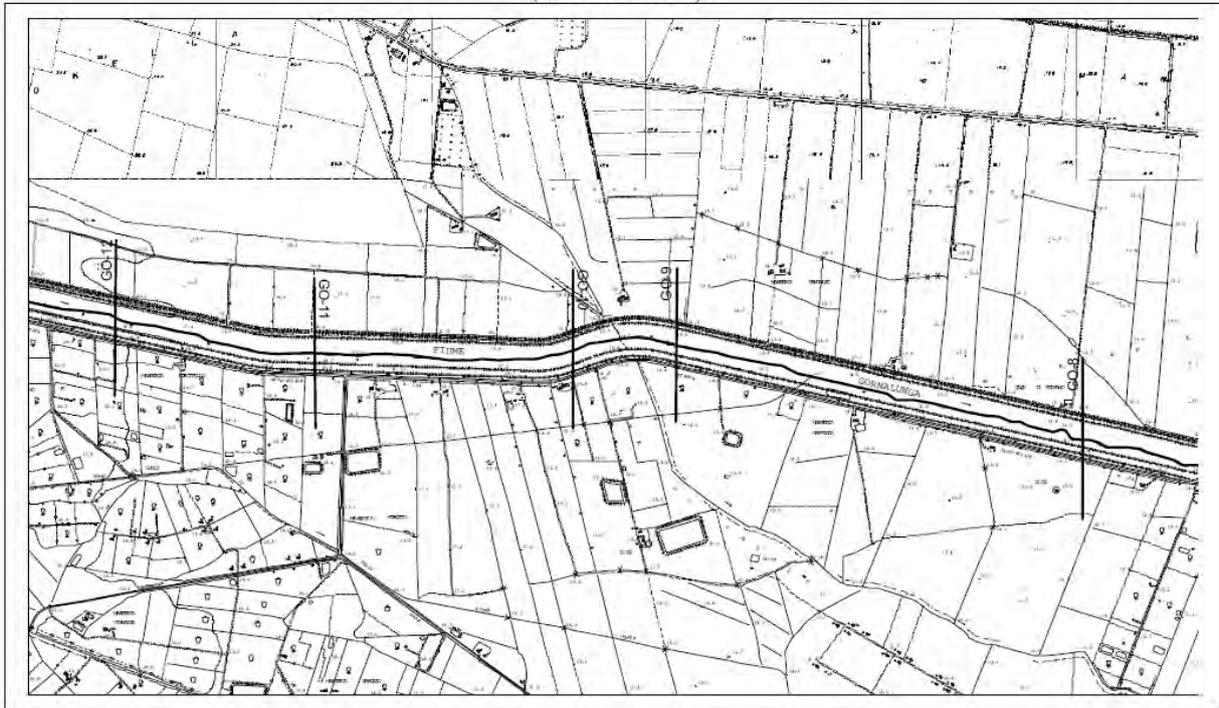


Figura 15: Sezioni del Gornalunga poco prima della confluenza nel Simeto (3)

Schema planimetrico con l'ubicazione delle sezioni di calcolo per le verifiche idrauliche nel tratto del Fiume Simeto (da SI-13 a SI-1)

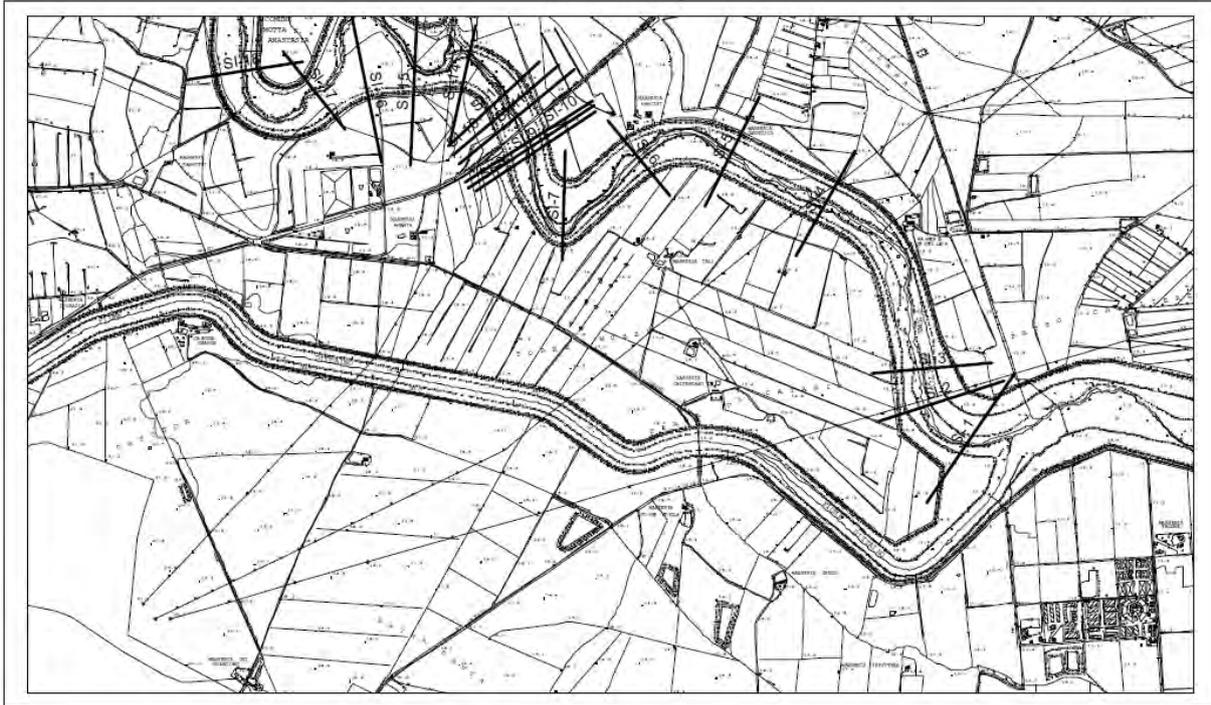


Figura 16: Sezioni del Simeto poco prima della confluenza del Dittaino nel Simeto (1)

Schema planimetrico con l'ubicazione delle sezioni di calcolo per le verifiche idrauliche nel tratto del Fiume Simeto (da SI-41 a SI-14)

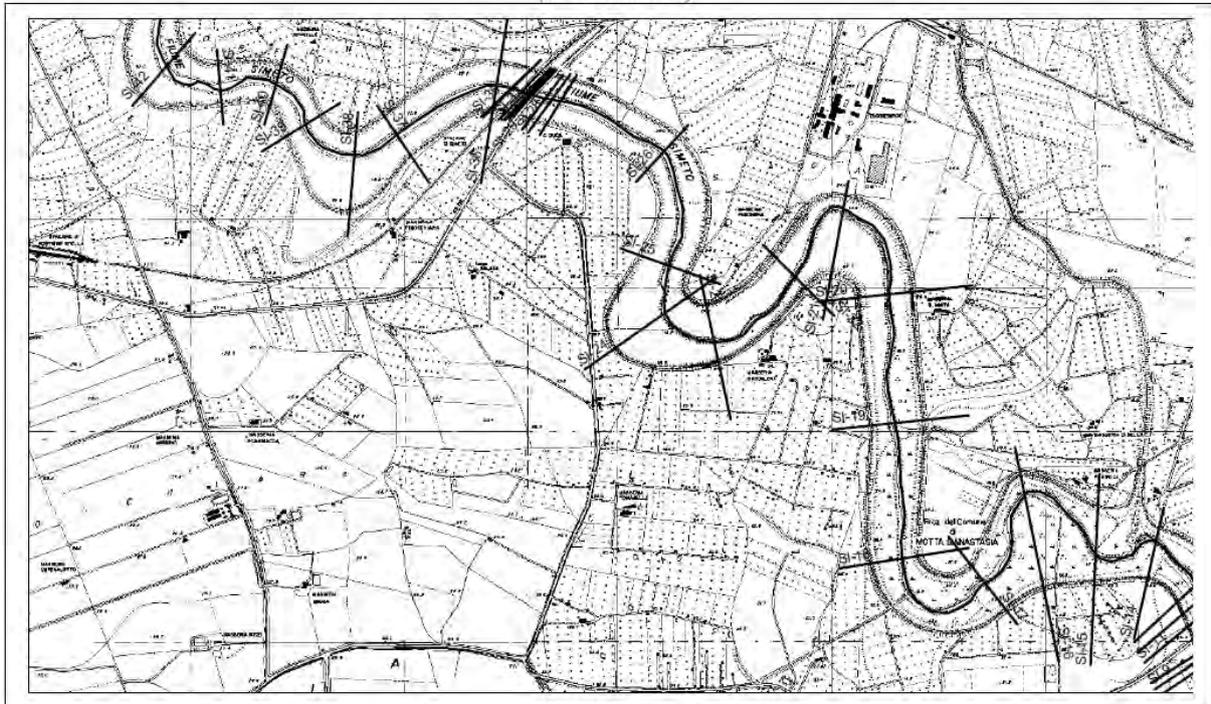


Figura 17: Sezioni del Simeto poco prima della confluenza del Dittaino nel Simeto (2)

Regione Siciliana



Piano per l'Assetto Idrogeologico
 Bacino idrografico del Fiume Simeto

Appendice C
 VALORI DELLE CARATTERISTICHE IDRAULICHE

Nome sez. (dist. dalla foce in m)	Quota fondo alveo	Coeff. di Manning	Tempo di ritorno	Portata	Quota pelo libero	Tirante idrico	Pendenza l.c.t.	Velocità media alveo	Sezione idrica
	(m)	(m ^{-1/3} s)	(anni)	(m ³ /s)	(m s.l.m.)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)
SI-26	16.47	0.033- 0.06	50	3993	25.74	9.27	0.001206	3.63	1163.9
			100	4881	26.60	10.13	0.001178	3.90	1337.2
			300	6710	28.19	11.72	0.001131	4.35	1665.6
SI-25	15.28	0.033- 0.06	50	3993	25.17	9.89	0.001046	3.38	1247.8
			100	4881	26.05	10.77	0.001006	3.61	1439.3
			300	6710	27.70	12.42	0.000951	4.02	1797.9
SI-24	14.80	0.033- 0.06	50	3993	25.37	10.57	0.000237	1.64	2520.8
			100	4881	26.30	11.50	0.000227	1.76	2895.1
			300	6710	28.04	13.24	0.000214	1.96	3590.7
SI-23	14.50	0.033- 0.06	50	3993	25.04	10.54	0.000579	2.65	1605.5
			100	4881	25.93	11.43	0.000572	2.85	1833.0
			300	6710	27.59	13.09	0.000563	3.21	2254.6
SI-22	13.18	0.033- 0.06	50	3993	24.14	10.96	0.001366	3.93	1089.9
			100	4881	24.96	11.78	0.001367	4.25	1243.7
			300	6710	26.48	13.30	0.001374	4.81	1526.3
SI-21	11.18	0.033- 0.06	50	3993	23.99	12.81	0.000589	3.04	1435.2
			100	4881	24.81	13.63	0.000643	3.37	1588.0
			300	6710	26.31	15.13	0.000730	3.97	1869.2
SI-20	12.04	0.033- 0.06	50	3993	23.66	11.62	0.000753	3.03	1442.5
			100	4881	24.47	12.43	0.000767	3.29	1637.8
			300	6710	25.99	13.95	0.000785	3.74	2001.1
SI-19	11.98	0.033- 0.06	50	3993	22.94	10.96	0.001158	3.43	1244.4
			100	4881	23.76	11.78	0.001126	3.68	1435.3
			300	6710	25.28	13.30	0.001075	4.09	1794.2
SI-18	10.67	0.033- 0.06	50	3993	22.12	11.45	0.001171	3.63	1196.7
			100	4881	22.92	12.25	0.001180	3.93	1366.0
			300	6710	24.40	13.73	0.001185	4.45	1682.6
SI-17	9.89	0.033- 0.06	50	3993	21.66	11.77	0.000837	3.07	1408.8
			100	4881	22.47	12.58	0.000839	3.32	1604.7
			300	6710	24.00	14.11	0.000836	3.75	1972.1
SI-16	10.00	0.033- 0.06	50	3993	21.76	11.76	0.000176	1.34	3086.9
			100	4881	22.62	12.62	0.000168	1.43	3549.8
			300	6710	24.24	14.24	0.000157	1.59	4417.3
SI-15	8.98	0.033- 0.06	50	3993	21.48	12.50	0.000413	2.18	1981.2
			100	4881	22.32	13.34	0.000411	2.35	2259.6
			300	6710	23.89	14.91	0.000406	2.65	2780.5
SI-14	8.68	0.033- 0.06	50	4121	20.78	12.10	0.001475	3.66	1230.3
			100	5037	21.58	12.90	0.001399	3.89	1424.7
			300	6925	23.06	14.38	0.001297	4.30	1788.2
SI-13	8.28	0.033- 0.06	50	4121	19.89	11.61	0.001746	4.14	1076.1
			100	5037	20.67	12.39	0.001697	4.43	1246.6
			300	6925	22.13	13.85	0.001625	4.94	1565.5
SI-12	8.23	0.033- 0.06	50	4121	19.86	11.63	0.001555	3.90	1146.7
			100	5037	20.67	12.44	0.001497	4.16	1329.3
			300	6925	22.15	13.92	0.001417	4.61	1670.2

Tabella 9: Risultati del modello idraulico (PAI) per il Simeto (continua)

Regione Siciliana



Piano per l'Assetto Idrogeologico
Bacino idrografico del Fiume Simeto

Appendice C
VALORI DELLE CARATTERISTICHE IDRAULICHE

Nome sez. (dist. dalla foce in m)	Quota fondo alveo	Coeff. di Manning	Tempo di ritorno	Portata	Quota pelo libero	Tirante idrico	Pendenza l.c.t.	Velocità media alveo	Sezione idrica
	(m)	(m ^{-1/3} s)	(anni)	(m ³ /s)	(m s.l.m.)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)
SI-11	8.24	0.033- 0.06	50	4121	19.83	11.59	0.001628	3.95	1129.8
			100	5037	20.64	12.40	0.001557	4.20	1312.1
			300	6925	22.12	13.88	0.001464	4.66	1651.4
SI-10	8.16	0.033- 0.06	50	4121	19.76	11.60	0.001690	4.00	1115.9
			100	5037	20.57	12.41	0.001608	4.25	1298.8
			300	6925	22.06	13.90	0.001503	4.70	1638.9
SI-9	7.81	0.033- 0.06	50	4121	19.84	12.03	0.001192	3.60	1225.8
			100	5037	20.64	12.83	0.001191	3.89	1402.5
			300	6925	22.12	14.31	0.001189	4.39	1730.6
SI-8	7.70	0.033- 0.06	50	4121	19.72	12.02	0.001332	3.79	1166.0
			100	5037	20.51	12.81	0.001333	4.09	1337.2
			300	6925	21.97	14.27	0.001327	4.61	1658.7
SI-7	7.08	0.033- 0.06	50	4121	19.56	12.48	0.000562	2.41	1792.2
			100	5037	20.41	13.33	0.000541	2.57	2075.7
			300	6925	21.99	14.91	0.000511	2.86	2603.6
SI-6	6.30	0.033- 0.06	50	4121	18.67	12.37	0.001251	3.70	1214.6
			100	5037	19.46	13.16	0.001258	4.00	1389.8
			300	6925	20.91	14.61	0.001266	4.52	1716.7
SI-5	5.61	0.033- 0.06	50	4121	17.69	12.08	0.001635	4.10	1057.7
			100	5037	18.46	12.85	0.001621	4.41	1230.8
			300	6925	19.90	14.29	0.001579	4.93	1559.6
SI-4	5.12	0.033- 0.06	50	4121	16.91	11.79	0.001389	3.88	1145.7
			100	5037	17.69	12.57	0.001387	4.18	1323.8
			300	6925	19.17	14.05	0.001358	4.68	1669.0
SI-3	4.30	0.033- 0.06	50	4121	14.30	10.00	0.002800	4.84	866.3
			100	5037	14.74	10.44	0.003196	5.45	942.8
			300	6925	15.50	11.20	0.003973	6.61	1103.1
SI-2	4.27	0.033- 0.06	50	4121	13.88	9.61	0.003024	4.43	948.4
			100	5037	14.33	10.06	0.003257	4.91	1050.8
			300	6925	15.15	10.88	0.003621	5.75	1285.0
SI-1	3.91	0.033- 0.06	50	4121	10.76	6.85	0.007480	5.39	819.5
			100	5037	11.18	7.27	0.007127	5.75	943.2
			300	6925	11.91	8.00	0.006904	6.45	1162.5

Tabella 10: Risultati del modello idraulico (PAI) per il Simeto

Regione Siciliana



Piano per l'Assetto Idrogeologico
Bacino idrografico del Fiume Simeto

Appendice C
VALORI DELLE CARATTERISTICHE IDRAULICHE

Nome sez. (dist. dalla foce in m)	Quota fondo alveo (m)	Coeff. di Manning (m ^{-1/3} s)	Tempo di ritorno (anni)	Portata (m ³ /s)	Quota pelo libero (m s.l.m.)	Tirante idrico (m)	Pendenza l.c.t. (m/m)	Velocità media alveo (m/s)	Sezione idrica (m ²)
GO-23	32.28	0.06- 0.035	50	1656.00	39.51	7.23	0.002697	3.91	422.99
			100	2253.00	40.51	8.23	0.002756	4.29	525.48
			300	3533.00	41.46	9.18	0.004065	5.58	650.67
GO-22	28.90	0.06- 0.035	50	1656.00	37.64	8.74	0.000590	2.35	782.72
			100	2253.00	38.64	9.74	0.000613	2.62	1134.12
			300	3533.00	40.01	11.11	0.000542	2.76	2467.29
GO-21	29.01	0.06- 0.035	50	1656.00	37.47	8.46	0.000706	2.53	828.59
			100	2253.00	38.44	9.43	0.000677	2.72	1204.79
			300	3533.00	39.87	10.86	0.000570	2.82	2476.25
GO-20	24.73	0.06- 0.035	50	1656.00	31.57	6.84	0.001210	2.76	608.57
			100	2253.00	32.36	7.63	0.001313	3.20	723.06
			300	3533.00	33.81	9.08	0.001459	3.94	930.56
GO-19	24.64	0.06- 0.035	50	1656.00	31.29	6.65	0.000381	1.87	899.56
			100	2253.00	32.03	7.39	0.000483	2.27	1011.50
			300	3533.00	33.41	8.77	0.000649	2.97	1217.60
GO-18	24.62	0.06- 0.035	50	1656.00	30.02	5.40	0.000546	1.88	1448.17
			100	2253.00	30.86	6.24	0.000445	1.88	2038.53
			300	3533.00	32.41	7.79	0.000341	1.92	3127.63
GO-17	23.08	0.06- 0.035	50	1656.00	29.62	6.54	0.000594	2.17	801.74
			100	2253.00	30.33	7.25	0.000725	2.60	915.61
			300	3533.00	31.65	8.57	0.000930	3.34	1124.52
GO-16	23.08	0.06- 0.035	50	1656.00	28.72	5.64	0.001095	2.62	646.75
			100	2253.00	29.52	6.44	0.001187	3.03	765.16
			300	3533.00	30.85	7.77	0.001394	3.80	963.36
GO-15	22.37	0.06- 0.035	50	1656.00	27.62	5.25	0.002309	3.33	562.21
			100	2253.00	28.40	6.03	0.002202	3.69	721.15
			300	3533.00	29.74	7.37	0.002124	4.29	992.18
GO-14	21.42	0.06- 0.035	50	1656.00	26.25	4.83	0.001574	2.91	637.76
			100	2253.00	27.05	5.63	0.001604	3.30	800.01
			300	3533.00	28.49	7.07	0.001515	3.81	1122.71
GO-13	20.12	0.06- 0.035	50	1656.00	25.13	5.01	0.001286	2.64	657.34
			100	2253.00	25.89	5.77	0.001341	3.01	785.96
			300	3533.00	27.26	7.14	0.001448	3.69	1033.93
GO-12	18.51	0.06- 0.035	50	1656.00	22.95	4.44	0.002098	2.98	561.93
			100	2253.00	23.66	5.15	0.00206	3.35	684.65
			300	3533.00	24.99	6.48	0.001981	3.95	930.67
GO-11	16.7	0.06- 0.035	50	1656.00	21.35	4.65	0.001491	2.61	637.02
			100	2253.00	22.13	5.43	0.001441	2.92	777.2
			300	3533.00	23.54	6.84	0.001394	3.46	1052.15
GO-10	14.71	0.06- 0.035	50	1656.00	19.92	5.21	0.001018	2.34	718.99
			100	2253.00	20.71	6	0.001042	2.66	873.1
			300	3533.00	22.13	7.42	0.001073	3.2	1157.57
GO-9	14.18	0.06- 0.035	50	1656.00	19.38	5.2	0.001097	2.39	700.96
			100	2253.00	20.15	5.97	0.001124	2.72	846.55
			300	3533.00	21.54	7.36	0.001165	3.28	1115.25

Tabella 11: Risultati del modello idraulico (PAI) per il Gornalunga (continua)

Regione Siciliana



Piano per l'Assetto Idrogeologico
Bacino idrografico del Fiume Simeto

Appendice C
VALORI DELLE CARATTERISTICHE IDRAULICHE

Nome sez. (dist. dalla foce in m)	Quota fondo alveo	Coeff. di Manning	Tempo di ritorno	Portata	Quota pelo libero	Tirante idrico	Pendenza l.c.t.	Velocità media alveo	Sezione idrica
	(m)	(m ^{-1/3} s)	(anni)	(m ³ /s)	(m s.l.m.)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)
GO-8	11.76	0.06- 0.035	50	1656.00	16.63	4.87	0.001692	2.72	611.72
			100	2253.00	17.33	5.57	0.001715	3.09	736.73
			300	3533.00	18.74	6.98	0.001599	3.61	1005.92
GO-7	9.85	0.06- 0.035	50	1656.00	14.75	4.9	0.002107	2.89	573.49
			100	2253.00	15.65	5.8	0.001738	3.09	737.28
			300	3533.00	17.41	7.56	0.001307	3.37	1090.37
GO-6	6.85	0.06- 0.035	50	1656.00	13.39	6.54	0.000605	1.83	905.65
			100	2253.00	14.62	7.77	0.000481	1.93	1177.69
			300	3533.00	16.59	9.74	0.000428	2.22	1612.92
GO-5	6.85	0.06- 0.035	50	1656.00	13.17	6.32	0.000722	1.93	856.94
			100	2253.00	14.46	7.61	0.000531	1.99	1142.67
			300	3533.00	16.46	9.61	0.000454	2.26	1583.74
GO-4	6.85	0.06- 0.035	50	1656.00	12.45	5.6	0.00129	2.35	705.72
			100	2253.00	13.31	6.46	0.001192	2.54	888.35
			300	3533.00	14.79	7.94	0.001073	2.94	1214.03
GO-3	3.94	0.06- 0.035	50	1656.00	9.31	5.37	0.000694	2.06	809.56
			100	2253.00	10	6.06	0.000802	2.43	935.55
			300	3533.00	11.23	7.29	0.000968	3.08	1176.53
GO-2	3.08	0.06- 0.035	50	1656.00	8.69	5.61	0.001632	2.58	643.46
			100	2253.00	9.3	6.22	0.001743	2.97	761.25
			300	3533.00	10.41	7.33	0.001872	3.63	996.09
GO-1	2.37	0.06- 0.035	50	1656.00	5.96	3.59	0.009919	4.44	373.04
			100	2253.00	6.43	4.06	0.008974	4.87	463.02
			300	3533.00	7.27	4.9	0.008206	5.68	626

Tabella 12: Risultati del modello idraulico (PAI) per il Gornalunga

Regione Siciliana



Piano per l'Assetto Idrogeologico
 Bacino idrografico del Fiume Simeto

Appendice C
 VALORI DELLE CARATTERISTICHE IDRAULICHE

Nome sez. (dist. dalla foce in m)	Quota fondo alveo (m)	Coeff. di Manning (m ^{-1/3} s)	Tempo di ritorno (anni)	Portata (m ³ /s)	Quota pelo libero (m s.l.m.)	Tirante idrico (m)	Pendenza l.c.t. (m/m)	Velocità media alveo (m/s)	Sezione idrica (m ²)
DI-24	22.21	0.034	50	1642.00	29.32	7.11	0.001433	3.39	534.52
			100	2234.00	30.27	8.06	0.001400	3.73	676.18
			300	3503.00	32.21	10.00	0.001181	4.08	973.04
DI-23	21.82	0.034	50	1642.00	28.92	7.10	0.001445	3.40	532.91
			100	2234.00	29.89	8.07	0.001395	3.72	676.87
			300	3503.00	31.90	10.08	0.001135	4.03	985.94
DI-22	21.60	0.034	50	1642.00	28.70	7.10	0.001445	3.40	532.97
			100	2234.00	29.68	8.08	0.001385	3.72	678.73
			300	3503.00	31.74	10.14	0.001103	3.99	995.31
DI-21	21.00	0.034	50	1642.00	28.03	7.03	0.001524	3.46	522.40
			100	2234.00	29.07	8.07	0.001394	3.72	677.12
			300	3503.00	31.30	10.30	0.001024	3.89	1019.95
DI-20	20.20	0.034	50	1642.00	27.35	7.15	0.001400	3.36	539.28
			100	2234.00	28.48	8.28	0.001223	3.56	708.96
			300	3503.00	30.90	10.70	0.000856	3.67	1081.41
DI-19	19.50	0.034	50	1642.00	26.93	7.43	0.001144	3.15	580.71
			100	2234.00	28.13	8.63	0.000992	3.32	762.52
			300	3503.00	30.67	11.17	0.000704	3.44	1152.49
DI-18	19.50	0.034	50	1642.00	26.81	7.31	0.001244	3.23	563.30
			100	2234.00	27.84	8.34	0.001179	3.52	718.19
			300	3503.00	30.03	10.53	0.000925	3.76	1054.59
DI-17	19.50	0.034	50	1642.00	26.65	7.15	0.001395	3.36	539.87
			100	2234.00	27.69	8.19	0.001292	3.63	695.51
			300	3503.00	29.93	10.43	0.000968	3.82	1038.91
DI-16	19.50	0.034	50	1642.00	26.52	7.02	0.001539	3.47	520.51
			100	2234.00	27.45	7.95	0.001504	3.82	659.15
			300	3503.00	29.09	9.59	0.001442	4.36	910.57
DI-15	19.00	0.034	50	1642.00	26.17	7.17	0.001391	3.36	540.26
			100	2234.00	27.11	8.11	0.001369	3.70	680.69
			300	3503.00	28.76	9.76	0.001338	4.26	932.17
DI-14	18.20	0.034	50	1642.00	25.85	7.65	0.000995	3.00	610.33
			100	2234.00	26.79	8.59	0.001022	3.36	753.65
			300	3503.00	28.43	10.23	0.001069	3.95	1003.69
DI-13	17.00	0.034	50	1642.00	23.86	6.86	0.001750	3.63	495.46
			100	2234.00	24.81	7.81	0.001661	3.95	635.31
			300	3503.00	26.51	9.51	0.001514	4.44	894.46
DI-12	16.50	0.034	50	1642.00	23.91	7.41	0.001169	3.17	575.91
			100	2234.00	24.87	8.37	0.001165	3.51	720.13
			300	3503.00	26.56	10.06	0.001157	4.06	977.99
DI-11	15.90	0.034	50	1642.00	23.23	7.33	0.001235	3.23	564.47
			100	2234.00	24.20	8.30	0.001218	3.56	709.24
			300	3503.00	25.90	10.00	0.001188	4.10	969.39
DI-10	15.30	0.034	50	1642.00	22.88	7.58	0.001037	3.05	601.33
			100	2234.00	23.85	8.55	0.001044	3.38	747.99
			300	3503.00	25.56	10.26	0.001054	3.94	1008.34

Tabella 13: Risultati del modello idraulico (PAI) per il Dittaino (continua)

Regione Siciliana



Piano per l'Assetto Idrogeologico
Bacino idrografico del Fiume Simeto

Appendice C
VALORI DELLE CARATTERISTICHE IDRAULICHE

Nome sez. (dist. dalla foce in m)	Quota fondo alveo	Coeff. di Manning	Tempo di ritorno	Portata	Quota pelo libero	Tirante idrico	Pendenza l.c.t.	Velocità media alveo	Sezione idrica
	(m)	(m ^{-1/3} s)	(anni)	(m ³ /s)	(m s.l.m.)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)
DI-9	14.60	0.034	50	1642.00	21.60	7.00	0.001572	3.50	516.14
			100	2234.00	22.62	8.02	0.001451	3.78	666.73
			300	3503.00	24.41	9.81	0.001308	4.23	939.00
DI-8	13.80	0.034	50	1642.00	21.08	7.28	0.001283	3.27	556.66
			100	2234.00	22.15	8.35	0.001178	3.52	717.35
			300	3503.00	23.98	10.18	0.001093	3.98	996.55
DI-7	13.10	0.034	50	1642.00	20.61	7.51	0.001093	3.10	590.06
			100	2234.00	21.73	8.63	0.000999	3.33	759.48
			300	3503.00	23.59	10.49	0.000951	3.80	1042.95
DI-6	12.90	0.034	50	1642.00	20.25	7.35	0.001216	3.21	567.59
			100	2234.00	21.42	8.52	0.001063	3.40	743.47
			300	3503.00	23.31	10.41	0.000986	3.85	1030.67
DI-5	12.70	0.034	50	1642.00	20.04	7.34	0.001226	3.22	565.88
			100	2234.00	21.25	8.55	0.001048	3.38	747.06
			300	3503.00	23.14	10.44	0.000970	3.83	1036.51
DI-4	12.60	0.034	50	1642.00	19.91	7.31	0.001259	3.25	560.39
			100	2234.00	21.14	8.54	0.001054	3.39	745.71
			300	3503.00	23.05	10.45	0.000969	3.83	1036.75
DI-3	12.40	0.034	50	1642.00	19.81	7.41	0.001167	3.17	576.25
			100	2234.00	21.06	8.66	0.000978	3.31	764.99
			300	3503.00	22.98	10.58	0.000914	3.75	1056.88
DI-2	12.10	0.034	50	1642.00	19.52	7.42	0.001161	3.16	577.32
			100	2234.00	20.83	8.73	0.000941	3.26	775.29
			300	3503.00	22.76	10.66	0.000880	3.71	1069.79
DI-1	12.10	0.034	50	1642.00	19.12	7.02	0.001553	3.49	518.46
			100	2234.00	20.00	7.90	0.001568	3.88	648.64
			300	3503.00	21.43	9.33	0.001662	4.58	867.02

Tabella 14: Risultati del modello idraulico (PAI) per il Dittaino

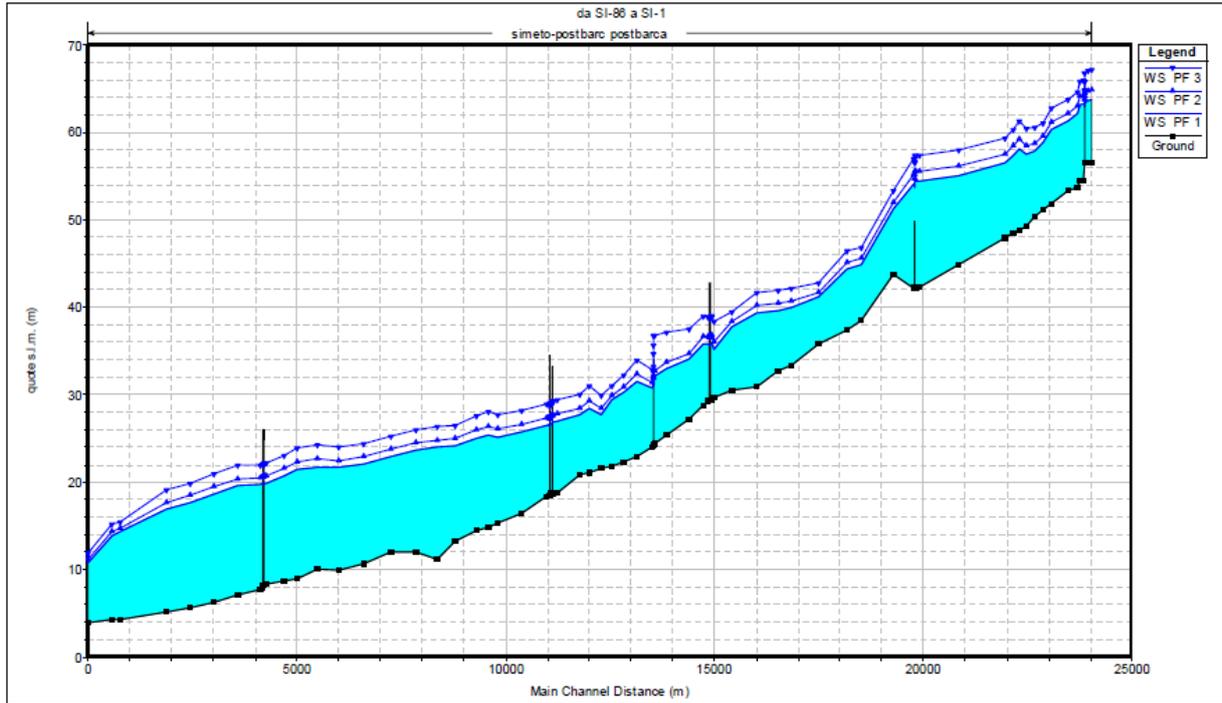


Figura 18: Simeto: profili di pelo libero (dal P.A.I.)

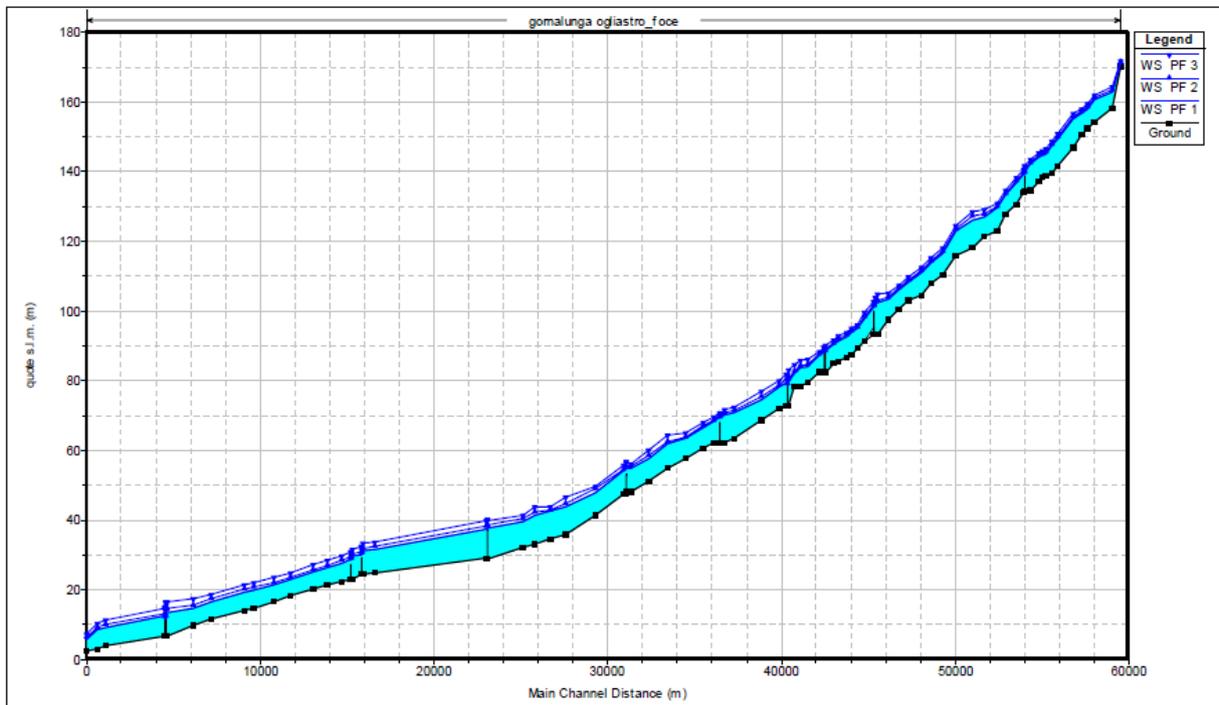


Figura 19: Gornalunga: profili di pelo libero (dal P.A.I.)

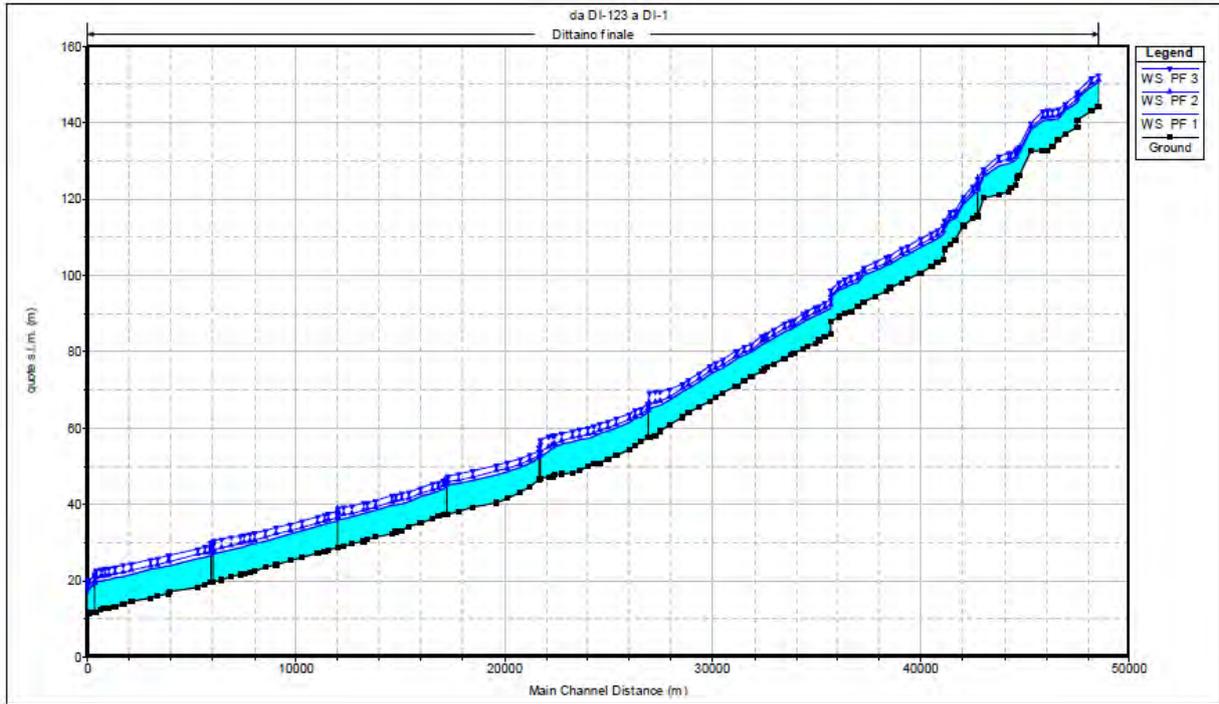


Figura 20: Dittaino: profili di pelo libero (dal P.A.I.)

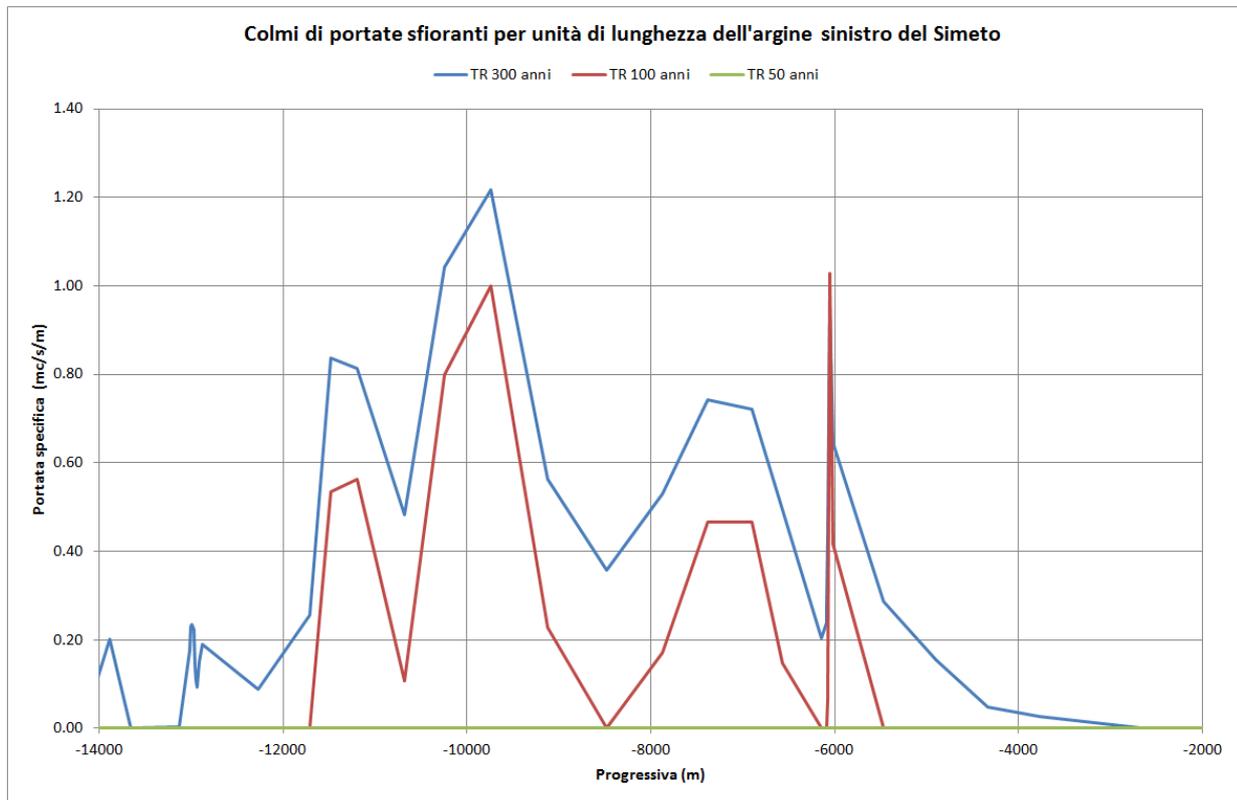


Figura 21

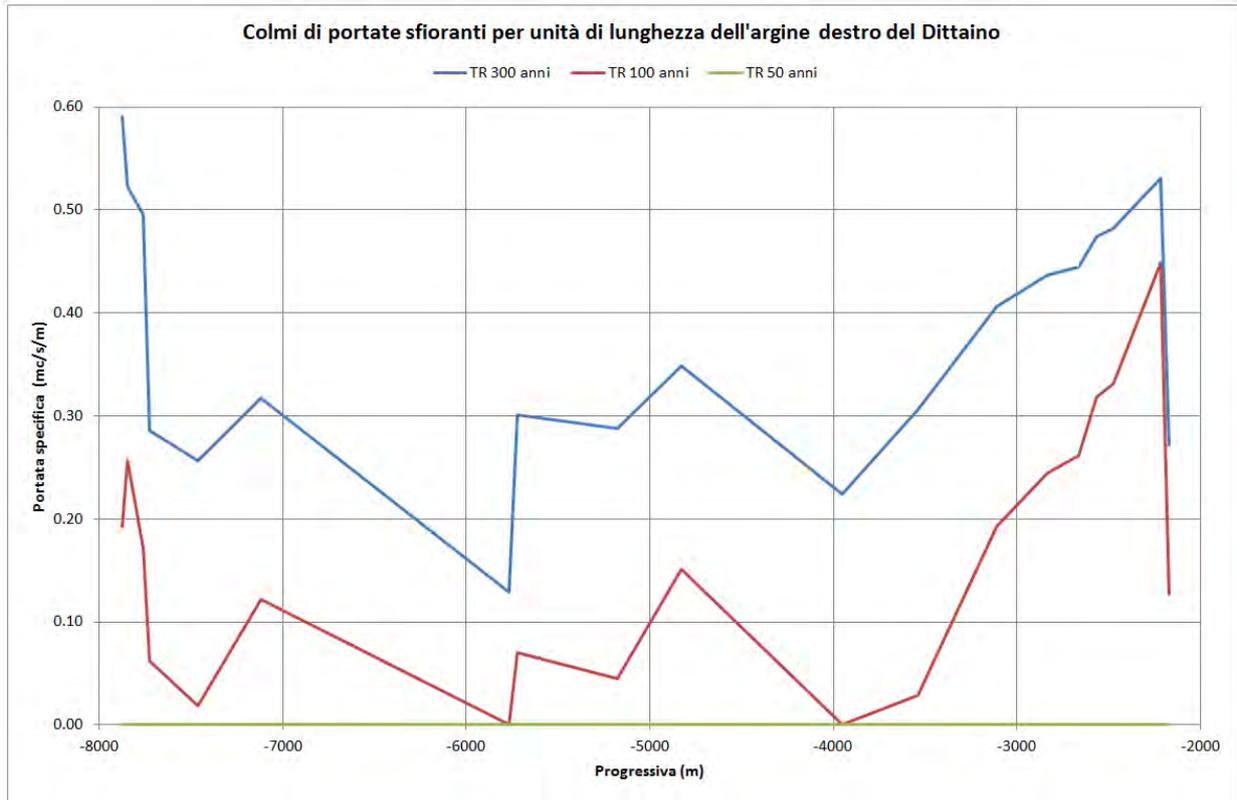


Figura 22

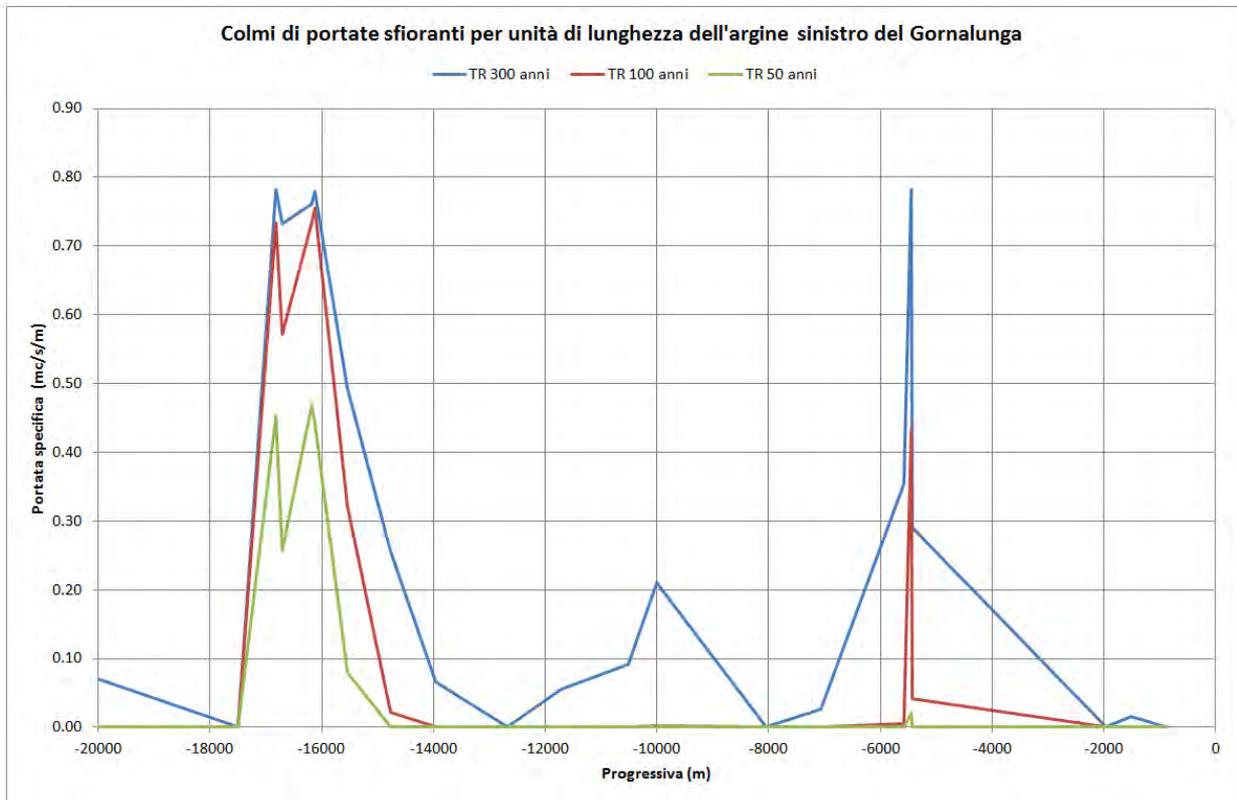
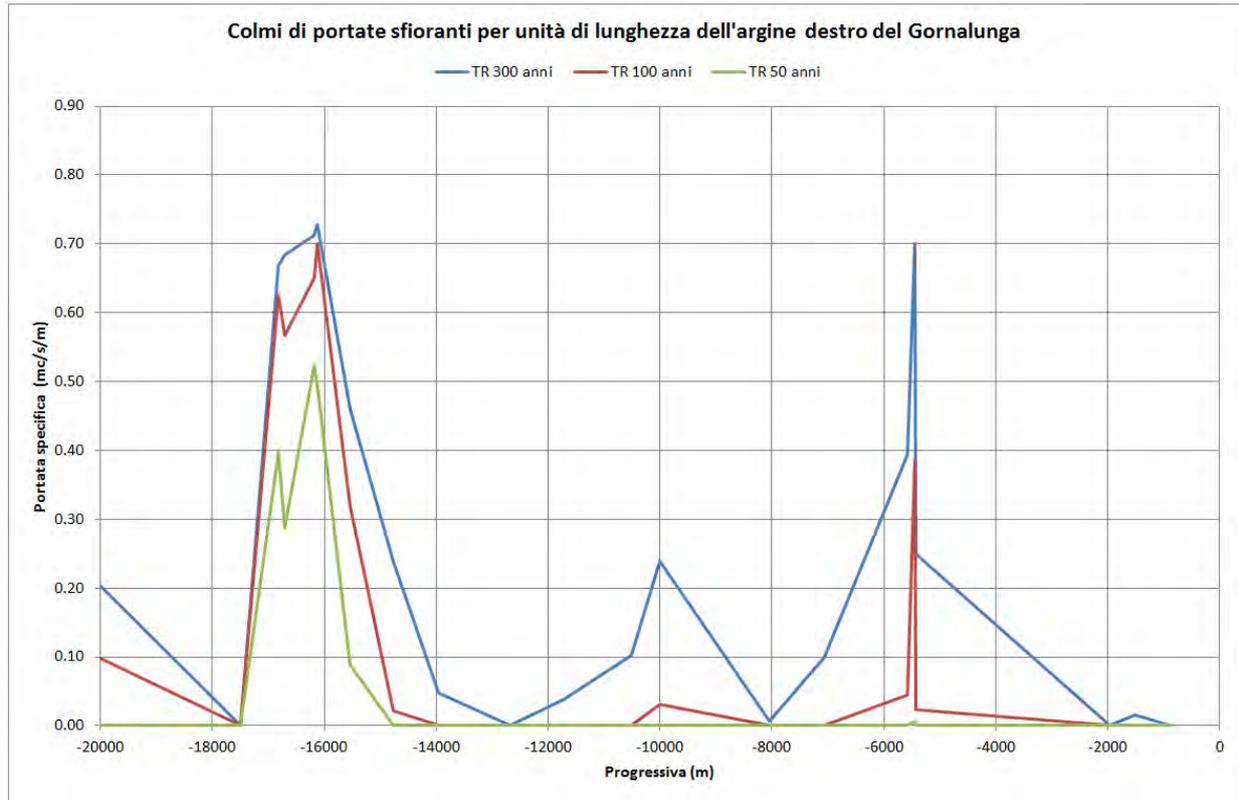


Figura 23


Figura 24

6.2 Analisi idrologica: durata degli idrogrammi di piena

Nell'assegnazione delle condizioni al contorno che rappresentano le portate in esondazione dagli alvei, al fine di evitare una sovrastima eccessiva dei volumi idrici e quindi delle aree a rischio di allagamento, è necessario adottare un'onda di piena limitata nel tempo.

A questo proposito, è stata considerata una durata pari al doppio del tempo di corrivazione del bacino t_c . Questo parametro rappresenta il tempo che impiega una generica goccia di pioggia caduta nel punto idraulicamente più lontano dalla sezione di chiusura per raggiungere la sezione di chiusura stessa; quindi, adottando un evento di precipitazione di durata pari al tempo di corrivazione si ottiene il massimo della portata al colmo di piena, in cui l'intera area drenata contribuisce al ruscellamento.

Per la stima del tempo di corrivazione t_c si può utilizzare la formula di Giandotti (Giandotti, 1934), che generalmente fornisce buoni risultati e richiede in ingresso grandezze caratteristiche di facile determinazione:

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

in cui t_c è il tempo di corrivazione (in ore), A è l'area del bacino (espressa in km²), L è la lunghezza dell'asta principale (espressa in km) e H_m è l'altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura (espressa in metri).

Per tutti i domini studiati è stato fatto riferimento al bacino del fiume Simeto è caratterizzato dai seguenti valori per le grandezze di interesse [1]:

$$A = 4029 \text{ km}^2$$

$$L = 116 \text{ km}$$

$$H_m = 531 \text{ m}$$

per cui si ottiene un tempo di corrivazione t_c pari a 23,2 ore.

Come criterio cautelativo, gli idrogrammi applicati lungo i vari tratti di sponde fluviali come portate immesse nel dominio di calcolo durata pari al doppio del tempo di corrivazione e sono di forma triangolare, crescenti da 0 al valore massimo per le prime 23 ore e decrescenti fino a 0 per le successive 23 ore.

7. ANALISI IDRAULICA

Nell'analisi idraulica si è proceduto alla verifica della sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica, così come definite dalle NTA del PAI, e alla definizione delle aree di allagamento, mediante la simulazione della propagazione delle piene in moto vario con codice di calcolo bidimensionale.

La non inondabilità per il modello numerico significa un livello d'acqua di pochi centimetri, cioè verosimilmente equivalente a zero, come si spiegherà meglio nel seguito.

A partire dalla medesima morfologia del terreno sono stati predisposti due scenari:

- **Caso 1 - ante-operam** -: la propagazione della piena Q avviene sul dominio di calcolo, in assenza dei sostegni;
- **Caso 2 - post-operam** -: la propagazione della piena Q avviene sul dominio di calcolo definito nel Caso A, in presenza dei sostegni che lo attraversano.

L'interferenza dei sostegni è stata valutata mettendo a confronto i due scenari risultanti.

Si precisa che la geometria del caso post-operam comprende tutti i sostegni dell'elettrodotto in progetto, oltre alla stazione elettrica in sinistra idrografica del Simeto, e non solo i 13 sostegni ricadenti in fascia P3; infatti nello scenario di progetto è corretto introdurre l'intera infrastruttura dell'elettrodotto allo scopo di tener conto di eventuali interferenze idrauliche reciproche fra un sostegno e l'altro e/o fra i sostegni e la stazione elettrica.

7.1 Metodologia di calcolo con modello numerico

Il regime idraulico dell'area di studio è stato studiato mediante il codice di calcolo commerciale **MIKE 21**, prodotto da DHI (*Danish Hydraulic Institute – DK*), basato sulle equazioni bidimensionali di *de Saint Venant*.

Il modello idrodinamico **MIKE 21** è un programma modulare contenente diversi codici per la simulazione di corpi idrici per i quali sia possibile rappresentare il comportamento con l'approssimazione idrodinamica bidimensionale, piana, per fluidi verticalmente omogenei.

Il modulo idrodinamico in particolare risolve in generale le equazioni complete del moto di *de Saint Venant* con schema bidimensionale piano (la terza dimensione - asse z - è implicitamente integrata nelle equazioni considerando un mezzo verticalmente omogeneo), non stazionario.

	Elettrodotto a 380 kV Paternò - Priolo ed opere connesse Relazione di compatibilità idraulica	Codifica REGR11005CSA00625
		Rev. 19/12/2014

Lo schema bidimensionale permette di simulare dettagliatamente il deflusso nelle due direzioni piane, mediate lungo la verticale, differenziando livello idrico, velocità e direzione della corrente in ogni cella del dominio di calcolo.

Il modello numerico di *MIKE 21* è descritto dettagliatamente in [2, 3].

Le simulazioni effettuate con il codice di calcolo idraulico bidimensionale prevedono la costruzione di un DEM finalizzato alla definizione del reticolo necessario per l'impostazione del dominio di calcolo del modello.

Le celle del reticolo di calcolo devono avere dimensioni adeguate per una corretta analisi dei processi in studio e la loro dimensione è valutata in generale in funzione della morfologia del territorio, del grado di urbanizzazione o presenza di manufatti, dell'estensione del dominio di calcolo, del dettaglio di rappresentazione del territorio, della complessità e dimensione dell'alveo e dei tempi di calcolo.

Come già accennato, nel caso specifico il modello del terreno è stato ricavato dalla Carta Tecnica Regionale in scala 1:10000 [4].

Nel seguito è riportata una descrizione del modello 2D utilizzato.

7.2 Modello bidimensionale Mike 21

MIKE 21 è un pacchetto software per la simulazione delle correnti a pelo libero con schema bidimensionale, applicabile in ambiente fluviale e marino indistintamente.

MIKE 21 è utilizzabile per la simulazione di fenomeni correlati all'idraulica in fiumi, laghi, estuari, baie, aree costiere e mari, eventualmente comprendenti trasporto solido, qualità delle acque, propagazione delle onde, eutrofizzazione, spargimenti di olio, trasporto di sedimenti coesivi ed altro.

Il modulo idrodinamico di *MIKE 21* simula le variazioni di livello e corrente in risposta alle differenti tipologie di forzanti considerate, consentendo la simulazione di un'ampia gamma di fenomeni idraulici, e può essere utilizzato per la rappresentazione di ogni corrente a pelo libero non stratificata.

MIKE 21 è disponibile in tre versioni:

- Single Grid: le equazioni di continuità e del moto sono risolte con una tecnica implicita alle differenze finite su una griglia rettangolare, uniforme in tutto il dominio di calcolo.

- **Nested Grid**: le equazioni di continuità e del moto sono risolte con una tecnica implicita alle differenze finite su una griglia rettangolare di dimensione variabile su aree omogenee.
- **Flexible Mesh**: sfruttando un reticolo di calcolo nel quale possono essere compresenti sia elementi rettangolari che triangolari di varia dimensione e un approccio ai volumi finiti, garantisce una notevole flessibilità, in particolare per domini di calcolo estesi in cui sia opportuno adottare una risoluzione spaziale variabile.

Nello studio in oggetto è stata adottata la versione più evoluta, cioè la ***Flexible Mesh***.

7.2.1 Equazioni di base

Il modulo idrodinamico (HD) di *MIKE 21* effettua la risoluzione numerica delle *shallow water equations* (note anche come equazioni di *De Saint Venant*) nel campo bidimensionale, che costituiscono il modello di riferimento per la descrizione del moto delle correnti a superficie libera e sono ottenute dall'integrazione lungo la direzione verticale delle equazioni di Navier - Stokes per fluidi incompruibili.

Il modello comprende innanzitutto le equazioni di continuità e di conservazione della quantità di moto (riportate qui di seguito), che descrivono il flusso e le variazioni del livello idrico, nonché quelle relative a temperatura, salinità e densità.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = hS$$

equazione di continuità

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{u}}{\partial y} = f\bar{v}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\tau_{xx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{yx}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{xy}) + hu_z S$$

equazione di conservazione della quantità di moto lungo x

$$\frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial x} = -f\bar{u}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\tau_{yy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{xy}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{yy}) + hv_z S$$

equazione di conservazione della quantità di moto lungo y

Le grandezze che compaiono in questo sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali del primo ordine sono le seguenti:

t	tempo [s]
x, y	coordinate spaziali [m]
$h(x, y, t)$	tirante idrico totale ($= \eta + d$) (<i>total water depth</i>) [m]
$\eta(x, y, t)$	quota del pelo libero (<i>surface elevation</i>) [m]
$d(x, y, t)$	tirante idrico indisturbato (<i>still water depth</i>) [m]
\bar{u}, \bar{v}	componenti di velocità mediate lungo la verticale [$m \cdot s^{-1}$]
S	portata relativa ai punti sorgente [$m^3 \cdot s^{-1}$]
$f(x, y)$	parametro di Coriolis ($= 2 \cdot \Omega \cdot \sin \phi$) [s^{-1}]
$\Omega(x, y)$	velocità angolare di rotazione della Terra [s^{-1}]
ϕ	latitudine geografica [$^{\circ}$]
g	accelerazione di gravità [$m \cdot s^{-2}$]
ρ_0	densità di riferimento dell'acqua [$kg \cdot m^{-3}$]
$p_a(x, y, t)$	pressione atmosferica [$kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$]
ρ	densità dell'acqua [$kg \cdot m^{-3}$]
τ_{sx}, τ_{sy}	componenti dello sforzo superficiale dovuto al vento [$kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$]
τ_{bx}, τ_{by}	componenti dello sforzo al fondo [$kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$]
$S_{xx}, S_{xy}, S_{yx}, S_{yy}$	componenti del tensore degli sforzi radiativi [$kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$]
T_{xx}, T_{xy}, T_{yy}	componenti dello sforzo laterale [$kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$]
u_s, v_s	componenti della velocità di flusso relativa ai punti sorgente [$m \cdot s^{-1}$]

Resistenza al fondo

Tra le varie grandezze elencate in precedenza, la resistenza al fondo costituisce sicuramente uno dei termini di maggiore rilevanza per gli studi di idraulica fluviale e vi è quindi necessità di fornire un approfondimento a riguardo.

In *MIKE 21*, lo sforzo al fondo $\vec{\tau}_b = (\tau_{bx}, \tau_{by})$ viene valutato attraverso una legge di attrito quadratica:

$$\frac{\vec{\tau}_b}{\rho_0} = c_f \bar{u}_b |\bar{u}_b|$$

in cui c_f è il coefficiente di drag e $\bar{u}_b = (u_b, v_b)$ è la velocità della corrente al fondo. Nel caso bidimensionale, \bar{u}_b è rappresentata dalla velocità mediata lungo la verticale, mentre il coefficiente di drag viene determinato a partire dal coefficiente di *Chézy* C [$m^{1/2} \cdot s^{-1}$] o dal coefficiente di *Manning* M [$m^{1/3} \cdot s^{-1}$]:

$$c_f = \frac{g}{C^2}$$

$$c_f = \frac{g}{(Mh^{1/6})^2}$$

7.2.2 Integrazione delle equazioni del modello

Discretizzazione spaziale

In MIKE 21 FM (Flexible Mesh) la discretizzazione spaziale viene effettuata attraverso un metodo ai volumi finiti. Il dominio spaziale bidimensionale viene suddiviso in elementi/celle non sovrapposti, di forma triangolare (Figura 25), che formano una griglia di calcolo (unstructured mesh). Questa tecnica consente di adottare una risoluzione della maglia variabile, a seconda della scala fisica di rilevanza relativa a ciascuna area di calcolo, e assicura quindi un grado elevato di flessibilità.

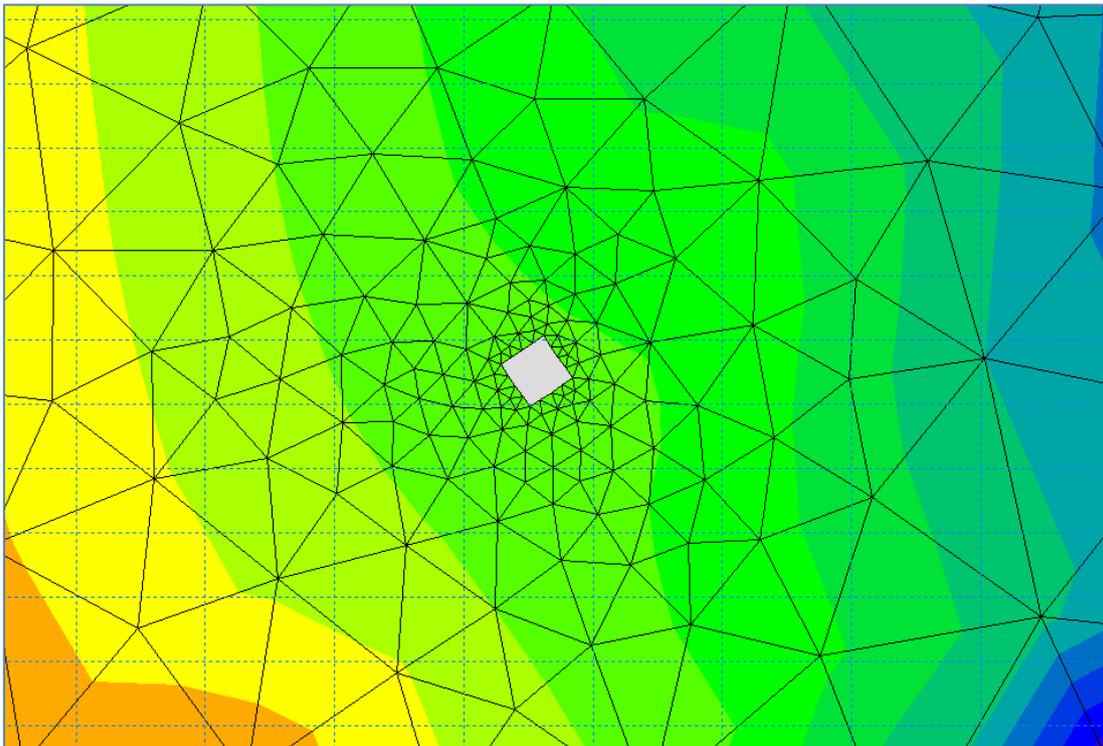


Figura 25: Esempio di unstructured mesh, con elementi triangolari

Il modello utilizza la forma integrale del sistema di *shallow water equations*, che può essere espressa nella seguente forma generale:

$$\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{F}(\mathbf{U}) = \mathbf{S}(\mathbf{U})$$

dove \mathbf{U} è il vettore delle variabili conservate, \mathbf{F} è la funzione vettore di flusso ed \mathbf{S} è il vettore dei termini sorgente. In particolare, per il caso bidimensionale il sistema assume la seguente forma:

$$\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t} + \frac{\partial (\mathbf{F}_x^I - \mathbf{F}_x^V)}{\partial x} + \frac{\partial (\mathbf{F}_y^I - \mathbf{F}_y^V)}{\partial y} = \mathbf{S}$$

in cui gli apici I e V indicano rispettivamente i flussi convettivi e viscosi e dove:

$$\mathbf{U} = \begin{bmatrix} h \\ h\bar{u} \\ h\bar{v} \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{F}_x^I = \begin{bmatrix} h\bar{u} \\ h\bar{u}^2 + \frac{1}{2}g(h^2 - d^2) \\ h\bar{u}\bar{v} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{F}_x^V = \begin{bmatrix} 0 \\ hA \left(2 \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} \right) \\ hA \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right) \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{F}_y^I = \begin{bmatrix} h\bar{v} \\ h\bar{v}\bar{u} \\ h\bar{v}^2 + \frac{1}{2}g(h^2 - d^2) \end{bmatrix}, \quad \mathbf{F}_y^V = \begin{bmatrix} 0 \\ hA \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right) \\ hA \left(2 \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right) \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} 0 \\ g\eta \frac{\partial d}{\partial x} + f\bar{u}h - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) \\ + \frac{\tau_{xx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{yx}}{\rho_0} + h\bar{u}_s \\ g\eta \frac{\partial d}{\partial y} - f\bar{v}h - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) \\ + \frac{\tau_{xy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{yy}}{\rho_0} + h\bar{v}_s \end{bmatrix}$$

Integrando la forma generale del sistema nella cella i -esima, si ottiene la seguente forma integrale:

$$\int_{A_i} \frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t} d\Omega + \int_{\Gamma_i} (\mathbf{F} \cdot \mathbf{n}) ds = \int_{A_i} \mathbf{S}(\mathbf{U}) d\Omega$$

Impiegando la formula di quadratura numerica ad un punto per valutare gli integrali d'area (il punto di quadratura è assunto coincidente con il centroide della cella) e valutando l'integrale di contorno con la formula di quadratura del punto medio, il sistema diventa:

$$\frac{\partial \mathbf{U}_i}{\partial t} + \frac{1}{A_i} \sum_j^{\mathcal{NS}} \mathbf{F} \cdot \mathbf{n} \Delta \Gamma_j = \mathbf{S}_i$$

in cui U_i ed S_i sono valori medi di U ed S nella cella i -esima (assegnati al centroide), NS è il numero di lati della cella, n_j è il vettore unitario normale uscente del j -esimo lato e $\Delta\Gamma_j$ è la lunghezza della j -esima interfaccia.

MIKE 21 FM permette di scegliere che tipo di schema utilizzare per la discretizzazione spaziale del precedente sistema di equazioni: si hanno a disposizione uno schema del primo o del secondo ordine di accuratezza. La scelta effettuata influisce, chiaramente, sulla durata della simulazione: il metodo del primo ordine, meno accurato, consente tempi di calcolo più ridotti.

Il modello numerico calcola i flussi convettivi all'interfaccia tra le celle utilizzando un risolutore di *Riemann* approssimato, lo schema di *Roe* (Roe, 1981). Per ottenere un'accuratezza spaziale del secondo ordine, viene impiegata una tecnica lineare di ricostruzione del gradiente, in cui i gradienti medi sono valutati attraverso l'approccio di *Jawahar e Kamath* (2000).

Per evitare la comparsa di eventuali oscillazioni numeriche, viene utilizzato un limitatore di gradiente TVD del secondo ordine (limitatore di Van Leer, 1974).

Integrazione temporale

L'integrazione nel tempo del sistema di shallow water equations viene condotta attraverso uno schema alle differenze finite di tipo esplicito. Sono disponibili due metodi diversi: uno di ordine di accuratezza basso, che permette un calcolo più veloce, e uno di ordine superiore.

Si consideri la forma generale del sistema di equazioni:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = G(U)$$

Il metodo di ordine basso, che consiste nel metodo di *Eulero* esplicito (schema del primo ordine), fornisce il valore delle variabili dipendenti al passo temporale successivo ($n+1$) secondo il seguente algoritmo:

$$U_{n+1} = U_n + \Delta t G(U_n)$$

dove Δt è l'intervallo di discretizzazione temporale.

Il metodo di ordine superiore sfrutta, invece, uno schema di *Runge-Kutta* del secondo ordine, che fornisce:

$$U_{n+\frac{1}{2}} = U_n + \frac{1}{2} \Delta t G(U_n)$$

$$U_{n+1} = U_n + \Delta t G(U_{n+\frac{1}{2}})$$

L'utilizzo di schemi di tipo esplicito per l'integrazione temporale implica che venga rispettata la condizione di *Courant-Friedrichs-Lévy* (detta *condizione di CFL*), al fine di garantire la stabilità numerica della soluzione. Tale condizione è soddisfatta se il valore del passo temporale adottato fornisce un *numero di CFL* inferiore ad 1; il numero di CFL per le shallow water equations bidimensionali viene determinato con la seguente formula:

$$CFL_{HD} = (\sqrt{gh} + |u|) \frac{\Delta t}{\Delta x} + (\sqrt{gh} + |v|) \frac{\Delta t}{\Delta y}$$

in cui Δx e Δy rappresentano una scala di lunghezza caratteristica nelle direzioni x ed y degli elementi della griglia di calcolo e Δt è il passo di discretizzazione temporale. La scala di lunghezza Δx e Δy viene approssimata con la minima lunghezza del bordo di ciascuna cella e il tirante idrico h e le componenti di velocità u e v sono valutate nei centroidi degli elementi.

È importante precisare che la condizione di CFL è una condizione necessaria, ma non sufficiente, per la stabilità della soluzione numerica.

MIKE 21 utilizza un intervallo di discretizzazione temporale variabile nel corso della simulazione, in modo che il numero di CFL risulti inferiore al valore critico in tutti i nodi computazionali. Poiché il calcolo del numero di CFL è soltanto una stima, è impostato di default un valore di soglia critica più basso dell'unità, pari a 0,8, in modo tale che venga garantito un certo margine di sicurezza.

7.2.3 Trattamento dei contorni

Lungo i contorni chiusi (impermeabili) i flussi normali ai lati cella vengono posti uguali a zero, il che equivale a permettere un flusso senza attrito parallelamente al contorno stesso.

In corrispondenza dei contorni aperti può essere invece assegnata una portata o un livello idrico.

Bagnasciuga

Il trattamento di celle che possono bagnarsi o asciugarsi nel corso della simulazione è una questione piuttosto delicata in quanto in questi casi compaiono spesso instabilità legate, per esempio, a tiranti idrici molto piccoli.

Ad ogni passo temporale *MIKE 21* confronta i tiranti all'interno e all'esterno di ciascuna cella con soglie assegnate (*Drying Depth*: altezza d'acqua per la quale la cella si assume asciutta o di non flusso; *Flooding Depth*: altezza d'acqua per la quale la cella si assume bagnata o attiva),

	Elettrodotto a 380 kV Paternò - Priolo ed opere connesse Relazione di compatibilità idraulica	Codifica REGR11005CSA00625
		Rev. 19/12/2014

considerando separatamente ciascun lato cella (anche i lati cella vengono controllati per individuare tutti quelli interessati dalla corrente); il confronto porta a classificare la cella come bagnata o asciutta.

Le celle bagnate vengono trattate in modo standard, risolvendo le equazioni complete del moto e di conservazione della massa; su quelle asciutte viene invece calcolata solamente la conservazione della massa, senza però che questa venga mobilitata. Ciò permette di superare le instabilità.

Condizioni al contorno e iniziali

Lungo i contorni chiusi (impermeabili) i flussi normali ai lati cella vengono posti uguali a zero; i lati di contorno possono causare attrito (velocità della corrente nulla) o meno (flusso parallelo al contorno permesso).

In corrispondenza dei contorni aperti può essere invece assegnata una portata o un livello idrico.

Le condizioni iniziali possono essere di dominio ovunque asciutto, in alternativa si assegna distribuzione di livelli idrici e velocità della corrente.

In particolare nel caso in esame sono stati dati in input al modello le Q_{200} calcolate nello step di analisi idrologica.

8. IMPLEMENTAZIONE DEI MODELLI IDRAULICI

Il modello idraulico *MIKE 21* è stato impiegato per la simulazione del deflusso bidimensionale delle portate di piena, determinate come descritto nel Cap. 6, al fine di verificare la compatibilità idrologica ed idraulica per il nuovo elettrodotto "Paternò-Priolo".

Dopo aver delimitato i tre domini di interesse da sottoporre a modellazione idraulica, è stato necessario predisporre su ogni dominio un adeguato reticolo di calcolo.

La versione *Flexible Mesh* di *MIKE 21* permette di utilizzare una griglia mista triangolare/quadrangolare.

Ciò significa che il dominio può essere ripartito in poligoni, alcuni dei quali con griglia quadrangolare, altri con griglia triangolare.

Nel presente studio è stato ritenuto più conveniente adottare ovunque una griglia triangolare, con triangoli di dimensione variabile nei vari domini di calcolo.

Poiché lo scopo del lavoro è analizzare gli eventuali effetti delle opere sul regime idraulico, le modellazioni sono state eseguite prendendo in considerazione, per ogni dominio di calcolo, le due configurazioni *ante-operam* e *post-operam*.

Relativamente allo scenario *post-operam*, sono stati esclusi dalla mesh di calcolo tutti i sostegni dell'elettrodotto e la stazione elettrica, considerandoli dei contorni impermeabili attorno a cui valutare l'eventuale influenza esercitata sulla corrente, indipendentemente dalla loro elevazione massima rispetto al terreno.

Nel caso *post-operam*, inoltre, sono stati considerati tutti i sostegni presenti nell'area di studio e non solo quelli ricadenti in fascia P3, perché tutti producono un effetto sul deflusso e potenzialmente sono interferenti fra loro (quelli vicini in particolare).

Ad ogni reticolo di calcolo (dominio A, dominio B e dominio C indicati in Figura 7) è stata, quindi, fornita la descrizione altimetrica del terreno, interpolando le quote desunte da curve di livello e punti quotati nella CTR.

Nei modelli idraulici sono state inoltre inserite altre strutture interferenti con la propagazione della corrente (rilevati stradali e ferroviari, sottopassi) e sono state definite alcune grandezze significative, tra cui, in particolare, la **scabrezza idraulica**, che definisce il grado di resistenza opposto al moto dell'acqua lungo la superficie del terreno.

Questo parametro dipende da alcuni fattori, come il materiale delle sponde, le irregolarità della superficie, le variazioni di forma della sezione, la presenza di ostacoli e vegetazione, la tortuosità del percorso della corrente, ecc.; per i modelli idraulici del presente studio è stato adottato un valore uniforme del coefficiente di Strickler pari a $32 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$. Si tratta di un valore abbastanza cautelativo, che esprime un grado elevato di resistenza alla corrente, tipicamente assunto per corsi d'acqua naturali con grossi ciottoli sull'alveo, per canali in abbandono con vegetazione alta e abbondante e per ampi terreni pianeggianti, coltivati o in abbandono con arbusti di limitata altezza.

Le simulazioni di propagazione delle onde di piena sono state eseguite assegnando, inoltre, opportune **condizioni iniziali e al contorno**.

Per quanto riguarda queste ultime, in corrispondenza dei tratti arginati soggetti a superamento della sommità sono state assegnate le portate calcolate nel Cap. 6 per il tempo di ritorno di 300 anni, allo scopo di verificare la compatibilità idraulica nel caso più gravoso, cioè con velocità della corrente e tiranti idrici più elevati.

La compatibilità idraulica per la piena trecentennale implica la compatibilità anche per le piene con tempi di ritorno inferiori.

Geometria dei sostegni

Il tratto del nuovo elettrodotto 380 kV "Paternò – Priolo" è costituito da sostegni di tipologia mista semplice Terna. In base ai dati costruttivi di progetto, si rileva che sono presenti due tipologie principali di sostegni:

- **sostegni a *traliccio***, che hanno la forma di un tronco di piramide a base quadrata e sono formati da 4 montanti angolari che si innestano su altrettanti piedini; ogni piedino è costituito da un colonnino a sezione circolare che fuoriesce dalla sua fondazione in calcestruzzo armato (vedi Figura 26);
- **sostegni *tubolari monostelo autoportanti***, che sono costituiti da un unico pilone a forma conica costante, imperniato su un plinto di fondazione in calcestruzzo armato a pianta quadrata, che sporge dal piano campagna (vedi Figura 26).



Figura 26: Esempio di sostegno a traliccio (a sinistra) e di sostegno tubolare monostelo (a destra)

Non è stato possibile suddividere i 13 sostegni sottoposti a studio idraulico tra le due tipologie, traliccio o monostelo.

Ai fini della modellazione idraulica dello scenario di progetto, per entrambe le tipologie di sostegno è stata fatta un'ipotesi estremamente semplificativa ma sicuramente cautelativa rispetto alla realtà: ogni sostegno è stato assimilato a un blocco monolitico a pianta quadrata, impermeabile all'acqua, la cui area di ingombro alla base è stata esclusa dal dominio di calcolo nella configurazione *post-operam*.

In particolare, i **sostegni** sono stati modellati come elementi quadrati di lato pari a **10 metri**, secondo un approccio molto cautelativo.

8.2 Modello idraulico per il dominio A: sostegni n° 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49.

Il **dominio A** (Figura 27) è stato perimetrato seguendo dal lato Sud l'argine sinistro del fiume Simeto fino alla foce; lungo il lato Nord sono invece state raggiunte quote abbastanza elevate per non essere interessate dal deflusso delle acque, raccordandosi verso il mare con l'argine destro del fosso Buttaceto.

Lo sviluppo del dominio è di circa 15 km nella direzione di propagazione della piena, con una larghezza variabile da 1 a 3 km circa.

Reticolo di calcolo

Per la simulazione dell'evento di piena 300-ennale nel **dominio A** è stato adottato un reticolo di calcolo costituito da:

- 12155 elementi triangolari e 6528 nodi nello scenario *ante-operam*;
- 11727 elementi triangolari e 6423 nodi nello scenario *post-operam*.

I sostegni sono stati modellati come strutture impermeabili nello scenario *post-operam*, escludendoli dalla *mesh*, mentre nel caso *ante-operam* sono stati inclusi nel dominio di calcolo. Lo scenario *post-operam*, oltre ai sostegni da 42 a 49, esclude dal reticolo di calcolo tutti i sostegni del nuovo elettrodotto ricadenti nel dominio (circa 50), nonché la stazione elettrica, comporta quindi un numero inferiore di elementi rispetto al caso *ante-operam*.

Interpolando il reticolo di calcolo con le quote del terreno desumibili dall'altimetria contenuta nella CTR è stato ottenuto il modello del terreno rappresentato in Figura 28.

Il numero di celle rappresenta un buon compromesso fra risoluzione spaziale e velocità di calcolo; la griglia (*mesh*) è stata infittita in prossimità dei sostegni, di rilevati e sottopassi, e intorno alla stazione elettrica, in modo da poter analizzare più in dettaglio il comportamento della corrente intorno a tali ostacoli.

Gli elementi triangolari risultano così di dimensioni variabili, con lato compreso tra qualche metro intorno ai supporti dell'elettrodotto e alla stazione elettrica (in Figura 29 e Figura 30 è visibile la *mesh* sullo sfondo della CTR) e più di 200 m nelle parti del dominio più pianeggianti e lontane dall'infrastruttura, ove non interessano i dettagli del campo di moto.

Singolarità

Il dominio modellato è complessivamente pianeggiante con pendenze del terreno molto basse. Di conseguenza il deflusso delle acque superficiali è condizionato in larga misura dai rilevati stradali e ferroviari (linee di colore rosa nelle figure successive), oltre che dall'argine sinistro del fiume Simeto e,

verso il mare, dall'argine destro del fosso Buttaceto. I rilevati di altezza superiore al mezzo metro sono stati quindi innestati nel modello sotto forma di strutture tracimabili (*weir*).

Le arterie più importanti da questo punto di vista sono la tangenziale di Catania e la ferrovia Catania-Siracusa, ma numerose sono le strade secondarie, una delle quali a ridosso della stazione elettrica stessa.

Le aperture sotto i rilevati sono state modellate come luci chiuse superiormente (*culvert*), prendendo in considerazione solamente quelle di grandi dimensioni, quelle appartenenti ai rilevati di maggiore altezza e quelle che potrebbero avere un effetto sensibile sulla dinamica complessiva del deflusso.

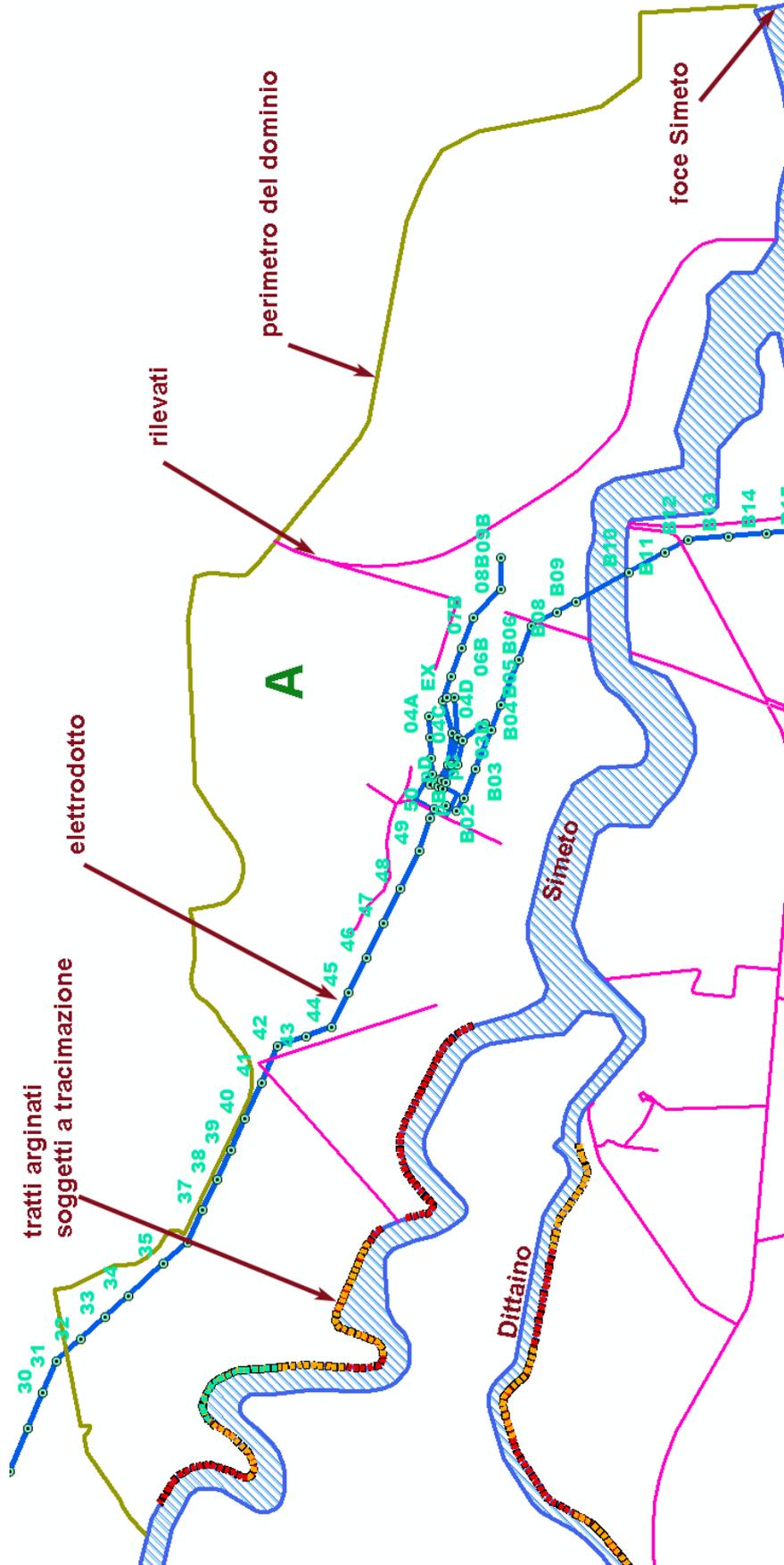


Figura 27: Schema del dominio A

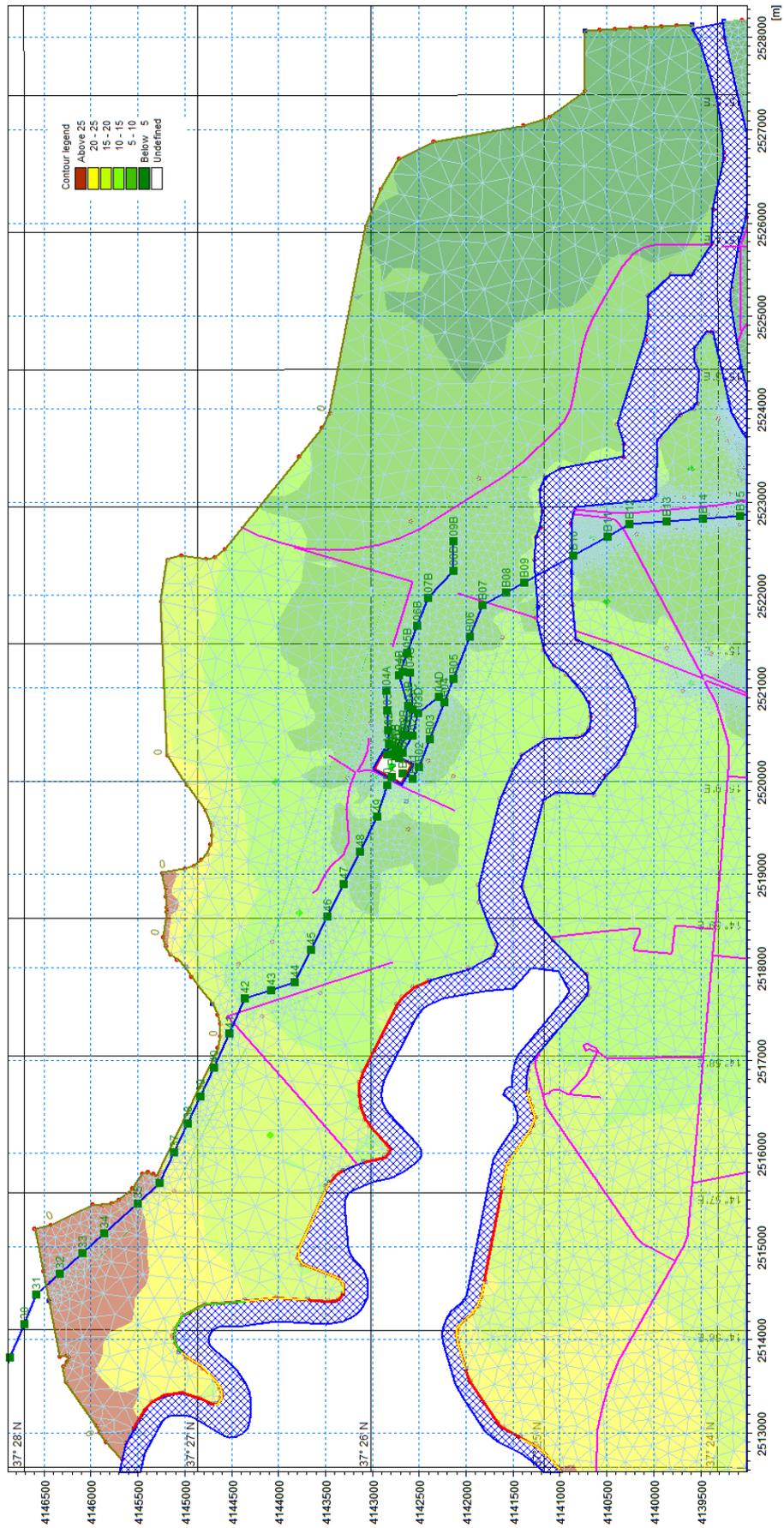


Figura 28: Dominio A: reticolo di calcolo e altimetria

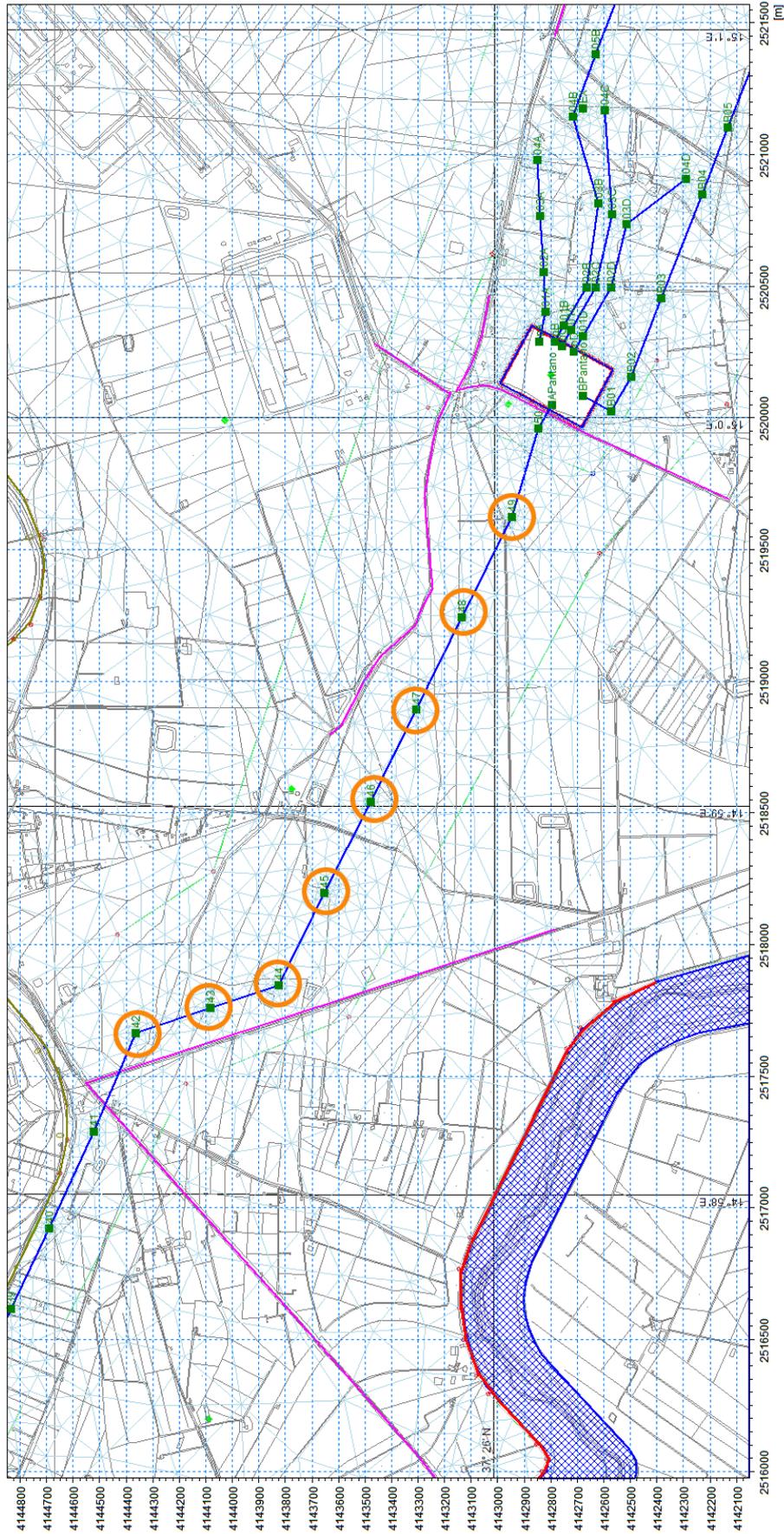


Figura 29: Dominio A: Sostegni oggetto di studio

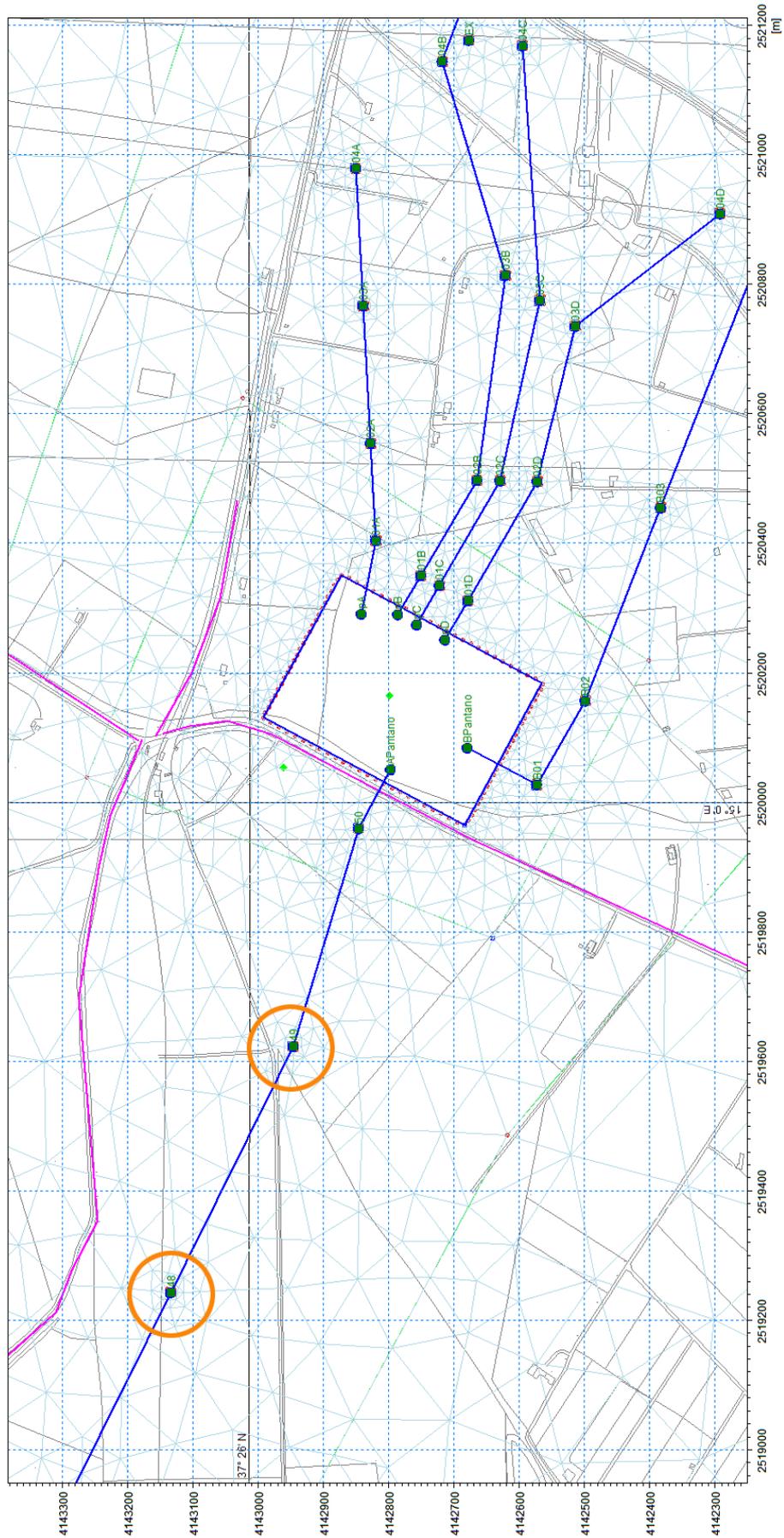


Figura 30: Dominio A: dettaglio intorno alla stazione elettrica

Condizioni iniziali e condizioni al contorno

Il dominio è stato considerato ovunque asciutto all'inizio delle simulazioni.

I segmenti colorati lungo la sponda sinistra del Simeto in Figura 27 rappresentano i tratti di argine tracimabili secondo le valutazioni del Cap. 6.

A questi tratti sono stati applicati gli idrogrammi con tempo di ritorno di 300 anni.

La sezione di valle del dominio corrisponde alla linea di costa.

Dopo avere analizzato i livelli del mare degli ultimi decenni registrati a Catania (dati della Rete Mareografica Nazionale), il livello del mare è stato posto ad un valore costante pari a 0.50 m s.l.m., corrispondente ad un'ipotetica situazione di eccezionale alta marea, tale cioè da sfavorire il deflusso delle acque provenienti dall'interno.

In tutto il resto del perimetro non è stata definita alcuna condizione al contorno, il che equivale a considerare impermeabili i lati cella.

Questo si verifica sia sui confini del dominio, in cui si hanno principalmente celle non bagnate o non influenti per gli scopi delle simulazioni, sia lungo i contorni dei sostegni nel caso *post-operam*, dove si vuole verificare l'influenza esercitata dalle strutture sulla corrente.

Una volta assegnate le condizioni iniziali e al contorno desiderate, il codice di calcolo ha simulato dettagliatamente il deflusso bidimensionale lungo il dominio, applicando le equazioni del moto vario per le correnti a superficie libera, per i due scenari di interesse, *ante-operam* e *post-operam*. Le simulazioni sono state portate avanti fino al superamento in tutto il dominio dei colmi di tiranti e velocità della corrente.

8.3 Modello idraulico per dominio B: sostegni n° B15 e B16

Il **dominio B** (Figura 31) è stato perimetrato seguendo lungo il lato Nord gli argini destri del fiume Dittaino fino alla confluenza nel Simeto e del Simeto stesso fino alla confluenza del Gornalunga; lungo il lato Sud è stato seguito l'argine sinistro del fiume Gornalunga.

Lo sviluppo del dominio è di circa 15 km nella direzione di propagazione della piena, con una larghezza variabile da 1 a 3 km circa.

Reticolo di calcolo

Per la simulazione dell'evento di piena 300-ennale nel **dominio B** è stato adottato un reticolo di calcolo costituito da:

- 19321 elementi triangolari e 10323 nodi nello scenario *ante-operam*;
- 19307 elementi triangolari e 10323 nodi nello scenario *post-operam*.

I sostegni sono stati modellati come strutture impermeabili nello scenario *post-operam*, escludendoli dalla *mesh*, mentre nel caso *ante-operam* sono stati inclusi nel dominio di calcolo. Lo scenario *post-operam*, oltre ai sostegni B15 e B16, esclude dal reticolo di calcolo tutti i sostegni del nuovo elettrodotto ricadenti nel dominio (da B10 a B14), comporta quindi un numero inferiore di elementi rispetto al caso *ante-operam*.

Interpolando il reticolo di calcolo con le quote del terreno desumibili dall'altimetria contenuta nella CTR è stato ottenuto il modello del terreno rappresentato in Figura 31 e Figura 32.

Il numero di celle rappresenta un buon compromesso fra risoluzione spaziale e velocità di calcolo; la griglia (*mesh*) è stata infittita in prossimità dei sostegni, di rilevati e sottopassi, in modo da poter analizzare più in dettaglio il comportamento della corrente intorno a tali ostacoli.

Gli elementi triangolari risultano così di dimensioni variabili, con lato compreso tra qualche metro intorno ai supporti dell'elettrodotto (in Figura 33 e Figura 34 è visibile la *mesh* sullo sfondo della CTR) e più di 200 m nelle parti del dominio più pianeggianti e lontane dall'infrastruttura, ove non interessano i dettagli del campo di moto.

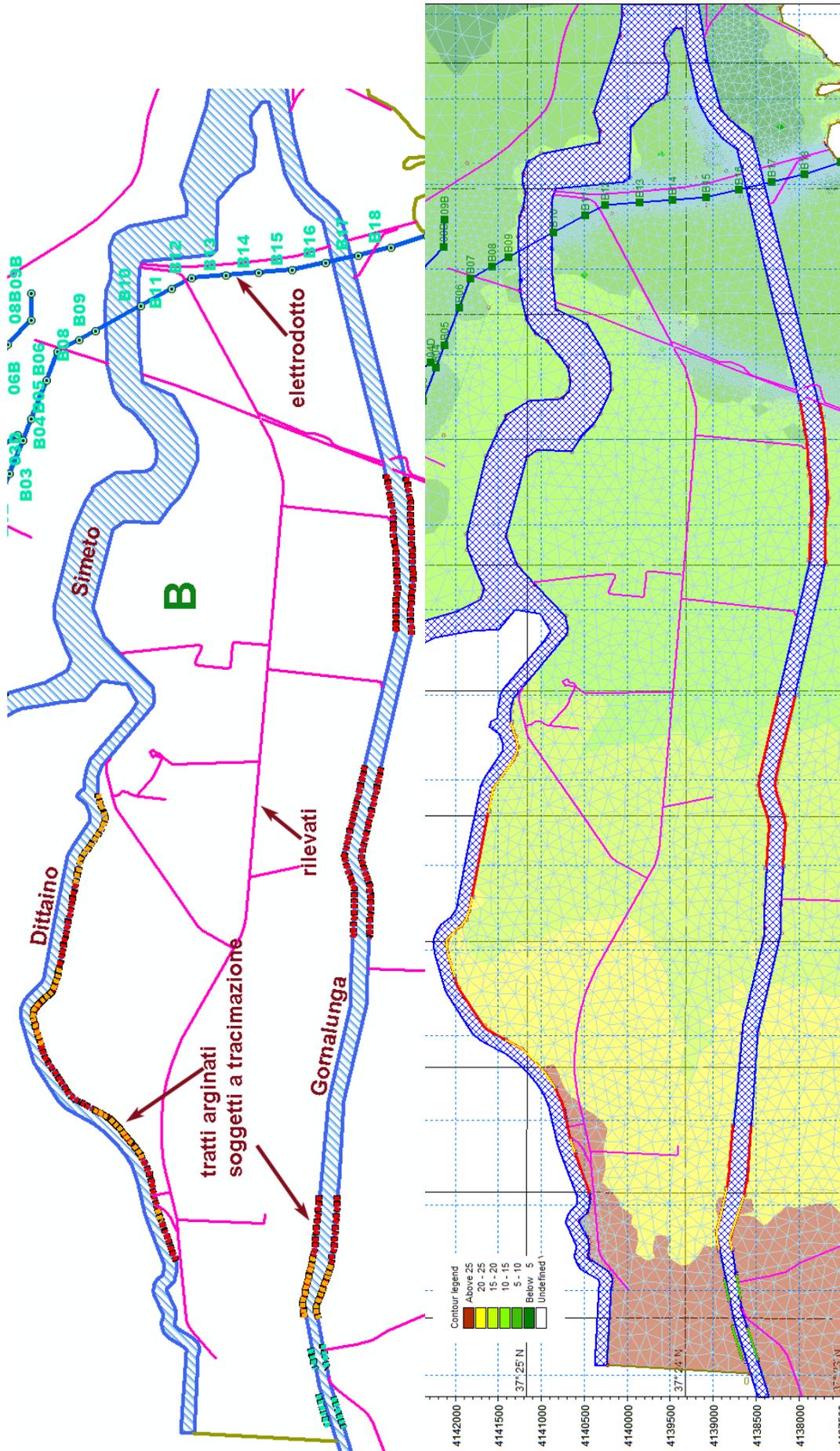


Figura 31: Schema del dominio B

Figura 32: Dominio B: reticolo di calcolo e altimetria

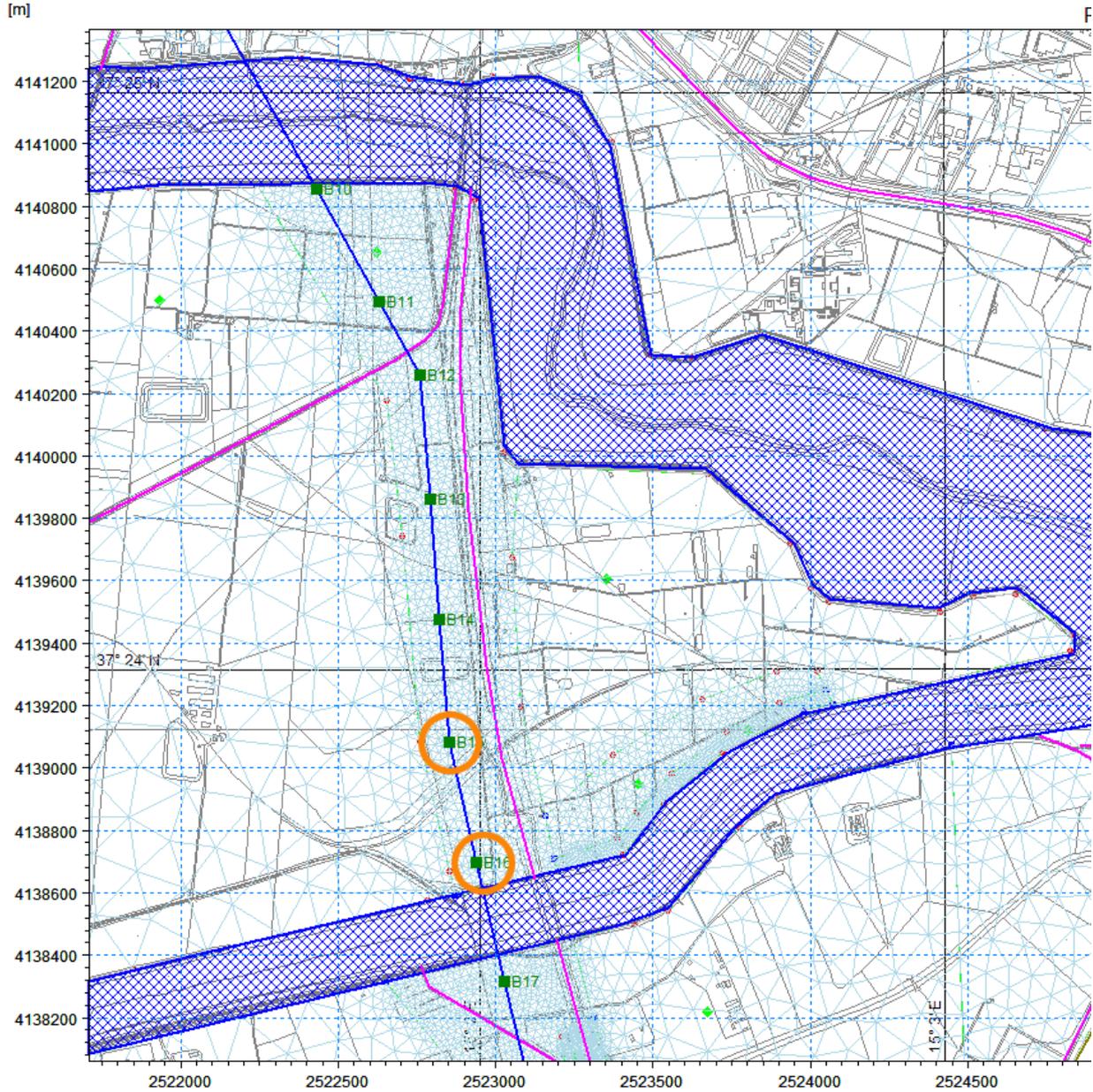


Figura 33: Dominio B: Sostegni oggetto di studio

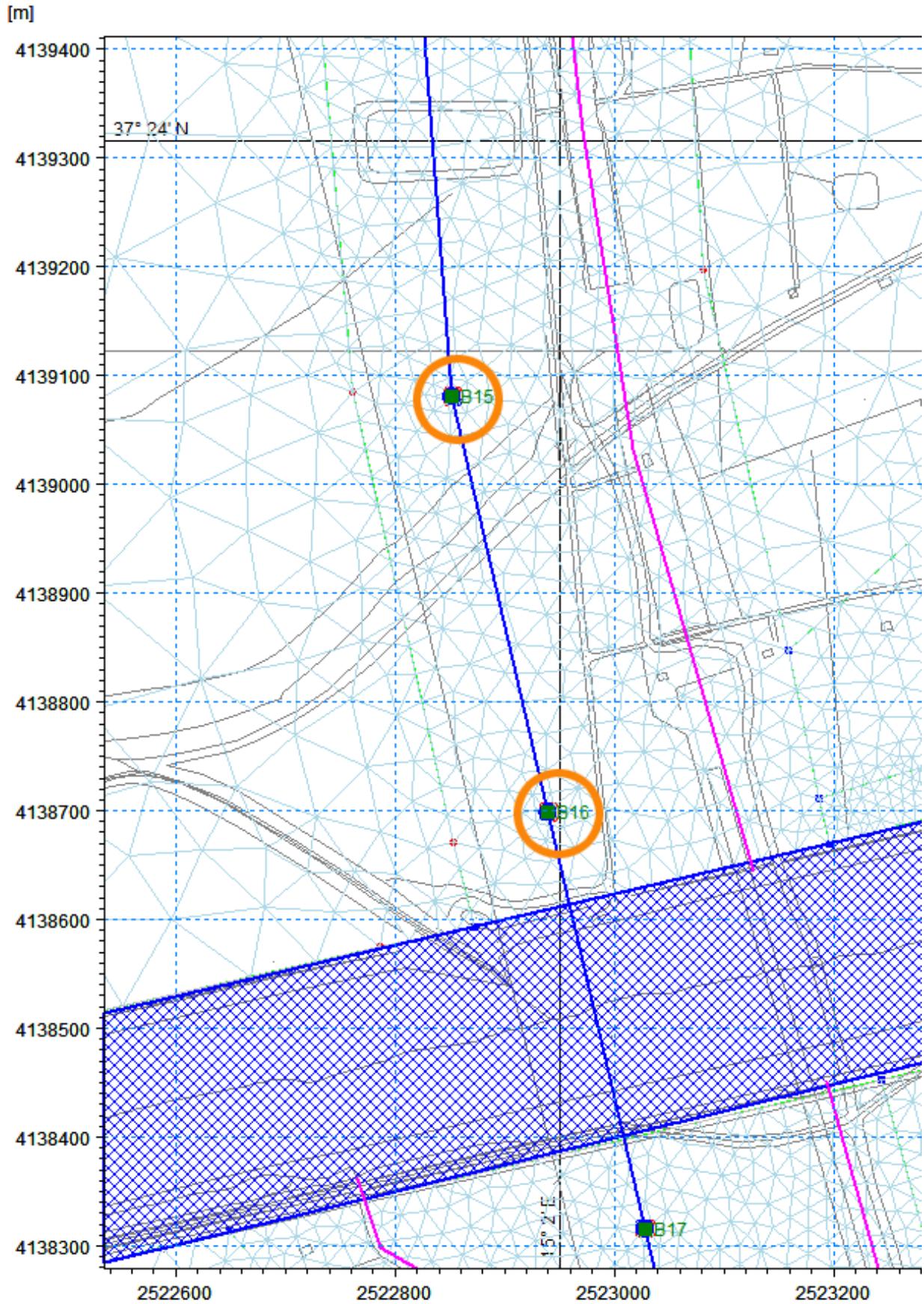


Figura 34: Dominio B: Sostegni oggetto di studio (dettaglio)

Singolarità

Il dominio modellato è complessivamente pianeggiante con pendenze del terreno molto basse. Di conseguenza il deflusso delle acque superficiali è condizionato in larga misura dai rilevati stradali e ferroviari (linee di colore rosa nelle figure successive), oltre che dall'argine sinistro del fiume Simeto e, verso il mare, dall'argine destro del fosso Buttaceto. I rilevati di altezza superiore al mezzo metro sono stati quindi innestati nel modello sotto forma di strutture tracimabili (*weir*). Le arterie più importanti da questo punto di vista sono l'autostrada e la ferrovia Catania-Siracusa, oltre ad alcune strade secondarie.

Le aperture sotto i rilevati sono state modellate come luci chiuse superiormente (*culvert*), prendendo in considerazione solamente quelle di grandi dimensioni, quelle appartenenti ai rilevati di maggiore altezza e quelle che potrebbero avere un effetto sensibile sulla dinamica complessiva del deflusso.

Condizioni iniziali e condizioni al contorno

Il dominio è stato considerato ovunque asciutto all'inizio delle simulazioni.

I segmenti colorati lungo le sponde di Dittaino, Simeto e Gornalunga rappresentano i tratti di argine tracimabili secondo le valutazioni del Cap. 6. A questi tratti sono stati applicati gli idrogrammi con tempo di ritorno di 300 anni.

Lungo i contorni dei sostegni nel caso *post-operam*, dove si vuole verificare l'influenza esercitata dalle strutture sulla corrente, non è stata assegnata alcuna condizione al contorno, il che equivale a considerare impermeabili i lati cella. Altrettanto è stato fatto lungo sezione di monte del dominio (lato Ovest), comunque le celle relative non vengono interessate dal deflusso delle acque.

Dopo i primi tentativi di simulazioni, lungo un tratto dell'argine sinistro del Gornalunga, poco a monte della confluenza nel Simeto, è stata assegnata una condizione di livello idrico di poco superiore alla sommità arginale; si è visto infatti che il sottopasso autostradale e le pendenze del terreno indirizzano le acque verso tale contorno, fino a superare le quote arginali. La condizione di livello si attiva solo al superamento del valore di soglia, permettendo di rappresentare il travaso delle acque nell'alveo del Gornalunga, che in questo tratto secondo il PAI è in grado di contenere la piena.

Una volta assegnate le condizioni iniziali e al contorno desiderate, il codice di calcolo ha simulato dettagliatamente il deflusso bidimensionale lungo il dominio, applicando le equazioni del moto vario per le correnti a superficie libera, per i due scenari di interesse, *ante-operam* e *post-operam*. Le simulazioni sono state portate avanti fino al superamento in tutto il dominio dei colmi di tiranti e velocità della corrente.

8.4 Modello idraulico per il dominio C: sostegni n° B17, B18 e B19

Il **dominio C** (Figura 35) è stato perimetrato seguendo dal lato Nord gli argini destri del fiume Gornalunga e fino alla confluenza con il fiume Simeto, e poi del Simeto fino alla foce; lungo il lato Sud sono invece state raggiunte quote abbastanza elevate per non essere interessate dal deflusso delle acque.

Lo sviluppo del dominio è di circa 20 km nella direzione di propagazione della piena, con una larghezza variabile da 1 a 4 km circa.

Reticolo di calcolo

Per la simulazione dell'evento di piena 300-ennale nel **dominio C** è stato adottato un reticolo di calcolo costituito da:

33406 elementi triangolari e 17520 nodi nello scenario *ante-operam*;

33403 elementi triangolari e 17516 nodi nello scenario *post-operam*.

I sostegni sono stati modellati come strutture impermeabili nello scenario *post-operam*, escludendoli dalla *mesh*, mentre nel caso *ante-operam* sono stati inclusi nel dominio di calcolo. Lo scenario *post-operam* esclude dal reticolo di calcolo i tre sostegni B17, B18 e B19 del nuovo elettrodotto ricadenti nel dominio, comporta quindi un numero inferiore di elementi rispetto al caso *ante-operam*.

Interpolando il reticolo di calcolo con le quote del terreno desumibili dall'altimetria contenuta nella CTR è stato ottenuto il modello del terreno rappresentato in Figura 36.

Il numero di celle rappresenta un buon compromesso fra risoluzione spaziale e velocità di calcolo; la griglia (*mesh*) è stata infittita in prossimità dei sostegni, di rilevati e sottopassi, in modo da poter analizzare più in dettaglio il comportamento della corrente intorno a tali ostacoli. Gli elementi triangolari risultano così di dimensioni variabili, con lato compreso tra qualche metro intorno ai supporti dell'elettrodotto (in Figura 37 e Figura 38 è visibile la *mesh* sullo sfondo della CTR) e più di 200 m nelle parti del dominio più pianeggianti e lontane dall'infrastruttura, ove non interessano i dettagli del campo di moto.

Singolarità

Il dominio modellato è complessivamente pianeggiante con pendenze del terreno molto basse. Di conseguenza il deflusso delle acque superficiali è condizionato in larga misura dai rilevati stradali e ferroviari (linee di colore rosa nelle figure successive), oltre che dall'argine destro dei fiumi Gornalunga e Simeto. I rilevati di altezza superiore al mezzo metro sono stati quindi innestati nel modello sotto forma

di strutture tracimabili (*weir*). Le arterie più importanti da questo punto di vista sono l'autostrada e la ferrovia Catania-Siracusa, oltre ad alcune strade secondarie.

Le aperture sotto i rilevati sono state modellate come luci chiuse superiormente (*culvert*), prendendo in considerazione solamente quelle di grandi dimensioni, quelle appartenenti ai rilevati di maggiore altezza e quelle che potrebbero avere un effetto sensibile sulla dinamica complessiva del deflusso.

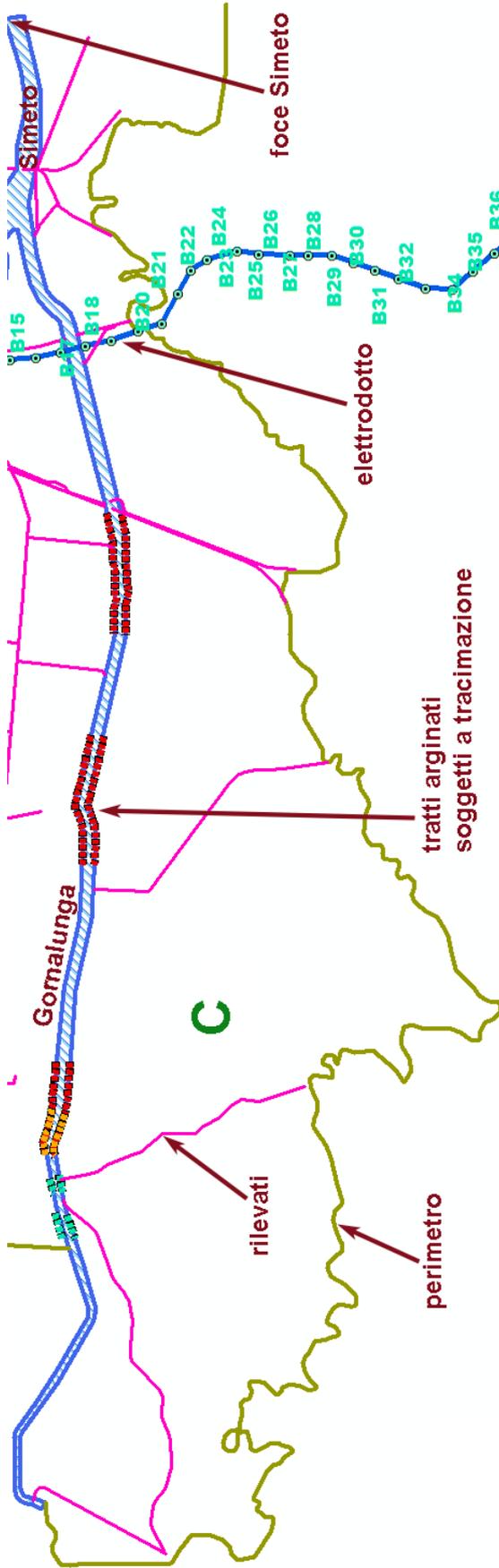


Figura 35: Schema del dominio C

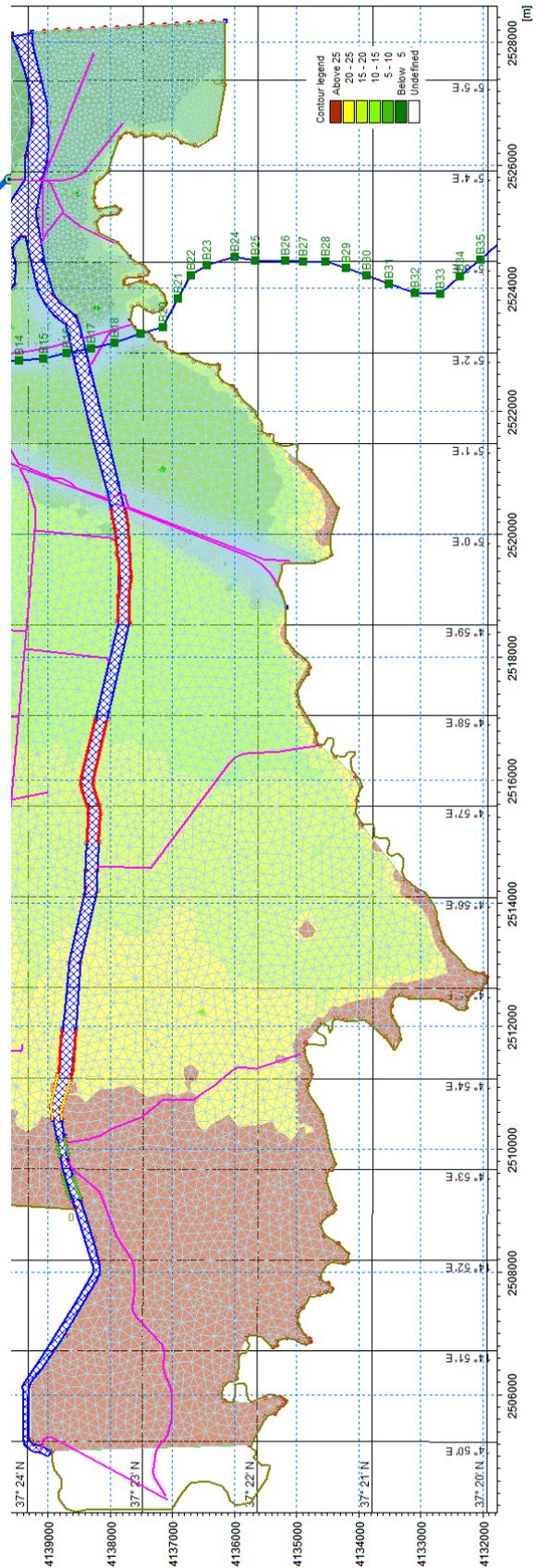


Figura 36: Dominio C: reticolo di calcolo e altimetria

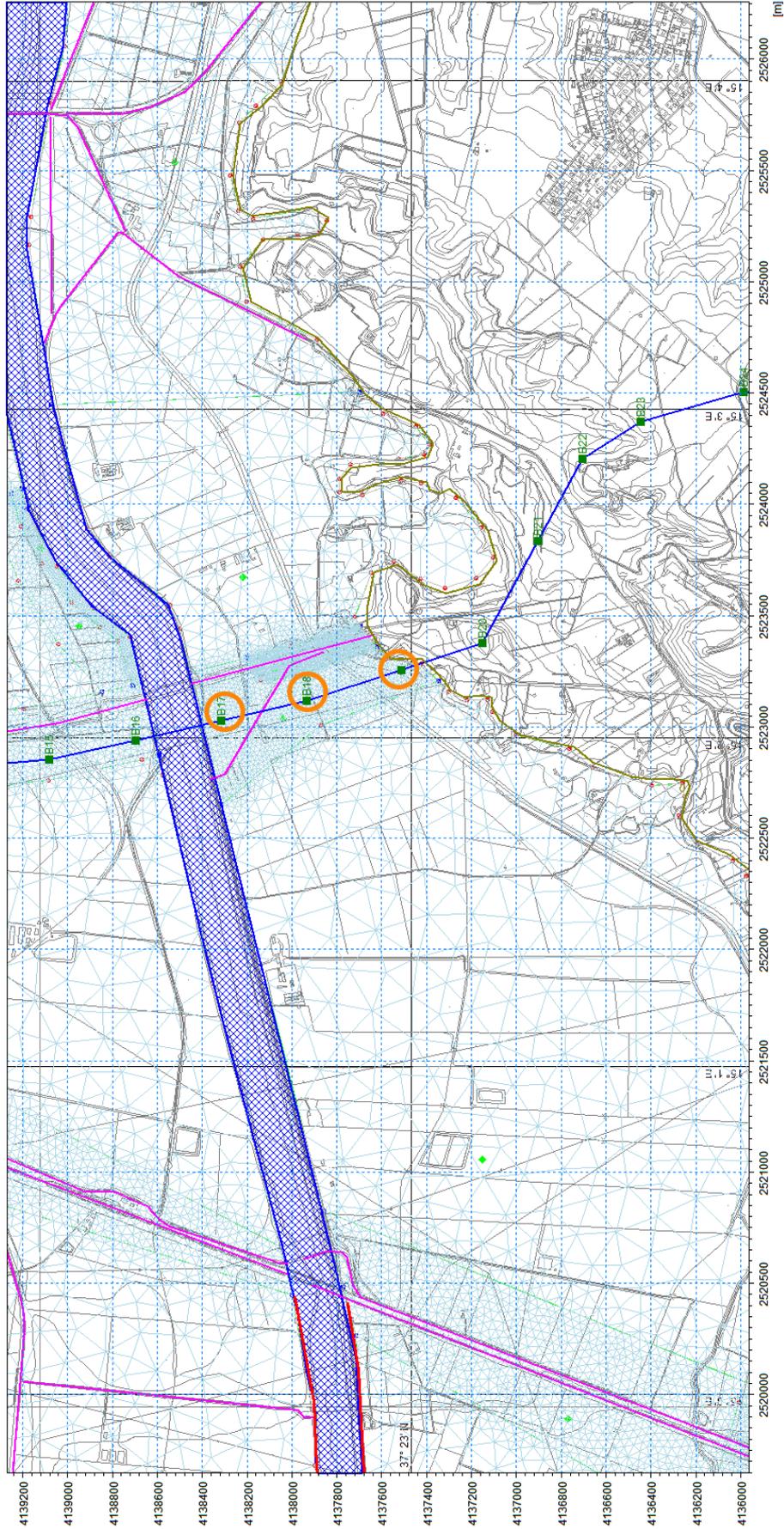


Figura 37: Dominio C: Sostegni oggetto di studio

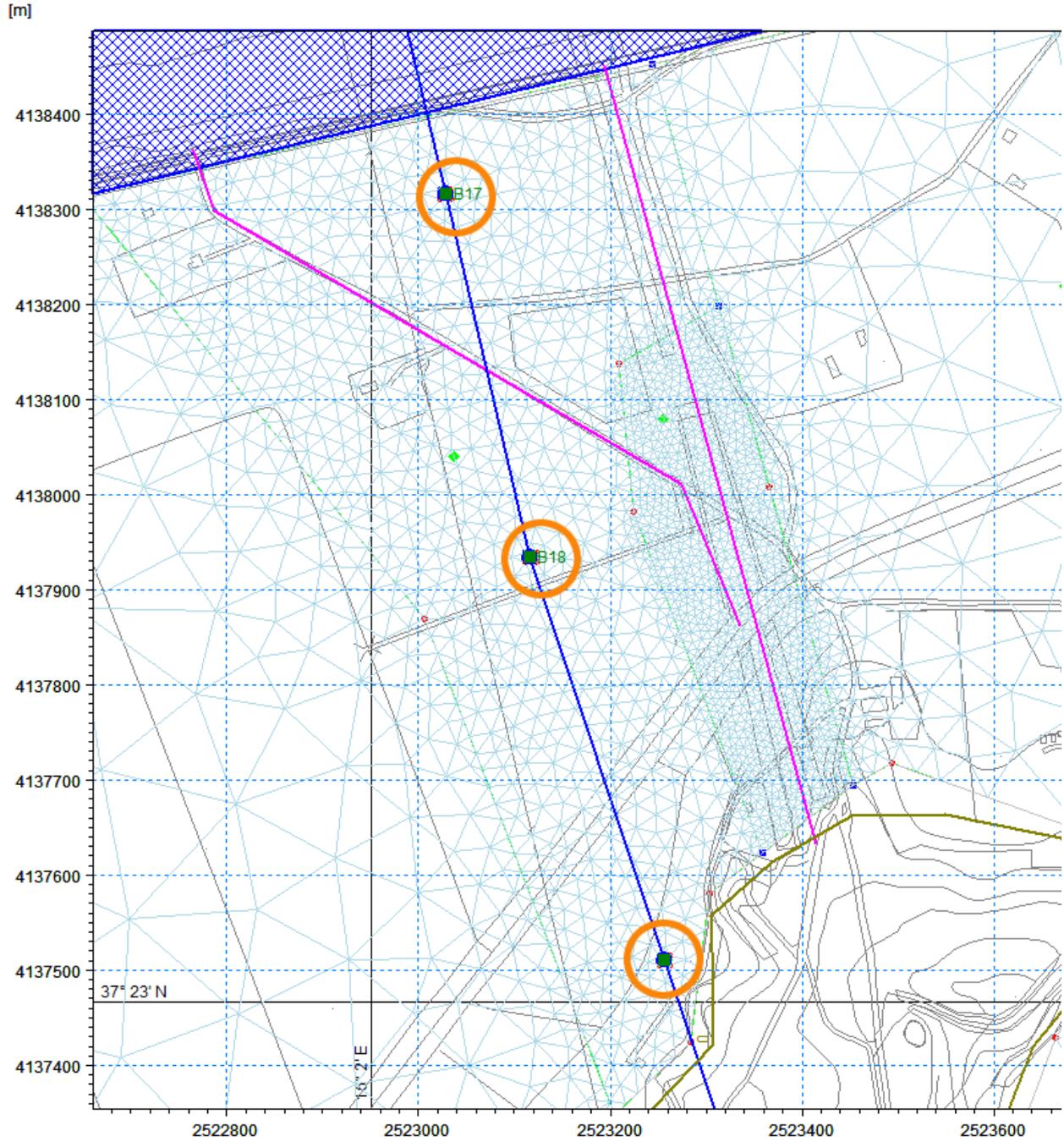


Figura 38: Dominio C: Sostegni oggetto di studio (dettaglio)

Condizioni iniziali e condizioni al contorno

Il dominio è stato considerato ovunque asciutto all'inizio delle simulazioni.

I segmenti colorati lungo la sponde del Gornalunga in rappresentano i tratti di argine tracimabili secondo le valutazioni del Cap. 6. A questi tratti sono stati applicati gli idrogrammi con tempo di ritorno di 300 anni.

La sezione di valle del dominio corrisponde alla linea di costa.

Dopo avere analizzato i livelli del mare degli ultimi decenni registrati a Catania (dati della Rete Mareografica Nazionale), il livello del mare è stato posto ad un valore costante pari a 0.50 m s.l.m., corrispondente ad un'ipotetica situazione di eccezionale alta marea, tale cioè da sfavorire il deflusso delle acque provenienti dall'interno.

In tutto il resto del perimetro non è stata definita alcuna condizione al contorno, il che equivale a considerare impermeabili i lati cella. Questo si verifica sia sui confini del dominio, in cui si hanno principalmente celle non bagnate o non influenti per gli scopi delle simulazioni, sia lungo i contorni dei sostegni nel caso *post-operam*, dove si vuole verificare l'influenza esercitata dalle strutture sulla corrente.

Una volta assegnate le condizioni iniziali e al contorno desiderate, il codice di calcolo ha simulato dettagliatamente il deflusso bidimensionale lungo il dominio, applicando le equazioni del moto vario per le correnti a superficie libera, per i due scenari di interesse, *ante-operam* e *post-operam*. Le simulazioni sono state portate avanti fino al superamento in tutto il dominio dei colmi di tiranti e velocità della corrente.

9. RISULTATI

Le valutazioni idrauliche condotte in questo studio consentono di individuare le aree interessate dalle piene trecentennali nei due scenari *ante* e *post-operam*, mettendo a confronto le caratteristiche della corrente in prossimità dei sostegni oggetto di studio, valutando così le eventuali interferenze dell'elettrodotto in progetto con il deflusso delle acque.

9.1 Simulazioni idrauliche per il dominio A: sostegni n° 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49

Le simulazioni effettuate per il dominio di calcolo A hanno coperto un arco temporale di circa 30 ore, sufficiente a raggiungere (e superare) il colmo di tiranti idrici e velocità a seguito dell'esondazione conseguente alla piena ipotizzata. Utilizzando un processore Pentium 4-core Intel Core i7 Q720 1.60 GHz clock, ciascuna simulazione è durata circa 20 minuti. A intervalli di 30 minuti di tempo simulato è stato registrato il campo di moto complessivo nel dominio, comprendente, in particolare, le distribuzioni dei tiranti idrici e della velocità della corrente.

9.1.1 Scenario ante-operam

La Figura 39, Figura 40 e Figura 41 mostrano la distribuzione complessiva dei livelli idrici in due istanti durante il montare della piena e in un terzo istante corrispondente al colmo. Si può osservare l'andamento complessivo dei volumi d'acqua che fuoriescono dall'argine sinistro del Simeto e si incanalano verso il mare, restando contenuti lungo lato Sud dall'argine del Simeto stesso e lungo il lato Nord dalle pendenze naturali del terreno e –verso il mare– dall'argine del fosso Buttaceto.

La Figura 42 e Figura 43 riportano le distribuzioni complessive di tiranti e velocità della corrente, sempre al colmo di piena.

Si nota anche l'effetto di regimazione dei principali rilevati disposti trasversalmente rispetto alla direzione della corrente (ferrovia Catania-Siracusa e tangenziale di Catania) a monte dei quali si raggiungono in certi punti profondità di quasi 4 m.

La Figura 44 illustra distribuzione di tiranti e campo vettoriale di velocità nel sito in cui è prevista la costruzione della stazione elettrica. Il reticolo di calcolo si infittisce in corrispondenza dei sostegni e della stazione, anche se nello scenario ante-operam sono assenti; è evidente l'effetto del rilevato stradale sul deflusso delle acque.

Le velocità restano ovunque al di sotto dei 2 m/s, con l'eccezione di valori fino a 3 m/s nella sezioni più stretta fra fiume Simeto e rilevato della tangenziale, che proprio in questo tratto è più basso e viene tracimato (Figura 45).

La portata complessiva in transito nel dominio nella direzione principale della corrente tocca al colmo i 4000 mc/s.

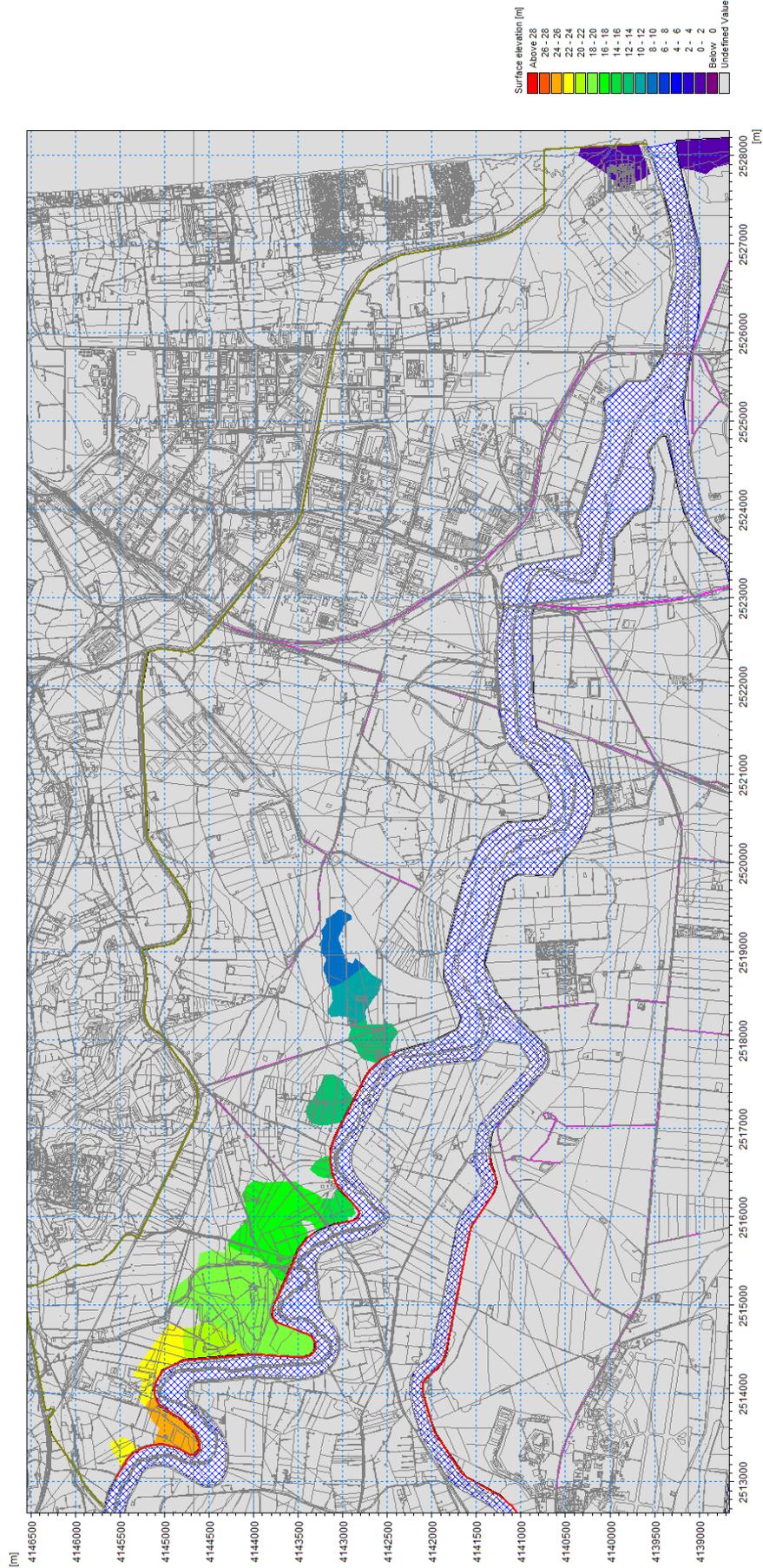


Figura 39: Dominio A ante-operam: distribuzione dei livelli idrici 2 ore dopo l'inizio della simulazione

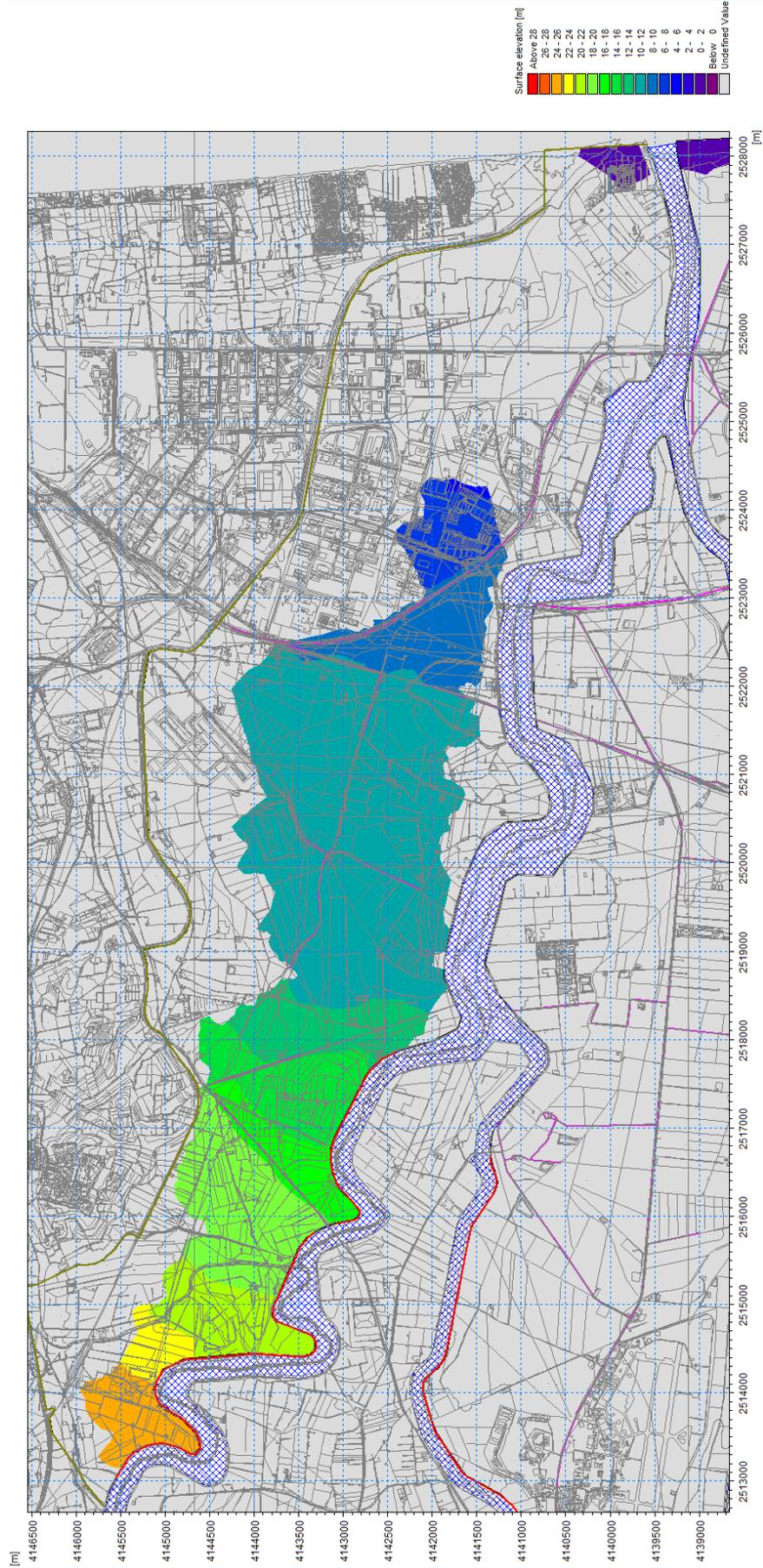


Figura 40: Dominio A ante-operam: distribuzione dei livelli idrici 7 ore dopo l'inizio della simulazione

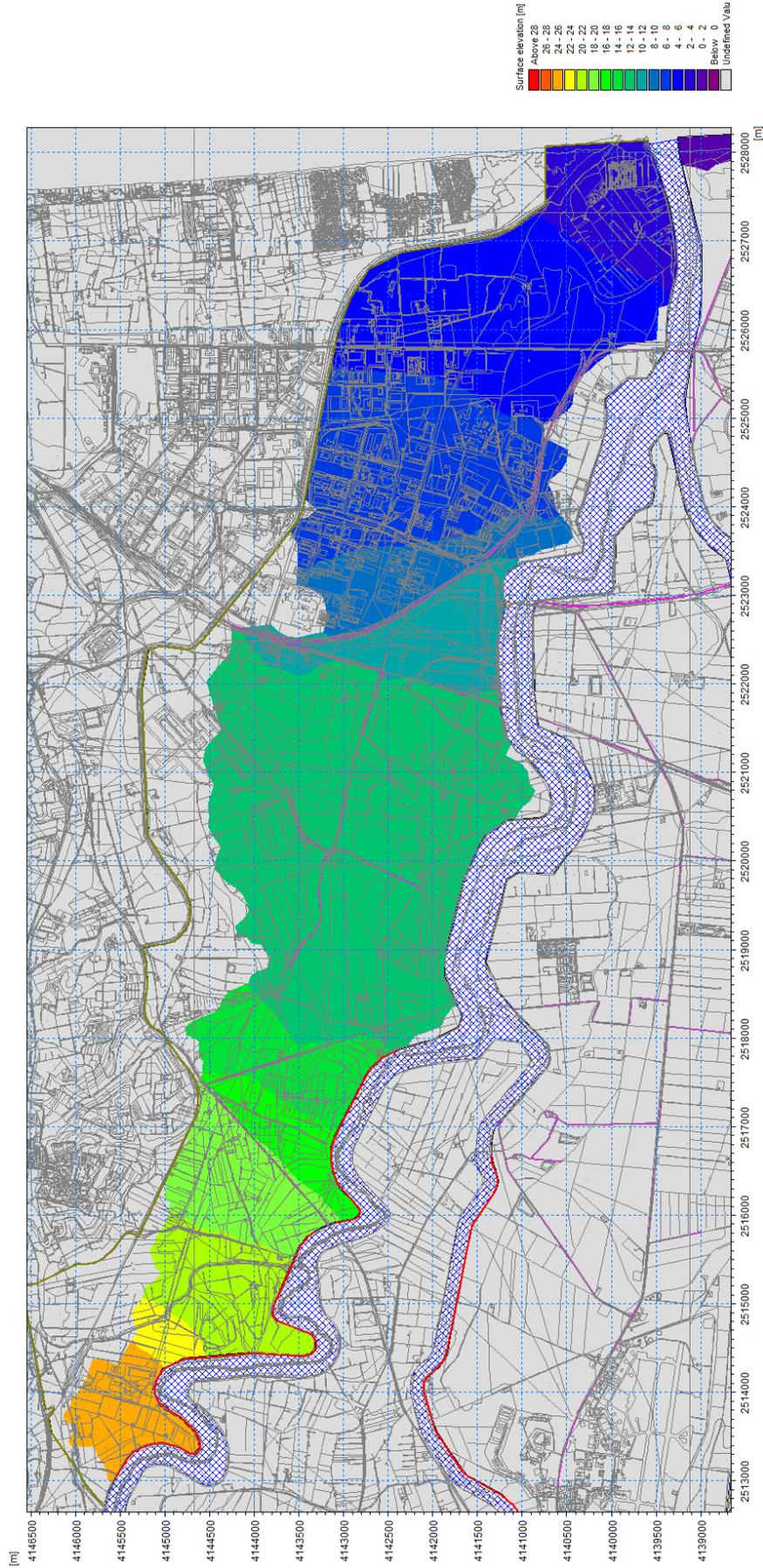


Figura 41: Dominio A ante-operam: distribuzione dei livelli idrici al colmo di piena

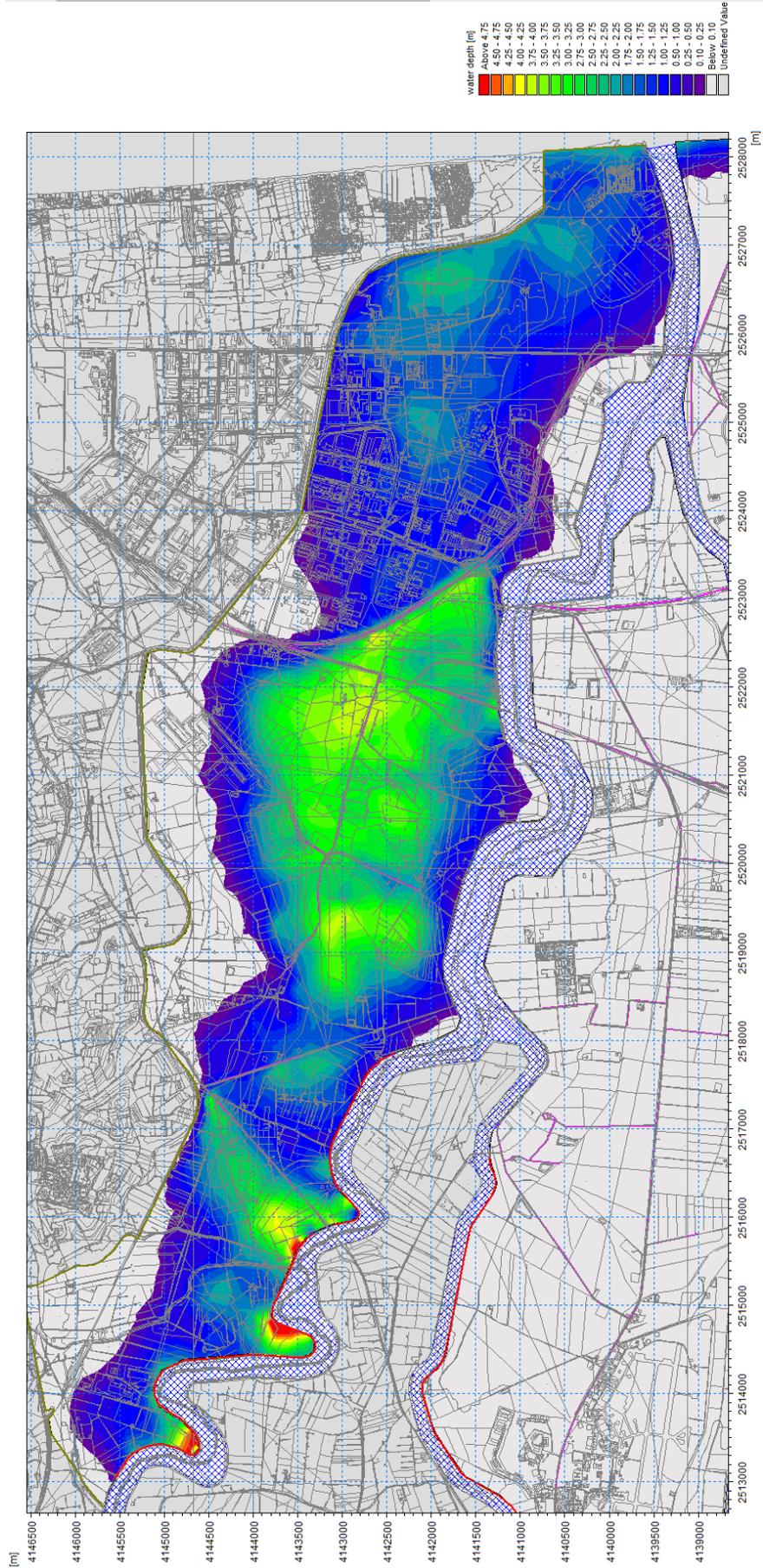


Figura 42: Dominio A ante-operam: distribuzione dei tiranti idrici al colmo di piena

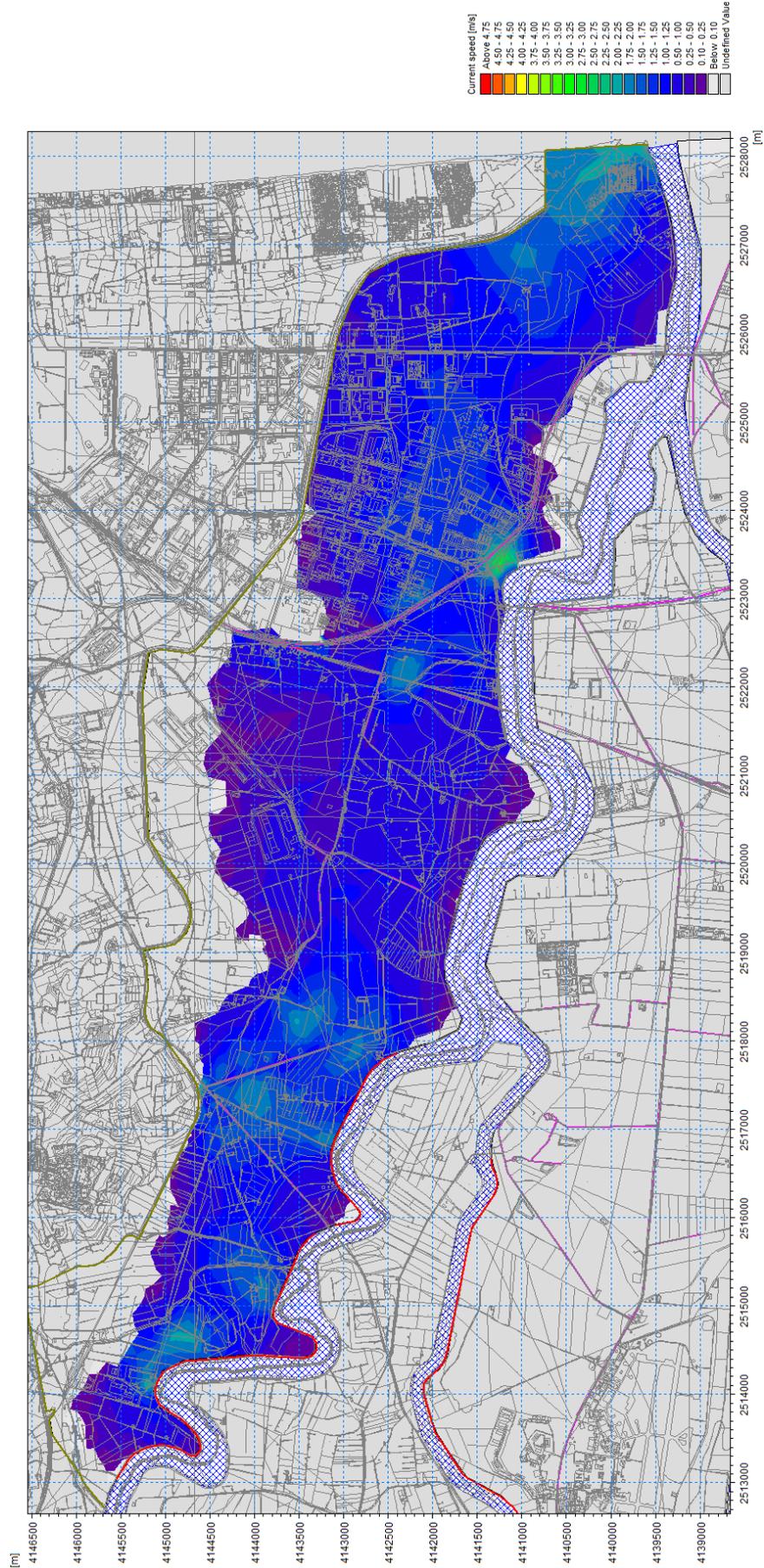
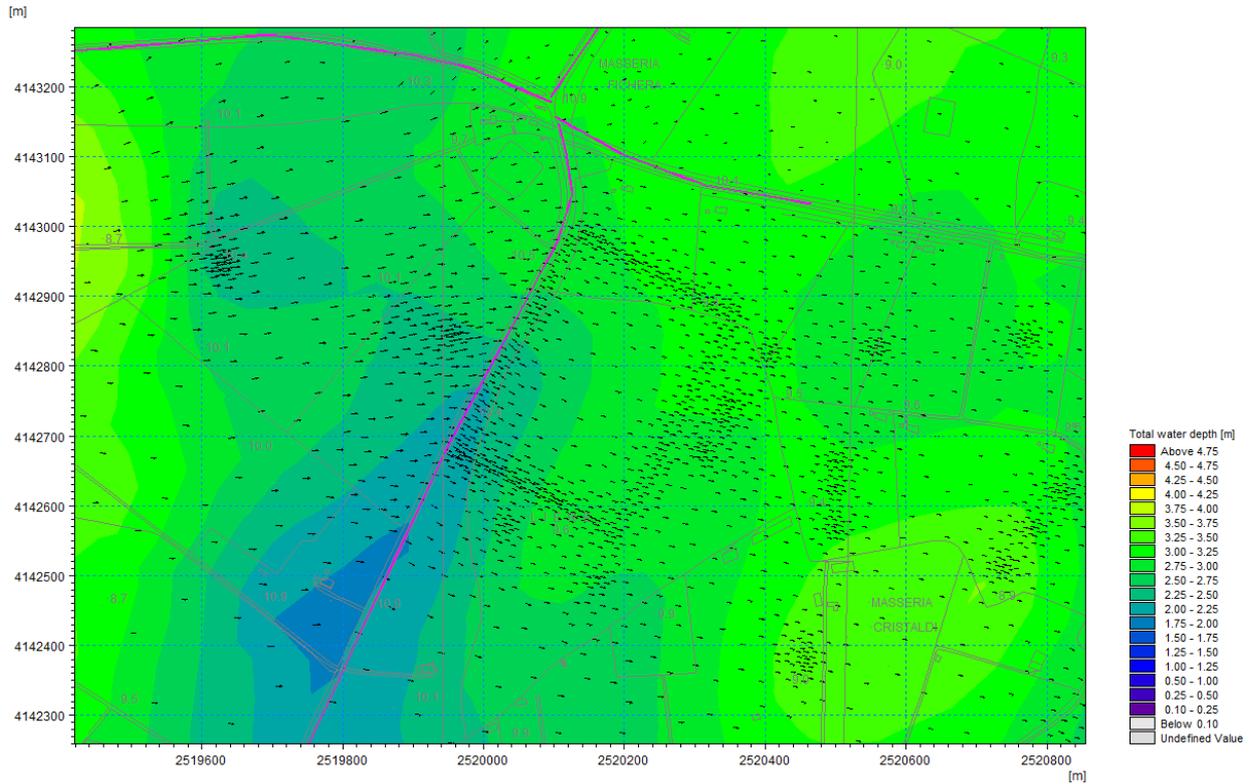


Figura 43: Dominio A ante-operam: distribuzione di velocità della corrente al colmo di piena



9.1.2 Scenario post-operam

La dinamica complessiva di propagazione dei volumi idrici e le distribuzioni su larga scala di livelli, tiranti e velocità della corrente non vengono perturbate dalla presenza dell'infrastruttura in progetto, come ci si aspetta.

Come esempio la Figura 46 mostra i tiranti idrici al colmo di piena, e non si notano differenze significative rispetto al caso *ante-operam*.

Alcuni sostegni più lontani dal mare (dal n° 32 al n° 37) non vengono lambiti dalle acque, comunque non fanno parte dei sostegni oggetto di attenzione (Figura 47).

La Figura 48 illustra distribuzione di tiranti e campo vettoriale di velocità nella porzione di dominio interessata dai sostegni dal n° 42 al n° 49, oggetto di attenzione, a monte della stazione elettrica. Il reticolo di calcolo si infittisce in corrispondenza dei sostegni e della stazione; è evidente l'effetto del rilevato stradale sul deflusso delle acque.

I massimi tiranti di 4 m circa si trovano intorno al sostegno n° 48, mentre le massime velocità (1.5 m/s) intorno al sostegno n° 44 (Figura 49).

Mettendo a confronto il campo di moto ante e post-operam intorno a quest'ultimo (Figura 50 e Figura 51), risulta evidente che le perturbazioni di velocità dovute alla presenza del sostegno sono inferiori al 10% e si esauriscono nel raggio di qualche decina di metri.

Si ricorda che l'ingombro dei sostegni è stato ipotizzato 10 m X 10 m in via cautelativa.

Con riferimento al sostegno n° 48, sito in cui si presentano maggiori profondità e minori velocità della corrente, la Figura 52 e la Figura 53 mettono a confronto i campi di moto *ante-operam* e *post-operam*. Le variazioni di livello del pelo libero dovute alla presenza del sostegno non superano pochi centimetri. La già debole corrente (1.0 m/s) subisce un rallentamento fino al 20% circa a ridosso del sostegno.

Anche in questo caso l'effetto sul campo di velocità si esaurisce nel raggio di qualche decina di metri.

Analoghe considerazioni, cioè effetto trascurabile sul deflusso delle acque, valgono per tutti gli altri sostegni, sia quelli oggetto di attenzione, sia quelli a Est e Sud-Est rispetto alla stazione elettrica che comunque sono stati presi in considerazione nel modello idraulico. Si rimarca che, nonostante alcuni sostegni in questa zona siano piuttosto vicini fra loro, non si evidenziano perturbazioni reciproche in relazione al deflusso delle acque.

La stazione elettrica, modellata come oggetto completamente impermeabile, genera un effetto più complesso sul campo di moto rispetto ai singoli sostegni isolati (Figura 55, da raffrontare con la Figura 44, e Figura 56).

Fra l'altro un lato del perimetro della stazione si trova a pochi metri da un rilevato stradale parallelo. Cionondimeno non si riscontra alcuna criticità, poiché velocità piuttosto uniformi intorno a 0.7 m/s nel caso *ante-operam*, raggiungono al più valori di a 1.1 m/s in vicinanza di due spigoli nel caso *post-operam*, o divengono trascurabili nella parte meno esposta al deflusso in arrivo da Nord-Ovest.

Le altezze d'acqua si aggirano intorno ai 3 m in entrambi gli scenari, con differenze non significative, se si esclude ovviamente la parte esclusa dal dominio.

Si ricorda che le portate affluenti nel dominio, e di conseguenza i tiranti idrici, risultano esagerati a causa delle ipotesi semplificative ma sicuramente cautelative adottate (Cap. 6).

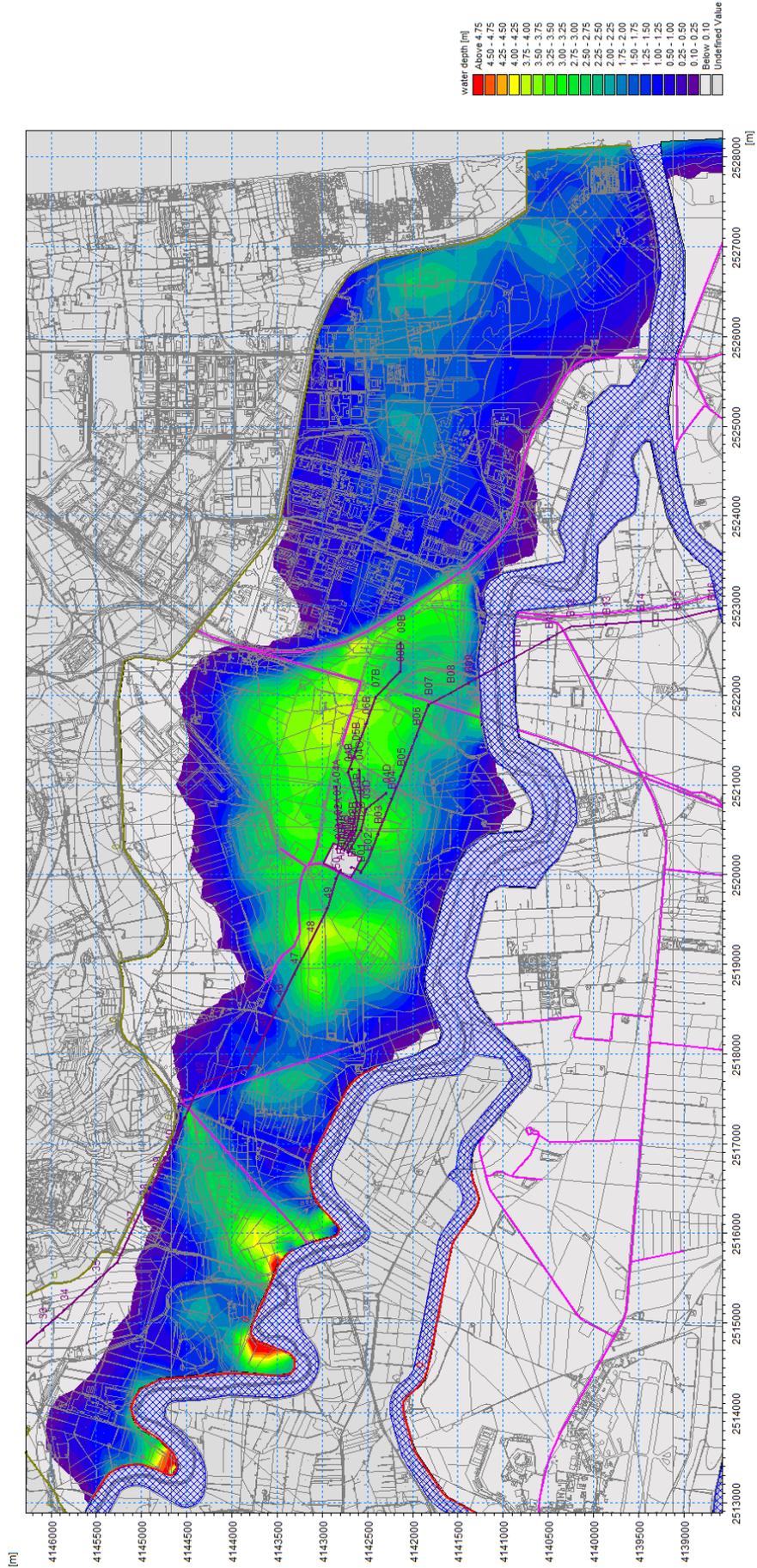


Figura 46: Dominio A post-operam: distribuzione dei tiranti idrici al colmo di piena

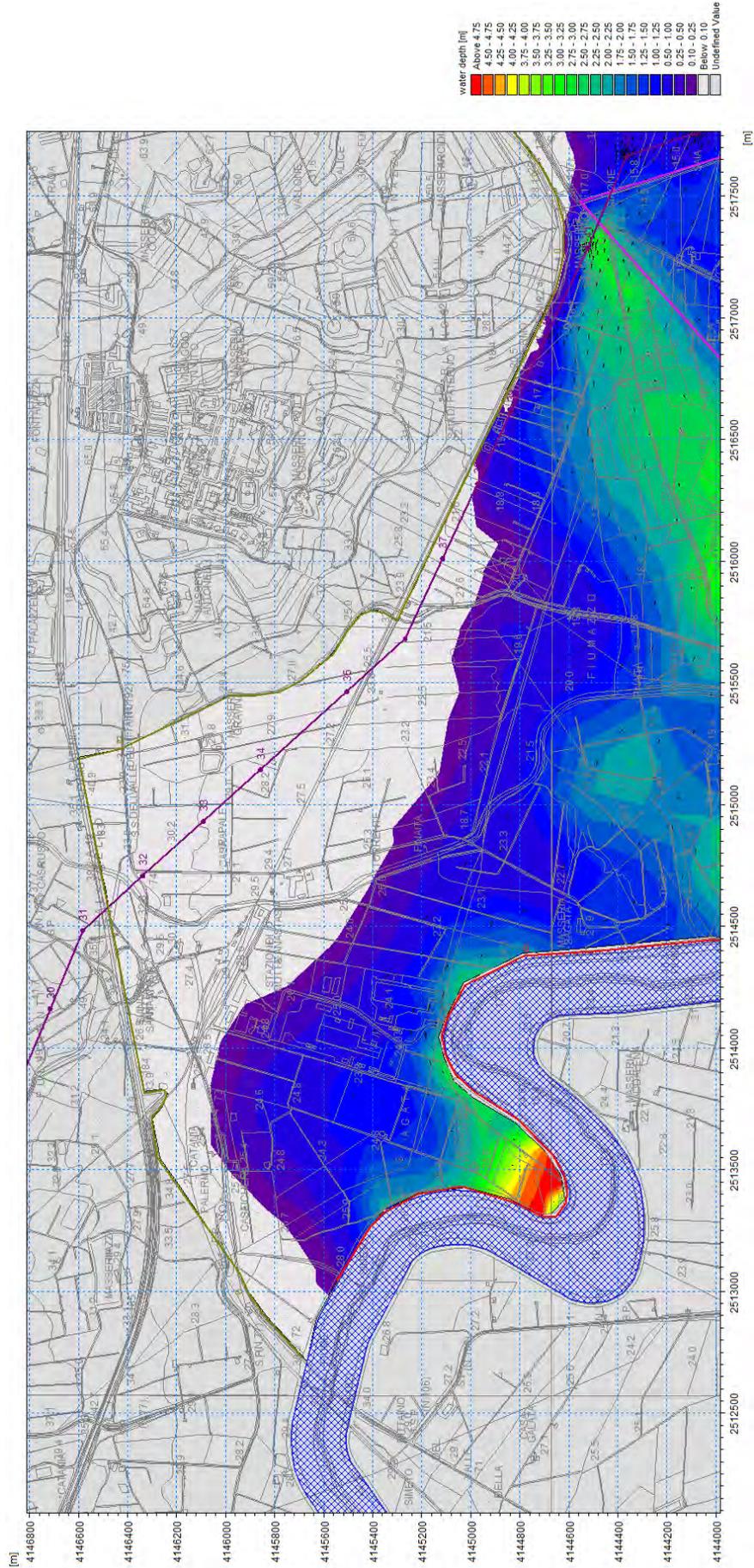


Figura 47: Dominio A post-operam: tronco di elettrodotto non lambito dalla corrente

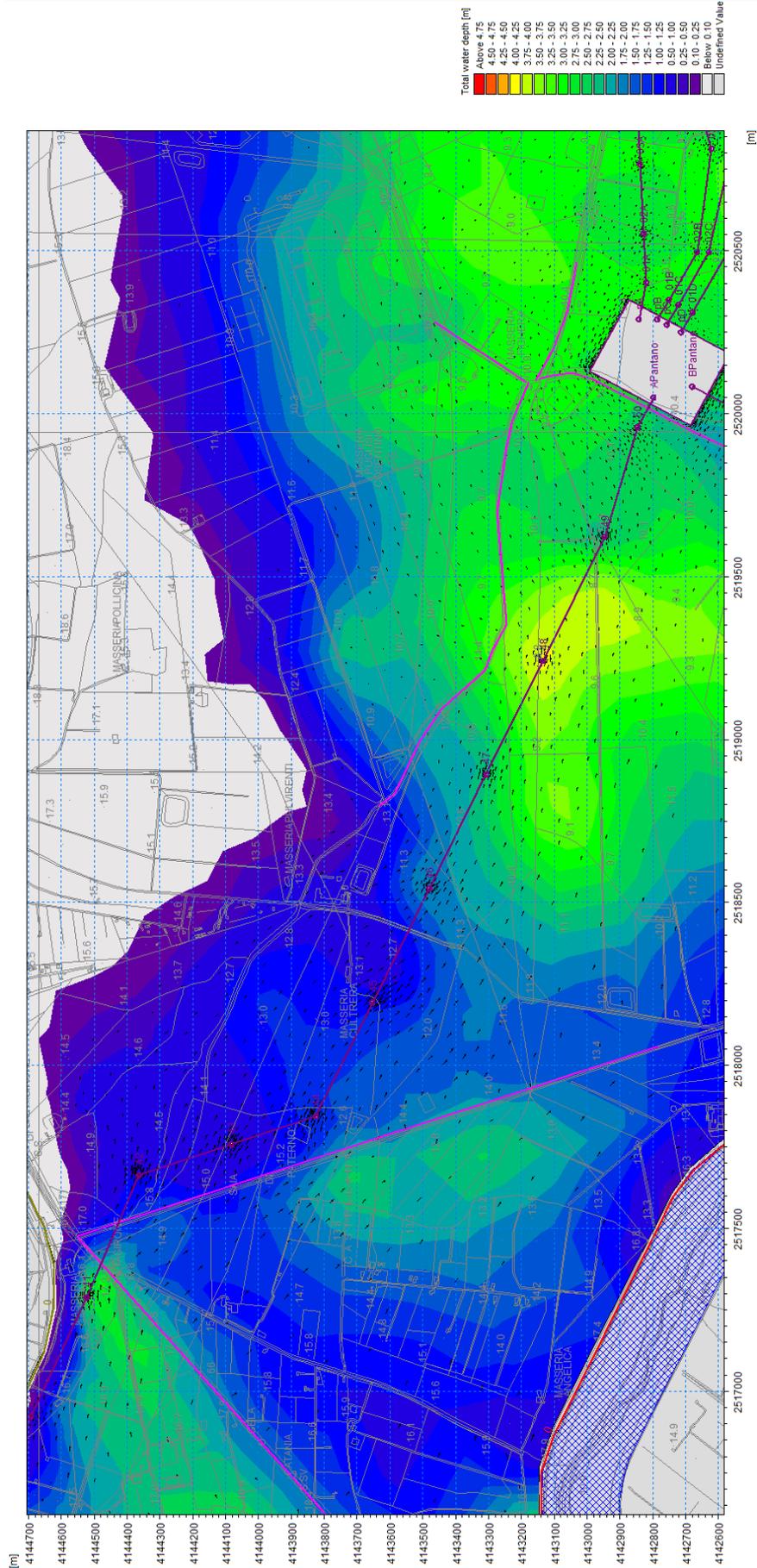


Figura 48: Dominio A post-operam: tiranti e campo di velocità al colmo di piena nella zona intorno ai sostegni da 42 a

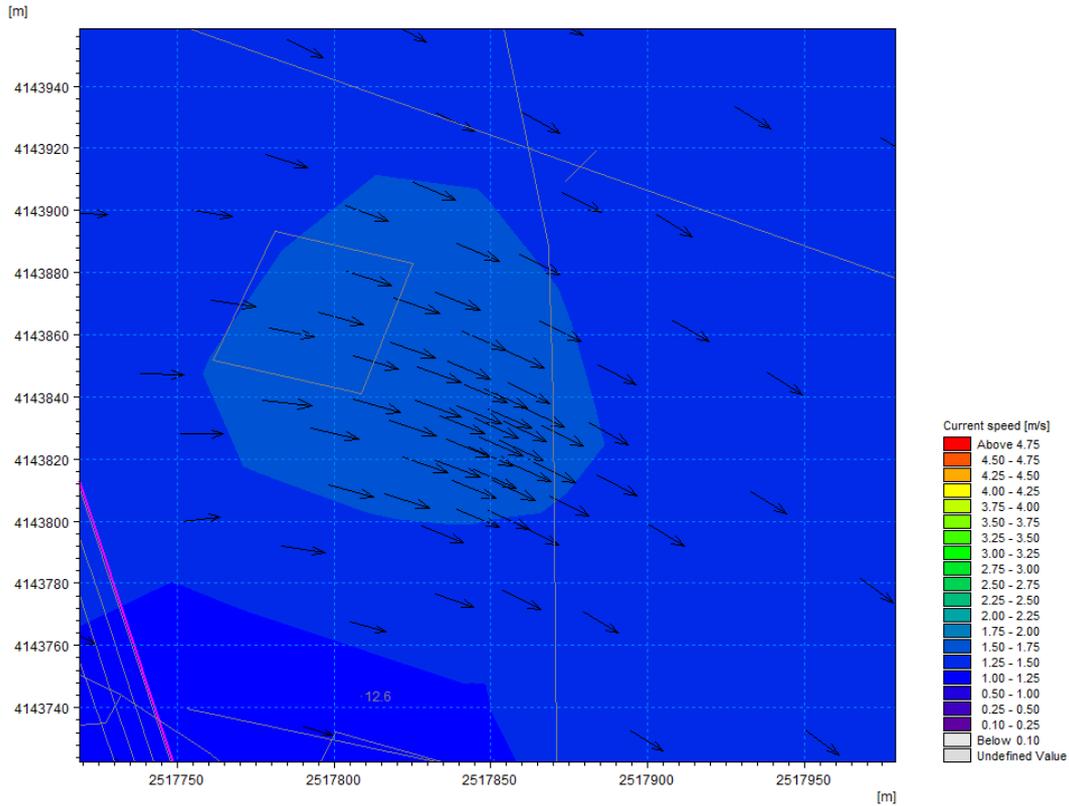


Figura 50: Dominio A ante-operam: campo di velocità nel sito del sostegno n° 44

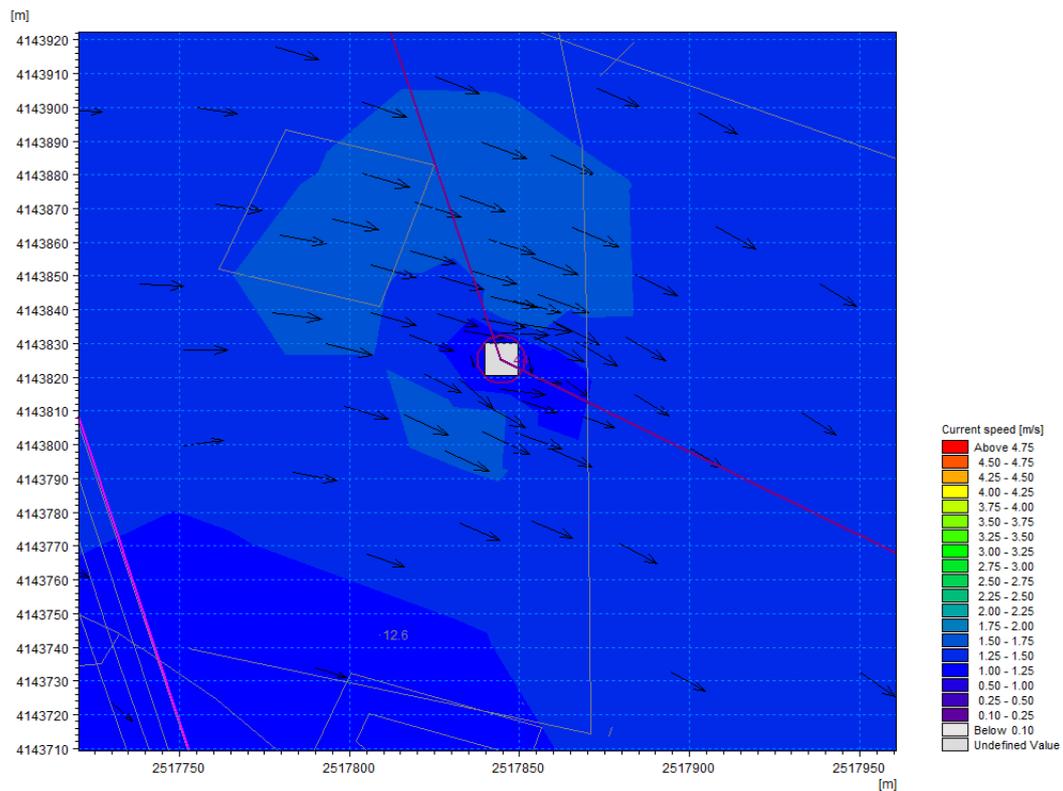


Figura 51: Dominio A post-operam: campo di velocità nel sito del sostegno n° 44

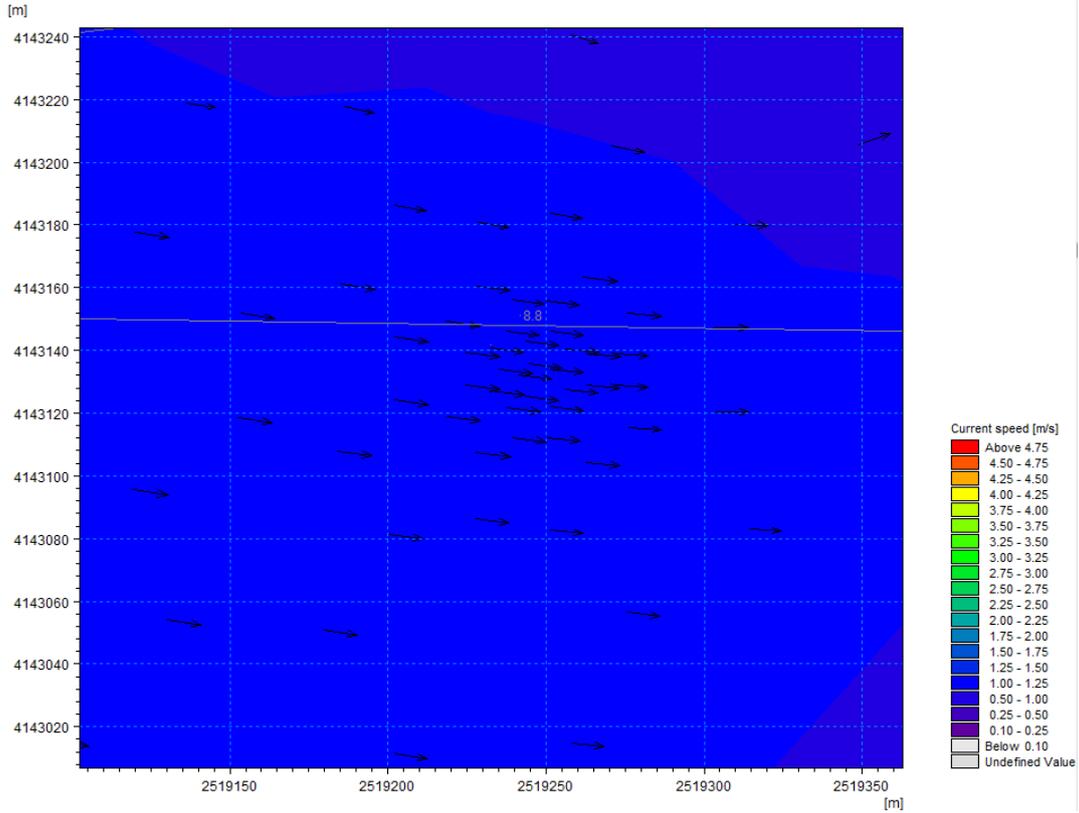


Figura 52: Dominio A ante-operam: campo di velocità nel sito del sostegno n° 48

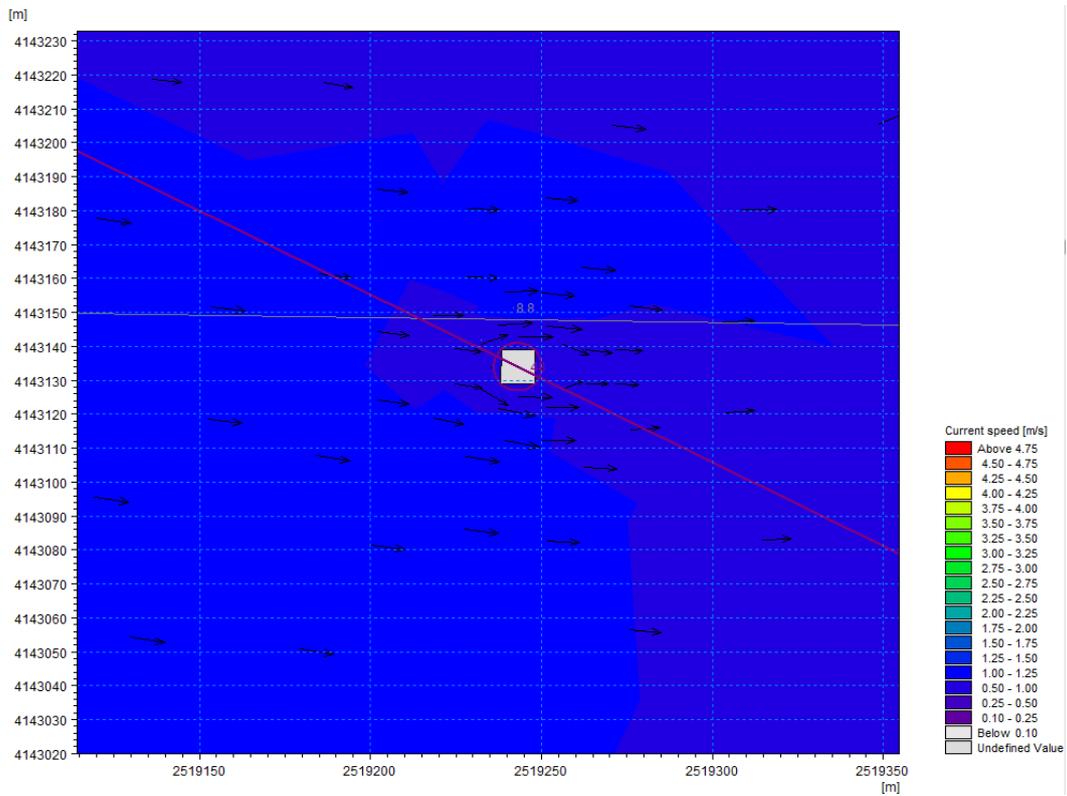


Figura 53: Dominio A post-operam: campo di velocità nel sito del sostegno n° 48

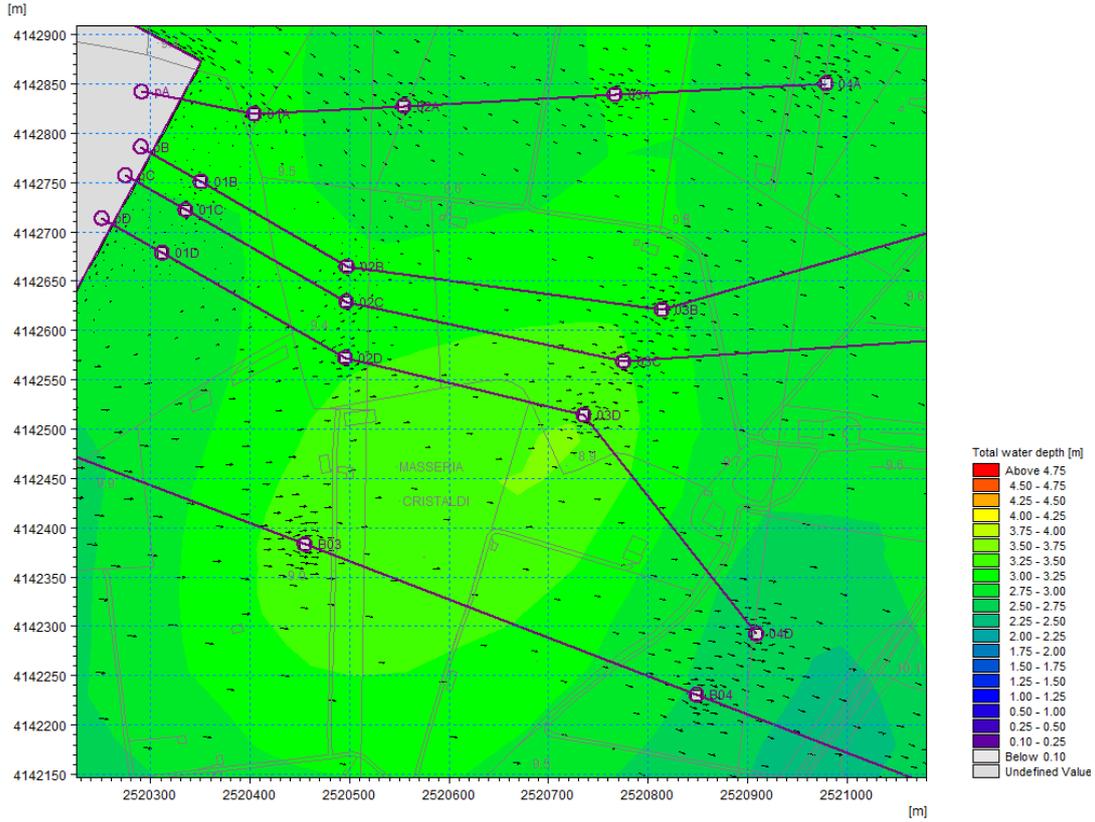


Figura 54: Dominio A post-operam: tiranti e campo di velocità a valle della stazione elettrica

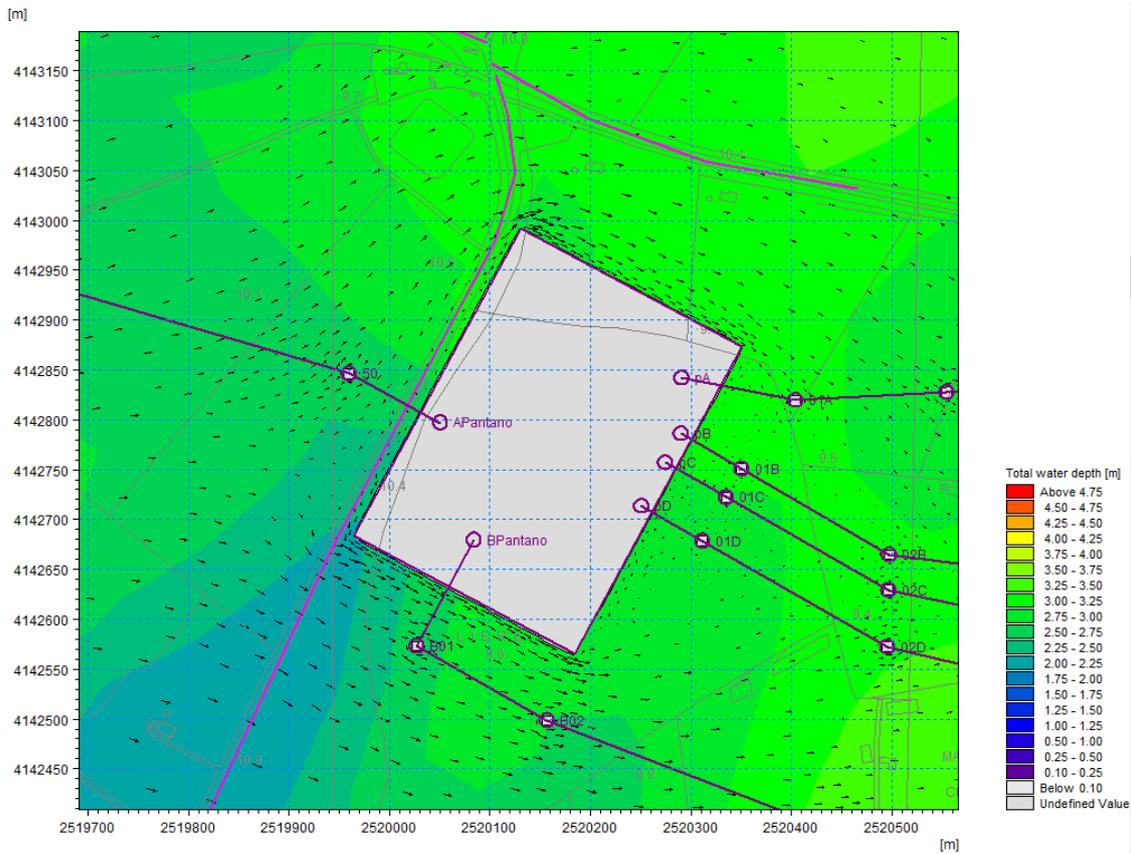


Figura 55: Dominio A post-operam: tiranti e campo di velocità intorno alla stazione elettrica

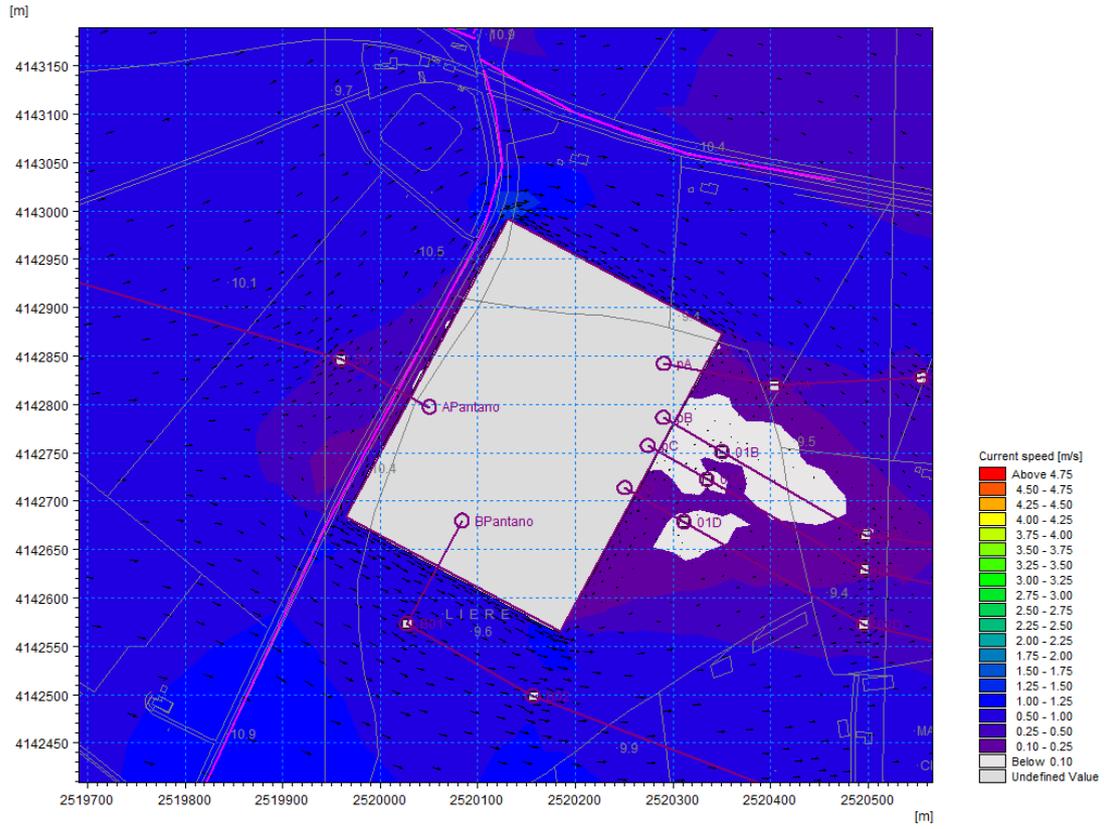


Figura 56: Dominio A post-operam: velocità e campo di moto intorno alla stazione elettrica

9.2 Simulazioni idrauliche per il dominio B: sostegni n° B15 e B16

Le simulazioni effettuate per il dominio di calcolo A hanno coperto un arco temporale di circa 30 ore, sufficiente a raggiungere (e superare) il colmo di tiranti idrici e velocità a seguito dell'esondazione conseguente alla piena ipotizzata.

Utilizzando un processore Pentium 4-core Intel Core i7 Q720 1.60 GHz clock, ciascuna simulazione è durata circa 1 ora. A intervalli di 30 minuti di tempo simulato è stato registrato il campo di moto complessivo nel dominio, comprendente, in particolare, le distribuzioni dei tiranti idrici e della velocità della corrente.

9.2.1 Scenario ante-operam

La Figura 57, Figura 58 e Figura 59 mostrano la distribuzione complessiva dei livelli idrici in due istanti durante il montare della piena e in un terzo istante corrispondente al colmo.

Si può osservare l'andamento complessivo dei volumi d'acqua che fuoriescono dall'argine destro del Dittaino e dall'argine sinistro del Gornalunga, procedendo in direzione del mare, restando contenuti entro gli argini del Simeto e del Gornalunga, e rientrando nell'alveo del Gornalunga stesso poco prima della confluenza nel Simeto.

La Figura 60 e Figura 61 riportano le distribuzioni complessive di tiranti e velocità della corrente, sempre al colmo di piena. Si nota anche l'effetto di regimazione dei rilevati disposti trasversalmente rispetto alla direzione della corrente (ferrovia Catania-Siracusa -Figura 62- e autostrada Catania-Siracusa -Figura 63) a monte dei quali si raggiungono in certi punti tiranti di circa 4 m.

Le velocità restano ovunque al di sotto dei 2 m/s, con l'eccezione di valori fino a 3 m/s a valle della ferrovia, lungo l'argine del Gornalunga, soprattutto in corrispondenza del sottopasso dell'autostrada (Figura 64 e Figura 65), superato il quale la corrente tende a rientrare nel Gornalunga. Infatti si hanno qui le più basse quote del terreno che favoriscono l'accumulo dei volumi idrici e la tracimazione dell'argine dall'esterno verso l'interno dell'alveo, come risulta evidente per esempio dal campo di velocità nella successiva Figura 71.

La portata complessiva in transito nel dominio nella direzione principale della corrente raggiunge al colmo i 3750 mc/s.

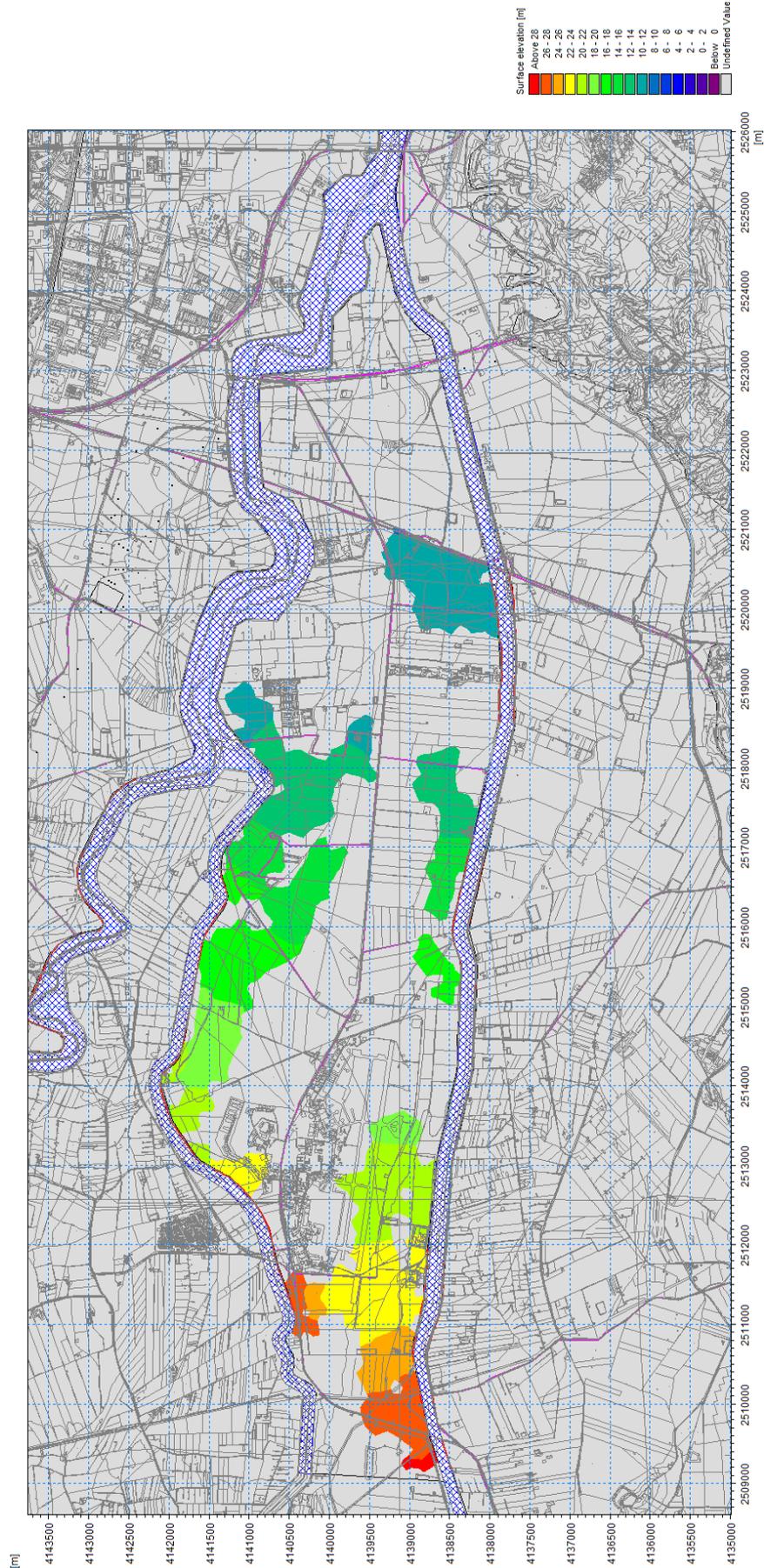


Figura 57: Dominio B ante-operam: distribuzione dei livelli idrici 2,5 ore dopo l'inizio della simulazione

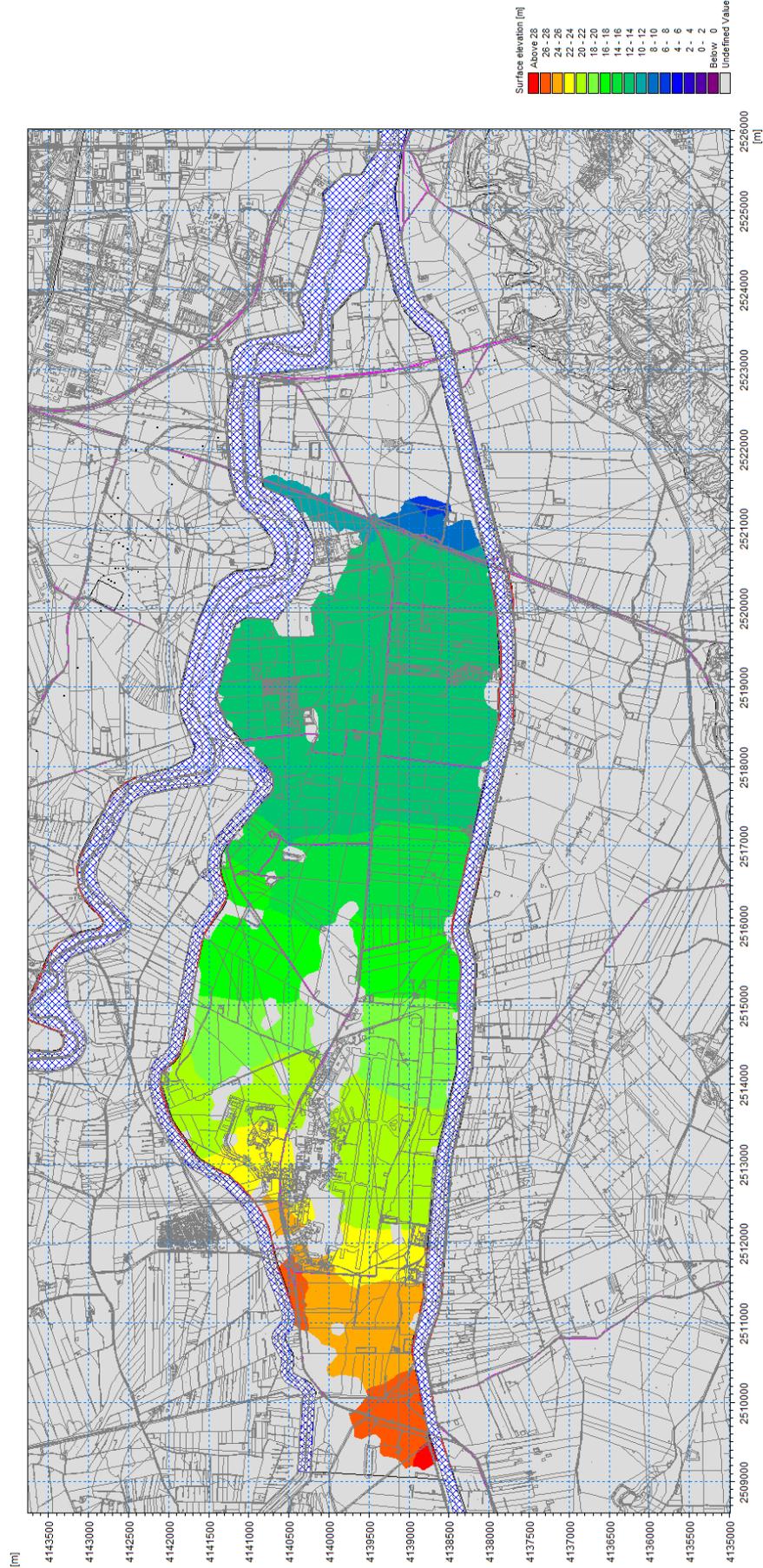


Figura 58: Dominio B ante-operam: distribuzione dei livelli idrici 6 ore dopo l'inizio della simulazione

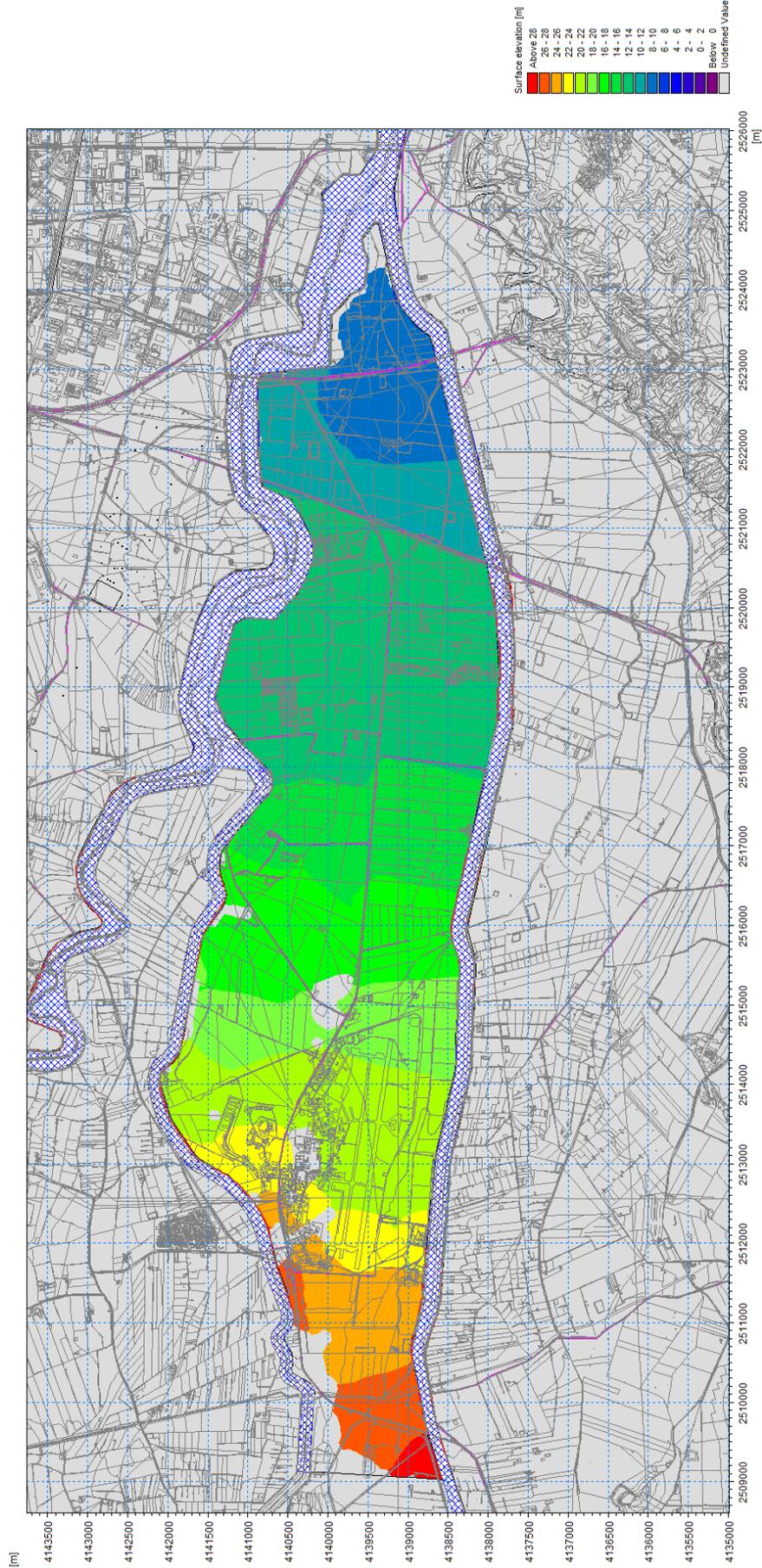


Figura 59: Dominio B ante-operam: distribuzione dei livelli idrici al colmo di piena

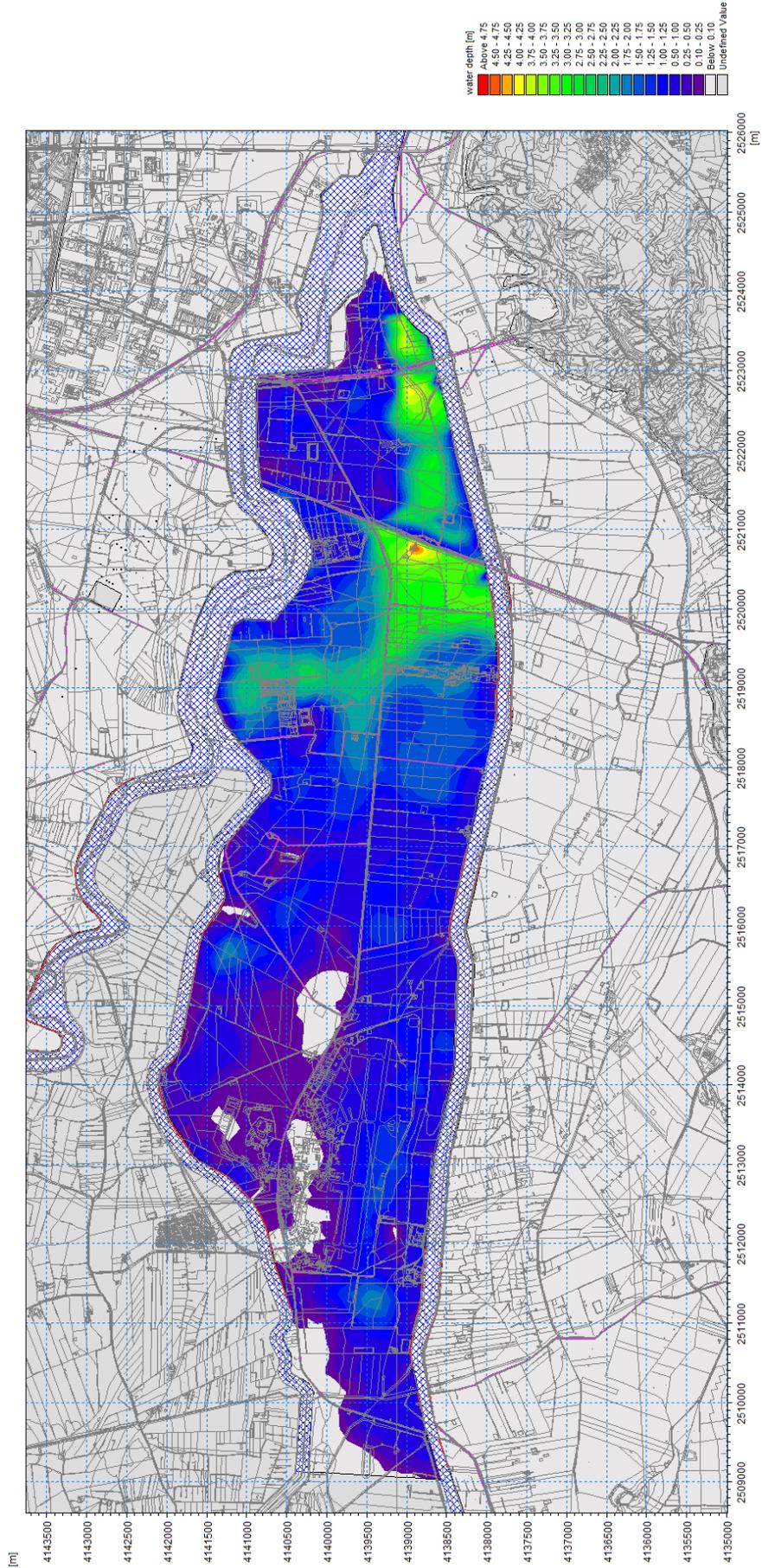


Figura 60: Dominio B ante-operam: distribuzione dei tiranti idrici al colmo di piena

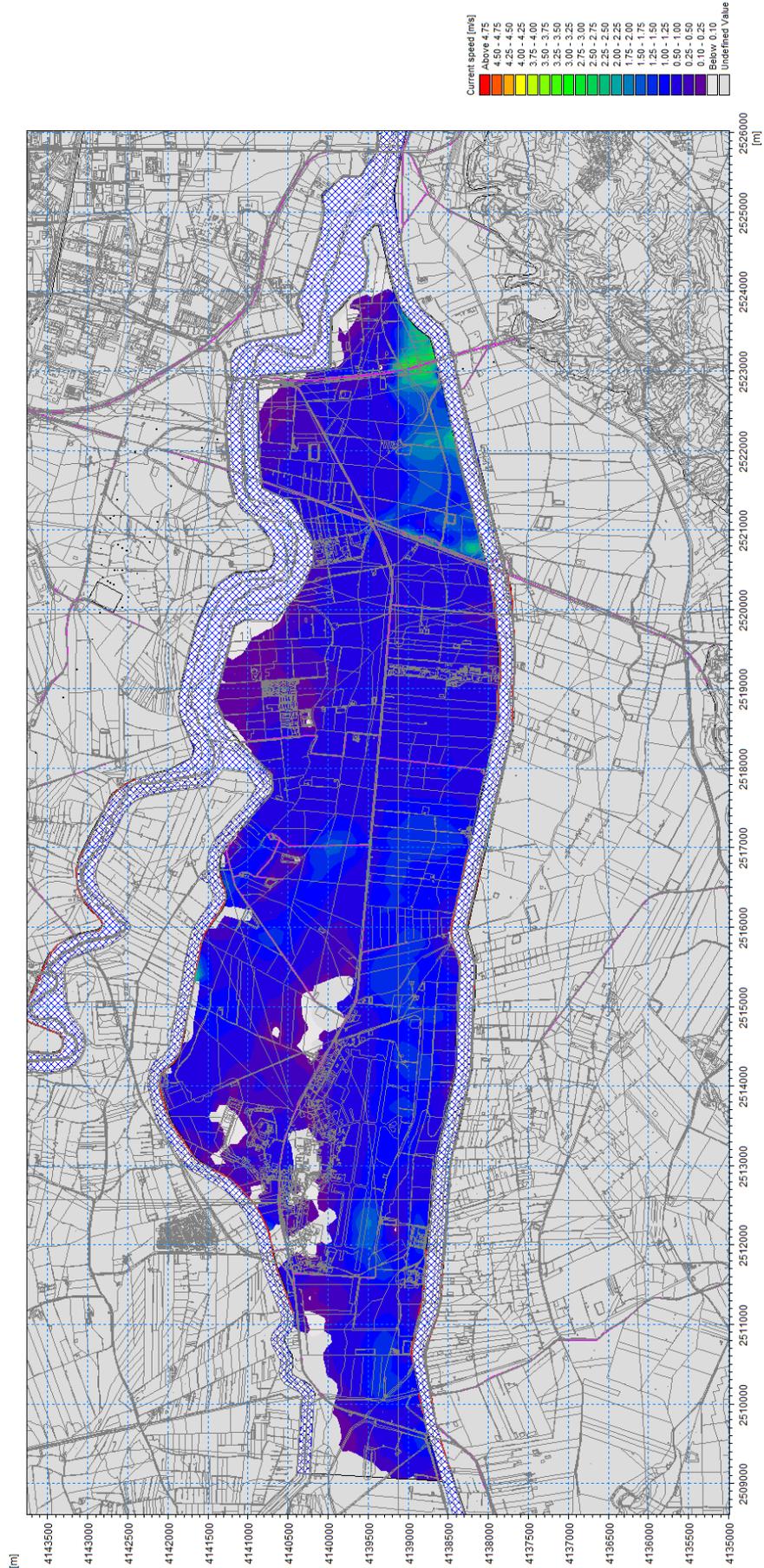


Figura 61: Dominio B ante-operam: distribuzione di velocità della corrente al colmo di piena



Figura 62: Rilevato della ferrovia Catania-Siracusa sulla destra, visto dal lato del mare, guardando verso Sud (da Google Earth)



Figura 63: Rilevato autostradale sulla sinistra, visto dal lato opposto al mare, guardando verso Sud (da Google Earth)

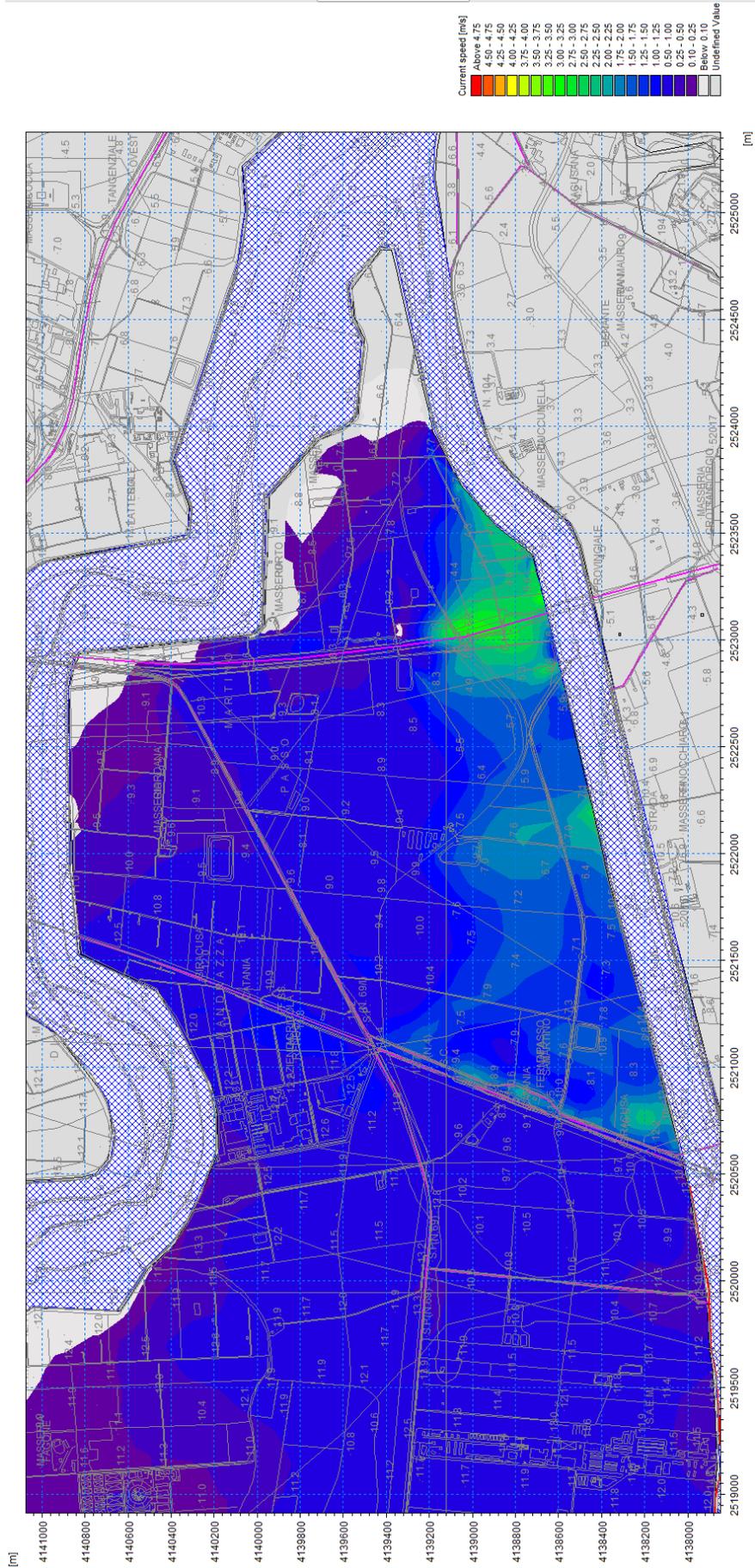


Figura 64: Dominio B ante-operam: velocità della corrente al colmo di piena (dettaglio)

9.2.2 Scenario post-operam

La dinamica complessiva di propagazione dei volumi idrici e le distribuzioni su larga scala di livelli, tiranti e velocità della corrente non vengono perturbate dalla presenza dell'infrastruttura in progetto, come ci si aspetta. Come esempio la Figura 66 mostra i tiranti idrici al colmo di piena, e non si notano differenze significative rispetto al caso *ante-operam*. Fra l'altro i sostegni sono dislocati all'estremità orientale del dominio di calcolo; il tronco di elettrodotto che attraversa il dominio B corre parallelamente all'autostrada Catania-Siracusa; l'autostrada in questo tratto è parte in viadotto e parte in rilevato.

La Figura 67 illustra distribuzione di tiranti e campo vettoriale di velocità nella porzione di dominio interessata dal tronco di elettrodotto che attraversa il dominio. Il reticolo di calcolo si infittisce in corrispondenza dei sostegni; è evidente l'effetto del rilevato stradale sul deflusso delle acque.

La Figura 69 e la Figura 70 inquadrano la parte del tronco di elettrodotto più vicina al Simeto (verso Nord per il dominio B). Si riscontra che i sostegni B10 e B11 sono marginalmente interessati dalla corrente, con altezze d'acqua fino a 1 m ma velocità dell'acqua trascurabili. I sostegni B12 e B13 sono circondati da correnti più evidenti, anche a causa dell'effetto del rilevato autostradale che dista una cinquantina di metri e, combinato con la pendenza del terreno, costringe il deflusso a procedere marcatamente da Nord a Sud, con velocità comunque inferiori a 1 m/s.

La Figura 71 e la Figura 72 inquadrano invece la parte del tronco di elettrodotto più vicina al Gornalunga (verso Sud per il dominio B). I sostegni B15 e B16 si affacciano su un tratto di autostrada che la corrente può sottopassare; in pratica quasi tutta la portata affluente da Ovest, fuoriuscita dagli argini a seguito dell'evento di piena ipotizzato, si incanala in questo sottopasso a ridosso dell'argine sinistro del Gornalunga stesso, dove le quote del terreno sono più basse. La velocità della corrente supera di poco i 3 m/s nel restringimento sotto l'autostrada, mentre è compresa fra 1.0 e 1.5 m/s intorno ai sostegni B15 e B16. Qui la profondità dell'acqua non supera comunque i 3 m. (I massimi tiranti di 4 m circa si riscontrano invece in qualche punto a ridosso del rilevato ferroviario, assai distante dal tracciato dell'elettrodotto.)

Mettendo a confronto il campo di moto ante e post-operam intorno a questi ultimi (Figura 73 e Figura 74), risulta evidente che le perturbazioni di velocità dovute alla presenza dei sostegni sono diminuzioni localizzate non superiori al 30% e si esauriscono nel raggio di qualche decina di metri. Le variazioni di altezza d'acqua risultano invece inferiori al 10%. Si ricorda che l'ingombro dei sostegni è stato ipotizzato 10 m X 10 m in via cautelativa.

Un effetto a maggior ragione ancor più trascurabile sul deflusso delle acque si presenta per gli altri sostegni B10, B11, B12, B13 e B14, formalmente non oggetto di attenzione ma comunque presi in considerazione nel modello idraulico che considera gli effetti potenziali dell'intera infrastruttura di trasmissione. Si rimarca inoltre che non si evidenziano perturbazioni reciproche fra sostegni in relazione

al deflusso delle acque. Si ricorda che le portate affluenti nel dominio, e di conseguenza i tiranti idrici, risultano esagerati a causa delle ipotesi semplificative ma sicuramente cautelative adottate (Cap. 6).

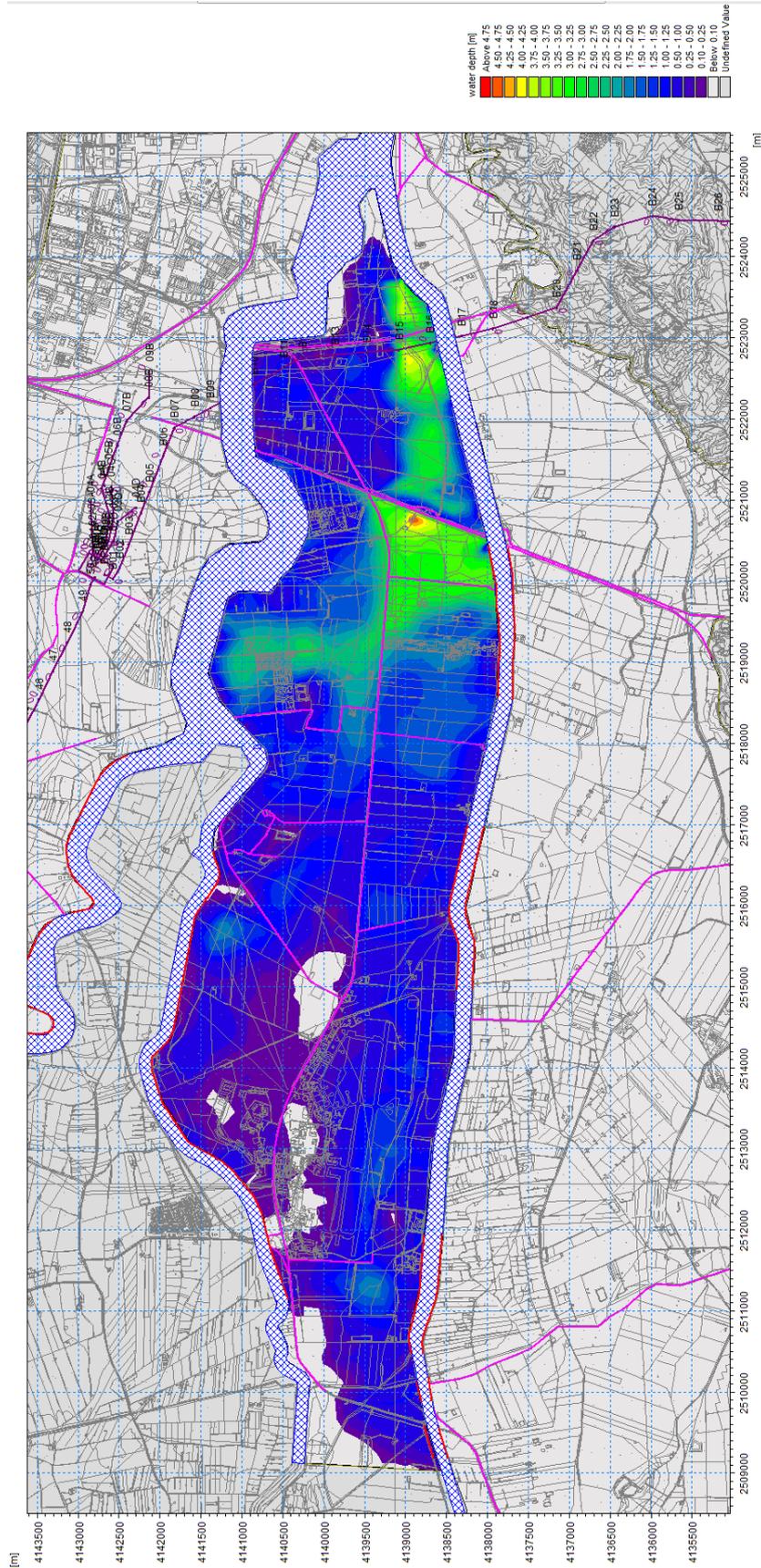


Figura 66: Dominio B post-operam: distribuzione dei tiranti idrici al colmo di piena

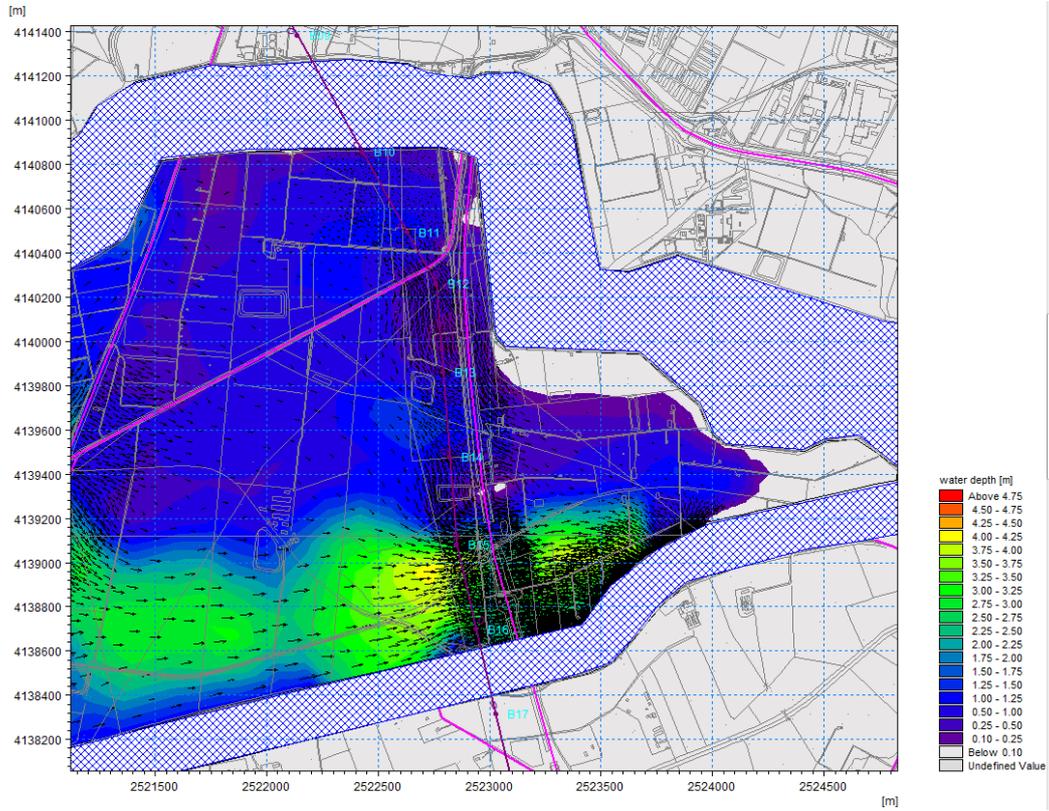


Figura 67: Dominio B post-operam: tiranti e campo di velocità al colmo di piena nella zona intorno ai sostegni oggetto di attenzione.

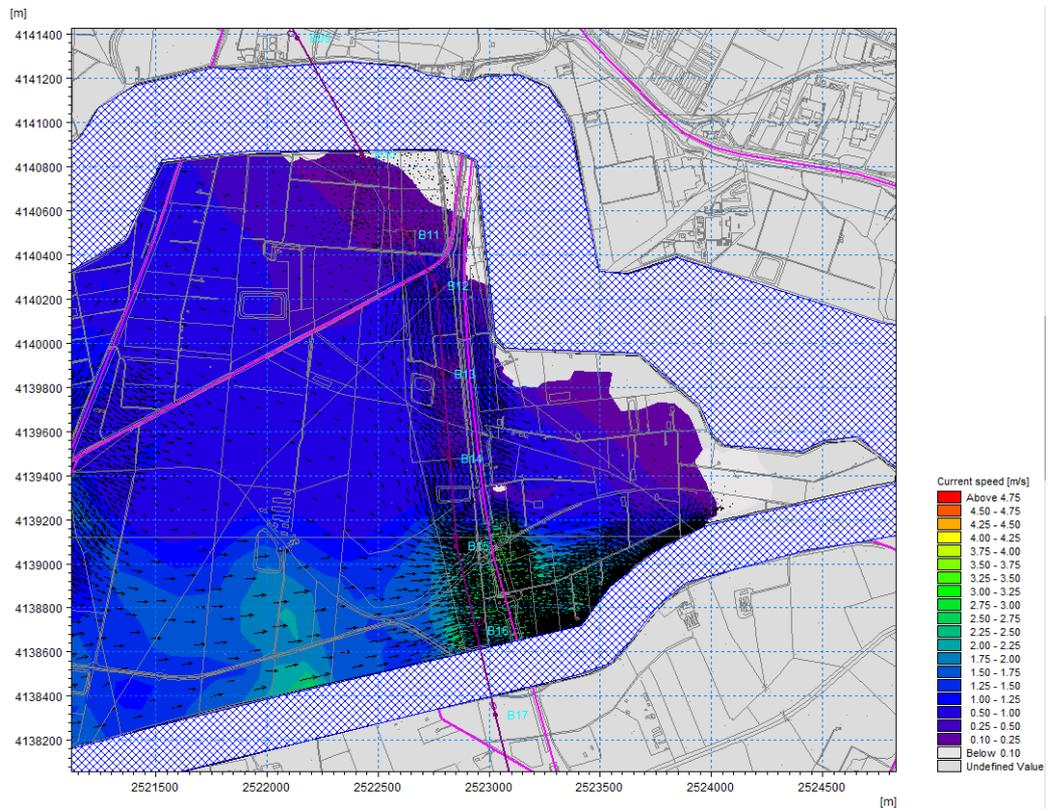


Figura 68: Dominio B post-operam: velocità della corrente e relativo campo vettoriale al colmo di piena nella zona intorno ai sostegni oggetto di attenzione.

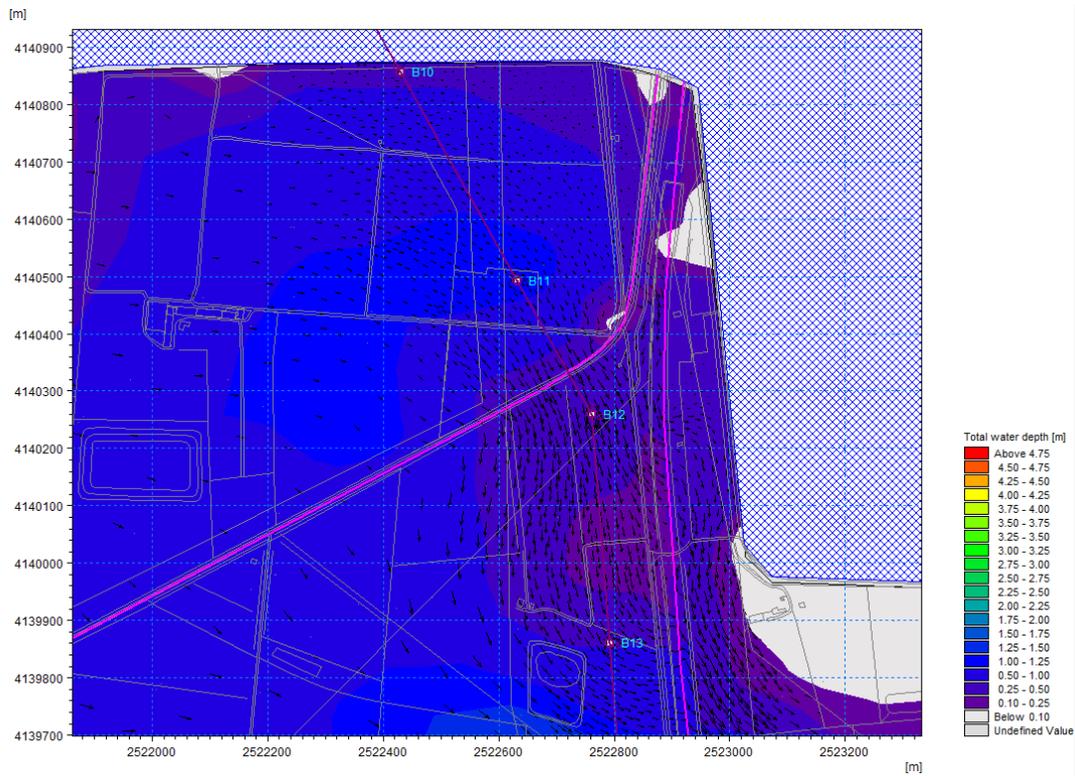


Figura 69: Dominio B post-operam: tiranti e campo di velocità al colmo di piena nella zona intorno ai sostegni B10, B11, B12 e B13.

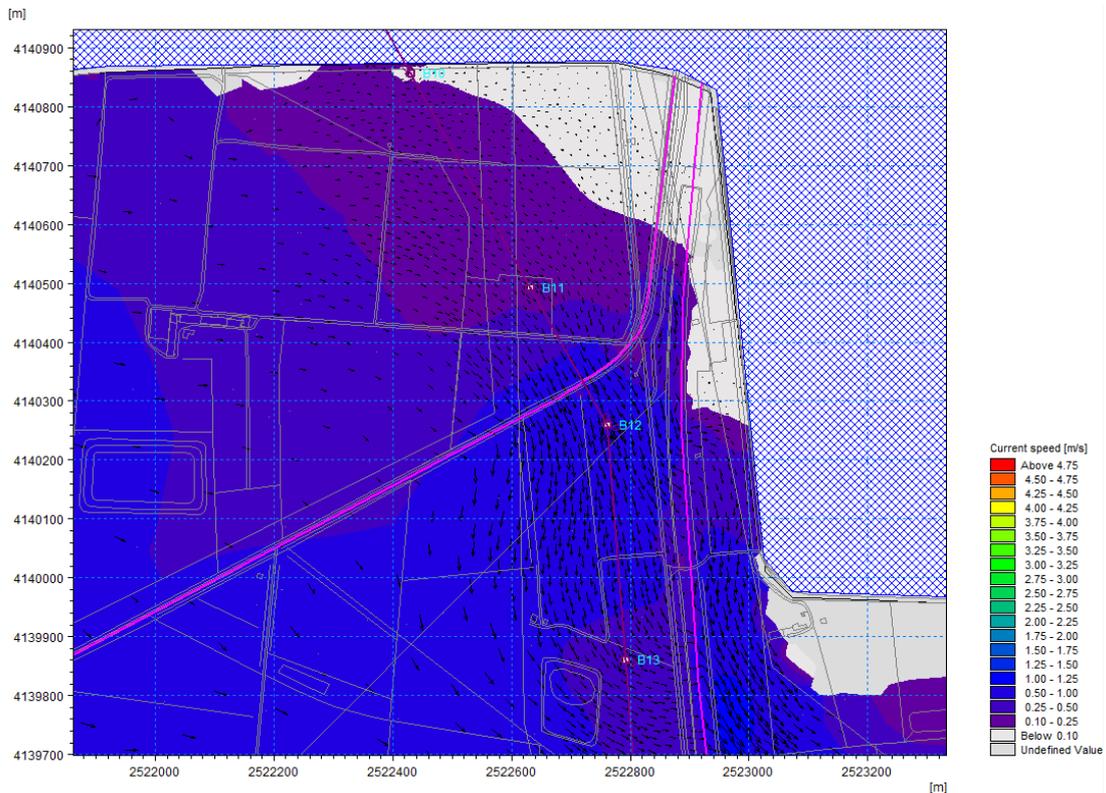


Figura 70: Dominio B post-operam: : velocità della corrente e relativo campo vettoriale al colmo di piena nella zona intorno ai sostegni B10, B11, B12 e B13.

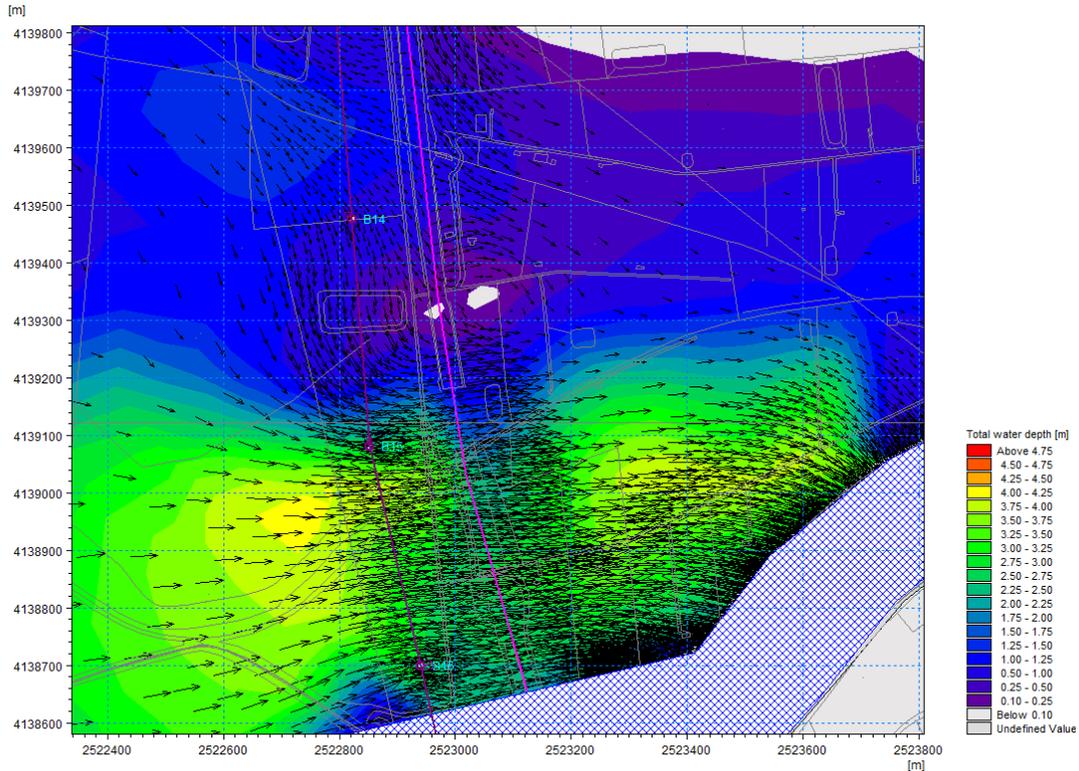


Figura 71: Dominio B post-operam: tiranti e campo di velocità al colmo di piena nella zona intorno ai sostegni B14, B15 e B16.

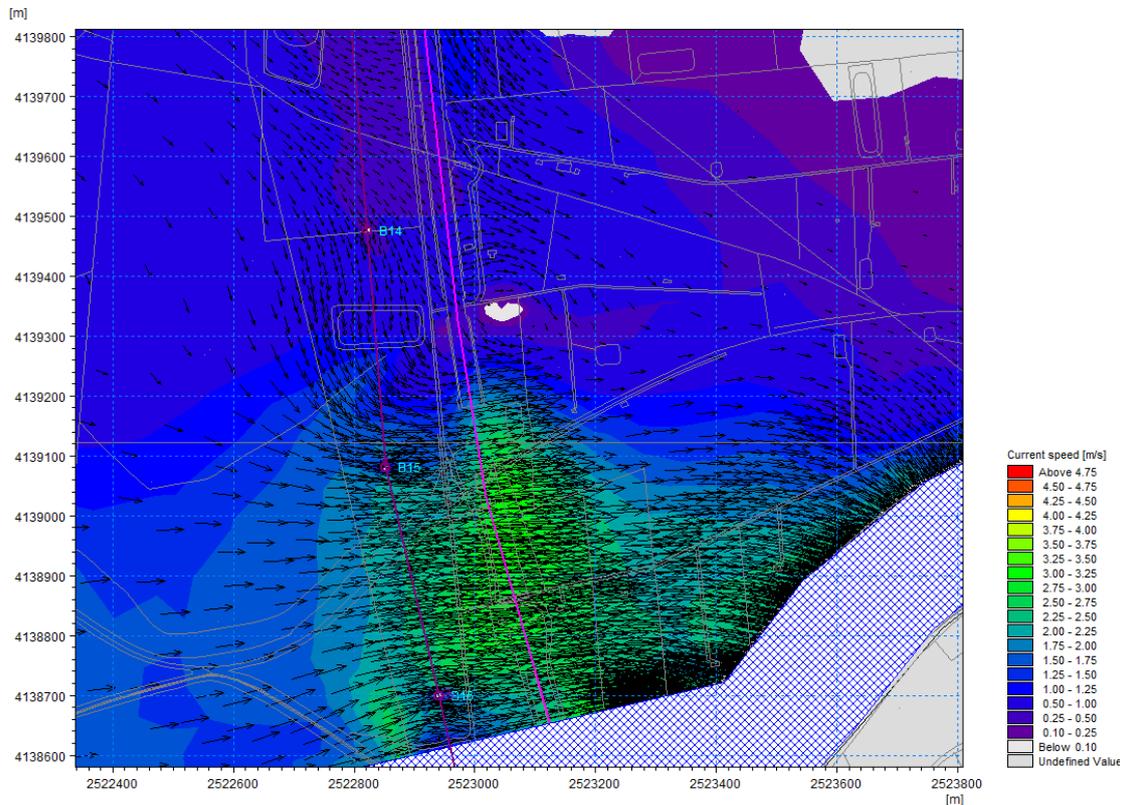


Figura 72: Dominio B post-operam: : velocità della corrente e relativo campo vettoriale al colmo di piena nella zona intorno ai sostegni B14, B15 e B16.

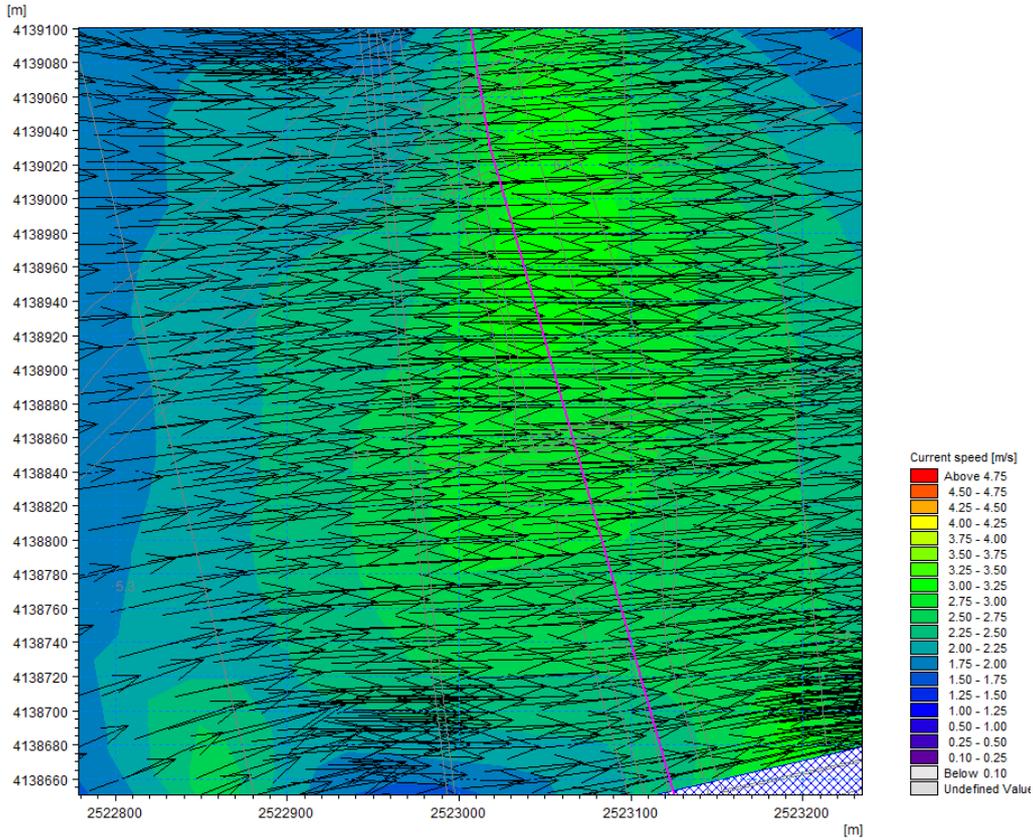


Figura 73: Dominio B ante-operam: campo di velocità nei siti dei sostegni n° B15 e B16

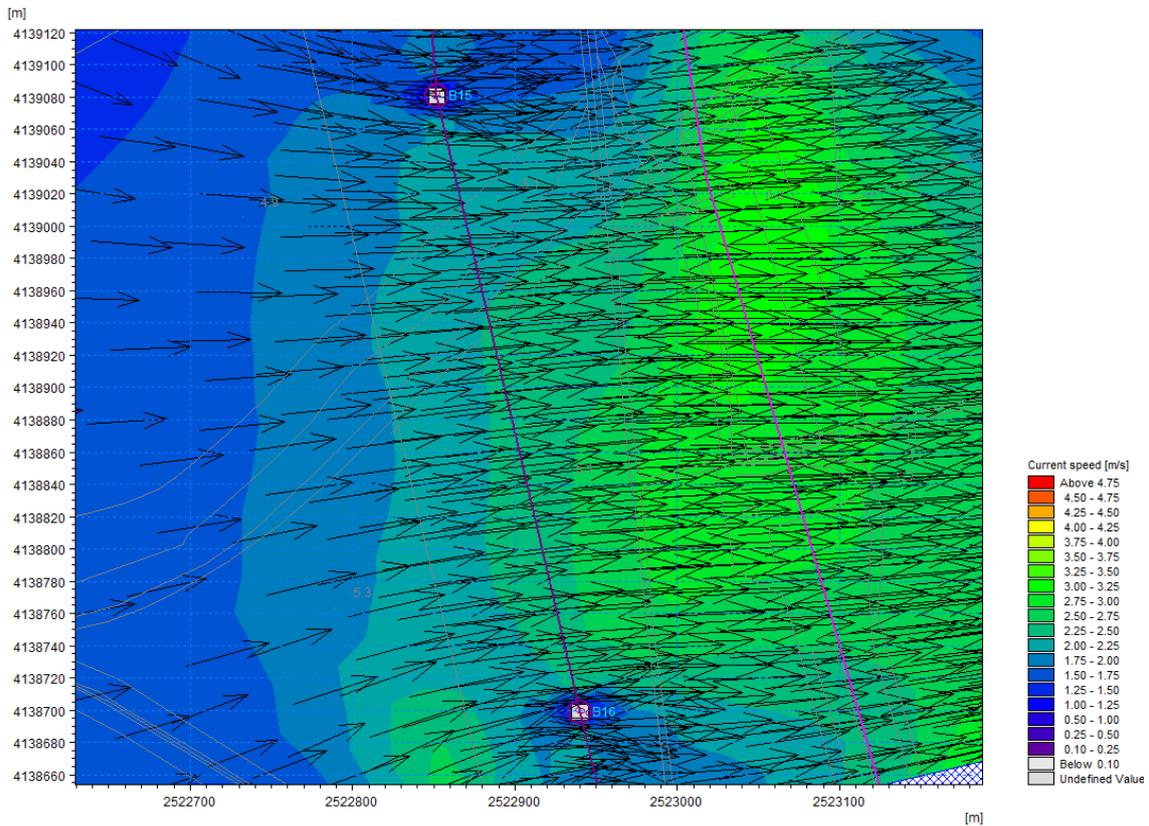


Figura 74: Dominio B post-operam: campo di velocità nei siti dei sostegni n° B15 e B16

9.3 Simulazioni idrauliche per il dominio C: sostegni n° B17, B18 e B19

Le simulazioni effettuate per il dominio di calcolo C hanno coperto un arco temporale di circa 30 ore, sufficiente a raggiungere (e superare) il colmo di tiranti idrici e velocità a seguito dell'esondazione conseguente alla piena ipotizzata.

Utilizzando un processore Pentium 4-core Intel Core i7 Q720 1.60 GHz clock, ciascuna simulazione è durata circa 1 ora e mezza. A intervalli di 30 minuti di tempo simulato è stato registrato il campo di moto complessivo nel dominio, comprendente, in particolare, le distribuzioni dei tiranti idrici e della velocità della corrente.

9.3.1 Scenario ante-operam

La Figura 75, Figura 76 e Figura 77 mostrano la distribuzione complessiva dei livelli idrici in due istanti durante il montare della piena e in un terzo istante corrispondente al colmo. Si può osservare l'andamento complessivo dei volumi d'acqua che fuoriescono dall'argine destro del Gornalunga, procedendo in direzione del mare, restando contenuti entro l'argine del Gornalunga stesso ed i rilievi presenti nella parte meridionale del dominio.

La Figura 78 e la Figura 79 riportano le distribuzioni complessive di tiranti e velocità della corrente, sempre al colmo di piena. Si nota anche l'effetto di regimazione dei rilevati disposti trasversalmente rispetto alla direzione della corrente (fra cui la ferrovia Catania-Siracusa che attraversa completamente il dominio e che costituisce la principale barriera al libero deflusso delle acque) a monte dei quali si raggiungono in certi punti tiranti di 4-5 m. La piena a lungo andare raggiunge il mare dopo aver superato la sezione più stretta compresa fra l'autostrada e la SS 114 in località Primosole.

La Figura 80 riporta in dettaglio altezze d'acqua e campo di moto a ridosso della ferrovia (Figura 81); questa insiste su numerose luci di alcuni metri quadrati di sezione distribuite su tutta la lunghezza, oltre a un ponte più ampio all'estremità Sud (Figura 82) per consentire il passaggio del canale Benante e dove si indirizza una frazione significativa dei volumi idrici.

La Figura 83 riporta in dettaglio altezze d'acqua e campo di moto a ridosso dell'autostrada, ove è localizzato il tronco di elettrodotto in progetto che attraversa il dominio. L'autostrada, parte in viadotto e parte in rilevato, insieme a una strada secondaria nelle vicinanze, condiziona marcatamente il deflusso delle acque (Figura 84, Figura 85, Figura 86 e Figura 87).

Le velocità restano ovunque al di sotto di 1.5 m/s, con alcune eccezioni localizzate.

La portata complessiva in transito nel dominio nella direzione principale della corrente raggiunge al colmo valori poco inferiori a 2000 mc/s.

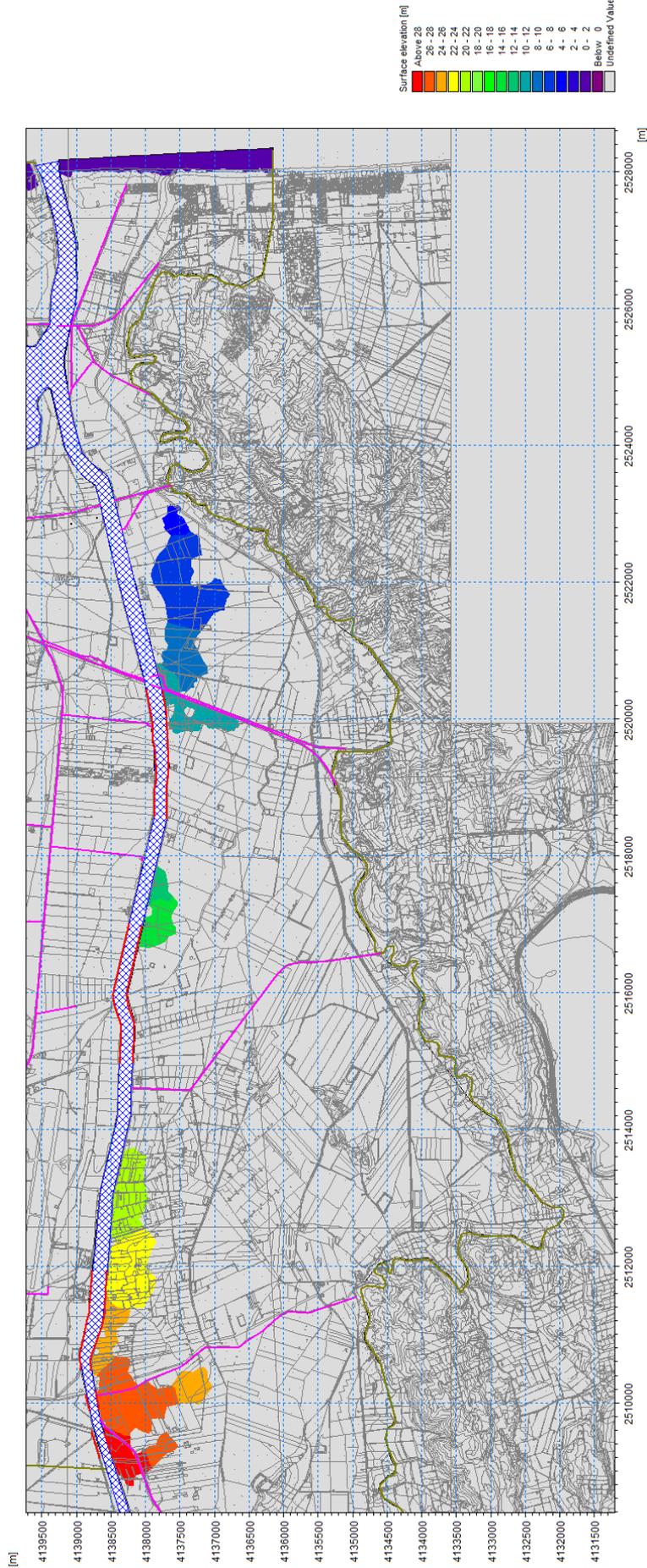


Figura 75: Dominio C ante-operam: distribuzione dei livelli idrici 2 ore dopo l'inizio della simulazione

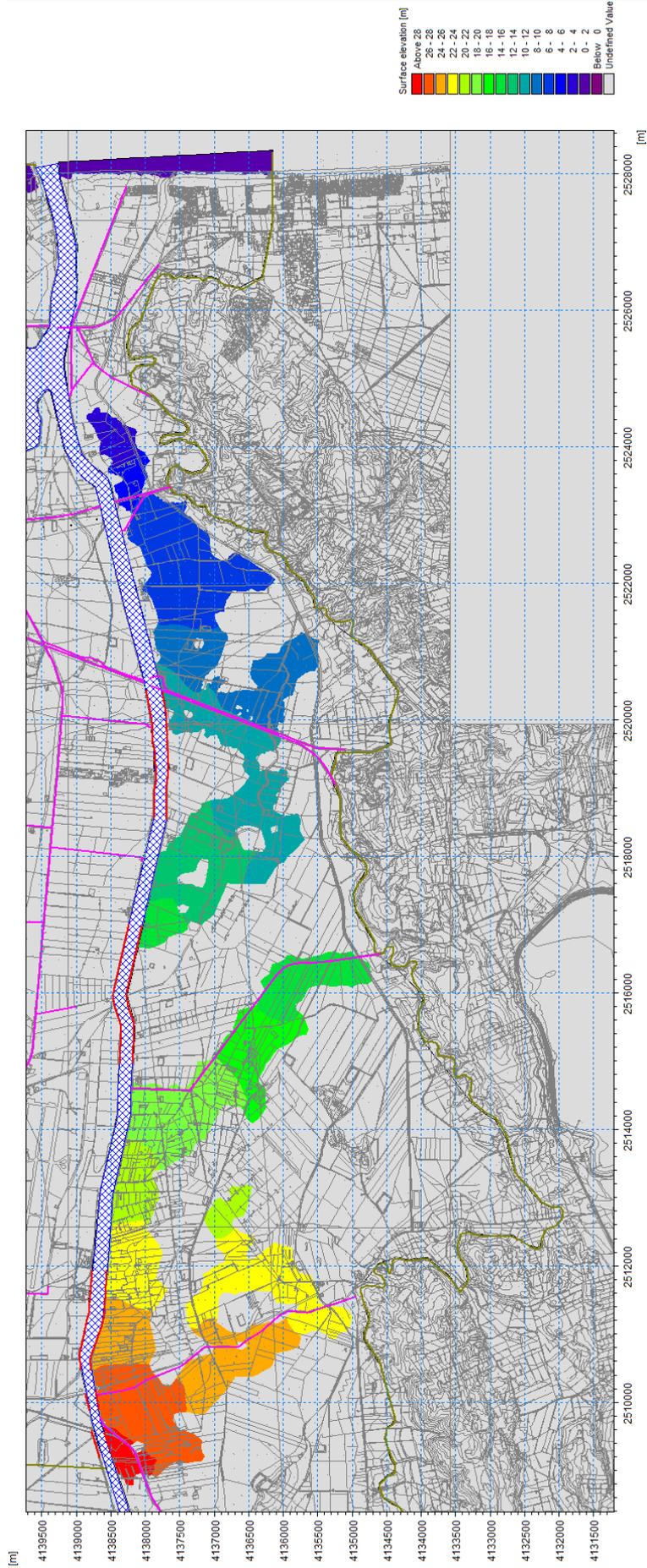


Figura 76: Dominio C ante-operam: distribuzione dei livelli idrici 4 ore dopo l'inizio della simulazione

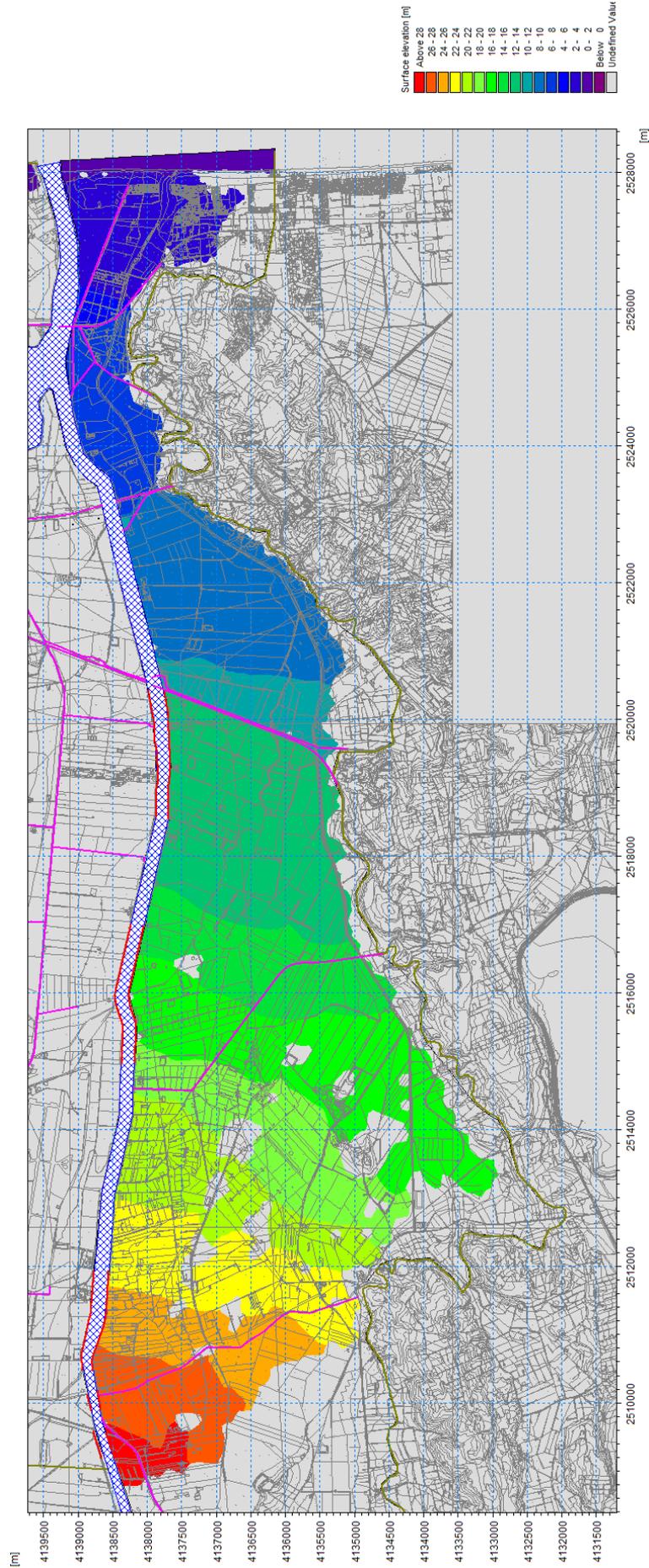


Figura 77: Dominio C ante-operam: distribuzione dei livelli idrici al colmo di piena

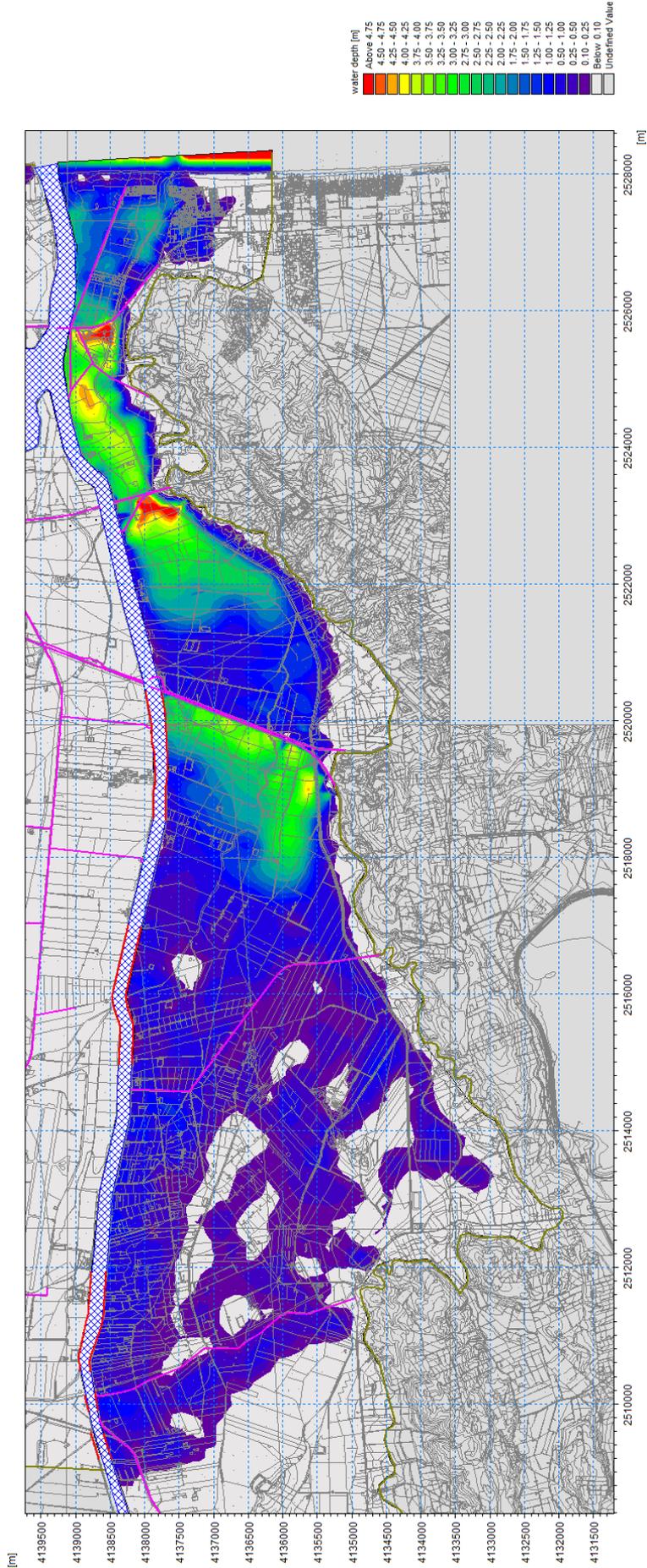


Figura 78: Dominio C ante-operam: distribuzione dei tiranti idrici al colmo di piena

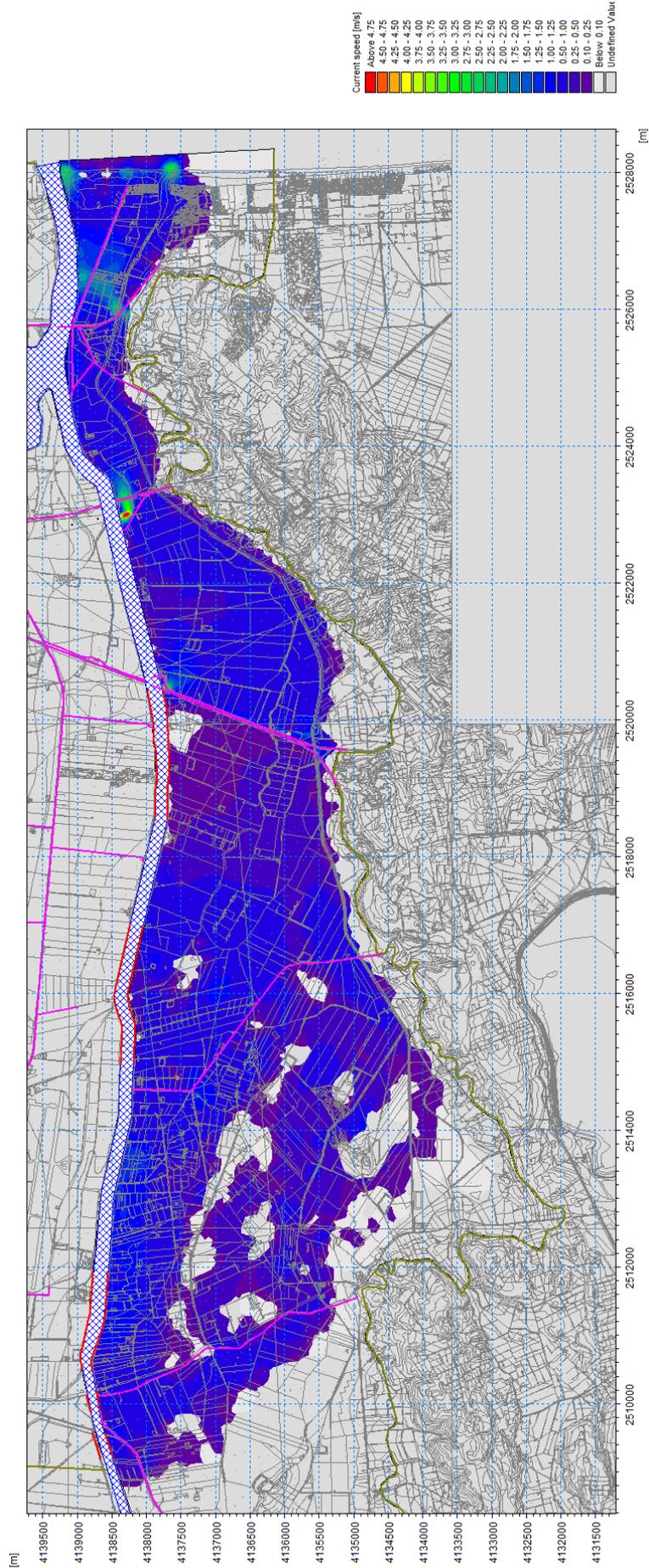


Figura 79: Dominio C ante-operam: distribuzione di velocità della corrente al colmo di piena

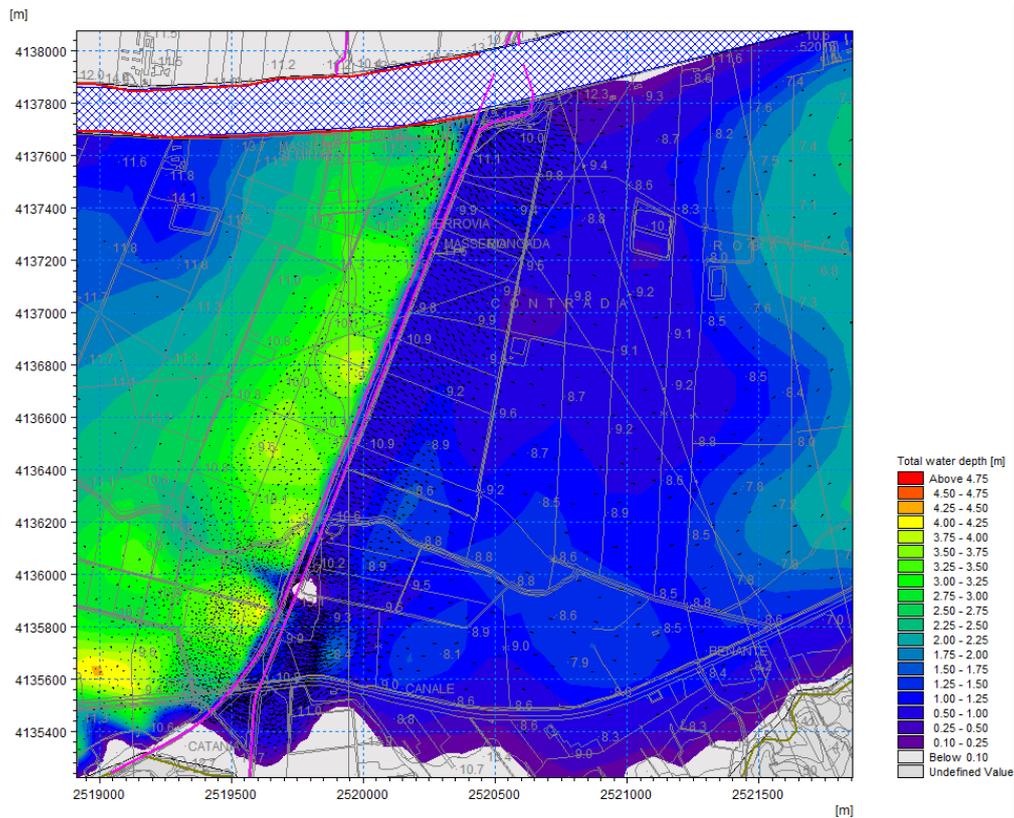


Figura 80: Dominio C ante-operam: tiranti e campo di moto al colmo di piena (dettaglio ferrovia)



Figura 81: Ferrovia Catania-Siracusa, vista verso Sud dal passaggio a livello sull'argine destro del Gornalunga



Figura 82: Ferrovia Catania-Siracusa: ponte sul canale Benante visto da valle

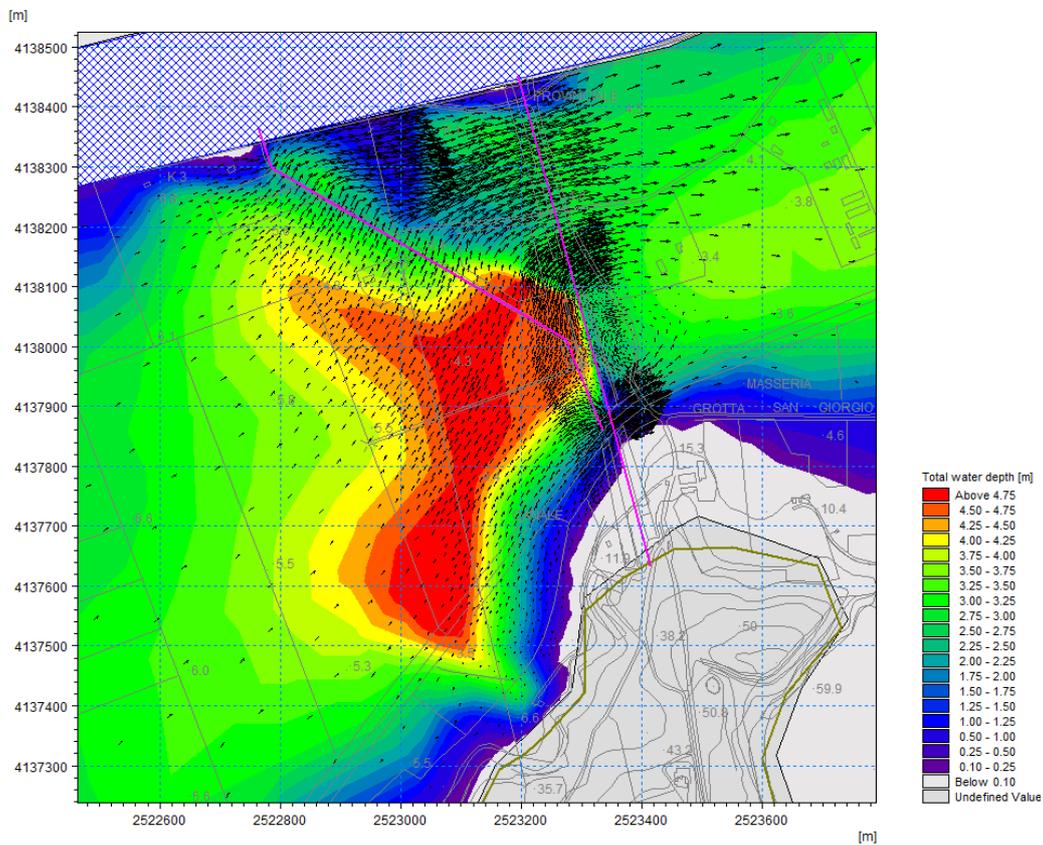


Figura 83: Dominio C ante-operam: tiranti e campo di moto al colmo di piena (dettaglio autostr.)



Figura 84: Autostrada A18 vista da Ovest



Figura 85: Autostrada A18 vista da Ovest: ponte sul canale Benante (a Sud)



Figura 86: Autostrada A18 vista da Ovest:luci secondarie circolari e sottopasso stradale



Figura 87: Autostrada A18 vista da Ovest: tratto su viadotto (a Nord)

9.3.2 Scenario ante-operam

La dinamica complessiva di propagazione dei volumi idrici e le distribuzioni su larga scala di livelli, tiranti e velocità della corrente non vengono perturbate dalla presenza dell'infrastruttura in progetto, come ci si aspetta. Come esempio la Figura 88 mostra i tiranti idrici al colmo di piena, e non si notano differenze significative rispetto al caso *ante-operam*. Il tronco di elettrodotto che attraversa il dominio C corre parallelamente all'autostrada Catania-Siracusa; l'autostrada in questo tratto è parte in viadotto e parte in rilevato.

La Figura 89 illustra distribuzione di tiranti e campo vettoriale di velocità nella porzione di dominio interessata dal tronco di elettrodotto che attraversa il dominio. Il reticolo di calcolo si infittisce in corrispondenza dei sostegni; è evidente l'effetto del rilevato stradale sul deflusso delle acque.

La Figura 90 e Figura 91 inquadrano il sito del sostegno B17, il più vicino al Gornalunga (verso Nord per il dominio C). Si tratta di una porzione di dominio con velocità relativamente elevate (fino a 5 m/s) a causa della presenza di strutture e di pendenze localizzate non trascurabili rispetto a quelle mediamente presenti nell'area di studio complessiva. Comunque l'effetto del sostegno sulla corrente rispetto al caso indisturbato (*ante-operam*) è spazialmente limitato a poche decine di metri ed è costituito da rallentamenti della corrente molto localizzati e da trascurabili interferenze sui valori di altezza d'acqua.

La Figura 92 e la Figura 93 inquadrano invece il sito del sostegno B18, ubicato in una zona con profondità fra le più elevate, di poco inferiori ai 5 m, dovute agli effetti combinati della morfologia del terreno e della presenza del rilevato autostradale poco distante. Le velocità sono molto modeste, intorno a 0.5 m/s. L'effetto del sostegno sul deflusso è trascurabile; tranne che per pochi metri intorno al suo perimetro in cui naturalmente il campo di moto risulta deviato.

Si ricorda che l'ingombro dei sostegni è stato ipotizzato 10 m X 10 m in via cautelativa.

Il sostegno B19 si trova al limitare dell'area bagnata secondo il modello, non interferisce quindi con il deflusso delle acque. Se anche venisse bagnato a causa di dettagli sfuggiti al modello numerico, l'effetto sulla corrente sarebbe sicuramente trascurabile.

Si ricorda che le portate affluenti nel dominio, e di conseguenza i tiranti idrici, risultano esagerati a causa delle ipotesi semplificative ma sicuramente cautelative adottate (Cap. 6).

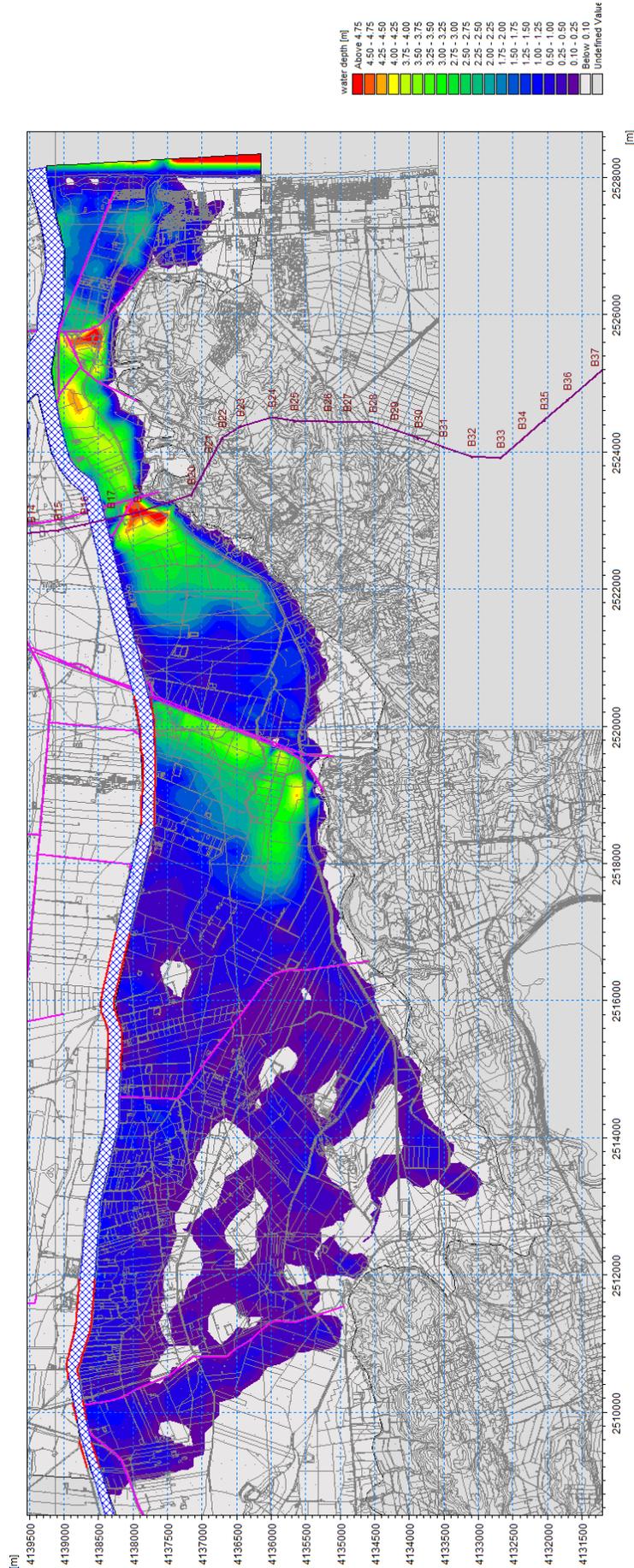


Figura 88: Dominio C post-operam: distribuzione dei tiranti idrici al colmo di piena

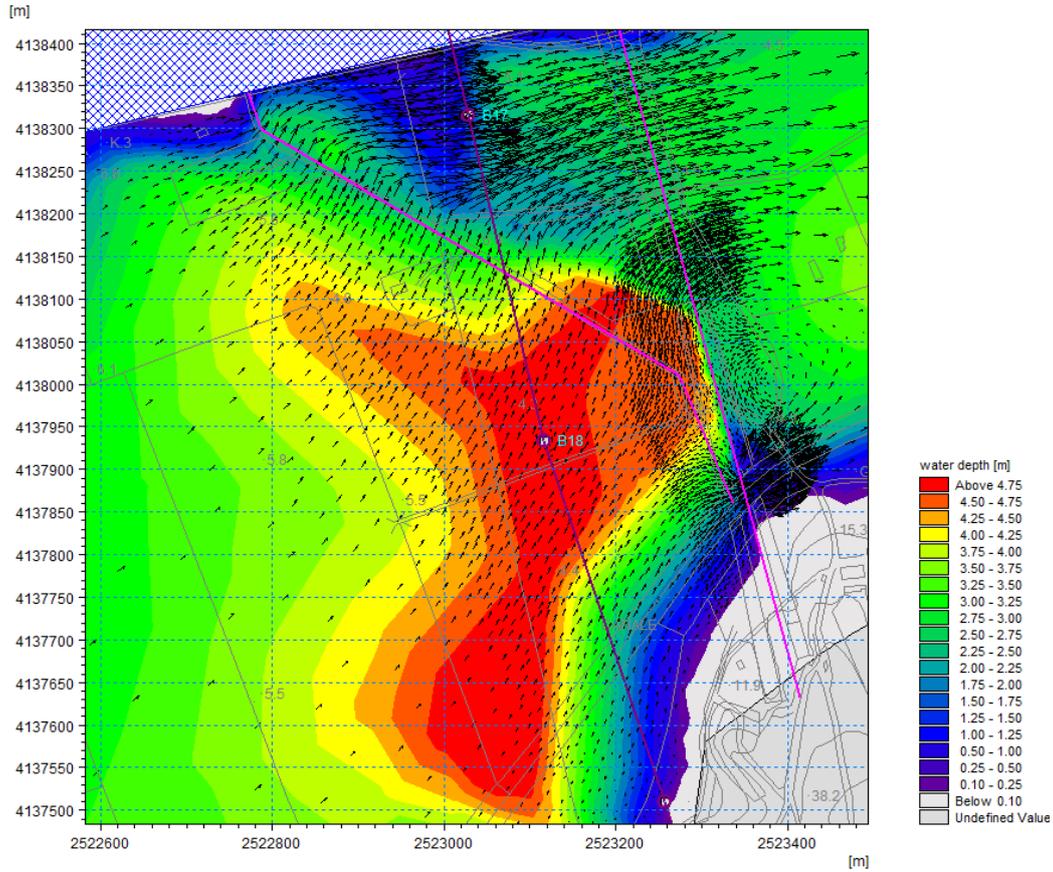


Figura 89: Dominio C post-operam: tiranti e campo di velocità al colmo di piena nella zona intorno ai sostegni oggetto di attenzione.

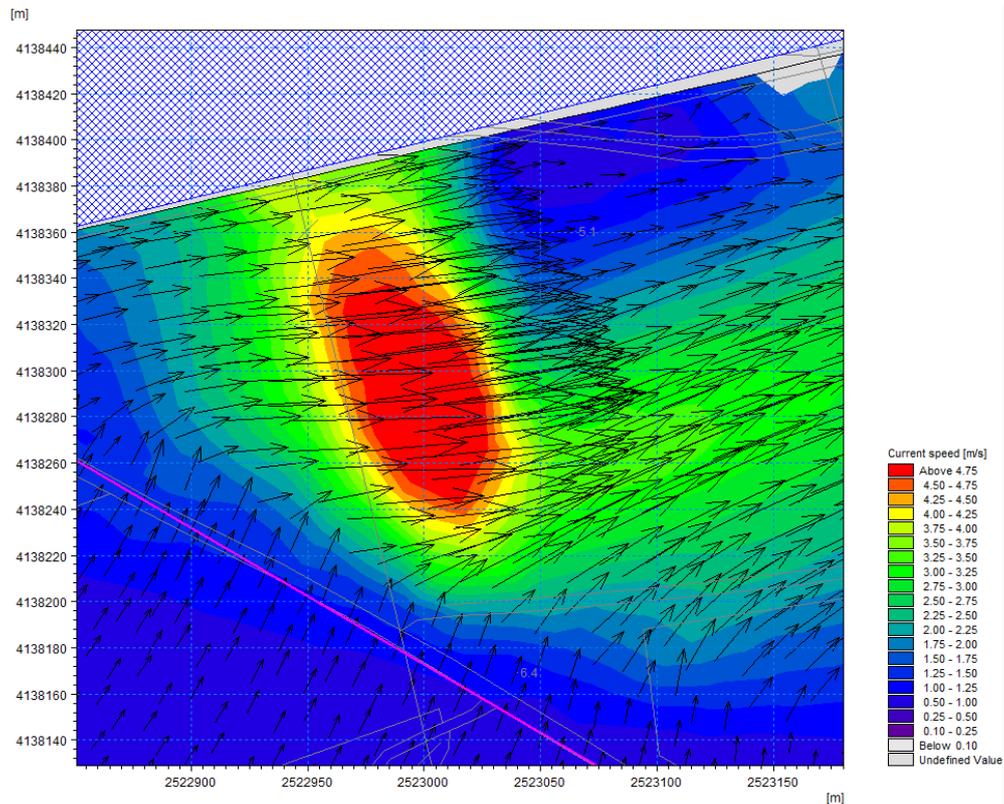


Figura 90: Dominio C ante-operam: campo di velocità nel sito del sostegno n° B17

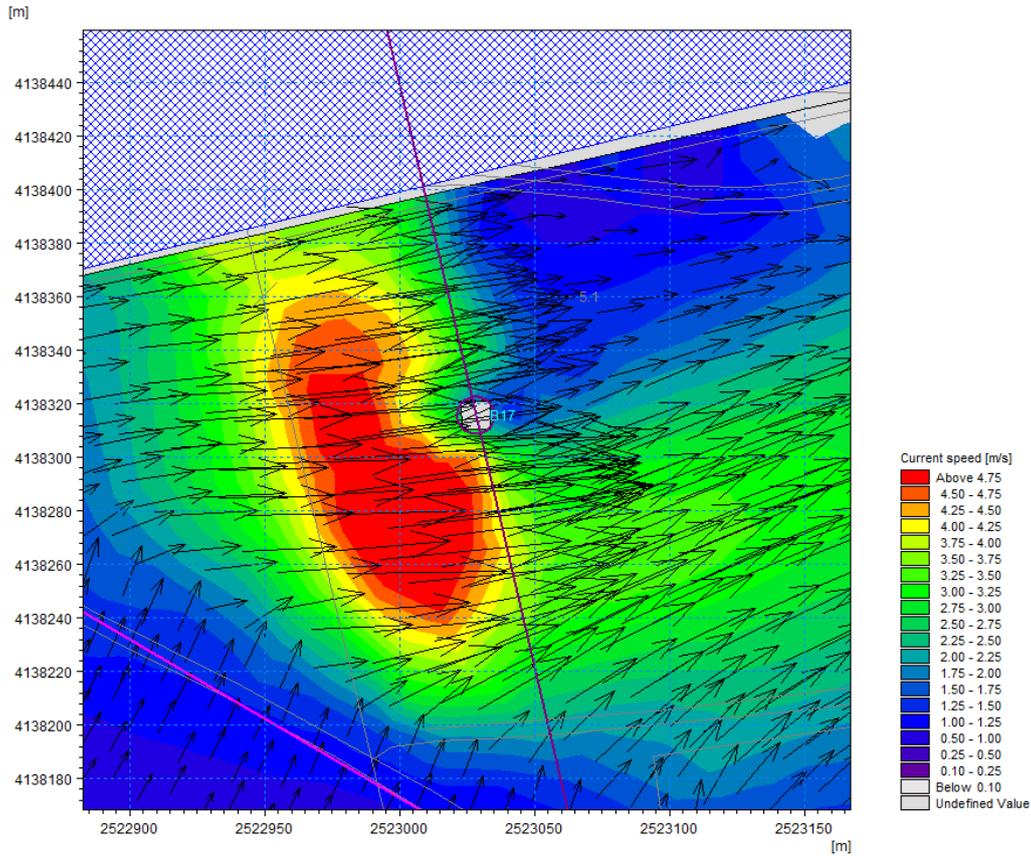


Figura 91: Dominio C post-operam: campo di velocità nel sito del sostegno n° B17

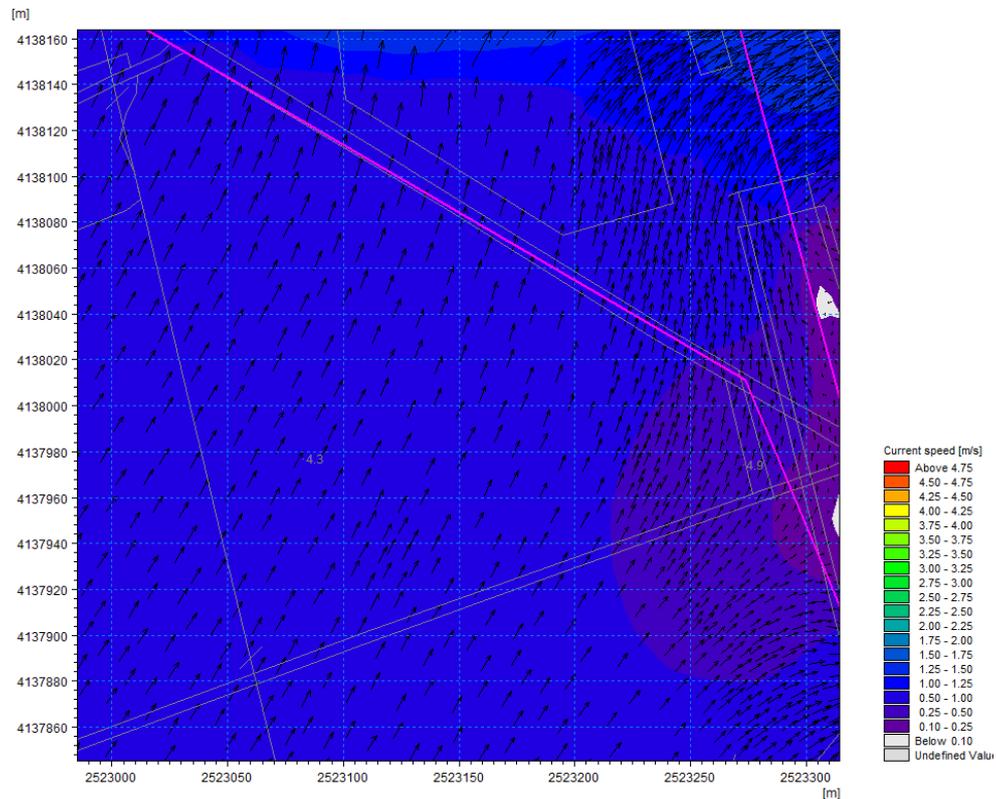


Figura 92: Dominio C ante-operam: campo di velocità nel sito del sostegno n° B18

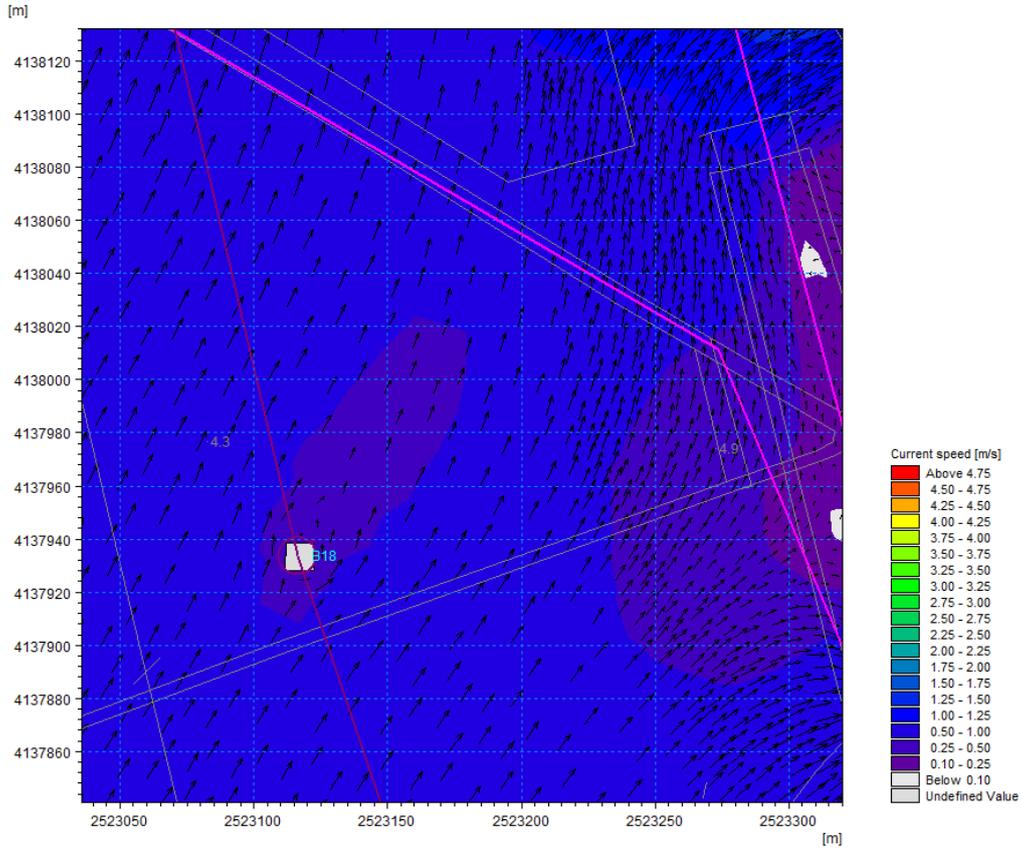


Figura 93: Dominio C post-operam: campo di velocità nel sito del sostegno n° B18

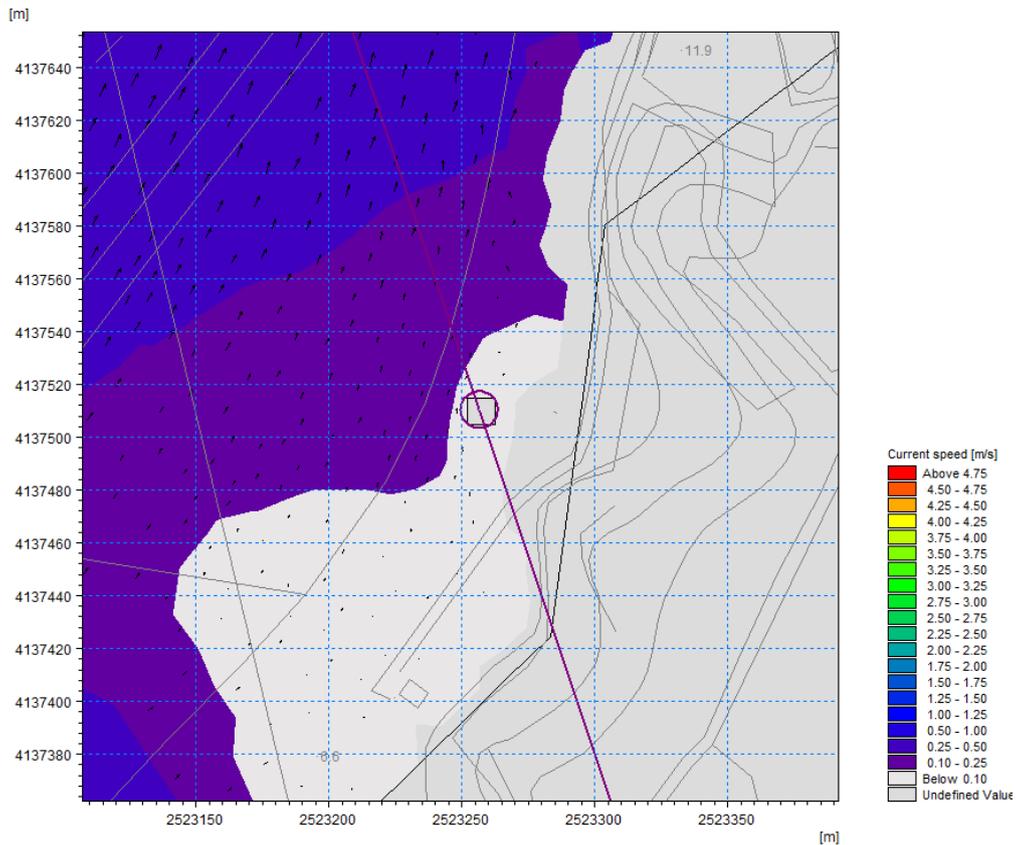


Figura 94: Dominio C post-operam: campo di velocità nel sito del sostegno n° B19

10. CONCLUSIONI

Le attività di studio sono state finalizzate alla verifica della compatibilità idraulica di n° 13 sostegni dell'elettrodotto a 380 kV in singola terna "Paternò - Priolo" di competenza della Società Terna Rete Italia S.p.a., secondo quanto richiesto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Lo studio in oggetto, nelle configurazioni ante-operam e post-operam, ha analizzato compiutamente gli effetti dell'interferenza dei sostegni che ricadono nelle aree di pericolosità P3 e P4 e nei siti di attenzione, perimetrati nel Piano Stralcio di Bacino per l'assetto Idrogeologico [1] (PAI) della Regione Sicilia, sul regime idraulico nell'intorno dell'area interessata.

Tali sostegni sono i 42 ÷ 49 della tratta A e i B15 ÷ B19 della tratta B, nel numero complessivo di 13.

Una attenta analisi della rete idrografica ha consentito di raggruppare i 13 sostegni in 3 aree, denominate A, B e C, per ciascuna delle quali sono state calcolate le distribuzioni di livelli idrici, tiranti e velocità in corrispondenza della portata di piena con tempo di ritorno di 300 anni, assunta dal PAI Regione Sicilia.

In un'ottica conservativa sono stati altresì trascurati i volumi di laminazioni resi disponibili dalle vasche in progetto presso la SE di Pantano d'Archi.

La verifica idraulica è stata condotta mediante modellistica numerica bidimensionale, utilizzando il codice di calcolo commerciale MIKE 21 prodotto da DHI (Danish Hydraulic Institute – DK [2, 3]), basato sulle equazioni bidimensionali di de Saint Venant.

Lo studio è stato eseguito assumendo una serie di ipotesi molto cautelative (ingombro dei sostegni, scabrezza idraulica, assegnazione delle condizioni al contorno di monte, elevato livello del mare), per cui i risultati ottenuti dalle simulazioni idrauliche effettuate sono da ritenersi a favore di sicurezza.

Confrontando le mappe dei tiranti e delle velocità massime risultanti dai due scenari di calcolo (ante-operam e post-operam) si è verificato che la posizione degli 13 sostegni dell'elettrodotto Paternò - Priolo non esercita alcun effetto significativo sul regime idrodinamico nel caso del transito di piene con tempo di ritorno di 300 anni e ad esso inferiore.

Sulla base dei risultati ottenuti, altresì alla luce delle ipotesi conservative assunte, 13 sostegni oggetto di studio si ritengono compatibili con le NTA del PAI della Regione Sicilia.

11. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Regione Siciliana – Assessorato Territorio e Ambiente: *Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.)* (2005 e successivi aggiornamenti).
- [2] DHI Software: *MIKE 21 & MIKE 3 Flow model FM, Hydrodynamic and Transport Module* (2014)
- [3] DHI Software: *MIKE 21, Reference Manual* (2014)
- <http://www.dhisoftware.com/Products/CoastAndSea/MIKE21.aspx>
- [4] I fogli di Carta Tecnica Regionale utilizzati nello studio ed i loro estratti riprodotti nel presente rapporto sono elementi di proprietà della Regione Siciliana ceduti in parte in data 16/03/2011 al N. 2011-B-256 e in parte in data 30/09/2014 al N. 2014-B-1027.
- [5] Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) - Progetto Aree Vulnerabili Italiane (AVI): Sistema Informativo sulle Catastrofi Idrogeologiche (SICI), <http://sici.irpi.cnr.it/avi.htm>.
- [6] Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) - Progetto Aree Vulnerabili Italiane (AVI) – Unità Operativa N° 11 Soil Test Merid: Relazione finale ed allegati Regione Sicilia.
- [7] Provincia di Catania: Relazione generale dello schema di massima del Piano Territoriale Provinciale (P.T.P.) di Catania (2010).
- [8] Servizio Protezione Civile del Comune di Catania: Piano Comunale di Protezione Civile per il Rischio Idraulico e Idrogeologico (2009).
- [9] GTA SRL – Ingegneria per il territorio e l’ambiente: Nuovo elettrodotto in singola Terna a 380 kV “Paternò-Priolo”- Stazione elettrica di Pantano d’Archi. Dimensionamento delle vasche di laminazione idraulica. Rapporto tecnico TERNA codifica REGR11005BSA00359, febbraio 2014.