

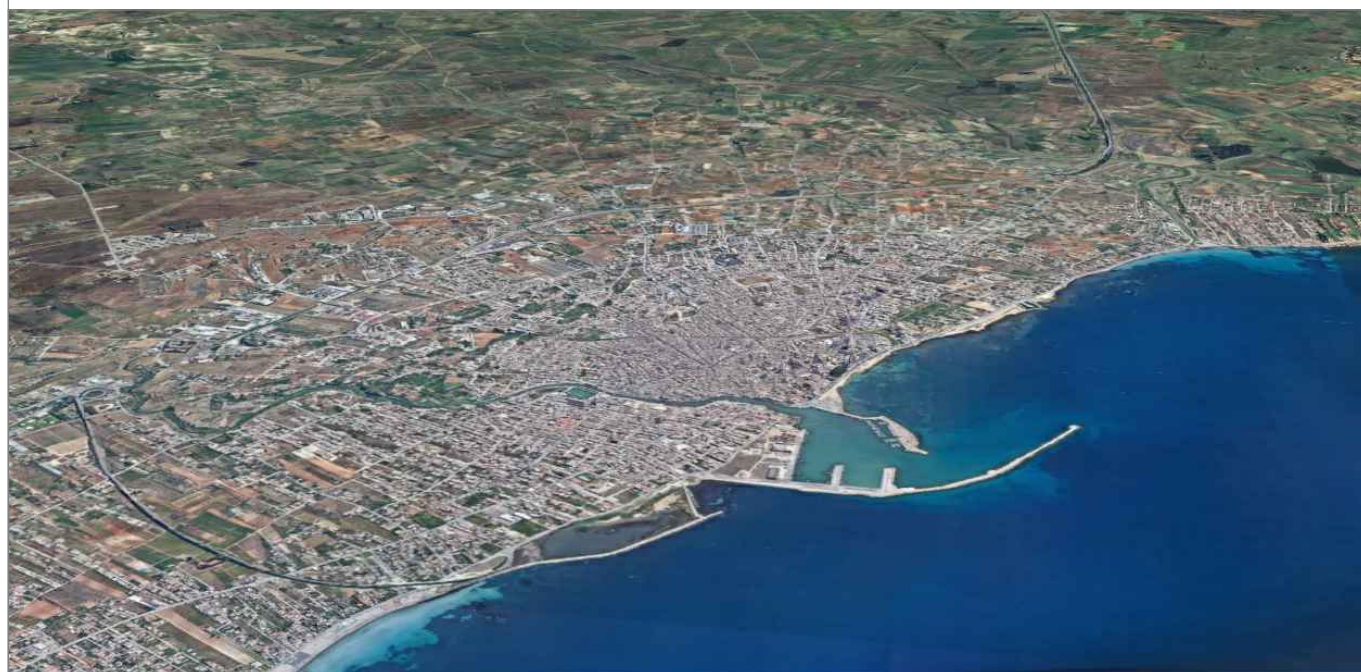


COMUNE DI MAZARA DEL VALLO

LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI TRAPANI

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA A SUPPORTO DEL PIANO URBANISTICO GENERALE DEL COMUNE DI MAZARA DEL VALLO

- PRIMA FASE -



Classe	1						RELAZIONI								
Elaborato	1						RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA								
Scala	--						Consulenti			Collaborazione Tecnica					
ID Elaborato	MZR_1.doc						 Società di Ingegneria okwa engineering Via L.A. Muratori, n°13 90127 Palermo			 Ing. Cristian BONETTI n°6390			Ing. Mauro Misuraca Ing. Emanuele Amato		
 ACCREDITED MSCB 118 Certificate Number: INT/2202AN/2399		Revisori	2												
		1													
		0	GIUGNO 2024	PRIMA EMISSIONE			EA	MM	GB						
		N°	Data	Descrizione			Redatto	Verificato	Approvato						

Redazione: **AKWA ENGINEERING s.r.l. - Società di Ingegneria** - Via L. A. Muratori n° 13, 90127 PALERMO (PA)

Questo documento è di proprietà del Tecnico Incaricato (L. 22.04.1941 n° 633 - art. 2575 e segg. C.C.) - Non può essere modificato, copiato, duplicato, riprodotto o divulgato senza autorizzazione scritta dello stesso

Cod. Com. 2024-04

COMUNE DI MAZARA DEL VALLO

Libero Consorzio Comunale di Trapani (TP)



“STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA PROPEDEUTICO ALLA
STESURA DEL PUG”

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Società di Ingegneria



Via L.A. Muratori n°13
90127 - Palermo

COMUNE DI MAZARA DEL VALLO

Libero Consorzio Comunale di Trapani

DATA: GIU 2024

SOMMARIO

1.	PREMESSA	1
2.	INQUADRAMENTO GENERALE	4
2.1.	INQUADRAMENTO AMMINISTRATIVO E GEOGRAFICO	4
2.2.	INQUADRAMENTO OROGRAFICO E GEOLOGICO	6
2.2.1.	INQUADRAMENTO OROGRAFICO E GEOLOGICO FIUME MAZARO	6
2.2.2.	INQUADRAMENTO OROGRAFICO E GEOLOGICO FIUME ARENA	8
3.	IDROGRAFIA	10
3.1.	AREA IDROGRAFICA FIUME MAZARO	10
3.2.	AREA IDROGRAFICA FIUME ARENA	11
3.2.1.	ASTA PRINCIPALE	12
4.	STUDIO IDROLOGICO	14
4.1.	GENERALITA'	14
4.1.1.	MODELLO PROBABILISTICO "GUMBEL"	14
4.1.2.	ALTEZZA DI PIOGGIA DI BREVE DURATA	15
4.1.3.	MODELLO DI PIOGGIA SINTETICO	15
4.1.4.	MODELLO DI PIOGGIA NETTA "SCS - CURVE NUMBER"	16
4.1.5.	METODOLOGIA PER IL TRACCIAMENTO DEL BACINO IDROGRAFICO	20
4.1.6.	TEMPO DI CORRIVAZIONE	22
4.1.7.	MODELLO "HEC-HMS"	23
4.2.	BACINO IDROGRAFICO FIUME MAZARO	26
4.2.1.	STIMA TEMPO DI CORRIVAZIONE	27
4.2.2.	STUDIO DELLA PIOVOSITA'	28
4.2.3.	IDROGRAMMI DELLE PORTATE IN USCITA OTTENUTI	30
4.3.	BACINO IDROGRAFICO FIUME ARENA	32
4.3.1.	STIMA TEMPO DI CORRIVAZIONE	33
4.3.2.	STUDIO DELLA PIOVOSITA'	33
4.3.3.	IDROGRAMMI DELLE PORTATE IN USCITA OTTENUTI	35
5.	STUDIO IDRAULICO	38
5.1.	CODICE DI CALCOLO	38
5.1.1.	DESCRIZIONE CODICE DI CALCOLO	38
5.1.2.	MODELLAZIONE DEL TERRENO	39
5.1.3.	DOMINIO DI CALCOLO	39
5.1.4.	CONDIZIONI AL CONTORNO	40
5.1.5.	CALIBRAZIONE DEL MODELLO - SCABREZZA	41
5.2.	MODELLAZIONE IDRAULICA	41
5.2.1.	AREA FIUME MAZARO	42
5.2.2.	AREA FIUME ARENA	43
6.	AREE SUSCETTIBILI DI ALLAGAMENTO	44
6.1.	FIUME MAZARO	45
6.1.1.	ATTRAVERSAMENTO SR18	45
6.1.2.	CENTRO URBANO	46
6.2.	FIUME ARENA	47
6.2.1.	ATTRAVERSAMENTI	47
6.2.2.	CENTRO URBANO	49

7. CONCLUSIONI _____ 51

1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la relazione Idrologica e Idraulica a corredo della "Prima Fase" dello **Studio di Compatibilità Idraulica del comune di Mazara del Vallo (TP) per la redazione del Piano Urbanistico Generale "PUG"**.

Con disciplinare d'incarico del 23/02/2024, il comune di Mazara del Vallo ha affidato alla società AKWA ENGINEERING l'incarico per la redazione dello Studio di Compatibilità Idraulica al fine della redazione del Piano Urbanistico Generale.

Lo Studio di Compatibilità Idraulica, ai sensi della legge regionale 13 Agosto 2020 n. 19, art. 26 comma 1, rientra tra gli studi obbligatori e propedeutici al PUG, e dovrà essere redatto in osservanza delle norme riportate nel Decreto dell'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente della Regione Siciliana del 7 Luglio 2021 – *"Approvazione del documento che disciplina lo studio di compatibilità Idraulica (Invarianza idraulica e idrologica) di cui all'art. 22, comma 6, lett.d) della legge regionale 13 Agosto 2020 n.19*. Tale studio, dovrà essere elaborato secondo i seguenti livelli di approfondimento:

1. In una prima fase, dovrà essere eseguita la valutazione delle **"Aree Suscettibili di Allagamento"**, includendo le zone a pericolosità idraulica e i siti di attenzione mappati dal P.A.I., riguardante l'intero territorio comunale.
2. Nella seconda fase, con riferimento alle previsioni di trasformazione previsti dagli strumenti di pianificazione, dovranno essere eseguiti studi idrologici-idraulici più approfonditi, utilizzando la metodologia prevista per la redazione del P.A.I., con lo scopo di determinare le **"aree a pericolosità idraulica"**.

In particolare, nella fase di definizione "preliminare" del PTC, del PCM e del PUG, si suggeriscono le seguenti metodologie di analisi per l'individuazione delle **"aree suscettibili di allagamento"**:

- Per valutazioni di ampia scala spaziale, si potrà adottare una metodologia speditiva per l'individuazione di aree suscettibili di allagamento ai dissesti idraulici impostata su ipotesi semplificate. In particolare, al fine di dare delle indicazioni di massima sulle aree interessate da pericolosità idraulica, l'analisi potrà essere basata su criteri morfologici e la sovrapposizione di aree storico-inventariali, oltre che quelle già presenti nelle cartografie del P.A.I. L'individuazione del tirante idrico di un corso d'acqua in zona frequentemente soggetta ad alluvione (H_{fpa}) sarebbe determinabile¹, in prima approssimazione, dal corrispondente valore di profondità media della corrente con portata di piena ordinaria ossia a "a piene rive"

¹ Rosgen DL. 1994. A classification of natural rivers. Catena 22(3): 169-199.

(H_{bkt}). In tal caso, una portata con tempo di ritorno di 50 anni avrebbe un rapporto H_{fpa}/H_{bkt} compreso tra 1,3 e 2,7 in tutti i regimi di flusso², con un valore medio pari a 2,0.

- Un altro metodo speditivo che può essere preso come riferimento nell'analisi morfologica è quello dell'indice di alluvione geomorfologico (Geomorphic Flood Index - GFI)³ il quale si basa principalmente su semplici elaborazioni del Modello Digitale del Terreno (DEM) e richiede, per la calibrazione, soltanto la mappatura dell'area allagabile (ottenuta per eventi reali o per simulazioni idrauliche di scenario) relativa ad una porzione contenuta del territorio. Un ulteriore elemento d'analisi potrà essere introdotto in corrispondenza di quegli ambiti localizzati allo sbocco dei valloni montani, cartografati negli elaborati di P.A.I. a "rischio frana" e soggetti a fenomeni di flusso rapido a massima intensità (ad es. colate detritiche), nelle quali siano state riconosciute evidenze di processi detritico alluvionali attivi.
- In combinazione, o in alternativa alle metodologie speditive basate su criteri geomorfologici e ambientali descritte nel precedente punto, potranno essere utilizzate analisi idrologico idrauliche semplificate che facciano riferimento all'applicazione di modelli bidimensionali a bassa risoluzione (DEM a maglia 20 m o superiore), con valutazione dei coefficienti di scabrezza a scala vasta sulla base delle carte di uso del suolo aggiornate esistenti. Per l'analisi idrologica si potranno utilizzare modelli di regionalizzazione delle piogge, o altre analisi statistiche semplificate, utilizzando il tempo di ritorno di 50 anni. Per le infrastrutture che interferiscono con gli alvei fluviali (ponti, attraversamenti, ecc.), da inserire nel modello di simulazione idraulica bidimensionale, potrà essere necessario il rilievo topografico.

Nel caso in questione, essendo il territorio di Mazara del Vallo caratterizzato dalla presenza di due corsi d'acqua principali, l'Arena e il Mazaro, le simulazioni idrauliche finalizzate alla determinazione delle aree potenzialmente allagabili sono state effettuate adoperando una metodologia più completa rispetto a quanto previsto dal decreto sopra citato, in cui si consiglia di adoperare una metodologia semplificata per la prima fase. Tale scelta è stata effettuata in relazione alla complessità del territorio urbano e delle aree interessate che hanno imposto uno studio più approfondito, con uno studio idraulico bidimensionale dei suddetti fiumi.

Il presente studio, in accordo all'allegato 1 del D.A. 117, è composto dai seguenti elaborati:

- Relazione idrologica e idraulica: Tale elaborato dovrà contenere una parte descrittiva, una descrizione territoriale dell'area oggetto di studio, lo studio idrologico con indicazione delle metodologie utilizzate, la modellazione idraulica ed infine la perimetrazione delle "aree suscettibili di allagamento" da integrare con le aree già mappate dal P.A.I;

² https://cfpub.epa.gov/watertrain/moduleFrame.cfm?parent_object_id=1259

³ https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/MIR/L2/1_5_inriga_ppt_versionea_manfreda_27062019.pdf

- Inquadramento territoriale: Tale elaborato dovrà contenere la rappresentazione dell'area di studio, in scala adeguata, nel quale dovrà essere indicata ed evidenziata l'area stessa;
- Cartografia del bacino imbrifero: Tale elaborato dovrà contenere la delimitazione dei bacini idrografici relativi alle aste fluviali oggetto di studio che interessano idrograficamente il territorio oggetto di studio;
- Cartografia delle aree suscettibili di allagamento non idonee all'urbanizzazione: Tale elaborato deve riportare sia le conclusioni dell'analisi speditiva adottata, ossia le “aree suscettibili di allagamento”, sia le aree a pericolosità idraulica e i siti d'attenzione del P.A.I.;

In accordo con quanto sopra riportato, il presente studio è composto dai seguenti elaborati:

• 1 - Relazioni	1.1	Relazione idrologica e idraulica
• 2 - Inquadramenti	2.1	Inquadramento generale
	2.2	Bacini idrografici – quadro d'unione
	2.3	Modello digitale del terreno su ortofoto e IGM
	2.4	Carte della pericolosità idraulica – P.A.I.
• 3 – Bacino fiume Mazaro	3.1.1	Aree suscettibili di allagamento - Tr = 50 anni - tratto di valle
	3.1.2	Aree suscettibili di allagamento - Tr = 50 anni - tratto di monte
	3.2.1	Aree suscettibili di allagamento - Tr = 100 anni - tratto di valle
	3.2.2	Aree suscettibili di allagamento - Tr = 100 anni - tratto di monte
	3.3.1	Aree suscettibili di allagamento - Tr = 300 anni - tratto di valle
	3.3.2	Aree suscettibili di allagamento - Tr = 300 anni - tratto di monte
• 4 – Bacino fiume Arena	4.1	Aree suscettibili di allagamento - Tr = 50 anni
	4.2	Aree suscettibili di allagamento - Tr = 100 anni
	4.3	Aree suscettibili di allagamento - Tr = 300 anni

2. INQUADRAMENTO GENERALE

2.1. INQUADRAMENTO AMMINISTRATIVO E GEOGRAFICO

Mazara del Vallo è un comune di 51.420 abitanti della provincia di Trapani in Sicilia. Il territorio del comune si estende tra i comuni di Campobello di Mazara, Castelvetrano, Marsala, Petrosino e Salemi, in provincia di Trapani. Affacciato sul Mar Mediterraneo, alla foce del fiume Màzaro, dista meno di 200 km dalle coste tunisine del Nord Africa. Il territorio di Mazara è attraversato da due fiumi, il Mazaro e l'Arena (detto anche Delia), quest'ultimo si diparte dal Lago Trinità, un lago artificiale creato dall'omonima diga, sito al confine con il territorio di Castelvetrano. Sono inoltre presenti diversi torrenti (Iudeo, Bucari), e canali artificiali usati principalmente in agricoltura. Sono presenti alcune zone protette e riserve naturali.



Fig. 1. Inquadramento geografico e amministrativo



Fig. 2. Vista a volo di uccello territorio di Mazara del Vallo (TP)

2.2. INQUADRAMENTO OROGRAFICO E GEOLOGICO

Il territorio del comune di Mazara del Vallo può considerarsi interamente compreso tra i territori interessati dal fiume Mazaro e dal fiume Arena.

2.2.1. INQUADRAMENTO OROGRAFICO E GEOLOGICO FIUME MAZARO

Il territorio interessato dal bacino del Fiume Mazzo e dall'area territoriale tra il bacino idrografico del Fiume Mazzo e il bacino del Fiume Arena è caratterizzato da lineamenti morfologici pressoché costanti e regolari, tipici delle ampie pianure costiere modellate e spianate dall'azione del mare nel periodo Quaternario. Tali superfici pianeggianti, soltanto nelle aree più interne, lasciano il posto a morfologie di tipo collinare, ma sempre con rilievi molto modesti e con pendenze molto blande.

I principali elementi morfologici che contraddistinguono il territorio in studio sono rappresentati dai terrazzi marini di età quaternaria che, con pendenze molto blande, si sviluppano dalla linea di costa verso l'interno, fino a quote di circa 150 m s.l.m. In particolare, è possibile individuare tutta una serie di terrazzi costieri, a quote comprese tra 0 e 100-120 m s.l.m., ed il Grande Terrazzo Superiore nella fascia più interna, a quote superiori.

La morfologia è pertanto caratterizzata da un andamento subpianeggiante, debolmente ondulato, che degrada dolcemente in direzione della linea di costa; tale regolarità morfologica è interrotta, localmente, soltanto dai gradini corrispondenti agli orli dei terrazzi e dalle rare incisioni fluviali. Un elemento morfologico di notevole rilevanza, seppure di origine antropica, è invece rappresentato dalle numerose cave di calcarenite presenti diffusamente nei territori in studio. Si tratta di cave a fossa, a cielo aperto, e di cave sotterranee, a gallerie e pilastri, ormai quasi del tutto inutilizzate, e spesso riempite da materiali di risulta delle lavorazioni di estrazione.

Verso le aree più interne, le pianure costiere di natura calcarenitica ed i terrazzi marini lasciano il posto ai depositi prevalentemente plastici di età miocenica e pliocenica, caratterizzati da un assetto morfologico collinare molto blando ed arrotondato. Le quote più elevate, comprese tra i 500 e i 712 metri s.l.m. della vetta di M. Polizzo, si rinvengono lungo lo spartiacque settentrionale. All'interno dell'area in esame, invece, si raggiungono quote meno elevate in corrispondenza delle strutture morfologiche, tipiche dell'area trapanese e marsalese, denominate "Timponi"; in generale si tratta di modesti rilievi di natura calcarenitica e sabbioso-conglomeratica, che si ergono di alcuni metri rispetto alle superfici terrazzate circostanti, e che sono riconducibili a strutture morfologiche formatesi in ambiente deposizionale di spiaggia e di dune costiere. Tra i più rilevanti si ricordano la struttura di Timpono Torretta, Timpono del Gesso e Timpono Vanidotti, localizzati lungo lo spartiacque orientale, che raggiungono quote comprese tra i 220 e i 270 metri s.l.m.

Le pendenze dei versanti sono molto modeste sia in corrispondenza degli affioramenti calcarenitici,

modellati e spianati dall'azione del mare quaternario, sia in corrispondenza degli affioramenti argillosi, caratterizzati da versanti con forme blande e mammellonari.

Alla luce di quanto sopra detto, i fenomeni franosi sono pressoché assenti. Fatta eccezione per un unico dissesto riconducibile ad una frana di crollo, in territorio di Salemi, gli altri dissesti individuati sono dovuti a deformazioni superficiali lente (o creep), a situazioni di franosità diffusa e a processi dovuti ad erosione accelerata. Ad esclusione di tali fenomeni, peraltro di limitata estensione, non si sono riscontrate altre tipologie di dissesto rilevanti.

Il bacino del Fiume Màzzaro e l'area territoriale tra il bacino del Fiume Màzzaro e il bacino del Fiume Arena, situati nell'estremo settore occidentale della Sicilia, ricadono in una zona il cui contesto geologico generale riguarda una ampia parte della piana costiera che si sviluppa tra gli abitati di Trapani e di Mazara del Vallo. Tale piana è caratterizzata prevalentemente da depositi di natura calcarenitica di età quaternaria e, in subordine, da terreni di natura argillosa, argilloso-marnosa ed arenacea di età compresa tra il Miocene ed il Pliocene.

Dai dati derivanti dalla letteratura geologica più recente è possibile, infatti, operare una suddivisione dei terreni affioranti in unità e successioni più superficiali, di età quaternaria ed olocenica, trasgressive sul basamento originario, costituito da terreni ascrivibili al periodo compreso tra il Miocene ed il Pliocene.

Le unità stratigrafiche neogeniche, affioranti nelle aree più interne, sono essenzialmente riconducibili a terreni afferenti al Dominio Trapanese e al Complesso Postorogeno. In ordine stratigrafico, dal basso verso l'alto, nell'area in esame si possono individuare i seguenti depositi:

- Sabbie argillose, arenarie e conglomerati – Fm. di Cozzo Terravecchia (Tortoniano - Messiniano);
- Depositi terrigeni – Fm. Calcareao-Arenacea di Baucina (Messiniano inf.);
- Gessi selenitici – Gessi di Pasquasia (Messiniano inf.);
- Marne e calcari marnosi a Globigerine – Trubi (Pliocene inf.);
- Argille marnose ed argille sabbiose con intercalazioni arenacee – Fm. Marnoso Arenacea della Valle del Belice (Pliocene medio – sup.).

In trasgressione sui depositi sopraccitati si rinvengono:

- Calcareniti giallo-biancastre ben cementate – Calcareniti di Marsala (Pleistocene inf.);
 - Depositi marini terrazzati costituiti di calcareniti fortemente cementate – Grande Terrazzo Superiore G.T.S. (Pleistocene medio);
 - Terrazzi marini costieri di natura calcarenitica e conglomeratici (Tirreniano).
-

Infine, a copertura dei depositi quaternari, si rinvengono terreni costituiti da depositi eluviali e colluviali, depositi palustri e, in corrispondenza delle aree urbanizzate, da terreni di riporto.

2.2.2. INQUADRAMENTO OROGRAFICO E GEOLOGICO FIUME ARENA

L'area del bacino del Fiume Arena è caratterizzata da un assetto geomorfologico che dipende principalmente dai tipi litologici presenti, dal modello tettonico delle strutture geologiche dell'area e dalla differente azione degli agenti erosivi sulle diverse litologie.

I paesaggi dominanti sono due: uno prevalentemente collinare che caratterizza il bacino nella sua porzione settentrionale (le colline di Vita, Salemi e Santa Ninfa), ove il maggiore rilievo presente è quello di Monte Polizzo (713 m s.l.m.), seguito da Monte San Giuseppe (677 m.s.l.m.), Monte di Pietralunga (519 m. s.l.m.) e M. Calemici (548 m.s.l.m.) ed i rilievi che costituiscono gli spartiacque orientale e settentrionale del bacino.

A questo paesaggio collinare segue, procedendo verso la costa, quello tipicamente pianeggiante dell'area di Mazara del Vallo. La morfologia pianeggiante, dell'area prossima alla costa, è il risultato delle oscillazioni, sollevamenti e abbassamenti, che si sono verificati durante il Pleistocene. La morfologia della piana costiera e la maturità fluviale dei corsi d'acqua hanno determinato il caratteristico andamento meandriforme degli impluvi. I corsi d'acqua presenti nel bacino hanno un orientamento prevalente N-W e N-E e si presentano relativamente sinuosi.

L'assetto geologico - strutturale del bacino del Fiume Arena è caratterizzato dalla presenza di più unità tettoniche derivanti dalla deformazione di rocce riferibili alla Piattaforma Trapanese e al Bacino Imerese. I terreni afferenti a tali unità meso-cenozoiche affiorano a nord del bacino del Fiume Arena. Sopra i litotipi cenozoici si trovano i diffusi terreni pleistocenici rappresentati da calcareniti e sabbie delle piane costiere e dai depositi terrazzati dell'entroterra.

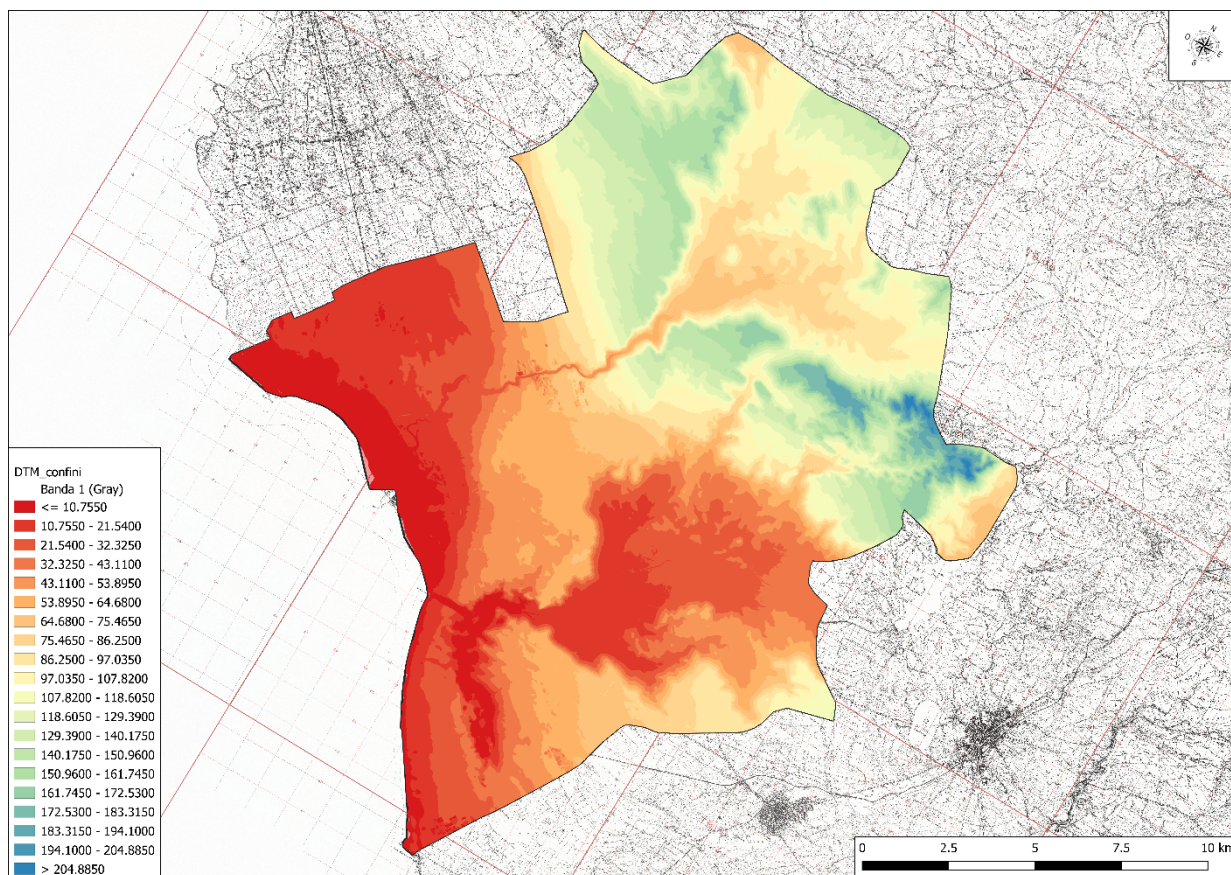


Fig. 3. Modello Digitale del Terreno - Risoluzione 2 x 2 - Comune di Mazara del Vallo (TP)

3. IDROGRAFIA

3.1. AREA IDROGRAFICA FIUME MAZARO

Il bacino del Fiume Mazzo e l'area territoriale tra il bacino del Fiume Mazzo e il bacino del Fiume Arena presentano una forma allungata in direzione NNE-SSW, con una porzione più allargata nella parte centrale. La quota massima di 712 metri s.l.m. è raggiunta lungo lo spartiacque nord-orientale.

Il Fiume Mazzo presenta un andamento planimetrico dell'alveo che si snoda lungo un percorso di circa 34,5 km, orientato inizialmente in direzione ENE – WSW. Il Fiume Mazzo nasce dalle pendici di Monte Polizzo (712 m s.l.m.), in territorio comunale di Salemi, e inizialmente assume la denominazione di Fosso Ranchibilotto. Nei pressi di Timpone Monaco, in territorio comunale di Marsala, assume la denominazione di Torrente Iudeo e varia leggermente direzione, proseguendo il suo corso prima con orientamento NNE – SSW e poi N – S.

Alla confluenza, in sinistra idraulica, con il Torrente Bucari, in territorio comunale di Mazara del Vallo, continua il suo percorso con andamento NE – SW e assume la denominazione definitiva di Fiumara Mazzo. Sfocia nel Mar Mediterraneo nei pressi del Porto Canale di Mazara del Vallo.

Il Fiume Mazzo è caratterizzato da un reticolo idrografico dendritico, discretamente gerarchizzato, maggiormente sviluppato in sinistra idraulica, dove il territorio presenta una morfologia meno pianeggiante per la presenza di piccoli rilievi isolati, i cosiddetti Timponi, di cui si è detto nel paragrafo precedente.

L'affluente principale del Fiume Mazzo, in sinistra idraulica, è il Torrente Bucari, caratterizzato anch'esso da un reticolo di tipo dendritico maggiormente sviluppato in sinistra idraulica.

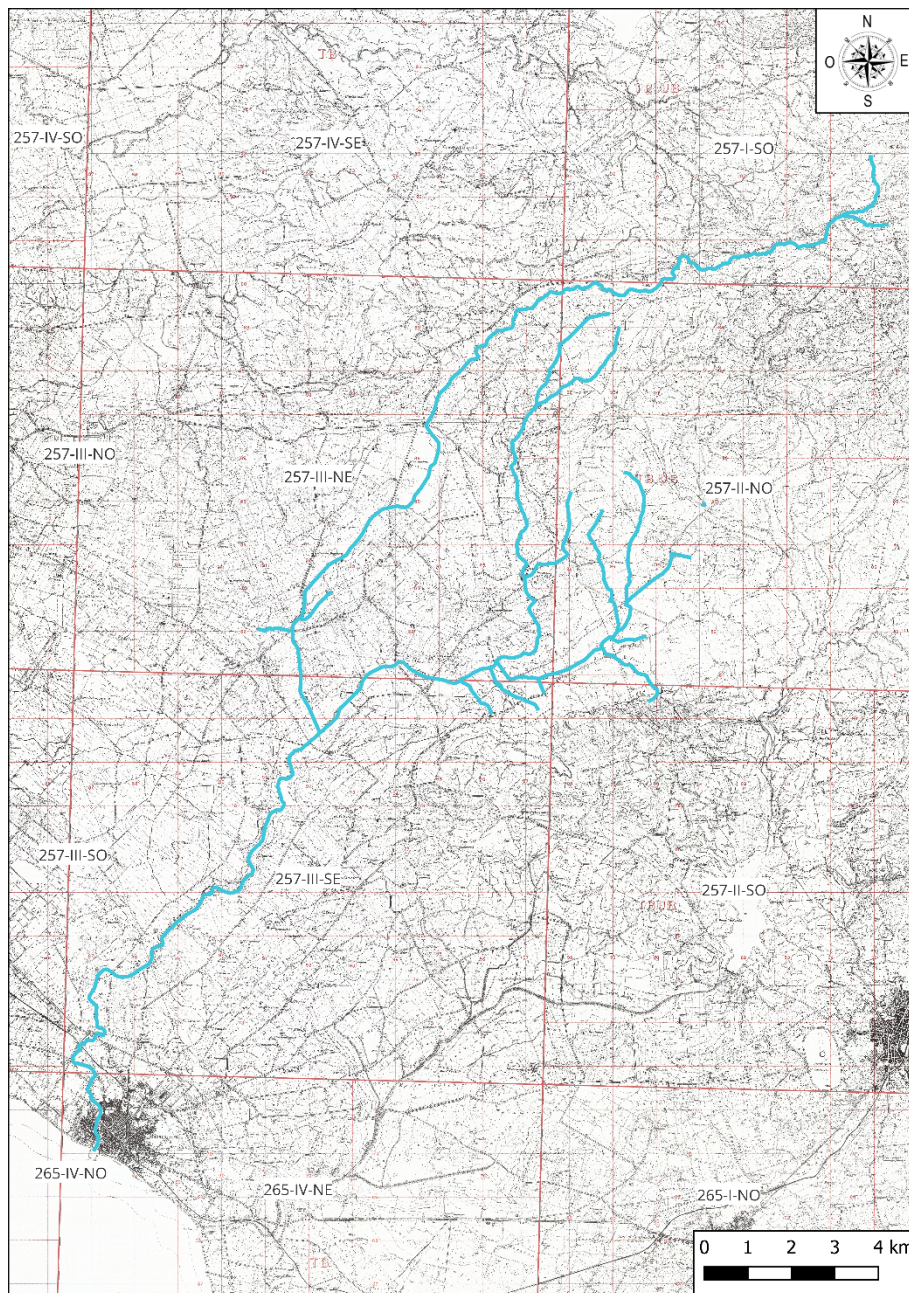


Fig. 4. Reticolo idrografico - Area fiume Mazaro

3.2. AREA IDROGRAFICA FIUME ARENA

La rete idrografica si presenta con andamento "pinnato" nella porzione nord-orientale del bacino, ove si imposta su versanti collinari caratterizzati da vallecicole a V, poi evolve con andamento dendritico nelle aree caratterizzate da litologie a comportamento incoerente.

Nell'area centrale del bacino il reticolo assume un andamento sub-dendritico, poiché alle basse pendenze dei versanti si associano litologie a permeabilità differente che determinano diverso grado di erosione ad opera delle acque dilavanti.

Affluenti principali del F. Arena sono in destra orografica il torrente Mendola il torrente Giardinazzo

ed il torrente Gazzera, in sinistra orografica il torrente San Giovanni, torrente Grandotto ed il torrente Torello di Corleo.

Il corso d'acqua è denominato F.Grande nel suo tratto di monte, F.Delia nel tratto centrale e F.Arena nel tratto finale.

L'asta principale, lunga circa 48 km, si presenta a meandri incassati, con due distinti gradi di maturità evolutiva: uno stadio più maturo nella parte terminale, dopo lo sbarramento, ed uno stadio meno maturo a monte del Lago della Trinità dove il fondo vallivo non è minimamente calibrato.

3.2.1. ASTA PRINCIPALE

Il bacino del F. Arena s'inserisce tra il bacino del fiume Mázaro e l'area tra il Fiume Arena ed il F. Modione ad Ovest, il bacino del F. Modione ad Est e del Fiume San Bartolomeo a Nord-Ovest. Ha un'estensione di circa 285 km²; si apre al canale di Sicilia nei pressi dell'abitato di Mazara del Vallo. Il fiume Arena nasce in prossimità di Monte San Giuseppe, presso il comune di Vita, e si sviluppa per circa 48 km. Lungo il suo percorso riceve le acque di molti affluenti tra i quali: il Canalone Grandotto, il Vallone Torello di Corleo, il Torrente Mendola.

Pochi chilometri dopo la confluenza tra il Fiume Grande e il Canale Grandotto, procedendo verso la foce, ha inizio l'invaso artificiale del Lago Trinità dovuto allo sbarramento del Fiume Grande in corrispondenza della diga realizzata in contrada Furone – Timpone Galasi.

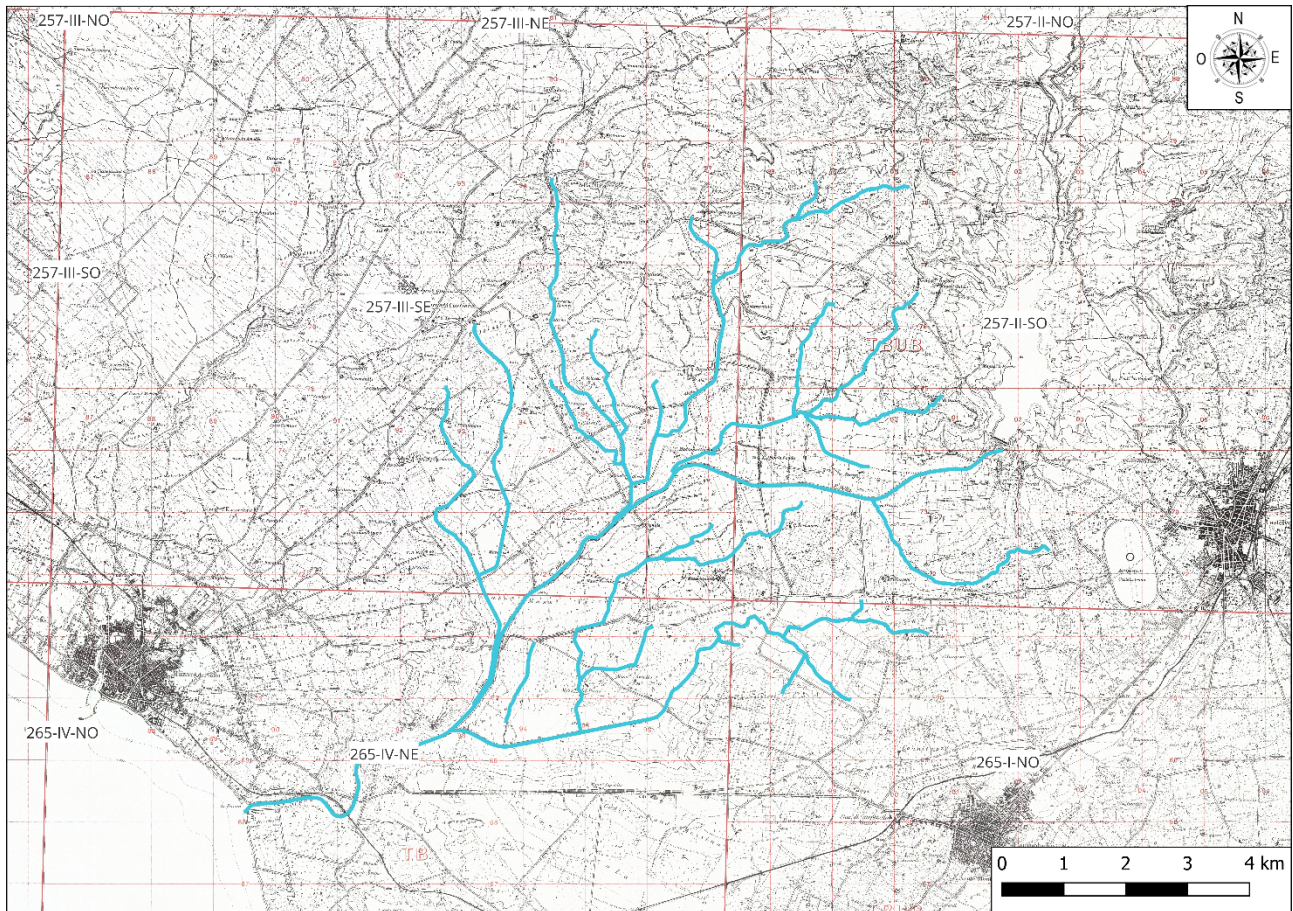


Fig. 5. Reticolo idrografico – Area idrografica fiume Arena

4. STUDIO IDROLOGICO

4.1. GENERALITA'

4.1.1. MODELLO PROBABILISTICO "GUMBEL"

Per il calcolo della curva di probabilità pluviometrica può essere utilizzata la legge di distribuzione della probabilità di Gumbel, essendo quest'ultima una legge di probabilità che ben si adatta ai valori estremi di una data grandezza. Per tarare tale modello occorre una serie storica di dati della relativa grandezza di una o più stazioni pluviometriche situate nei dintorni del luogo oggetto di studio.

La funzione della probabilità cumulata della legge di Gumbel è:

$$F(h) = \exp(-\exp(-\alpha(h - \varepsilon)))$$

I due parametri della distribuzione, che compaiono nella legge, vengono di norma stimati attraverso il metodo dei momenti:

$$\alpha = \frac{\pi}{\sigma\sqrt{6}} = \frac{1.283}{\sigma}; \quad \varepsilon = 0.45\mu\sigma;$$

dove μ, s sono rispettivamente la media e lo scarto quadratico medio dei dati. Per riportare opportunamente i valori di h corrispondenti ad una fissata probabilità F (o tempo di ritorno) si è utilizzata la forma esplicita della legge nella forma:

$$h_{d,T} = v_d - \frac{1}{\alpha_d} \ln \left| \ln \frac{T-1}{T} \right|$$

con:

$$\alpha_d = \frac{1,283}{\sigma_d} \quad v_d = \mu_d - 0,45 \sigma_d$$

Calcolati gli statistici della serie storica e dedotti i coefficienti della legge di Gumbel sopra descritti, si calcoleranno, attraverso la formula esplicita della legge di Gumbel, le altezze di pioggia di durata pari a 1,3,6,12 e 24 ore di dato tempo di ritorno.

Calcolando il logaritmo dei valori delle altezze di pioggia massime e eseguendo successivamente una regressione lineare è possibile calcolare i parametri "a" ed "n", al variare del tempo di ritorno, della legge di probabilità pluviometrica nella forma:

$$h_{d,T} = a t^n$$

Nota tale relazione, è possibile stimare, per qualsiasi durata e tempo di ritorno dell'evento meteorico, la corrispondente altezza massima di pioggia che si può verificare in un dato bacino idrografico.

In generale per la determinazione delle C.P.P. è necessario fare riferimento a serie storiche di dati di piogge massime di durata pari a 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

I dati delle stazioni pluviografiche, aggiornati fino al 2018, sono stati ricavati attraverso la consultazione degli annali idrologici reperibili al sito istituzionale dell'autorità di bacino tramite il seguente link:

<https://www.regione.sicilia.it/istituzioni/regione/strutture-regionali/presidenza-regione/autorita-bacino-distretto-idrografico-sicilia/annali-idrologici>

4.1.2. ALTEZZA DI PIOGGIA DI BREVE DURATA

Le curve di probabilità pluviometrica, ottenute elaborando dati di pioggia orarie, non danno valori affidabili. In particolare, si è visto che per durate inferiori all'ora, la legge sovrastima le altezze di pioggia calcolate.

Per tali eventi la formula più utilizzata in letteratura è sicuramente quella di Bell essendo stata tarata su eventi meteorici di durata inferiore ai sessanta minuti:

$$h_{d,T} = 0,54 t^{0,25} - 0,50$$

Per il territorio siciliano è stata tarata una legge, a partire da quella di Bell, nota come formula di Ferreri – Ferro:

$$\frac{h_{d,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{d}{60}\right)^{0,386}$$

dove $h_{60,T}$, è la pioggia oraria di dato tempo di ritorno calcolata con il modello in precedenza descritto.

4.1.3. MODELLO DI PIOGGIA SINTETICO

Si definisce evento sintetico, una serie di pioggia ricostruita a partire dalle curve di probabilità pluviometriche. In genere uno ietogramma sintetico, viene rappresentato sotto forma di istogramma e risulta essere definito dalle seguenti caratteristiche:

- Durata dell'evento d;
- Volume totale (o altezza totale) di pioggia;
- Distribuzione della pioggia durante l'evento;

la tipologia di ietogramma usata in questa fase equivale alla distribuzione di pioggia costante. Si ritiene che la distribuzione utilizzata nel caso di ietogramma Chicago sia troppo cautelativa fornendo, per ogni passo temporale, valori di altezze di pioggia superiori alla curva di probabilità pluviometrica a parità di tempo di ritorno.

4.1.4. MODELLO DI PIOGGIA NETTA "SCS – CURVE NUMBER"

La curva di Probabilità Pluviometrica o in alternativa la formula di Ferreri - Ferro, consente di calcolare altezze di pioggia lorda, ovvero la pioggia che complessivamente cade sul bacino idrografico. Al fine di calcolare la pioggia netta, ovvero la pioggia che effettivamente contribuisce alla formazione dell'idrogramma di piena, bisogna applicare uno dei modelli di pioggia netta proposti in letteratura. In questa sede si farà riferimento al modello SCS – Curve Number. Tale modello utilizza come parametro base il parametro Curve Number (CN).

Il modello prevede che si assuma che ogni tipo di terreno sia caratterizzato da un volume specifico di saturazione (S) che può essere stimato sulla base delle caratteristiche del suolo e del soprassuolo. Il volume specifico infiltrato (F) può essere, al massimo pari ad S. Allo stesso modo il volume specifico di deflusso diretto (Pe) può, al massimo, essere pari alla pioggia netta (Pn).

Il modello si basa sulla seguente ipotesi, ovvero che il rapporto tra il volume specifico infiltrato ed il volume specifico di saturazione sia pari al rapporto tra il volume specifico di deflusso e la pioggia netta.

$$\frac{F}{S} = \frac{P_e}{P_n}$$

Attraverso alcuni passaggi si giunge a scrivere l'equazione generale che governa il metodo **S.C.S – Curve Number**, ovvero:

$$P_e = \left(\frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \right)$$

La stima del volume specifico di saturazione S (mm), che è caratteristico di ciascun complesso suolo-soprassuolo, può essere semplificata introducendo un parametro ovvero il Curve Number (CN). I due parametri sono legati dalla seguente relazione:

$$S = S_0 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

in cui S_0 è un fattore di scala che riflette le unità di misura adottate e che, per valori di S, F, e P misurati in mm è pari a 25,4 mm.

Il parametro I_a che rappresenta l'imbibizione iniziale viene calcolato moltiplicando il valore di S per un coefficiente posto in genere pari a 0,2. Studi più recenti hanno dimostrato, che tale coefficiente, a vantaggio di sicurezza può essere compreso tra 0,03 e 0,2. Nei calcoli che seguono è stato scelto un valore cautelativo pari a 0,05.

Il parametro CN è un numero adimensionale che varia tra 100 (per corpi idrici e suoli completamente impermeabili) e circa 30 per suoli permeabili con elevati di tassi di infiltrazione. Con valori di CN

uguali o prossimi allo 0, si è in presenza di una superficie assimilabile alla perfetta “spugna”. Viene assorbita e trattenuta la totalità o quasi della precipitazione.

Con valori di CN uguali o prossimi a 100, si è in presenza di terreni o superfici impermeabili dove la precipitazione si trasforma interamente, o quasi, in deflusso. Nella figura successiva si può osservare in che modo la pioggia cumulata si trasforma in pioggia netta in relazione ai valori di CN.

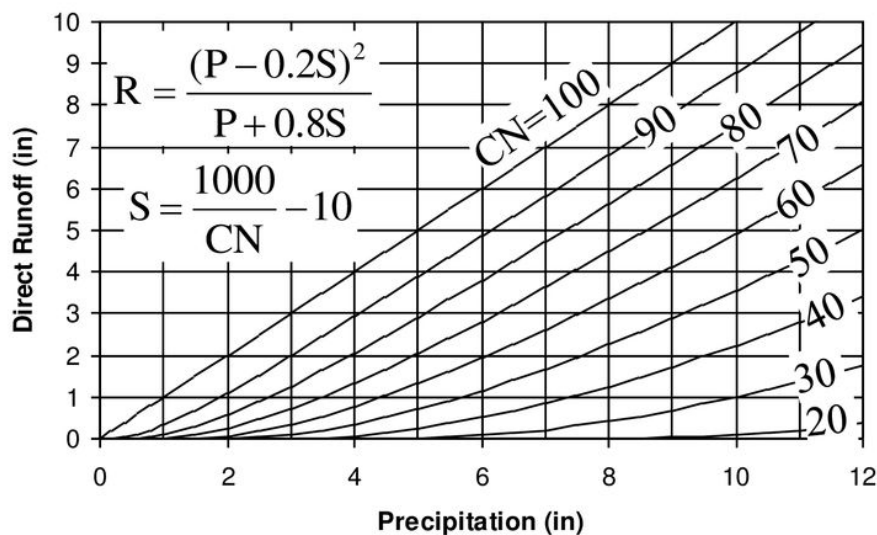


Fig. 6. Valori di pioggia netta in base alla pioggia lorda in funzione del parametro CN

Il CN è essenzialmente legato a:

- Classificazione della possibilità di infiltrazione del suolo;
- Uso del suolo e trattamento della superficie;
- Condizione di drenaggio;
- Condizione iniziale di saturazione del suolo;

L’agenzia del dipartimento dell’Agricoltura degli Stati Uniti (USDA) Natural Resources Conservation Service (NRCS) precedentemente nota come Soil Conservation, ha fornito nel 1972 delle tabelle per facilitare la determinazione del parametro CN. Innanzitutto, ha suddiviso il suolo in quattro classi in base alla capacità di assorbimento:

<i>Tipo idrologico di suolo</i>	<i>Descrizione</i>
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e coloidi, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressochè impermeabili in vicinanza delle superfici.

Una volta determinata la classe del suolo si consulta la seguente tabella dove sono riportati, per tali gruppi, i valori del parametro CN in relazione al tipo di copertura (uso del suolo).

Il valore di CN dell'intero bacino idrografico si ottiene come media pesata, con peso la superficie, dei valori per le singole aree omogenee come suggerito da Mancini e Rossi (1989):

$$\overline{CN} = \frac{\sum A_i CN_i}{\sum A_i}$$

Le condizioni di saturazione del terreno sono fondamentali per la corretta valutazione delle curve di frequenza delle portate al colmo. Difatti, a parità di precipitazione, le diverse condizioni del terreno incidono sulla risposta del bacino e sulla portata al colmo.

Il metodo esprime lo stato di saturazione attraverso le condizioni di umidità del terreno antecedenti l'inizio dell'evento (AMC, Antecedent Moisture Condition).

L'SCS individua tra classi, AMC I, AMC II e AMC III, in relazione al valore assunto dall'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento meteorico. L'attribuzione delle lasse AMC si basa sui criteri riportati nella tabella che segue:

AMC categoria	Altezza di precipitazione nei 5 giorni antecedenti (mm)	
	Stagione di riposo	Stagione vegetativa
AMC-I	< 12.7	< 35.6
AMC-II	12.7-27.9	35.6-53.3
AMC-III	> 27.9	>53.3

Fig. 7. Categorie AMC

Per condizioni antecedenti l'evento molto umide, AMC III, o molto asciutte, AMC I, si possono derivare i relativi valori di CN, determinati con le tabelle del precedente paragrafo e riferiti ad una condizione media di umidità (AMC II) usando rispettivamente le seguenti relazioni:

$$CN(I) = \frac{CN(II)}{2.3 - 0.013 CN(II)} \quad CN(III) = \frac{CN(II)}{0.43 + 0.0057 CN(II)}$$

I valori così calcolati sono stati confrontati con la carta raster Curve Number ricavata dal Dipartimento di Ingegneria Idraulica e Ambientale dell'Università degli Studi di Palermo e utilizzata negli studi idrologici.

Valori del parametro CN (adimensionale)	← Tipo idrologico Suolo			
	→			
↓ Tipologia di Uso del Territorio	A	B	C	D
Coltivazioni, in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
Coltivazioni, in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno da pascolo: cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
Boschi, in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
Boschi e foreste, in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti con manto erboso superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
Spazi aperti con manto erboso compreso tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
Spazi aperti con manto erboso inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
Zone industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Zone commerciali e industriali (area impermeabile 85%)	89	92	94	95
Zone residenziali, lotti fino a 500 m ² (area impermeabile 65%)	77	85	90	92
Zone residenziali, lotti di 500+1000 m ² (area impermeabile 38%)	61	75	83	87
Zone residenziali, lotti di 1000+1500 m ² (area impermeabile 30%)	57	72	81	86
Zone residenziali, lotti di 1500+2000 m ² (area impermeabile 25%)	54	70	80	85
Zone residenziali, lotti di 2000+5000 m ² (area impermeabile 20%)	51	68	79	84
Zone residenziali, lotti di 5000+10000 m ² (area impermeabile 12%)	46	65	77	82
Parcheggi, tetti, autostrade,	98	98	98	98
Strade pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
Strade con letto in ghiaia	76	85	89	91
Strade battute in terra	72	82	87	89

Fig. 8. Parametro CN in funzione dell'uso del suolo

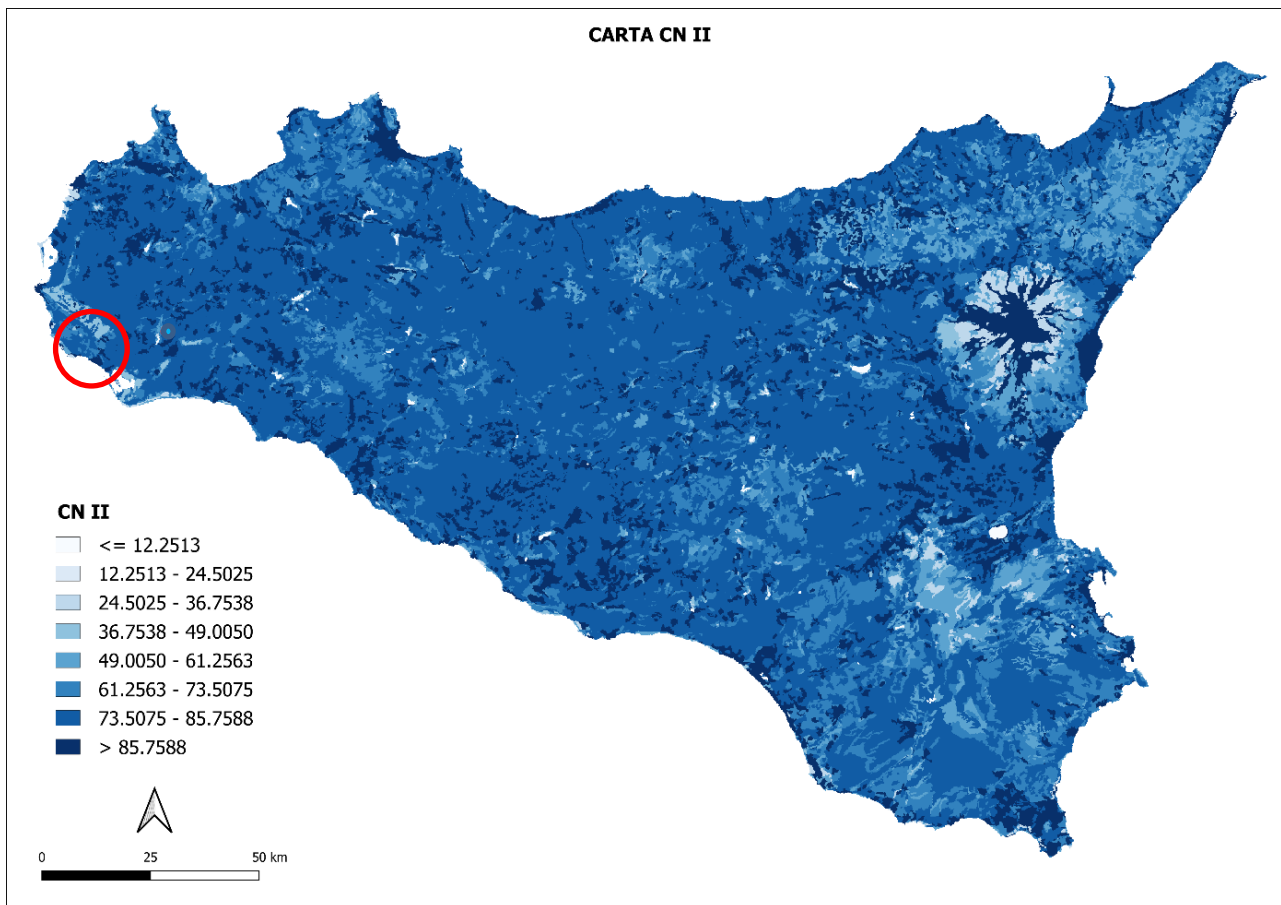


Fig. 9. Carta CN II – Regione Sicilia

Il **CN** scelto in questa fase è stato posto uguale per tutti i sottobacini afferenti ai due fiumi oggetto di studio e pari a **88.00**. Esso equivale al **CN_{III}** posto il **CN_{II}** (o medio) pari a **80.00**. La scelta dell'uso del **CN_{III}** deriva dal voler simulare il fenomeno di imbibizione del suolo che, soprattutto per piogge con tempi di ritorno elevati, provoca la quasi totale saturazione dello stesso.

4.1.5. METODOLOGIA PER IL TRACCIAMENTO DEL BACINO IDROGRAFICO

Per individuare i bacini idrografici si è utilizzato il Modello Digitale del Terreno con maglia 2 x 2 metri, scaricato in formato WCS dal geoportale della regione Siciliana.

Gli strumenti GIS – GRASS consentono di elaborare tale DTM restituendo le seguenti informazioni:

- **Estrazione della rete**: suddivisione del bacino idrografico in un numero ragionevole di sottobacini e individuare i pixel “canalizzati”, pixel che, nella semplificazione idrologica del territorio, dovrebbero corrispondere ai canali della rete idrografica. La configurazione della rete estratta dipende dal criterio di estrazione adottato e dai valori assunti dai parametri.
- **Fill Pits**: I pits nei modelli digitali del terreno sono delle aree caratterizzate da una quota sensibilmente più bassa di tutto il terreno che li circonda. Sono dovuti generalmente a

imperfezioni nel rilievo e possono interferire con la corretta simulazione dei fenomeni idrologici che interessano il bacino. Questa funzione identifica i buchi nel DEM ed aumenta la loro quota fino al livello del punto più bassi con cui confinano

- Calcolo della direzione di drenaggio: il calcolo delle direzioni di drenaggio viene eseguito con il metodo dello steepest descent per ogni singolo pixel, con due diverse procedure. Un primo approccio, detto a 8 direzioni di drenaggio, ipotizza che l'acqua caduta su un certo pixel drena tutta in un solo dei pixel adiacenti, cioè in quello caratterizzato dal massimo dislivello. Numerati i pixel adiacenti, la direzione di drenaggio viene identificata con il numero dei pixel adiacente che massimizza il rapporto:

$$\begin{cases} \frac{\Delta z}{\Delta x} = \frac{z_0 - z_i}{\Delta x} & i \text{ dispari} \\ \frac{\Delta z}{\Delta x} = \frac{z_0 - z_i}{\sqrt{2} \cdot \Delta x} & i \text{ pari} \end{cases}$$

Un secondo approccio, detto a infinite direzioni di drenaggio, identifica la direzione di drenaggio con l'angolo antiorario in radianti a partire dalla direzione Est. L'angolo è determinato come direzione di massima pendenza sugli otto lati dei triangoli formati dai centri delle celle di una matrice 3 x 3 centrata sui pixel di interesse. Per l'approccio a infinite direzioni di drenaggio la procedura rimane sostanzialmente la stessa. Questa volta però non si tiene conto di tutta l'area dei pixel a monte che drenano su quello di interesse, ma solo della frazione stabilita dalle relazioni proporzionali del flusso precedentemente vista.

- Calcolo delle aree cumulate di drenaggio: in base al metodo utilizzato per l'individuazione delle direzioni di drenaggio, si vanno a calcolare le aree cumulate di drenaggio. Per l'approccio a 8 direzioni, l'area cumulata di drenaggio è espressa in termini di numero di pixel. Tale area è assunta pari al contributo del pixel di interesse più il contributo dei pixel a monte che drenano su esso. Selezione della sezione di chiusura: la scelta della sezione di chiusura si effettua mediante la selezione di un pixel, che si ritiene appartenente alla rete dei canali, prossimo alla posizione dell'outlet desiderato.
- Estrazione della rete a monte della sezione di chiusura: scelta la sezione di chiusura, l'operazione più importante è l'estrazione della rete: stabilire, cioè, se un certo pixel sia canalizzato oppure no. Ai pixel canale sarà assegnato l'indice 1, ai pixel non considerati canali l'indice 0. Condizioni necessaria ma non sufficiente affinché un pixel sia canalizzato è che sia concavo o, in altri termini, la sua curvatura topografica sia positiva.

$$\nabla^2 z = \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} > 0$$

La procedura fin qui descritta, è resa ormai automatica e veloce dai potenti sistemi GIS – GRASS.

In particolare le due funzioni che permettono l'estrazione di tutti gli elementi sopracitati ed infine il tracciameto automatico del bacino idrografico sono:

- r.watershed
- t.water.outlet

4.1.6. TEMPO DI CORRIVAZIONE

In generale per ciascun punto del bacino si può definire un valore del tempo di corrivazione. Esso è il tempo che occorre ad una particella d'acqua caduta in quel punto per raggiungere la sezione di chiusura del bacino. Dato che il percorso delle particelle d'acqua è immutabile, e dato che l particelle hanno velocità che non si influenzano le une con le altre, anche il tempo di corrivazione di ogni punto del bacino è immutabile. Tra tutti i punti del bacino ve ne sarà uno a cui compete il più alto valore del tempo di corrivazione: si dice che tale punto è idraulicamente il più svantaggiato ed il tempo di corrivazione che compete a questo punto si assume come tempo di corrivazione del bacino.

Per il calcolo di tale parametro, si farà riferimento alle diverse formulazioni presenti in letteratura. In particolare, si farà riferimenti alle seguenti formule empiriche:

- **Formula di Giandotti**

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{h_{media} - h_{min}}}$$

dove:

- t_c = tempo di corrivazione (h)
- A = area del bacino (km²)
- L = lunghezza dell'asta principale (km)
- h_{media} = quota media del bacino (m s.l.m.)
- h_{min} = quota della sezione di chiusura (m s.l.m.)

- **Formula di Pezzoli**

$$t_c = \frac{0.055 \times L}{i^{\frac{1}{2}}}$$

dove:

- t_c = tempo di corrivazione (ore)
- L = lunghezza dell'asta principale (km)
- i = pendenza media dell'asta principale (adimensionale)

- **Formula di Pasini**

$$t_c = \frac{0.108 \times (A L)^{\frac{1}{3}}}{i^{\frac{1}{2}}}$$

dove:

- t_c = tempo di corrivazione (ore)
- L = lunghezza dell'asta principale (km)
- A = area del bacino (km²)
- i = pendenza media dell'asta principale

- **Criterio della velocità**

$$t_c = \frac{L}{V}$$

dove:

- t_c = tempo di corrivazione (ore)
- L = lunghezza dell'asta principale (km)
- V = velocità di deflusso della particella all'interno del reticolo;

- **Formula di Kirpich**

$$t_c = 0,000385 \frac{L^{0,77}}{i^{0,385}}$$

dove:

- t_c = tempo di corrivazione (ore)
- L = lunghezza dell'asta principale (km)
- i = pendenza media del bacino

4.1.7. MODELLO "HEC-HMS"

Il software libero HEC-HMS, Hydrologic Modeling System, è un modello idrologico messo a punto dall'Hydrologic Engineering Center dell'USACE (US Army Corps of Engineers) per simulare accuratamente i processi idrologici che avvengono all'interno di un bacino idrografico.

Al suo interno sono implementate le principali formulazioni utilizzate nella pratica idrologica per il calcolo delle perdite per infiltrazione e, quindi, del volume di run-off, per la trasformazione afflussi-deflussi con possibilità di considerare anche il contributo del deflusso di base, per la propagazione dell'onda di piena nei canali, per la descrizione di invasi naturali o artificiali (USACE, 2000).

Tale software permette, quindi, di descrivere quantitativamente la trasformazione delle piogge in deflussi superficiali sulla superficie di un bacino imbrifero e in correnti idriche che confluiscono e si propagano lungo i suoi collettori drenanti, nonché simulare la risposta di un bacino idrografico investito da un evento meteorico di caratteristiche note.

Il software lavora per componenti, quelle adoperate nel corso dell'elaborazione di tale studio sono state:

- *Basin Models*: definisce le caratteristiche del bacino idrografico;
- *Meteorologic Models*: inserimento dei dati meteorologici per le precipitazioni;
- *Control Specification*: orizzonte temporale della simulazione (inizio-fine simulazione e scansione temporale);
- *Time-Series Data*: sequenze temporali della pioggia.

Avviato il software e dopo aver creato il nuovo progetto, tramite il comando **Components**, si è proceduto con la creazione di ognuna delle componenti sopra elencate, inserendo le informazioni necessarie per la definizione di ognuna di es

Di seguito procederemo alla descrizione dell'implementazione dei dati nel modello:

Basin Models: All'interno del Software HEC-HMS nel percorso Components - > Basin Models Manager si è creato il bacino di riferimento. Esso è stato descritto tramite un solo sottobacino, creato cliccando sul comando Subbasin Creation Tool. Attraverso il modulo BASIN MODEL viene definita la caratterizzazione fisica del bacino idrografico. In ogni sottobacino i processi idrologici vengono modellati distinguendo tre fasi: le perdite iniziali, la trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi superficiali e il processo del deflusso sub superficiale, o deflussi di base.

Ciascuno degli elementi idrologici che compongono il sistema in esame può essere definito compiutamente dal punto di vista fisico-morfologico e idrologico mediante uno specifico editor. Gli elementi idrologici simulabili sono: SUBBASIN (sottobacino), JUNCTION (confluenza), REACH (tratto di corso d'acqua), RESERVOIR (bacino di invaso o serbatoio), DIVERSION (scolmatore o diversivo), SOURCE (sorgente) e SINK (pozzo). Ciascun elemento viene connesso in una rete ad albero. La rappresentazione fisica del bacino idrografico viene fatta nella schematizzazione di bacino attraverso varie componenti come sottobacini, tronchi fluviali, giunzioni, ritenute, fuoriuscite, sorgenti e pozzi, unite tra di loro a formare una rete completa. Il software utilizza in pratica una schematizzazione a parametri concentrati del bacino idrografico, cioè il bacino idrografico viene schematizzato come un insieme di sottobacini idrografici eventualmente uniti insieme tra loro dai tronchi fluviali e dalle giunzioni.

Le informazioni riguardanti il sottobacino sono:

- *Area*
- *Loss Method* - Modello di trasformazione afflussi-deflussi = *SCS Curve Number*
- *Transform Method* - Modello per la formazione dell'onda di piena = *SCS Unyt Hydrograph*;
User- Specifiec S-Graph

Per i restanti *Method* si è scelto di non specificare nessuna informazione particolare, lasciando il campo "none".

Il parametro fondamentale per l'implementazione del *Transform Method SCS Unyt Hydrograph* – è necessaria la conoscenza del "Lag time" (MIN), ossia il tempo calcolato tra il baricentro dello

ietogramma di pioggia e il picco dell'idrogramma di piena. Tale valore viene assunto solitamente pari a 0,60 del tempo di corrivazione. Il secondo parametro utile per la definizione di tale modello è il "Peak Rate Factor", opportunamente scelto in base alle caratteristiche del bacino idrografico.

Meteorologic Models: La componente successiva che è stata analizzata è la *Meteorologic Models*. Per prima cosa è stato creato un nuovo modello, seguendo il percorso *Components -> Meteorologic Model Manager*, al quale si è assegnato il nome "Met 1".

Nella scheda *Meteorology Model* è stato definito l'input di precipitazione, per il quale è stato selezionato *Specified Hyetograph* (ietogramma specifico) e l'Unit System in Metric; in *Basins* si è indicata la presenza del sottobacino cliccando su "yes"; nella scheda *Options* invece abbiamo selezionato la possibilità di sostituire i valori mancanti di pioggia (*Replace Missing*). In questo modo è stato definito che l'input al modello meteorologico è uno ietogramma.

Le misure derivano da una stazione meteorologica, che è stata definita in un secondo momento, cliccando su *Specified Hyetograph* nella finestra di editor.

Control Specification: Per la componente *Control Specification*, definita con il nome "Control 1" è stato richiesto di immettere dati riguardanti la durata della simulazione.

Time-Series Data: Infine è stata specificata è la *Time-Series Data*, nella quale è stata inserita la serie di pioggia simulata. Durante la esecuzione di tale componente è stato specificato che il campione di dati derivasse da una stazione di pioggia fittizia, alla quale è stato assegnato il nome come precedentemente accennato. Nella scheda *Time-Series Gage* il *Data Source* è stato indicato come *Manual Entry*, ovvero si è scelto l'inserimento manuale dei dati, l'unità di misura in millimetri incrementali e l'intervallo temporale di un minuto

Cliccando nell'elenco a tendina all'interno della finestra editor sulla stazione, infine, si aprirà una nuova stringa di comando, nella quale è stato determinato il tempo di funzionamento della stazione nella scheda *Time Window*, con l'intervallo temporale precedentemente specificato nella componente control. Nella scheda *Table*, infine, di volta in volta, verrà inserita la sequenza temporale di pioggia pianificata cosicché, una volta lanciata la simulazione, restituirà degli output in forma di portata.

Cliccando su *Compute -> Create Simulation Run -> Compute Run* è stata fatta avviare la simulazione. Inoltre, il run chiede di specificare quale bacino, modello meteorologico e control utilizzare per effettuare la simulazione. I risultati del modello, una volta eseguito il run del programma, possono essere visualizzati in differenti modi; ad esempio, graficamente o sotto forma di tabelle riassuntive. In particolare, dato l'input di precipitazione, il modello restituisce informazioni sulla aliquota di precipitazione persa e il valore della portata alla sezione di chiusura tramite l'idrogramma conseguente alla suddetta precipitazione.

4.2. BACINO IDROGRAFICO Fiume MAZARO

Il bacino idrografico del fiume Mazaro presenta una forma caratteristica che viene di seguito riportata (fig. 10) con una quota minima di 0,00 m s.l.m alla foce ed una quota massima di 712 m s.l.m. in corrispondenza della cima si M. Polizzo. Il bacino in esame ha una forma allungata in direzione NNE-SSW e presenta una porzione più allargata nella parte centrale.

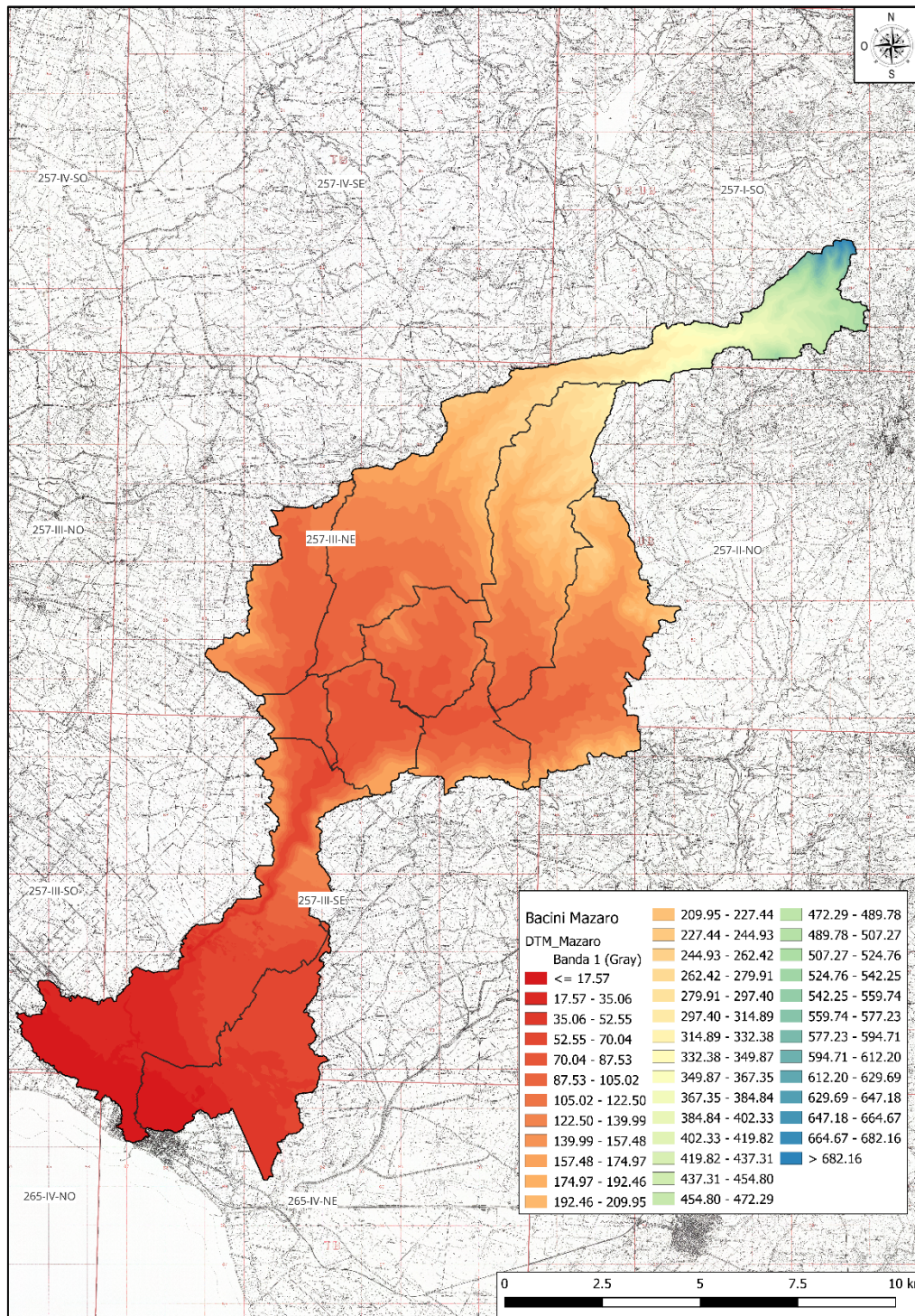


Fig. 10. Modello Digitale del Terreno - Bacino Fiume Mazaro

Dall'estremità nord-orientale, procedendo in senso orario, lo spartiacque del Bacino Idrografico del Fiume Mazzo e dell'area territoriale tra il bacino del Fiume Mazzo e il bacino del Fiume Arena segue la cima di M. Polizzo (712 m s.l.m.), quindi continua, con andamento NE – SW, nelle contrade Inferno e Sanagia fino alla cima di M. Posillesi (516 m s.l.m.), di Timpone Torretta (270 m s.l.m.), attraversa la contrada Torrettella verso il Timpone del Gesso (229 m s.l.m.), il Timpone Vanidotti (220 m s.l.m.), M. Porticato (235 m s.l.m.), Colle Aquila (228 m s.l.m.). Da qui prosegue verso la costa mediterranea attraverso le contrade Lippone, Sancilio, Bucari, Ciantrato, Spataro, Samaritana, Sant'Elia e Santa Maria.

Lo spartiacque segue la costa verso ovest fino al molo di ponente del porto di Mazara del Vallo. Da qui, prosegue verso l'entroterra con direzione quasi parallela all'andamento del Fiume Mazzo, dapprima, e del Torrente Iudeo e Fosso Ronchibilotto dopo, passando per la cima di M. Alberaccio (511 m s.l.m.), Portella Grangi e chiudersi sulla cima di M. Polizzo.

Di seguito viene riportata la suddivisione in sottobacini (fig. 11).

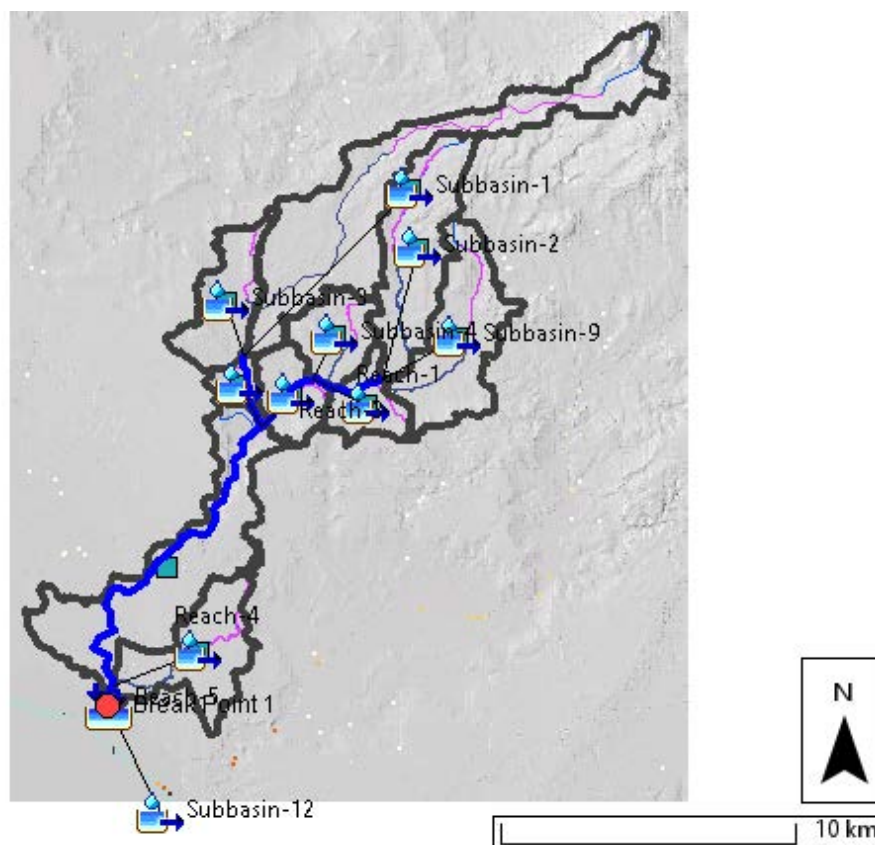


Fig. 11. Schema di calcolo bacino Fiume Mazaro – HEC HMS

4.2.1. STIMA TEMPO DI CORRIVAZIONE

Note le grandezze geomorfologiche dei singoli sottobacini, attraverso una media aritmetica dei risultati delle formulazioni in precedenza riportate, scelte opportunamente in funzione delle

caratteristiche dei singoli sottobacini, sono stati stimati i seguenti valori dei tempi di corrivazione:

Tabl. 1 - Tempo di corrivazione – Sottobacini Fiume Mazaro

Sottobacini	T _c (minuti)
Subbasin-1	293.44
Subbasin-10	63.89
Subbasin-12	203.21
Subbasin-2	145.83
Subbasin-3	85.31
Subbasin-4	61.19
Subbasin-5	51.10
Subbasin-7	132.26
Subbasin-8	43.72
Subbasin-9	118.00

Nel suo complesso, il bacino idrografico del fiume Mazaro, ha un tempo di corrivazione complessivo di circa **8,00 ore**.

4.2.2. STUDIO DELLA PIOVOSITA'

Lo studio delle piogge è stato condotto al fine di ricavare i parametri utili per la determinazione delle curve di probabilità pluviometrica, per i tempi di ritorno di 50, 100 e 300 anni, con la metodologia in precedenza esposta.

Per la stima delle c.p.p. è fondamentale la conoscenza delle aree di influenza delle singole stazioni prese in esame al fine di mediare i dati statistici derivati dalle serie storiche delle altezze di pioggia di massima intensità (1, 3, 6, 12 e 24 h) registrate, nel caso specifico, dalle stazioni pluviometriche di Mazara del Vallo, Diga Trinità, Borgo Fazio e Salemi. Dalle serie storiche sopracitate sono stati calcolati gli statistici, ovvero media e scarto quadratico medio, utili per la determinazione dei parametri della legge di distribuzione probabilistica adottata.

Di seguito vengono riportati i parametri statistici calcolati.

Tabl. 2 - Statistici – Stazione di Mazara del Vallo

Durate	1h	3h	6h	12h	24h
Media	28.05	37.50	43.32	53.09	60.57
Scarto	12.45	19.01	19.86	26.85	28.81

Tabl. 3 - Statistici – Stazione di Diga Trinità

Durate	1h	3h	6h	12h	24h
Media	29.69	40.12	47.49	53.62	60.93
Scarto	11.41	17.27	23.17	26.25	29.22

Tabl. 4 - Statistici - Stazione di Borgo Fazio

Durate	1h	3h	6h	12h	24h
Media	28.47	38.05	42.97	47.70	51.20
Scarto	15.24	16.94	20.32	22.01	21.57

Tabl. 5 - Statistici - Stazione di Salemi

Durate	1h	3h	6h	12h	24h
Media	32.60	42.85	46.93	53.15	59.62
Scarto	15.54	23.61	24.81	25.85	24.75

I valori degli statistici puntuali relativi ad ognuna delle stazioni prese in esame, sono state interpolate tramite il metodo dei topoi, al fine di eseguire un ragguglio spaziale delle precipitazioni e calcolare così le piogge medie all'interno del bacino in questione.

Tabl. 6 - Statistici mediati

	1h	3h	6h	12h	24h
Media	28.83	38.56	44.13	50.85	56.51
Scarto	13.70	18.15	20.97	24.58	25.47

Tabl. 7 - Parametri legge di Gumbel

Parametri	1h	3h	6h	12h	24h
μ	22.67	30.39	34.69	39.79	45.05
α	0.09	0.07	0.06	0.05	0.05

Tabl. 8 - Riepilogo altezze massime di pioggia

	T= 50	T= 100	T= 300
1	66.52	74.26	86.47
3	83.46	93.12	108.37
6	96.30	107.42	124.95
12	111.12	123.91	144.08
24	128.22	142.93	166.14

Di seguito si riporta la curva di probabilità pluviometrica (fig. 12).

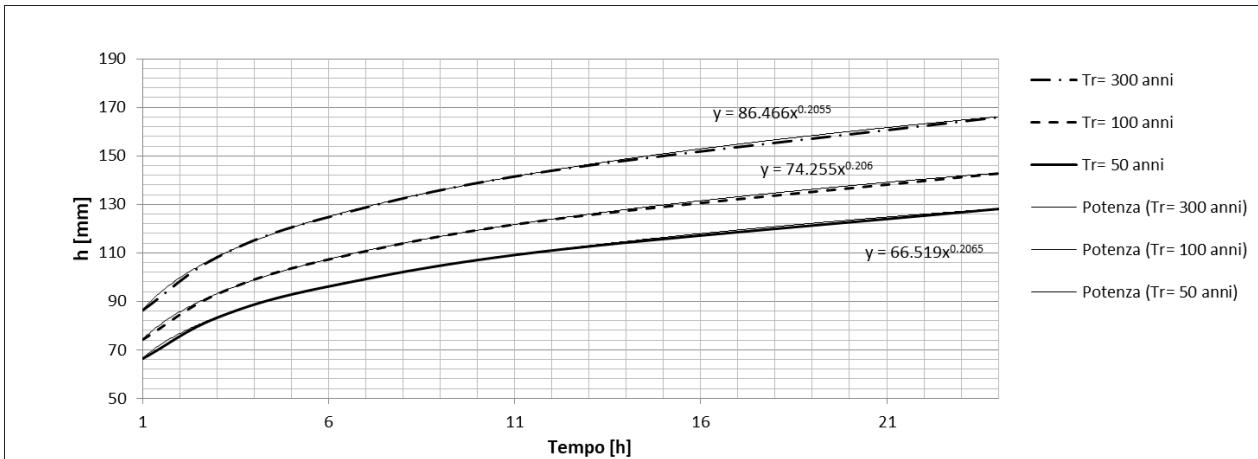


Fig. 12. Curva di probabilità pluviometrica bacino Fiume Mazaro

4.2.3. IDROGRAMMI DELLE PORTATE IN USCITA OTTENUTI

Infine, vengono riportati gli idrogrammi in uscita (fig. 13), in corrispondenza della foce, al variare dei tempi di ritorno considerati.

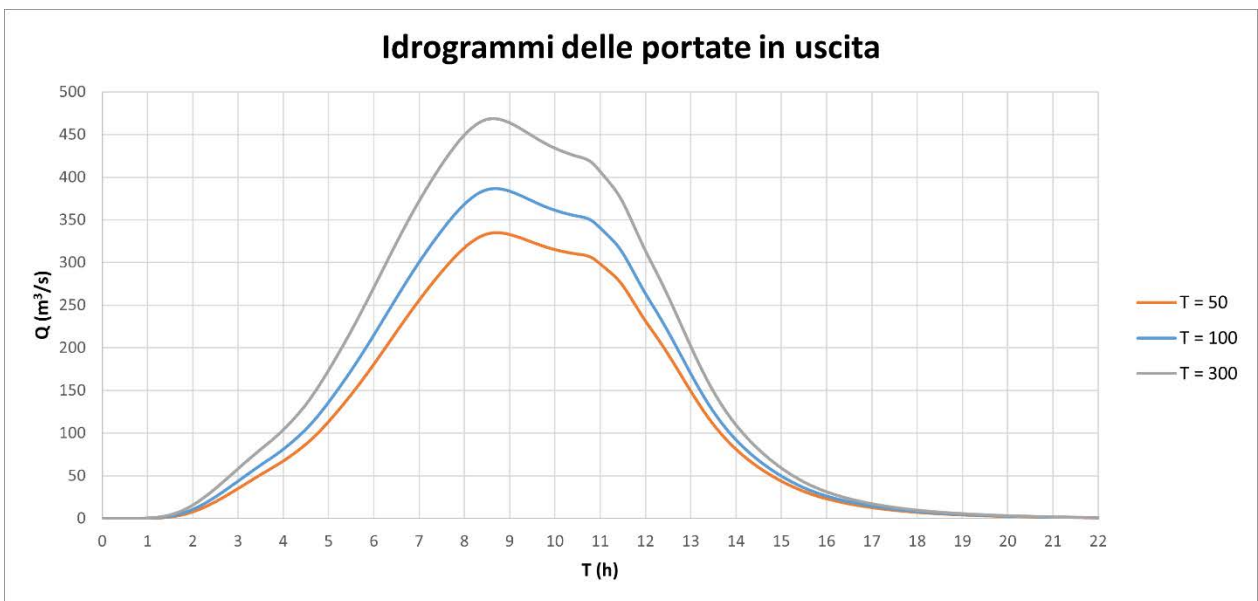


Fig. 13. Idrogrammi delle portate in uscita alla foce del Fiume Mazaro

Di seguito si riportano gli idrogrammi (fig. 14) tratti dalla relazione BAC-053 del Piano di Assetto Idrogeologico – P.A.I. ottenuti in corrispondenza della foce del fiume Mazaro.

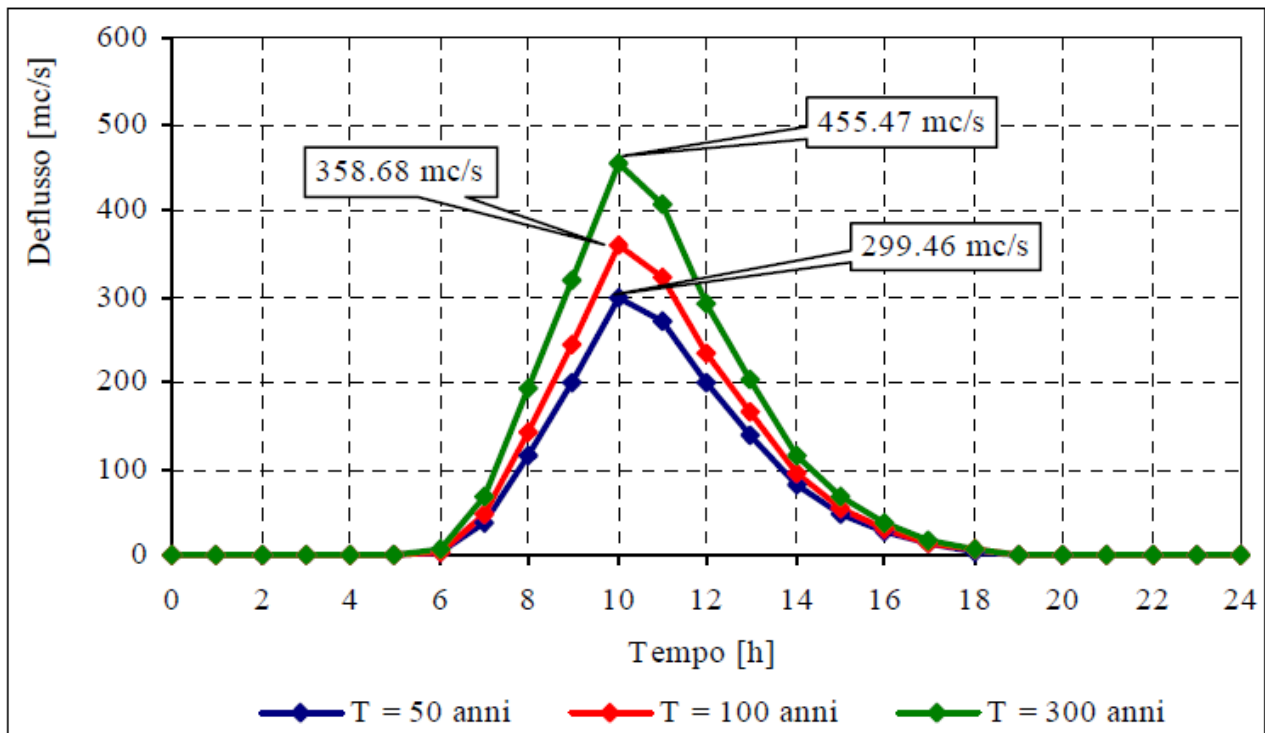


Fig. 14. Idrogrammi delle portate in uscita alla foce del Fiume Mazara (fonte: P.A.I.)

Dal confronto è possibile notare che, i risultati ottenuti nella fase dello studio idrologico sono perfettamente compatibili con i risultati riportati nella relazione del P.A.I.

Gli idrogrammi ottenuti saranno utilizzati come dati di input per la modellazione idraulica che sarà illustrata in seguito.

4.3. BACINO IDROGRAFICO FIUME ARENA

Il bacino idrografico del Fiume Arena è localizzato nella porzione occidentale della Sicilia settentrionale ed occupa una superficie complessiva di 316 km² (fig. 15) con una quota minima di 0,00 m s.l.m alla foce ed una quota massima di 682 m s.l.m. Il bacino oggetto di studio rappresenta la porzione di bacino del Fiume Arena a valle dell'invaso del Lago della Trinità.

Ai fini del presente studio, non è stato considerato il bacino sotteso all'invaso in quanto si suppone che i deflussi a monte vengano totalmente captati dall'invaso stesso.

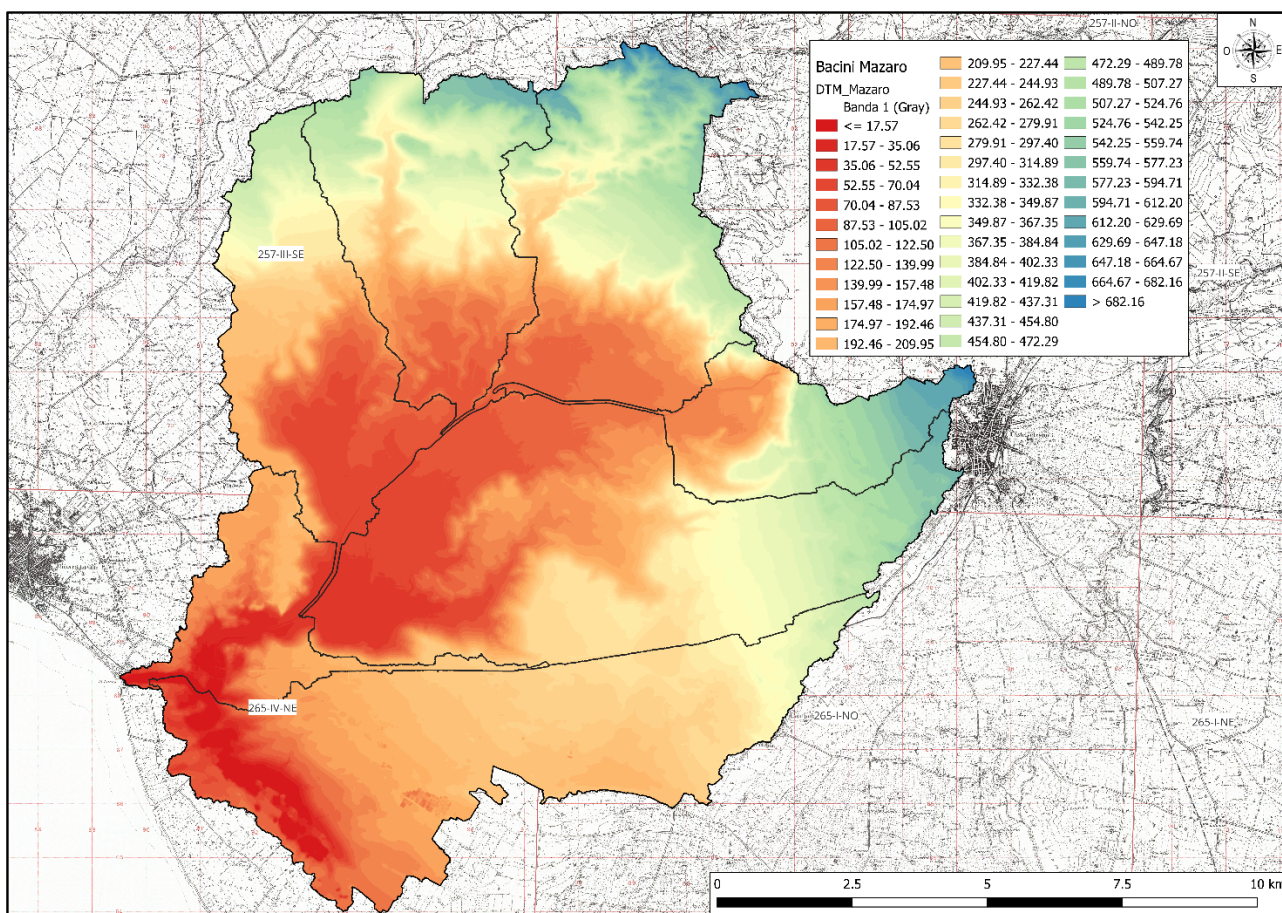


Fig. 15. Modello Digitale del Terreno - Bacino Fiume Arena

Di seguito viene riportata la suddivisione in sottobacini (fig. 16).



Fig. 16. Schema di calcolo bacino Fiume Arena - HEC HMS

4.3.1. STIMA TEMPO DI CORRIVAZIONE

Note le grandezze geomorfologiche dei singoli sottobacini, attraverso una media aritmetica dei risultati della formulazione in precedenza riportate, scelte opportunamente in funzione delle caratteristiche dei singoli sottobacini, sono stati stimati i seguenti valori dei tempi di corrivazione:

Tabl. 9 - Tempo di corrivazione - Sottobacini Fiume Mazaro

Sottobacini	T _c (minuti)
Subbasin-1	114.88
Subbasin-12	163.13
Subbasin-2	146.90
Subbasin-3	145.10
Subbasin-5	211.05
Subbasin-6	249.01
Subbasin-9	146.93

Nel suo complesso, il bacino idrografico del fiume Arena, ha un tempo di corrivazione complessivo di circa **10,00 ore**.

4.3.2. STUDIO DELLA PIOVOSITA'

Lo studio delle piogge è stato condotto al fine di ricavare i parametri utili per la determinazione delle curve di probabilità pluviometrica, per i tempi di ritorno di 50, 100 e 300 anni, con la metodologia in precedenza esposta.

Per la stima delle c.p.p. è fondamentale la conoscenza delle aree di influenza delle singole stazioni prese in esame al fine di mediare i dati statistici derivati dalle serie storiche delle altezze di pioggia di massima intensità (1, 3, 6, 12 e 24 h) registrate, nel caso specifico, dalle stazioni pluviometriche di Mazara del Vallo, Diga Trinità e Castelvetro. Dalle serie storiche sopracitate sono stati calcolati gli statistici, ovvero media e scarto quadratico medio, utili per la determinazione dei parametri della legge di distribuzione probabilistica adottata.

Di seguito vengono riportati i parametri statistici calcolati.

Tabl. 10 - Statistici – Stazione di Mazara del Vallo

Durate	1h	3h	6h	12h	24h
Media	28.05	37.50	43.32	53.09	60.57
Scarto	12.45	19.01	19.86	26.85	28.81

Tabl. 11 - Statistici – Stazione di Diga Trinità

Durate	1h	3h	6h	12h	24h
Media	29.69	40.12	47.49	53.62	60.93
Scarto	11.41	17.27	23.17	26.25	29.22

Tabl. 12 - Statistici – Stazione di Castelvetro

Durate	1h	3h	6h	12h	24h
Media	27.93	36.04	41.93	49.69	57.23
Scarto	12.38	16.20	17.81	22.12	23.07

I valori degli statistici puntuali relativi ad ognuna delle stazioni prese in esame, sono state interpolate tramite il metodo dei topoi, al fine di eseguire un ragguglio spaziale delle precipitazioni e calcolare così le piogge medie all'interno del bacino in questione.

Tabl. 13 - Statistici mediati

	1h	3h	6h	12h	24h
Media	29.11	39.17	45.99	53.39	60.76
Scarto	11.78	17.85	21.97	26.40	29.00

Tabl. 14 - Parametri legge di Gumbel

Parametri	1h	3h	6h	12h	24h
μ	23.81	31.14	36.11	41.51	47.71
α	0.11	0.07	0.06	0.05	0.04

Tabl. 15 - Riepilogo altezze massime di pioggia

	T= 50	T= 100	T= 300
1	62.15	68.94	79.66
3	82.85	92.17	106.88
6	99.32	110.70	128.65
12	119.08	132.96	154.86
24	142.76	159.69	186.41

Di seguito si riporta la curva di probabilità pluviometrica (fig. 17).

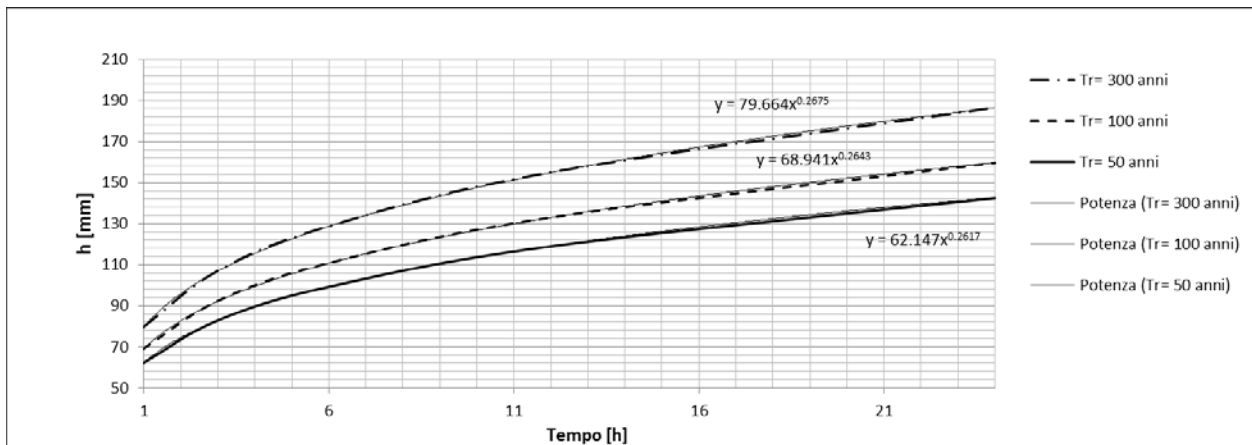


Fig. 17. Curva di probabilità pluviometrica bacino Fiume Arena

4.3.3. IDROGRAMMI DELLE PORTATE IN USCITA OTTENUTI

Infine, vengono riportati gli idrogrammi in uscita (fig. 18), in corrispondenza della foce, al variare dei tempi di ritorno considerati.

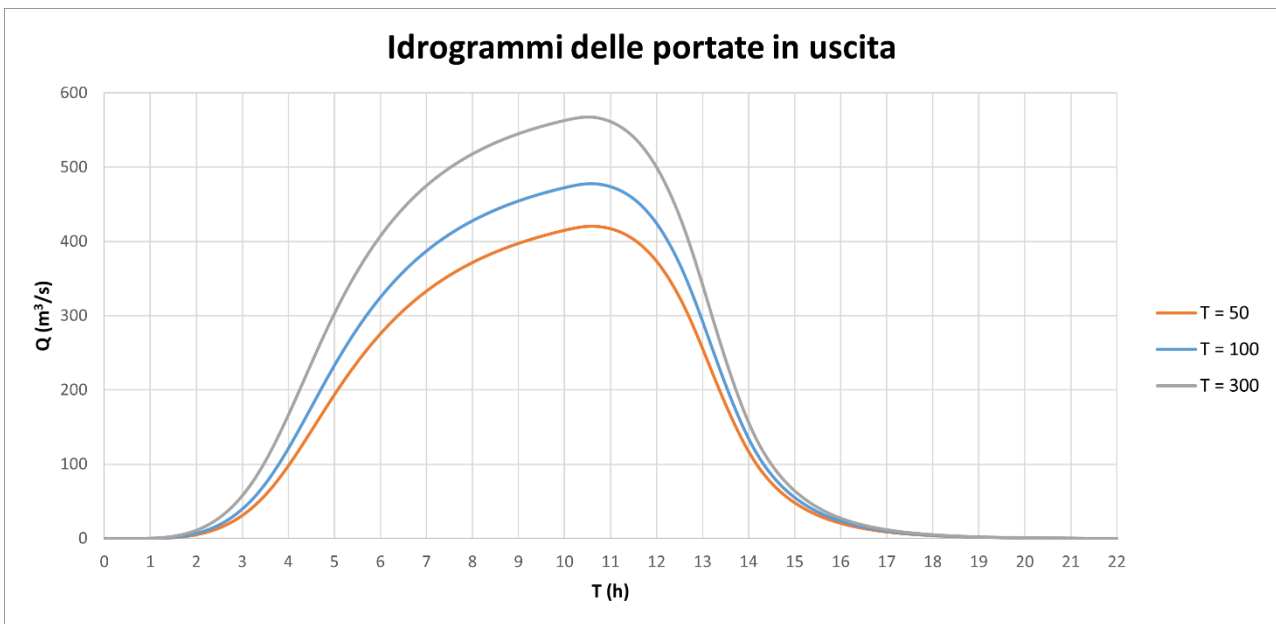


Fig. 18. Idrogrammi delle portate in uscita alla foce del Fiume Arena

Di seguito si riportano gli idrogrammi (fig. 19) tratti dalla relazione BAC-054 del Piano di Assetto Idrogeologico – P.A.I. ottenuti in corrispondenza della foce del fiume Arena.

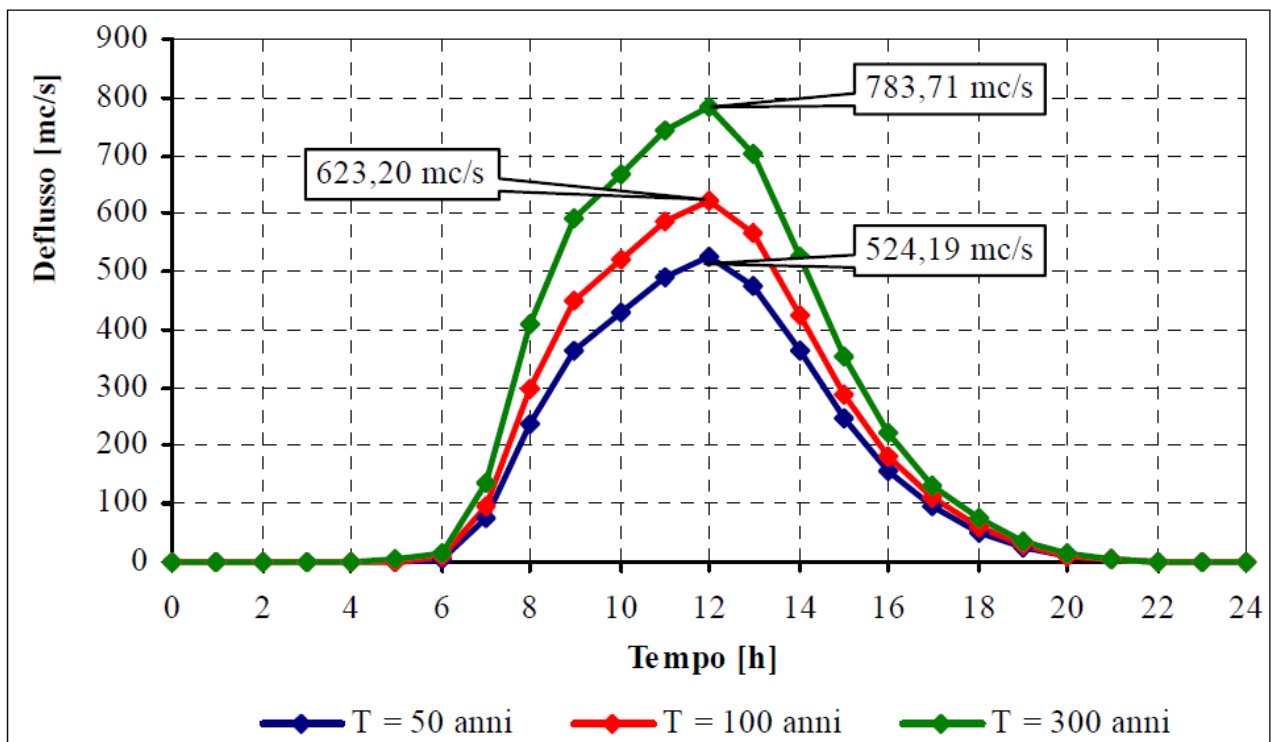


Fig. 19. Idrogrammi delle portate in uscita alla foce del Fiume Arena (fonte: P.A.I.)

Dal confronto è possibile notare che, i risultati ottenuti nella fase dello studio idrologico sono differenti riguardo ai risultati riportati nel P.A.I dal momento che, in questa fase, non è stato considerato

l'apporto del bacino idrografico sotteso al lago artificiale a monte della Diga Trinità.

Gli idrogrammi ottenuti saranno utilizzati come dati di input per la modellazione idraulica che sarà illustrata in seguito.

5. STUDIO IDRAULICO

La modellazione dei fenomeni di allagamento e di transito sono state eseguite utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS 6.3.1. In particolare, la modellazione idraulica è stata eseguita secondo uno schema bidimensionale in moto vario (unsteady flow), considerando come condizioni al contorno sia una precipitazione zenitale sul dominio di calcolo che una classica propagazione dell'onda di piena.

5.1. CODICE DI CALCOLO

5.1.1. DESCRIZIONE CODICE DI CALCOLO

Il codice di calcolo consente di risolvere il problema bidimensionale del moto sia risolvendo le equazioni complete di Saint Venant o di diffusione dell'onda in 2D. In generale, le equazioni di diffusione dell'onda (scelte ai fini del presente studio) consentono al codice di funzionare più velocemente garantendo inoltre una maggiore stabilità numerica. L'algoritmo di risoluzione è ai volumi finiti.

Il software è stato progettato per utilizzare mesh computazionali strutturati o non strutturati. Ciò significa che le cellule computazionali possono essere triangoli, quadrati, rettangoli o anche elementi a cinque e sei facce. La maglia può essere una miscela di forme e dimensioni delle celle. Il contorno esterno della maglia computazionale è definito con un poligono.

All'interno di HEC-RAS le celle e le facce delle celle si basano sui dati del terreno sottostante (DTM). Ogni cella della maglia computazionale è pre-elaborato per sviluppare dei grafici dettagliati sulle proprietà idrauliche basate sul terreno sottostante che vengono utilizzati nella modellazione di HEC. Inoltre, ogni faccia delle celle viene valutata come una sezione trasversale dove vengono elaborate in tabelle che descrivono le proprietà idrauliche. Il flusso si muove in tutta la faccia (tra le celle) basandosi su questi dati.

Questo permette agli utenti di utilizzare delle celle molti grandi senza però perdere troppo il dettaglio del terreno sottostante che governa il movimento del flusso. Il vantaggio è un minor numero di calcoli e quindi tempi di esecuzione molto più veloci.

La perimetrazione delle aree allagabili così come le animazioni dello scenario degli allagamenti in funzione del tempo può essere fatta all'interno di HEC-RAS utilizzando le funzionalità di RAS- Mapper.

La mappatura delle aree allagate si basa sul DTM, ciò significa che la reale superficie bagnata sarà basata sui dettagli della morfologia del terreno sottostante e non sulla dimensione della cella di calcolo. Le celle, quindi, possono anche essere parzialmente bagnate/asciutte.

5.1.2. MODELLAZIONE DEL TERRENO

Ai fini di una corretta modellazione idraulica in campo bidimensionale il primo step fondamentale è la generazione di un corretto e dettagliato modello del terreno, che sarà la discriminante principale degli output relativi all'estensione delle aree inondabili e ai livelli raggiunti dall'acqua in queste ultime. Il software prevede una sezione dedicata per l'inserimento dei file che descrivono il modello del terreno, il RAS Mapper. Successivamente vengono caricati i files relativi al terreno scegliendo tra i formati FLT, GeoTiff o ESRI sempre all'interno dei Tools nella sezione New Terrain Layer. Il primo passo è adottare uno specifico sistema di riferimento spaziale nella sezione Set Projection all'interno dei Tools, inserendo un file con estensione ".prj".

Nel presente studio, si è fatto riferimento al D.T.M. 2 x 2 (2013) reperibile al seguente link:

https://map.sitr.regione.sicilia.it/gis/services/modelli_digitali/mdt_2013/ImageServer/WCSServer

5.1.3. DOMINIO DI CALCOLO

Definito e generato lo "sfondo" per il progetto in analisi, cioè l'andamento digitale del terreno e del corpo idrico, si passa alla creazione del grigliato di calcolo che costituirà il dominio dell'area 2D, per lo sviluppo della simulazione.

Lo schema risolutivo della versione HEC-RAS 6.3.1. è basato su un algoritmo ai volumi finiti che permette di utilizzare per il calcolo una maglia computazionale strutturata e non strutturata che può essere composta da celle con 3, 4, 5, 6 lati fino ad un massimo di 8.

Per la creazione delle aree 2D si deve per prima cosa tracciare il poligono di contorno, nell'apposita sezione dell'Editor. Il contorno dell'area 2D può essere modificato in ogni momento e, per una più accurata simulazione può essere anche georeferenziato mediante l'utilizzo dei GIS Tools nella sezione StorageArea/2D Flow Area Outlines Table.

Definito il poligono delle aree 2D si passa alla creazione della maglia di calcolo all'interno delle aree stesse. Selezionando l'area cliccando sull' editor si può scegliere la dimensione della griglia di calcolo impostando il valore del dx e del dy.

Ovviamente i tempi computazionali per effettuare la simulazione sono direttamente legati alle dimensioni della mesh di calcolo e all'estensione del poligono dell'area 2D.

Ogni singola cella che compone le aree 2D descritta dalle seguenti caratteristiche:

- Cell Center: è dove il pelo idrico è computato;
- Cell Face: sono le linee di contorno. Le facce sono generalmente segmenti lineari eccetto lungo il bordo dove possono essere spezzate;
- Cell Face Point: questi face point saranno il punto di collegamento tra le lateral structures e l'area 2D;

Si noti inoltre come ogni cell center, cell face e cell face point è identificato da un numero, in modo da facilitare l'operazione di analisi e visualizzazione dei risultati. Il più grande vantaggio della modellazione bidimensionale in HEC-RAS riguarda comunque la dimensione della mesh computazionale.

Ogni cella viene infatti preprocessata in modo da creare una serie di tabelle idrauliche, che mettono in relazione l'elevazione e il volume e, su ogni lato della cella, l'elevazione con il perimetro bagnato, l'area e la scabrezza. Queste curve permettono di utilizzare celle di dimensioni più grandi rispetto ad altri programmi 2D, con evidente diminuzione dei tempi computazionali. Ad ogni modo, in una simulazione di moto vario bidimensionale, il parametro più significativo da considerare è l'intervallo computazionale ΔT , che deve essere scelto con accuratezza in modo da non influenzare negativamente l'esito delle analisi.

Generalmente questo valore viene valutato basandosi sul criterio di Courant, esprimibile nella maniera seguente:

$$C = \frac{V \Delta T}{\Delta X} \leq 2$$

con C il numero di Courant, V la velocità massima dell'acqua, ΔT il tempo di calcolo e ΔX la dimensione media delle celle. Infine, occorre sottolineare che il software computa la velocità della corrente nei nodi della griglia, mentre il livello idrico è calcolato nel cell center della griglia stessa. Per facilità e contenere gli oneri computazionali, l'area di studio è stata suddivisa in più domini di calcolo con mesh di grandezza variabile in base all'estensione e alla geomorfologia dell'area in questione.

5.1.4. CONDIZIONI AL CONTORNO

Relativamente alle altre condizioni al contorno di monte, sono stati implementati all'interno del codice di calcolo, gli idrogrammi di piena calcolati per le singole aste fluviali al variare del tempo di ritorno.

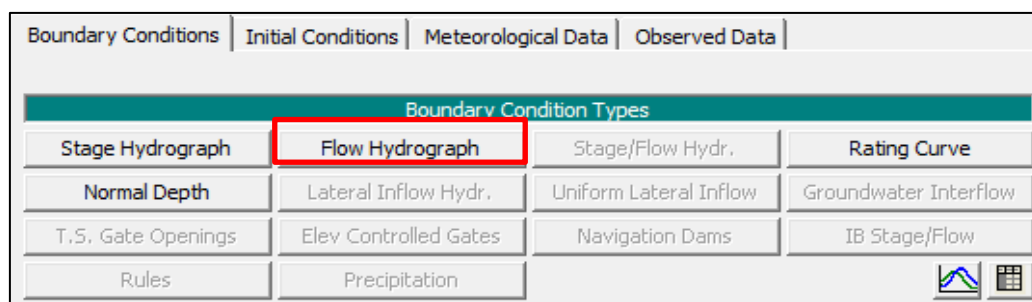


Fig. 20. Condizioni al contorno modello idraulico - "Flow Hydrograph"

Infine, per quanto riguarda la condizione di valle, è stata inserita la condizione di moto uniforme ad una distanza tale non influenzare i risultati della simulazione eseguita.

5.1.5. CALIBRAZIONE DEL MODELLO - SCABREZZA

Per una simulazione più accurata dopo avere generato e inserito all'interno del programma il terreno digitalizzato può essere utile associare a quest'ultimo, e quindi alle aree 2D, dei valori di scabrezza variabili che simulino l'eterogeneità reale delle aree inondabili nei confronti del deflusso.

Questa variabilità spaziale viene creata mediante uno shapefile e inserita all'interno di HEC-RAS nel RAS Mapper. Successivamente mediante l'apposita finestra si assegnano i vari land use alle singole aree.

Trattandosi di simulazioni idrauliche a scala di bacino idrografico, in questa prima fase di studio è stato assunto un valore medio del coefficiente di Manning pari 0,05.

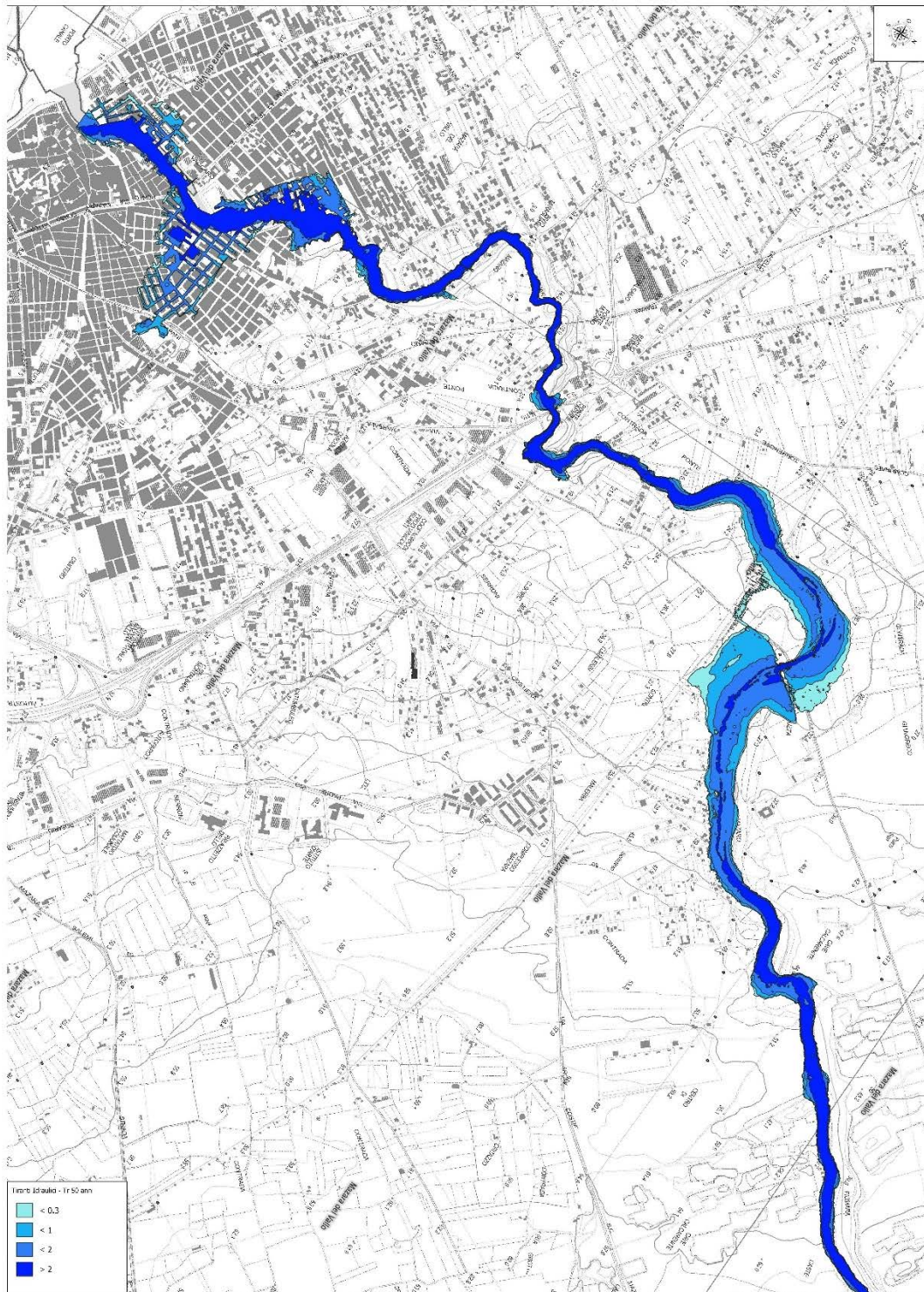
5.2. MODELLAZIONE IDRAULICA

Gli idrogrammi di piena implementati a monte come condizioni al contorno, a vantaggio di sicurezza, sono quelli ricavati in precedenza dallo studio idrologico nelle sezioni di chiusura.

Entrambe le aste fluviali in oggetto sono state analizzate considerando le aree ricadenti all'interno dei limiti amministrativi del comune di Mazara del Vallo (TP), a monte degli insediamenti urbani.

5.2.1. AREA FIUME MAZARO

Di seguito si riportano i risultati ottenuti per l'area del fiume Mazaro, per ogni altro approfondimento si rimanda agli elaborati specifici.



5.2.2. AREA FIUME ARENA

Di seguito si riportano i risultati ottenuti per il fiume arena, per ogni altro approfondimento si rimanda agli elaborati specifici.

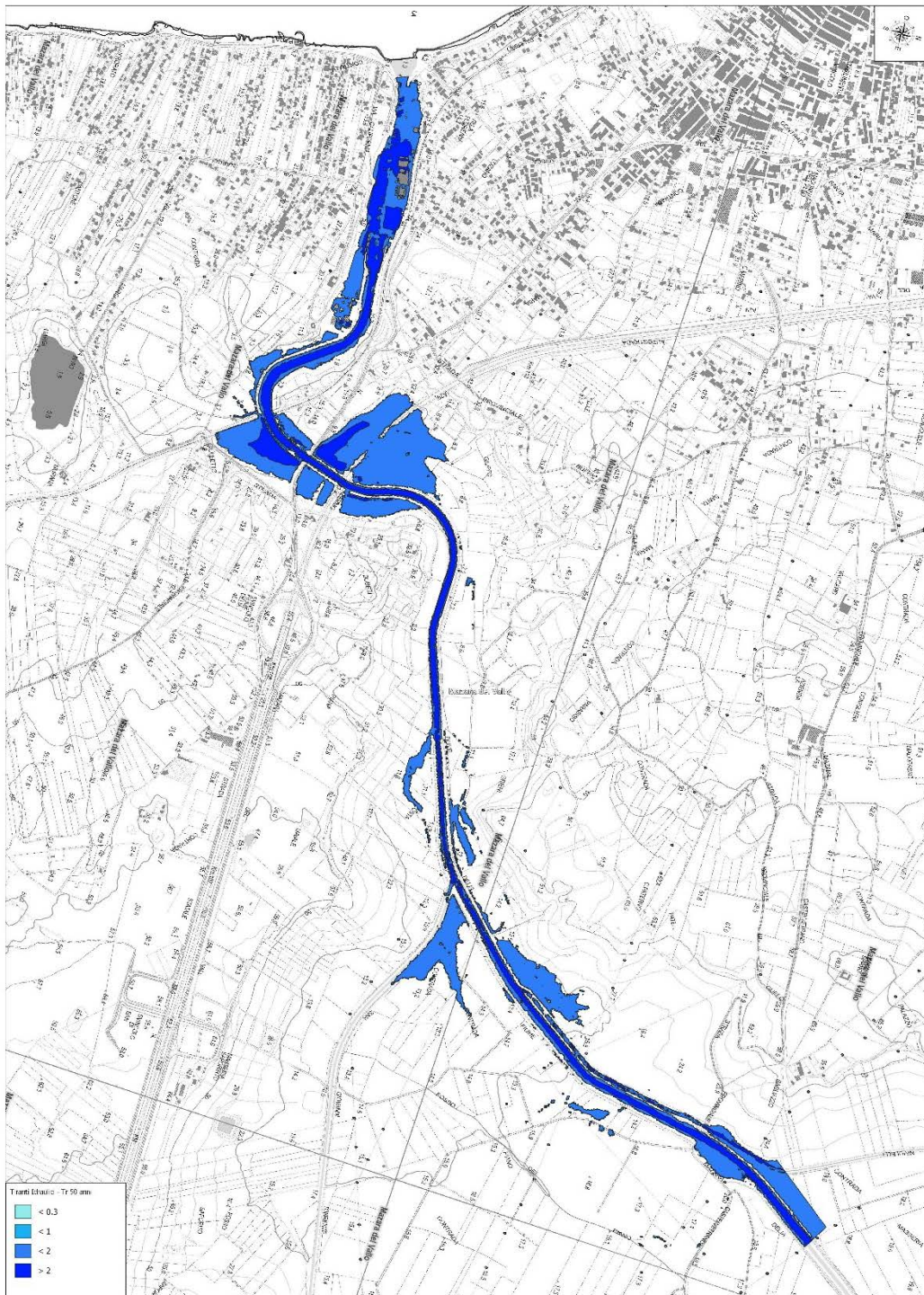


Fig. 22. Modellazione Idraulica Fiume Arena - Tr = 50 anni

6. AREE SUSCETTIBILI DI ALLAGAMENTO

A partire dalle simulazioni idrauliche, fin qui illustrate, è stata eseguita una perimetrazione di massima delle aree suscettibili di allagamento, intendo per quest'ultime, aree passibili di dissesto idraulico individuate con metodologie speditivi, a scala di bacino idrografico, che permettono di pervenire ad una prima utile indicazione, di vasta scala, sulla possibilità del verificarsi di fenomeni di esondazione e sugli effetti che questi fenomeni potrebbero avere sul territorio.

Tali aree, secondo il principio di cautela, a causa di un modesto approfondimento delle metodologie di calcolo, vanno classificate come aree a pericolosità idraulica P3 con tempo di ritorno pari a 50 anni, e vanno comunque considerate preliminarmente non idonee all'urbanizzazione.

A seguito di eventuali studi di dettaglio che evidenzino l'assenza di pericolosità idraulica su tali aree possono considerarsi idonee alle previsioni degli strumenti di pianificazione in via di definizione.

Nei casi in cui, a seguito di analisi di dettaglio, su tali aree siano confermati i livelli di pericolosità, andranno eseguite opere di mitigazione al fine di rendere le aree idonee ad eventuali urbanizzazioni.

Nel presente studio, sono state mappate come "Aree Suscettibili di allagamento", le zone in cui la modellazione idraulica ha evidenziato tiranti idrici superiori a 30,00 cm per un evento di tempo di ritorno pari a 50 anni.

Con riferimento alle aree individuate, il territorio comunale è stato suddiviso nei due sottobacini, Mazaro e Arena.

6.1. FIUME MAZARO

Nell'area nord del territorio comunale, la modellazione idraulica eseguita ha messo alla luce alcune criticità idrauliche dell'asta principale del fiume Mazaro in due aree abbastanza definite.

6.1.1. Attraversamento SR18

I risultati hanno evidenziato, infatti, possibili fenomeni di esondazione a monte dell'attraversamento della SR 18, in contrada Giangreco, a causa di sezione non ben definita e terreni sub orizzontali.

L'area di allagamento interessa alcune aree che costeggiano il Fiume Mazaro, sia in destra che in sinistra idraulica.

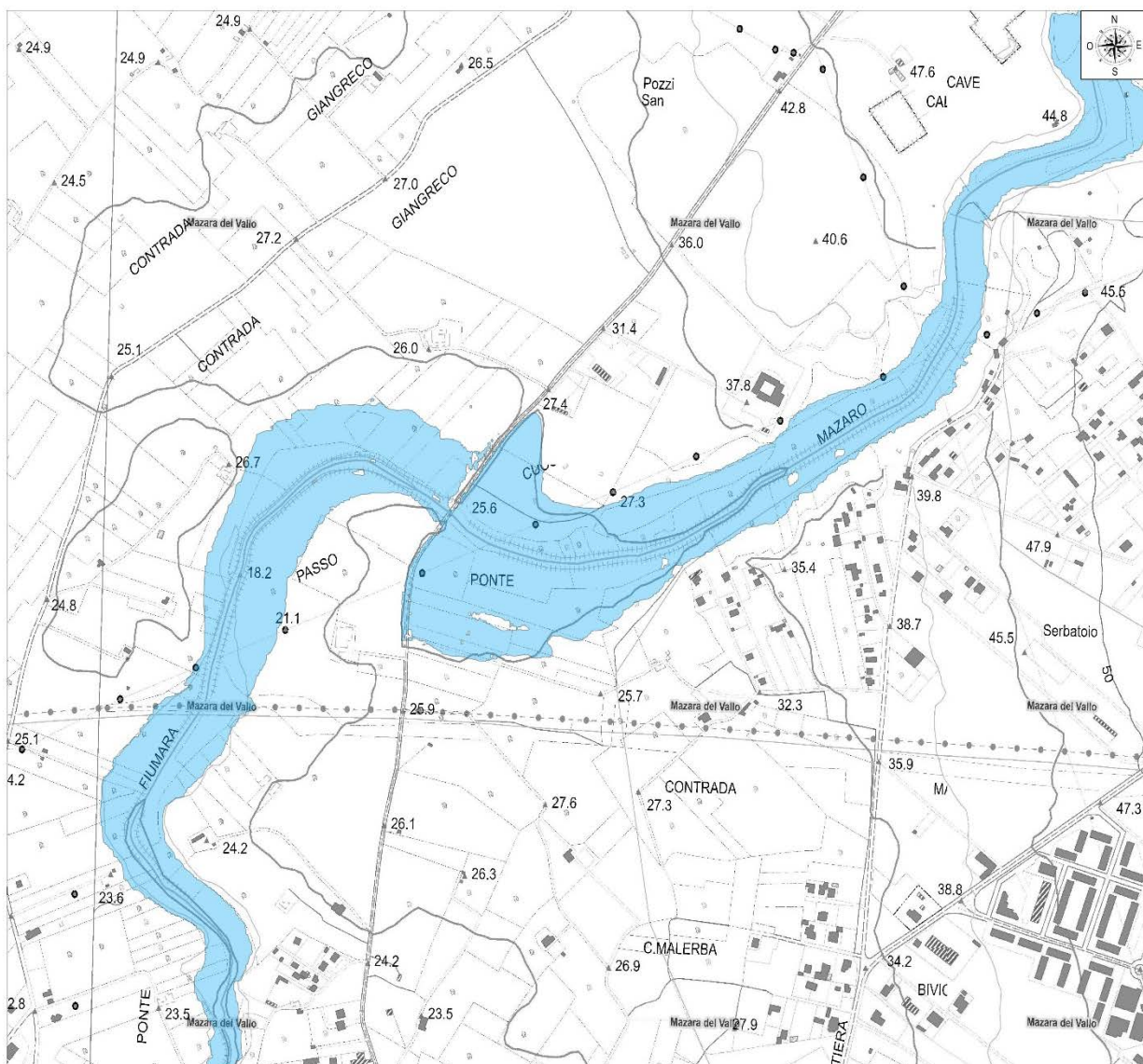


Fig. 23. Aree Suscettibili di Allagamento – F. Mazaro – Tr = 50 anni



Fig. 24. Vista a volo d'uccello - Aree scucettibili di allagamento - F. Mazaro - Tr = 50 anni

6.1.2. Centro urbano

Per quanto riguarda la zona dell'abitato, tramite le simulazioni effettuate, si evince che si ha la possibilità del verificarsi di allagamenti dovuti alla tracimazione del Mazaro in sinistra idraulica, sul quartiere Makara e in destra idraulica sul quartiere Banna, come illustrato nelle immagini seguenti.



Fig. 25. Aree Suscettibili di Allagamento - Centro urbano - Tr = 50 anni

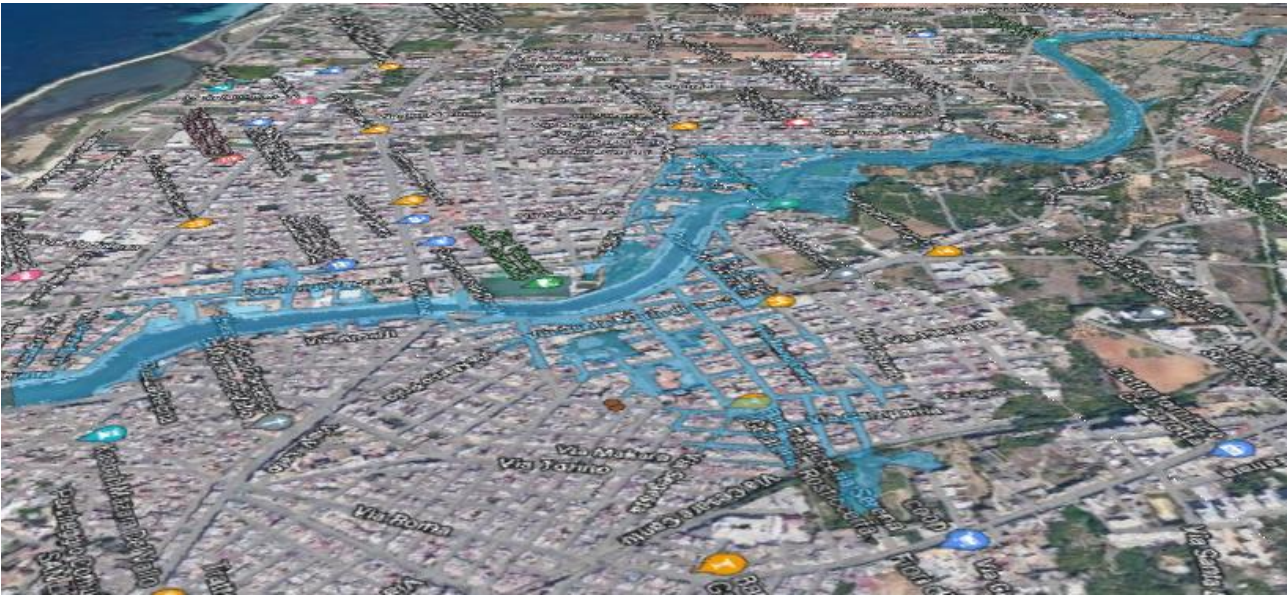


Fig. 26. Vista a volo d'uccello - Aree suscettibili di allagamento - Centro urbano - Tr = 50 anni

6.2. FIUME ARENA

Per quanto riguarda il Fiume arena, invece, vi sono diverse aree soggette ad allagamento di seguito riportate.

6.2.1. Attraversamenti

Come si evince dalle simulazioni effettuate, le aree maggiormente soggette ad allagamento risultano essere a ridosso dell'area comunale. Più precisamente le aree maggiormente a rischio allagamenti risultano essere quelle al di sotto degli attraversamenti della E90 e della SS115 come di seguito raffigurato.

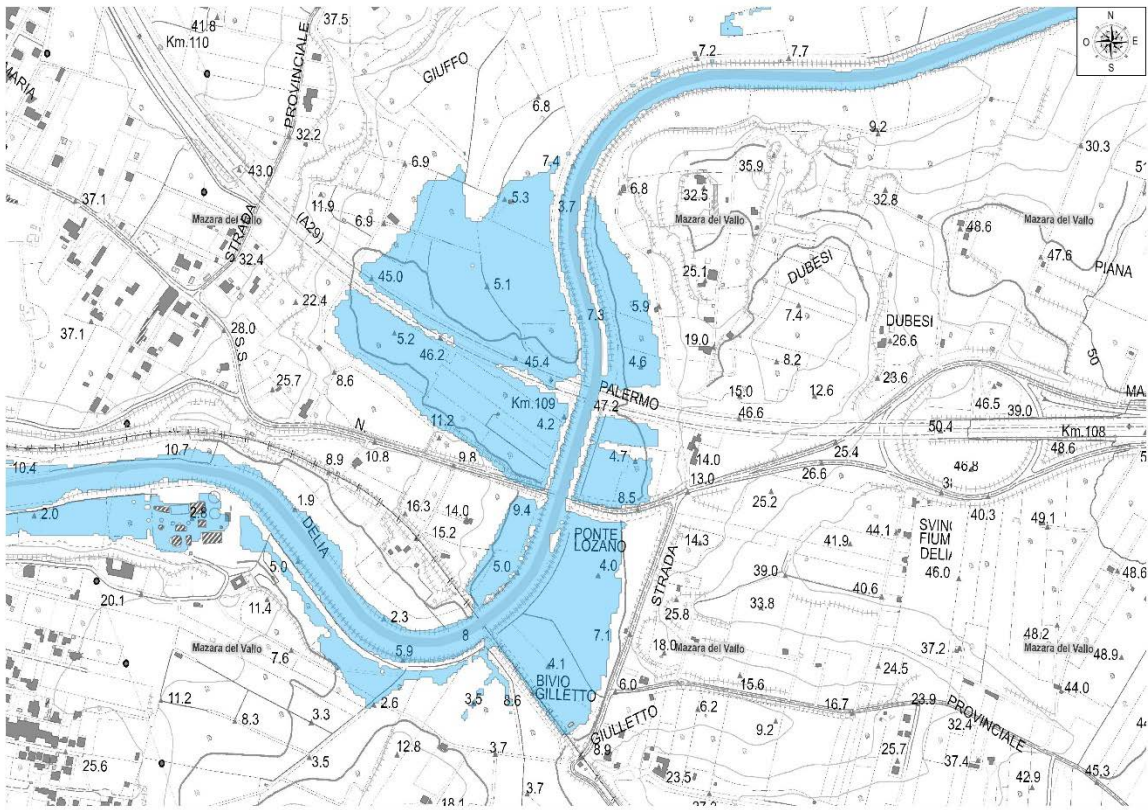


Fig. 27. Aree Suscettibili di Allagamento – attraversamenti E90 e SS115 - Tr = 50 anni



Fig. 28. Vista a volo d'uccello - Aree Suscettibili di Allagamento – attraversamenti E90 e SS115 - Tr = 50 anni

6.2.2. Centro urbano

Subito a valle degli attraversamenti vi sono altre zone soggette ad allagamento. In sinistra idraulica è presente l'area del depuratore comunale mentre in destra idraulica vi è un'area adibita a camping.

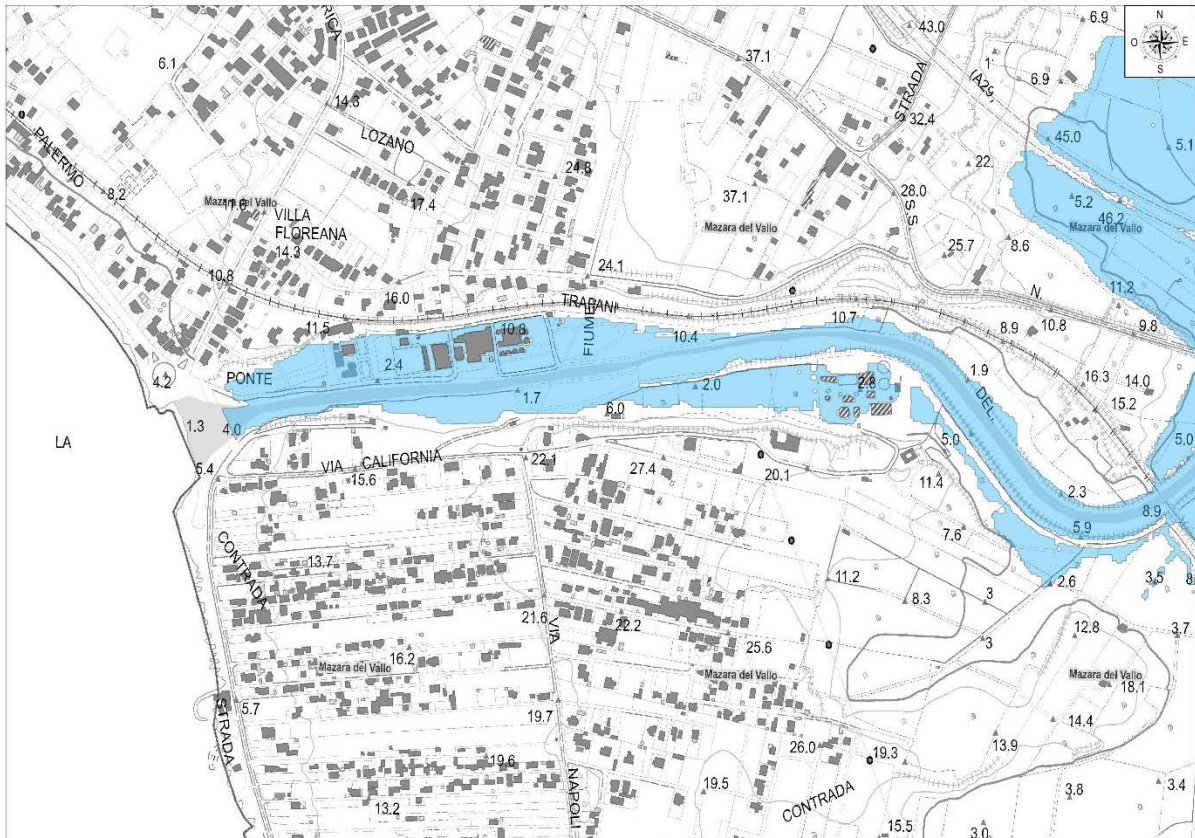


Fig. 29. Aree Suscettibili di Allagamento - Zona Est - Tr = 50 anni



Fig. 30. Aree Suscettibili di Allagamento - Zona Est - Tr = 50 anni

Si noti che l'area del depuratore cerchiata in rosso nell'immagine sopra riportata, è presente un muro d'argine con dimensioni non indifferenti. Tuttavia, la suscettibilità all'allagamento di tali aree è dovuta ad una bassa pendenza dei terreni a valle che consentono la risalita delle acque sino all'area del depuratore. Pertanto, l'argine realizzato svolge la sua funzione di protezione dei manufatti interessati dall'area, ma il suo sviluppo non consente di impedire la risalita dalla parte valliva.

Per quanto riguarda l'area adibita a campeggio, invece, non è presente nessun sistema di protezione.

7. CONCLUSIONI

Il presente studio idrologico e idraulico è stato redatto nell'ambito della Prima Fase dello **Studio di Compatibilità Idraulica del comune di Mazara del Vallo (TP) per la redazione del Piano Urbanistico Generale "PUG"**.

Lo Studio di Compatibilità Idraulica, ai sensi della legge regionale 13 Agosto 2020 n. 19, art. 26 comma 1, rientra tra gli studi obbligatori e propedeutici al PUG, e deve essere redatto in osservanza delle norme riportate nel Decreto dell'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente della Regione Siciliana del 7 Luglio 2021 – *"Approvazione del documento che disciplina lo studio di compatibilità Idraulica (Invarianza idraulica e idrologica) di cui all'art. 22, comma 6, lett.d) della legge regionale 13 Agosto 2020 n.19.*, che prevede due livelli di approfondimento.

Il presente studio costituisce il primo livelli di approfondimento ed è stato redatto allo scopo di individuare e perimetrare le possibili **"Aree Suscettibili di Allagamento"**.

Lo studio così eseguito ha permesso di acquisire una discreta conoscenza dell'area in esame sia dal punto di vista geomorfologico che dal punto di vista idrologico/idraulico.

Le simulazioni idrauliche eseguite in questa fase preliminare di studio, hanno permesso di individuare le aree classificabili come **"Aree Suscettibili di Allagamento"**.

I risultati ottenuti dal presente studio, unitamente alla mappatura delle aree a pericolosità idraulica e/o dei siti d'attenzione già indicate dal P.A.I, consentono di affermare che nel territorio comunale vi è la presenza di aree soggette a fenomeni di allagamento.

Le zone individuate come **"Aree Suscettibili di Allagamento"** saranno oggetto di ulteriori approfondimenti nella seconda fase dello studio di compatibilità idraulica, al fine di delineare e definire, eventuali **"Aree a Pericolosità Idraulica"**, alla luce anche delle previsioni di trasformazione previste dagli strumenti urbanistici di pianificazione.

Va, infine, evidenziato che molte delle aree suscettibili di allagamento possono essere opportunamente limitate con interventi mirati di mitigazione idraulica, le cui linee di indirizzo potranno essere delineate nella successiva fase di studio.