



COMUNE DI SAN VITO LO CAPO

Libero Consorzio Comunale di Trapani

AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DEL COMUNE DI SAN VITO LO CAPO PER LA REDAZIONE DEL PUG

- PRIMA FASE -



Classe	1	RELAZIONI						
Elaborato	1.1	STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO						
Scala	- -	Consulenti Ing. Giovanni BARONE Società di Ingegneria Via L.A. Muratori, n°13 90127 Palermo Ing. Cristian BONETTI			Collaborazione Tecnica Ing. Rocco Pizzo			
ID Elaborato	SVC_1.1.doc							
 ACCREDITED MSCB 118 Certificate Number: INT/2202AN/2399		Revisori						
		2						
		1						
		0		Maggio 2022	PRIMA EMISSIONE	RP	CB	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. 2021-42

COMUNE DI SAN VITO LO CAPO

Libero Consorzio Comunale di Trapani



“AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO DI COMPATIBILITA’ IDRAULICA DEL COMUNE DI SAN VITO LO CAPO PER LA REDAZIONE DEL PUG”

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Società di Ingegneria



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

COMUNE DI SAN VITO LO CAPO

Libero Consorzio Comunale di Trapani

SOMMARIO

1. PREMESSA	1
2. INQUADRAMENTO GENERALE	4
2.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO AREA COMUNALE	4
2.2. INQUADRAMENTO GENERALE AREA DI STUDIO	5
3. PIANO STRALCIO PER L’ASSETTO IDROGEOLOGICO – P.A.I.	7
4. LIVELLI DI ATTIVITÀ ANTROPICHE	11
5. ANALISI TERRITORIALE	14
5.1 AREA NORD - OCCIDENTALE	15
5.2 AREA NORD - ORIENTALE	17
5.3 AREA CENTRALE	19
5.4 AREA SUD - OCCIDENTALE	23
5.5 AREA SUD - ORIENTALE	26
6. STUDIO IDROLOGICO – ASPETTI TEORICI	27
6.1. MODELLO PROBABILISTICO TCEV	27
6.2. METODO PROBABILISTICO TCEV SICILIA	29
6.3. CALCOLO ALTEZZA DI PIOGGIA DI BREVE DURATA	33
6.4. MODELLO DI PIOGGIA SINTETICO	33
6.5. CODICE DI CALCOLO HEC – HMS	34
7. STIME IDROLOGICHE	36
7.1. MODELLI PROBABILISTICI PER L’ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI	36
7.1.1. MODELLO PROBABILISTICO TCEV SICILIA	36
7.2. STIMA DELL’EVENTO DI PIOGGIA SINTETICO	37
7.3. STIMA DELL’IDROGRAMMA DI PIENA (AREA SUD - OCCIDENTALE)	39
8. MODELLAZIONE IDRAULICA – CODICE DI CALCOLO	40
8.1. DESCRIZIONE CODICE DI CALCOLO	40
8.1.1. MODELLAZIONE DEL TERRENO	41
8.1.2. CREAZIONE DELLA MESH/DOMINIO DI CALCOLO	42
8.1.3. CONDIZIONI AL CONTORNO	43
8.1.4. CALIBRAZIONE DEL MODELLO - METODO DI INFILTRAZIONE	44
8.1.5. CALIBRAZIONE DEL MODELLO - SCABREZZA	45
8.1.6. UNSTEADY FLOW ANALYSIS	46
9. ANALISI DEI RISULTATI E PERIMETRAZIONE AREE SUSCETTIBILI DI ALLAGAMENTO	47
9.1. AREA NORD – OCCIDENTALE	47
9.2. AREA NORD – ORIENTALE	50
9.3. AREA CENTRO - OCCIDENTALE	53
9.4. AREA SUD – ORIENTALE	56
9.5. AREA SUD – OCCIDENTALE	58
10. CONCLUSIONI	60

1. PREMESSA

La presente relazione costituisce lo studio idrologico e idraulico di Prima Fase a corredo degli elaborati redatti nell’ambito del **“Aggiornamento dello studio di Compatibilità Idraulica del comune di San Vito Lo Capo per la redazione del PUG”**.

Con disciplinare d’incarico del 30/12/2021, il comune di San Vito Lo Capo (TP), ha affidato, alla scrivente società di servizi d’ingegneria AKWA Engineering S.r.l., l’incarico per l’aggiornamento dello Studio di Compatibilità Idraulica per la 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.

Il territorio comunale, oggetto di studio, è caratterizzato dalla presenza sia di aree costiere a quote prossime a quella del livello del mare che da zone montuose fino a quote di circa 900,00 m.s.l.m.

La ridotta distanza tra le aree montuose e le aree costiere ha determinato la presenza di versanti molto ripidi e di impluvi molto incisi soprattutto nella zona orientale dell'area comunale.

L'analisi del territorio, eseguita con modello digitale del terreno ad alta risoluzione, ha evidenziato la quasi totale assenza di un “classico” e ben definito reticolo idrografico. Per tale ragione, le metodologie proposte nelle linee guida per la redazione degli Studi Compatibilità Idraulici (Invarianza Idraulica e Idrologica) approvato con D.A. n.117 del 07/07/2021, sono risultate nella maggior parte dei casi poco adatte al caso di specie.

Con riferimento agli approcci speditivi proposti per la determinazione delle **“aree suscettibili di allagamento”** nella fase preliminare, si sono riscontrate le seguenti criticità:

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

³ https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/MIR/L2/I_5_inriga_ppt_versionea_manfreda_27062019.pdf

- l'assenza di reticolo idrografico ben definito non ha consentito l'applicazione sia dei metodi speditivi basati sulle stime dei tiranti idrici medi della corrente all'interno degli alvei, che di modelli bidimensionali classici che prevedono la propagazione dell'onda di piena all'interno di aste fluviali.
- in merito alla risoluzione degli eventuali modelli digitali del terreno da utilizzare per i modelli bidimensionali, è risultato non adeguato l'eventuale utilizzo di DTM a bassa risoluzione (20 m o 10 m) dato che gli stessi non risultano essere rappresentativi delle aree urbane oggetto di studio, caratterizzate da un'altimetria uniforme e prossima alla quota del livello del mare.

Per tali ragioni, considerata l'orografia e la geomorfologia dell'area in questione, si è ritenuto opportuno l'utilizzo di un modello idraulico i cui dati di input non siano costituiti da un idrogramma di piena generato da un bacino a monte, bensì da un evento di pioggia zenitale, di dato tempo di ritorno, applicato direttamente all'area di studio (dominio di calcolo). Il concetto che sta alla base dei modelli di “sola pioggia” è che gli eventuali allagamenti non sono da attribuirsi ad un determinato valore di portata in una determinata sezione, ma all'accumulo di un certo quantitativo di volume (pioggia) caduto zenitalmente e poi defluito sull'area di studio.

L'applicazione di tale modello consente una perimetrazione di eventuali aree suscettibili di allagamento, da incrociare con i dati storici di aree allagate a seguito di eventi meteorici passati.

Il presente lavoro, redatto nell'ambito della prima fase dello studio di compatibilità Idraulica, è corredato dai seguenti elaborati:

- 1.1 Relazione idrologia e idraulica
- 2.1 Inquadramento generale
- 2.2 Stralcio cartografico P.A.I
- 2.3 Insediamenti urbani
- 2.4.1 Bacini idrografici - quadro di unione
- 2.4.2 Bacini idrografici - tav. I
- 2.4.3 Bacini idrografici - tav. II
- 2.4.4 Bacini idrografici - tav. III
- 2.4.5 Bacini idrografici - tav. IV
- 2.4.6 Bacini idrografici - tav. V
- 2.5.1 Aree suscettibili di allagamento - tav. I
- 2.5.2 Aree suscettibili di allagamento - tav. II
- 2.5.3 Aree suscettibili di allagamento - tav. III
- 2.5.4 Aree suscettibili di allagamento - tav. IV

Nei quali vengono affrontati e riportati i contenuti minimi richiesti dal D.A. n.117 del 07/07/2021.

2. INQUADRAMENTO GENERALE

2.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO AREA COMUNALE

Il comune di San Vito Lo Capo, sorge all'estremità Ovest del golfo di Castellammare, nella zona nord-occidentale della Sicilia. Il territorio comunale si estende per un'area di circa 60,15 km² e confina, a sud, con i comuni di Castellammare del Golfo (TP) e Custonaci (TP). L'agglomerato urbano è concentrato nella parte Nord, a ridosso della zona balneare. L'insediamento è protetto, nella parte orientale, dalla zona montuosa che si estende da Nord a Sud per circa 7,00 km fino alla località di Macari.

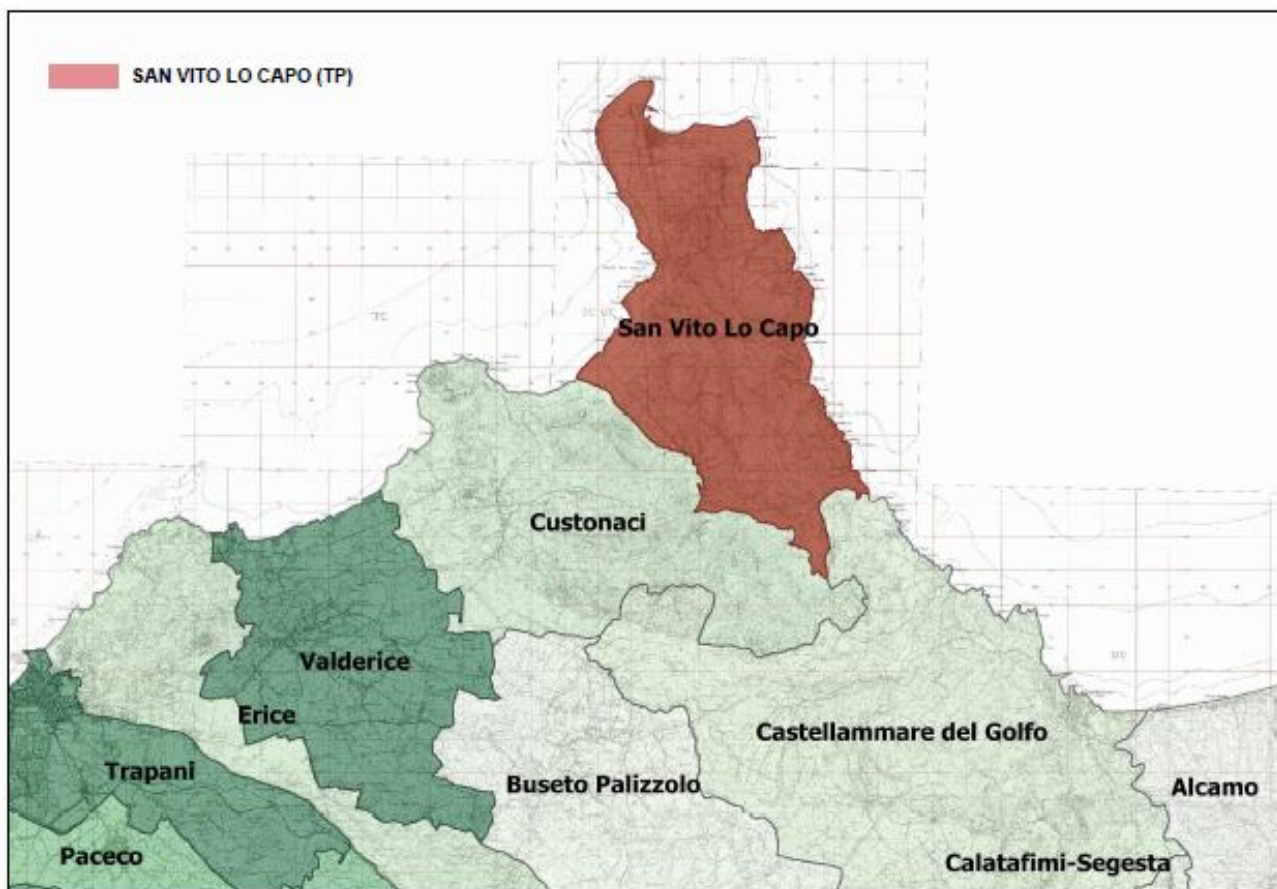


Fig. 1. Inquadramento Confini Amministrativi – Scala 1:200.000

2.2. INQUADRAMENTO GENERALE AREA DI STUDIO

L'area comunale ricade nel foglio n°248 ed in particolare nei quadranti **I S.O. S. Vito Lo Capo – III NE M. Cofano – II NO Castelluzzo** della **Carta d'Italia** - Edizione 4/1972 dell'Istituto Geografico Militare alla scala 1:25.000.

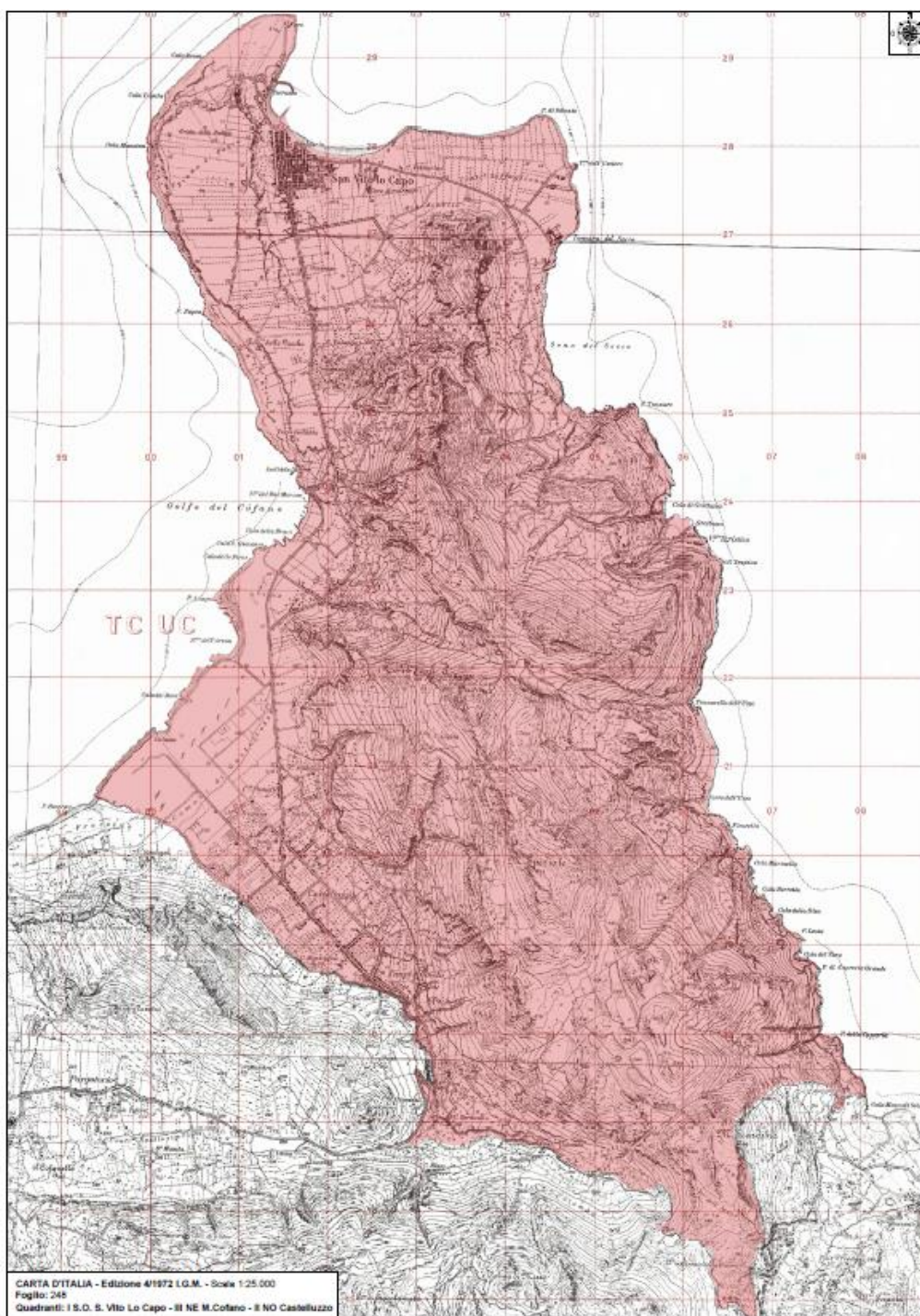


Fig. 2. Corografia su Carta d'Italia I.G.M. – Scala 1:25.000

**“AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DEL COMUNE DI SAN VITO
LO CAPO PER LA REDAZIONE DEL PUG”
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

Con riferimento alla cartografia a scala regionale, la zona di studio ricade sui fogli n°593010 – 593020 – 593050 – 593060 - 593090 – 593100 della **Carta Tecnica Regionale C.T.R.** alla scala 1:10.000.

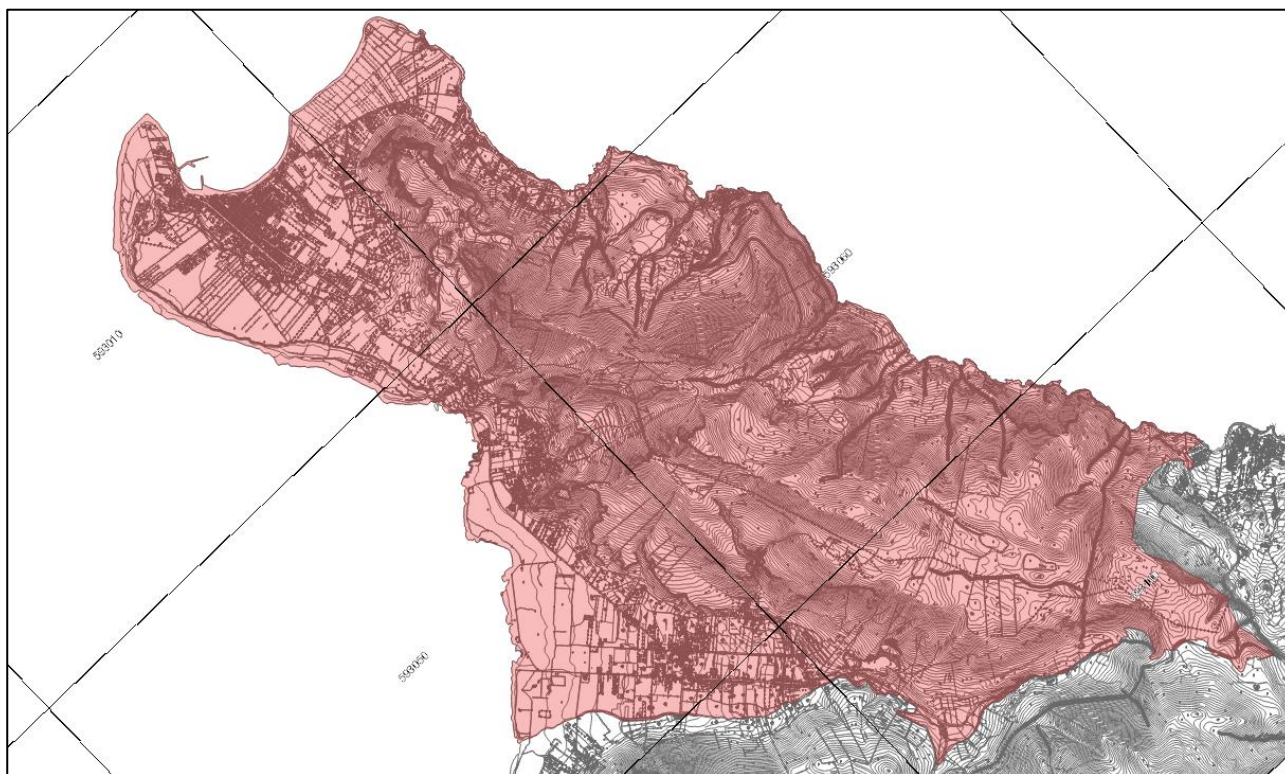


Fig. 3. Inquadramento territoriale su Carta Tecnica Regionale – Scala 1:10.000

3. PIANO STRALCIO PER L’ASSETTO IDROGEOLOGICO – P.A.I.

Il Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico, P.A.I., redatto ai sensi dell’art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell’art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell’art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d’uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio siciliano.

Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:

- la funzione conoscitiva, che comprende lo studio dell’ambiente fisico e del sistema antropico, nonché della ricognizione delle previsioni degli strumenti urbanistici e dei vincoli idrogeologici e paesaggistici;
- la funzione normativa e prescrittiva, destinata alle attività connesse alla tutela del territorio e delle acque fino alla valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico e alla conseguente attività di vincolo in regime sia straordinario che ordinario;
- la funzione programmatica, che fornisce le possibili metodologie d’intervento finalizzate alla mitigazione del rischio, determina l’impegno finanziario occorrente e la distribuzione temporale degli interventi.

L’analisi della cartografia del PAI relativamente alla **“Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico”** mostra la presenza di aree classificate con livello di Pericolosità **P4** anche nelle vicinanze dell’insediamento urbano esistente (Fig. 4).

In tali punti tali i livelli di pericolosità, connessi al livello di attività antropiche, generano la presenza di aree classificate con livello di rischio **R3** ed **R4** in particolare nelle zone Ovest ed Est del centro abitato (Fig. 5).

Con riferimento alla **“Carta dei Dissesti”**, le tipologie di dissesti presenti nell’intorno dell’agglomerato urbano variano da meccanismi di “Frana Complessa” a “Crolli e/o Ribaltamenti” con uno stato di attività per lo più di “Attivo” (Fig. 6).

Infine, relativamente all’aspetto Idraulico, l’ultimo aggiornamento P.A.I dell’area oggetto di studio, non ha rilevato la presenza né di aree a pericolosità idraulica né di siti d’attenzione.

**“AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DEL COMUNE DI SAN VITO
LO CAPO PER LA REDAZIONE DEL PUG”
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

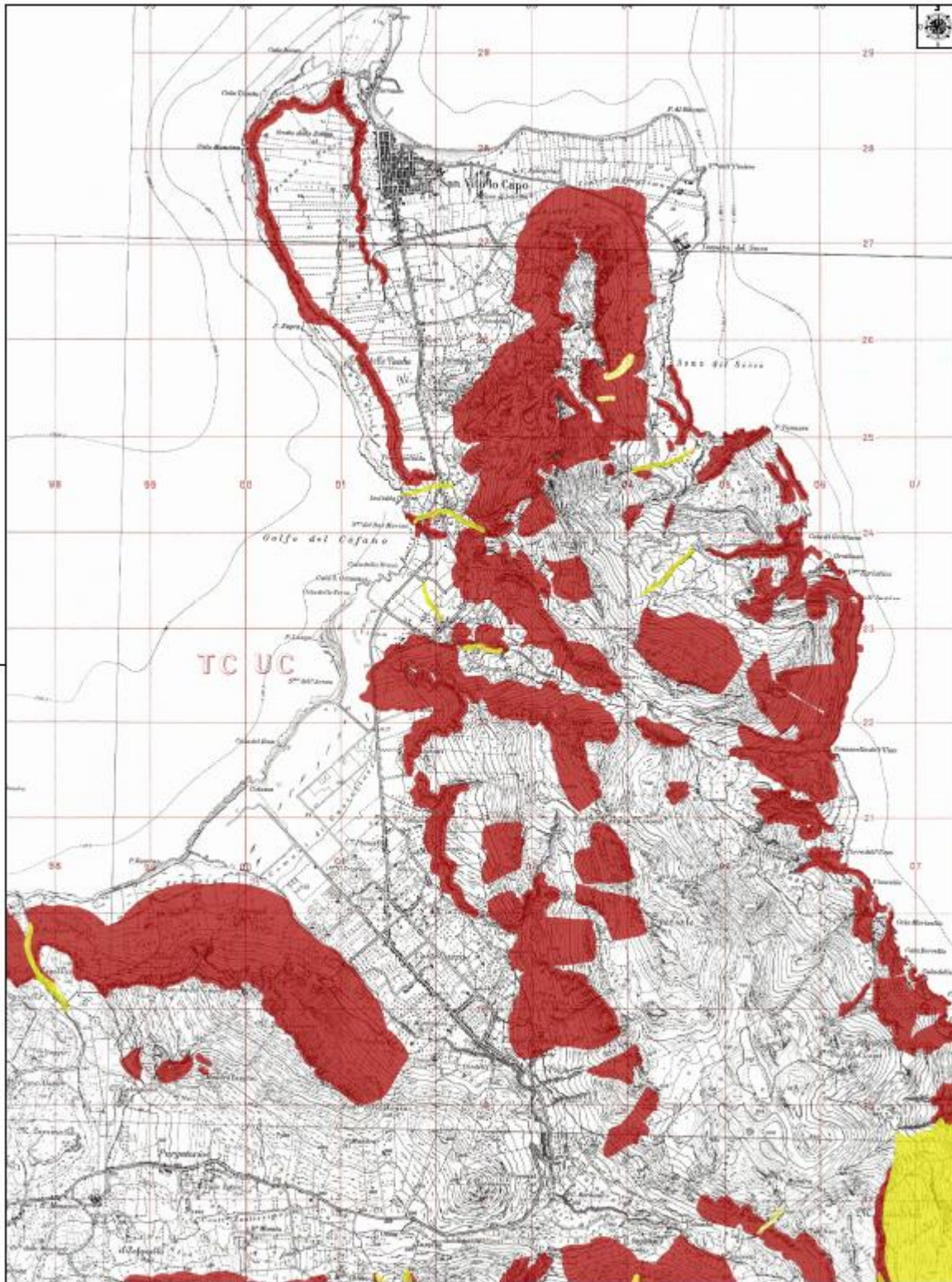


Fig. 4. – Stralcio cartografia PAI – Pericolosità Geomorfologica

**“AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DEL COMUNE DI SAN VITO
LO CAPO PER LA REDAZIONE DEL PUG”
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

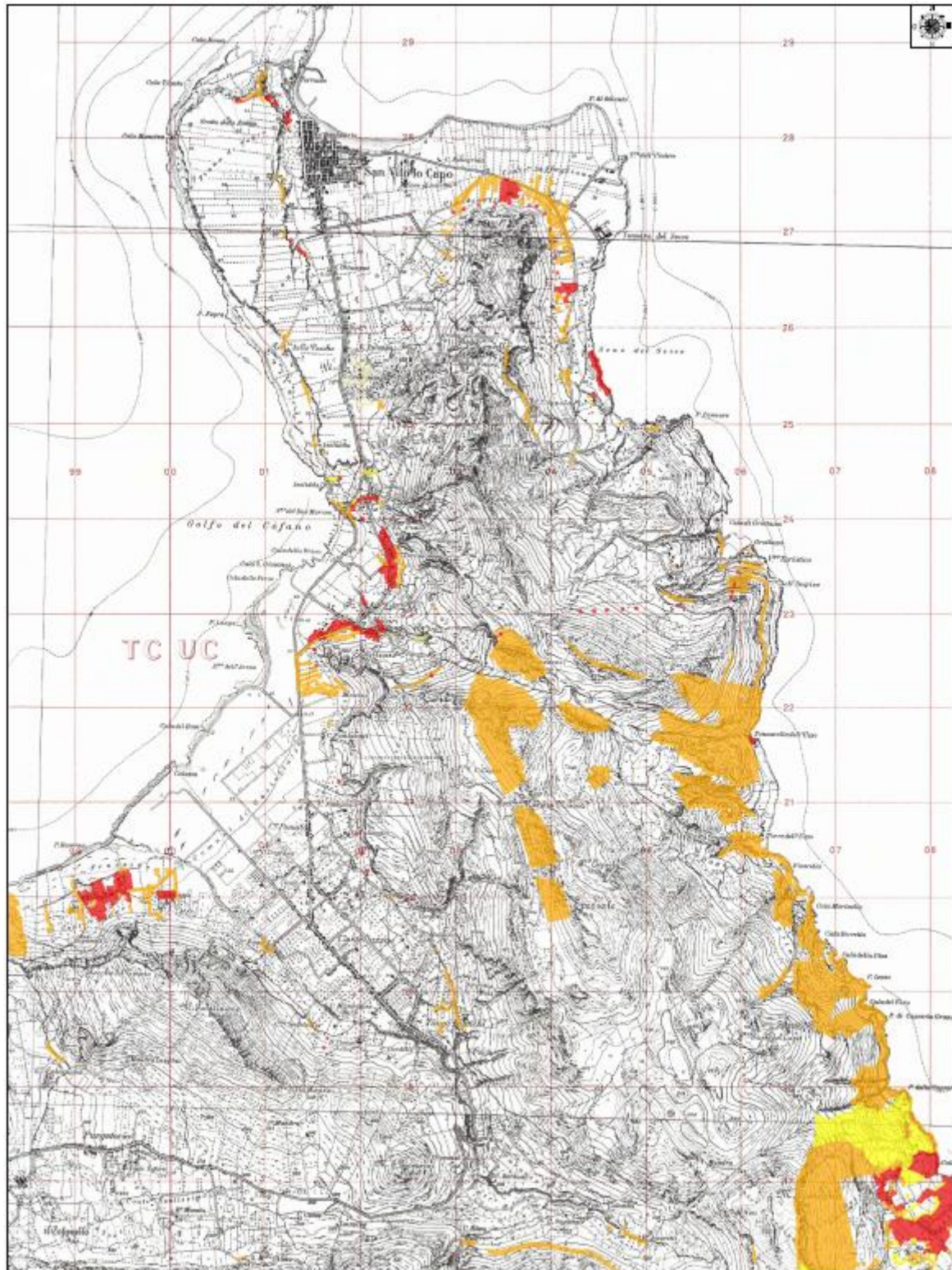


Fig. 5. – Stralcio cartografia PAI – Rischio Geomorfologico

**“AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DEL COMUNE DI SAN VITO
LO CAPO PER LA REDAZIONE DEL PUG”
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

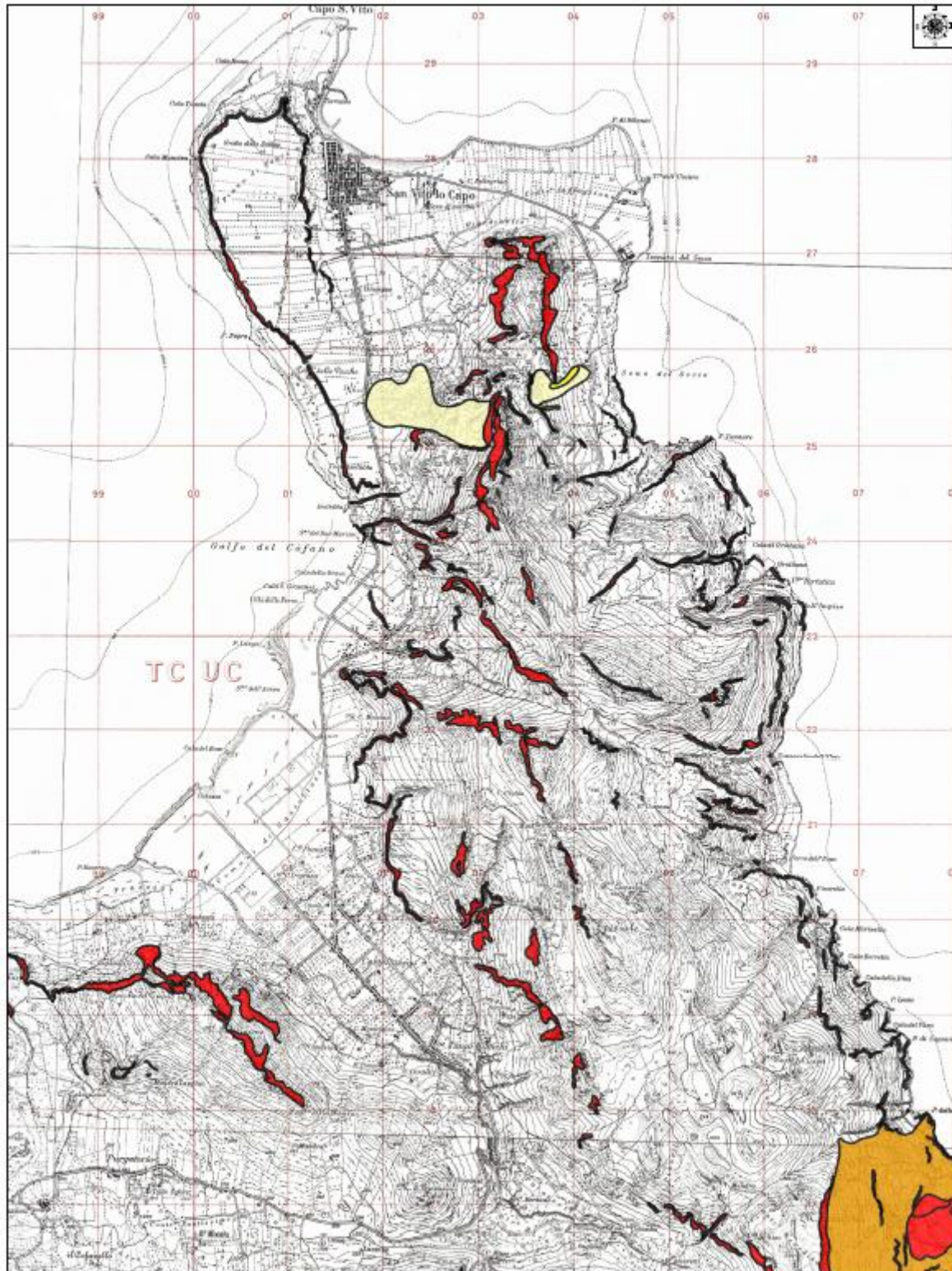


Fig. 6. – Stralcio cartografia PAI – Carta dei dissesti

4. LIVELLI DI ATTIVITÀ ANTROPICHE

Il comune di San Vito Lo Capo (TP) si estende per circa 60,12 km² e conta circa 4772 abitanti con una densità demografica di circa 79,38 ab/km². Da un punto di vista degli insediamenti urbani esistenti, il comune può essere suddiviso nei seguenti livelli di attività antropica (vedi Elab. “SVC_2.3 – *Insediamenti urbani*”)

- Insediamenti urbani principali;
- Insediamenti urbani secondari;
- Aree rurali e case sparse;

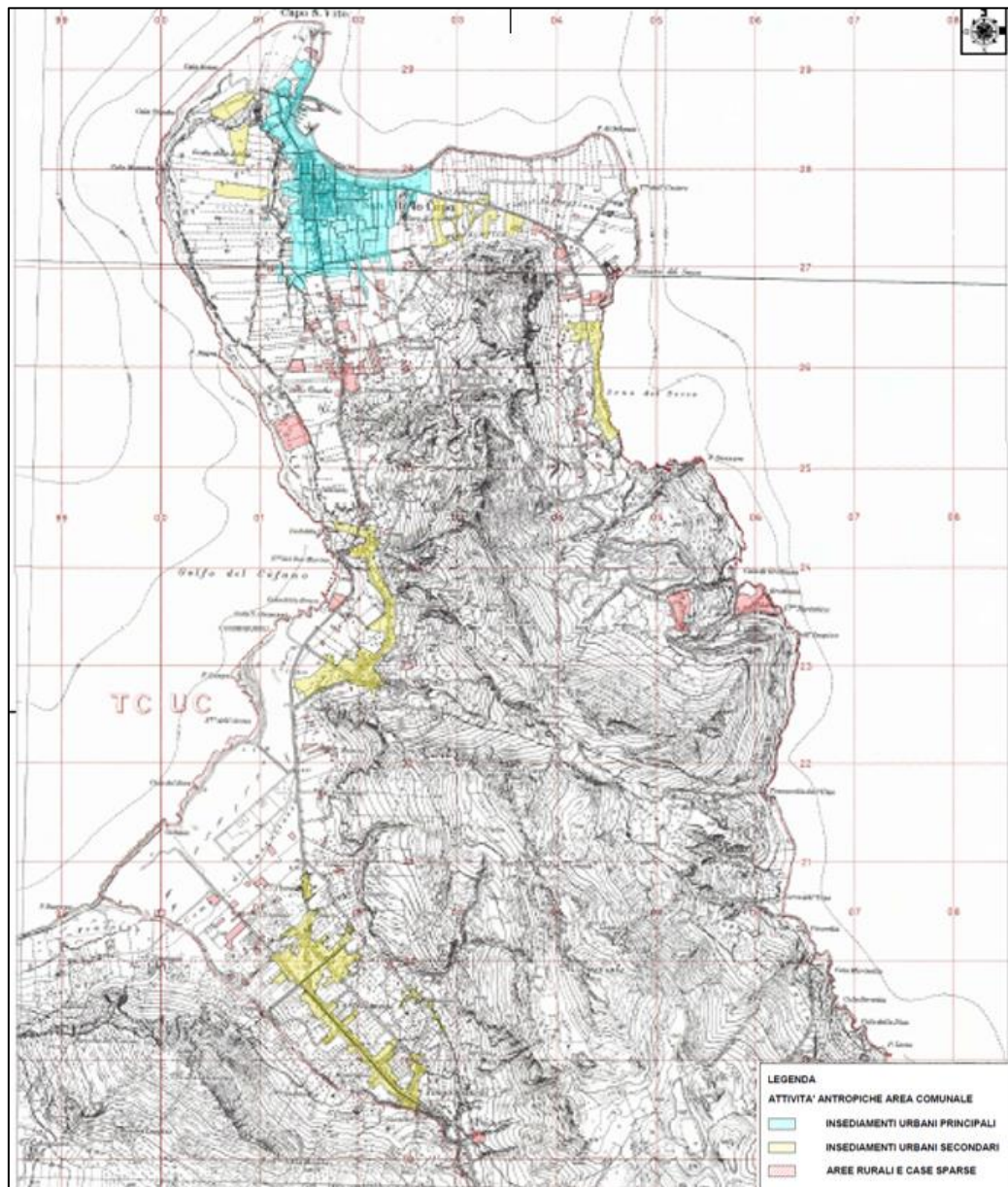


Fig. 7. – Insediamenti urbani e attività antropiche area comunale

Nell'area Nord del comune, è presente il più ampio agglomerato urbano. Tale insediamento si estende per circa 1,20 km² ed è delimitato a Nord dalla nota località balneare e a Sud da via La Piana. Nella restante parte della zona Nord comunale si ha la presenza sia di villaggi residenziali che di case sparse e rurali come visibile nell'immagine che segue.

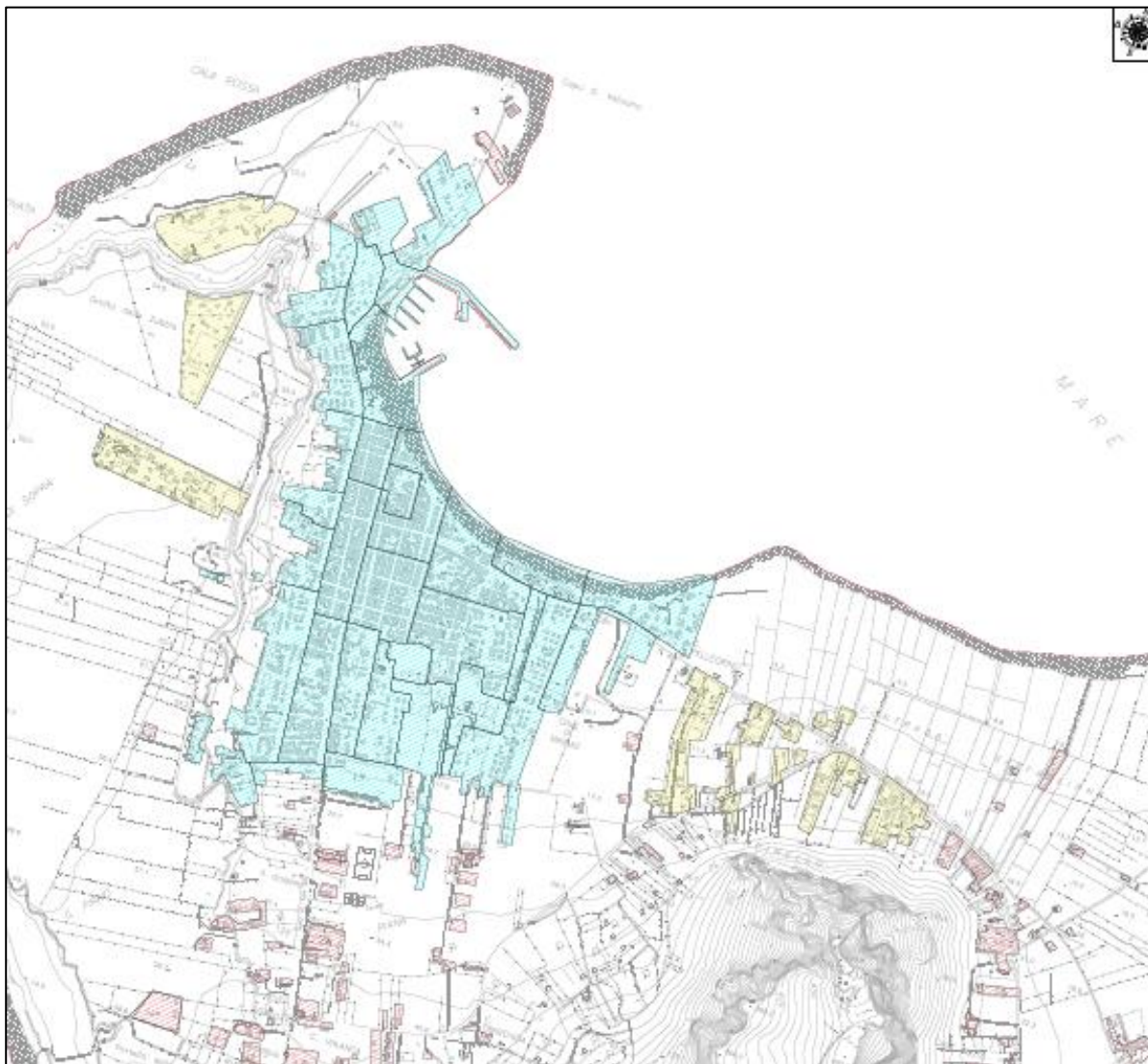


Fig. 8. – Insediamenti urbani e attività antropiche area Nord

Nella zona centro occidentale del comune ricade la frazione di Macari. Tale area dista circa 4,00 km dall'agglomerato principale e conta circa 450 abitanti. Un terzo agglomerato urbano è costituito dalla frazione di Castelluzzo, a confine con il comune di Custonaci (TP). Tali aree, che dista circa 8,00 km dall'agglomerato centrale, conta circa 960 abitanti e si estende da Est a Ovest per un'area di circa 0,4 km². Infine, sul versante Est dell'area comunale, si registra un basso livello di attività antropiche con la presenza di aree rurali e case sparse ad eccezione del tracciato della strada provinciale SP63.



5. ANALISI TERRITORIALE

Ai fini di un’accurata analisi geomorfologica del territorio oggetto di studio, l’intera area comunale è stata suddivisa in circa 26 diversi “bacini idrografici”. Nella maggior parte dei casi, più che di veri e propri bacini imbriferi, si tratta di versanti molto pendenti afferenti alle zone costiere come nel caso dei bacini ricadenti sui versanti orientali e occidentali. Di seguito si riporta il quadro di unione con la perimetrazione dei bacini individuati:

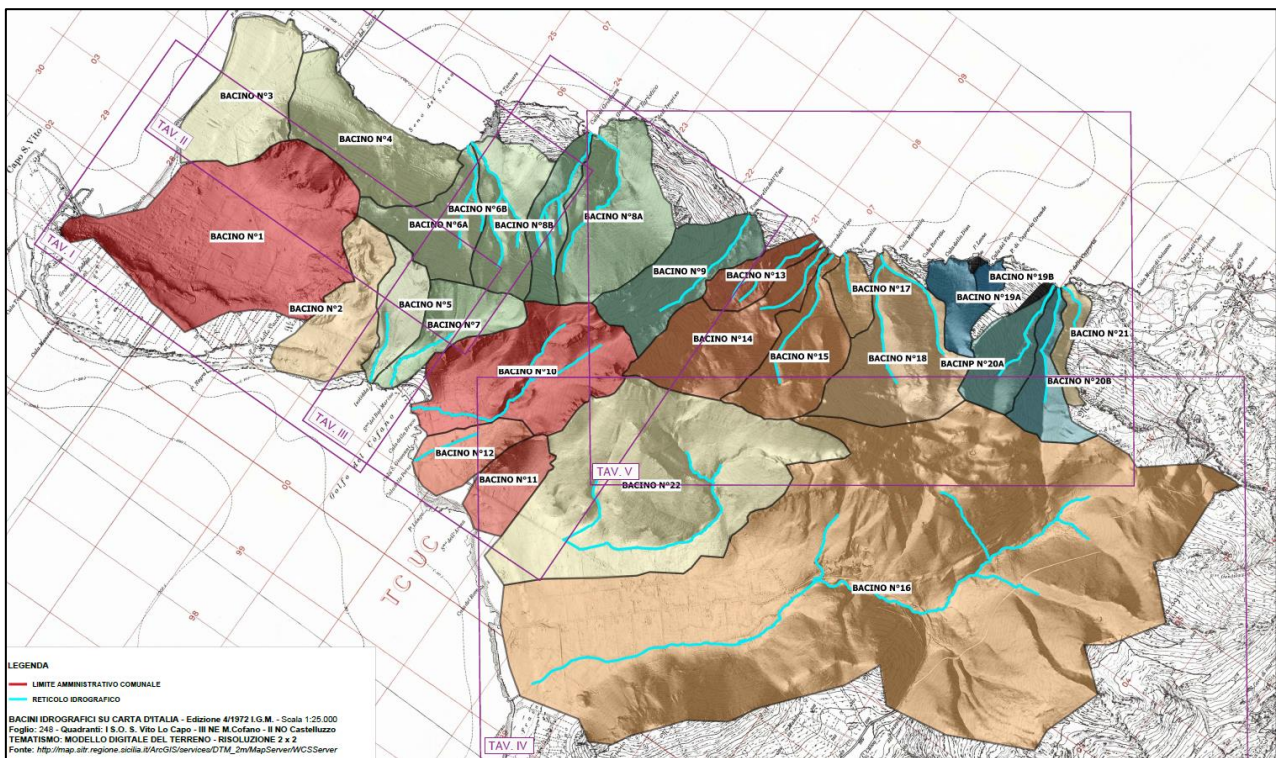


Fig. 11. Quadro di unione bacini Idrografici – [Elab. SVC 2.4.1_Bacini Idrografici]

Le incisioni fluviali indiate, si ribadisce, non rappresentano un vero e proprio reticolo idrografico, ma nella maggior parte dei casi si tratta di impluvi molto pendenti presenti sia sulla fascia orientale che occidentale dell’area comunale. Quanto detto, non vale per il bacino n°16.

In tale zona, su cui ricade la frazione di Castelluzzo, si evidenzia la presenza di un’asta fluviale, anche se poco incisa nel tratto pianeggiante, che si sviluppa da Est verso Ovest per una lunghezza di circa 5,00 km segnando di fatto il confine naturale tra il comune di San Vito Lo Capo e quello di Custonaci. Per tale zona, come si vedrà in seguito, si è previsto l’applicazione di un modello di sola pioggia accoppiato a un modello idraulico “classico” di propagazione dell’onda di piena.

Infine, nella parte Nord, ove sorge il principale agglomerato urbano, non risulta essere presente alcun impluvio o incisione fluviale. Di seguito saranno analizzate nel dettaglio le diverse aree individuate con l’ubicazione, se presenti, di punti di criticità o insufficienza idraulica individuate preliminarmente durante i sopralluoghi effettuati nell’ambito del presente studio.

**“AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO DI COMPATIBILITA’ IDRAULICA DEL COMUNE DI SAN VITO
LO CAPO PER LA REDAZIONE DEL PUG”
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

5.1. AREA NORD - OCCIDENTALE

L’area Nord Ovest del comune di San Vito Lo Capo, è stata suddivisa in tre bacini idrografici come visibile nell’elaborato (SVC_2.4.2 – Bacini Idrografici – TAV.I).

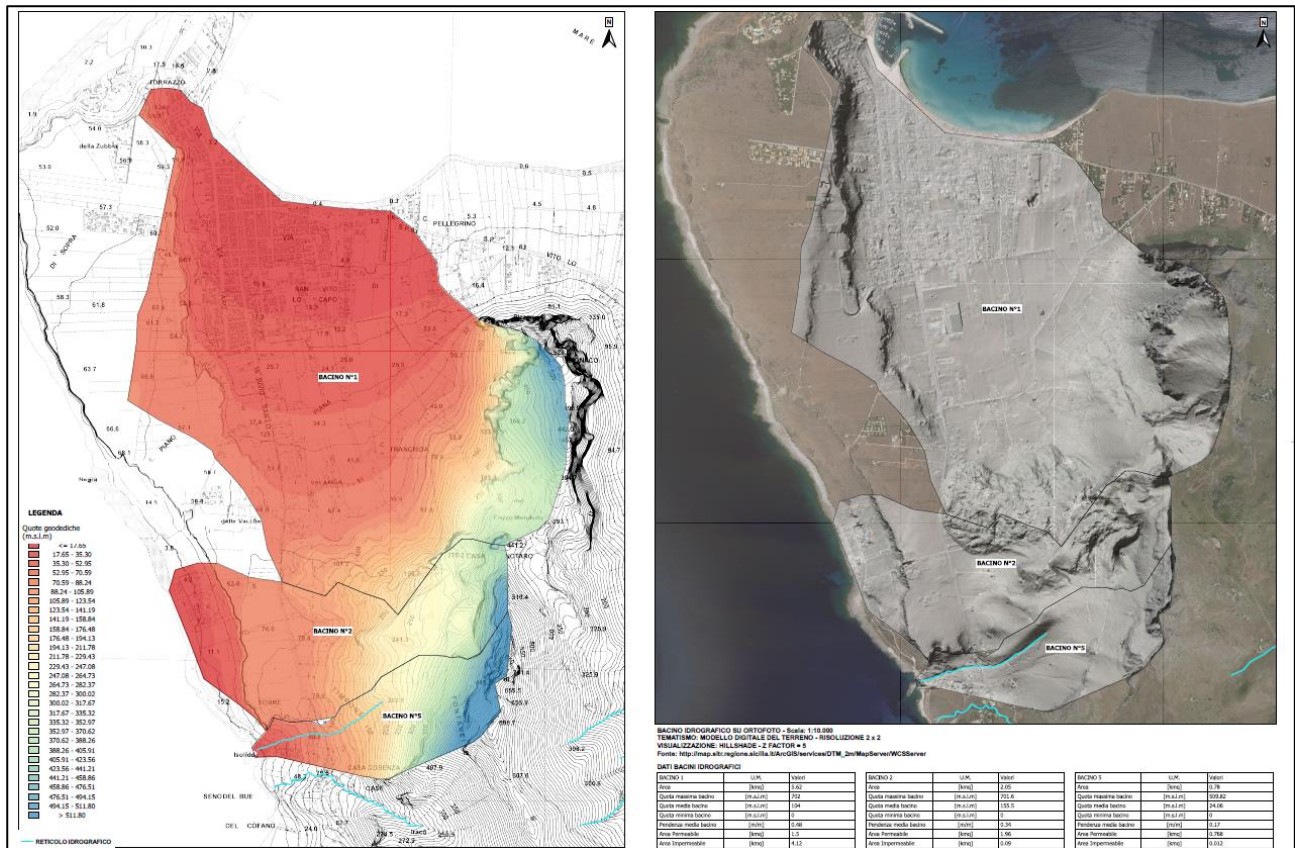


Fig. 12. Bacini Idrografici – Area Nord Ovest – TAV. I

Il bacino n°1, che comprende al proprio interno anche il principale agglomerato urbano si sviluppa per un’area di circa 5,60 km² con una quota massima di circa 702,00 m.s.l.m e con quota media di circa 104,00 m.s.l.m. Il bacino è caratterizzato dalla presenza di pendenze elevate dovute ai versanti della catena montuosa centrale e pendenze ridotte nel tratto pianeggiante.

Il bacino n°2, si estende per un’area di circa 2,00 km², con una quota massima di circa 700,00 m.s.l.m ed una quota media di circa 155,00 m.s.l.m.

All’interno di tale area, dai sopralluoghi effettuati, non è stata riscontrata la presenza di particolari punti di insufficienza idraulica.

Infine, il bacino n°5, si estende per un’area di circa 0,78 km², con una quota massima di circa 510,00 m.s.l.m ed una quota media di circa 24,00 m.s.l.m. I sopralluoghi effettuati hanno evidenziato la presenza di una criticità legata all’attraversamento della strada provinciale SP 16 sull’incisione fluviale, realizzata con uno scatolare in c.a. come visibile nel report fotografico che segue.

Nello specifico, a monte di tale attraversamento, si hanno fenomeni di ruscellamento diffuso delle acque meteoriche provenienti dal versante occidentale della montagna.

L'insufficienza idraulica dell'attraversamento è sicuramente amplificata da fenomeni di trasporto solido confermato sia dalla presenza di detriti rocciosi, a valle della strada provinciale, che dalla presenza di aree di dissesto geomorfologico, come mostrato nello stralcio P.A.I. allegato al presente studio.

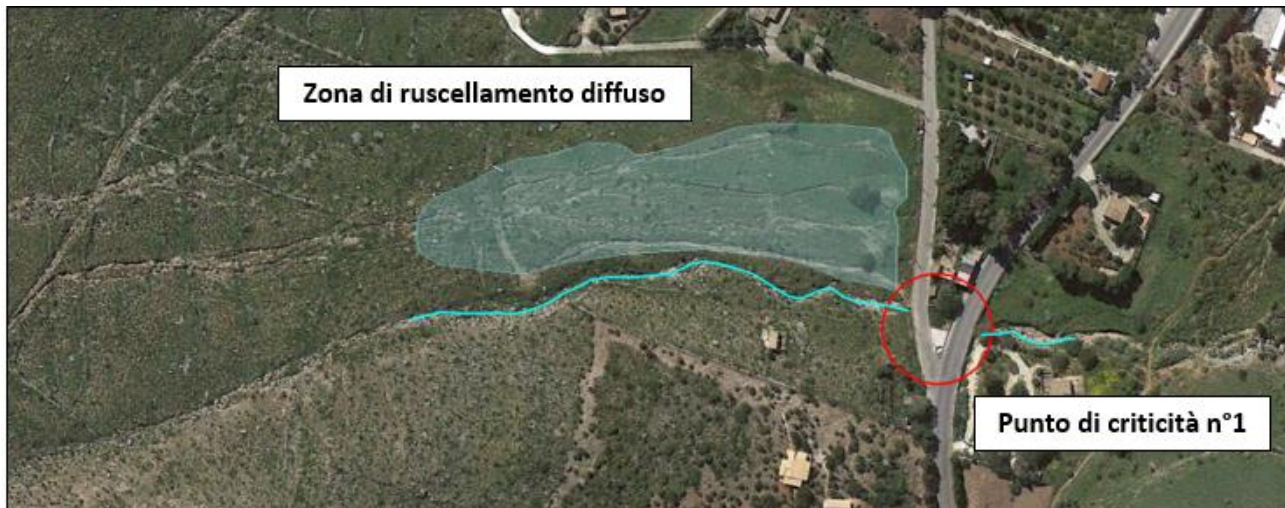


Fig. 13. Punto di criticità n°1 - Bacino n°5 - Ortofoto



Fig. 14. Punto di criticità n°1 - Bacino n°5 – Carta dei Dissesti



Fig. 15. Report Fotografico – Punto di criticità n°1

5.2. AREA NORD – ORIENTALE

L'area Nord Est del comune di San Vito Lo Capo, è stata suddivisa in tre bacini idrografici come visibile nell'elaborato (SVC_2.4.3 – Bacini Idrografici – TAV.II).

Il bacino n°3, che comprende al proprio interno la punta Nord Est dell'area comunale, si sviluppa per un'area di circa 1,90 km² con una quota massima di circa 509,00 m.s.l.m e quota media di circa 24,00 m.s.l.m.

Il bacino n°4, si estende per un'area di circa 2,05 km², con una quota massima di circa 523,00 m.s.l.m e quota media di circa 108,00 m.s.l.m. Il bacino ricade per intero sul versante orientale di monte Monaco e mostra, per tale ragione, pendenze molto elevate con l'apparente assenza di impluvi rilevanti. In tale area, anche per la ridottissima presenza di attività di natura antropica, non si sono registrati punti di criticità o insufficienza idraulica.

**“AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO DI COMPATIBILITA’ IDRAULICA DEL COMUNE DI SAN VITO LO CAPO PER LA REDAZIONE DEL PUG”
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

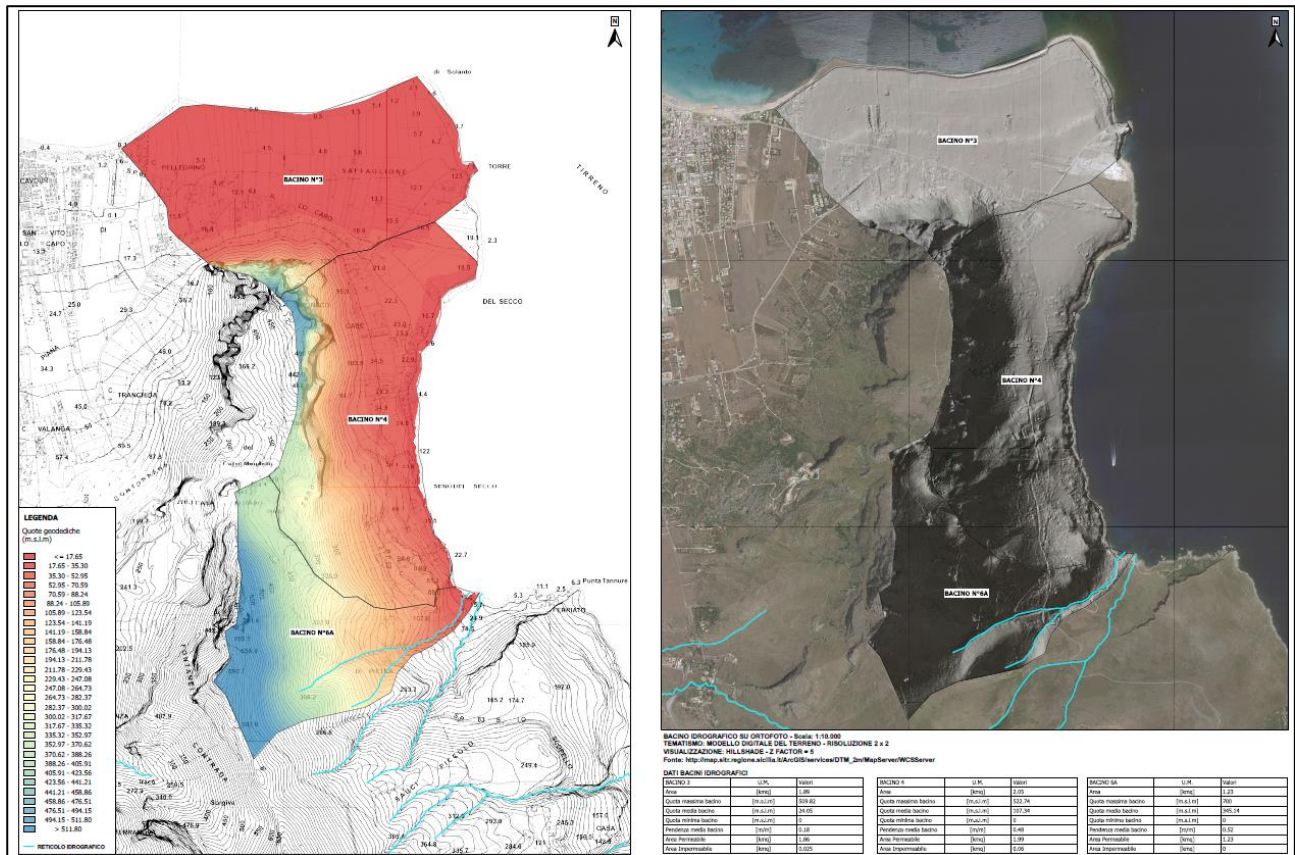


Fig. 16. Bacini Idrografici – Area Nord Est – TAV. II



Fig. 17. Punto di criticità n°2 - Bacino n°6A – Carta dei Dissesti



Fig. 18. Punto di criticità n°2 - Bacino n°6A – Carta dei Dissesti

Infine, il bacino n°6A, si estende per un'area di circa 1,23 km², con una quota massima di circa 700,00 m.s.l.m. e quota media di circa 345,00 m.s.l.m. Tale bacino è caratterizzato dalla presenza di un impluvio molto marcato e pendente, che lungo il suo sviluppo incontra il tracciato della strada provinciale SP 63.

Anche in questo, l'insufficienza idraulica è legata all'elevata presenza di trasporto solido costituito da materiale detritico che, staccandosi dal versante si accumula a monte dell'attraversamento della strada provinciale, creando un ostacolo al libero deflusso delle acque. L'area in questione, inoltre, risulta mappata come area a dissesto geomorfologico di tipo attivo.

5.3. AREA CENTRALE

Nella parte centrale dell'area comunale sono stati individuati n°3 bacini sul versante orientale e n° 4 bacini sul versante occidentale (SVC_2.4.4 – Bacini Idrografici – TAV.III).

I bacini ricadenti sul versante orientale sono caratterizzati da una pendenza media di circa il 27% e da quote variabili da un massimo di 800,00 m.s.l.m, con una quota media di circa 340,00 m.s.l.m., fino al livello del mare. La zona è caratterizzata da impluvi molto marcati e pendenti che, lungo il proprio sviluppo, incrociano la strada provinciale SP 63. Tali punti, come visto in precedenza, potrebbero causare fenomeni di insufficienza idraulica sia per eventuale mancata manutenzione degli attraversamenti stessi che a causa di eventuali fenomeni di trasporto solido. Tale zona, infatti, contiene al proprio interno numerose aree mappate nella carta dei dissesti P.A.I.

La parte occidentale dell'area, è caratterizzata dalla presenza di n°4 bacini idrografici. In particolare, il bacino n°7, si estende per un'area di circa 1,00 km², da una quota di circa 698,00 m.s.l.m con

**"AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DEL COMUNE DI SAN VITO
LO CAPO PER LA REDAZIONE DEL PUG"
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

quota media di circa 365,00 m.s.l.m. Il bacino, presenta un impluvio naturale, che incrocia in più punti i tracciati della strada provinciale SP16 e di alcune strade comunali come visibile nella figura che segue. Anche in questo caso le zone di criticità sono interessate da fenomeni di dissesto di tipo attivi.

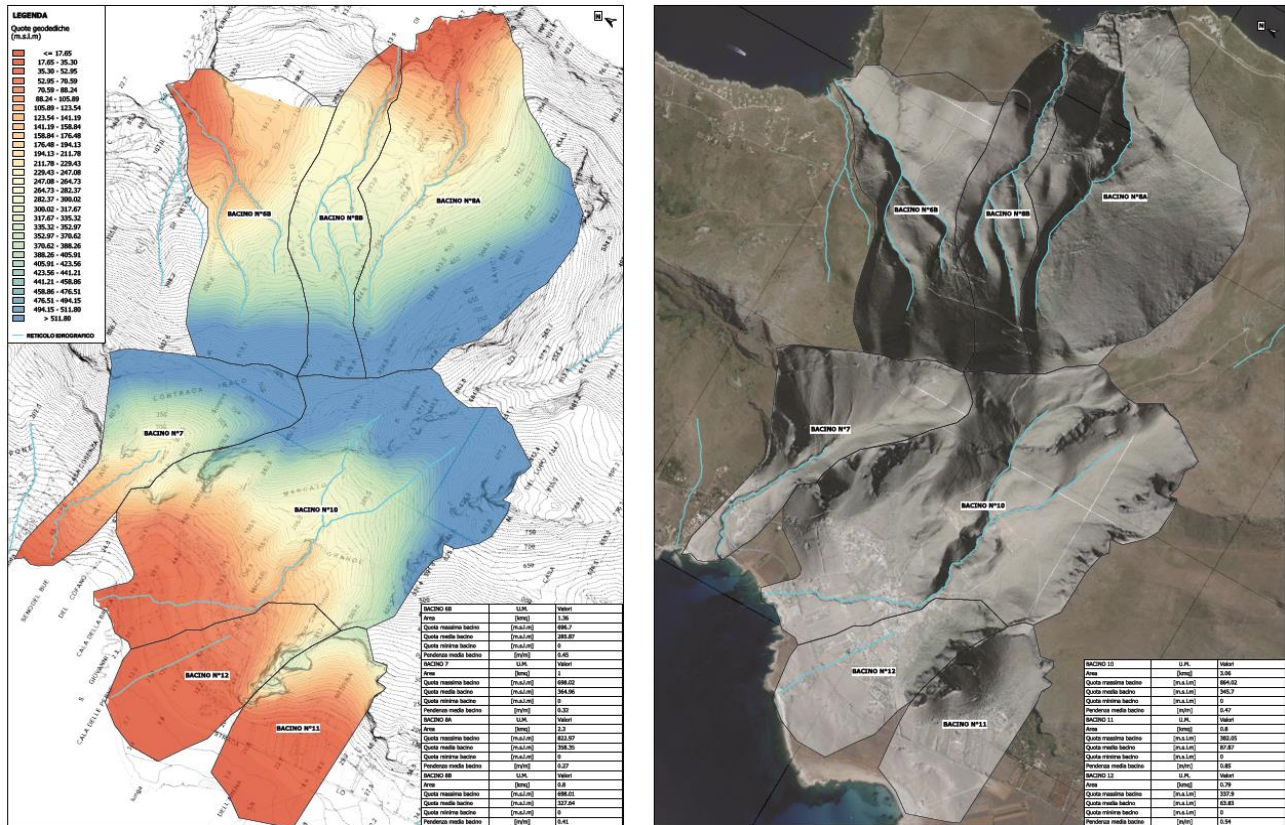


Fig. 19. Bacini Idrografici – Area Centrale [EST – OVEST] – TAV. II

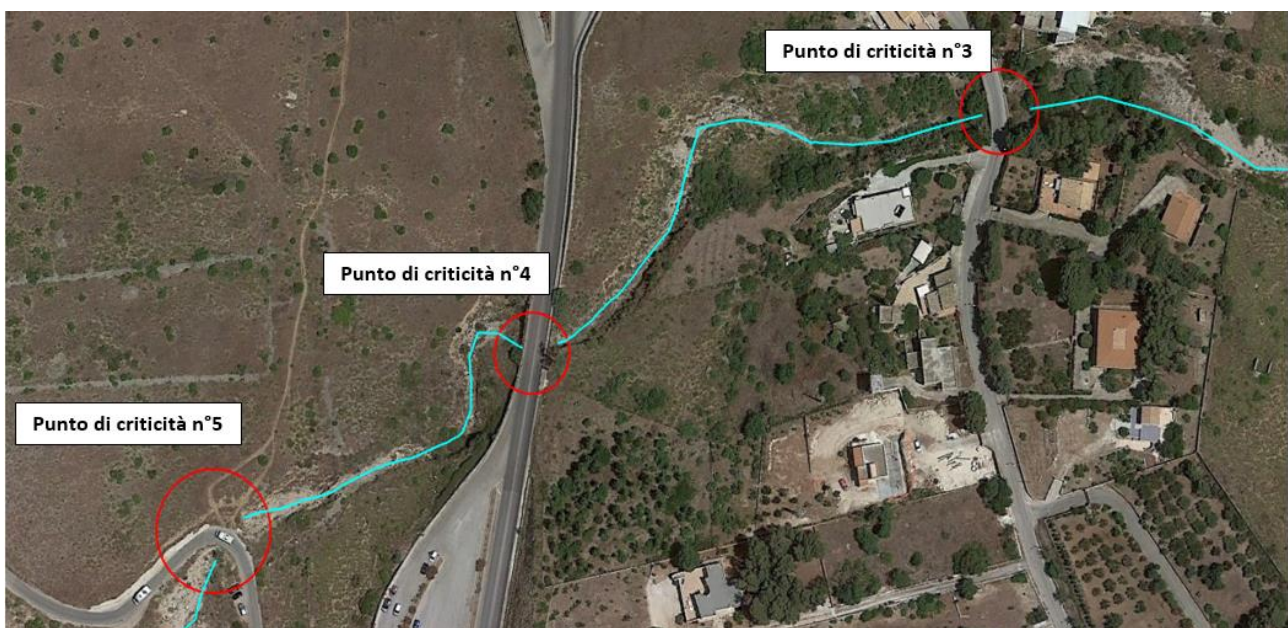


Fig. 20. Punto di criticità n°3-4-5 - Bacino n°7 – Ortofoto

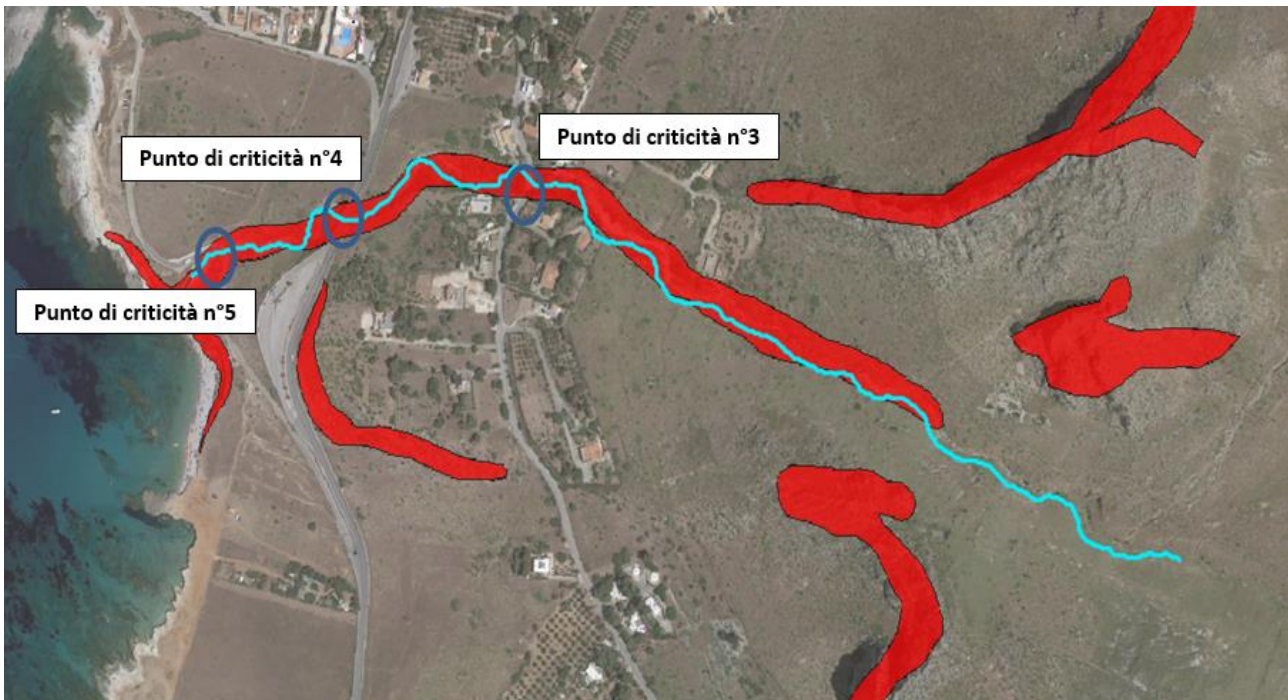


Fig. 21. Punto di criticità - Bacino n°7 – Carta dei Dissesti

In corrispondenza del punto n°5, i sopralluoghi hanno evidenziato possibili fenomeni di allagamento della strada comunale a causa dell'intersezione di tale viabilità con l'incisione fluviale.

Inoltre, come mostrano le immagini che seguono, risulta notevole anche in questo caso l'apporto di materiale solido confermato anche dalla presenza di numerose aree di dissesto geomorfologico.



Fig. 22. Report Fotografico – Particolare punto critico n°5

Il bacino n°10, si estende per un'area di circa 3,06 km², da una quota di circa 865,00 m.s.l.m con

**“AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DEL COMUNE DI SAN VITO
LO CAPO PER LA REDAZIONE DEL PUG”
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

quota media di circa 345,00 m.s.l.m. Tale bacino contiene al proprio interno il centro abitato della località di Macari. Il bacino è caratterizzato dalla presenza di una incisione molto marcata, che attraversa sia l'agglomerato urbano che alcune strade comunali e la strada provinciale.

Anche in questo caso, l'incisione è caratterizzata dalla presenza di fenomeni di dissesto geomorfologico di tipo attivo che contribuiscono all'accumulo di detriti a monte degli attraversamenti stessi. In particolare si contano quattro punti di criticità.



Fig. 23. Punto di criticità - Bacino n°10 – Carta dei Dissesti



Fig. 24. Punto di criticità n°7-8-9-10 - Bacino n°10 – Ortofoto

In particolare, nel punto n°9, si evidenzia l'assenza di un adeguato attraversamento della strada

**“AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DEL COMUNE DI SAN VITO
LO CAPO PER LA REDAZIONE DEL PUG”
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

comunale sull'incisione fluviale, che causa, data l'assenza di una sezione ben definitiva, lo sversamento delle acque provenienti da monte lungo la strada.



Fig. 25. Report Fotografico - Bacino n°10 – Frazione Macari



Fig. 26. Report Fotografico – Particolare punto critico n°9

5.4. AREA SUD - OCCIDENTALE

L'area Sud Occidentale del territorio comunale è stata suddivisa in due bacini idrografici. All'interno del bacino n°16, come già anticipato nella premessa, ricade la frazione comunale di Castelluzzo. Il bacino si estende per un'area di circa 23,18 km² con una quota massima di circa 911,00 m.s.l.m,

**“AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO DI COMPATIBILITA’ IDRAULICA DEL COMUNE DI SAN VITO
LO CAPO PER LA REDAZIONE DEL PUG”
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

quota media di circa 350,00 m.s.l.m. e una pendenza media, nel tratto montano, di circa 30% e, nel trattivo vallivo, di circa il 5%.

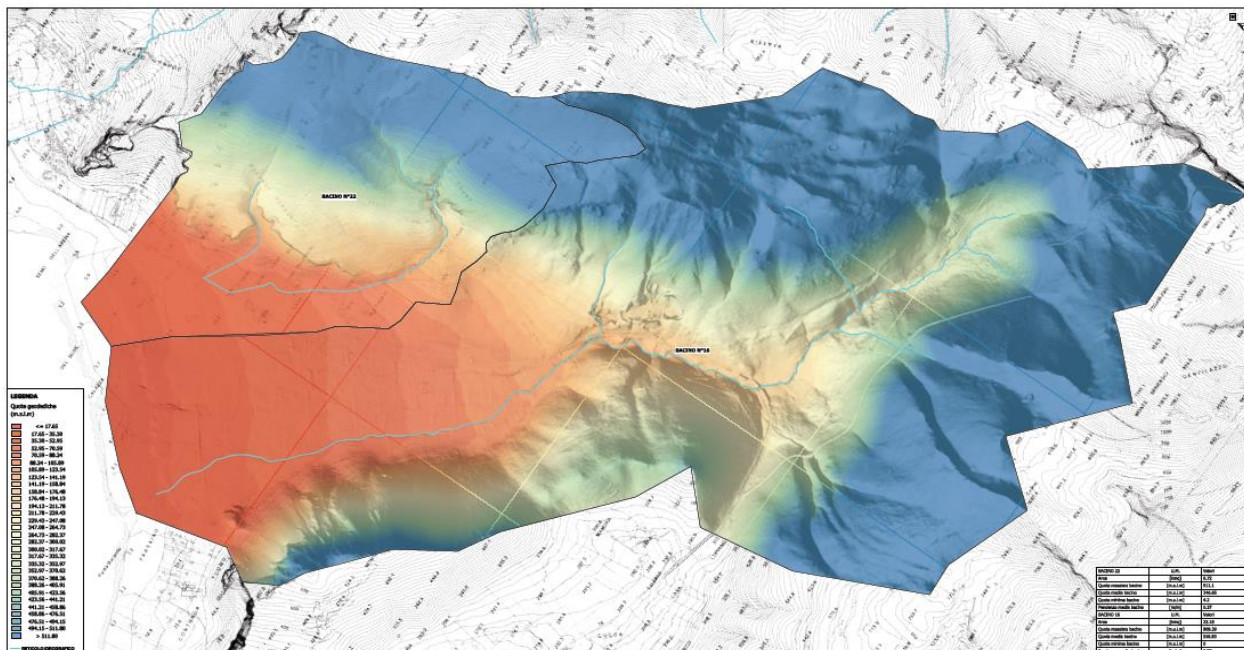


Fig. 27. Bacini Idrografici – Area Sud Ovest – TAV. IV

L’area è caratterizzata dalla presenza di un’incisione fluviale che si sviluppa da Est verso Ovest per circa 5,00 km. Lungo il suo sviluppo, l’incisione si allontana dall’agglomerato urbano andando a sovrapporsi, di fatto, all’attuale confine amministrativo tra il comune di San Vito Lo Capo e il comune di Custonaci.

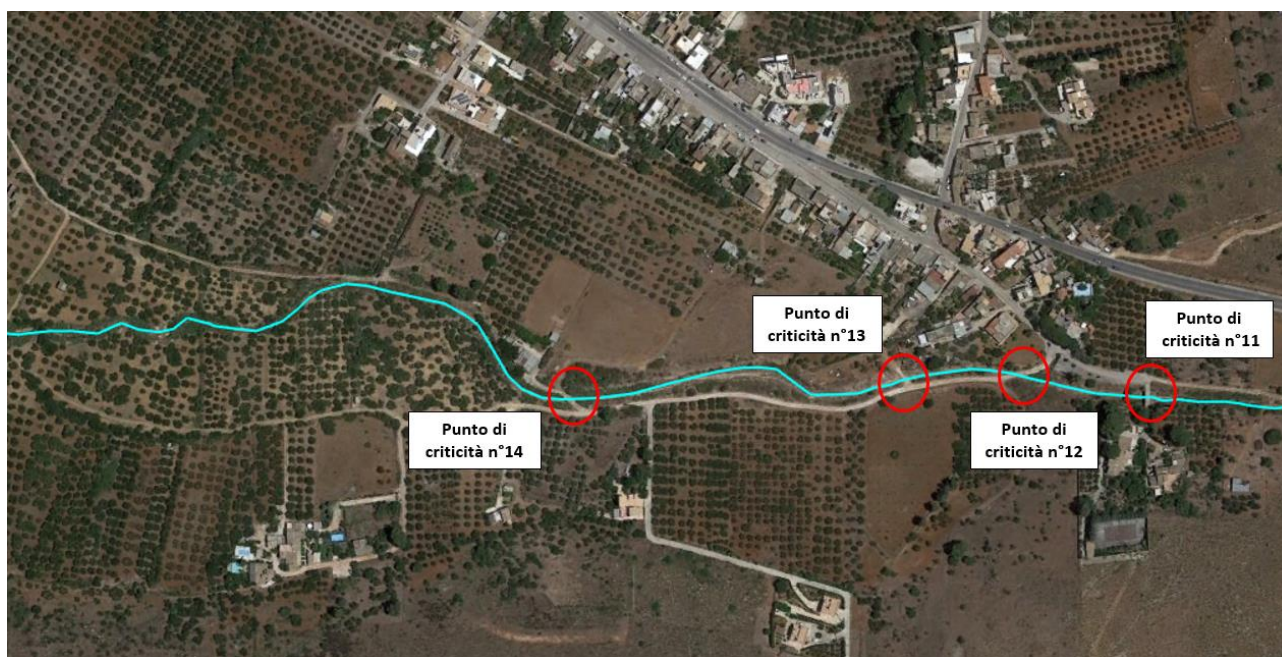


Fig. 28. Punto di criticità n°11-12-13-14 - Bacino n°16 – Ortofoto

La presenza di alcuni attraversamenti, realizzati per l'accesso ai fondi agricoli e ad alcuni fabbricati, determina la presenza di siti potenzialmente critici, soprattutto nel caso di eventi meteorici intensi. Nello specifico sono stati individuati quattro aree.

In particolare, la criticità nel punto n°11, è determinata dalla presenza dell'attraversamento stradale come visibile nell'immagine che segue.



Fig. 29. Report Fotografico – Particolare punto critico n°11

Anche in questo caso, si evidenzia la presenza di un discreto quantitativo di materiale solido trasportato da monte. Il materiale detritico, unitamente alla presenza di vegetazione, determina la riduzione della sezione netta tra il letto dell'alveo e l'intradosso dell'impalcato.

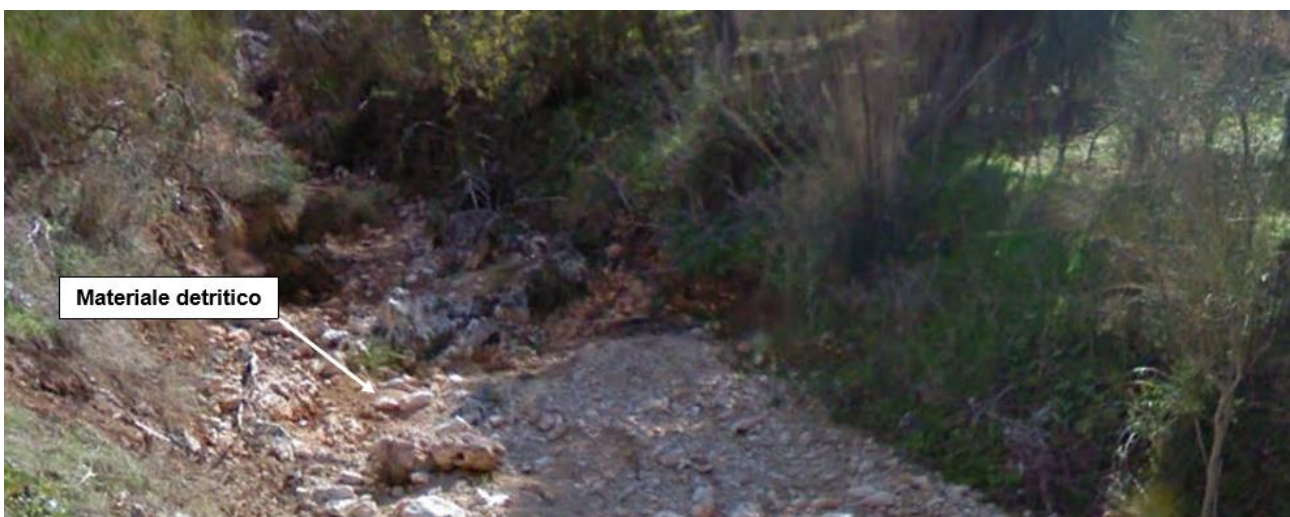


Fig. 30. Report Fotografico – Particolare punto critico n°11

Nel caso specifico, come già detto, stante la presenza di un apprezzabile bacino idrografico a monte, le analisi sono state fatte considerando un classico modello idraulico di pioggia e propagazione dell'idrogramma di piena.

**“AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO DI COMPATIBILITA’ IDRAULICA DEL COMUNE DI SAN VITO
LO CAPO PER LA REDAZIONE DEL PUG”
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

5.5. AREA SUD - ORIENTALE

Infine, la parte sudorientale del territorio comunale, è caratterizzata dalla presenza di diversi impluvi naturali e la conseguente presenza di altrettanti piccoli bacini imbriferi caratterizzati da pendenze molto elevate e quote media intorno a 350,00 m.s.l.m. Data la quasi totale assenza di attività di natura antropica, non si registrano punti criticità di natura idraulica.

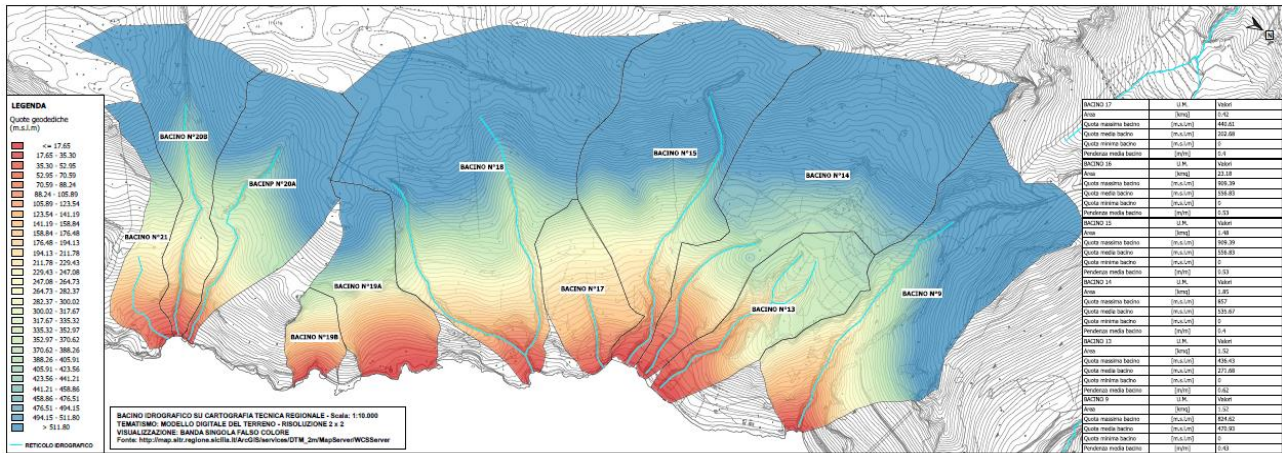


Fig. 31. Bacini Idrografici – Area Sud Est – TAV. V

6. STUDIO IDROLOGICO – ASPETTI TEORICI

Nel seguente capitolo verrà eseguita l'analisi delle precipitazioni, nell'area d'interesse, alla luce dei dati di pioggia più recenti. In particolare, attraverso un approccio a scala regionale (TCEV – Sicilia – Lo Conti et. all - 2007), sarà calcolato un evento di pioggia sintetico, di tempo di ritorno pari a 50 anni, da inserire come input nel successivo modello idraulico. Il tempo di ritorno, scelto per l'analisi idrologica, è quello indicato nelle linee guida allegate al D.A. sopra citato. Limitatamente all'area Sud – Occidentale sarà eseguito anche il calcolo dell'idrogramma di piena, prodotto dal bacino a monte da inserire come condizioni al contorno oltre al modello di precipitazione. Il calcolo di tale idrogramma sarà eseguito con il software open source HEC – HMS.

6.1. MODELLO PROBABILISTICO TCEV

Il modello a doppia componente TCEV (Rossi et al., 1984) ipotizza che i massimi annuali delle precipitazioni non provengano tutti dalla stessa popolazione ma da due popolazioni distinte legate a differenti possibili eventi di pioggia. Tale ipotesi è supportata dalla presenza in un gran numero di serie storiche di piogge di uno o più valori nettamente maggiori degli altri al punto da sembrare non provenienti dalla stessa popolazione dei rimanenti dati.

La funzione di probabilità cumulata del modello TCEV può essere espressa nella forma:

$$F_X(x) = \exp \left\{ -\Lambda_1 \exp \left(-\frac{x}{\Theta_1} \right) - \Lambda_2 \exp \left(-\frac{x}{\Theta_2} \right) \right\}$$

La funzione ha quattro parametri Λ_1 , Θ_1 , Λ_2 e Θ_2 . I parametri contraddistinti dal pedice 1 sono relativi agli eventi più frequenti ma meno intensi (componente base) mentre quelli con pedice 2 si riferiscono ad eventi meno frequenti ma più intensi (componente straordinaria). Ognuna delle due componenti è, a tutti gli effetti, una legge di Gumbel.

I parametri Λ_1 e Λ_2 esprimono, rispettivamente per le due componenti, il numero medio annuo di eventi indipendenti superiori ad una soglia. Gli altri due parametri esprimono invece la media di tali eventi.

Spesso risulta utile riferirsi, anziché alla variabile X , alla variabile standardizzata Y .

$$Y = \frac{X}{\Theta_1} - \ln \Lambda_1$$

nella quale risulta:

$$\Theta_* = \Theta_2 / \Theta_1 \quad \text{e} \quad \Lambda_* = \Lambda_2 / \Lambda_1^{1/\Theta_*}$$

L'espressione completa della funzione di probabilità cumulata della TCEV può essere ulteriormente semplificata facendo riferimento alla variabile adimensionale $K_{t,T_r} = X_{t,T_r} / \mu(X_t)$ dove con $\mu(X_t)$ si è

indicato il valore indice (la media della variabile). La funzione di probabilità cumulata di questa nuova variabile $K_{t,Tr}$ è la cosiddetta curva di crescita la quale dipende dai parametri Λ_1 , Θ_1 , Λ^* e Θ^* l'ultimo dei quali è rappresentabile analiticamente in funzione della media.

Tale curva risulta avere validità nell'ambito di sottozone omogenee, per cui rappresenta uno strumento di uso particolarmente comodo. Infatti, nell'ambito delle suddette sottozone, è sufficiente determinare la media della variabile ($\mu(X_i)$) per avere, a partire dalla $K_{t,Tr}$, la distribuzione di probabilità finale.

$$X_{t,Tr} = \mu(X_i) K_{t,Tr}$$

Approccio gerarchico alla stima regionale dei parametri

Si sono già evidenziate le relazioni che intercorrono tra momenti teorici e parametri della distribuzione TCEV. Su queste relazioni si basa la strutturazione regionale della stima dei parametri del modello TCEV, in particolare con riferimento ai momenti del secondo e del terzo ordine.

Va innanzitutto detto che mediante l'espressione dei momenti teorici del modello TCEV, si dimostra che il coefficiente di variazione teorico dipende da Λ_1 , Λ^* e Θ^* ed è quindi indipendente da Θ_1 , mentre il coefficiente di asimmetria teorico dipende da Λ^* e Θ^* ed è quindi indipendente da Λ_1 e Θ_1 .

La stima su base regionale di parametri dipendenti da momenti di ordine elevato si rende necessaria in quanto i coefficienti di asimmetria e di variazione campionari, espressi rispettivamente dalle relazioni

$$C_A = \sqrt{N} \cdot \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^3}{\left[\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2 \right]^{3/2}} \quad C_V = \frac{N}{\sqrt{N-1}} \cdot \frac{\left[\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2 \right]^{3/2}}{\sum_{i=1}^N x_i}$$

stimati dalle serie storiche dei massimi annuali delle portate istantanee, o delle piogge di fissata durata, presentano una variabilità spaziale che nell'ambito di vaste aree non è superiore alla variabilità campionaria. In altri termini, presentano variabilità campionaria molto elevata, ma bassa variabilità spaziale. Ciò consente di ipotizzare l'esistenza di regioni nelle quali si può ammettere che i valori teorici di tali momenti siano costanti.

Per le relazioni di cui si è detto in precedenza si ha come conseguenza la costanza dei parametri del modello TCEV direttamente legati ai suddetti momenti campionari.

La procedura di regionalizzazione adottata nello studio regionale è di tipo gerarchico strutturata su tre livelli:

I° Livello di regionalizzazione:

Si assume che il coefficiente di asimmetria C_A sia costante in una regione molto ampia (l'intera Italia Appenninica ed insulare ad eccezione della Sardegna). Ciò implica, per quanto detto in precedenza, la costanza dei parametri Λ^* e Θ^* del modello TCEV nella medesima zona. Inoltre in una regione omogenea rispetto a Λ^* e Θ^* risulta unica la funzione di probabilità cumulata della variabile standardizzata Y , in quanto essa dipende soltanto dai due suddetti parametri del modello. In assenza di dati sufficienti a mettere in discussione localmente la validità di questa assunzione, si pone che ovunque Λ^* e Θ^* assumano i valori calcolati nell'ambito della zona unica.

II° Livello di regionalizzazione:

Al secondo livello di regionalizzazione si assume che la regione omogenea rispetto a L^* e Θ^* possa suddividersi in sottozona in cui il coefficiente di variazione C_v risulti costante, nel senso che vari con piccoli scarti di disturbo spaziale intorno a valori medi differenti da una zona all'altra.

Per il modello TCEV questo si traduce nella costanza del parametro L_1 nella sottozona omogenea, oltre che di L^* e Θ^* . Il valore di L_1 relativo alla sottozona va stimato utilizzando tutti i dati disponibili nella zona. Se si individua una sottozona omogenea rispetto a L_1 la variabile $K_r, T_r = X_r, T_r / \mu(X_t)$ risulta identicamente distribuita, si ha cioè una curva di crescita unica per l'intera sottozona.

III° Livello di regionalizzazione:

Il terzo livello di regionalizzazione consiste nell'individuazione di aree omogenee nelle quali sia possibile determinare le relazioni che legano la media $\mu(X_t)$ (valore indice) alle caratteristiche fisiche di interesse. Infatti la variabilità della pioggia indice $\mu(X_t)$ con le caratteristiche morfologiche (es. quota) e climatiche è tale che l'ipotesi basata sulla ricerca di aree con $\mu(X_t)$ costante è applicabile solo per le piogge e spesso non è verificata. Nell'analisi delle piogge orarie per ogni sito è possibile legare il valore medio $\mu(X_t)$ dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata t alle durate stesse, attraverso la curva di probabilità pluviometrica:

$$\mu(X_t) = a t^n$$

6.2. METODO PROBABILISTICO TCEV SICILIA

Per il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica si farà pertanto riferimento alla procedura descritta nel progetto VAPI Sicilia (Ferro e Cannarozzo, 1993) utilizzando la modellazione introdotta da Lo Conti et al., 2007. La procedura gerarchica di regionalizzazione si articola su tre livelli successivi in ognuno dei quali è possibile ritenere costanti alcuni statistici.

Nel **primo livello di regionalizzazione** si ipotizza che il coefficiente di asimmetria teorico G_t delle serie dei massimi annuali delle piogge di assegnata durata t sia costante per la regione Sicilia. La

Sicilia si può pertanto ritenere una zona pluviometrica omogenea ed i valori dei parametri $\Theta^* = 2.24$ e $\Lambda^* = 0.71$ sono costanti ed indipendenti dalla durata t .

Il **secondo livello di regionalizzazione** riguarda l'individuazione di sottozone omogenee, interne a quella individuata al primo livello, nelle quali risulti costante, oltre al coefficiente di asimmetria, anche il coefficiente di variazione della legge teorica. Al secondo livello di regionalizzazione la Sicilia è suddivisa in cinque sottozone pluviometriche omogenee: Z0 –Z5, Z1, Z2, Z3, Z4. A ciascuna di esse è stato attribuito un valore costante del parametro λ_1 (parametro della TCEV che rappresenta il numero medio di eventi della componente base) indicato con il simbolo Λ_1 (Tab. 1), che risulta indipendente dalla durata. Le sottozone Z0 e Z5, possono anche essere “unite” e considerate come una sottozona unica, visti i valori pressoché identici del parametro Λ_1 . In ogni sottozona la variabile adimensionale $h_{t,T} = h_{t,T}'/\mu$ (valore dell'altezza di pioggia di fissata durata t e tempo di ritorno T rapportata alla media μ della legge TCEV) assume la seguente espressione:

$$h_{t,T}' = K_T = a \cdot \ln(T) + b$$

In tale relazione i coefficienti a e b sono stati tarati in funzione della particolare sottozona (Tab. 2).

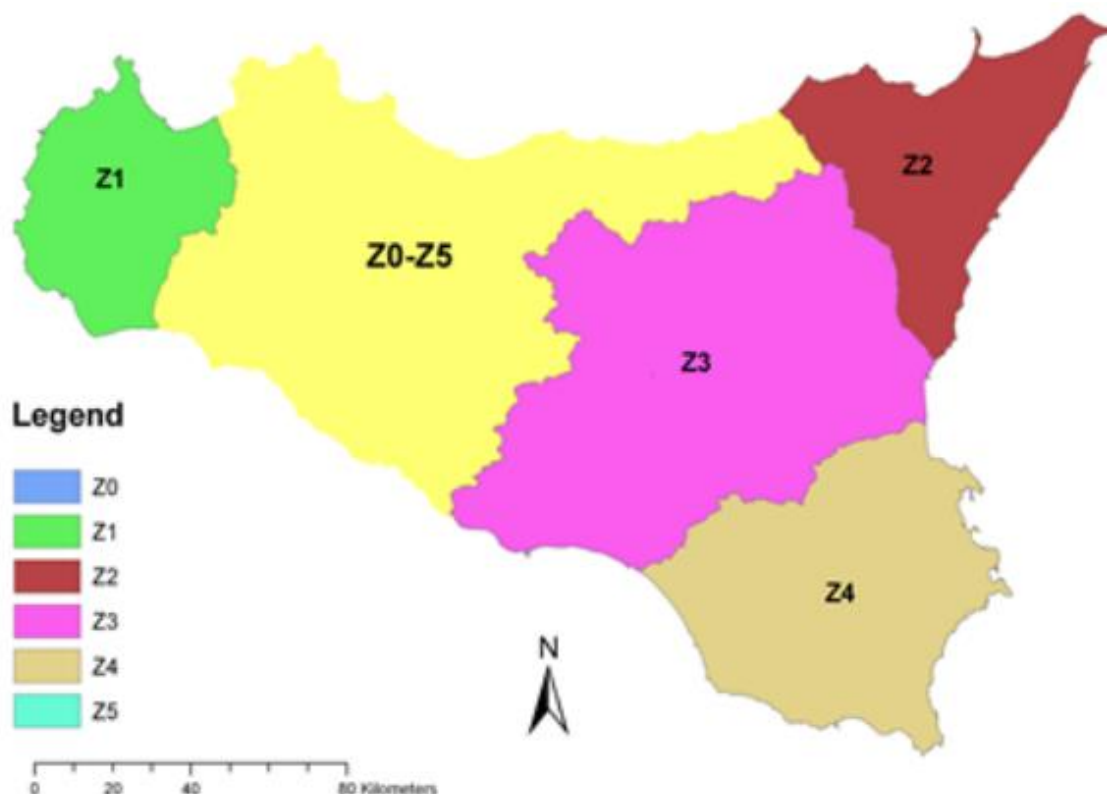


Fig. 32. Sottozone pluviometriche omogenee per la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007)

K_T è definito fattore di crescita e misura la variabilità relativa degli eventi estremi alle diverse frequenze. Esso è dunque indipendente dalla durata della precipitazione e funzione della collocazione geografica del sito per il quale si vogliono calcolare le altezze di pioggia (a mezzo dei

coefficienti a e b) e del tempo di ritorno T dell'evento meteorico.

<i>Sottozona Parametro</i>	Z_0	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
Λ_1	24,429	19,58	17,669	14,517	15,397	24,402

Tab. 1 - Valore del parametro Λ_1 per ogni sottozona in cui è stata suddivisa la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007).

<i>Sottozona Parametro</i>	$Z_0 - Z_5$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
<i>a</i>	0.4485	0.4695	0.4799	0.5011	0.4946
<i>b</i>	0.5117	0.4889	0.4776	0.4545	0.4616

Tab. 2 - Valore del parametro a e b per ogni sottozona in cui è stata suddivisa la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007).

Il **terzo livello di regionalizzazione** prevede, infine, la ricerca di relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità μ e le grandezze - prevalentemente geografiche (altitudine, distanza dal mare, superficie del bacino idrografico) - relative al sito di misura. Pertanto, l'espressione della curva di probabilità pluviometrica sarà:

$$h_{t,T} = K_T \cdot \mu(t)$$

in cui $h_{t,T}$ è l'altezza di pioggia di assegnata durata t e fissato tempo di ritorno T. Per le stazioni pluviografiche siciliane la media teorica μ risulta coincidente con quella campionaria; per ciascuna delle 172 stazioni siciliane che vantano almeno 10 anni di funzionamento è stato riconosciuto il seguente legame di tipo potenza tra la media campionaria e la durata t:

$$\mu(t) = a \cdot t^n$$

Per ogni stazione pluviografica i valori dei coefficienti a ed n sono tabellati. Per i siti sprovvisti di stazioni di misura i coefficienti a ed n possono essere stimati sulla base della carta delle iso-a e delle iso-n (Cannarozzo et al, 1995). Nelle fig. (15) e (16) è possibile vedere la variazione dei coefficienti a ed n per la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007).

**“AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DEL COMUNE DI SAN VITO
LO CAPO PER LA REDAZIONE DEL PUG”
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

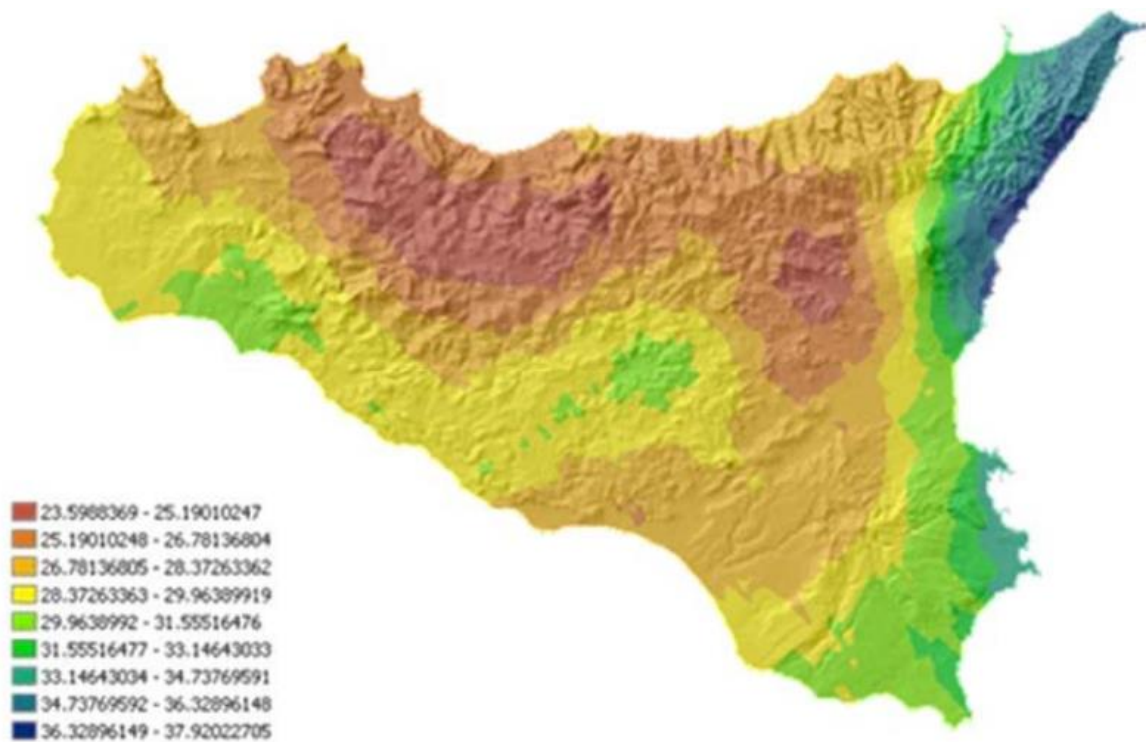


Fig. 33. - Valori dei coefficienti a per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007)

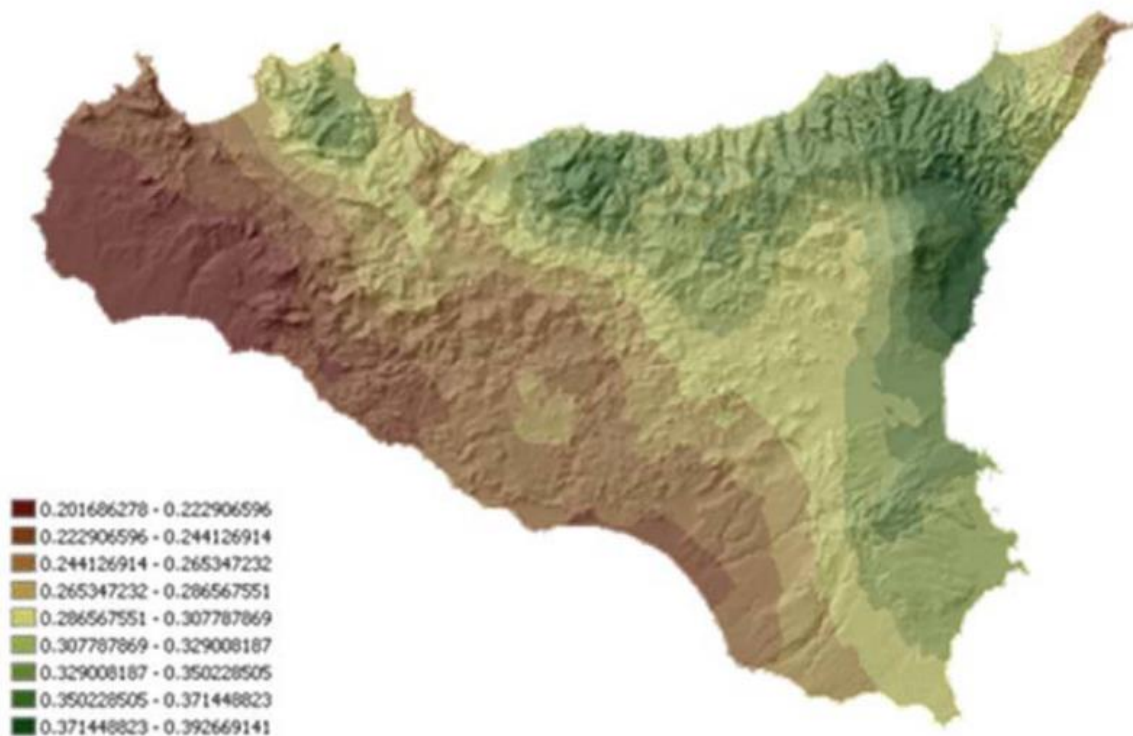


Fig. 34. - Valori dei coefficienti n per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007).

6.3. CALCOLO ALTEZZA DI PIOGGIA DI BREVE DURATA

Il procedimento finora descritto è idoneo per eventi di durata superiore all’ora, ma non per eventi di breve durata. Pertanto, 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. Di seguito si riporta la formula di Bell calcolata e tarata per piogge 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 i due modelli in precedenza descritti.

6.4. 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;

Tra i diversi tipi di ietogramma, nel presente studio, sarà utilizzato quello tipo “Chigago”. Questo ietogramma fu sviluppato da Keifer e Chu nel 1957 con riferimento alla fognatura di Chicago.

La principale caratteristica di questo tipo di ietogramma consiste nel fatto che per ogni durata, anche parziale, l’intensità media della precipitazione del suddetto ietogramma è congruente con quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica. Esso presenta il vantaggio di essere poco sensibile alla variazione della durata di base. Infatti, la parte centrale dello ietogramma rimane la stessa per durate progressivamente maggiori, aggiungendosi solo due “code” all’inizio ed alla fine dell’evento. Inoltre, esso, pur essendo dedotto dalle curve di possibilità pluviometrica, risente solo in minima parte, se la durata complessiva è sufficientemente lunga, della sottostima dei volumi insita nel procedimento di definizione delle curve stesse.

Tale ietogramma presenta, inoltre, il vantaggio di essere critico per tutte le sezioni aventi tempo di

corrivazione uguale od inferiore alla sua durata, e quindi il suo uso consente di verificare il comportamento di tutti i condotti del sistema mediante un'unica simulazione.

6.5. CODICE DI CALCOLO 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.

Vengono di seguito presentate le diverse fasi di implementazione del software attraverso i seguenti passaggi procedurali:

- Definizione dei componenti del sistema idrografico
- Individuazione della metodologia di stima delle perdite di bacino
- Impostazione della trasformazione afflussi-deflussi
- Definizione dei parametri di propagazione dei deflussi
- Analisi meteorologica
- Trasformazione afflussi-deflussi
- Taratura dei parametri idrologici

Attraverso il modulo BASIN MODEL viene definita la caratterizzazione fisica del bacino idrografico. 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.

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.

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.

Ogni sottobacino risponde all'evento pluviometrico a seconda delle caratteristiche che sono del sottobacino ma che derivano dalle caratteristiche morfologiche, di uso del suolo, ecc.

7. STIME IDROLOGICHE

7.1. MODELLI PROBABILISTICI PER L’ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI

7.1.1. Modello probabilistico TCEV Sicilia

I bacini oggetto del presente studio si trovano nella sottozona pluviometrica omogenea Z1. Il fattore di crescita è calcolato attraverso la seguente espressione, utilizzando gli appositi valori dei coefficienti a e b , per tempi di ritorno pari a 50,100,200 e 30 anni.

$$K_T = 0,4695 \cdot \ln(T) + 0.4889$$

Kt (50 anni)	2.33
Kt (100 anni)	2.65
Kt (200 anni)	2.98
Kt (300 anni)	3.17

Tab. 3 - Valori coefficiente di crescita K_t

La media campionaria è stata calcolata dopo aver estrapolato dai file in formato raster, il valor medio dei parametri “ a ” ed “ n ” per i bacini considerati. All’interno dell’area comunale i due coefficienti variano gradualmente passando da 19,00 a 25,00 per il coefficiente “ a ” e da 0,31 a 0,34 per il parametro “ n ”. A vantaggio di sicurezza si è preferito considerare i valori massimi, nell’area di studio, per i due coefficienti: **$a = 25,00$ e $n = 0,34$** .

$m[d(1)]$	25.00
$m[d(3)]$	36.32
$m[d(6)]$	45.97
$m[d(12)]$	58.19
$m[d(24)]$	73.66

Tab. 4 - Media campionaria $m[d]$

Di seguito si riportano i valori di $h_{t,T}$ (mm) al variare della durata e del tempo di ritorno, da cui poi sono state tracciato le relative curve di probabilità pluviometriche:

T = 50 ANNI		T = 100 ANNI		T = 200 ANNI		T = 300 ANNI	
d [ore]	h_d [mm]	d [ore]	h_d [mm]	d [ore]	h_d [mm]	d [ore]	h_d [mm]
1	58.14	1	66.28	1	74.41	1	79.17
3	84.47	3	96.29	3	108.11	3	115.02
6	106.92	6	121.88	6	136.84	6	145.59
12	135.33	12	154.27	12	173.21	12	184.28
24	171.30	24	195.27	24	219.24	24	233.26

Tab. 5 - Valori delle piogge di durata 1,3,6,12 e 24 ore in funzione del tempo di ritorno

**“AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DEL COMUNE DI SAN VITO
LO CAPO PER LA REDAZIONE DEL PUG”
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

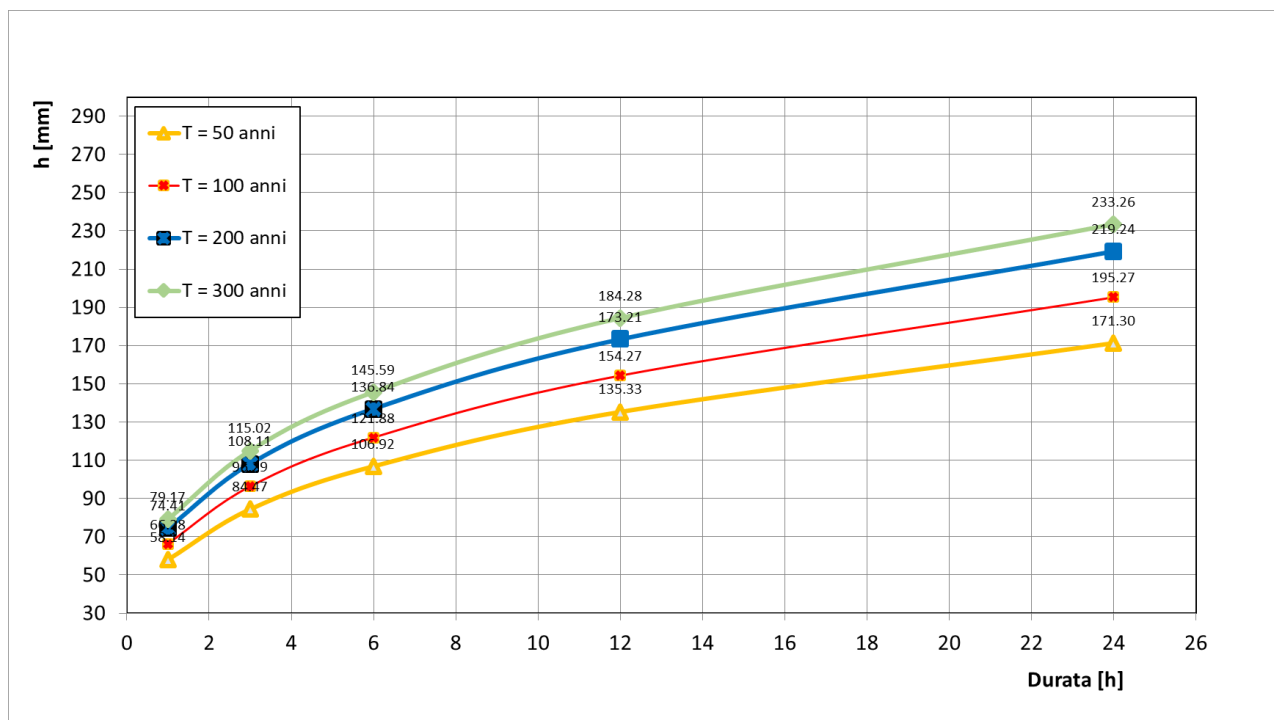


Fig. 35. - Curve di probabilità pluviometrica - Modello TCEV Sicilia

7.2. STIMA DELL'EVENTO DI PIOGGIA SINTENTICO

Come già accennato in precedenza, lo ietogramma Chigago consente di rappresentare un evento di pioggia sintetico che risulta essere critico per tutte le sezioni aventi tempi di corrivazione uguale od inferiore alla sua durata, e quindi il suo uso consente di verificare il comportamento di tutto il sistema eseguendo un'unica simulazione idraulica.

Ai fini della successiva simulazione idraulica, è stimata una durata della pioggia pari a 120 minuti che risulta essere abbondantemente maggiore di tutti i tempi di pioggia critica relativi ad ogni bacino considerato.

Di seguito si riporta lo ietogramma di pioggia sintetica Chigago calcolato per tempo di ritorno pari a 50 anni:

t [min]	t [ore]	h Cumulata [mm]	h Incrementale [mm]	h Chigago [mm]
5	0.08	22.28	22.28	1.12
10	0.17	29.11	6.83	1.24
15	0.25	34.05	4.93	1.34
20	0.33	38.05	4.00	1.45
25	0.42	41.47	3.42	1.52
30	0.50	44.49	3.02	1.92
35	0.58	47.22	2.73	2.16
40	0.67	49.72	2.50	2.50
45	0.75	52.03	2.31	3.02

**“AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DEL COMUNE DI SAN VITO
LO CAPO PER LA REDAZIONE DEL PUG”
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

t [min]	t [ore]	h Cumulata [mm]	h Incrementale [mm]	h Chigago [mm]
50	0.83	54.19	2.16	4.00
55	0.92	56.22	2.03	6.83
60	1.00	58.14	1.92	22.28
65	1.08	59.74	1.60	4.93
70	1.17	61.27	1.52	3.42
75	1.25	62.72	1.45	2.73
80	1.33	64.11	1.39	2.31
85	1.42	65.45	1.34	2.03
90	1.50	66.73	1.28	1.60
95	1.58	67.97	1.24	1.52
100	1.67	69.17	1.20	1.39
105	1.75	70.32	1.16	1.28
110	1.83	71.45	1.12	1.20
115	1.92	72.53	1.09	1.09
120	2.00	73.59	1.06	1.06

Tab. 6 - Pioggia Sintetica – Ietogramma Chigago

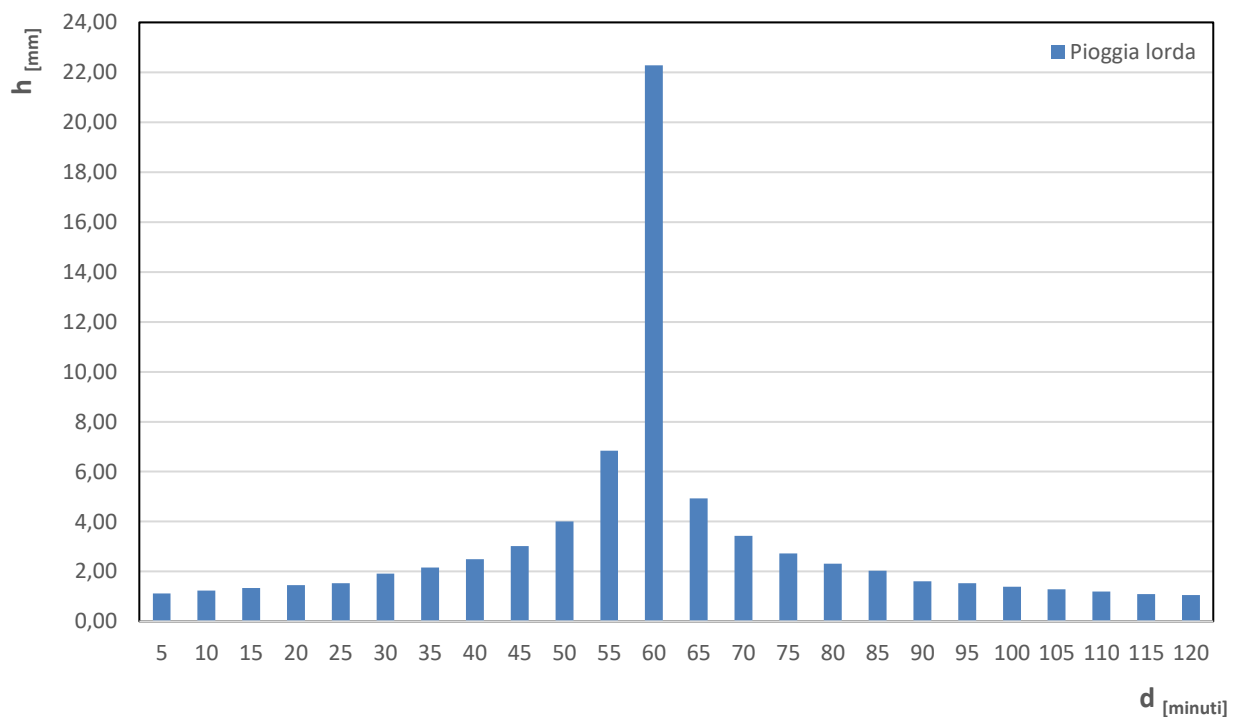


Fig. 36. – Ietogramma di pioggia sintetico tipo Chigago – Tr = 50 anni

7.3. STIMA DELL'IDROGRAMMA DI PIENA (AREA SUD - OCCIDENTALE)

Limitatamente all'area Sud Occidentale, data la presenza di un apprezzabile bacino idrografico a monte dell'area in questione, si è ritenuto opportuno il calcolo dell'idrogramma di pieno prodotto da tale bacino, accoppiando così un modello di sola a pioggia ad un modello classico di propagazione dell'onda di piena. La modellazione idrologica è stata eseguita utilizzando il metodo SCS – Curve Number relativamente al modello di pioggia netta e il metodo SCS – Unit Hydrograph con riferimento al modello di trasformazione afflussi/deflussi. L'evento meteorico inserito come input di calcolo è lo stesso calcolato in precedenza. Di seguito si riportano i risultati ottenuti:

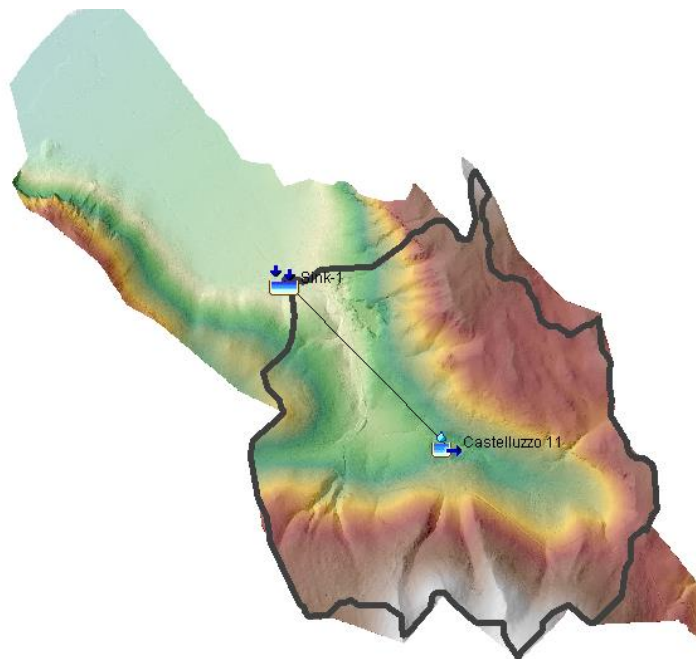


Fig. 37. Basin Model – HEC HMS

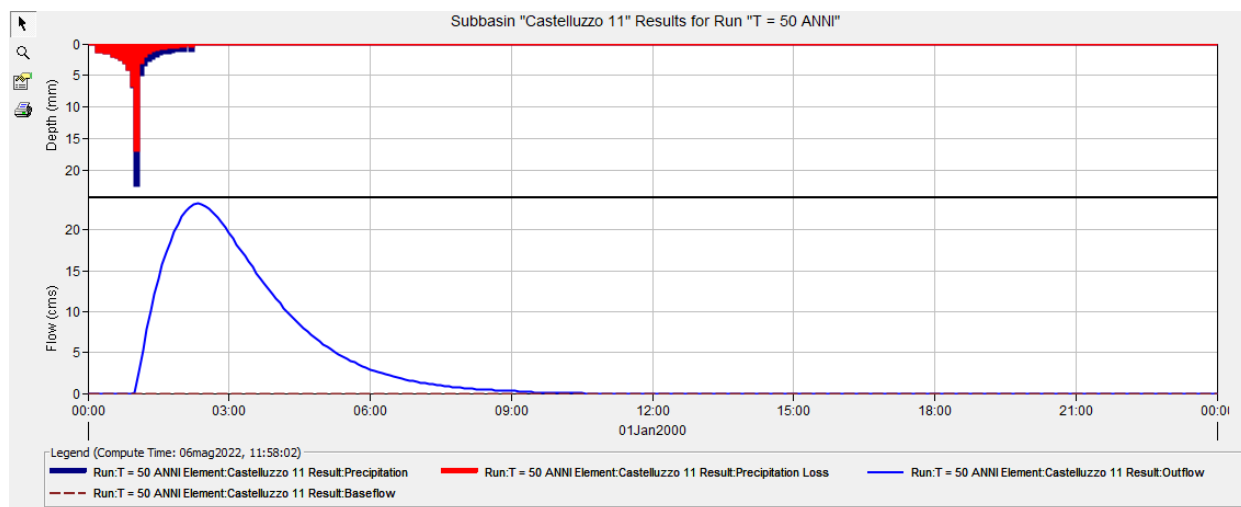


Fig. 38. Ris. Idrogramma di Piena – Tr = 50 anni

8. MODELLAZIONE IDRAULICA – CODICE DI CALCOLO

La modellazione dei fenomeni di allagamento e di transito sono state eseguite utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS 6.0. In particolare, la modellazione idraulica è stata eseguita secondo uno schema bidimensionale in moto vario (unsteady flow), simulando l’accumulo e il deflusso dell’evento di pioggia sintetico calcolato al capitolo precedente. Data l’estensione dell’area da studiare, si è ritenuto più opportuno la realizzazione di diversi modelli idraulici separati per ognuna delle aree viste in precedenza.

8.1. 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.

8.1.1. 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”. Dopo aver generato e implementato all'interno del RAS Mapper il terreno digitalizzato, esso dovrà essere condizionato, ovvero “agganciato” alle sezioni fluviali creando un nuovo Terrain Layer dato dalla combinazione del Tiff del terreno ed il Tiff del canale. Nel presente studio, si è fatto riferimento al DTM 2 x 2 (2013) fornito dalla Regione Siciliana in formato WCS.

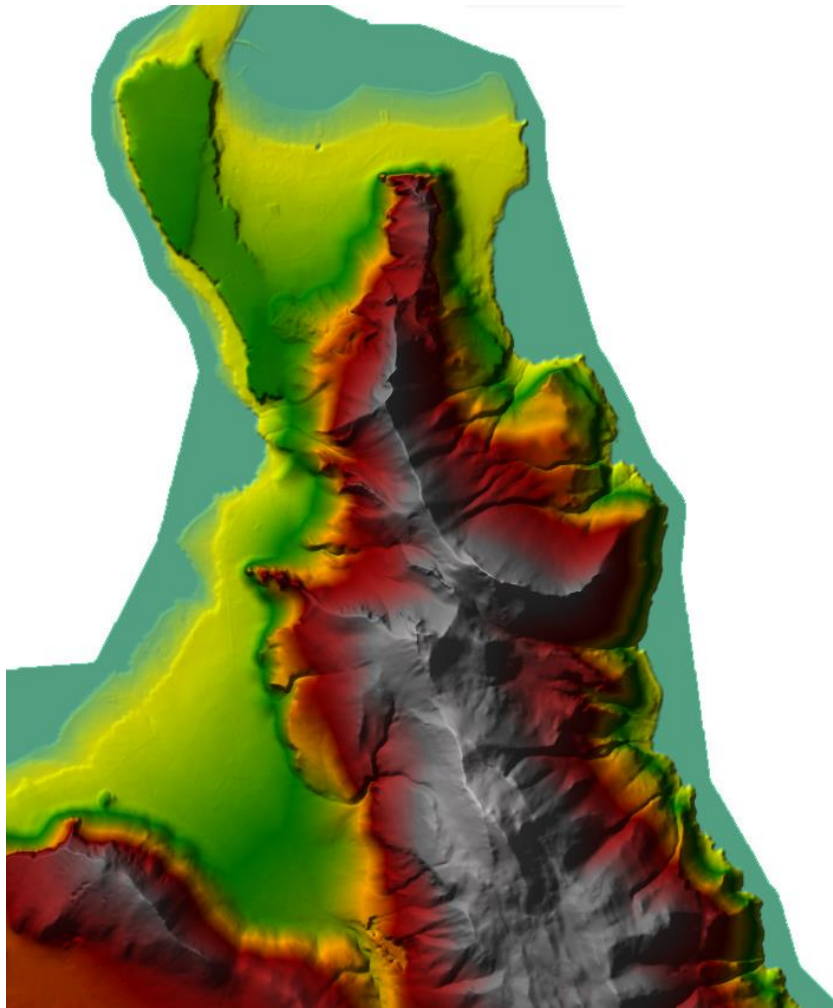


Fig. 39. DTM 2 x 2 – Fonte:

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

8.1.2. Creazione della Mesh/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 corpo dell’area 2D, per lo sviluppo della simulazione vera e propria.

Lo schema risolutivo della versione HEC-RAS 6.0. 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’Edit 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;

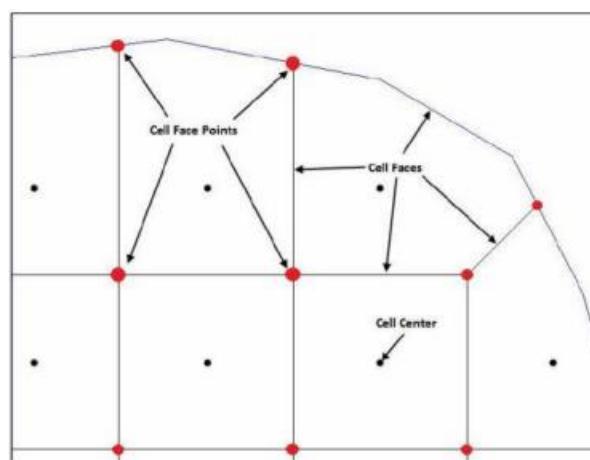


Fig. 40. Esempio di Mesh di calcolo

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 pre-processata 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:

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

essendo 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.

8.1.3. Condizioni al contorno

Il software di calcolo HEC RAS 6.0. consente di applicare un evento meteorico direttamente ad una 2D Flow Area. L'evento meteorico viene applicato allo stesso modo a tutte le celle del dominio di calcolo. Tale condizione al contorno si è ben adattata al caso in esame.

Tale modello infatti risulta idoneo per quelle aree prive di un reticolo idrografico in cui la valutazione degli allagamenti è legata ad un accumulo di volumi idrici dovute a piogge zenitali più che al verificarsi di un dato valore di portata in una certa sezione. La condizione al contorno è stata la medesima per ogni singola area oggetto di studio.

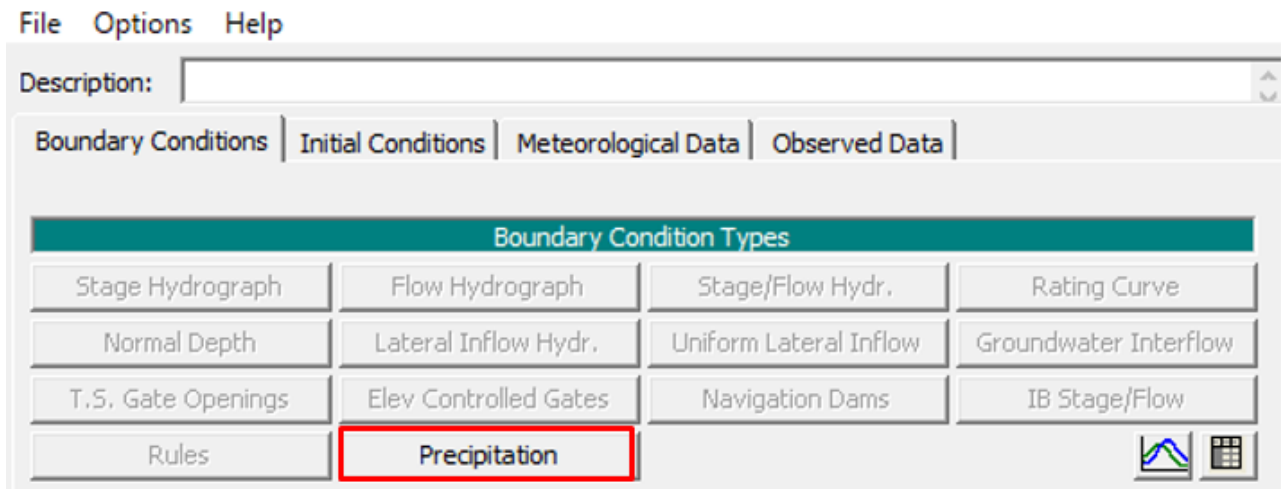


Fig. 41. Boundary Condition - Precipitation

8.1.4. Calibrazione del Modello - Metodo di Infiltrazione

Unitamente alla condizione al contorno (Precipitation Model), il codice di calcolo consente la creazione di un livello di infiltrazione che permette di simulare le perdite idriche di superficie e quindi di stimare la pioggia che effettivamente defluisce. Il codice permette di introdurre tre differenti metodi di infiltrazione:

- Deficit Costant;
- SCS – Curve Number;
- Green Ampt;

Esistono quattro modi diversi per generare uno strato di infiltrazione sul RAS Mapper:

- utilizzando uno strato di copertura del suolo RAS esistente;
- utilizzando uno strato di suoli RAS esistente;
- utilizzando un'intersezione di uno strato di copertura del suolo e uno strato di suoli;
- utilizzando un singolo layer dello shapefile di classificazione.

Nel presente studio si applicherà il metodo SCS.

Nello specifico verrà la carta raster Curve Number ricavata dal Dipartimento di Ingegneria Idraulica e Ambientale dell'Università degli Studi di Palermo e utilizzata negli studi idrologici per la redazione del P.A.I. Sicilia.

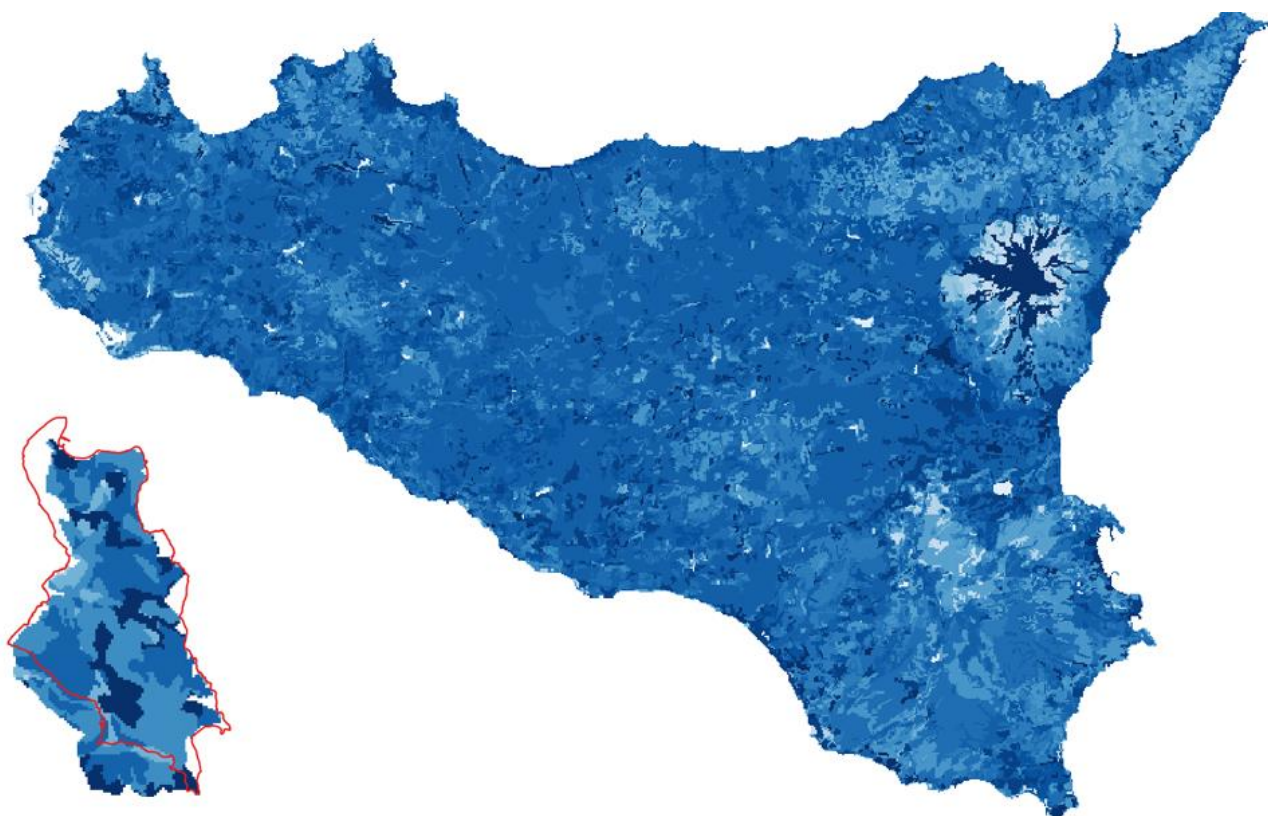


Fig. 42. Carta Raster Curve Number – CN - Dipartimento di Ingegneria Idraulica e Ambientale dell'Università degli Studi di Palermo

8.1.5. 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.

Nello specifico, ai fini del presente studio, è stata utilizzata la “Corine Land Cover” in formato .shp, scaricabile in locale dal Sistema Informatico Territoriale della Regione Sicilia.

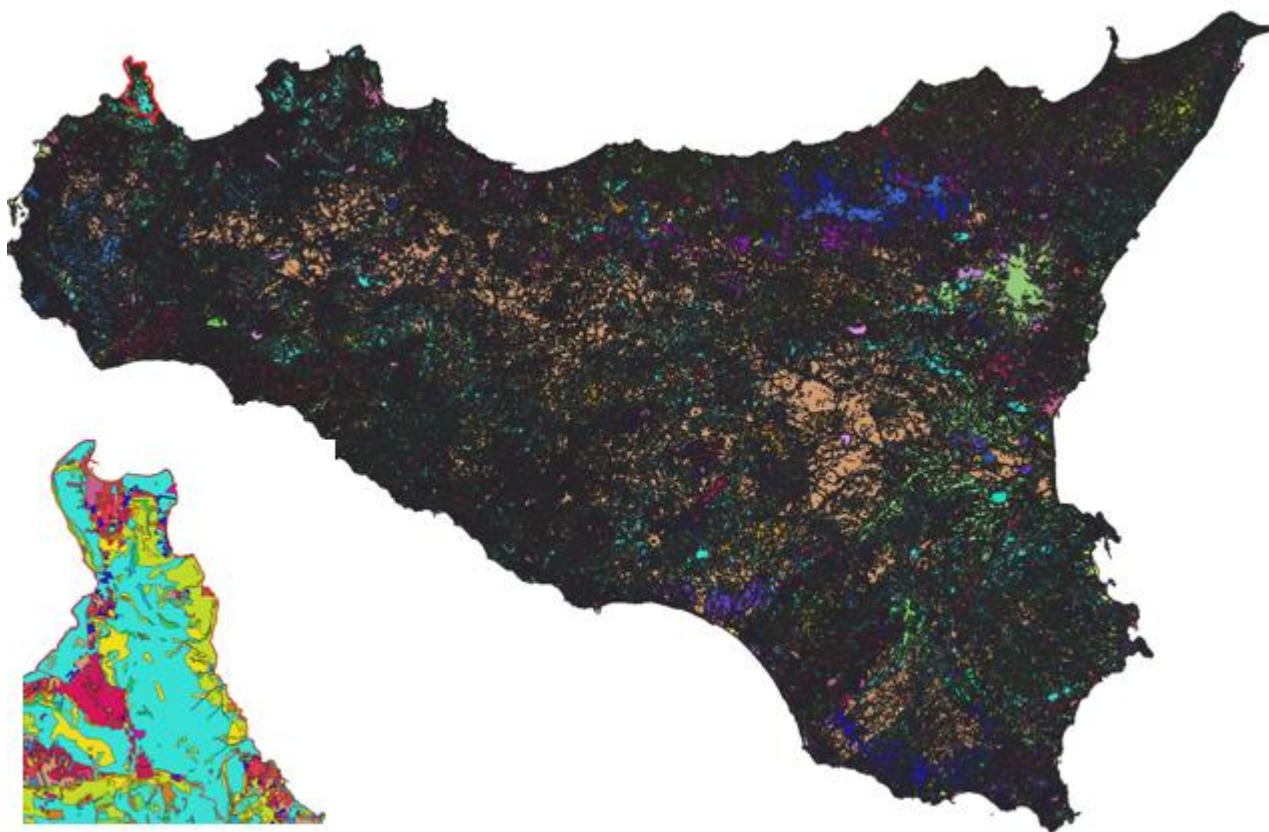


Fig. 43. Corine Land Cover – [S.I.T.R. – Regione Sicilia]

8.1.6. Unsteady Flow Analysis

Relativamente alle opzioni di analisi in moto vario, sono stati opportunamente scelti, anche in relazione alla condizione al contorno inserita, i seguenti parametri:

- Computation time step
- Mapping output Intervall;
- Hydrograph Outup Interval:
- Deteailed Output interval;

Computation Settings			
Computation Interval:	2 Second	...	Hydrograph Output Interval:
Mapping Output Interval:	10 Second		Detailed Output Interval:

Fig. 44. Computation Settings – Unsteady flow analysis

9. ANALISI DEI RISULTATI E PERIMETRAZIONE AREE SUSCETTIBILI DI ALLAGAMENTO

Nel presente capitolo verranno mostrate le simulazioni idrauliche condotte per le diverse zone prese in esame al fine dell'individuazione e perimetrazione delle “Aree Suscettibili di Allagamento”.

Tutte le simulazioni sono state eseguite considerando tutti i dati, condizioni al contorno, parametri di calibrazione e opzioni di analisi viste in precedenza.

La variabile delle singole simulazioni sarà rappresentata dalle dimensioni della mesh di calcolo, scelta in funzione dell'estensione e della topografia dell'area stessa. La perimetrazione delle aree suscettibili di allagamento è stata eseguita prendendo in considerazione sia i risultati derivanti dalla simulazione idraulica che dalla conoscenza delle aree che effettivamente hanno mostrato criticità nel caso di eventi meteorici passati.

9.1. AREA NORD – OCCIDENTALE

La modellazione idraulica sull'area Nord - Occidentale è stata eseguita a partire dal DTM 2 x 2 sopra citato modellando tale livello nella parte urbana simulando la presenza degli edifici esistenti. Ai fini di una più semplice gestione delle singole simulazioni e un risparmio in termini di oneri computazionali, all'interno delle singole aree stati creati più domini di calcolo. I due domini sono stato discretizzati con un mesh di calcolo a maglia quadrata 7,00 x 7,00 m.

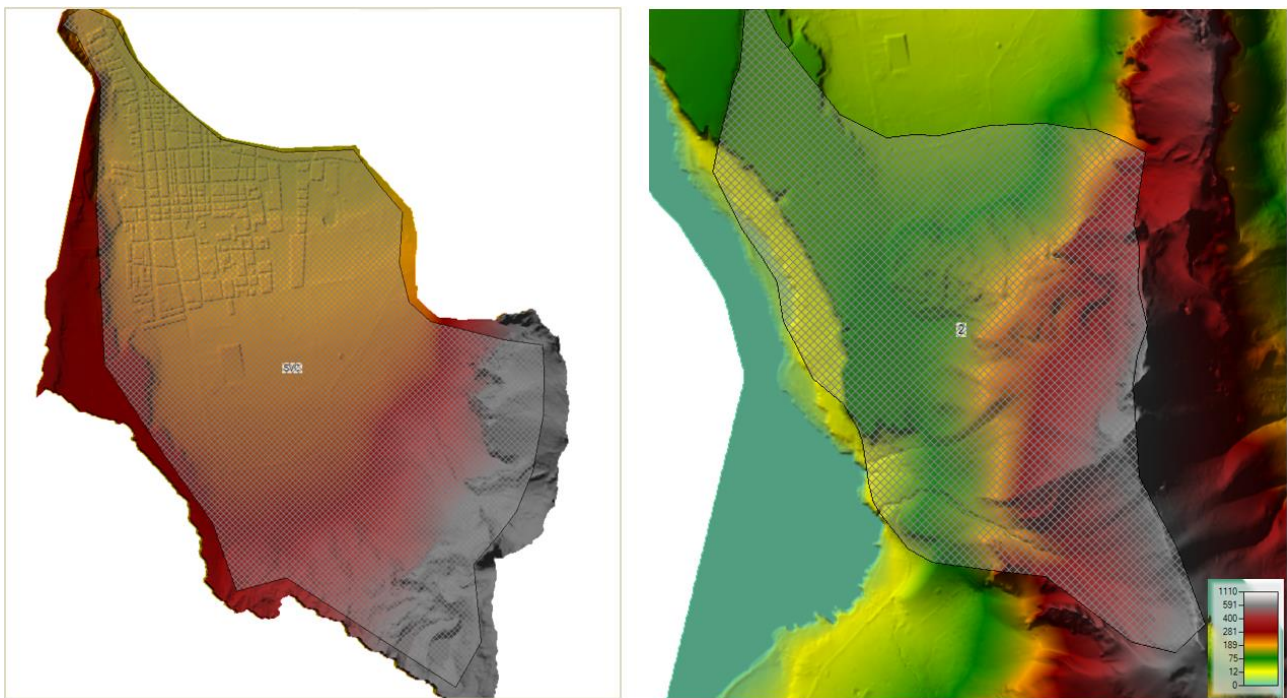


Fig. 45. Domini di calcolo – Area Nord - Occidentale

Di seguito si riportano i risultati della simulazione idraulica eseguita:

**“AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DEL COMUNE DI SAN VITO
LO CAPO PER LA REDAZIONE DEL PUG”
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**



Fig. 46. Ris. simulazione n°1 – Max Profile – Area Nord – Occidentale - [Tr = 50 anni]

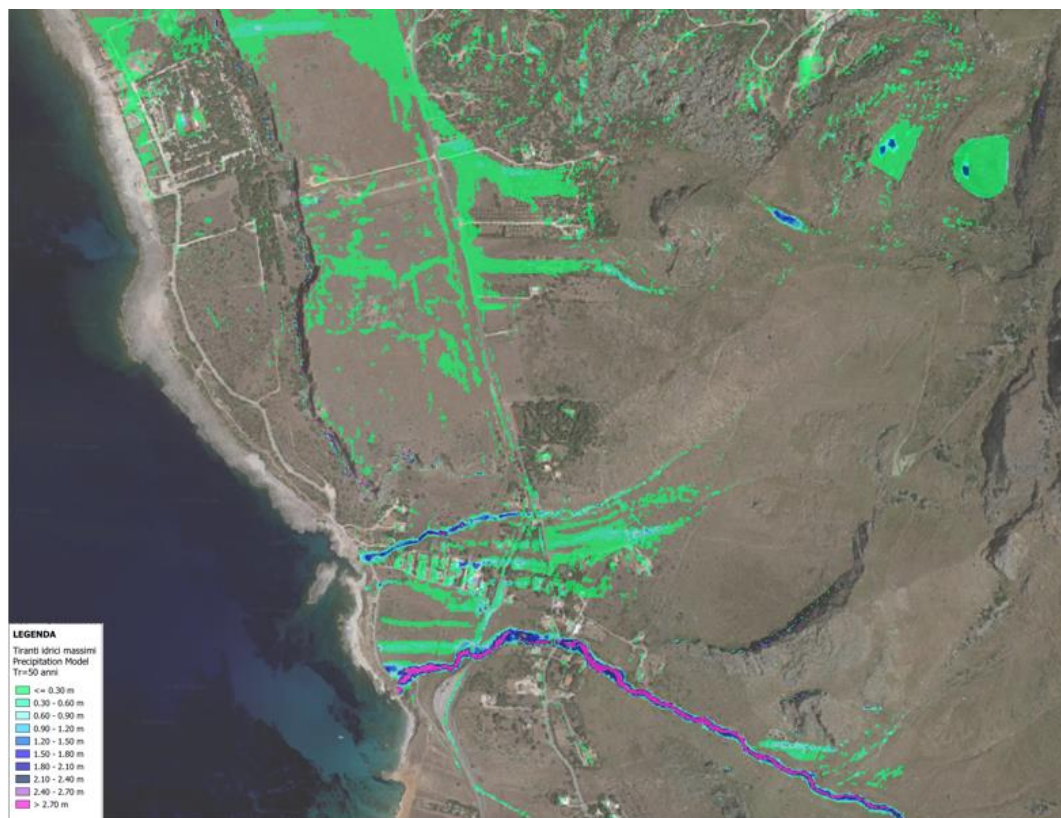


Fig. 47. Ris. simulazione n°2 – Max Profile – Area Nord – Occidentale [Tr = 50 anni]

Relativamente all'area urbana, si precisa che il modello idraulico realizzato non tiene conto del

funzionamento dell'attuale sistema di smaltimento delle acque meteoriche. La simulazione, per tali aree, mostra comunque tiranti, nel caso di un evento meteorico di tempo di ritorno pari a 50 anni, minori di 30 cm, generalmente inferiori ai 10-15 cm, con piccoli accumuli legati alle approssimazioni del DTM in area urbana. All'interno di tali aree non si evidenziano aree suscettibili di allegamento. I limitati accumuli derivanti dal modello di calcolo, indicano condizioni temporanee, limitate nel tempo, di riempimento (accumulo) e successivo svuotamento, che non comportano effetti apprezzabili in termini di rischio idraulico.

Relativamente alla seconda area di calcolo, la simulazione ha confermato la possibile presenza di fenomeni di insufficienza idraulica in corrispondenza dei punti critici già individuati nei capitoli precedenti e ricadenti in tali aree.



Fig. 48. Aree Suscettibili di Allagamento – [Tr = 50 anni] – Area Nord - Occidentale

Con riferimento ai punti critici n°3, 4, 5, i risultati mostrano tiranti compresi tra 1,00 e 2,00 metri nelle zone limitrofe all’incisioni fluviale. I risultati confermano, inoltre, la presenza di fenomeni di ruscellamento incontrollato e diffuso nella zona relativa al punto critico n°1. Dai risultati ottenuti, sono state perimetrate le aree che, nel caso di eventi meteorici zenitali con tempo di ritorno 50 anni, mostrano una certa tendenza ad allagarsi, siano essere limitrofe alle incisioni fluviali che non in aree sottomesse. **Nella figura precedente sono riportate le perimetrazioni delle Aree Suscettibili di Allagamento.**

9.2. AREA NORD – ORIENTALE

La modellazione idraulica relativa all’area Nord – Orientale, è stata realizzata con un domino di calcolo discretizzato, data l’estensione dell’area, con una mesh di calcolo a maglia quadrata 12,00 x 12,00 m.

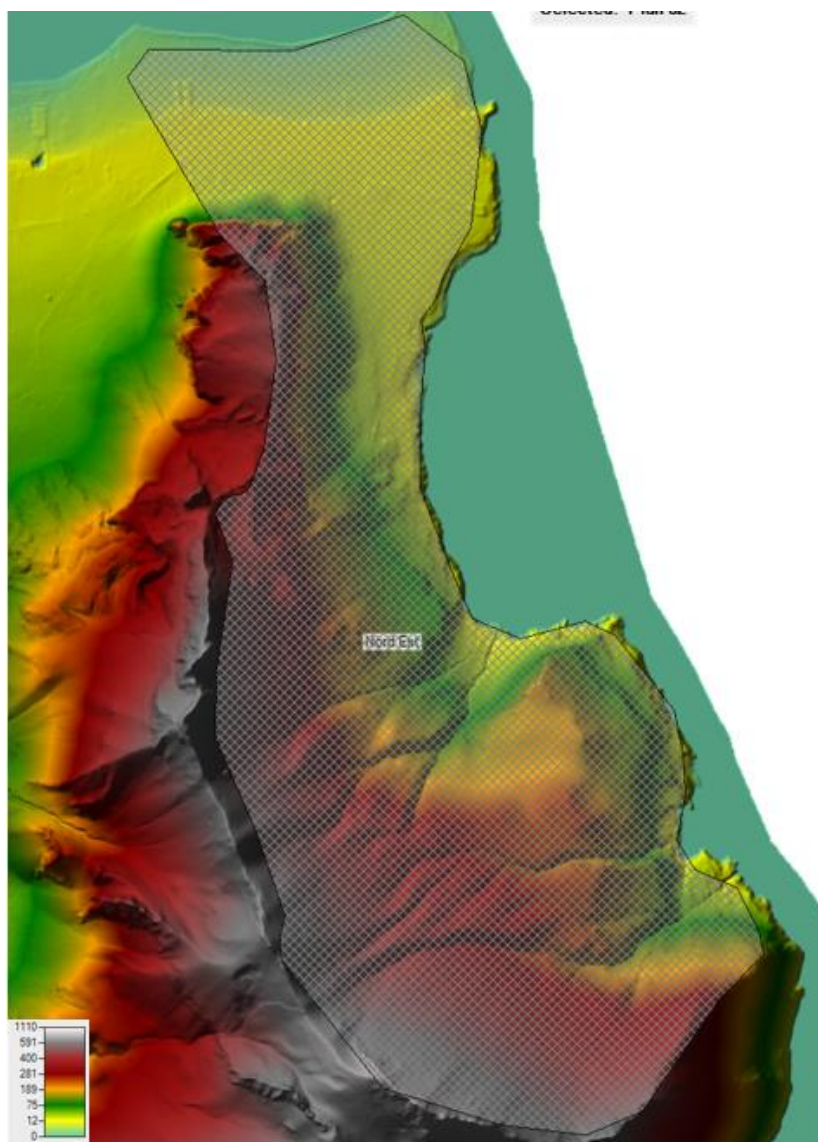


Fig. 49. Domini di calcolo – Area Nord - Orientale

**“AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO DI COMPATIBILITA’ IDRAULICA DEL COMUNE DI SAN VITO
LO CAPO PER LA REDAZIONE DEL PUG”
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

Di seguito si riportano i risultati della simulazione idraulica eseguita:



Fig. 50. Ris. simulazione n°1 – Max Profile – Area Nord – Orientale - [Tr = 50 anni]

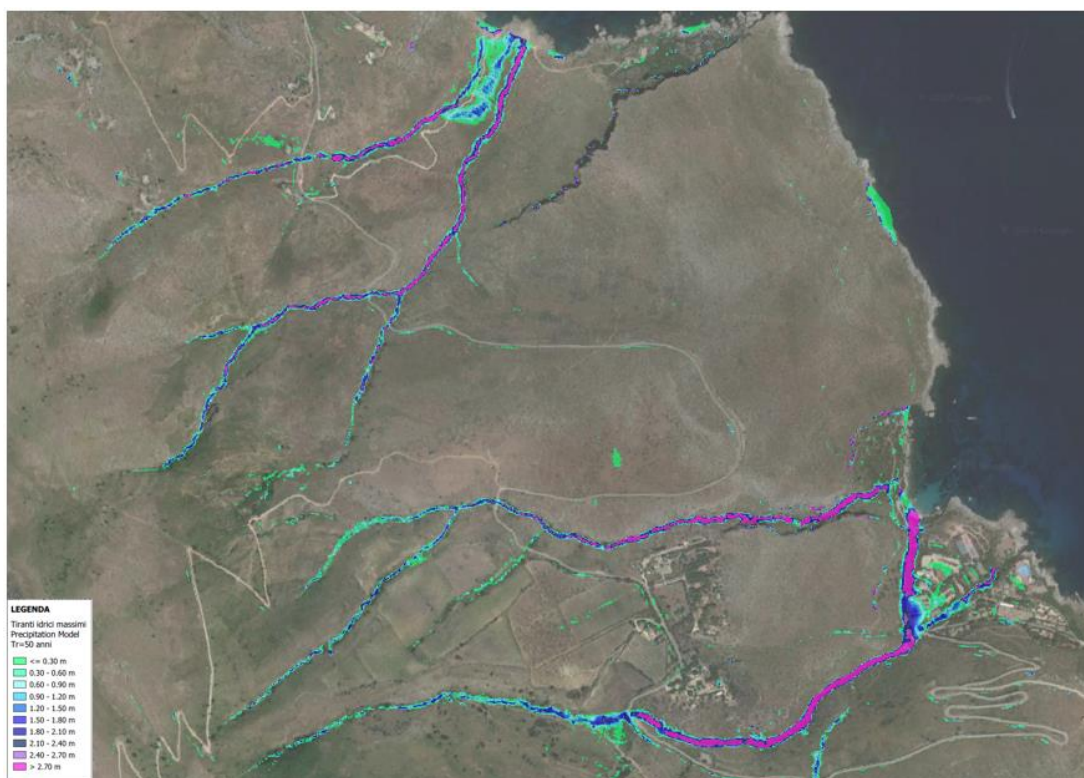


Fig. 51. Ris. simulazione n°2 – Max Profile – Area Nord – Orientale - [Tr = 50 anni]

La simulazione eseguita ha mostrato l'assenza di aree di allagamento nella punta Nord – Est dell'area comunale.

Relativamente alla parte più a Sud, la simulazione idraulica, evidenzia elevati tiranti idrici all'interno degli impluvi presenti nell'area con possibili fenomeni di esondazione nei tratti a monte degli attraversamenti con la strada provinciale e nei tratti terminali in cui la sezione risulta essere meno incisa. **Di seguito si riporta la perimetrazione delle Aree Suscettibili di Allagamento individuate.**



Fig. 52. Aree Suscettibili di Allagamento – [Tr = 50 anni] – Area Nord – Est

9.3. AREA CENTRO - OCCIDENTALE

La modellazione idraulica relativa all'area Occidentale è stata realizzata con un dominio di calcolo discretizzato con una mesh di calcolo a maglia quadrata 11,00 x 11,00 m.

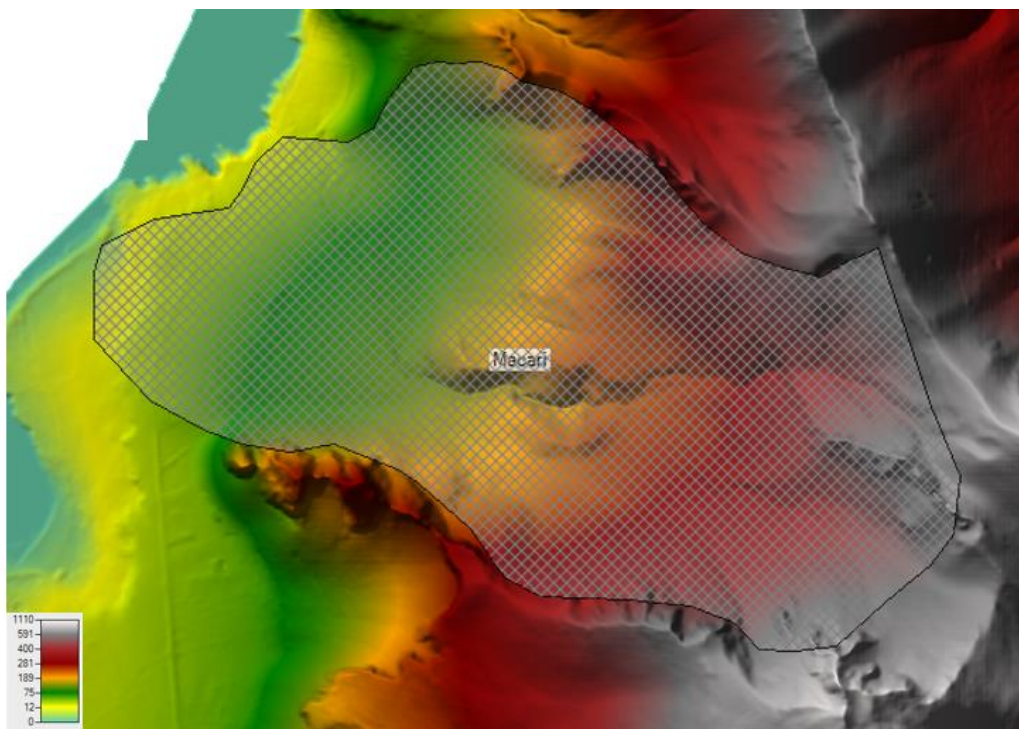


Fig. 53. Domini di calcolo n°1 – Area Occidentale (Frazione di Macari)

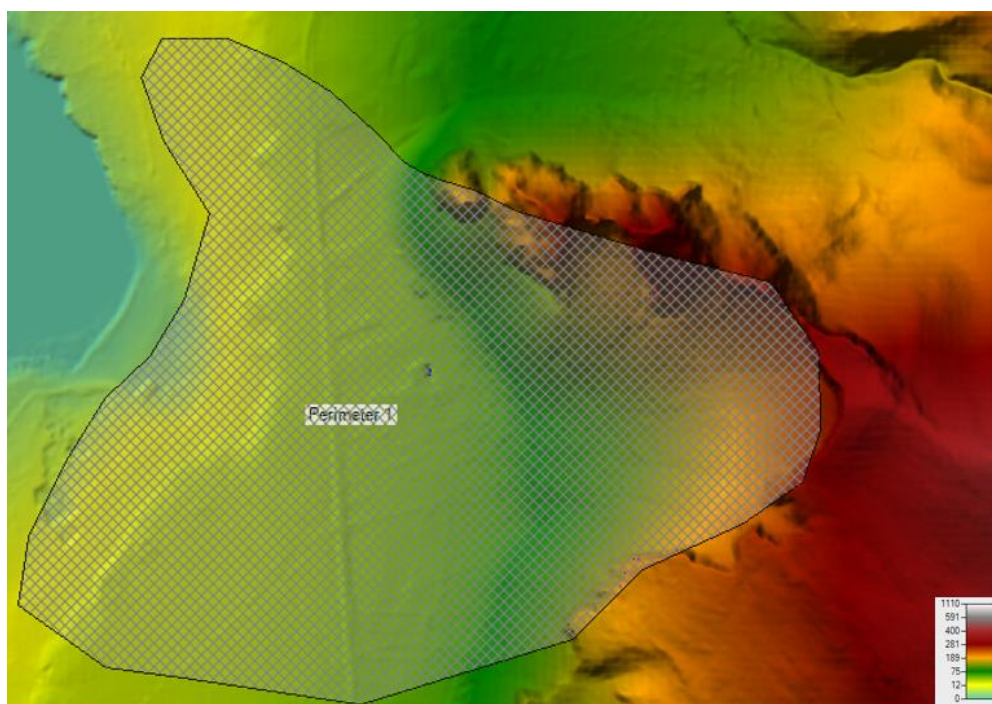


Fig. 54. Domini di calcolo n°2 – Area Occidentale

**“AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DEL COMUNE DI SAN VITO
LO CAPO PER LA REDAZIONE DEL PUG”
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

Di seguito si riportano i risultati della simulazione idraulica eseguita:



Fig. 55. Ris. simulazione n°1 – Max Profile – Area Ovest - [Tr = 50 anni]

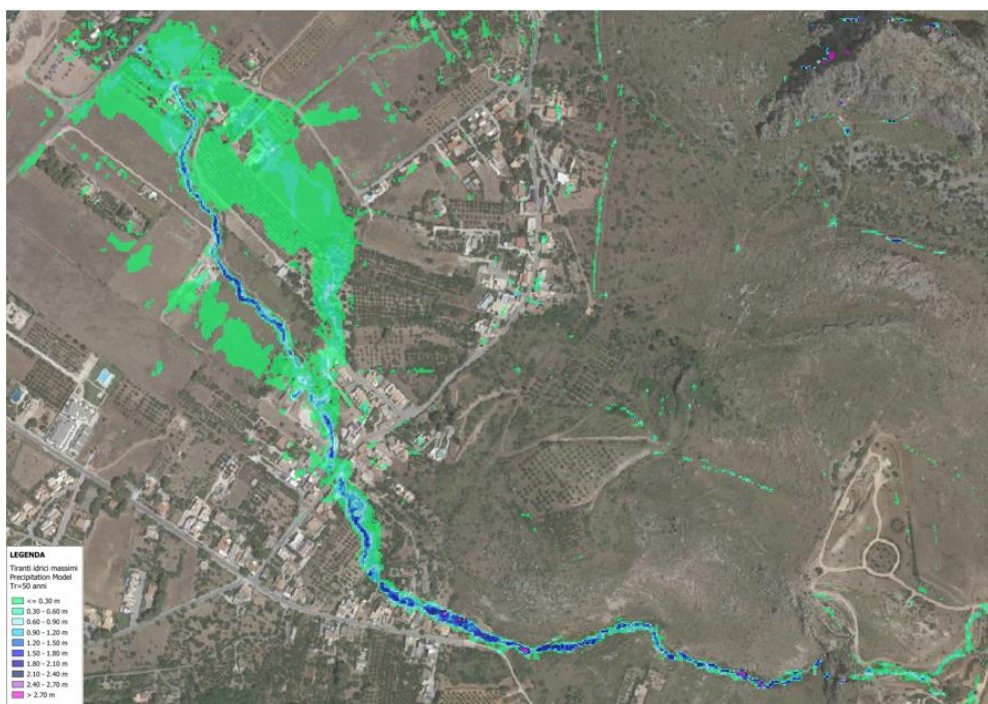


Fig. 56. Ris. simulazione n°2 – Max Profile – Area Ovest - [Tr = 50 anni]

**“AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DEL COMUNE DI SAN VITO
LO CAPO PER LA REDAZIONE DEL PUG”
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

La simulazione ha confermato la possibile presenza di fenomeni di insufficienza idraulica in corrispondenza dei punti critici già individuati nei capitoli precedenti. Con riferimento ai punti critici n°7, 8, 9 e 10 i risultati mostrano tiranti compresi tra 0,80 e 1,00 metri nelle zone limitrofe all'incisioni fluviale. **Di seguito si riporta la perimetrazione delle Aree Suscettibili di Allagamento individuate per tale area:**

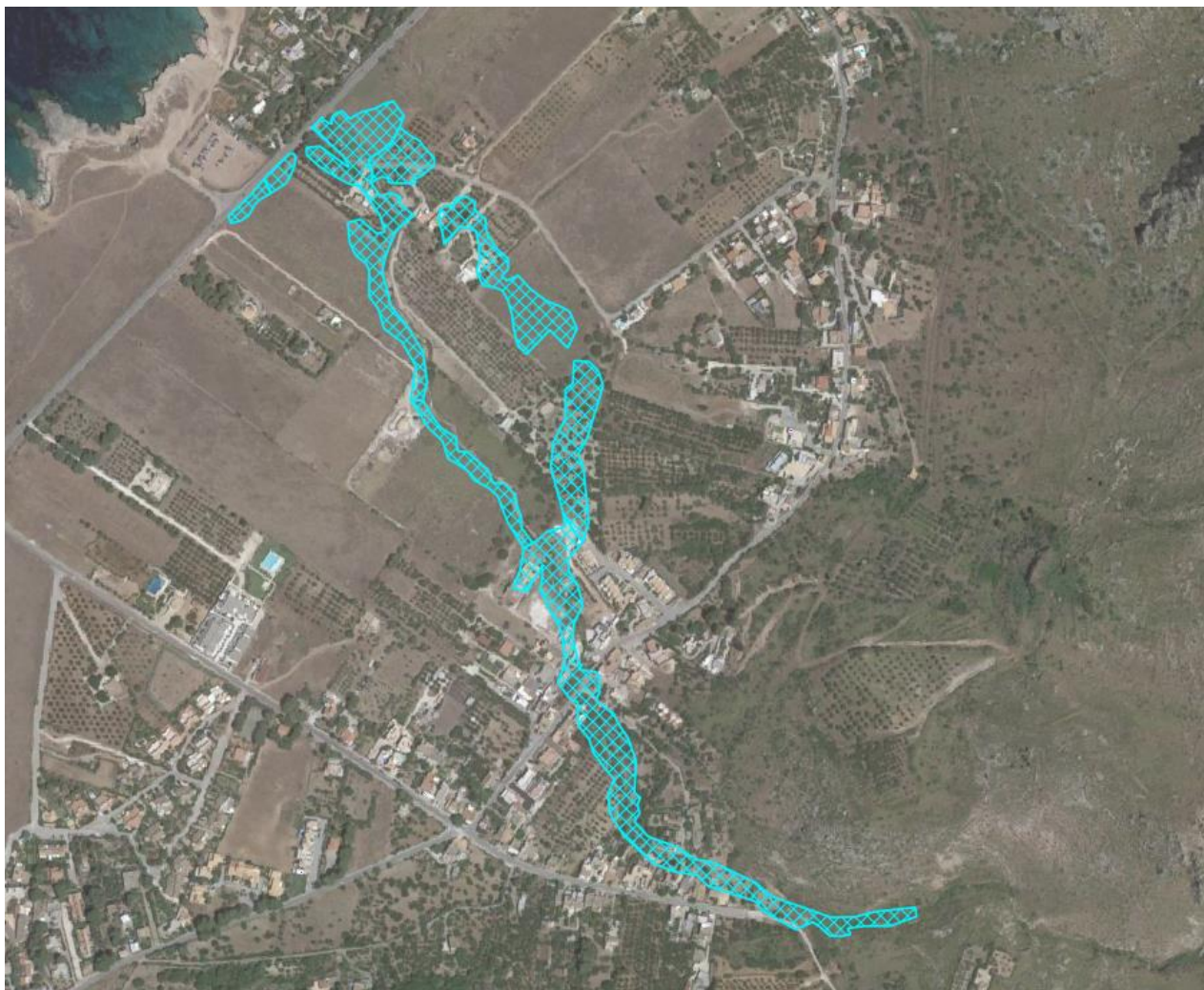


Fig. 57. Aree Suscettibili di Allagamento – [Tr = 50 anni] Area Ovest (Macari)

9.4. AREA SUD – ORIENTALE

La modellazione idraulica relativa all'area Sud - Orientale è stata realizzata con n°3 differenti domini di calcolo discretizzati con una mesh di calcolo a maglia quadrata 10,00 x 10,00 m.

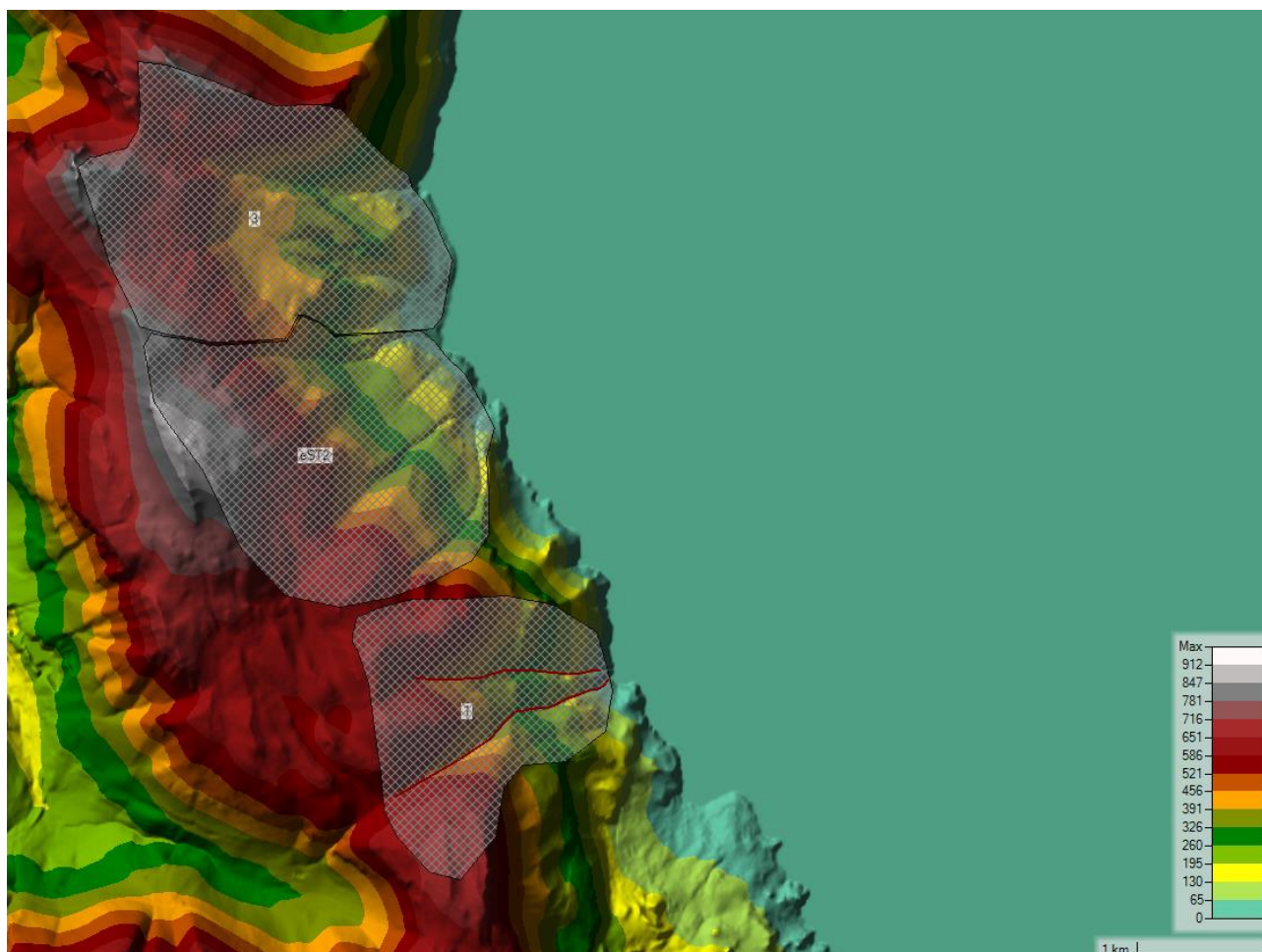


Fig. 58. Domini di calcolo – Area Sud Orientale

La simulazione idraulica condotta per tale area non ha evidenziato alcun fenomeno di allagamento nella zona.

Di seguito si riportano i risultati della simulazione idraulica eseguita:

**“AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DEL COMUNE DI SAN VITO
LO CAPO PER LA REDAZIONE DEL PUG”
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

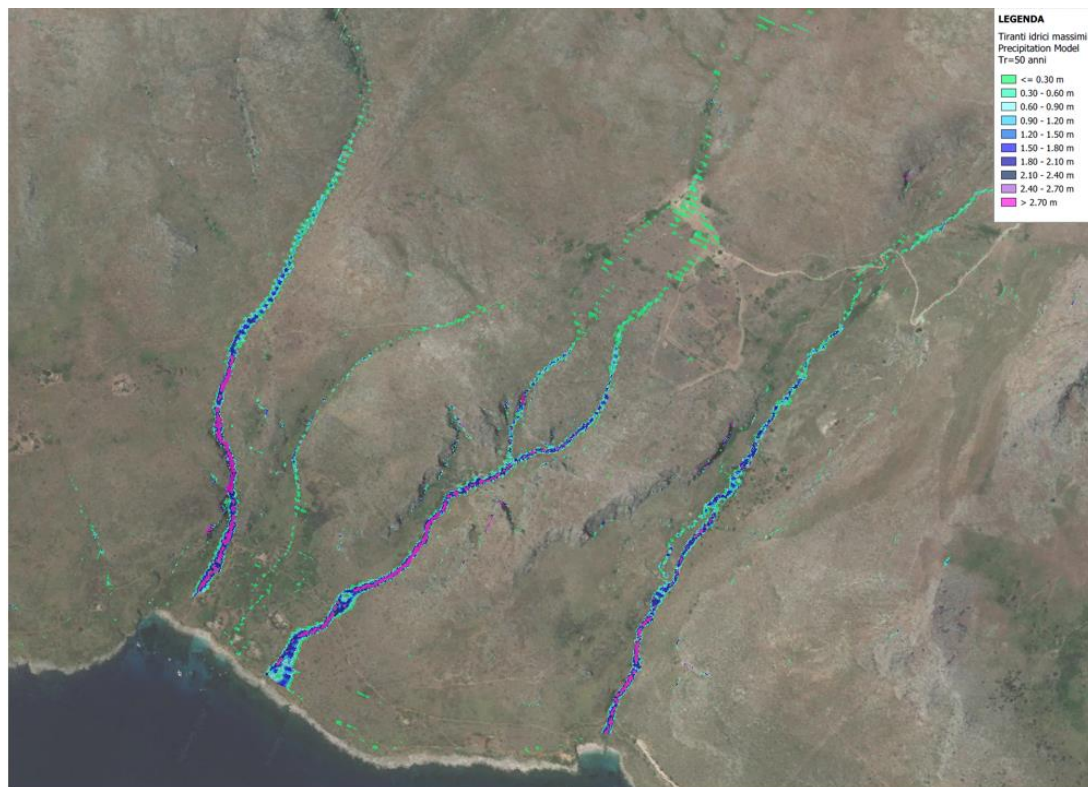


Fig. 59. Ris. simulazione n°1 – Max Profile – Area Sud Est - Precipitation Model [Tr = 50 anni]

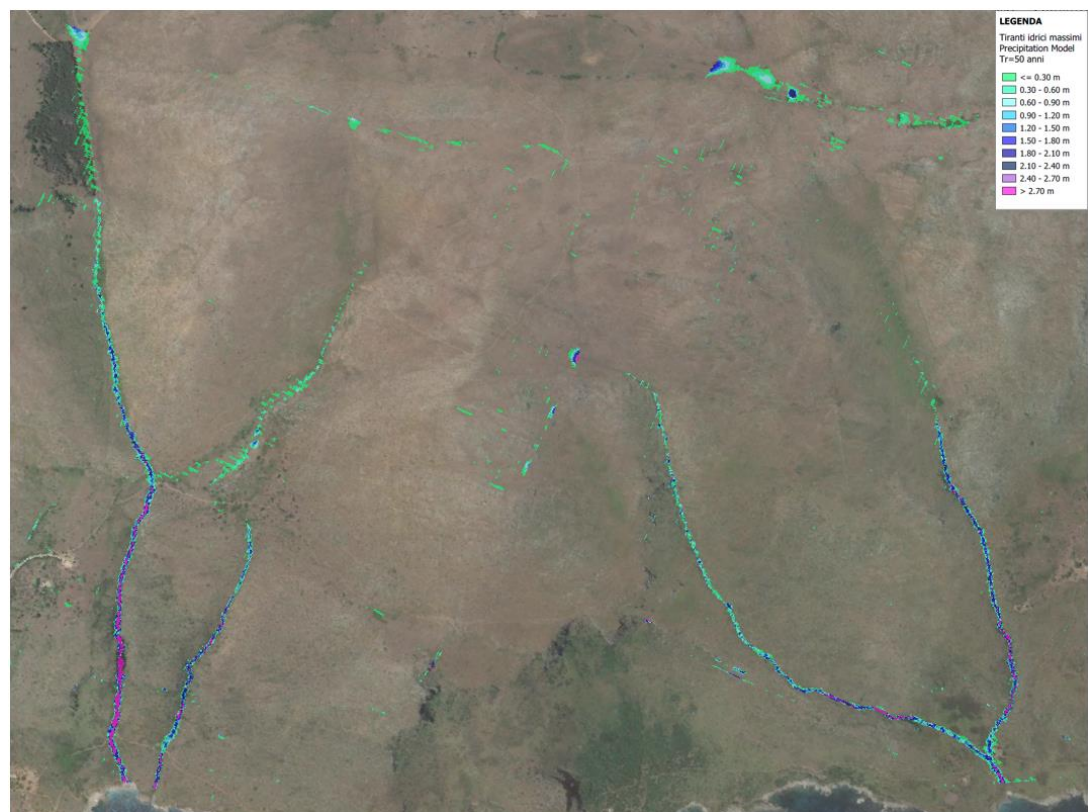


Fig. 60. Ris. simulazione n°2 – Max Profile – Area Sud Est – [Tr = 50 anni]

9.5. AREA SUD – OCCIDENTALE

Come già ribadito la simulazione idraulica per tale area è stata eseguita accoppiando un modello di sola pioggia ad un modello classico di propagazione di un idrogramma di piena all’interno dell’incisione fluviale esistente nella zona.

Tale metodologia è stata applicata attraverso l’inserimento di una condizione al contorno applicata alla 2D Flow area ed una condizione al contorno applicata alla “boundary condition line” di monte.

Il dominio di calcolo considerato è stato opportunamente discretizzato con una mesh di calcolo a maglia quadrata 10,00 x 10,00 m.

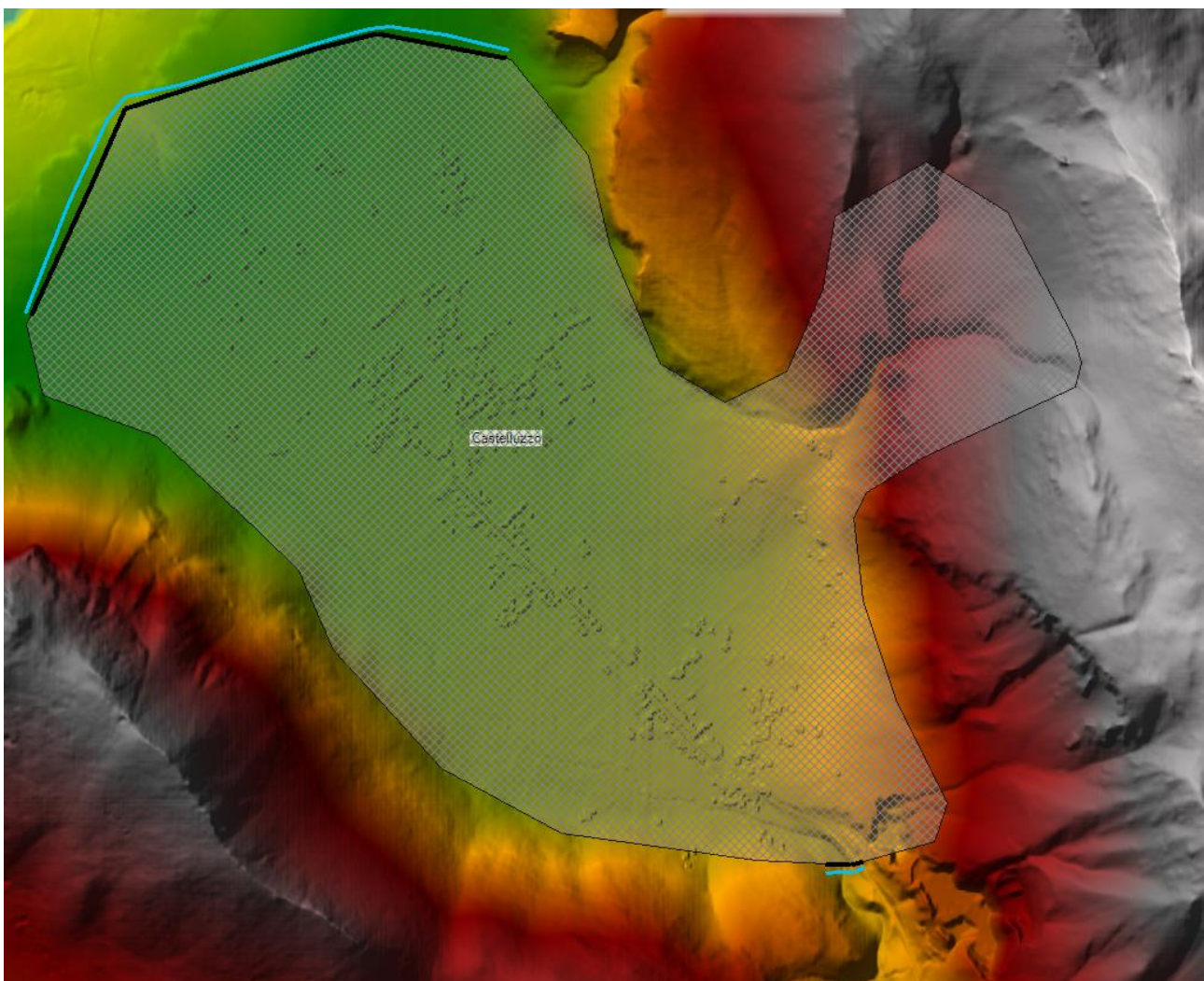


Fig. 61. Domini di calcolo – Area Sud – Occidentale [Frazione di Castelluzzo]

Di seguito si riportano i risultati della modellazione eseguita:

**“AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DEL COMUNE DI SAN VITO
LO CAPO PER LA REDAZIONE DEL PUG”
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

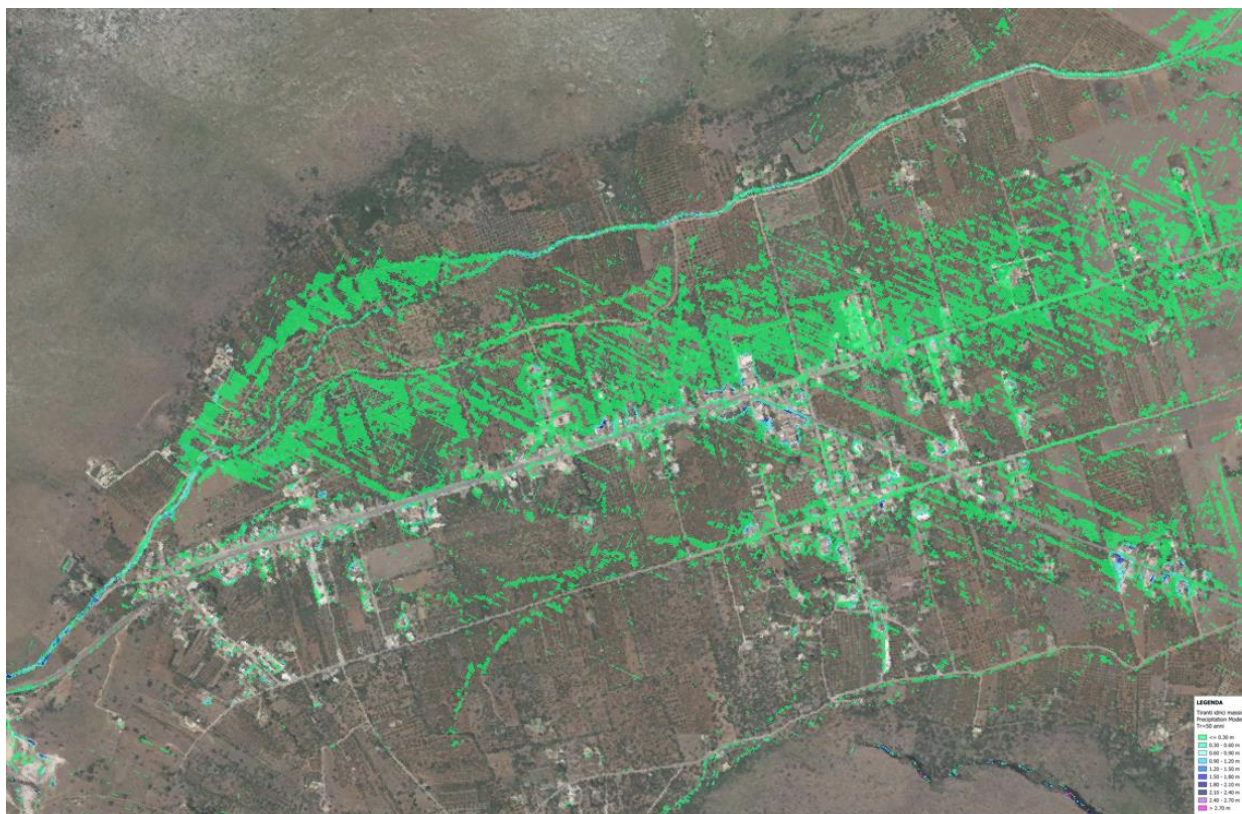


Fig. 62. Ris. simulazione – Max Profile – Area Sud Occidentale - Castelluzzo [Tr = 50 anni]

La simulazione eseguita evidenzia un tratto di possibile insufficienza idraulica in corrispondenza degli attraversamenti già individuati al capitolo precedente. Nelle restanti aree si ha la presenza di tiranti idrici minori di 30 cm. Di seguito si riporta la perimetrazione delle Aree Suscettibili di Allagamento individuate per tale area:



Fig. 63. Aree Suscettibili di Allagamento – Area Sud Occidentale - [Tr = 50 anni]

10. CONCLUSIONI

Il presente studio idrologico e idraulico è stato redatto nell'ambito della Prima Fase dell'**aggiornamento dello studio di compatibilità idraulica per la redazione del PUG del comune di San Vito Lo Capo (TP)**".

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 livello di approfondimento ed è stato redatto allo scopo di individuare e perimetrare le possibili **“aree suscettibili di allagamento”**.

In relazione alla specificità del territorio esaminato, le analisi e le modellazioni idrologiche e idrauliche sono state effettuate

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 evidenziato una ridotta presenza di aree classificabili come **“aree suscettibili di allagamento”**. Tali aree si concentrano principalmente nella parte centro occidentale del territorio comunale (frazioni di Macari e Castelluzzo) ed in piccola parte sul versante orientale in corrispondenza di alcuni attraversamenti stradali della SP 63.

I risultati ottenuti, unitamente all'assenza di aree a pericolosità idraulica o siti d'attenzione mappate nel P.A.I., sono indicatori del fatto che l'area comunale, ad eccezione di alcuni punti isolati, non mostra evidenti problemi di natura idraulica.

Le zone individuate in questa prima fase di studio, e classificate 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 previsti dagli strumenti urbanistici di pianificazione.