



## AGROVOLTAICO CELENTANO

### PROGETTO DEFINITIVO

**Autorizzazione Unica ai sensi del D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 per un impianto agrovoltaiico di superficie pari a 126 ha costituito da oliveto superintensivo, piante officinali, asparagiaia e apicoltura integrati ad un impianto fotovoltaico con tracker monoassiali (78,2 MWp) sito in località Celentano nel Comune di San Severo (FG)**

CODICE ELABORATO:

A.4

TITOLO ELABORATO:

STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO

SCALA:

-

FORMATO:

A4

PROPONENTE:

**SIRINO SOLAR ITALY S.R.L.**  
Via Guido d'Arezzo 15 - 20145 Milano  
C.F. e P.IVA 10813400966 -  
sirinosolar@legalmail.it

AMMINISTRATORI

Lopez Francesch Jordi  
Lawrence Stephen Scott

PROGETTISTA:



Via S. Francesco - Parco Valentino C/3  
74011 Castellaneta (TA)  
P.I. 03031400736

Tel. 3284710530 - 3203372247

email geosolutionsrl@gmail.com - PEC: geosolutionsrl@pec.it

Geologo  
Donato PERNIOLA  
Iscritto all'Ordine Dei Geologi della Puglia n. 565



REV.	DATA	STATO	PREPARATO	RIESAMINATO	APPROVATO
00	06-06-2022	PRIMA EMISSIONE	Geol. Donato PERNIOLA	Geol. Donato PERNIOLA	Geol. Donato PERNIOLA

Questo documento o parte di esso non può essere riprodotto, salvato, trasmesso, riutilizzato in altri progetti in alcuna forma sia essa elettronica, meccanica, fotografica senza la preventiva autorizzazione di Studio Santi srl. Le informazioni contenute nel presente documento sono da intendersi valide limitatamente all'oggetto del documento stesso. Altre informazioni sono da ritenersi non valide ai fini dell'esecuzione. Le informazioni riportate nel presente documento non sono da intendersi "shop drawing" e pertanto l'esecutore delle opere dovrà verificare in campo quanto necessario per l'acquisto dei materiali.

## **INDICE**

1	PREMESSA .....	2
2	INQUADRAMENTO NORMATIVO.....	3
3	DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO .....	4
4	AREA OGGETTO DI INDAGINE .....	8
5	PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO .....	10
6	ANALISI IDROLOGICA .....	12
6.1	RETICOLO DI STUDIO .....	12
6.2	CARATTERI GEOLOGICI DEI BACINI.....	13
6.3	CARATTERI MORFOLOGICI DEI BACINI.....	15
6.4	TEMPI DI CORRIVAZIONE .....	18
6.5	DETERMINAZIONE C.P.P. ....	19
6.6	CALCOLO PORTATA DI MASSIMA PIENA.....	20
6.6.1	METODO VAPI PUGLIA .....	20
6.6.2	CALCOLO PORTATA CON ANALISI STATISTICA DELLE PRECIPITAZIONI REGISTRATE DALLE STAZIONI.....	22
6.6.2.1	IL MODELLO PROBABILISTICO DI GEV O DISTRIBUZIONE GENERALIZZATA DEL VALORE ESTREMO .....	38
6.6.2.2	GEOSTATISTICA ED INTERPOLAZIONE SPAZIALE .....	39
6.6.2.3	STIMA DEI PARAMETRI DEL MODELLO.....	41
7	ANALISI IDRAULICA - DELLO STATO DI FATTO .....	46
7.1	TEORIA DEL MODELLO IDRAULICO .....	46
7.2	APPLICAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO .....	49
7.2.1	GEOMETRIA DEL MODELLO .....	49
7.3	RISULTATI .....	50
8	APPENDICE (SCHEDE DI RILEVAMENTO PONTI-TOMBINI) .....	55
9	CONCLUSIONI .....	70

## **1 PREMESSA**

Con la presente relazione idrologica si intende studiare il deflusso delle acque meteoriche, superficiali di un reticolo in linea con le NTA del PAI dell'Autorità di Bacino della Regione Puglia.

Il progetto prevede la realizzazione di un parco fotovoltaico "agrovoltaico Celentano" per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (solare), avente potenza di picco nominale dell'impianto è dunque pari a 78,2 MWp, unitamente a tutte le opere di connessione alla Rete di Distribuzione, ossia cavidotto AT di collegamento alla stazione Terna Rignano S.Severo sud, praticamente interrato (circa 4,115 km) nonché delle opere accessorie (strade, recinzioni, cabine elettriche) all'interno delle aree in cui è realizzato l'impianto.

## 2 INQUADRAMENTO NORMATIVO

La Legge n. 183/1989 sulla difesa del suolo ha introdotto la definizione di bacino idrografico inteso come "il territorio dal quale le acque pluviali o di fusione delle nevi e dei ghiacciai, defluendo in superficie, si raccolgono in un determinato corso d'acqua direttamente o a mezzo di affluenti; nonché il territorio che può essere allagato dalle acque del medesimo corso d'acqua, ivi compresi i suoi rami terminali con le foci in mare ed il litorale marittimo prospiciente".

Il bacino idrografico viene gestito con il Piano di Bacino ai sensi dell'art. 17 della Legge 18 maggio 1989, n° 183 l'Autorità di Bacino della Puglia, con Delibera del Comitato Istituzionale n. 39 del 30.11.2005, ha approvato il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), Piano Stralcio del Piano di bacino.

Il PAI ha l'obiettivo di migliorare le condizioni di regime idraulico e della stabilità dei versanti ed consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso,

Il PAI (art. 4), in relazione alle condizioni idrauliche, alla tutela dell'ambiente e alla prevenzione di presumibili effetti dannosi prodotti da interventi antropici, disciplina le aree di cui agli artt. 6, 7, 8, 9 e 10.

In particolare, le aree di cui sopra sono definite:

- Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali (art. 6);
- Aree ad alta pericolosità idraulica (A.P.) (art. 7);
- Aree a media pericolosità idraulica (M.P.) (art. 8);
- Aree a bassa pericolosità idraulica (B.P.) (art. 9);
- Fasce di pertinenza fluviale (art. 10).

le aree a diversa pericolosità idraulica alta (AP), media (MP), e bassa (BP), sono soggette agli artt. 7, 8 e 9, mentre i buffer dei reticoli 75m (art. 6) e ulteriori 75m (art. 10)".

### **3 DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO**

Il progetto prevede la realizzazione di un parco fotovoltaico "agrovoltaiico Celentano" per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (solare), avente potenza di picco nominale dell'impianto è dunque pari a 78,2 MWp, unitamente a tutte le opere di connessione alla Rete di Distribuzione, ossia cavidotto AT di collegamento alla stazione Terna Rignano S. Severo sud, praticamente interrato (circa 4,115 km) nonché delle opere accessorie (strade, recinzioni, cabine elettriche) all'interno delle aree in cui è realizzato l'impianto.

Il progetto di realizzazione dell'impianto fotovoltaico prevede come sito di installazione l'area situata nel Comune di San Severo (FG), a sud del centro abitato, ad una distanza di circa 13 km da esso.

Il progetto si sviluppa su una superficie totale di circa 126 ha caratterizzata da un'orografia pianeggiante, ideale per l'installazione degli inseguitori a sostegno dei moduli fotovoltaici.

Le coordinate geografiche dell'impianto sono le seguenti:

<b>coordinate geografiche wgs 84 fuso 33</b>	
<b>Latitudine</b>	<b>41°34'10.1"N</b>
Longitudine	15°24'07.0"E
Quota media s.l.m.	65 m

Le particelle catastali interessate dal progetto sono le seguenti:

<b>Foglio</b>	<b>Particella</b>	<b>Superficie</b>		
		<b>ha</b>	<b>a</b>	<b>ca</b>
128	277	0	73	00
	278	10	10	00
	279	62	44	35
	280	53	06	96
<b>Totale</b>		<b>126</b>	<b>34</b>	<b>31</b>

Il progetto AGROVOLTAICO CELENTANO prevede una totale integrazione fra la destinazione agricola dell'area e la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile.

Nello specifico sono completamente integrate con la produzione di energia le seguenti produzioni agricole:

- Asparagiaia (circa 29 ha)
- Piante officinali e apicoltura (circa 78 ha)
- Oliveto superintensivo (intero perimetro dell'impianto + 10 ha esclusivamente dedicati)

L'accesso al sito avviene dalla SP20 per proseguire poi per ulteriori totali 1,3 km su viabilità interna esistente pavimentata in inerte misto granulare (0,4 km), dunque su un tratto di piste già esistenti per mezzi agricoli, adeguate tramite posa di inerte misto granulare coerente con i tratti esistenti (0,9 km, corrispondente con il percorso dell'elettrodotto interrato AT), per giungere poi all'ingresso del sito.

Sia la viabilità di accesso al sito (per la parte di nuova realizzazione) che la viabilità interna al sito verranno realizzate in maniera tale da garantire la portanza sufficiente per il transito dei mezzi anche in caso di maltempo (salvo neve e/o ghiaccio) ottenibile mediante la formazione di una massicciata o inghiaatura ed attraverso il costipamento dello strato costituito da granulare misto stabilizzato con macchine idonee. Si esclude qualsiasi tipo di asfaltatura e/o bitumatura.

All'interno dell'impianto è prevista la realizzazione di una viabilità perimetrale e di raccordo dei filari di pannelli, esclusa al traffico civile, comunque percorribile anche da autovetture ed utilizzata anche per la fase di cantiere.

Data la debole intensità del traffico, la velocità modesta dello stesso e la quasi unidirezionalità dei flussi, la strada in progetto sarà ad un'unica carreggiata, contenuta nel minimo necessario ad assicurare il transito in sicurezza dei veicoli e ne sarà assicurata la continua manutenzione. Tale disponibilità di una rete viabile adeguata alle necessità dei lavori costituisce premessa irrinunciabile per lo svolgimento degli stessi e per le successive opere di manutenzione ordinaria che dovranno effettuarsi negli anni successivi alla realizzazione dell'investimento. Contestualmente all'installazione dell'impianto fotovoltaico in progetto si prevede la realizzazione di una recinzione lungo il perimetro dell'area adibita a impianto allo scopo di proteggere lo stesso. Tale recinzione non presenterà cordoli di fondazione posti alla base, ma si procederà

solo con la sola infissione dei pali a sostegno, ad eccezione delle aree di accesso in cui sono presenti dei pilastri a sostegno della cancellata.

Le opere di recinzione e mitigazione a verde saranno particolarmente curate come riportato negli specifici allegati.

La recinzione verrà realizzata ai confini dei lotti, dietro di essa è presente la viabilità interna perimetrale e la fascia alberata di schermatura composta da olivi in coltivazione superintensiva, come approfondito negli specifici elaborati, al fine di costituire una barriera viva per un miglior inserimento paesaggistico dell'impianto.

L'impianto fotovoltaico è costituito da 122.235 moduli fotovoltaici bifacciali in silicio monocristallino di potenza 640 Wp/cad; la potenza di picco nominale dell'impianto è dunque pari a 78,2 MWp.

I moduli sono montati con schema 1V (1 modulo orientato verticalmente) su inseguitori monoassiali orientati nord-sud, in modo tale da garantire una produzione ottimale. Il sistema di inseguimento è realizzato mediante telai ancorati al suolo tramite pali ad infissione diretta attraverso macchina battipali, senza la realizzazione di fondazioni superficiali in calcestruzzo o altro tipo di lavorazioni impattanti sull'ambiente.

I telai di sostegno, realizzati in acciaio e alluminio, sono in grado di sostenere 58 oppure 29 moduli fotovoltaici a seconda della geometria: sono previsti infatti n. 2 tipologie diverse di inseguitori per ottimizzare al meglio la distribuzione geometrica dei moduli.

L'interasse fra gli inseguitori è fissato in 5,60 m: in questo modo lo spazio libero fra i moduli fotovoltaici varia da un minimo di 3,22 m (nel caso di moduli perfettamente orizzontali) a un massimo di 4,26 m (nel caso di moduli alla massima inclinazione di 55°): tale spazio consente di effettuare le lavorazioni agricole previste dal piano agronomico e non inficia in alcun modo l'attività agricola dal punto di vista della produttività.

Il tracker è in grado di orientare i moduli in un range che va da +/- 55°. I singoli tracker sono dotati di un PLC in grado di orientarsi autonomamente, basandosi su orologio astronomico, oltre ad essere programmato con un software in grado di ottimizzare gli ombreggiamenti reciproci dei tracker, tipicamente la mattina e la sera.

## 4 AREA OGGETTO DI INDAGINE

L'area di intervento e la linea elettrica sono all'interno del comune di S. Severo(FG).

L'area di intervento intercetta aree a bassa pericolosità idraulica , mentre la linea elettrica incrocia aree ad alta, media e bassa pericolosità.

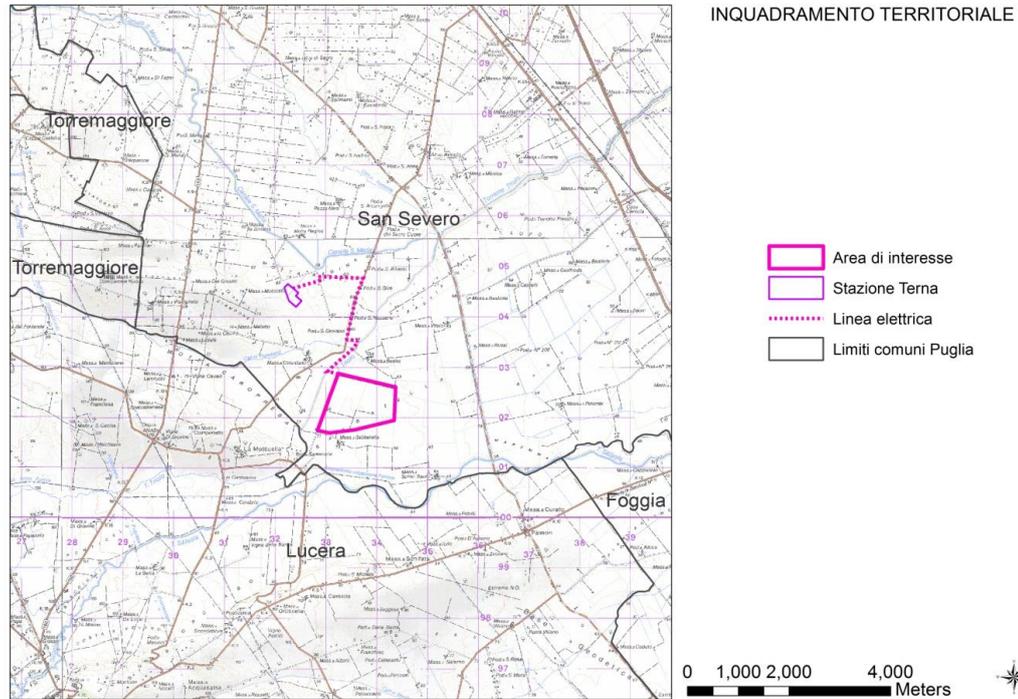


Figura 1 inquadramento territoriale su IGM 50K

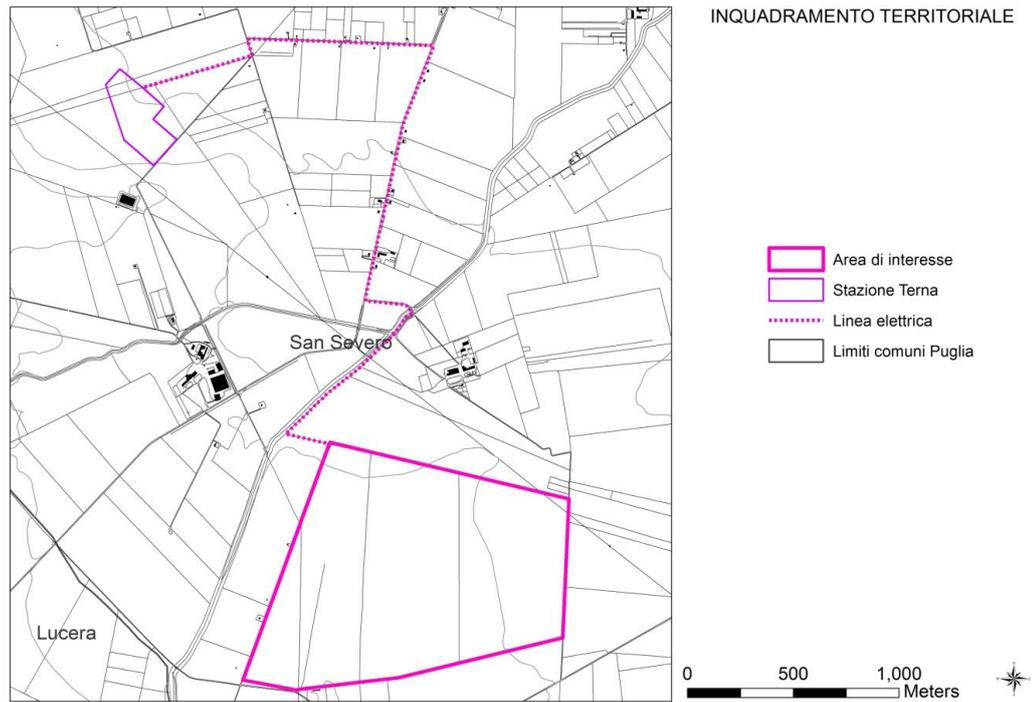


Figura 2 inquadramento territoriale su CTR

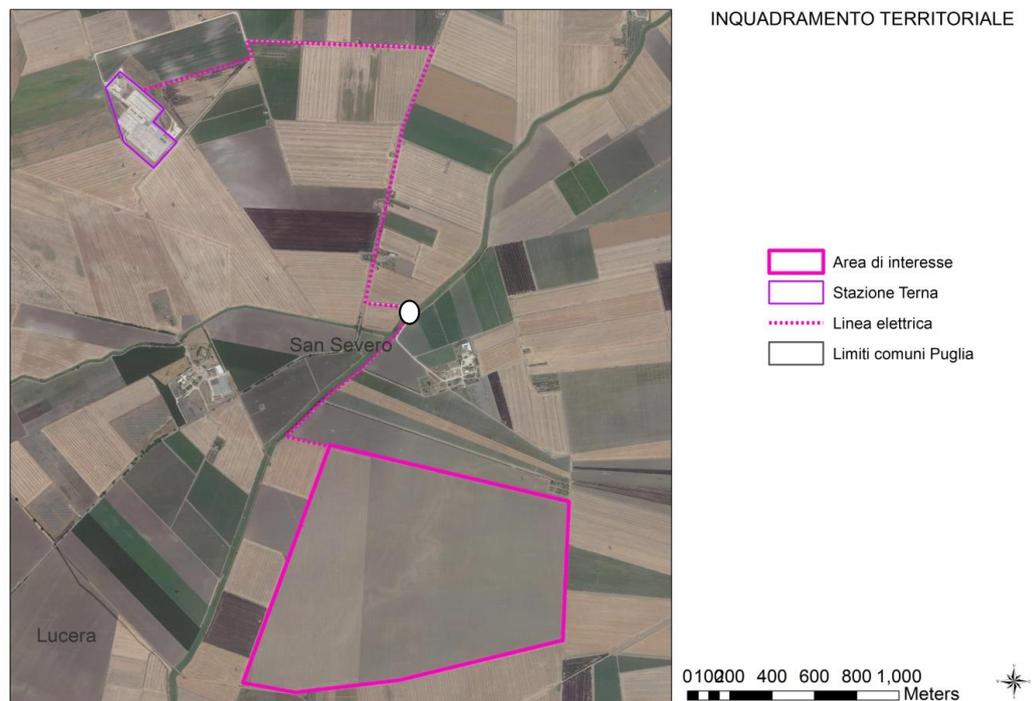


Figura 3 inquadramento territoriale su ortofoto

## 5 PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

Con specifico riferimento alla cartografia allegata al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Puglia (P.A.I.) si rileva che l'area d'intervento:

- è classificata a pericolosità idraulica;
- non è classificata a pericolosità geomorfologica;
- è classificata "a rischio" idraulico;

Inoltre, la linea elettrica intercetta aree a pericolosità e rischio idraulico;

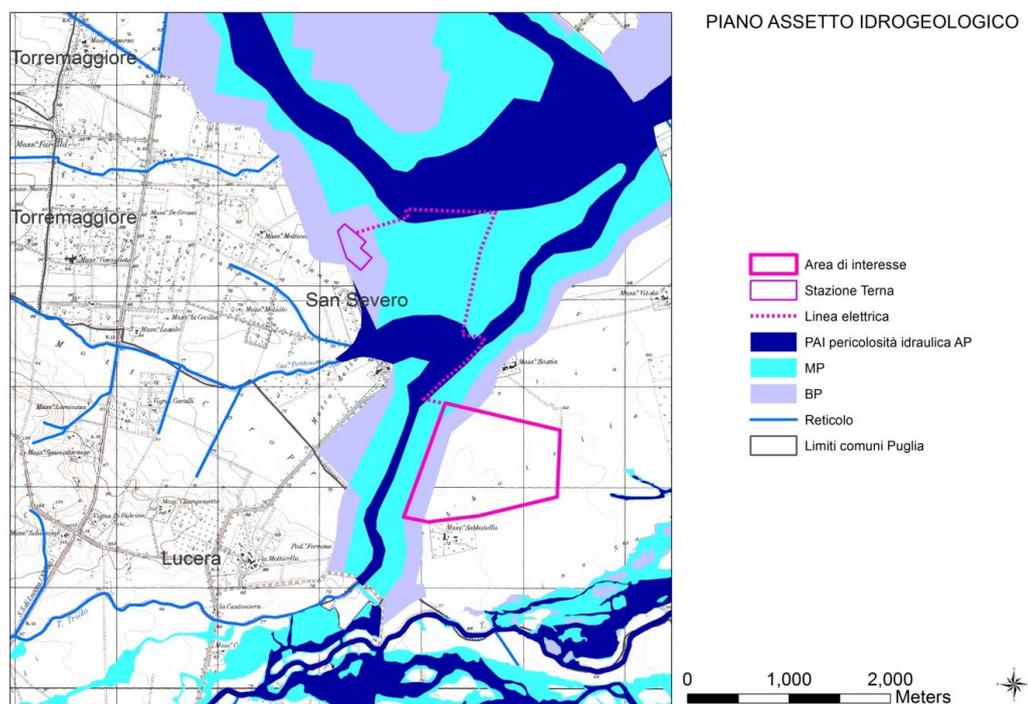


Figura 4 PAI pericolosità idraulica

**CARTA GEOMORFOLOGICA ADB PUGLIA**

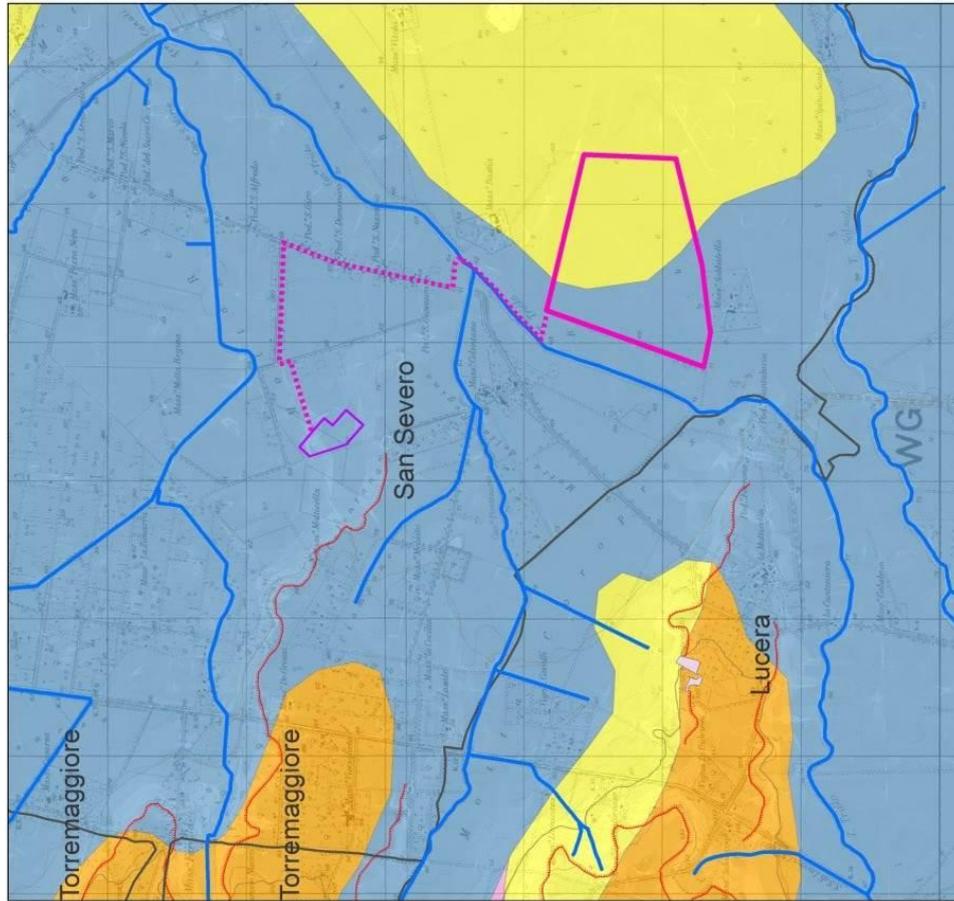


Figura 5 Carta geomorfologica ADB

## 6 ANALISI IDROLOGICA

### 6.1 RETICOLO DI STUDIO

Il reticolo oggetto di studio è il seguente

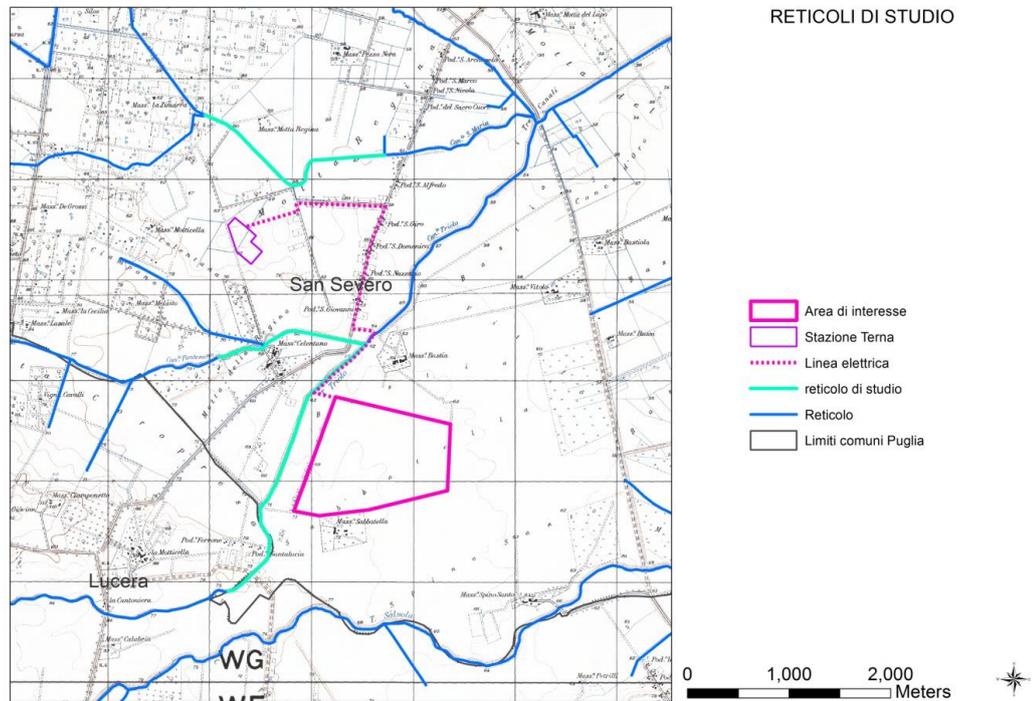


Figura 6 reticolo di studio

## 6.2 CARATTERI GEOLOGICI DEI BACINI

L'area oggetto di studio è ubicata nel comune di S.Severo in territorio pianeggiante.

Dal punto di vista geologico il bacino oggetto di studio è caratterizzato dalle seguenti classi:

DESCRIZIONE
Alluvioni limoso-sabbiose
Arenarie quarzose, sabbie, sabbie argillose, argille siltose
Argille di Montenesco
Argille ed argille marnose grigio-azzurre
Argilliti varicolori
Ciottolame con elementi di medie e grandi dimensioni
Ciottolame incoerente con intercalazioni sabbiose
Coperture fluvio-lacustri
Crostoni calcarei
Depositi fluviali terrazzati
Detriti di falda e frane
Formazione della Daunia
Sabbie giallastre
Terre nere di fondi palustri

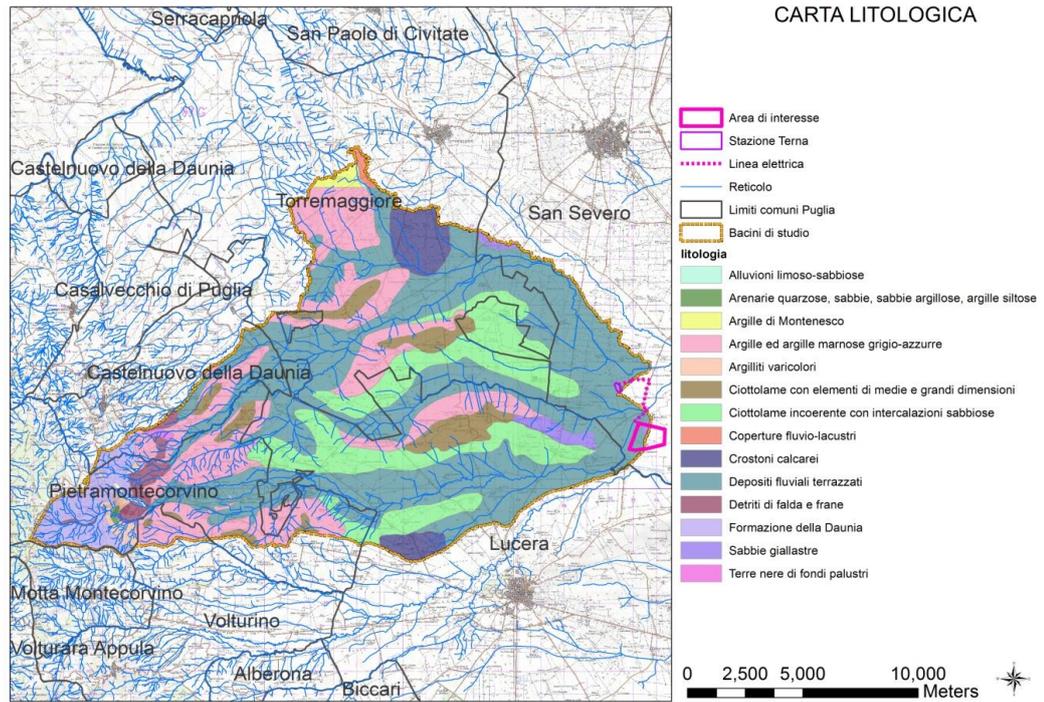


Figura 7 carta litologica

Le classi di permeabilità dei litotipi sono di seguito rappresentate

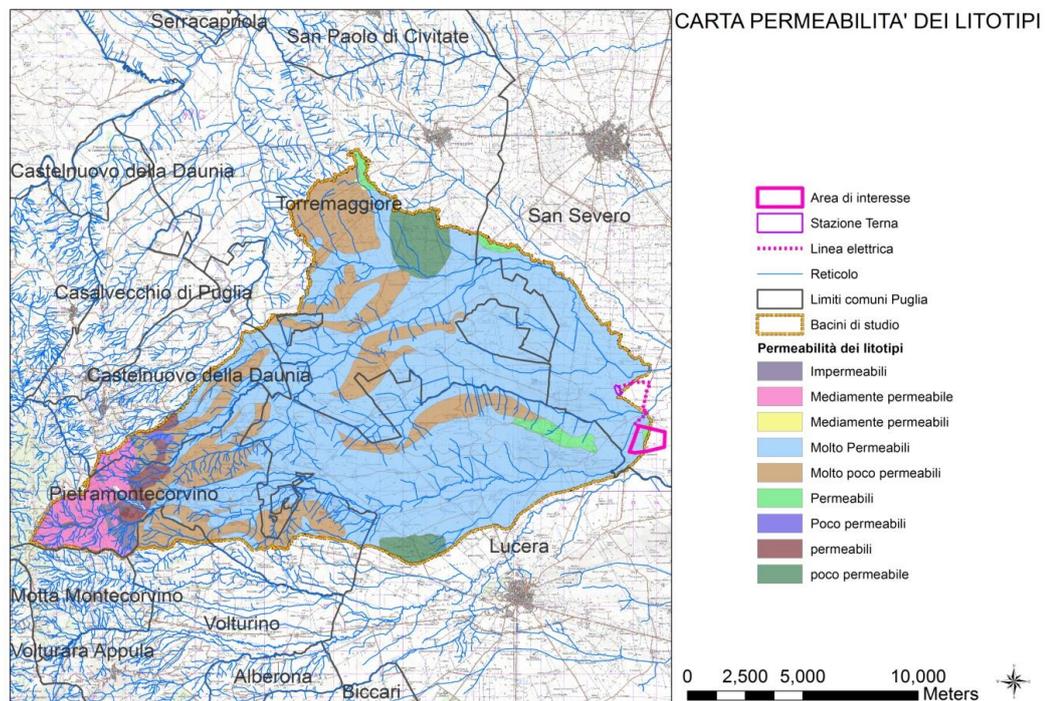


Figura 8 permeabilità dei litotipi

### 6.3 CARATTERI MORFOLOGICI DEI BACINI

Il reticolo adottato dall'Adb e riportato anche su cartografia IGM 25000 va verificato ovvero va ricercato il percorso idraulico di deflusso più aderente alla realtà con i relativi livelli di pericolosità idraulica.

Al fine di giungere a conclusioni con attendibile riscontro a fronte della realtà dei luoghi, va ricostruita nel modo più dettagliato possibile la orografia dei luoghi stessi con l'ausilio di cartografia 1:5000, cartografia 1:2000.

Per ricavare un bacino idrografico aderente alla realtà viene utilizzato il DTM (digital terrain model) derivato dalla carta tecnica regionale.

Il DTM che ricostruisce in 3d georeferenziato la zona oggetto di studio in forma raster, ha una maglia di 1m.

Dal DTM si può ricavare la mappa delle pendenze che risulta fondamentale ai fini dell'elaborazione del deflusso delle acque.

Per tenere conto degli edifici esistenti, inoltre, sono state aumentate le quote delle celle ricadenti all'interno dei contorni degli edifici.

Le caratteristiche del bacino di studio e relativi sottobacini sono di seguito riportate.

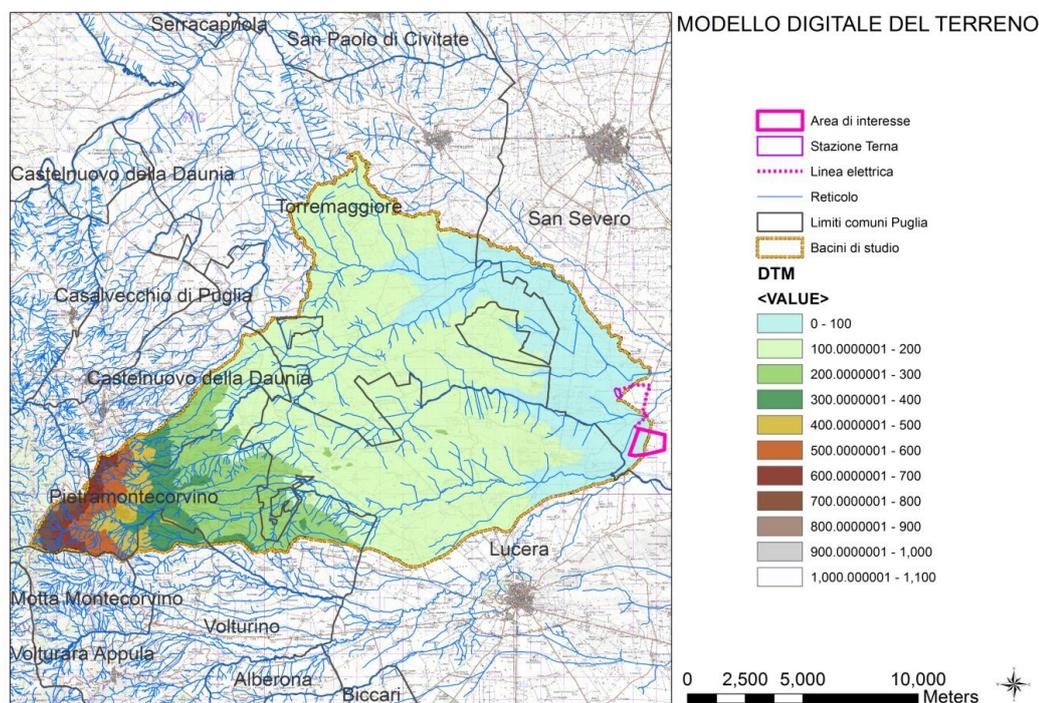


Figura 9 modello digitale del terreno

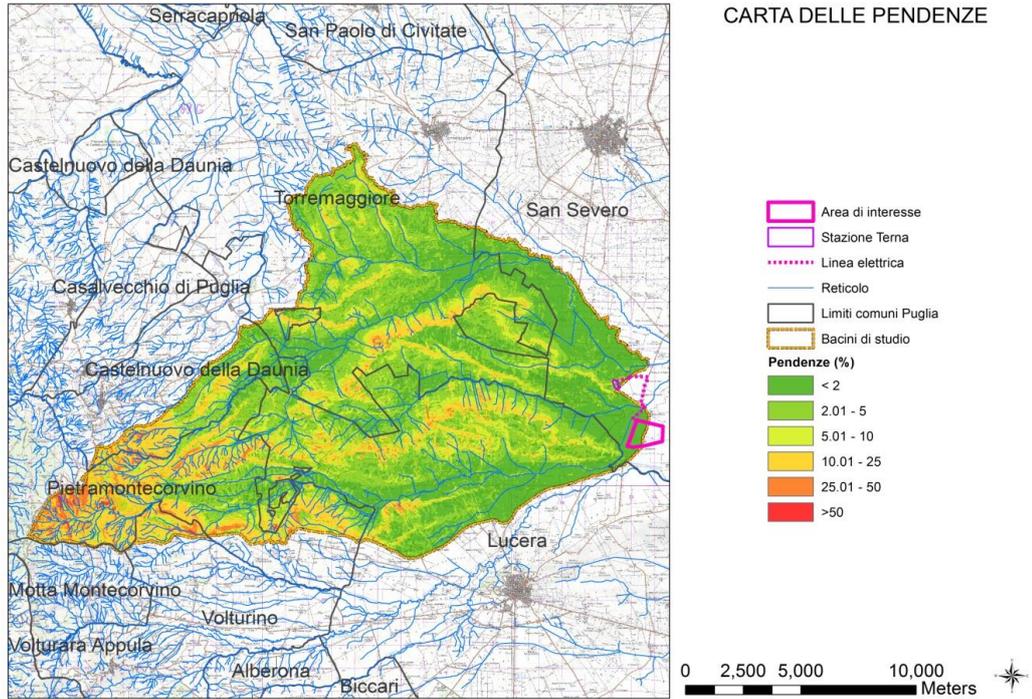


Figura 10 carta delle pendenze

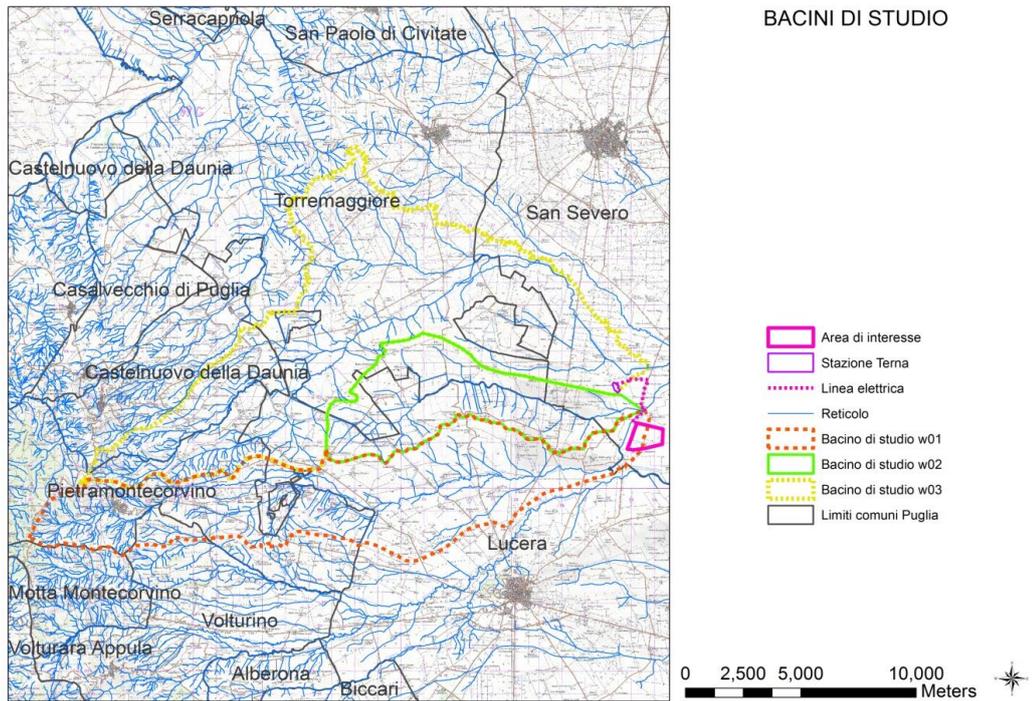


Figura 11 bacino di studio su IGM

Nella seguente tabella sono indicate le caratteristiche fisiografiche del bacino individuato derivante dal modello digitale del terreno.

<b>bacino</b>	<b>S(Kmq)</b>	<b>Hmax(m)</b>	<b>Hmed(m)</b>	<b>Hmin(m)</b>	<b>L(Km)</b>	<b>i(%)</b>	<b>Y(%)</b>	<b>c(-)</b>
W1	77.5236	916	233	59	29	2.955172	7.7	0.35
W2	38.4237	217	127	60	14.5	1.082759	4.8	0.35
W3	114.12	755	148	53	24	2.925	5.2	0.35

Nella precedente tabella sono state valorizzate le seguenti grandezze:

- "S" (km<sup>2</sup>): superficie del bacino;
- "Hmax" (mslm): quota massima;
- "Hmed" (mslm): quota media;
- "Hmin" (mslm): quota minima;
- "L" (km): lunghezza dell'asta principale;
- "i" (%): pendenza dell'asta principale;
- "Y" (%): pendenza media di versante;
- "c" (-): coefficiente di deflusso.

Il coefficiente di deflusso del bacino di studio è stato elaborato in funzione della mappa uso del suolo CORINE 2000 secondo la seguente tabella di corrispondenza:

LIVELLO_3	DESCRIZIONE	COEF. DEFLUSSO
111	tessuto residenziale continuo, denso pi- recente e basso	0.90
112	tessuto residenziale sparso	0.80
121	insediamenti produttivi agricoli	0.80
122	reti ferroviarie comprese le superfici annesse	0.80
131	aree estrattive	0.60
133	cantieri e spazi in costruzione e scavi	0.40
211	seminativi semplici in aree non irrigue	0.35
221	vigneti	0.50
222	frutteti e frutti minori	0.45
223	uliveti	0.45
241	colture temporanee associate a colture permanenti	0.35
242	sistemi colturali e particellari complessi	0.35
311	boschi di latifoglie	0.25
313	boschi misti di conifere e latifoglie	0.25
314	prati alberati, pascoli alberati	0.30
321	aree a pascolo naturale, praterie, incolti	0.40
322	cespuglieti e arbusteti	0.45
323	aree a vegetazione sclerofilla	0.45
333	aree con vegetazione rada	0.50
512	bacini senza manifeste utilizzazioni produttive	0.80

#### 6.4 TEMPI DI CORRIVAZIONE

Dalle caratteristiche dei sotto bacini descritti per il bacino W1 la cui superficie è superiore ai 40Kmq, è stata usata la formula di Giandotti. Per il bacino W2 è stata effettuata la media delle varie formulazioni.

TEMPI DI CORRIVAZIONE		
bacino	Giandotti (h)	tc (h)
W1	4.102896934	4.102897
W2	4.658713567	4.658714
W3	6.422528861	6.422529

## 6.5 DETERMINAZIONE C.P.P.

Per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica (C.P.P.) che massimizzano la piena di progetto si utilizza il sistema VaPi proposto dal CNR-GDCN, con il calcolo di curve di possibilità pluviometrica con determinato tempo di ritorno e con tempo di corrivazione uguale al tempo di pioggia sul bacino di riferimento.

Il territorio regionale è stato ripartito in sei aree pluviometriche omogenee, per ognuna delle quali è data la C.P.P.; il bacino W1,W2,W3 rientrano in zona 2.

Le altezze critiche di precipitazione si calcolano usando la seguente espressione:

Le altezze di precipitazione sono calcolate secondo la formula

$$\begin{aligned} \text{Zona 2: } & x(t) = 22.23 t^{0.247} \\ \text{Zona 3: } & x(t,z) = 25.325 t^{[(0.0696+0.00531 z)/3.178]} \\ \text{Zona 4: } & x(t) = 24.70 t^{0.256} \end{aligned}$$

dove  $z$  è la quota del bacino e  $t$ =tempo di corrivazione.

In base al tempo di ritorno (30,200 e 500 anni) c'è la rivalutazione

$$K_T = 0.1599 + 0.5166 \cdot \ln(T)$$

Per quanto concerne il fattore di riduzione areale  $K_A$  è stata usata la formula:

$$K_A = 1 - (1 - e^{(-0.0021A)}) e^{(-0.53d^{-0.25})}$$

Nella seguente tabella, sono elaborati, per i tempi di ritorno di riferimento di 30, 200 e 500 anni, sia i parametri delle curve di possibilità pluviometrica che le altezze di precipitazione critiche

CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA ED ALTEZZE DI PRECIPITAZIONE VAPI zona 2								
bacino	K30	K200	K500	a	n	h30(mm)	h200(mm)	h500(mm)
W1	1.98	2.76	3.14	22.23	0.247	62.37895	86.95247	98.92419
W2	1.98	2.76	3.14	22.23	0.247	64.36746	89.72434	102.0777
W3	1.98	2.76	3.14	22.23	0.247	69.67999	97.12968	110.5026

## 6.6 CALCOLO PORTATA DI MASSIMA PIENA

### 6.6.1 METODO VAPI PUGLIA

Utilizzando il metodo razionale, infine, è possibile valutare le portate di piena da utilizzare come riferimento per l'analisi idraulica.

Tale metodo calcola la portata al colmo di piena mediante la formula di Turazza

$$Q = \frac{S \cdot c \cdot i}{3.6} = \frac{S \cdot c \cdot a \cdot t^{(n-1)}}{3.6} = \frac{S \cdot c \cdot K_T \cdot a' \cdot t^{(n-1)}}{3.6}$$

Nella seguente tabella sono indicati i valori delle portate al colmo di piena

PORTATE AL COLMO DI PIENA VAPI zona 2			
bacino	Q30(mc/s)	Q200(mc/s)	Q500(mc/s)
W1	114.59	159.731582	181.72361
W2	51.61371	71.9463831	81.852045
W3	120.3731	167.792747	190.89465

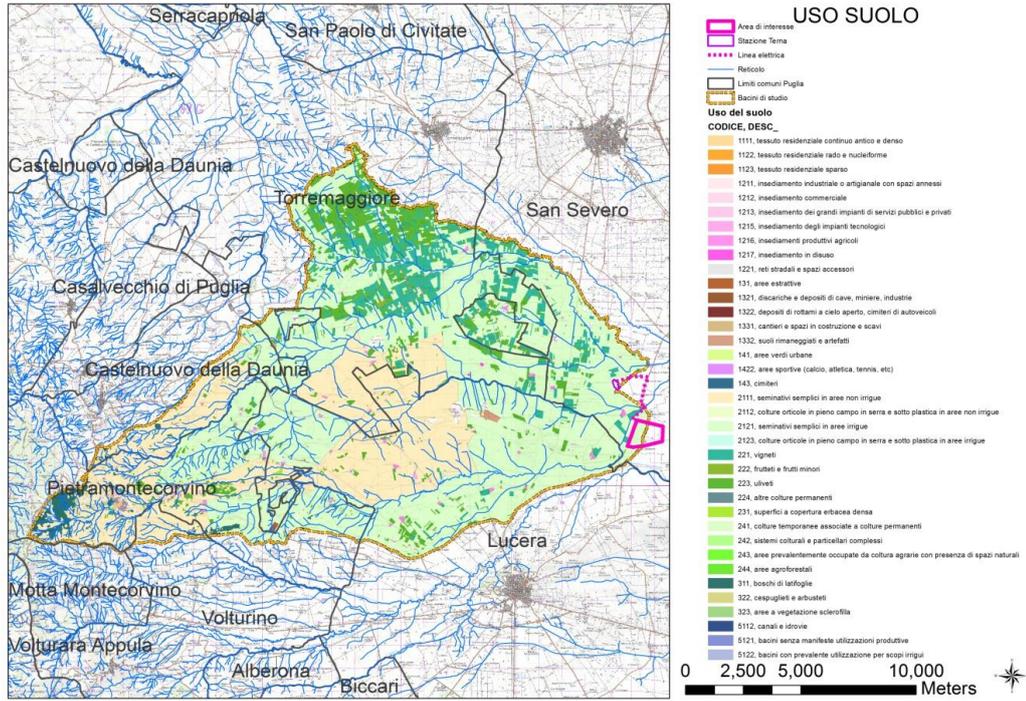


Figura 12 uso suolo

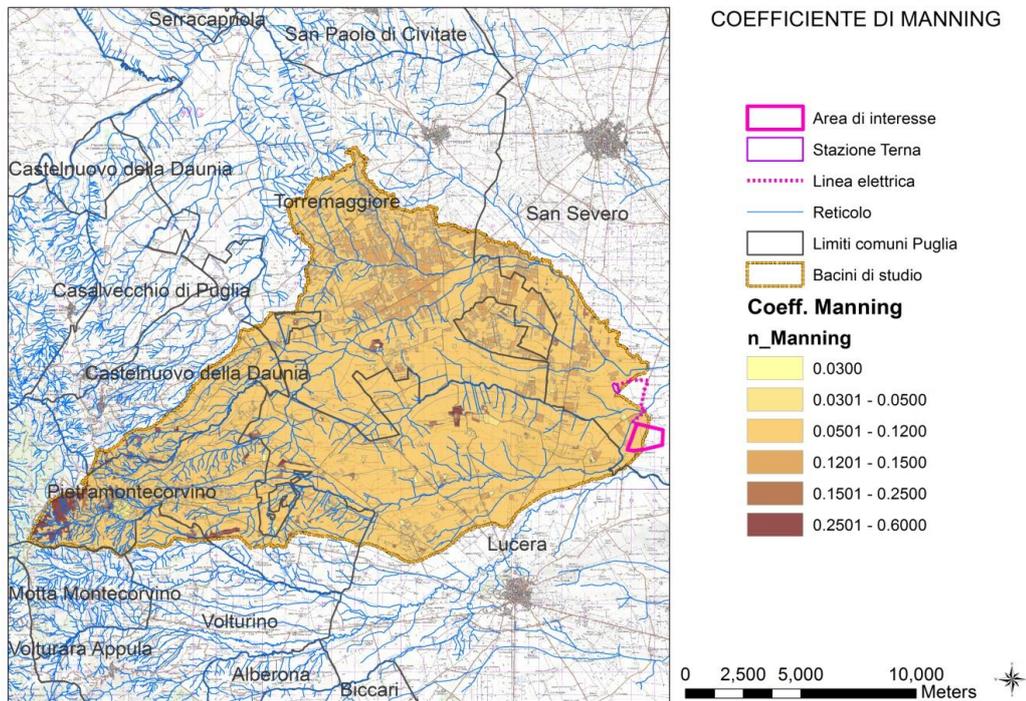


Figura 13 coefficiente di Manning

## 6.6.2 CALCOLO PORTATA CON ANALISI STATISTICA DELLE PRECIPITAZIONI REGISTRATE DALLE STAZIONI

Per il calcolo delle portate al colmo di piena necessaria per l'analisi idraulica è stata effettuata, oltre al metodo VAPI, anche un altro studio statistico dei dati di pioggia registrati dalle stazioni pluviometriche indicate in figura.

Saranno elaborati con modello statistico i valori massimi annuali relativi a piogge di durata pari a 1, 3, 6, 12, 24 ore, registrati presso le stazioni pluviometriche di un intorno del bacino di studio e successivamente spazializzati con apposito metodo di interpolazione in modo da individuare i parametri all'interno dei bacini di studio necessari al calcolo delle portate.

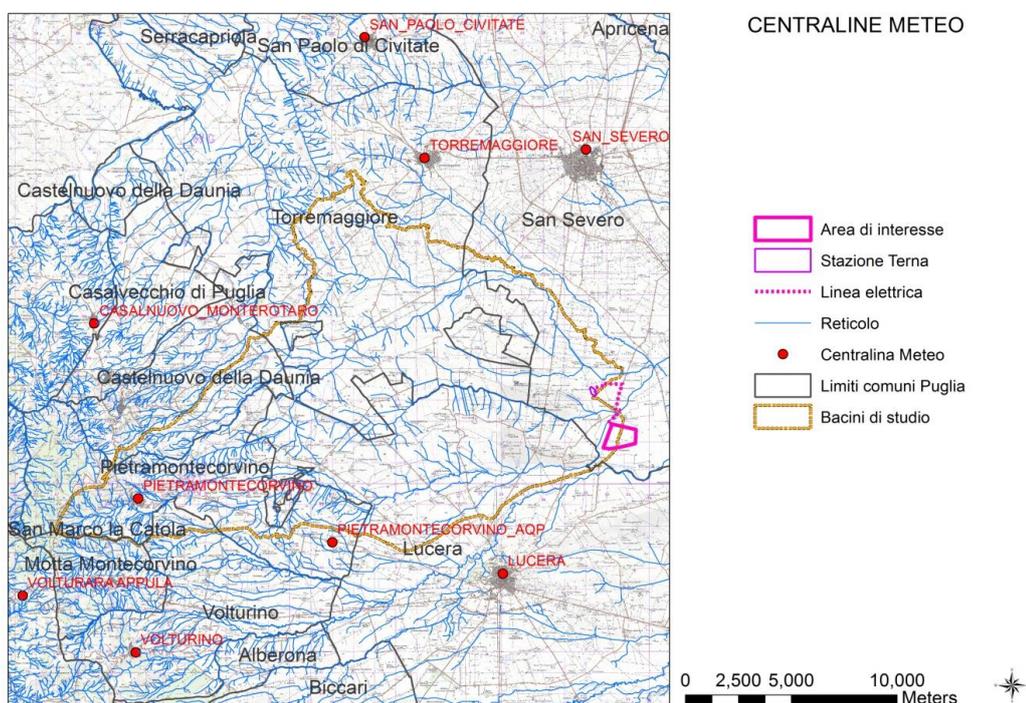


Figura 14 centralina meteo

Le stazioni oggetto di studio non hanno lo stesso numero di osservazioni:

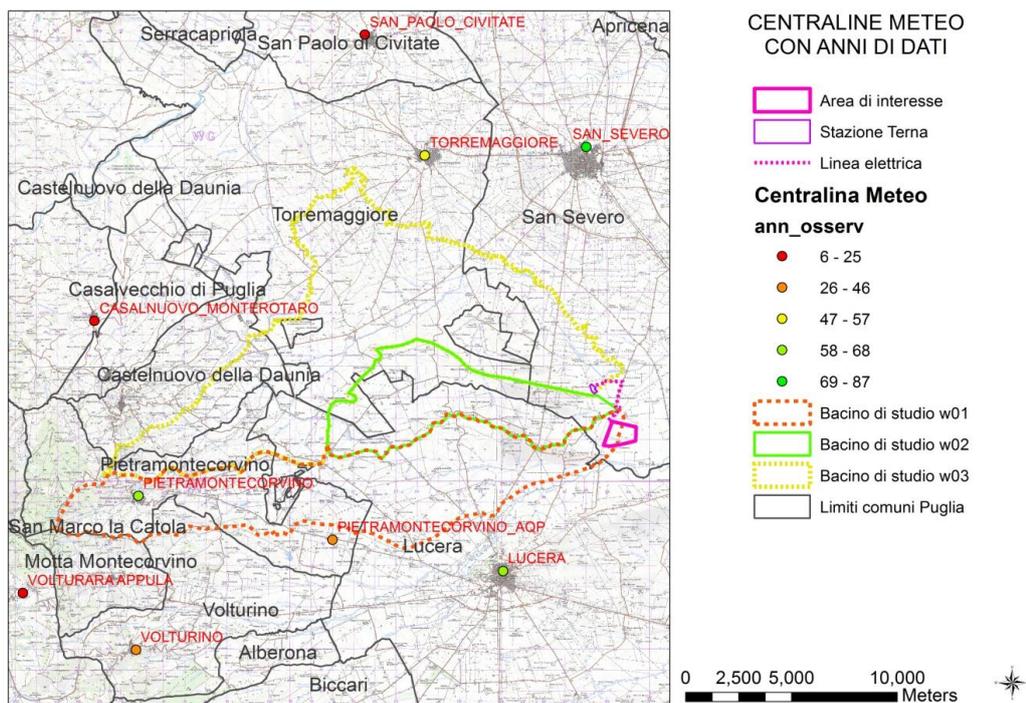


Figura 15 centralina meteo con anni di osservazione

Di seguito si indicano le tabelle relative alle centraline all'interno dei bacini di studio

Stazione di S.Paolo Civitate					
Precipitazioni massime per durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore					
ANNO	durata				
	1 ORA	3 ORE	6 ORE	12 ORE	24 ORE
	mm	mm	mm	mm	mm
2010	27.2	36.0	49.2	79.4	109.2
2011	30.8	40.6	44.4	56.6	67.4
2012	45.0	49.8	49.8	49.8	58.4
2013	38.6	44.8	44.8	58.6	75.2
2014	22.8	31.4	34.8	36.2	45
2016	63	84.2	89.6	89.6	95.8
2017	20	24.4	35	56.6	60.8
2018	43.4	48.4	48.6	53.4	81.2
2019	29.8	38.6	40.8	41.2	41.2

Stazione di Torremaggiore					
Precipitazioni massime per durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore					
ANNO	durata				
	1 ORA	3 ORE	6 ORE	12 ORE	24 ORE
	mm	mm	mm	mm	mm
1940	18.00	18.00	31.00	31.40	53.00
1941	26.80	34.80	34.80	35.00	39.40
1942	12.40	19.20	29.40	36.20	41.00
1950	18.40	31.80	42.40	53.00	61.40
1951	18.60	26.60	40.80	44.00	44.00
1952	14.20	17.20	21.20	23.40	27.80
1953	20.20	20.20	20.20	27.60	34.60
1954	25.00	32.00	42.20	65.40	108.80
1955	45.00	50.00	50.00	93.80	109.80
1956	10.00	18.80	36.40	51.20	68.40
1963	21.00	29.20	34.00	41.40	56.20
1964	25.40	31.80	37.80	41.60	46.80
1965	15.20	23.00	34.60	34.60	37.00
1966	20.40	20.40	20.40	24.20	40.60
1967	33.60	45.60	52.80	60.20	93.40
1968	26.60	34.00	42.60	44.40	51.00
1969	28.40	36.60	40.40	40.00	67.00
1970	10.20	18.80	25.60	30.20	35.00
1971	16.60	21.00	24.60	40.00	43.20
1972	30.60	31.60	44.60	53.80	64.60
1974	22.20	22.60	23.40	24.00	31.20
1975	20.20	35.00	40.20	46.40	48.60
1978	17.00	27.00	38.60	63.00	68.60
1980	23.00	25.00	28.20	36.20	44.80
1981	14.20	17.80	20.80	24.60	25.40
1982	14.80	25.40	27.80	27.80	29.40

1984	25.00	26.20	26.20	31.00	45.60
1985			33.40	51.60	62.00
1987	30.80	32.40	32.40	35.40	42.80
1988	42.40	42.60	42.60	42.60	42.60
1990	12.40	19.60	31.60	47.40	53.80
1992			26.20	28.80	36.00
1993	12.00	20.40	25.00	37.20	38.60
1995	29.40	32.20	34.80	43.20	60.40
1996	23.40	46.80	69.40	90.00	100.40
1998	24.80	30.00	30.20	34.40	34.80
1999	53.00	63.80	64.80	64.80	78.20
2000	26.60	26.60	28.20	36.60	36.60
2001	11.80	13.00	17.40	24.20	34.60
2002	42.40	42.80	44.60	46.80	58.60
2003	21.00	26.00	40.80	51.60	64.40
2004	20.40	31.00	40.40	57.80	65.60
2005	28.40	28.40	28.40	28.40	46.00
2006	26.40	31.00	32.00	34.80	50.20
2010	17.20	25.80	37.00	59.60	65.40
2011	28.00	32.20	35.00	45.80	60.80
2012	37.20	41.20	41.20	46.80	50.80
2014	41.20	47.80	50.20	51.20	58.40
2015	16.60	24.60	27.00	33.60	45.00
2016	58.60	88.20	93.80	98.60	104.80
2017	13.80	19.20	29.60	42.40	48.00
2018	31.00	52.40	52.40	52.40	62.40
2019	19.40	26.00	30.00	46.00	46.00

Stazione di S. Severo					
Precipitazioni massime per durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore					
ANNO	durata				
	1 ORA	3 ORE	6 ORE	12 ORE	24 ORE
	mm	mm	mm	mm	mm
1932	9.60	13.00	28.00	34.00	36.00
1933	14.00	37.00	59.80	77.20	79.00
1934	15.80	27.80	31.60	31.80	36.60
1935	28.00	37.60	37.60	37.60	39.80
1936	13.80	16.80	23.40	41.20	47.00
1937	32.60	37.80	46.20	46.40	50.20
1938	20.60	22.80	36.60	49.60	66.40
1939	11.00	18.60	24.60	30.20	38.40
1940	13.20	17.40	20.20	28.60	42.80
1941	14.60	16.20	23.60	25.20	35.80
1942	17.00	20.80	28.80	34.80	36.00
1943	12.80	15.00	19.20	30.80	35.20
1946	18.60	23.20	37.20	58.00	62.80
1947	18.40	30.20	46.60	52.20	52.20
1950	29.20	34.20	35.00	38.40	39.60
1951	34.20	37.80	38.00	39.40	41.80
1952	31.20	35.20	35.40	35.40	44.40
1953	15.80	16.00	16.20	22.40	30.00
1954	18.00	35.00	49.00	63.40	77.80
1955	21.80	36.60	37.00	52.20	60.40
1956	20.40	24.60	27.40	34.80	54.20
1957	40.20	47.40	52.20	63.80	93.60
1958					
1959	28.40	29.60	35.60	43.00	61.00
1960	19.80	26.80	31.40	35.20	41.60
1961	26.40	37.40	46.80	51.60	58.80
1964	33.80	35.40	46.00	46.80	49.40

1967	12.80	24.00	30.00	36.00	54.80
1970	15.60	15.60	20.00	22.00	26.40
1971	21.00	32.20	35.20	35.60	35.60
1972	36.00	68.00	100.00	133.00	133.00
1974	23.80	25.60	26.40	38.60	38.80
1975			28.80	40.40	40.40
1976	19.40	26.20	43.80	58.60	61.60
1977	11.40	19.80	20.40	23.20	23.20
1978	24.20	31.40	37.20	44.00	62.80
1979	11.60	22.40	22.40	31.80	48.60
1980	13.20	22.00	28.20	44.00	52.20
1981	10.00	12.60	15.60	26.60	32.40
1982		24.60	24.60	36.80	36.80
1983	14.00	34.00	42.20	57.40	83.00
1984	34.60	42.00	44.00	44.20	46.80
1985			38.80	53.20	65.00
1988		28.80	31.20	37.20	59.60
1989	17.60	25.80	30.70	37.00	37.00
1990	37.20	40.60		52.80	59.00
1991	20.20	32.80	34.60	42.00	44.00
1992	23.00	27.80	27.80	27.80	31.00
1993	14.40	24.80	31.20	43.60	46.20
1994	29.00	35.80	37.40	47.40	52.40
1995				26.60	45.20
1996				57.80	66.40
1997	20.00	32.20	35.80	42.00	55.80
1998	15.40	22.80	23.60	24.20	27.60
1999	39.00	39.80	39.80	39.80	43.60
2000	23.00	27.40	28.80	33.20	33.20
2001	10.40	15.40	22.60	23.40	25.60
2002	24.40	25.20	25.20	35.00	56.20
2003	22.40	27.60	27.60	42.00	46.00
2004	53.60	58.00	59.80	59.80	65.00
2005	39.60	71.60	80.40	84.40	89.00

2006	9.60	20.80	30.40	33.40	49.80
2007	39.20	39.80	39.80	42.40	55.00
2008	26.00	32.40	34.20	34.20	36.80
2009	40.00	49.20	53.20	53.60	53.80
2010	32.80	37.00	49.60	56.00	58.00
2011	21.00	25.80	33.20	46.40	58.20
2012	42.40	42.60	42.60	45.00	59.40
2014	53.40	65.40	65.60	67.20	67.20
2015	41.00	46.00	46.20	46.40	48.40
2016	31.80	45.80	59.40	69.20	71.00
2017	14.40	18.60	23.00	36.60	41.00
2018	33.00	37.00	38.40	48.60	71.20
2019	34.00	52.60	54.80	55.20	55.40

Stazione di Casalnuovo Monte Rotaro					
Precipitazioni massime per durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore					
ANNO	durata				
	1 ORA	3 ORE	6 ORE	12 ORE	24 ORE
	mm	mm	mm	mm	mm
2010					
2011	38.2	43.0	43.2	43.2	49.4
2012	20.4	23	39.4	53.4	55.2
2013	23.8	37.2	50.4	93.0	143.6
2014	33.4	38.2	41.2	42.4	54.2
2015	27.8	28	30.4	39.4	67.4
2016	42.2	53.8	54.2	58.6	65.2
2017	19.8	23.4	35.6	46.4	49.8
2018	44.2	48.6	49.8	55.4	76.8
2019	37.8	39.8	39.8	40	40

Stazione d Pietramontecorvino					
Precipitazioni massime per durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore					
ANNO	durata				
	1 ORA	3 ORE	6 ORE	12 ORE	24 ORE
	mm	mm	mm	mm	mm
1951	31.0	31.2	32.6	33.8	52.6
1952	36.0	40.0	41.0	41.0	54.0
1954	13.0	26.0	44.8	81.4	113.2
1955	39.8	40.4	59.2	94.2	140.4
1956	14.2	21.2	34.8	55.2	73.2
1957	33.2	44.8	61.8	67.6	82.0
1958	17.8	22.4	29.6	53.4	62.0
1959	43.4	44.8	44.8	54.2	69.8
1960	19.6	33.4	43.0	65.6	73.0
1961	26.6	33.4	43.8	53.4	77.2
1962	28.2	45.2	53.2	68.4	71.6
1963	38.0	40.0	51.0	67.8	123.2
1964	35.6	50.6	65.6	67.2	76.2
1965					
1966	30.4	35.4	35.4	45.8	54.8
1967	24.6	33.2	54.8	67.8	107.6
1968					
1969	29.6	37.6	41.6	64.2	85.6
1970	16.4	38.4	52.8	56.8	63.2
1971	40.0	46.0	46.4	76.8	94.0
1972					
1973	20.0	26.2	40.2	58.2	68.2
1974	17.4	33.6	37.0	48.4	60.6
1975				41.6	63.0
1976		23.0	26.0	37.0	51.0
1977	20.2	20.4	20.4	24.0	31.2
1978	28.8	56.6	73.6	94.0	126.8
1979	22.4	25.2	32.6	39.6	49.2

1980	33.0	35.6	35.8	53.4	74.8
1981		13.8	21.0	33.2	45.6
1982	23.6	24.2	26.0	27.8	45.2
1984	21.8	24.2	37.2	55.2	96.6
1985	25.6	28.0	49.4	75.0	88.2
1986				53.4	63.4
1987	36.8	41.4	41.6	46.4	58.0
1988			34.4	48.0	52.6
1989	19.0	24.2	29.2	35.6	42.2
1990	29.6	30.0	52.6	52.8	72.6
1991	34.4	34.4	37.4	48.2	58.6
1992	20.0	44.0	55.2	74.2	90.6
1993	11.4	19.2	22.8	30.6	34.0
1994	20.2	24.2	34.8	58.0	62.0
1995	21.4	34.2	38.0	38.2	40.6
1996	33.4	36.2	53.2	71.8	110.0
1997			56.0	77.0	98.0
1998	18.0	25.2	28.2	47.8	58.0
1999	46.4	51.2	51.2	51.2	51.2
2000	20.8	28.2	29.0	40.2	50.2
2001	12.2	23.6	37.8	61.4	79.0
2002	42.2	46.8	46.8	49.0	78.6
2003	45.2	48.8	49.2	60.6	112.8
2004	22.0	39.4	53.2	79.2	83.4
2005	24.2	25.2	40.4	54.6	73.0
2006	32.4	35.8	47.8	51.8	71.0
2007	51.4	54.8	55.4	55.6	70.4
2008	22.2	30.0	44.2	50.6	52.6
2009	40.6	42.8	47.4	76.8	102.2
2010	40.4	66.2	76.0	104.0	113.0
2011	25.0	33.2	33.2	33.2	42.2
2012	22.0	24.2	24.6	32.2	48.0
2013	31.2	50.4	59.4	71.8	119.6
2014	14.0	18.6	20.2	26.8	28.2

2015	32.6	33.4	33.4	33.4	48.8
2016	43.2	53.8	54.2	54.2	71.4
2017	30.6	30.8	30.8	43.6	53.2
2018	24.0	28.6	28.8	32.8	54.4
2019	27.2	27.6	27.6	28.6	42.2

Stazione di Pietramontecorvino AQP					
Precipitazioni massime per durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore					
ANNO	durata				
	1 ORA	3 ORE	6 ORE	12 ORE	24 ORE
	mm	mm	mm	mm	mm
1969					
1970	22.0	48.0	61.4	66.2	68.4
1971	80.0	104.4	106.8	106.8	107.4
1972					
1974	19.6	19.8	25.6	37.2	44.8
1975	14.2	18.0	22.6	28.4	38.4
1976	12.0	18.8	23.6	31.0	31.0
1977	43.0	45.0	45.0	45.0	45.8
1978	15.4	20.8	28.0	42.0	50.6
1979					
1980	17.6	22.6	22.6	22.6	28.0
1981	24.6	26.2	26.2	26.2	27.0
1982	27.0	28.8	28.8	43.0	52.8
1983	24.2	28.6	28.6	28.6	36.2
1984	22.4	23.0	25.2	46.8	81.4
1985	12.4	29.8	48.2	66.2	75.4
1986	22.4	22.8	25.2	42.0	47.8
1987	40.0	41.2	41.6	43.0	43.0
1988	25.8	29.8	49.0	62.6	72.0
1989	38.2	42.8	42.8	42.8	43.2
1990	26.2	26.4	33.4	48.0	58.0
1991	20.2	22.4	25.4	33.6	42.8

1993	9.0	15.0	18.8	20.6	23.2
1994				28.8	28.8
1995	17.2	18.2	22.6	34.6	55.8
1995					
1996	22.0	32.4	32.4	37.2	45.6
1996					
1997					38.8
1998	28.2	28.8	39.2	45.0	46.2
1999	17.6	22.6	22.6	29.6	39.8
2000	22.0	25.8	26.2	38.8	39.2
2001	22.0	26.6	32.4	47.8	53.0
2002	30.4	54.2	54.2	54.2	67.6
2003	19.4	23.6	30.4	37.6	63.8
2004	15.4	23.6	41.0	57.4	59.2
2005	18.2	24.4	34.8	45.0	60.8
2006	24.8	27.2	29.6	35.0	52.4
2007	23.8	27.4	28.2	28.2	28.2
2008	17.0	17.2	22.4	23.6	28.8
2009	22.4	24.2	25.2	42.6	58.2
2010	9.6	17.4	28.2	43.0	51.4
2011	29.2	40.4	40.6	40.6	40.6
2012	16.8	23.4	27.2	35.4	54.0

Stazione di Volturara Appula					
Precipitazioni massime per durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore					
ANNO	durata				
	1 ORA	3 ORE	6 ORE	12 ORE	24 ORE
	mm	mm	mm	mm	mm
2010	16.2	37.0	51	82	98.4
2011	26.0	38.6	39.0	42.8	49.0
2012	18.0	23	32.2	39	46.8
2013	19.6	34.6	44.6	50.8	87.4
2014	13.4	17.8	23.4	34.2	35.8
2015	25.6	32.2	42.4	47.8	77.4
2016	37.4	47.8	66.4	68.6	72.6
2017	41.2	54.8	54.8	55.4	72
2018	29.8	29.8	32.6	55	72.8
2019	51.2	51.2	51.2	55.4	58

Stazione di Volturino					
Precipitazioni massime per durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore					
ANNO	durata				
	1 ORA	3 ORE	6 ORE	12 ORE	24 ORE
	mm	mm	mm	mm	mm
1977	8.4	11.6			
1978	15.8	26.2	44.4	55.2	59.8
1979					
1981	8.6	11.6	14.4	19.8	28.6
1986	16.2	24.2	36.2		
1987	31.4	33.0	42.8	57.4	59.6
1988	10.2	13.4	16.2	23.6	25.6
1990	25.4	25.4			
1991		42.6	42.6	45.0	85.4
1992	25.2	30.2	37.2	56.0	66.6

1994				23.6	33.2
1996	20.0	39.2	47.4	52.4	53.8
1997					51.4
1998	25.0	31.2	31.2	32.8	34.8
1999	25.4	28.2	28.4	28.4	31.2
2000	28.4	37.8	38.2	38.4	65.8
2001	24.4	28.6	29.8	37.4	49.0
2002	43.0	43.0	43.0	44.2	79.0
2003	23.4	24.6	36.4	50.4	89.2
2004	58.4	73.2	99.4	100.8	114.8
2005	15.0	36.6	51.0	63.0	82.6
2006	22.4	24.6	27.8	40.8	77.8
2007	88.4	92.6	93.2	93.2	93.6
2008	41.0	42.2	42.2	42.2	49.2
2009					
2010	27.0	46.2	54.4	74.6	83.6
2011	9.6	17.8	29.2	42.0	45.6
2012	14.4	19.4	29.2	37.0	52.0
2013	20.8	42.2	54.6	66.2	109.6
2014	11.2	23.6	24.8	29.0	39.4
2015	25.8	36.2	50.0	55.2	57.0
2016	29.4	31.4	33.2	35.4	64.8
2017	32.4	35.4	35.4	35.4	50.6
2018	25.6	27.4	27.8	34.6	64.2
2019	31.6	33.8	48.0	53.6	53.6

Stazione di Lucera					
Precipitazioni massime per durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore					
ANNO	durata				
	1 ORA	3 ORE	6 ORE	12 ORE	24 ORE
	mm	mm	mm	mm	mm
1938	11.0	21.0	40.4	50.8	70.6
1939	20.0	31.4	39.2	51.8	53.8
1940	14.8	21.8	23.6	30.6	46.8
1950	17.4	25.0	25.0	25.0	30.2
1951	15.0	24.0	31.6	32.2	41.0
1952	24.8	25.4	28.4	29.8	34.8
1953	30.0	49.0	50.4	50.4	51.0
1954	44.2	52.0	58.8	58.8	90.0
1955	22.8	34.2	42.8	62.4	85.6
1956	33.8	36.0	42.8	45.2	75.6
1957	21.2	24.0	30.2	38.8	66.2
1959	29.2	33.6	33.8	38.0	54.2
1960	15.8	28.0	33.2	38.4	48.2
1961	12.2	14.4	21.4	36.0	55.0
1962	15.0	26.2	33.0	38.2	39.4
1963	24.0	40.0	55.0	68.0	86.4
1964	50.0	100.8	103.2	106.2	111.6
1966	11.6	19.2	25.0	34.0	46.4
1967					
1968	29.4	37.2	37.4	37.4	37.4
1969	25.4	25.6	30.8	46.2	47.2
1970	30.0	64.2	83.2	88.4	92.0
1971	26.0	41.0	43.0	43.0	43.0
1972					
1973					
1974	16.0	25.6	36.2	46.2	54.2
1975	16.2	18.6	22.6	30.8	46.0

1976	18.4	28.0	44.0	59.6	29.6
1977	16.0	16.0	16.0	20.4	21.2
1978	15.2	17.8	25.6	34.4	52.6
1979	32.0	32.0	32.0	32.0	45.2
1980	11.4	17.2	27.0	35.2	44.8
1981	28.8	35.4	42.2	44.2	53.0
1982	17.6	18.2	31.0	43.8	52.8
1983	22.0	22.4	26.0	30.6	32.8
1984	21.6	21.8	28.2	55.2	84.0
1985	11.8	27.6	44.8	64.8	77.0
1986	26.4	33.2	34.4	34.4	41.6
1987	13.4	16.2	17.8	17.8	33.6
1988	11.0	14.0	23.2	25.6	27.4
1989	47.0	50.0	50.0	50.0	50.0
1990	17.0				
1991	20.8	25.2	27.6	36.4	38.2
1992	21.6	23.0	24.2	24.6	27.6
1993	15.4	25.4	31.6	33.0	45.2
1994	9.6	14.6	25.6	30.6	30.6
1995	13.0	14.0	24.0	40.6	43.8
1996	17.6	24.2	24.2	26.8	31.8
1997	21.0	26.0	26.0	29.8	37.6
1998	41.8	42.2	42.4	44.0	44.0
1999	19.6	24.6	26.4	26.6	33.6
2000	8.8	15.2	25.4	38.2	40.2
2001		36.6	58.8	61.2	61.2
2002	39.4	55.2	56.6	56.6	70.8
2003	27.2	27.8	27.8	38.4	67.0
2004	21.2	27.2	37.4	46.8	47.4
2005	24.8	42.8	46.0	49.2	58.0
2006	17.4	17.4	25.4	27.8	53.6
2007	20.6	21.8	24.4	24.6	32.2
2008	12.2	16.4	22.6	31.0	41.6
2009					

2010	23.0	23.6	35.2	44.6	47.8
2011	8.2	18.6	29.2	35.2	43.6
2012	20.2	23.8	41.4	44.8	64.8
2013	19.2	28.6	36.4	58.8	89.8
2014	43.4	69.4	70.4	70.6	78.8
2015	32.0	53.8	54.2	73.6	77.4
2016	23.2	25.6	32.0	37.4	49.0
2017	44.2	47.6	47.6	47.6	47.6
2018	32.2	46.4	46.8	48.2	60.8
2019	19.0	21.6	21.6	21.6	21.6

### 6.6.2.1 IL MODELLO PROBABILISTICO DI GEV O DISTRIBUZIONE GENERALIZZATA DEL VALORE ESTREMO

La funzione cumulata di probabilità per la distribuzione GEV è

$$F(x) = e^{-e^{-y}}$$

La funzione densità di probabilità per la distribuzione GEV è

$$f(x) = \frac{1}{\theta_2} e^{-(1-\theta_3)y - e^{-y}}$$

dove

$$y = \begin{cases} -\theta_3^{-1} \log\{1 - \theta_3(x - \theta_1)/\theta_2\}, & \theta_3 \neq 0 \\ (x - \theta_1)/\theta_2, & \theta_3 = 0 \end{cases}$$

$$x(F) = \begin{cases} \theta_1 + \theta_2[1 - (-\log F)^{\theta_3}]/\theta_3, & \theta_3 \neq 0 \\ \theta_1 - \theta_2 \log(-\log F), & \theta_3 = 0 \end{cases}$$

*Momenti*

$$\mu = \theta_1 + \theta_2[1 - \Gamma(1 + \theta_3)]/\theta_3$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{\theta_2}{\theta_3}\right)^2 [\Gamma(1 + 2\theta_3) - \gamma^2(1 + \theta_3)]$$

*L Momenti*

$$\lambda_1 = \theta_1 + \theta_2[1 - \Gamma(1 + \theta_3)]/\theta_3$$

$$\lambda_2 = \theta_2(1 - 2^{-\theta_3})\Gamma(1 + \theta_3)/\theta_3$$

$$\tau_3 = 2(1 - 3^{-\theta_3})/(1 - 2^{-\theta_3}) - 3$$

$$\tau_4 = \frac{5(1 - 4^{-\theta_3}) - 10(1 - 3^{-\theta_3}) + 6(1 - 2^{-\theta_3})}{(1 - 2^{-\theta_3})}$$

*Parametri(M)*

$$\theta_1 = \mu - \frac{\theta_2[1 - \Gamma(1 + \theta_3)]}{\theta_3}$$

$$\theta_2 = \frac{\theta_3(\mu - \theta_1)}{[1 - \Gamma(1 + \theta_3)]}$$

$$\theta_3 = \frac{\theta_2(1 - \Gamma)}{(\mu - \theta_1 + \theta_2\Gamma)}$$

*Parametri(L<sub>M</sub>)*

$$\theta_3 \simeq 7.8590c + 2.9554c^2$$

$$\theta_2 = \frac{\lambda_2\theta_3}{(1 - 2^{-\theta_3})\Gamma(1 + \theta_3)}$$

$$\theta_1 = \lambda_1 - \frac{\theta_2}{\theta_3} (1 - \Gamma(1 + \theta_3))$$

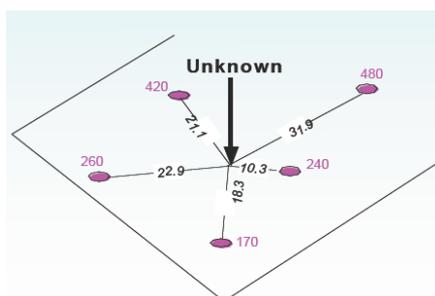
$$c = \frac{2}{3 + \tau_3} - \frac{\log 2}{\log 3}$$

## 6.6.2.2 GEOSTATISTICA ED INTERPOLAZIONE SPAZIALE

La geostatistica è stata applicata per molti anni nella esplorazione mineraria e petrolifera.

L'ambiente è un dominio continuo dove si possono effettuare misure solamente in un numero finito di siti (es con centraline pluviometriche).

L'obiettivo primario della geostatistica è stimare (predire) un valore sconosciuto in un punto del territorio di studio riducendo al minimo gli errori.



I metodi geostatistici sono preferiti a quelli deterministici per una serie di ragioni tra cui la produzione di superfici di errore o incertezza che forniscono indicazioni sulla qualità del metodo elaborativo.

Per la analisi geostatistica si utilizza il software ArcGIS con estensione Geostatistical Analyst e Spatial Analyst.

Prima dell'utilizzo del Kriging sono state effettuate una serie di verifiche con Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA) di ArcGIS per controllare se i dati soddisfano certe condizioni ossia sono continui, normalmente distribuiti, stazionari e no trends.

Per la verifica dei dati normalmente distribuiti si analizza l'istogramma verificando che:

- ✓ la forma sia a campana
- ✓ non ci siano valori estremi (outliers)
- ✓ media = median
- ✓ distorsione (Skewness)  $\sim 0$
- ✓ curtosi  $\sim 3$

Inoltre si controlla il normal QQPlot che plotta le distribuzioni della normale standardizzata e la distribuzione che andrebbe a interpolare i nostri dati e quindi i punti devono essere vicini a questa linea di interpolazione rappresentata nel grafico.

La stazionarietà dei dati viene studiata con la mappa Voronoi con la simbologia per l'entropia o deviazione standard; se la mappa tematizzata risulta random i dati sono stazionari.

Nel Kriging c'è lo studio del semivariogramma che ci consente di analizzare l'autocorrelazione spaziale (i punti vicini assumono valori simili tra loro). I parametri più importanti da verificare sono il range sull'asse delle x mentre sull'asse y il sill ed il nugget. Altro parametro importante da settare è il lag cioè l'ampiezza della classe di distanza. Il settaggio di questi parametri consente di ottimizzare il modello per una migliore stima dell'autocorrelazione spaziale.

### 6.6.2.3 STIMA DEI PARAMETRI DEL MODELLO

La prima cosa che si fa è studiare la variabilità spaziale degli estremi medi dei pluviometri di studio cioè le medie delle intensità massime di pioggia di durata 1h, 3h, 6h, 12h e 24h.

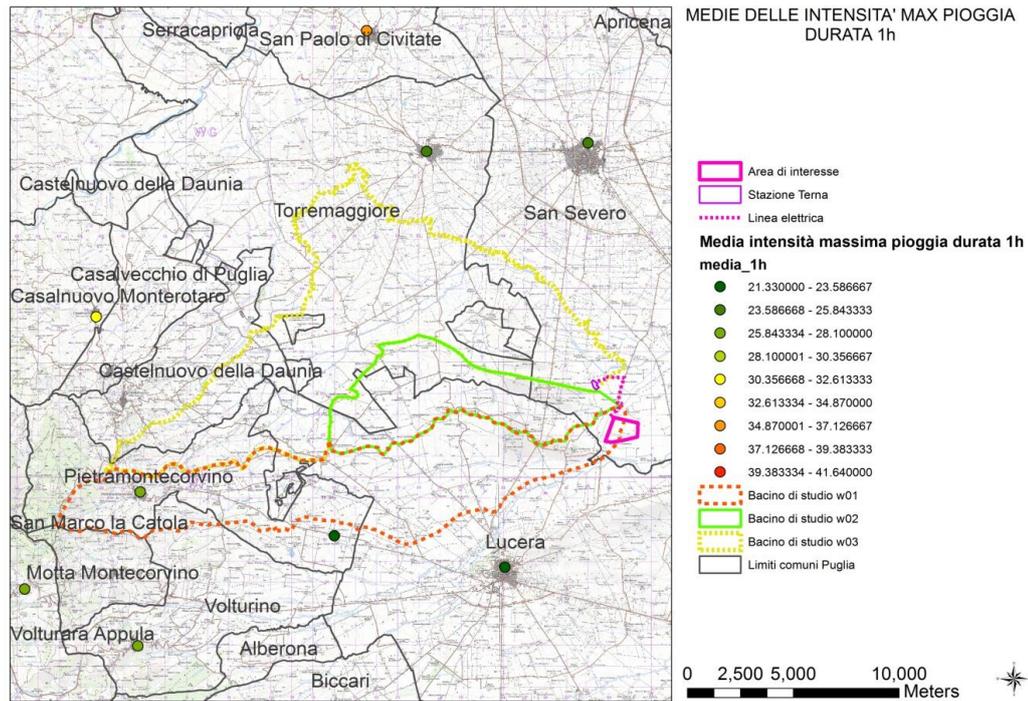


Figura 16 centralina meteo – medie di intensità per 1h.

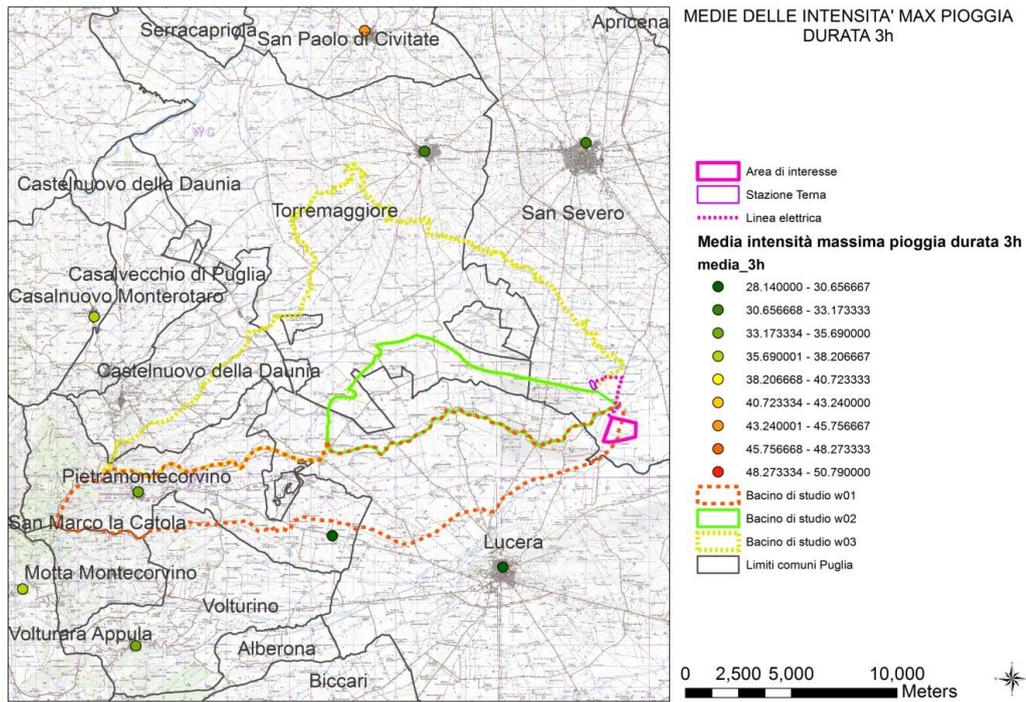


Figura 17 centralina meteo – medie di intensità per 3h.

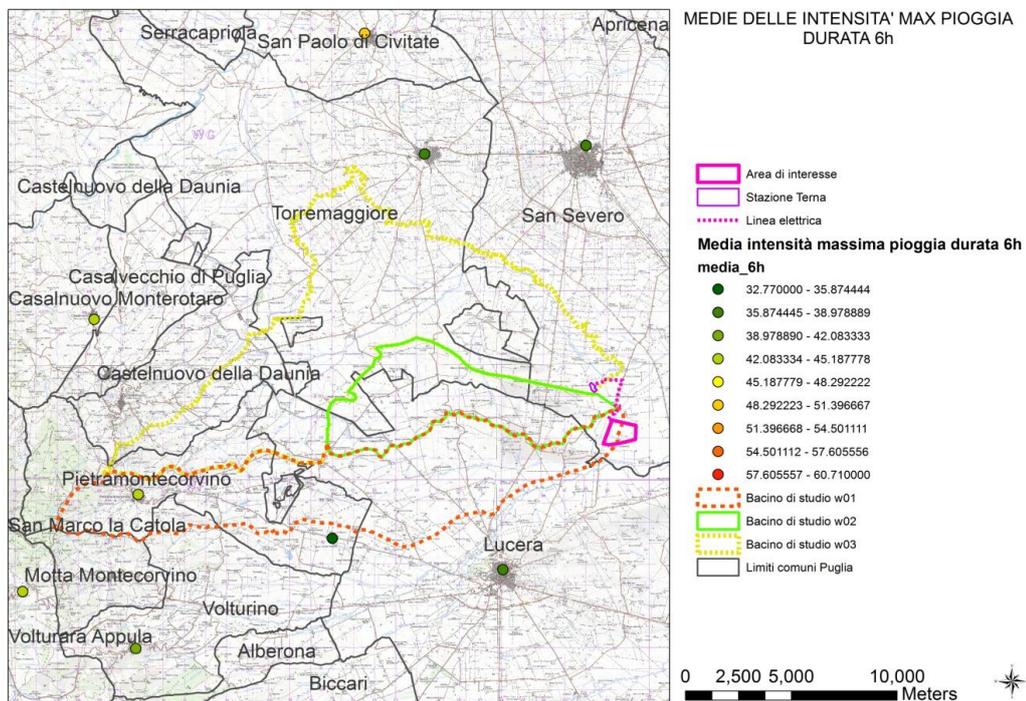


Figura 18 centralina meteo – medie di intensità per 6h.

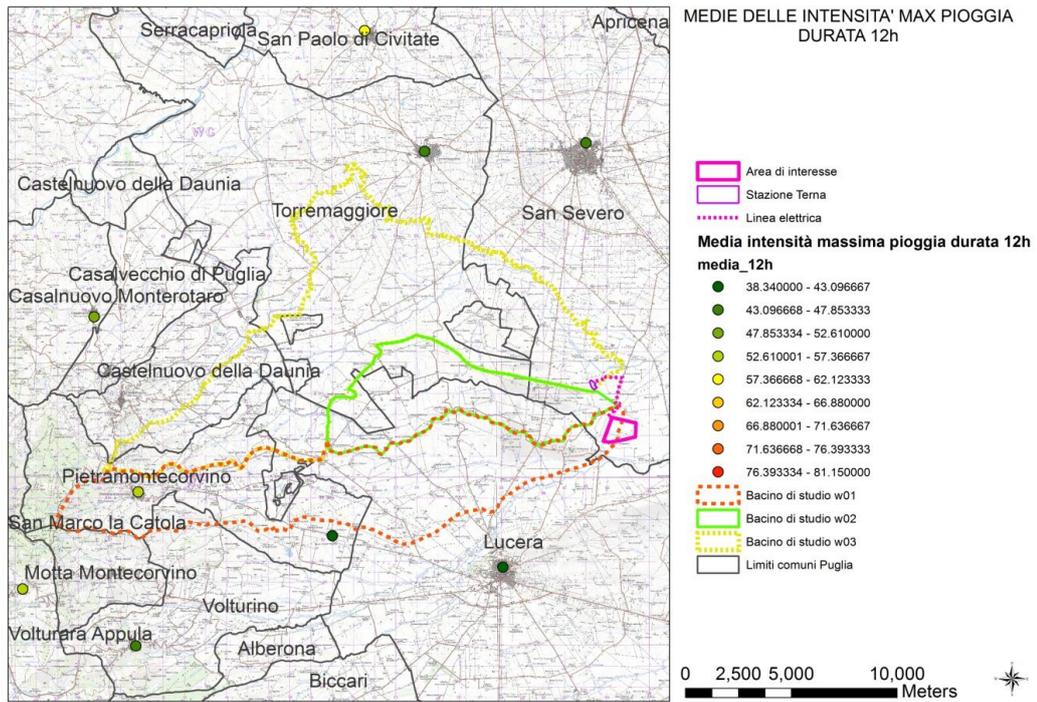


Figura 19 centralina meteo – medie di intensità per 12h.

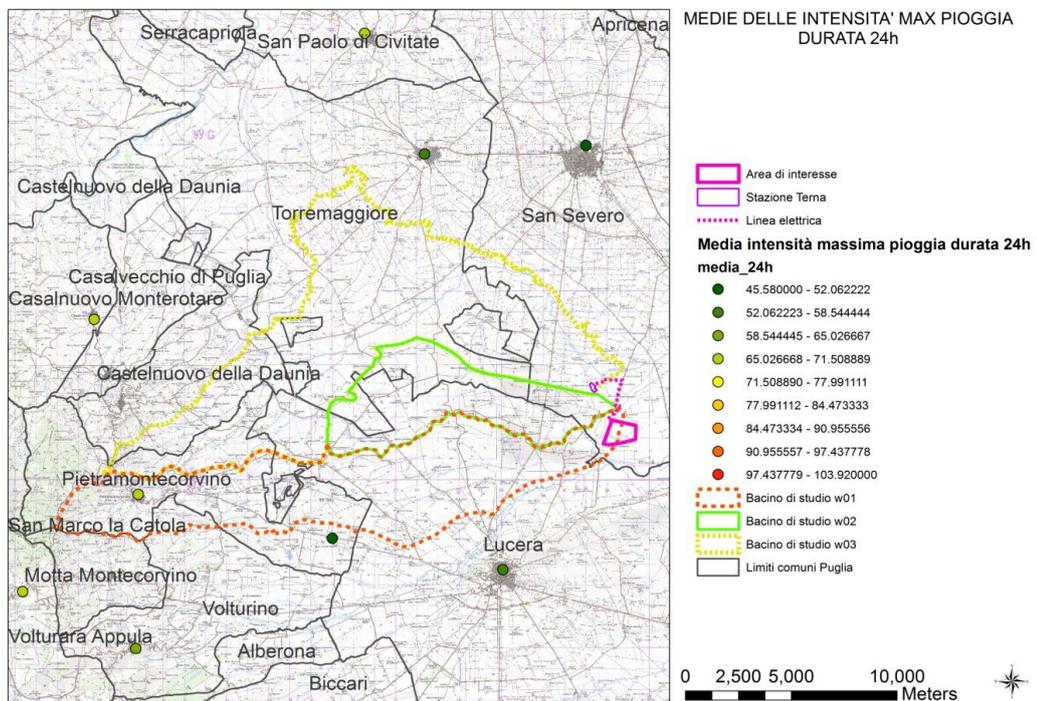


Figura 20 centralina meteo – medie di intensità per 24h.

Di seguito sono stati valutati i parametri della LSPP per ogni stazione in base all'ipotesi di invarianza di scala utilizzando la distribuzione generalizzata del valore estremo (GEV).

I parametri in oggetto relativi ai siti dove sono localizzate le stazioni pluviometriche sono  $\epsilon$  (parametro di posizione),  $\alpha$  (parametro di scala) e  $k$  (parametro di forma).

Per gli altri siti, si riportano nelle figure seguenti le mappe dei parametri  $\epsilon$ ,  $\alpha$  e  $k$  per l'intero territorio analizzato, che sono state ricavate per interpolazione con metodi di kriging.

La relazione che lega la media dei massimi di precipitazione  $hd$  alle durate utilizzando un modello di regressione è la seguente

$$hd = a1 * d^n \quad \text{con } d = \text{durata (ore)}$$

Per la stima di  $a1$  ed  $n$  si usa la regressione lineare sui logaritmi. Per farlo è necessario calcolare le medie dei massimi annui di precipitazione registrati nelle 5 durate 1h,3h,6h,12h,24h.

La seguente tabella seguente fornisce a titolo esplicativo le stime dei parametri relativamente alle durate 1-24 ore per le stazioni di misura ricadenti nei bacini di studio:

STAZIONE	$\epsilon$	$\alpha$	$k$	$a$	$n$
SAN_SEVERO	0.820	0.290	-0.040	24.150	0.239
TORREMAGGIORE	0.810	0.270	-0.110	23.850	0.251
LUCERA	0.800	0.280	-0.120	22.600	0.262
PIETRAMONTECORVINO_AQP	0.800	0.240	-0.210	23.110	0.235
PIETRAMONTECORVINO	0.860	0.290	0.100	26.362	0.295
VOLTURINO	0.790	0.320	-0.080	29.490	0.265
SAN_PAOLO_CIVITATE	0.830	0.240	-0.130	34.930	0.209
CASALNUOVO_MONTEROTARO	0.860	0.220	-0.010	30.120	0.230
VOLTURARA APPULA	0.860	0.300	0.150	27.363	0.273

Nello specifico tali dati unitamente a quelli delle centraline di un adeguato intorno tale da contenere gli errori, sono stati "spazializzati" sul territorio di studio con interpolazione spaziale Kriging e mediati.

Dai calcoli risulta:

<b>bacino</b>	<b>K30</b>	<b>K200</b>	<b>K500</b>	<b>a</b>	<b>n</b>
W1	1.87	2.59	2.97	26.31	0.251
W2	1.87	2.6	2.99	26.68	0.243
W3	1.87	2.62	3.03	26.69	0.247

E quindi le seguenti portate

<b>PORTATE AL COLMO DI PIENA</b>			
<b>bacino</b>	<b>Q30(mc/s)</b>	<b>Q200(mc/s)</b>	<b>Q500(mc/s)</b>
W1	128.8122	178.408369	204.58411
W2	58.14532	80.8437649	92.97033
W3	136.4944	191.238137	221.16472

Nel modello 2d saranno usati, per i tempi di ritorno 30anni 200anni e 500 anni, i valori di portata maggiori rispetto al metodo VAPI in quanto più aderenti alla realtà derivando dalle informazioni delle centraline meteo al 2019.

## **7 ANALISI IDRAULICA – DELLO STATO DI FATTO**

Dopo aver elaborato le portate critiche con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni ed aver scelto le portate calcolate con il metodo razionale a maggior vantaggio di sicurezza, è stata controllata la funzionalità idraulica del tratto di reticolo idrografico in oggetto alle portate critiche prima ricavate.

Per la elaborazione delle aree di allagamento, è stato utilizzato un modello bidimensionale di calcolo è cioè HEC-RAS 6 ed in quanto il solo studio monodimensionale non basta ad un'analisi esaustiva del sistema (presenza di edifici, strade, muretti di recinzione, marciapiedi, ecc.).

### **7.1 TEORIA DEL MODELLO IDRAULICO**

Il software HEC-RAS versione 6 permette la simulazione dei deflussi combinando il modello monodimensionale dell'asta fluviale principale con il modello bidimensionale delle zone esterne.

Le caratteristiche principali dell'algoritmo di modellazione della nuova versione 6 sono:

- Modellazione combinata 1D e 2D che presuppone la simulazione combinata 1D e 2D all'interno dello stesso modello in regime di moto vario che consente di lavorare su schemi fluviali più complessi, usando come sopra descritto la modellazione 1D per l'alveo, e la modellazione 2D aree inondabili esterne.
- Equazioni complete di Saint Venant o di diffusione dell'onda in 2D: l'applicativo risolve sia le equazioni 2D di diffusione dell'onda o quelle complete di Saint Venant. Questa è gestibile dall'utente, consentendo quindi una notevole flessibilità. Le equazioni di diffusione dell'onda in 2D sono gestite dal software al meglio garantendo elevata velocità di calcolo unita ad una notevole stabilità. Le equazioni 2D in forma completa di Saint Venant sono estendibili ad un intervallo abbastanza esteso, ma la maggior parte dei casi che si presentano può essere modellata con adeguata precisione attraverso le equazioni di diffusione dell'onda.
- Algoritmo di soluzione ai volumi finiti: Il risolutore delle equazioni di moto bidimensionale si avvale di un algoritmo implicito ai volumi finiti. L'algoritmo di soluzione permette di utilizzare step temporali di

calcolo maggiori a fronte dei metodi espliciti. L'approccio ai volumi finiti quantifica in modo molto solido i miglioramenti in termini di stabilità e robustezza a fronte alle tradizionali tecniche differenziali di soluzione basate su metodi agli elementi finiti.

- Algoritmo per la soluzione accoppiata dei modelli 1D e 2D: Gli algoritmi di soluzione 1D e 2D sono strettamente correlati nello stesso passo temporale di calcolo permettendo una perfetta coerenza a ogni step tra i modelli 1D e 2D. Ad esempio, se un fiume è modellato in 1D, ma l'area dietro un argine è modellata in 2D, il deflusso al di sopra dell'argine o eventualmente attraverso una breccia nell'argine è valutato utilizzando come carico di monte il livello nel fiume 1D e come carico di valle il livello nell'area 2D. L'equazione dello stramazzone è utilizzata per calcolare il deflusso al di sopra dell'argine o attraverso la breccia. Nelle elaborazioni si presentano spesso i questi casi in presenza di tombini.
- Maglie computazionali strutturate e non strutturate: Il software è stato sviluppato per impiegare mesh computazionali strutturati o non strutturati al fine di ottenere il massimo della flessibilità. In pratica le cellule computazionali possono assumere varie forme come triangoli, quadrati, rettangoli o anche elementi a cinque e sei facce. La maglia può essere una mix di forme e dimensioni delle celle. Il contorno esterno della maglia computazionale ha la forma di un poligono.
- Tabella dettagliata delle proprietà idrauliche per le celle di calcolo: All'interno di HEC-RAS le celle e le facce delle celle si basano sui dati del terreno sottostante digital terrain model (DTM). Ogni cella della maglia computazionale è pre-elaborata 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 matrici delle caratteristiche idrauliche. Il flusso idrico si sposta in tutta la faccia (tra le celle) basandosi su questi dati. Questo facilita l'uso delle celle di dimensioni maggiori conservando il dettaglio del terreno sottostante che presiede il

movimento del flusso. In questa modalità si svolgono meno di calcoli e quindi tempi di esecuzione molto più rapidi.

- Dettagliata mappatura dello scenario degli allagamenti con animazioni: La perimetrazione delle aree inondabili 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 inondate si basa sul modello digitale del terreno e di conseguenza la reale superficie bagnata deriverà dalla morfologia del terreno sottostante e non sulla dimensione della cella di calcolo. Le celle quindi possono anche essere parzialmente bagnate/asciutte.
- delimitazione delle aree di esondazione per diversi tempi di ritorno dettati dall'inserimento di uno o più idrogrammi di piena:
  - possibilità di propagare onde di piena aventi scarsa probabilità di alluvioni;
  - possibilità di propagare onde di piena aventi media probabilità di alluvioni;
  - possibilità di propagare onde di piena possedenti elevata probabilità di alluvioni;
- identificazione dell'altezza del tirante idraulico massimo nelle aree esondate (con colorazione in scala dei valori di profondità);
- stima della velocità massima di propagazione della piena nelle aree esondate (con colorazione in scala dei valori di velocità);
- Algoritmo di calcolo basato su sistemi Multi-Processore: Il modello di calcolo 2D è stato programmato per sfruttare i sistemi multi-thread presenti sui computer moderni (architettura parallela). In questo l'algoritmo di soluzione presenta una maggiore velocità e quindi i computer dotati di più processori saranno in grado di eseguire la modellazione 2D più velocemente rispetto ai computer a singolo processore.
- Motori di calcolo a 64 e 32 bit: HEC-RAS è ora dotato di motori di calcolo sia a 64 bit che a 32 bit. Il software utilizzerà automaticamente i motori di calcolo a 64 bit se si installa su un

sistema operativo a 64 bit con miglioramenti in termini di prestazioni.

## **7.2 APPLICAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO**

### **7.2.1 GEOMETRIA DEL MODELLO**

Ai fini dell'applicazione del modello idraulico, è stato elaborato il modello digitale del terreno della zona di studio presa in considerazione.

Per la elaborazione del modello digitale del terreno è stato usata DTM derivato dalla CTRN.

In questo modo è stato possibile definire un modello digitale del terreno in formato grid le cui celle hanno dimensioni di 8m x 8 m.

Definito il modello digitale del terreno si è ricostruita la conformazione dei luoghi attraverso l'impiego di alcune funzioni del modello di calcolo.

- In particolare si è fatto ricorso alle seguenti funzioni:
- In condition: per assegnare l'idrogramma di piena relativo al bacino;
- Out Condition: per consentire il deflusso al di fuori del dominio computazionale, evitando erronei punti di accumulo.

Area and Width Reduction Factors: per simulare la presenza di edifici o ostacoli al deflusso.

Relativamente ai valori di scabrezza, questi sono stati elaborati dalle mappe di uso del suolo.

Relativamente alla portata immessa per la simulazione sono stati adottati gli idrogrammi di piena venuti fuori dall'analisi idrologica sopra indicata.

### 7.3 RISULTATI

Dopo la preparazione dei dati richiesti dei modelli si è passati alle simulazioni con l'utilizzo del software bidimensionale.

Le simulazioni sono state svolte con l'introduzione dei dati relativi agli eventi di pioggia con tempi di ritorno di 30 anni, 200 anni e 500anni.

Nelle successive figure sono raffigurati i reports della elaborazione che raffigurano le figure con le aree interessate dal passaggio della piena.

Per la determinazione delle aree marginali l'Adb Tevere fa riferimento al seguente diagramma velocità-tirante dove sono indicate diverse combinazioni di pericolosità con un ulteriore margine di sicurezza:

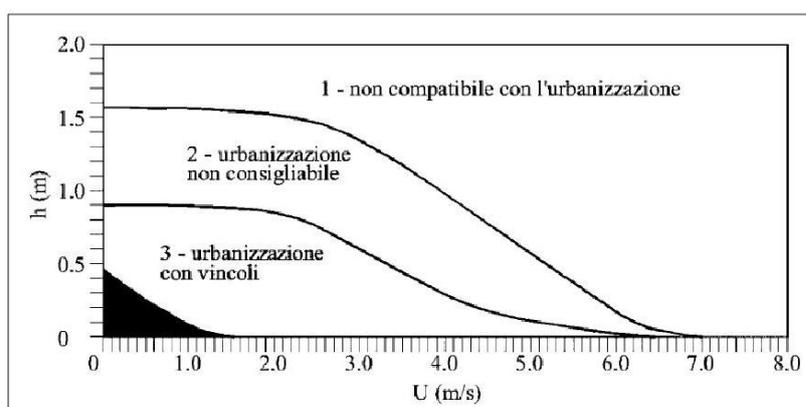


Figura 21 Grafico Tirante/Velocità ed eventuali urbanizzazioni AdB Tevere

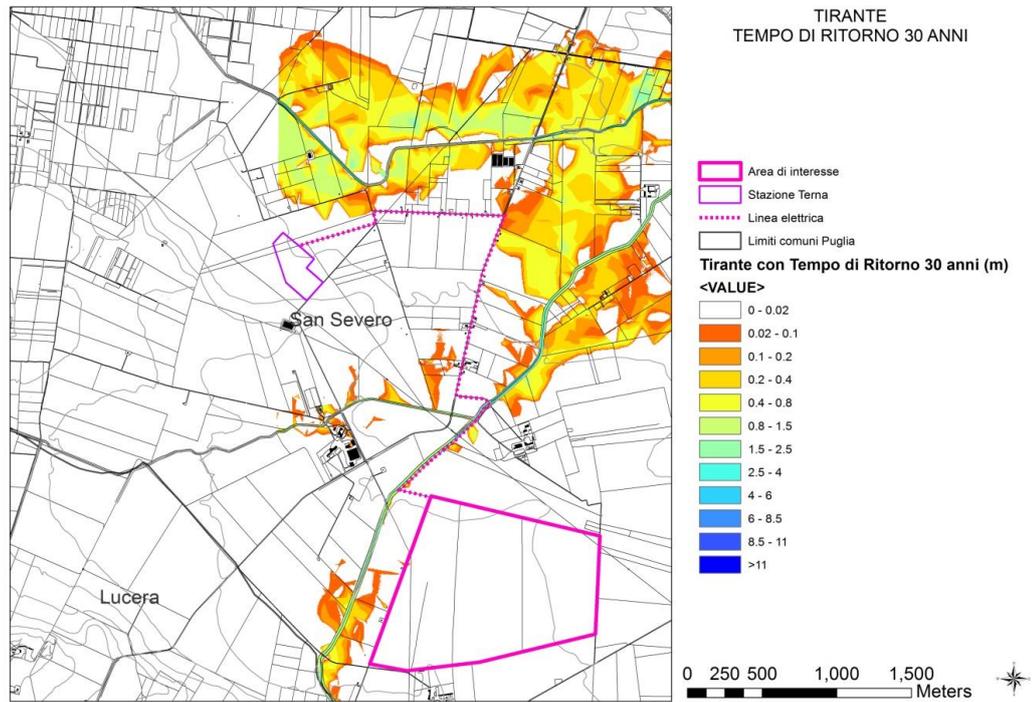


Figura 22 planimetria tiranti tr = 30 anni

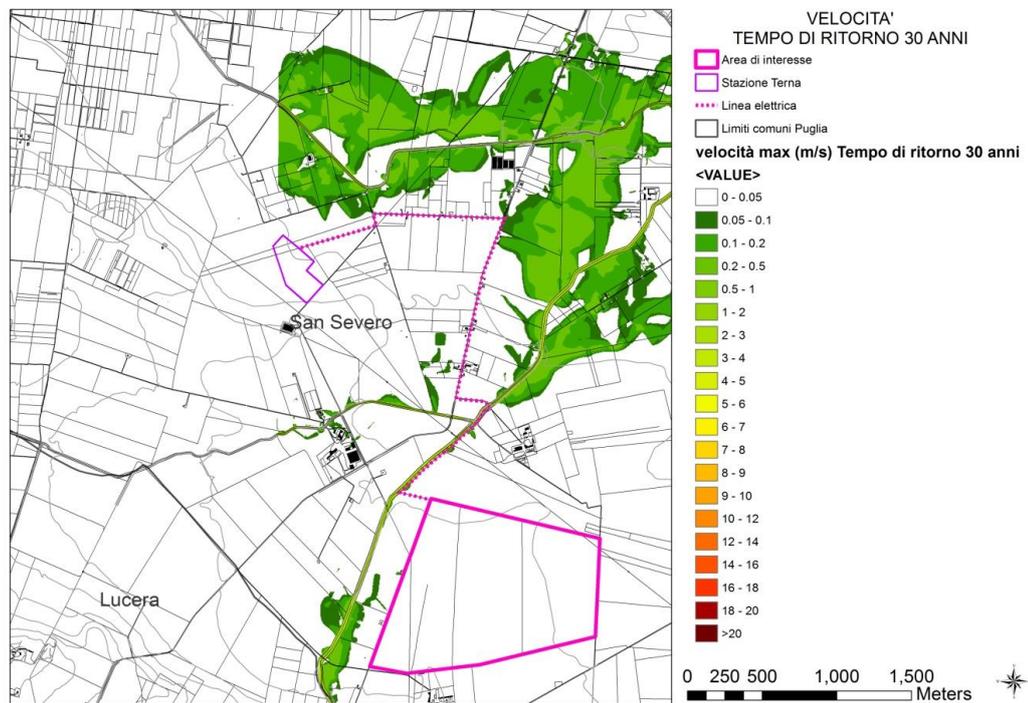


Figura 23 planimetria velocità tr=30 anni

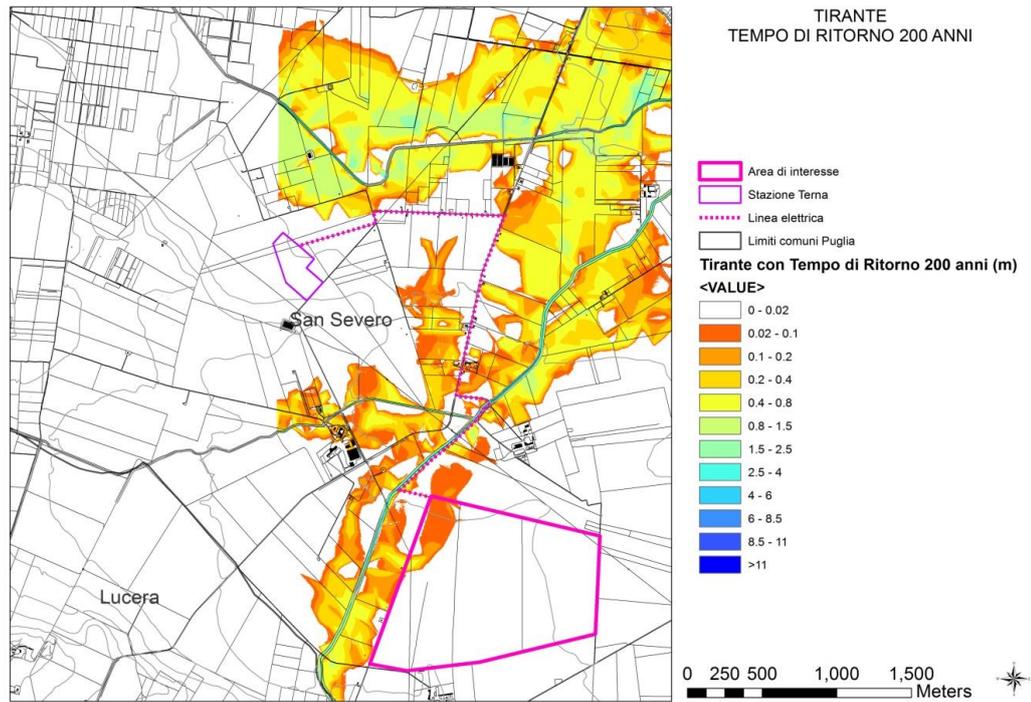


Figura 2415 planimetria tiranti tr=200 anni

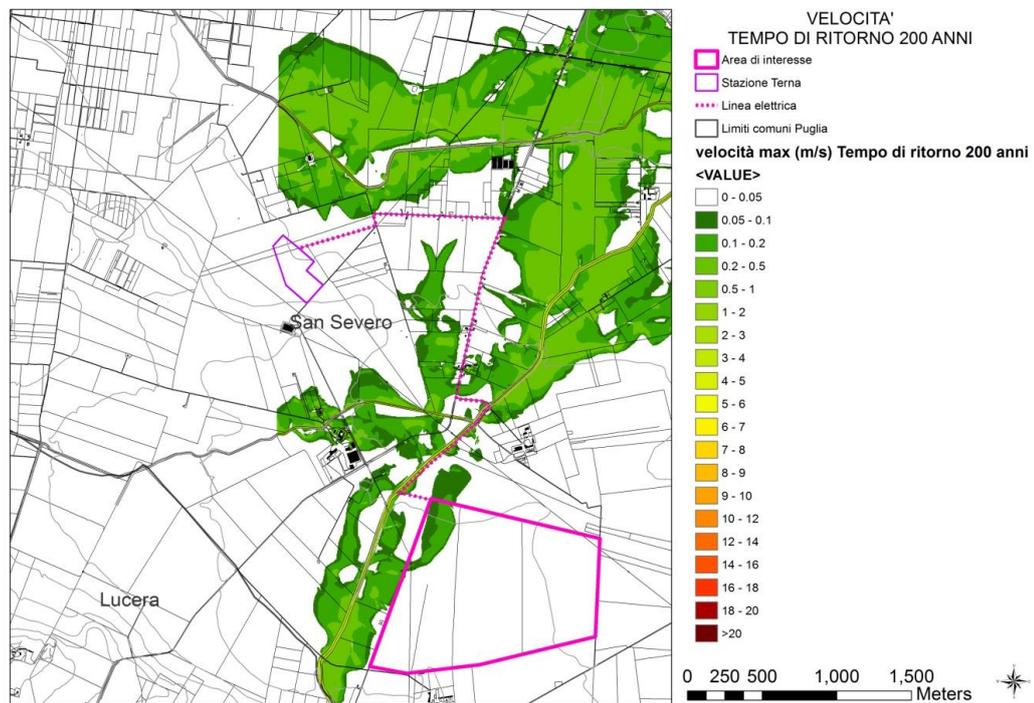


Figura 25 planimetria velocità tr=200 anni

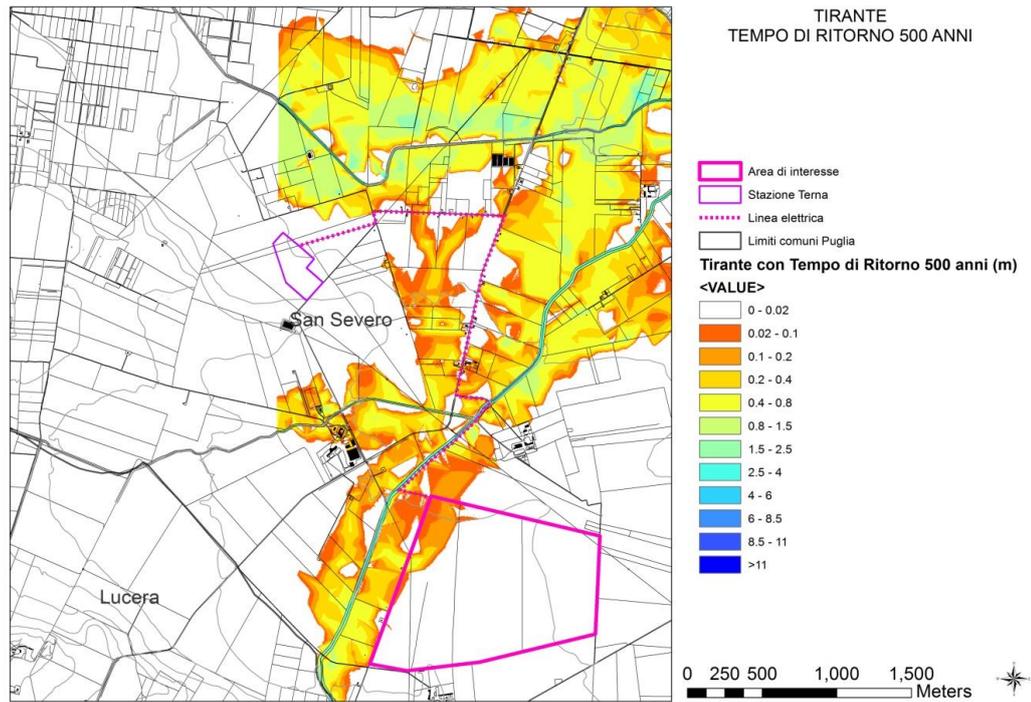


Figura 26 planimetria tiranti tr=500 anni

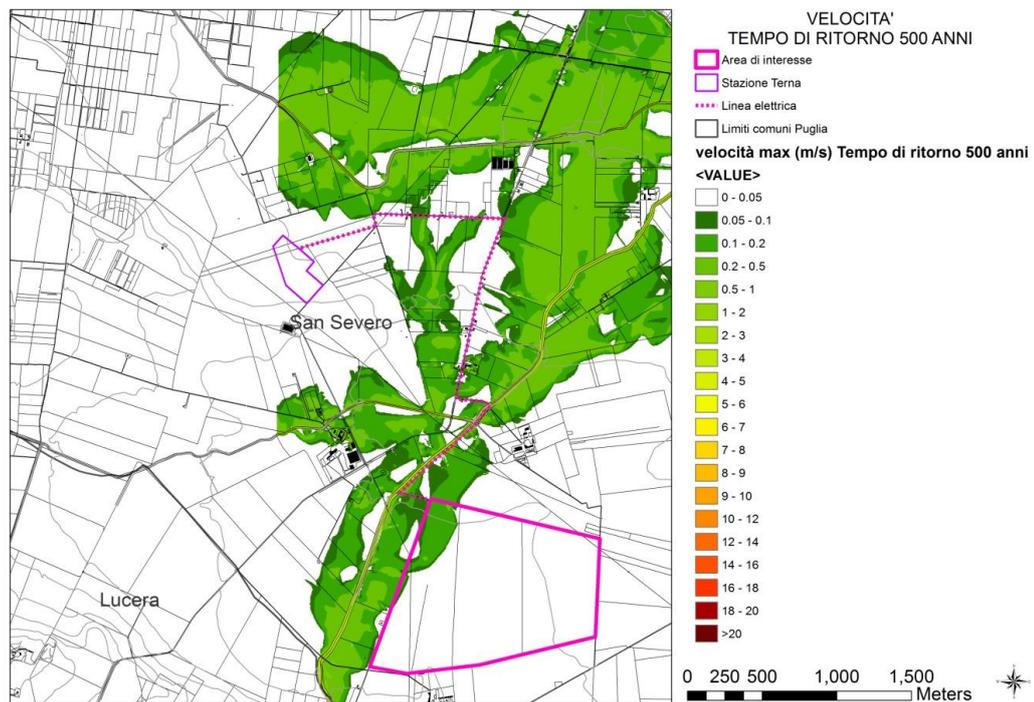


Figura 27 planimetria velocità tr=500 anni

Le elaborazioni eseguite mostrano l'erosione verso più direzioni.

Dalle elaborazioni relative ai tre tempi di ritorno analizzati è stata costruita la carta delle pericolosità idraulica che è riportata figura di seguito indicata.

Comunque l'allagamento di una superficie non implica necessariamente la pericolosità, in quanto i fattori che influiscono sul livello di pericolosità sono la velocità di scorrimento idrico e il tirante.

L'Autorità di Bacino del Tevere ha proposto un diagramma che mette in relazione i due parametri che determinano il livello di pericolosità dell'inondazione e cioè tirante e velocità.

Tenendo conto del suggerimento dell'Autorità di Bacino del Tevere (con restrizione  $t=0.2m$  e  $v=0.53m/s$ ) si assume che la pericolosità idraulica non dipende solo dalla presenza/assenza d'acqua e dell'entità del tirante idrico, ma anche dalla velocità di scorrimento (valutata localmente) fondamentale nel calcolo del livello di danno effettivo.

Viene fuori, dalla elaborazione con il metodo sopra descritto, la seguente mappatura della pericolosità idraulica.

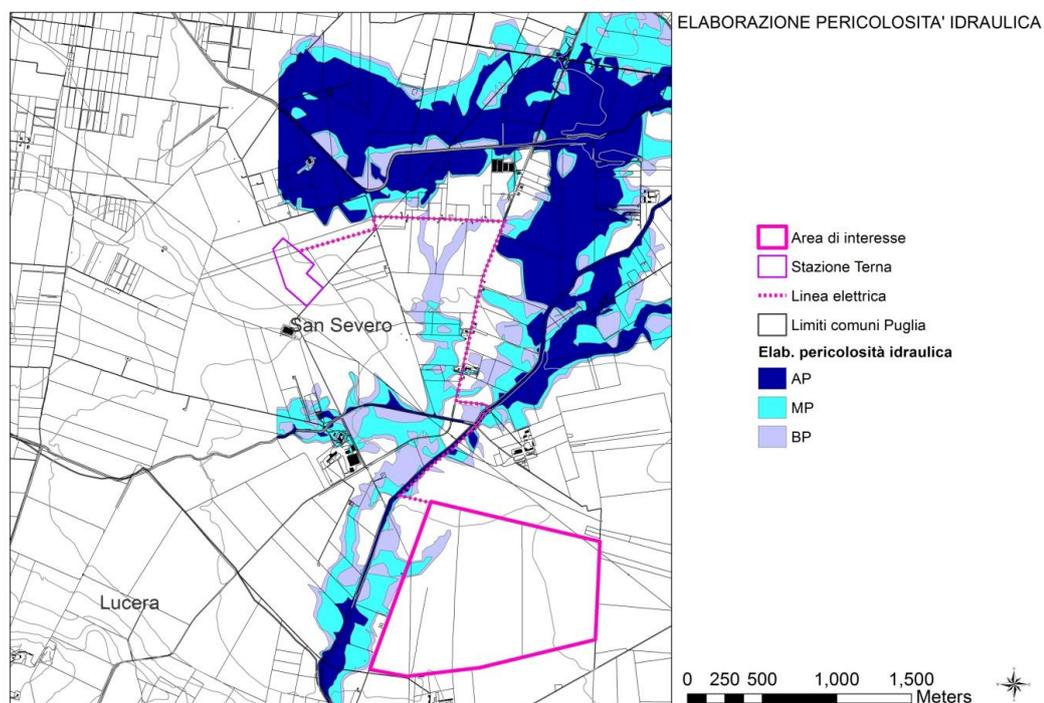


Figura 28 aree a pericolosità idraulica derivanti dallo studio bidimensionale

## 8 APPENDICE (SCHEDE DI RILEVAMENTO PONTI-TOMBINI)

Nelle immagini seguenti sono indicati gli attraversamenti finalizzati a individuare la geometria necessaria al calcolo del passaggio di una corrente attraverso un ponte o tombino.

Non tutti gli attraversamenti sono caratterizzati da un opera d'arte (ponte o tombino). Di seguito saranno riportate le schede relative

Per i dettagli degli attraversamenti andrebbero consultate le sezioni di seguito riportate.

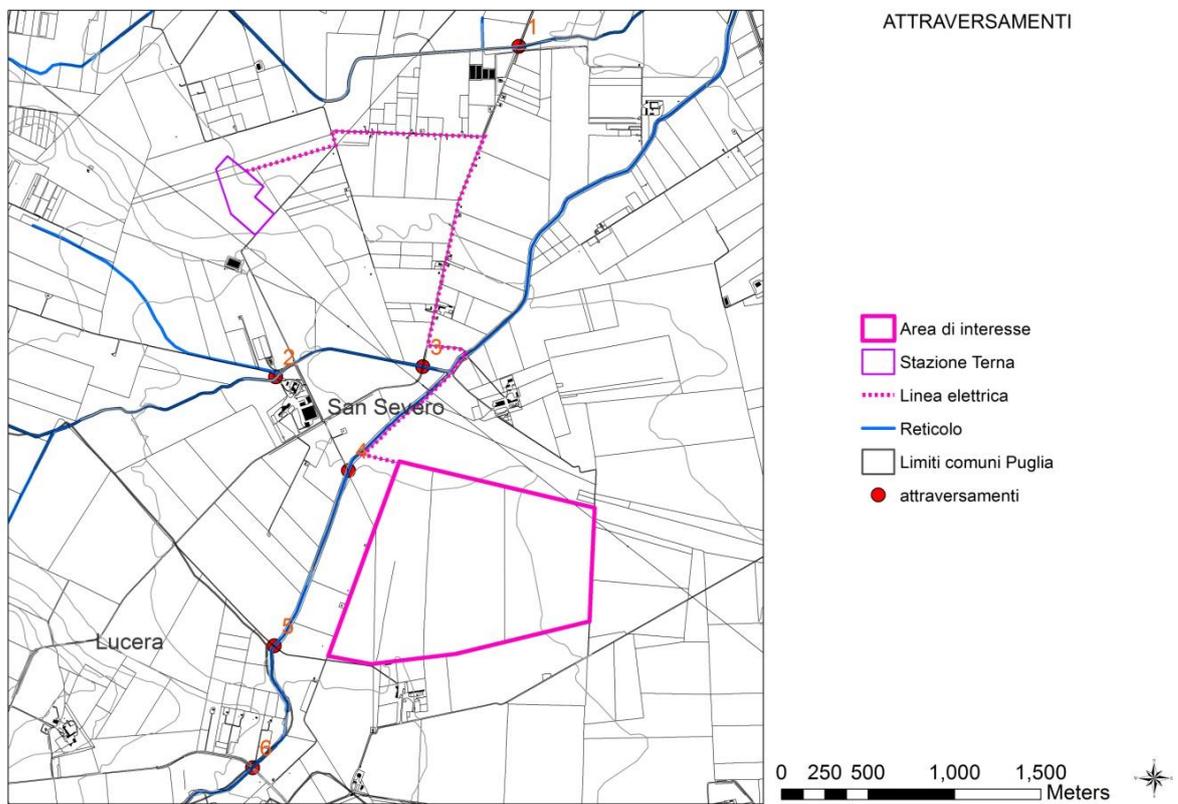


Figura 30 planimetria attraversamenti

## SCHEDA RILIEVO PONTI

TRONCO  
 GESTORE  Consorzio  Comune  Provincia  ANAS  Ferrovia  Altro

CODICE SU CARTOGRAFIA 1  
 COORDINATE EST UTM33 WGS84 533862  
 COORDINATE NORD UTM33 WGS84 4605069  
 DATA RILIEVO APR 2022  
 ATTRAVERSAMENTO (acquedotto, gasdotto, etc)

**TIPOLOGIA PILA** N luci 3 N\_luci ostruite

a 35m b 1.5m

direz. corrente

**TIPOLOGIA PONTE**

Arco  Arco ribassato  Soletta  Capriata in c.a  Travatura reticolare  Capriata c.a.p

**MATERIALE IMPALCATO**

Muratura Calcestruzzo  Mattoni  Acciaio

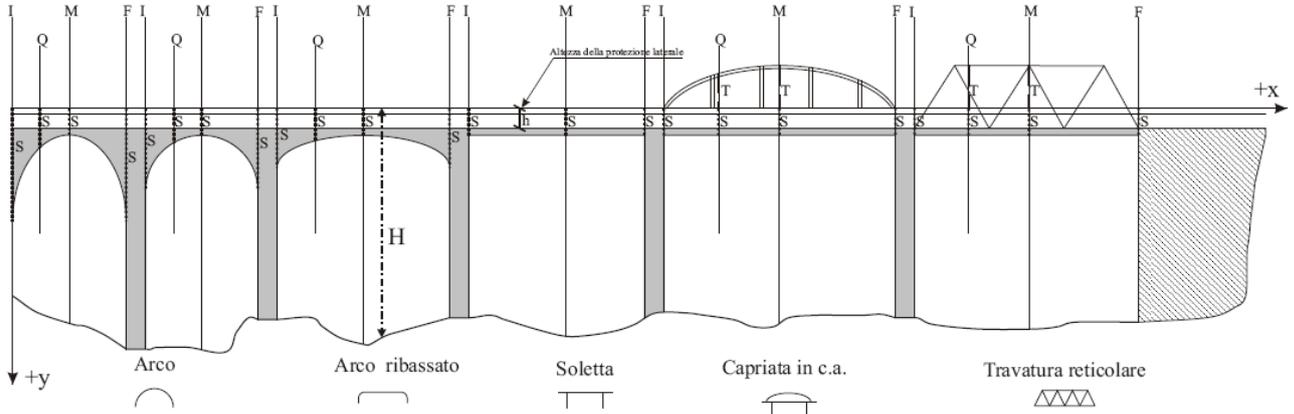
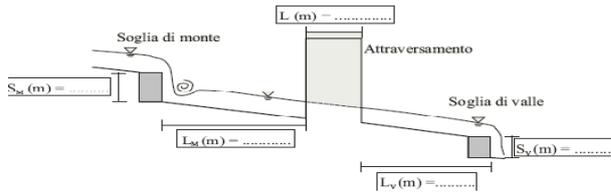
**MATERIALE PILA**

Muratura Calcestruzzo  Mattoni  Acciaio

**PROTEZIONI LATERALI**

Muraturapiena  Inferriata h 1.5m  Guard-rail

### SOGLIE



S spessore impalcato 1.50m

T spessore sovrastrutture

H altezza totale max 4.50m  
 h altezza della protezione laterale 1.00m

rilevato

N	TIPO	X(m)	H(m)	S(m)	T(m)
1	I	0	2	2.0	
2	M	5	3	2.0	
3	F	9.5	3	2.0	
4	I	10.5	3.4	2.0	
5	M	15	3.5	2.0	
6	F	19.5	3.5	2.0	
7	I	20.5	3.2	2.0	
8	M	25	3	2.0	
9	F	29	2	2.0	

Note

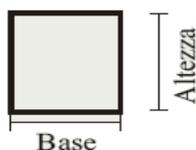
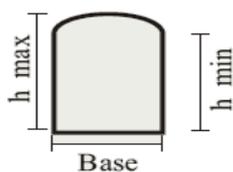
## SCHEDA RILIEVO TOMBINI-PONTI

TRONCO CODICE SU CARTOGRAFIA 2  
 GESTORE  Consorzio COORDINATE EST UTM33 WGS84 532453  
 Comune COORDINATE NORD UTM33 WGS84 4603141  
 Provincia DATA RILIEVO APR 2022  
 ANAS  
 Ferrovia  Tratto tombato  
 canale irrigazione

### CANALE

> Sezione tombino  < Sezione tombino  Rivestito (pietrame c.a.)  
 Buone condizioni  Interrato >50%  Ostruito  
 Presenza folta vegetazione

### TOMBINO



Base(m) Base(m) 14 D min(m) lunghezza(m) 6m  
 h min(m) Altezza(m) 3.5 D max(m) pendenza 2 %  
 h max(m)

buone condizioni  parzialmente ostruito  praticamente ostruito

Note

## SCHEDA RILIEVO TOMBINI-PONTI

TRONCO

CODICE SU CARTOGRAFIA 3

GESTORE

Consorzio

COORDINATE EST UTM33 WGS84 533305

Comune

COORDINATE NORD UTM33 WGS84 4603202

Provincia

DATA RILIEVO APR 2022

ANAS

Ferrovia

Tratto tombato

canale irrigazione

### CANALE

> Sezione tombino  
 c.a.)

< Sezione tombino

Rivestito (pietrame

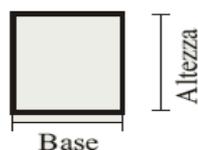
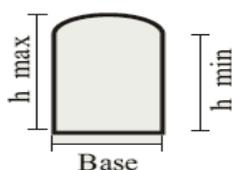
Buone condizioni

Interrato >50%

Ostruito

Presenza folta vegetazione

### TOMBINO



Base(m)

Base(m) 14

D min(m)

lunghezza(m) 6m

h min(m)

Altezza(m) 3.2

D max(m)

pendenza 2 %

h max(m)

buone condizioni  
 ostruito

parzialmente ostruito

praticamente

Note



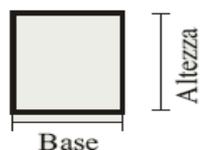
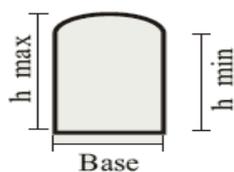
## SCHEDA RILIEVO TOMBINI-PONTI

TRONCO CODICE SU CARTOGRAFIA 4  
 GESTORE  Consorzio COORDINATE EST UTM33 WGS84 532874  
 Comune COORDINATE NORD UTM33 WGS84 4602596  
 Provincia DATA RILIEVO APR 2022  
 ANAS  
 Ferrovia  Tratto tombato  
 Acquedotto

### CANALE

> Sezione tombino  < Sezione tombino  Rivestito (pietrame c.a.)  
 Buone condizioni  Interrato >50%  Ostruito  
 Presenza folta vegetazione

### TOMBINO



Base(m) Base(m) 4 D min(m) lunghezza(m) 1m  
 h min(m) Altezza(m) 2-3.7 D max(m) pendenza 2  
 %  
 h max(m)

buone condizioni  parzialmente ostruito  praticamente ostruito

Note

Foto



## SCHEDA RILIEVO PONTI

TRONCO		CODICE SU CARTOGRAFIA 5
GESTORE	<input type="checkbox"/> Consorzio	COORDINATE EST UTM33 WGS84 532445
	<input type="checkbox"/> Comune	COORDINATE NORD UTM33 WGS84 4601573
	<input checked="" type="checkbox"/> Provincia	DATA RILIEVO APR 2022
	<input type="checkbox"/> ANAS	
	<input type="checkbox"/> Ferrovia	ATTRAVERSAMENTO (acquedotto, gasdotto, etc)
	<input type="checkbox"/> Altro	

**TIPOLOGIA PILA**      N luci 3      N\_luci      ostruite

a    35m    b    1.5m

direz. corrente

### TIPOLOGIA PONTE

Arco     Arco ribassato     Soletta     Capriata in c.a     Travatura reticolare  
 Capriata c.a.p

### MATERIALE IMPALCATO

Muratura Calcestruzzo     Mattoni     Acciaio

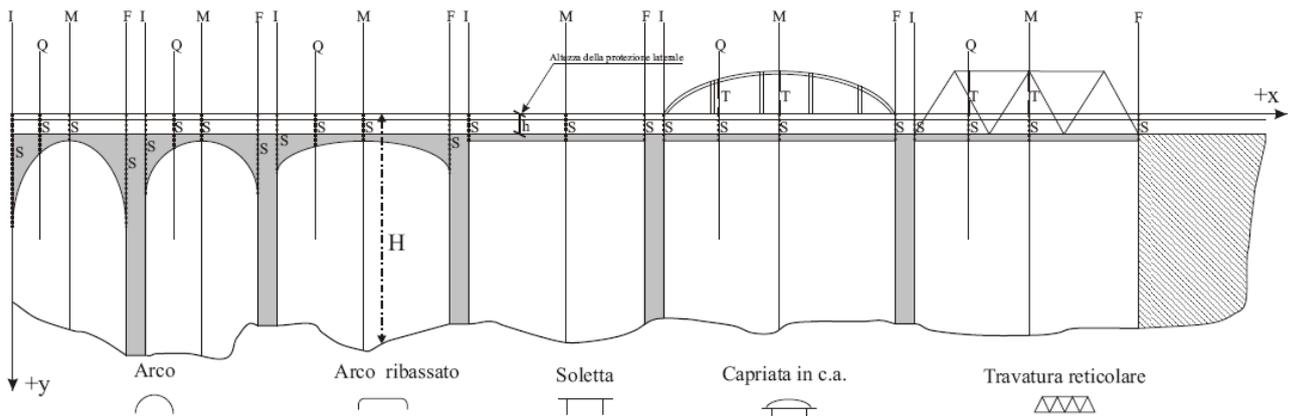
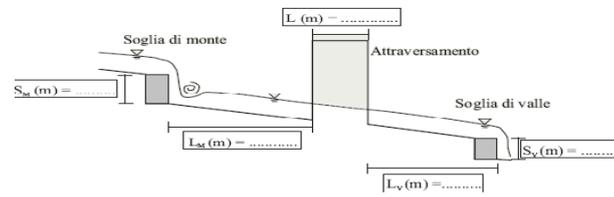
### MATERIALE PILA

Muratura Calcestruzzo     Mattoni     Acciaio

### PROTEZIONI LATERALI

Muraturapiena     Guard-rail  
 Inferriata h 1.5m

### SOGLIE



S spessore impalcato 1.50m

T spessore sovrastrutture

H altezza totale max 4.50m

h altezza della protezione laterale 1.00m

 rilevato

N	TIPO	X(m)	H(m)	S(m)	T(m)
1	I	0	2	2.0	
2	M	5	3	2.0	
3	F	9.5	3	2.0	
4	I	10.5	3.4	2.0	
5	M	15	3.5	2.0	
6	F	19.5	3.5	2.0	
7	I	20.5	3.2	2.0	
8	M	25	3	2.0	
9	F	29	2	2.0	

Note



## SCHEDA RILIEVO PONTI

TRONCO		CODICE SU CARTOGRAFIA 6
GESTORE	<input type="checkbox"/> Consorzio	COORDINATE EST UTM33 WGS84 532219
	<input type="checkbox"/> Comune	COORDINATE NORD UTM33 WGS84 4600863
	<input checked="" type="checkbox"/> Provincia	DATA RILIEVO APR 2022
	<input type="checkbox"/> ANAS	
	<input type="checkbox"/> Ferrovia	ATTRAVERSAMENTO (acquedotto, gasdotto, etc)
	<input type="checkbox"/> Altro	

<b>TIPOLOGIA PILA</b>	N luci 3	N_luci	ostruite
	a	35m	b 1.5m
direz. corrente			
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			

**TIPOLOGIA PONTE**

<input type="checkbox"/> Arco	<input type="checkbox"/> Arco ribassato	<input checked="" type="checkbox"/> Soletta	<input type="checkbox"/> Capriata in c.a	<input type="checkbox"/> Travatura reticolare	<input type="checkbox"/> Capriata c.a.p	

**MATERIALE IMPALCATO**

<input type="checkbox"/> Muratura Calcestruzzo		<input type="checkbox"/> Mattoni	<input checked="" type="checkbox"/> Acciaio

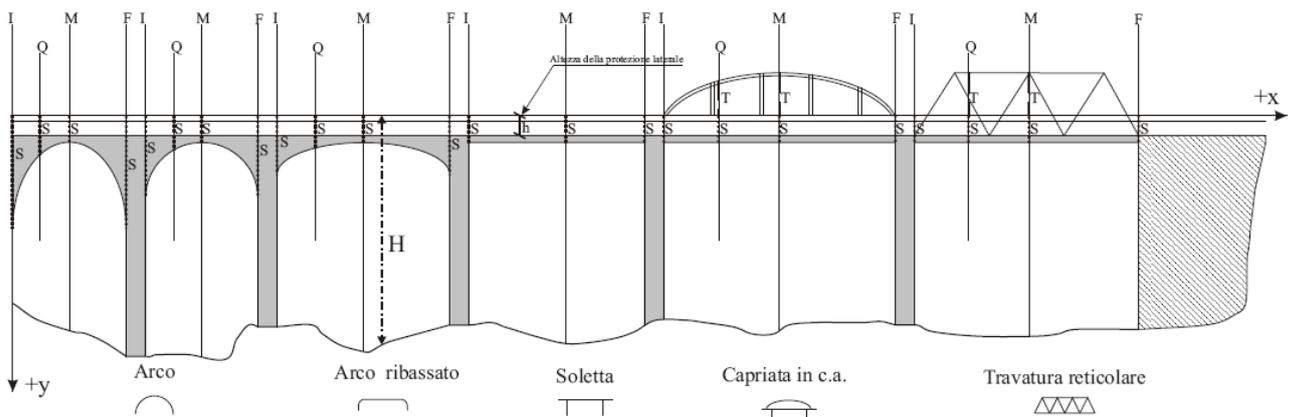
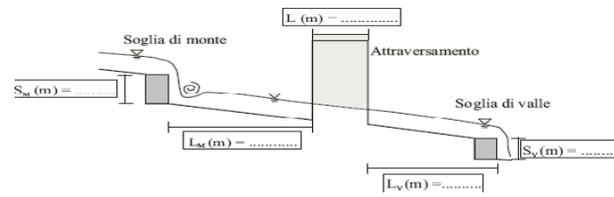
**MATERIALE PILA**

<input type="checkbox"/> Muratura Calcestruzzo		<input type="checkbox"/> Mattoni	<input checked="" type="checkbox"/> Acciaio

**PROTEZIONI LATERALI**

<input type="checkbox"/> Muraturapiena		<input checked="" type="checkbox"/> Guard-rail
<input type="checkbox"/> Inferriata h 1.5m		

**SOGLIE**



S spessore impalcato 1.50m

T spessore sovrastrutture

H altezza totale max 4.50m  
 laterale 1.00m

h altezza della protezione

rilevato

N	TIPO	X(m)	H(m)	S(m)	T(m)
1	I	0	2	2.0	
2	M	5	3	2.0	
3	F	9.5	3	2.0	
4	I	10.5	3	2.0	
5	M	15	3.1	2.0	
6	F	19.5	3.5	2.0	
7	I	20.5	3	2.0	
8	M	25	3	2.0	
9	F	29	2	2.0	

Note



## SCHEDA RILIEVO PONTI

TRONCO		CODICE SU CARTOGRAFIA 7
GESTORE	<input type="checkbox"/> Consorzio	COORDINATE EST UTM33 WGS84 533560
	<input type="checkbox"/> Comune	COORDINATE NORD UTM33 WGS84 4603276
	<input checked="" type="checkbox"/> Provincia	DATA RILIEVO APR 2022
	<input type="checkbox"/> ANAS	
	<input type="checkbox"/> Ferrovia	ATTRAVERSAMENTO (acquedotto, gasdotto, etc)
	<input type="checkbox"/> Altro	

<b>TIPOLOGIA PILA</b>	N luci 3	N_luci	ostruite
	a	35m	b 1.5m
direz. corrente			
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			

### TIPOLOGIA PONTE

<input type="checkbox"/> Arco	<input type="checkbox"/> Arco ribassato	<input checked="" type="checkbox"/> Soletta	<input type="checkbox"/> Capriata in c.a	<input type="checkbox"/> Travatura reticolare	<input type="checkbox"/> Capriata c.a.p	

### MATERIALE IMPALCATO

<input type="checkbox"/> Muratura Calcestruzzo		<input type="checkbox"/> Mattoni	<input checked="" type="checkbox"/> Acciaio

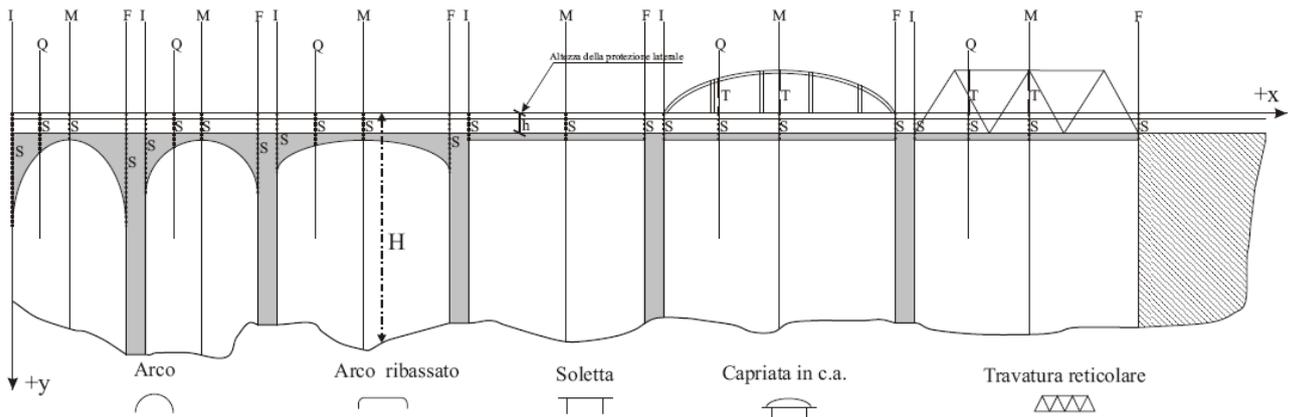
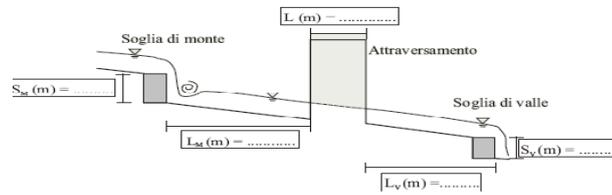
### MATERIALE PILA

<input type="checkbox"/> Muratura Calcestruzzo		<input type="checkbox"/> Mattoni	<input checked="" type="checkbox"/> Acciaio

### PROTEZIONI LATERALI

<input type="checkbox"/> Muraturapiena	<input type="checkbox"/> Inferriata h 1.5m	<input checked="" type="checkbox"/> Guard-rail

### SOGLIE



S spessore impalcato 1.50m

T spessore sovrastutture

H altezza totale max 4.50m

h altezza della protezione laterale

1.00m

rilevato

N	TIPO	X(m)	H(m)	S(m)	T(m)
1	I	0	2	2.0	
2	M	5	3	2.0	
3	F	9.5	3	2.0	
4	I	10.5	3	2.0	
5	M	15	3.1	2.0	
6	F	19.5	3.5	2.0	
7	I	20.5	3	2.0	
8	M	25	3	2.0	
9	F	29	2	2.0	

Note



## 9 CONCLUSIONI

Il presente studio idrologico ed idraulico, come schematizzato nelle figure riportate in coda al presente paragrafo, è in sintesi:

1. studio morfologico dei bacini idrografici di studio;
2. studio idrologico, finalizzato al calcolo dei dati pluviometrici necessari a calcolare la portata al colmo di piena per un periodo di ritorno pari a 30 200 e 500 anni, in riferimento alla procedura VaPi Puglia e GEV, per le sezioni di interesse lungo il reticolo di studio;
3. studio idraulico, consistente nel valutare la capacità di smaltimento del tratto del reticolo idrografico con modello 2D;
4. definizione delle aree allagabili nei periodi di ritorno di 30 200 e 500 anni. L'area allagabile con TR 200 e 500 anni interessa l'impianto fotovoltaico in progetto e intercetta la linea elettrica in piccole superfici.
5. verifica altezza pali della struttura di sostegno pannelli fotovoltaici con tiranti e velocità a 200 e 500 anni.

Le portate di piena sono state determinate sia con il metodo VAPI che con un metodo statistico basato sulla elaborazione di GEV (effettuata sui dati pluviometrici aggiornati al 2019 di diverse centraline presenti nell'area).

I valori in input utilizzati per la simulazione idraulica sono stati quelli che tra le due diverse metodiche sono risultati più cautelativi.

Appare ragionevole precisare che l'area in studio è stato già oggetto di studio da parte dell'AdB Puglia ora Autorità di Bacino del Distretto dell'Appennino Meridionale e esso è soggetto a quanto previsto delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI.

Le aree interessate dal progetto di realizzazione del parco fotovoltaico sono interessate in maniera marginale da pericolosità idraulica. Le risultanze del presente studio mostrano che gli eventi di piena, con portate con tempi di ritorno calcolati per 200 e 500 anni, interessano queste porzioni di area con tiranti inferiori a 50 cm e velocità molto basse (<0.8 m/sec). Inoltre le aree allagabili vengono interessate dalla piena generando un accumulo superficiale di

acqua senza innescare scorrimenti verso valle. A fine evento le acque rientrano nell'alveo del corso d'acqua o si infiltrano nel sottosuolo. Pertanto, le opere non modificheranno il regime idraulico del corso d'acqua sia a monte che a valle dell'area in studio.

Nelle aree a pericolosità idraulica si consiglia di prevedere la messa a dimora, tra quelle previste dal progetto, di colture che consentono un sesto di impianto più largo e un impalcato più alto, al fine di consentire il regolare deflusso delle acque superficiali.

Infine, il cavidotto previsto, intercetta aree a pericolosità idraulica. Questo, in corrispondenza degli attraversamenti verrà realizzato mediante staffatura laterale all'impalcato di un ponte esistente in modo da non arrecare alcun ostacolo al deflusso risultandone al contempo protetto per il regolare e corretto funzionamento dell'opera. In tutti gli altri casi il cavidotto sarà interrato e posato sul fondo di una trincea al di sotto di strade esistenti o di piste per mezzi agricoli adeguate tramite posa di misto granulare coerente con i tratti esistenti, consentendo il naturale deflusso delle acque superficiali.

Castellaneta, maggio 2022

il Tecnico  
Geol. Donato Perniola

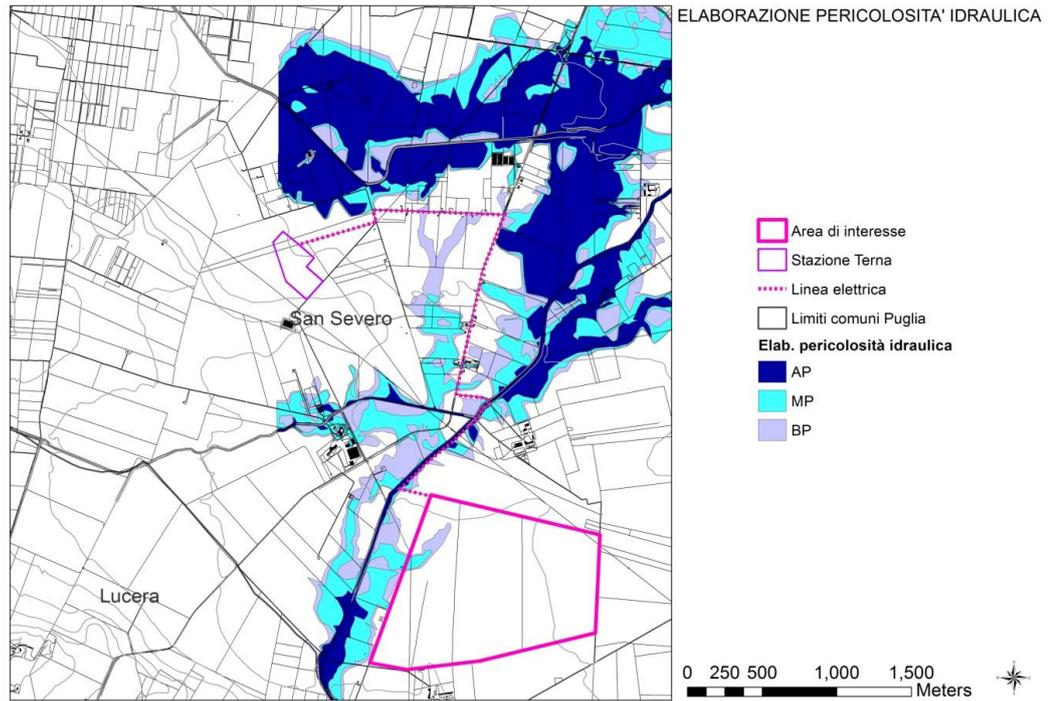


Figura 31 elab. pericolosità idraulica

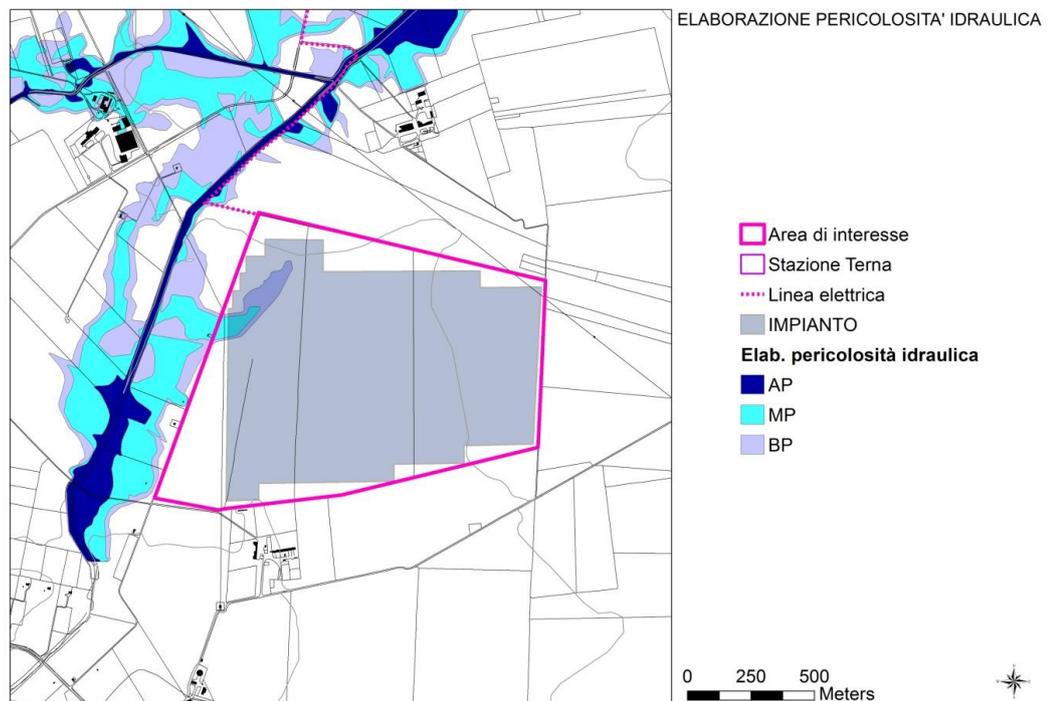


Figura 32 elab. pericolosità idraulica con impianto fotovoltaico

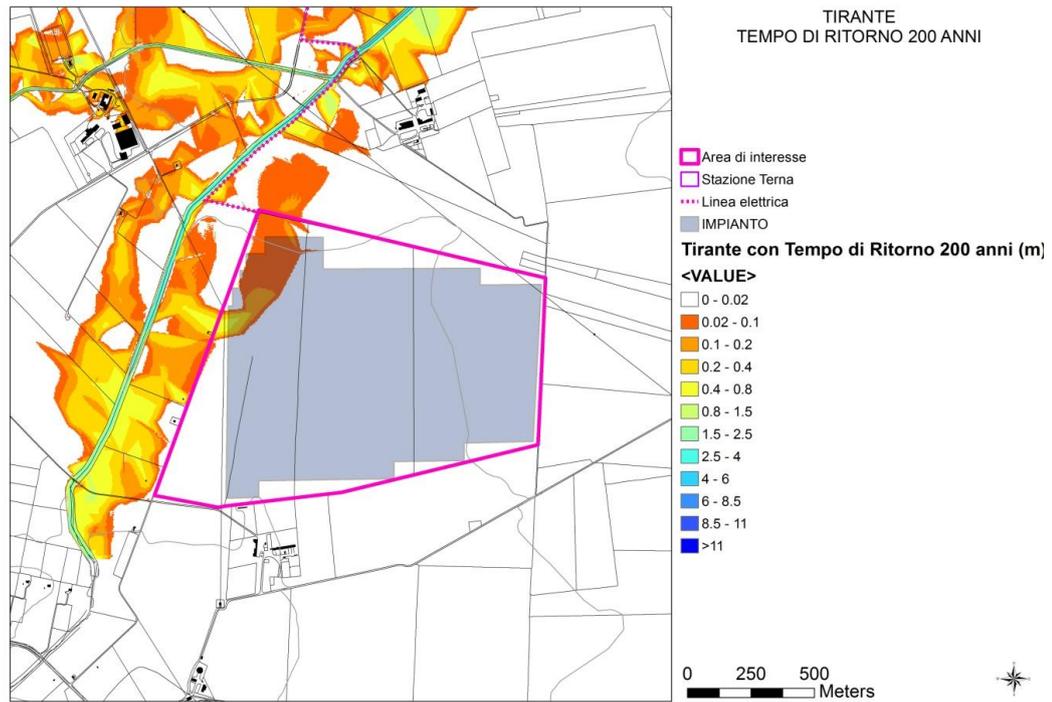


Figura 33 tirante  $tr=200$  anni area impianto fotovoltaico

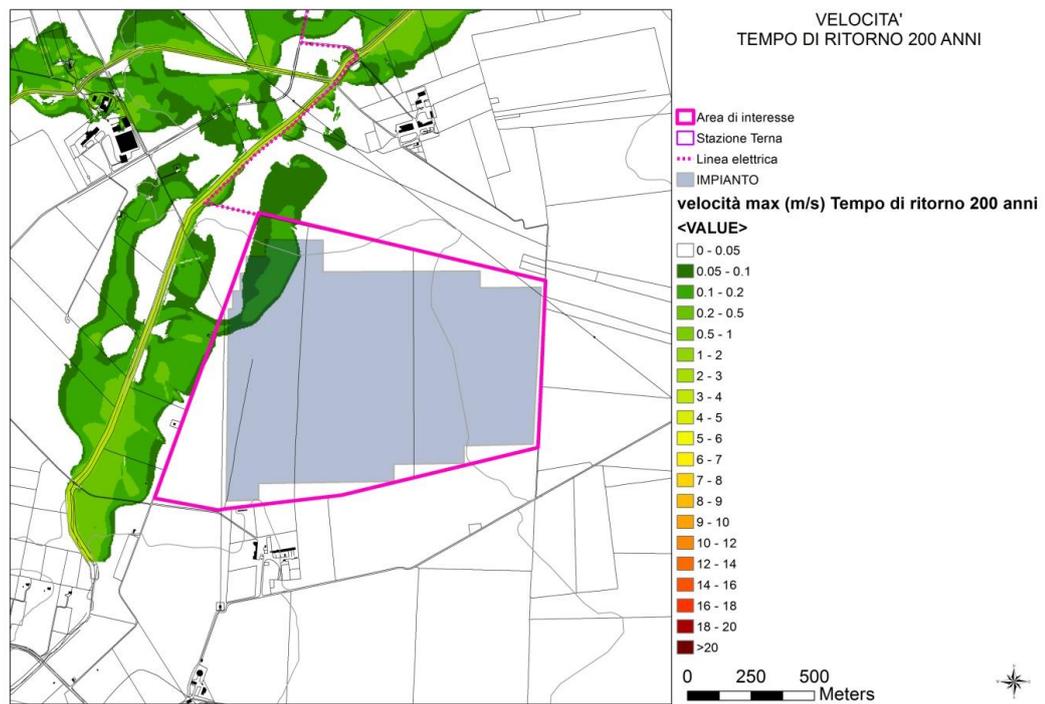


Figura 34 velocità  $tr=200$  anni area impianto fotovoltaico

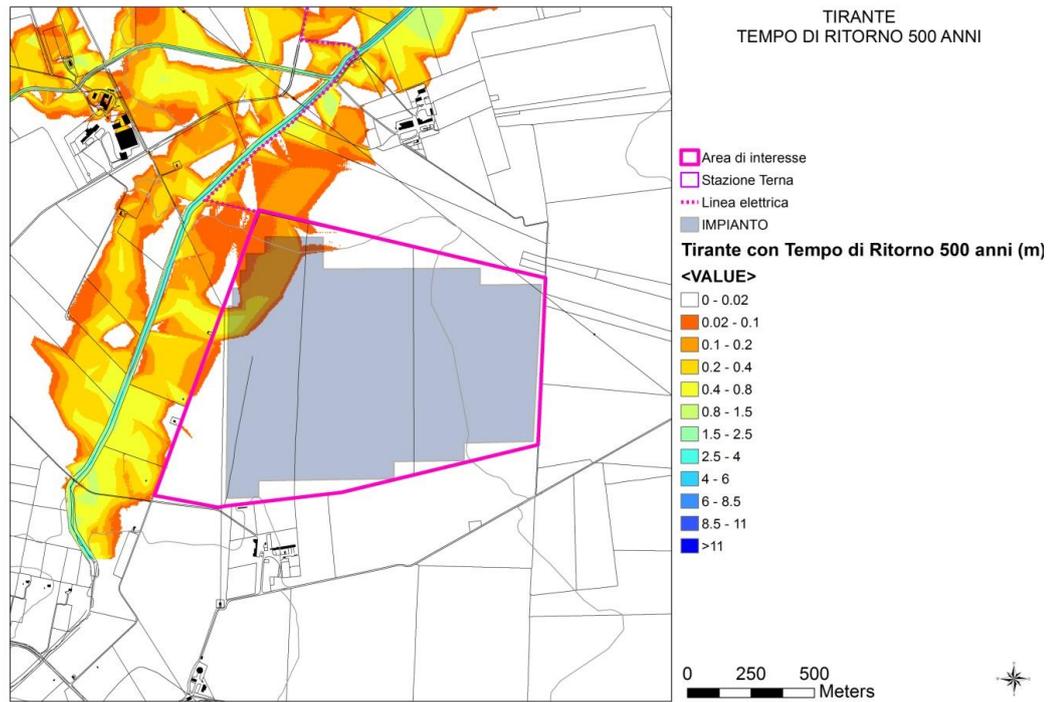


Figura 35 tirante tr=500 anni area impianto fotovoltaico

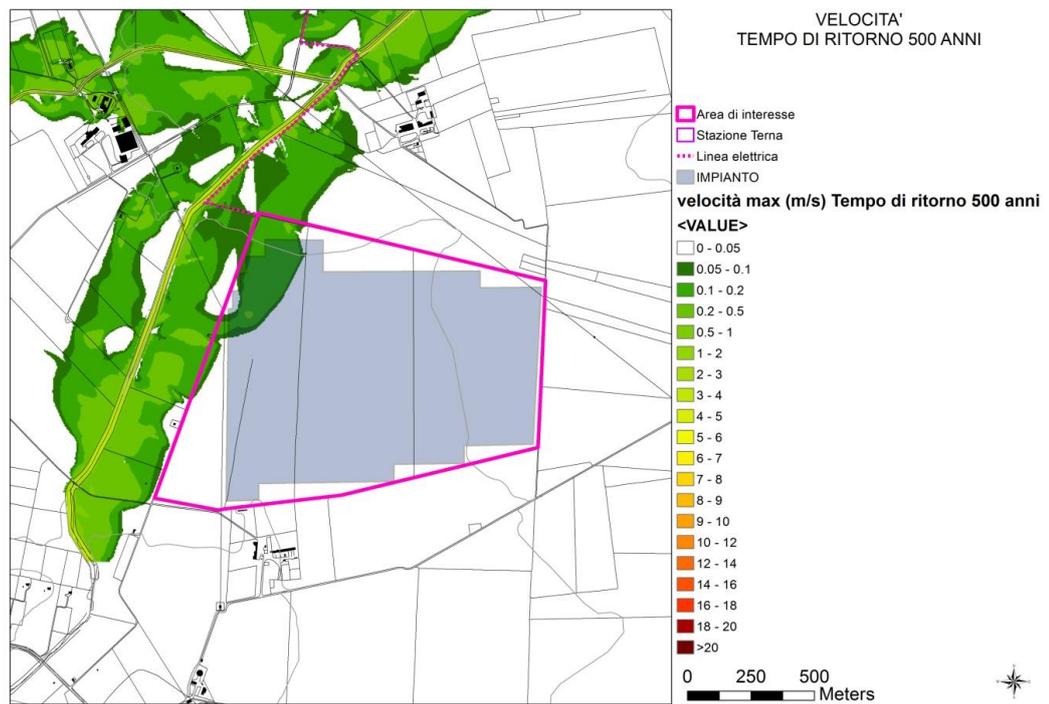


Figura 36 velocità tr=500 anni area impianto fotovoltaico