



REGIONE PUGLIA  
 PROVINCIA DI BRINDISI  
 COMUNE DI CEGLIE MESSAPICA



Progetto: SPV 39 Impianto Agrivoltaico ubicato nell'agro del Comune di Ceglie Messapica (Br), sui terreni censiti nel N.C.T di Ceglie Messapica come da tabella riportata a destra.

Potenza ai fini della connessione 45 MW.  
 Potenza di Picco della Cen.le Agrivoltaica 50,4 Mw  
 Cod. Rint. da Definire a Cura di Terna S.p.A. 202402966

Piano Particolare Progetto			
ID Foglio Catastale	ID Particela	Nota	Ditta/Proprietà
Foglio 77	3	Parte	Ricc' Pasquale
Foglio 77	2	Parte	Ricc' Pasquale
Foglio 77	116	Parte	Ricc' Pasquale
Foglio 78	6	Completa	Ricc' Pasquale
Foglio 78	7	Completa	Ricc' Pasquale
Foglio 78	8	Completa	Ricc' Pasquale
Foglio 77	1	Completa	Ricc' Pasquale
Foglio 78	1	Completa	Ricc' Pasquale
Foglio 78	4	Completa	Ricc' Pasquale
Foglio 78	5	Completa	Ricc' Pasquale
Foglio 77	11	Completa	Ricc' Pasquale
Foglio 77	17	Completa	Ricc' Pasquale
Foglio 77	208	Completa	Ricc' Pasquale
<b>SOMMARIO MQ</b>		<b>8084723</b>	

NELLA DISPONIBILITA' DEL PROPONENTE GIUSTO CONTRATTO PRELIMINARE PER LA COSTITUZIONE DI DIRITTO DI SUPERFICIE N. 13648/11327 DEL 11/07/2024 BRINDISI

Codice elaborato	PROGETTO DEFINITIVO	FEBBRAIO 2025
------------------	---------------------	---------------

<b>CAS.SP39.R19</b>	Relazione Idraulica, idrologica, e di compatibilità
Scala: Non applicabile	Idraulica

DATA	MOTIVO REVISIONE	REDATTO	APPROVATO
19/02/2025	//		ING. FRANCESCO CIRACI'

COMMITTENTE: **FFK SPV 1 S.R.L.**

Relazione Specialistica a cura di:



VIA DURINI 4  
 20122 - MILANO (MI)  
 P.IVA 13119050964 (IT)

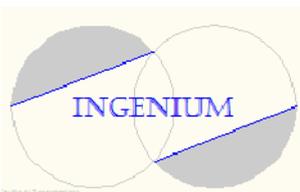


PROGETTISTA

**Studio di Ingegneria di Ciraci Francesco**

Sede legale: San Lorenzo n. 2,  
 Ceglie Messapica (Br), 72013,  
 Cell.3382328300

Email: ciracifrancesco@gmail.com



<b>INGENIUM</b> Studio di Ingegneria Ing. Francesco Ciraci	<b>PROGETTO SPV 39 – Ceglie - Casamassima</b> Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,0 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	<b>FFK</b> <b>RENEWABLES</b> <b>ITALY S.P.A.</b>
--	--	--

## INDICE

PREMESSA	2
1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE	3
2 ANALISI TOPOGRAFICA	5
3 ANALISI IDROLOGICA	7
3.1 <i>Analisi morfometrica</i>	7
3.2 <i>Curve di possibilità pluviometrica</i>	9
4 ANALISI IDRAULICA	14
4.1 <i>Massimizzazione delle portate di piena col metodo SCS</i>	14
4.2 <i>Simulazione idraulica bi-dimensionale</i>	21
CONCLUSIONI	24
BIBLIOGRAFIA	25

### *Allegati alla relazione:*

1. Inquadramento su IGM
2. Inquadramento su Carta IdroGeomorfologica
3. Inquadramento su Ortofoto
4. Inquadramento su Carta Tecnica Regionale
5. DTM Regione Puglia
6. LIDAR del MATTM
7. Bacini Idrografici
8. Curve Number
9. Simulazione Idraulica Bidimensionale (TR30 anni)
10. Simulazione Idraulica Bidimensionale (TR200 anni)
11. Simulazione Idraulica Bidimensionale (TR500 anni)

<b>INGENIUM</b> Studio di Ingegneria Ing. Francesco Ciraci	<b>PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA</b> Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,0 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	<b>FFK</b> <b>RENEWABLES</b> <b>ITALY S.P.A.</b>
--	--	--

## PREMESSA

Il presente lavoro è stato redatto su incarico della società proponente FFK RENEWABLES ITALY S.P.A., società per azioni di diritto italiano, con sede in Milano, Via Durini, n. 4, C.F. e P.IVA 12989090969, REA MI – 2696597 in riferimento al progetto “*SPV 39 Impianto Agrivoltaico ubicato nell’agro del Comune di Ceglie Messapica (Br)*” sui terreni censiti nel N.C.T di Ceglie Messapica ai Fogli di mappa 77 e 78 e particelle indicate nel progetto allegato.

Valutata la sovrapposizione degli interventi con le nuove perimetrazioni dei Piani Stralcio di Bacino delle Unit of Management (ex Autorità di Bacino), risulta che gli stessi ricadono nella fascia di rispetto di sei corsi d’acqua episodici riportati sulla Carta Idrogeomorfologica, pubblicata sul sito ufficiale dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale e pertanto soggetti alle prescrizioni di cui agli artt. 6 e 10 delle N.T.A. del P.A.I.

In tali aree la realizzazione degli interventi consentiti è subordinata alla redazione di uno specifico “*Studio di compatibilità idrologica ed idraulica*” che ne analizzi compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle delle aree interessate e dimostri l’esistenza di adeguate condizioni di sicurezza idraulica, per le opere previste, come definite all’art. 36 delle richiamate N.T.A. del P.A.I.

Il presente studio, al fine di verificare la sussistenza delle condizioni di sicurezza dell’area, è stato redatto in conformità con le impostazioni tracciate all’interno del documento denominato “*Principali Indicazioni Metodologiche*” - Allegato 3 alla Delibera di Adozione del PAI n. 25 del 15/12/2004.

Nello specifico le “*Indicazioni Metodologiche*” prevedono le seguenti fasi:

### **Fase conoscitiva:**

- acquisizione della cartografia disponibile: cartografia IGM scala 1:25.000, CTN scala 1:5.000 e 1:1.000;
- rilievo piano altimetrico/piano quotato con strumentazione GPS e Drone radiocomandato dell’area di intervento sino all’eventuale recapito finale;

### **Analisi Geomorfologica**

- costruzione del Modello Digitale del Terreno;
- delimitazione del bacino idrografico e sottobacini;
- individuazione reticolo idrografico;

### **Analisi Idrologica**

- definizione della/e curva/e di possibilità climatica mediante la metodologia VAPI
- implementazione del modello idrologico
- calcolo delle portate di piena per Tr 30, Tr 200 e Tr 500

### **Analisi Idraulica**

- implementazione del modello idraulico bidimensionale attraverso il software di calcolo InfoWorks ICM 9.1;
- elaborazione della carta delle aree inondabili per i prefissati tempi di ritorno in ambiente ArcGIS

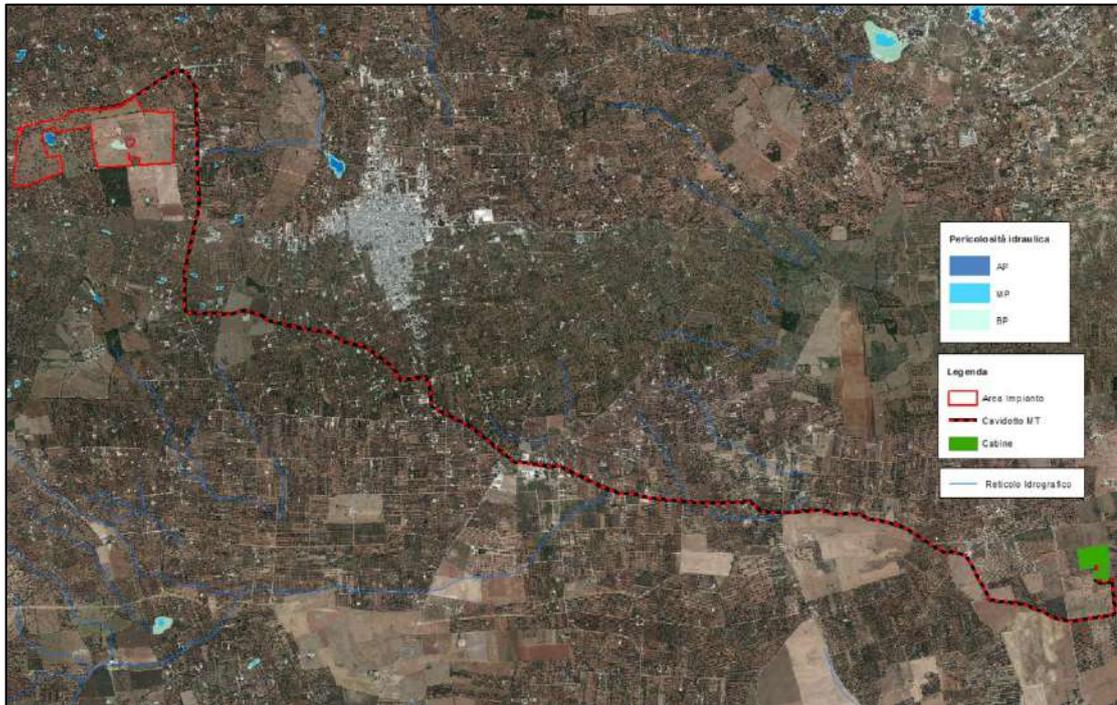
Tutte le analisi condotte sono state riferite alla Cartografia Tecnica Regionale nel sistema di riferimento UTM33 WGS84.

<p><b>INGENIUM</b> Studio di Ingegneria Ing. Francesco Ciraci</p>	<p><b>PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA</b> Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,0 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW</p>	<p><b>FFK RENEWABLES ITALY S.P.A.</b></p>
---	---	---

## 1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'impianto agrivoltaico oggetto della presente sorgerà nel Comune di Ceglie Messapica in Provincia di Brindisi (BR), Puglia.

Il sito è situato sulla direttrice che collega i Comuni di Ceglie Messapica e San Michele Salentino, lungo la strada SP 581, a circa 6,7 Km dal centro storico di Ceglie Messapica e a circa 3,25 Km dal centro di San Michele Salentino.

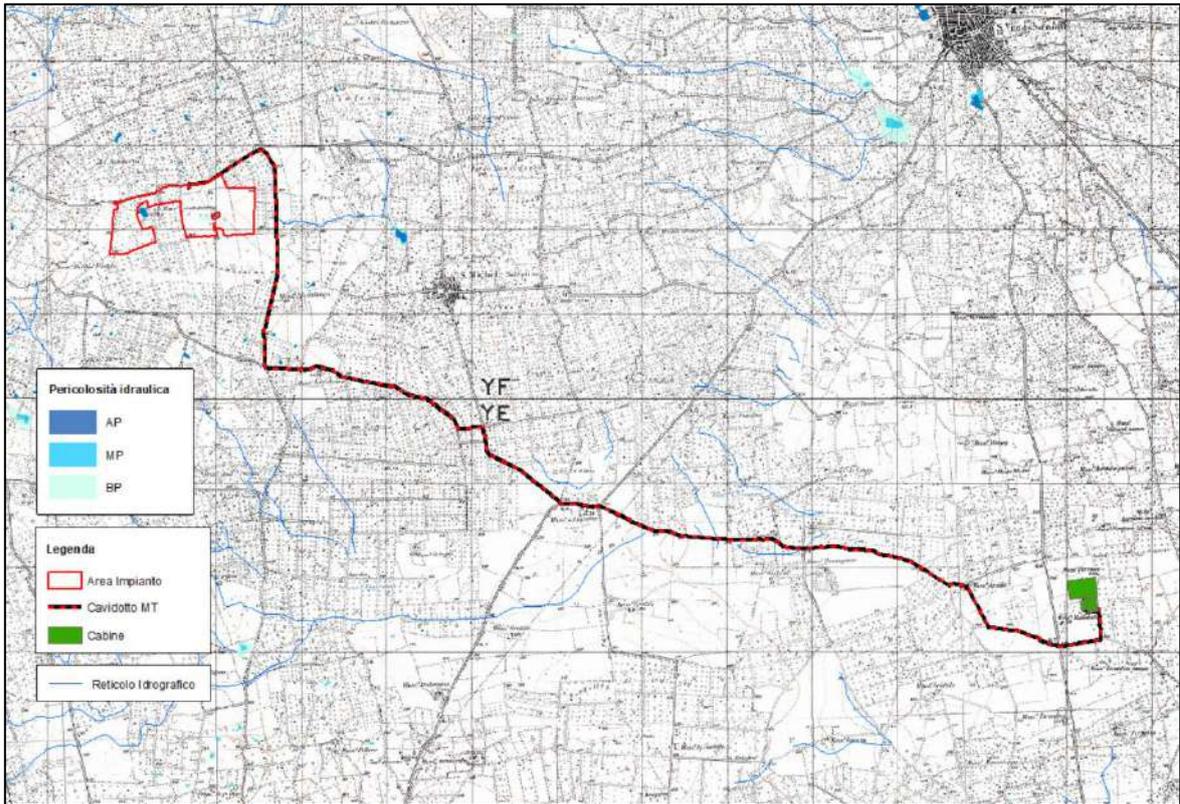


**Figura 1** - Inquadramento area di progetto su ortofoto e PAI vigente

La cartografia ufficiale disponibile sul territorio è la seguente:

- Foglio IGM 1:25.000v: 203 I-NO (San Vito dei normanni);
- Fogli 475 "Martina Franca", 476 "Brindisi", 494 "Francavilla Fontana", 495 "Mesagne" della Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia;
- Ortofoto 2019 – WMS disponibile sul Portale Cartografico della Regione Puglia ([www.sit.puglia.it](http://www.sit.puglia.it));
- DTM disponibile sul Portale Cartografico della Regione Puglia ([www.sit.puglia.it](http://www.sit.puglia.it)).

<p><b>INGENIUM</b> Studio di Ingegneria Ing. Francesco Ciraci</p>	<p><b>PROGETTO SPV 39 – Ceglie - Casamassima</b> Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,0 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW</p>	<p><b>FFK RENEWABLES ITALY S.P.A.</b></p>
---	---	---



**Figura 2 - Inquadramento area di progetto (IGM 1:25.000) e PAI vigente**

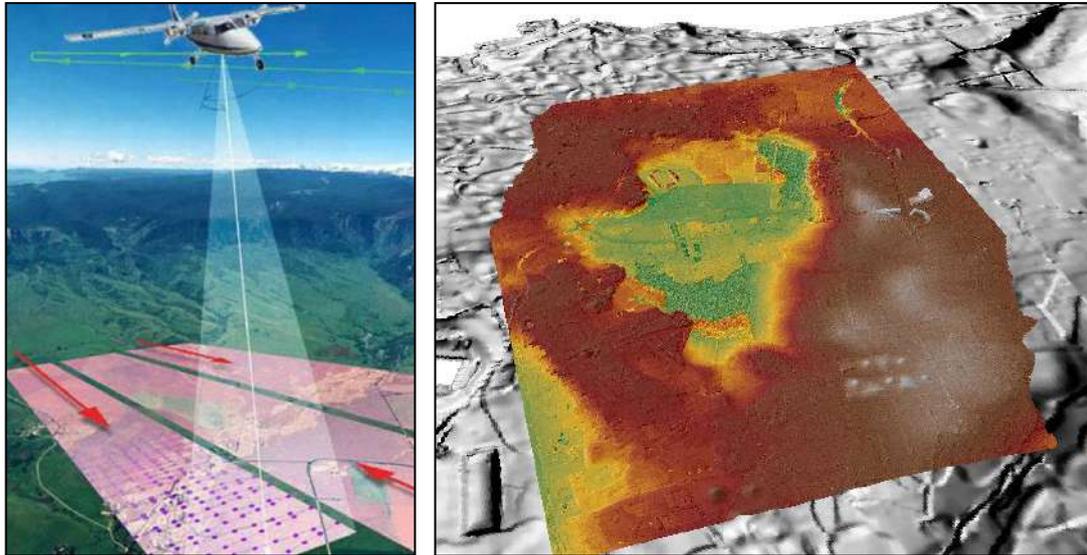


**Figura 3 - Estratto della Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia**

<b>INGENIUM</b> Studio di Ingegneria Ing. Francesco Ciraci	<b>PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA</b> Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,0 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	<b>FFK</b> <b>RENEWABLES</b> <b>ITALY S.P.A.</b>
--	--	--

## 2 ANALISI TOPOGRAFICA

Il DTM della Regione Puglia è stato assunto come base plano-altimetrica per le elaborazioni idrologiche (rif. Capitolo 3) mentre per le elaborazioni numeriche (*simulazione idraulica 2D*), descritte nel capitolo 4, lo stesso è stato aggiornato con i dati ufficiali Li.D.A.R. del MATTM con una risoluzione orizzontale di 1x1 m e verticale centimetrica.



**Figura 4** - Schema di esecuzione del rilievo Lidar e risultato dell'elaborazione

I principali vantaggi del rilievo Li.D.A.R. sono: elevata qualità metrica del rilievo, alta densità di campionamento, possibilità di trascurare la vegetazione. Ciò che si ottiene con un rilievo Lidar è un insieme di punti ad ognuno dei quali è associato un dato relativo alle coordinate geografiche (sistema WGS 84), alla quota calcolata sulla base della differenza di tempo intercorsa tra il segnale emesso e quello riflesso ed il valore dell'intensità di segnale riflessa.

Per lo sviluppo del progetto è stato eseguito, anche un rilievo topografico di approfondimento specifico delle geometrie dei recapiti finali ed eventuali ponti e attraversamenti.

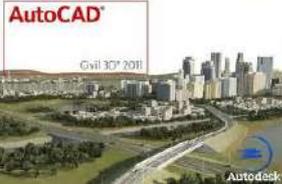
Il rilievo è stato condotto direttamente nella proiezione Universal Transverse of Mercator - Datum WGS84 - zona 33N con una strumentazione GPS RTK di nuova generazione che combina i tre sistemi di posizionamento GPS, GLONASS e Galileo. Si tratta del ricevitore GNSS avanzato Topcon mod. HiPerHR del quale si riportano nel seguito alcune delle sue caratteristiche tecniche.

Ricevitore GNSS Doppia Frequenza Topcon HiperHR		Rilievo statico: orizzontale 5mm. + 1o2 p.p.m (sqm) sulla lunghezza della base misurata (per basi < 10 Km.); verticale 10 mm.+ 2 o 3 p.p.m (sqm) sulla lunghezza della base misurata rilievo cinematica RTK: 10 mm. + 1 o 2 p.p.m. (in funzione della durata del rilievo);
--	--	--

**Tabella 1** – Caratteristiche dello strumento GPS utilizzato

Di seguito la dotazione software utilizzata per l'elaborazione del modello digitale del terreno:

<b>INGENIUM</b> Studio di Ingegneria Ing. Francesco Ciraci	<b>PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA</b> Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,0 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	<b>FFK</b> <b>RENEWABLES</b> <b>ITALY S.P.A.</b>
--	--	--

AutoCAD Civil Design 3D		Software BIM per realizzazione di progetti di infrastrutture per il trasporto, sviluppo territoriale e risorse idriche
ARCGIS		Suite di prodotti software di ESRI per la creazione di un sistema GIS (Geographic Information System) completo.
MERIDIANA		Programma di topografia che consente di trattare contemporaneamente dati provenienti da Stazioni Totali, ricevitori GPS, Livelli digitali e punti generici di coordinate note.

**Tabella 2** - Caratteristiche della strumentazione software utilizzata

<b>INGENIUM</b> Studio di Ingegneria Ing. Francesco Ciraci	<b>PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA</b> Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,0 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	<b>FFK</b> <b>RENEWABLES</b> <b>ITALY S.P.A.</b>
--	--	--

### 3 ANALISI IDROLOGICA

#### 3.1 Analisi morfometrica

Il primo passo per poter svolgere un'analisi idrologica di dettaglio è rappresentato dalla definizione delle principali caratteristiche morfometriche dei bacini idrografici gravanti sull'area oggetto di studio.

La base necessaria per determinare le principali caratteristiche morfometriche dei bacini idrografici gravanti sull'area oggetto di studio è costituita dal DEM.

Utilizzando la procedura di calcolo descritta nel seguito, da una serie di modelli distribuiti del territorio (detti in seguito *griglie o matrici*) sono stati applicati particolari algoritmi che consentono di estrapolare le necessarie informazioni idrauliche del territorio.

Uno di questi algoritmi è denominato *slope* (pendenza) che concettualmente identifica la massima variazione nel valore di una cella della griglia (nel nostro caso il DEM) rispetto alle celle circostanti.

Uno dei possibili risultati di questo calcolo può essere una matrice di valori che esprime la pendenza in percentuale oppure in gradi.

In pratica l'algoritmo esegue una media quadratica della massima variazione di quota nelle quattro direzioni del piano parallele al grigliato considerando le otto celle che contornano la cella in questione.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

$$[dz/dx] = ((c + 2f + i) - (a + 2d + g)) / (8 * x\_cellsize)$$

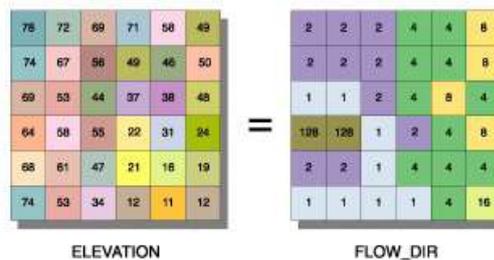
$$[dz/dy] = ((g + 2h + i) - (a + 2b + c)) / (8 * y\_cellsize)$$

Dalla matrice così ottenuta un opportuno algoritmo, diffuso in ambiente GIS, elabora la cosiddetta *flow direction grid* (griglia delle direzioni di flusso). Questa griglia contiene in ogni cella il valore codificato della direzione di massima pendenza tra la cella stessa e le celle circostanti.

Al numero che compare in ogni cella della griglia è associato univocamente una direzione cartesiana secondo lo schema seguente:

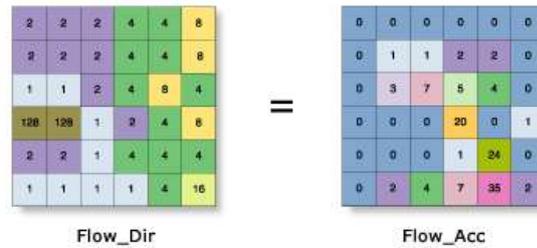
1	Est	2	Sud-Est
4	Sud	8	Sud-Ovest
16	Ovest	32	Nord-Ovest
64	Nord	128	Nord-Est

Di seguito è riportato un esempio di una rappresentazione del passaggio dal DEM ad una griglia costituita dalle direzioni preferenziali dei flussi.



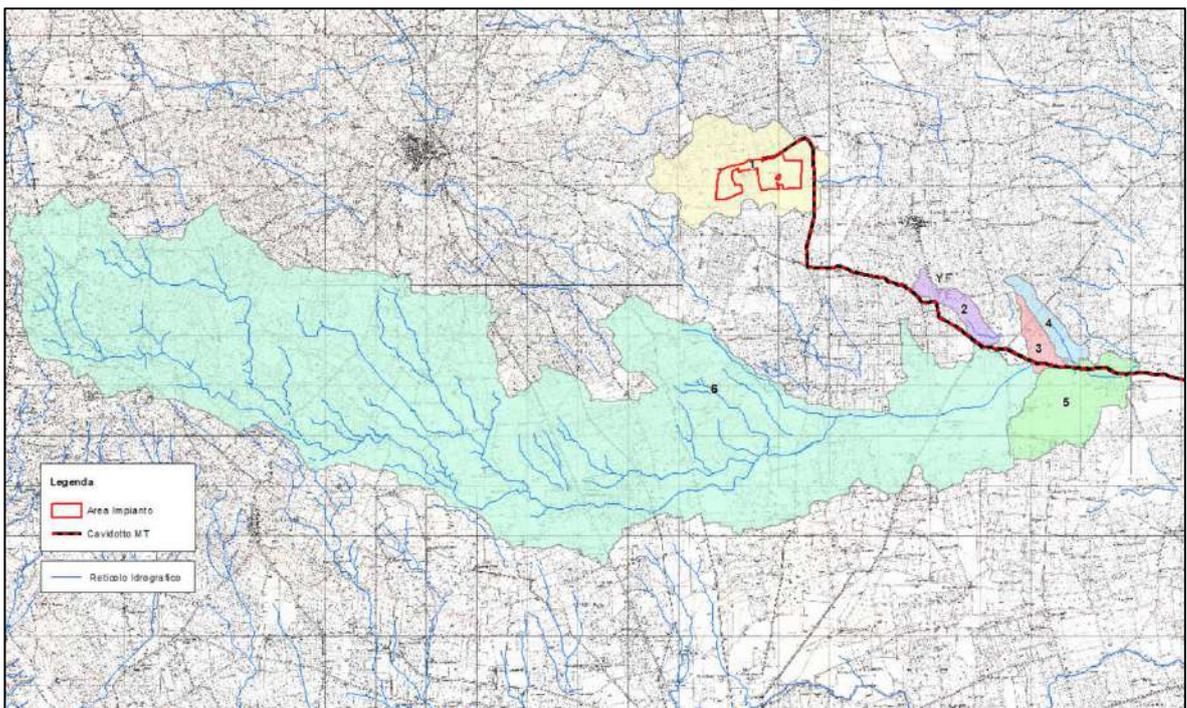
Definita la griglia delle direzioni di flusso un algoritmo, sempre in ambiente GIS, conta il numero di celle tributarie di ogni singola cella e ne attribuisce il valore alla corrispondente cella in una nuova griglia denominata *flow accumulation grid* (accumuli di flusso) così rappresentata:

<b>INGENIUM</b> Studio di Ingegneria Ing. Francesco Ciraci	<b>PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA</b> Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,0 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	<b>FFK</b> <b>RENEWABLES</b> <b>ITALY S.P.A.</b>
--	--	--



Dalla generazione della griglia di accumulo è possibile successivamente stabilire un numero minimo di celle tributarie e “marcare” in questo modo la linea di compluvio naturale.

Queste tecniche, come si è anticipato, consentono la perimetrazione di un bacino idrografico oltre che la determinazione di tutti i parametri morfometrici di esso caratteristici.



**Figura 5** - Bacini idrografici afferenti all’area di studio

Le caratteristiche morfometriche dei bacini idrografici così individuati sono riportate nella seguente tabella.

<b>Id Bacino</b>	<b>area (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Slope (%)</b>	<b>quota media (m slm)</b>	<b>lunghezza asta (Km)</b>
1	5.26	2.93	183.47	4.496
2	0.77	1.83	143.59	2.644
3	0.60	1.63	127.73	1.980
4	0.75	1.24	129.37	2.593
5	1.78	1.15	127.08	4.212
6	65.30	4.07	237.37	29.326

**Tabella 3** - Caratteristiche morfometriche dei bacini idrografici

<b>INGENIUM</b> Studio di Ingegneria Ing. Francesco Ciraci	<b>PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA</b> Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,0 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	<b>FFK</b> <b>RENEWABLES</b> <b>ITALY S.P.A.</b>
--	--	--

### 3.2 Curve di possibilità pluviometrica

La valutazione della massima precipitazione al variare del tempo di ritorno è stata svolta rifacendosi alla metodologia proposta dal Gruppo Nazionale Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito degli studi per la "Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia centro-meridionale".

Il modello statistico utilizzato fa riferimento alla distribuzione TCEV con regionalizzazione di tipo gerarchico.

Per l'individuazione delle regioni omogenee di primo e secondo livello si è fatto ricorso a generazioni sintetiche Montecarlo in grado di riprodurre la struttura correlativa delle serie osservate.

L'utilizzo della TCEV ha consentito di ricostruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, mediante il quale è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria (primo livello di regionalizzazione), e sottoregioni in cui risulta costante anche il coefficiente di variazione (secondo livello di regionalizzazione).

Il valore  $P_{d,T}$  del massimo annuale di precipitazione di assegnato tempo di ritorno per una prefissata durata, viene espresso come prodotto tra il suo valore medio  $X_t$  ed una quantità  $K_T$ , detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno  $T$ , definito dal rapporto:

$$K_T = \frac{P_{d,T}}{X_T}$$

La curva di distribuzione di probabilità data dal precedente rapporto corrisponde alla curva di crescita, che ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della TCEV legati al coefficiente di asimmetria e al coefficiente di variazione.

Pertanto, fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata, all'interno della zona pluviometrica omogenea, previamente identificata al secondo livello di regionalizzazione, è possibile esprimere la relazione tra il tempo di ritorno  $T$  ed il fattore di crescita  $K_T$ , ritenendo trascurabile la sua variabilità con la durata.

Con il terzo livello di regionalizzazione viene analizzata la variabilità spaziale del parametro di posizione delle serie storiche in relazione a fattori locali; in particolare si ricercano eventuali legami esistenti tra i valori medi dei massimi annuali delle piogge di diversa durata ed i parametri geografici significativi (ad esempio la quota sul livello del mare) delle diverse località, consentendo in definitiva di proporre la stima dei valori medi dei massimi annuali di precipitazione anche in siti sprovvisti di stazioni di misura o con serie storica di lunghezza ridotta.

Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica, per ogni sito è possibile legare il valore medio  $X_t$  dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata  $t$  alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$X_t = at^n$$

essendo "a" ed "n" i parametri caratteristici della curva di probabilità pluviometrica, variabili da sito a sito.

In definitiva il territorio di competenza della regione Puglia è stato suddiviso in 6 aree pluviometriche omogenee, (Figura 8) per ognuna delle quali è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica sulla base delle seguenti equazioni:

$$\text{Zona 1: } X(t, z) = 28.66 t^{(0.000503z+0.720/3.178)}$$

$$\text{Zona 2: } X(t, z) = 22.23 t^{0.247}$$

$$\text{Zona 3: } X(t, z) = 25.325 t^{(0.696+0.000531z)/3.178}$$

<b>INGENIUM</b> Studio di Ingegneria Ing. Francesco Ciraci	<b>PROGETTO SPV 39 – Ceglie - Casamassima</b> Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,0 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	<b>FFK</b> <b>RENEWABLES</b> <b>ITALY S.P.A.</b>
--	--	--

Zona 4:  $X(t, z) = 24.70 t^{0.256}$

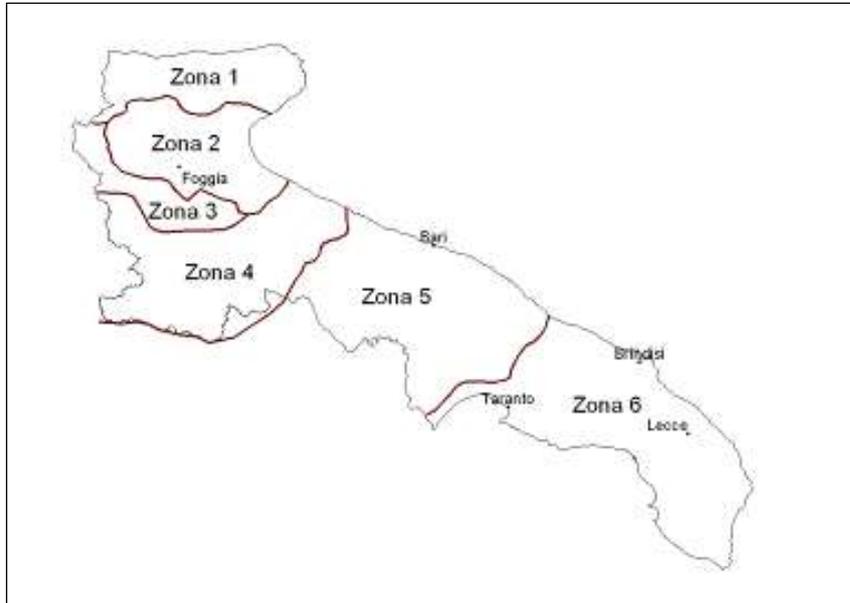
Zona 5:  $X(t, z) = 28.2 t^{(0.628+0.0002z)/3.178}$

Zona 6:  $X(t, z) = 33.7 t^{(0.488+0.0022z)/3.178}$

dove:

**t** = durata della precipitazione;

**z** = quota media del sito.



**Figura 6** - Zone omogenee al 3° livello di regionalizzazione

Noto il valore di  $X_t$  è possibile ricavare il valore della pioggia massima per prefissato tempo di ritorno a partire dalla conoscenza del fattore probabilistico di crescita  $K_t$ .

Per la valutazione del fattore di crescita si è utilizzata la seguente relazione:

$$K_T = a + b \ln T$$

Dove **a** e **b** sono due parametri che variano in funzione della zona considerata e per la Puglia settentrionale assumono i valori riportati nella tabella seguente:

Zona omogenea	a	b
Puglia settentrionale	0.5648	0.415

**Tabella 4** - Valori dei parametri a e b

L'applicazione della metodologia Vapi all'area oggetto di studio, determinati tutti i parametri necessari, ha portato alla determinazione delle curve di probabilità pluviometrica.

Alla luce di quanto detto, l'area oggetto di intervento ricade, quindi nell'ambito delle aree pluviometriche omogenee individuate nel territorio regionale nella **zona 6** pertanto l'equazione da applicare è la seguente:

Zona 6:  $X(t, z) = 33.7 t^{(0.488+0.0022z)/3.178}$

Ai fini della determinazione delle Curve di Possibilità Climatica, attraverso lo studio statistico del DEM, si determinano la quota media sul livello del mare del bacino.

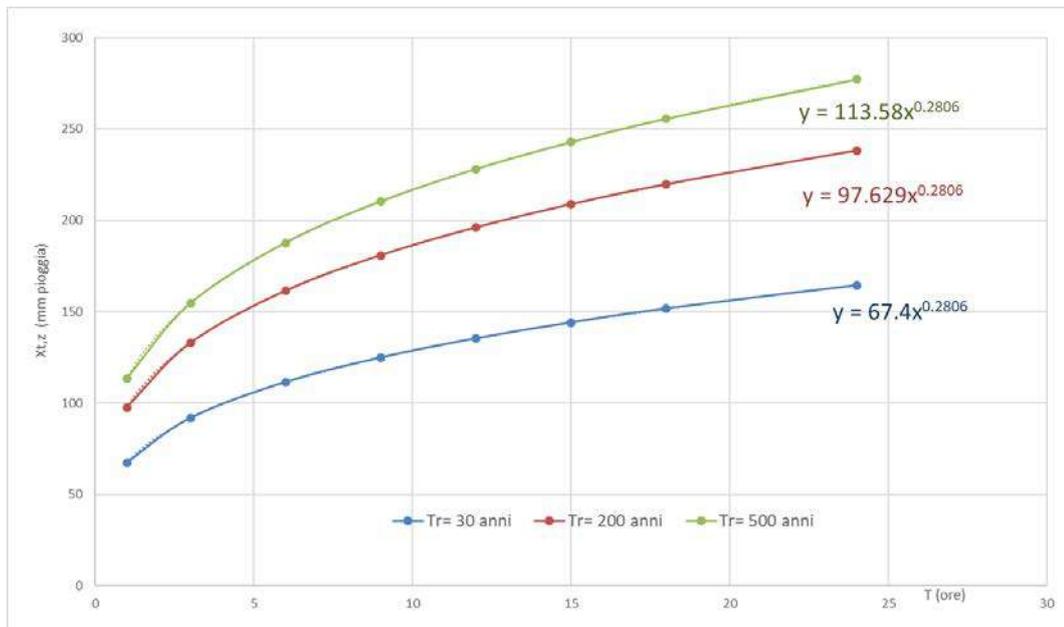
<b>INGENIUM</b> Studio di Ingegneria Ing. Francesco Ciraci	<b>PROGETTO SPV 39 – Ceglie - Casamassima</b> Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,0 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	<b>FFK</b> <b>RENEWABLES</b> <b>ITALY S.P.A.</b>
--	--	--

I valori assunti dal fattore di crescita calcolati per i tempi di ritorno 30, 200, 500 anni sono riportati nella tabella sottostante.

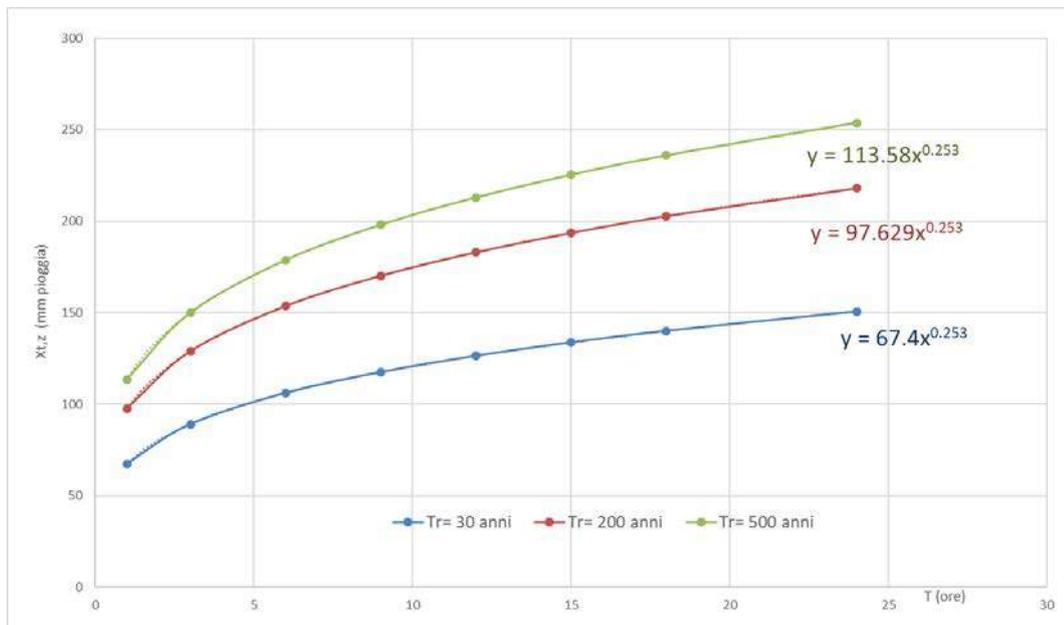
TEMPO DI RITORNO	$K_T$
30 anni	1.98
200 anni	2.90
500 anni	3.37

**Tabella 5** - Valore del fattore di crescita  $K_T$

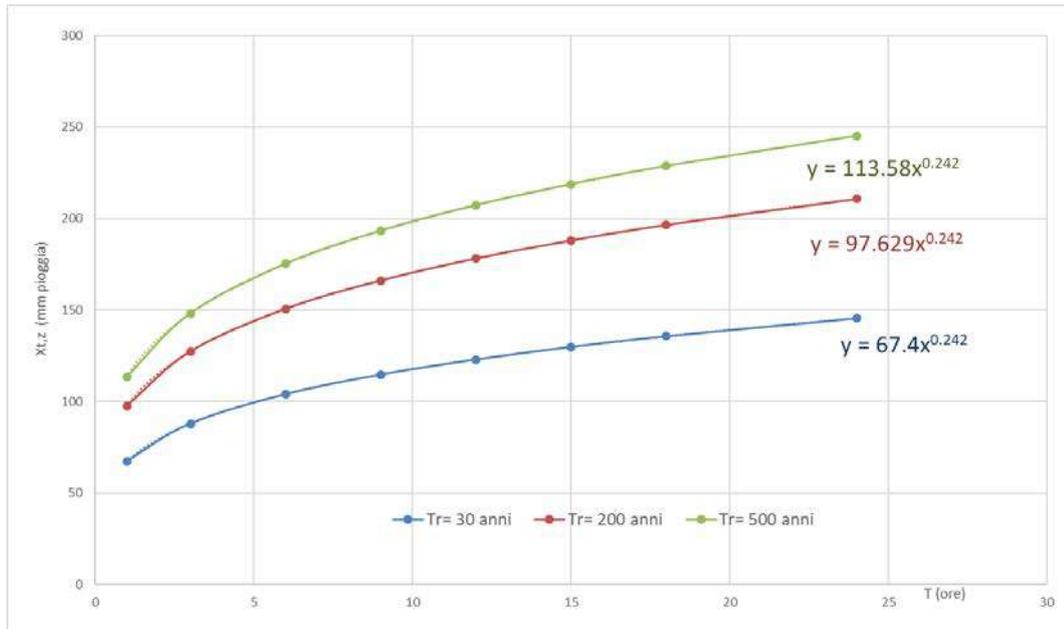
Si riportano nel seguito la rappresentazione grafica delle curve di possibilità pluviometrica e le loro equazioni in funzione del tempo di pioggia.



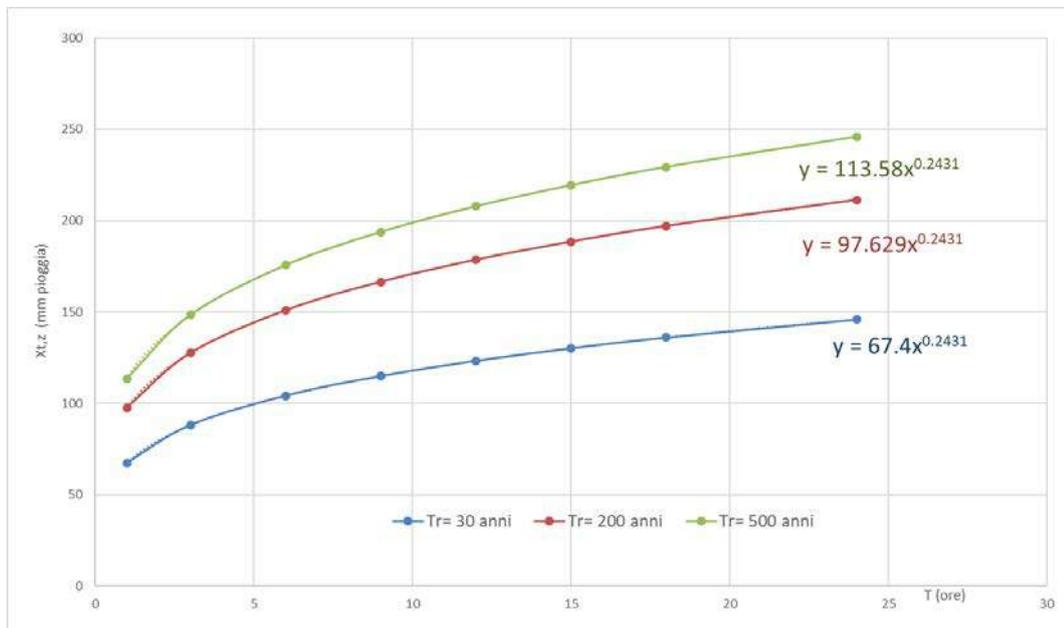
**Grafico 1** - Curve di possibilità pluviometrica per Tr 30, 200 e 500 – Bacino 1



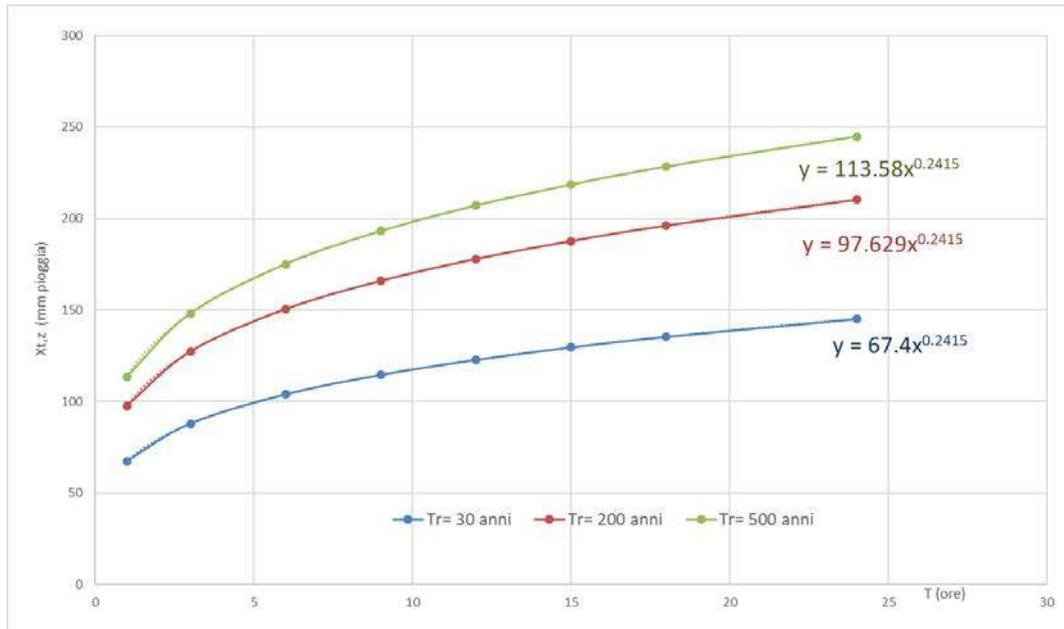
**Grafico 2** - Curve di possibilità pluviometrica per Tr 30, 200 e 500 – Bacino 2



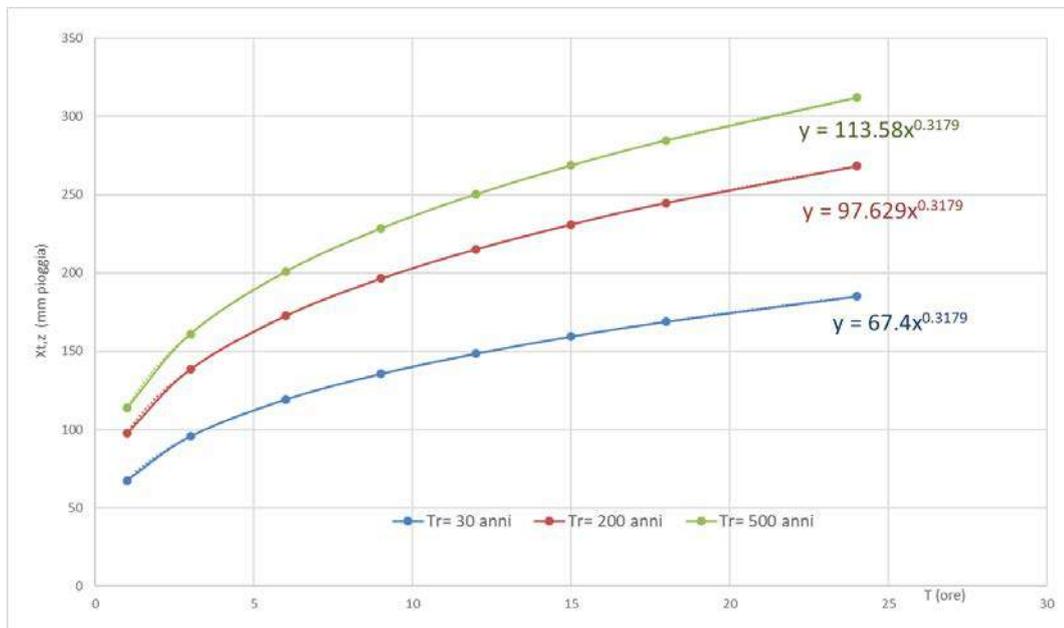
**Grafico 3** - Curve di possibilità pluviometrica per Tr 30, 200 e 500 – Bacino 3



**Grafico 4** - Curve di possibilità pluviometrica per Tr 30, 200 e 500 – Bacino 4



**Grafico 5** - Curve di possibilità pluviometrica per Tr 30, 200 e 500 – Bacino 5



**Grafico 6** - Curve di possibilità pluviometrica per Tr 30, 200 e 500 – Bacino 6

<b>INGENIUM</b> Studio di Ingegneria Ing. Francesco Ciraci	<b>PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA</b> Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,0 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	<b>FFK</b> <b>RENEWABLES</b> <b>ITALY S.P.A.</b>
--	--	--

## 4 ANALISI IDRAULICA

### 4.1 Massimizzazione delle portate di piena col metodo SCS

Per la determinazione degli eventi di piena si applicano modelli idrologici afflussi–deflussi basati sulle caratteristiche del bacino in forma globale.

In particolare l'analisi degli eventi critici viene affrontata applicando il **Metodo SCS** (Ferro V., 2006).

Il metodo del Soil Conservation Service dà la possibilità sia della determinazione del volume della piena o della sua portata al colmo sia della completa ricostruzione dell'idrogramma di piena.

Per la determinazione del volume di piena il metodo si fonda sull'ipotesi che sia sempre valida la seguente relazione:

$$\frac{V}{P_n} = \frac{W}{S}$$

in cui i termini sono espressi in millimetri e si è indicato con V il volume di deflusso, con P<sub>n</sub> la precipitazione netta, con W l'invaso del suolo, cioè il volume idrico effettivamente immagazzinato nel suolo, e con S il valore massimo del suddetto vaso.

La precipitazione netta si ottiene sottraendo alla precipitazione totale P le perdite iniziali dovute all'immagazzinamento superficiale, imputabile alla presenza sulla superficie del bacino di zone che, per la loro morfologia, consentono l'accumulo dei volumi idrici; all'intercettazione ad opera della copertura vegetale presente; ed all'infiltrazione prima della formazione del deflusso:

$$P_n = P - I_a$$

Tenendo conto che le perdite iniziali possono essere correlate all'invaso massimo del suolo mediante la seguente relazione:

$$I_a = 0.2S$$

e che la precipitazione netta P<sub>n</sub> si ripartisce completamente tra il volume di deflusso superficiale e l'invaso del suolo:

$$P_n = V + W$$

sostituendo il valore di W ricavato da quest'ultima nella prima relazione, tenendo conto dell'espressione della pioggia netta e del valore delle perdite iniziali, si perviene alla seguente relazione:

$$V = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$$

L'applicazione di tale relazione presuppone, oltre alla conoscenza della precipitazione totale P, la stima del massimo vaso S del suolo che, teoricamente, può assumere tutti i valori positivi compresi tra zero (suolo perfettamente impermeabile) e infinito (nessuna formazione di deflusso).

La valutazione di S viene condotta mediante la seguente relazione:

$$S = 25.4 \left( \frac{1000}{CN_{III}} - 10 \right)$$

in cui figura in parametro CN, denominato *Curve Number*, che assume valori compresi tra 100 e 0.

<b>INGENIUM</b> Studio di Ingegneria Ing. Francesco Ciraci	<b>PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA</b> Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,0 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	<b>FFK</b> <b>RENEWABLES</b> <b>ITALY S.P.A.</b>
--	--	--

Il CN rappresenta l'attitudine del bacino esaminato a formare deflusso ed è stato stimato, per i bacini considerati, sulla base dei valori riportati, in relazione alle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale presente nel bacino.

Per quanto riguarda le caratteristiche idrologiche dei suoli, l' SCS ha effettuato una distinzione in quattro classi:

1. CLASSE A: permeabilità alta (capacità di infiltrazione molto elevata, scarsa potenzialità di deflusso).
2. CLASSE B: permeabilità media (elevata capacità di infiltrazione, moderata potenzialità di deflusso).
3. CLASSE C: permeabilità bassa (scarsa capacità di infiltrazione e saturazione, potenzialità di deflusso moderatamente alta).
4. CLASSE D: permeabilità nulla (scarsissima capacità di infiltrazione e saturazione, potenzialità di deflusso molto elevata; pressoché impermeabili).

Il metodo tiene conto delle condizioni di umidità del suolo antecedenti all'inizio dell'evento (Antecedent Moisture Conditions, AMC) e a tal fine va precisato che i valori di CN riportati in tabella 5 si riferiscono a condizioni medie del parametro AMC denominato per questo AMCII.

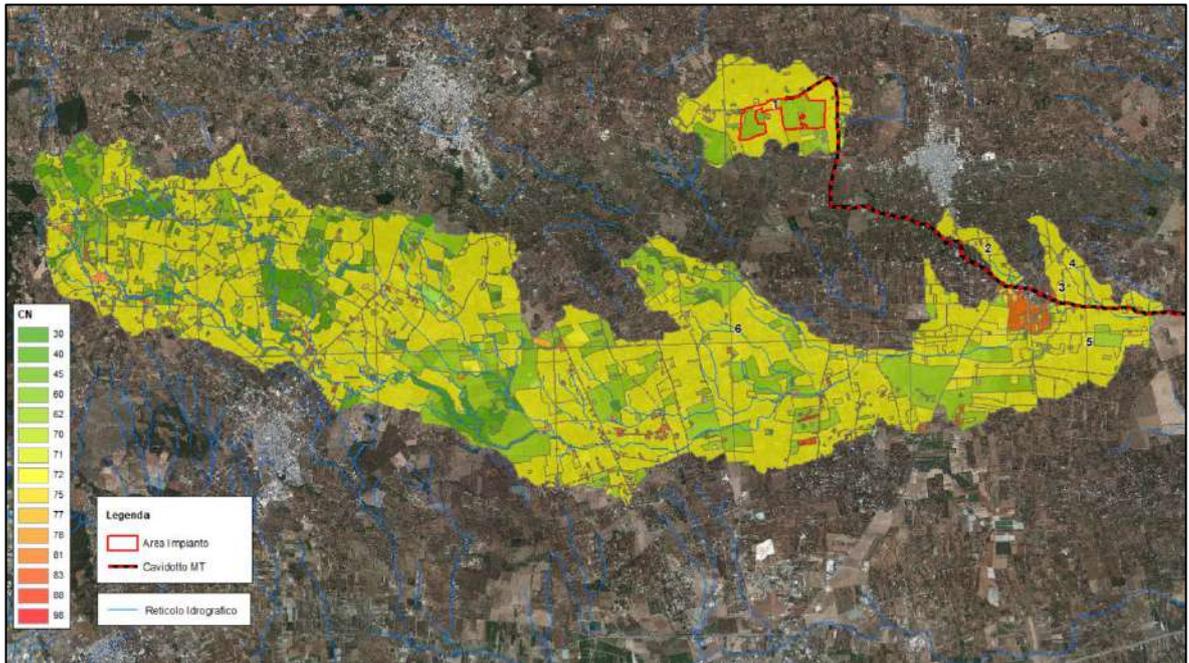
Tipo di copertura	A	B	C	D
Aree agricole con presenza di spazi naturali	62	71	78	81
Aree Urbane	98	98	98	98
Area residenziale	77	85	90	92
Cava	60	60	60	60
Distretti industriali	81	88	91	93
Bacini di acqua	100	100	100	100
Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo estivo-autunnale/primaverile	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo primaverile-estivo	72	81	88	91
Colture temporanee associate a colture permanente	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori non irrigui	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori irrigui	72	81	88	91
Oliveti irrigui	72	81	88	91
Oliveti non irrigui	62	71	78	81
Prati stabili non irrigui	30	58	71	78
Seminativi in aree non irrigue	62	71	78	81
Sistemi colturali e particellari complessi	72	81	88	91
Vigneti irrigui	72	81	88	91
Vigneti non irrigui	62	71	78	81
Zone boscate	45	66	77	83

**Tabella 6** - Valori del coefficiente CN per la condizione AMC II

La stima del CN presuppone, inizialmente, la determinazione del gruppo idrologico di ciascun suolo ricadente all'interno del bacino e, all'interno di ciascun gruppo, l'individuazione di aree omogenee per destinazione d'uso, sistemazione e condizione idrica.

A ciascuna area omogenea, di nota superficie, viene attribuito l'appropriato CN sulla base di quelli riportati nella tabella 4; il valore di CN dell'intero bacino si ottiene come media pesata, con peso la superficie, dei valori stimati per le singole aree omogenee.

<p><b>INGENIUM</b> Studio di Ingegneria Ing. Francesco Ciraci</p>	<p><b>PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA</b> Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,0 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW</p>	<p><b>FFK RENEWABLES ITALY S.P.A.</b></p>
---	---	---



**Figura 7** - Mappatura delle aree con CN omogeneo

L'individuazione, delle aree omogenee per destinazione d'uso e condizione idrica è stata svolta in ambiente GIS, intersecando gli shapefile di uso del suolo e permeabilità dell'area oggetto di studio.

Il Curve Number è un parametro adimensionale che oltre a dipendere dall'uso del suolo e dalla litologia affiorante, dipende anche dal grado di umidità del terreno, in funzione dell'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento esaminato (Antecedent Moisture Condition): molto asciutto (<50 mm), standard (tra 50 e 110 mm) e molto umido (oltre 110 mm).

Nel caso in oggetto, i valori di CN così calcolati, rappresentativi del gruppo AMC II, sono stati corretti con il fattore della condizione umida attraverso la formula che segue:

$$CN_{III} = 3.4212 - 1.1999 \log (CN_{II})$$

Il valore di CN adottato nel calcolo della portata, corrispondente alla classe AMC-tipo III (CNIII), è pari ai valori riportati nella seguente tabella:

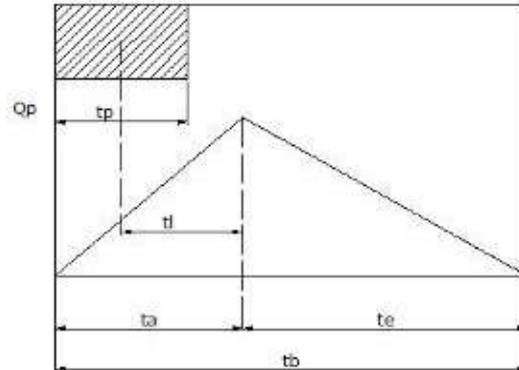
<i><b>Id Bacino</b></i>	<i><b>CN II</b></i>	<i><b>CN III</b></i>
1	69.47	84.14
2	72.92	86.48
3	72.81	86.41
4	72.29	86.06
5	71.49	85.52
6	67.83	83.00

**Tabella 7** – Valori di CNII e CNIII

La portata al colmo di piena corrisponde alla **massima portata** generata da una precipitazione di durata critica tale da mettere in crisi la rete idrografica e dipende fortemente dall'estensione del bacino. Questa circostanza è una logica conseguenza del fenomeno di trasferimento che impone che ogni particella liquida che cade in un punto del bacino deve seguire un suo percorso per giungere alla sezione di

<b>INGENIUM</b> Studio di Ingegneria Ing. Francesco Ciraci	<b>PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA</b> Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,0 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	<b>FFK</b> <b>RENEWABLES</b> <b>ITALY S.P.A.</b>
--	--	--

chiusura, impiegando, a parità di velocità di trasferimento, un tempo tanto maggiore quanto più lungo è il percorso da effettuare.



**Grafico 7** - Idrogramma di Mockus

Per il calcolo della portata al colmo  $Q_p$  [ $m^3/s$ ] con il metodo SCS, si è considerato un idrogramma approssimato di forma triangolare (Mockus), che ha una fase crescente di durata  $t_a$  ed una fase di esaurimento di durata  $t_e$  e il cui volume, espresso in  $m^3$ , ha la seguente espressione:

$$Vol = \frac{Q_p}{2}(t_a + t_e) = \frac{Q_p t_b}{2} \quad (*)$$

avendo indicato con  $t_b$  la durata dell'evento di piena.

Poiché è stato stabilito sperimentalmente che nella fase crescente dell'idrogramma di piena defluisce un volume idrico pari al 35.7% del volume totale  $V$  di deflusso, è possibile stabilire la relazione che lega  $t_a$  a  $t_b$  dalla seguente:

$$0.375 \frac{Q_p}{2}(t_b) = \frac{Q_p}{2}(t_a)$$

e cioè:

$$t_b = 2.67 t_a$$

Sostituendo quest'ultima nella espressione che lega il volume a  $t_b$  (\*), esprimendo il volume di deflusso  $V$  (porzione di precipitazione netta che defluisce dalla sezione di controllo) in millimetri, l'area del bacino in chilometri quadrati e il tempo  $t_a$  in ore; si ottiene:

$$Q_p = 0.208 \frac{VA}{t_a} \quad [m^3 / s]$$

La determinazione di  $t_a$ , nell'ipotesi di precipitazione di intensità costante di durata  $t_p$  e indicando con  $t_L$  il tempo di ritardo (distanza tra il baricentro dello istogramma e il picco dell'idrogramma triangolare), si effettua con la semplice relazione:

$$t_a = 0,5 t_p + t_L$$

Per la determinazione del tempo di ritardo, espresso in ore, si utilizza la **formula di Mockus**:

$$t_L = 0,342 \frac{L^{0,8}}{s^{0,5}} \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7}$$

in cui  $s$  è la pendenza del bacino espressa in %,  $L$  è la lunghezza dell'asta principale prolungata fino alla displuviale espressa in km e  $CN$  è il "curve number" medio del bacino (Ferro V., 2006).

<b>INGENIUM</b> Studio di Ingegneria Ing. Francesco Ciraci	<b>PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA</b> Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,0 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	<b>FFK</b> <b>RENEWABLES</b> <b>ITALY S.P.A.</b>
--	--	--

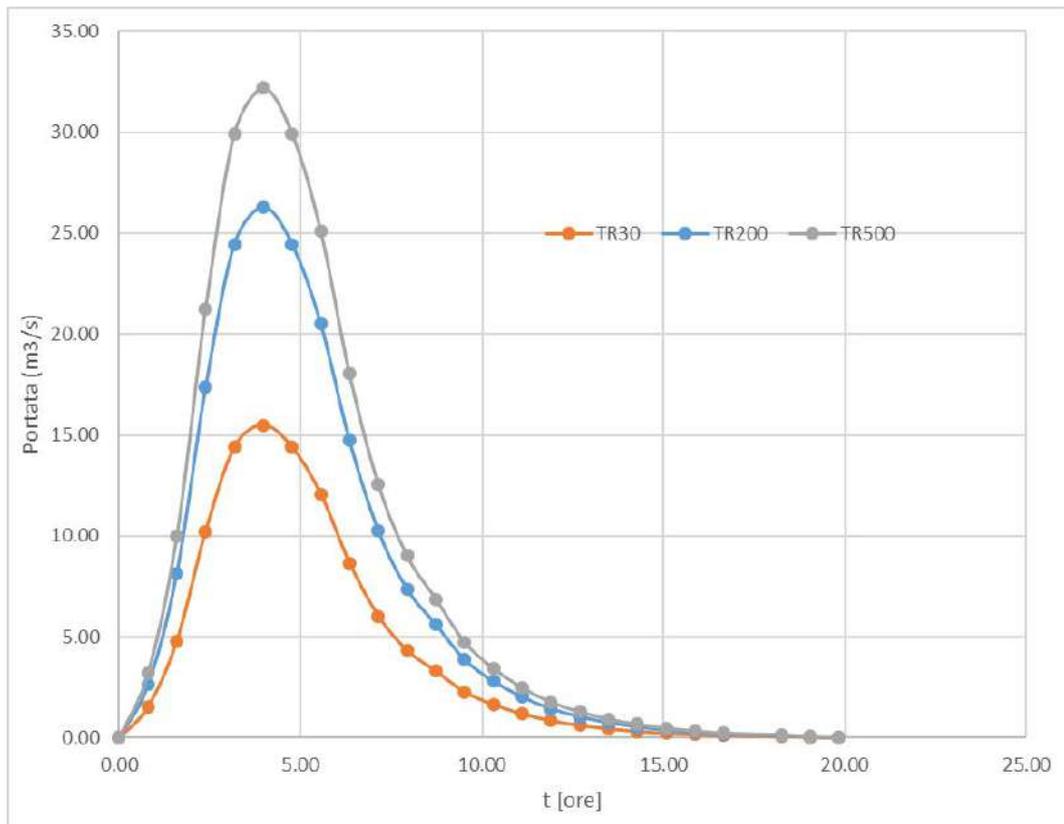
Poiché la precipitazione critica per il bacino è quella avente una durata pari al tempo di corrivazione ( $t_c$ ), la durata dell'evento meteorico di riferimento  $t_p$  viene imposta pari a  $t_c$ :

$$t_p = t_c$$

Il tempo di corrivazione è correlato al tempo di ritardo attraverso la seguente relazione:

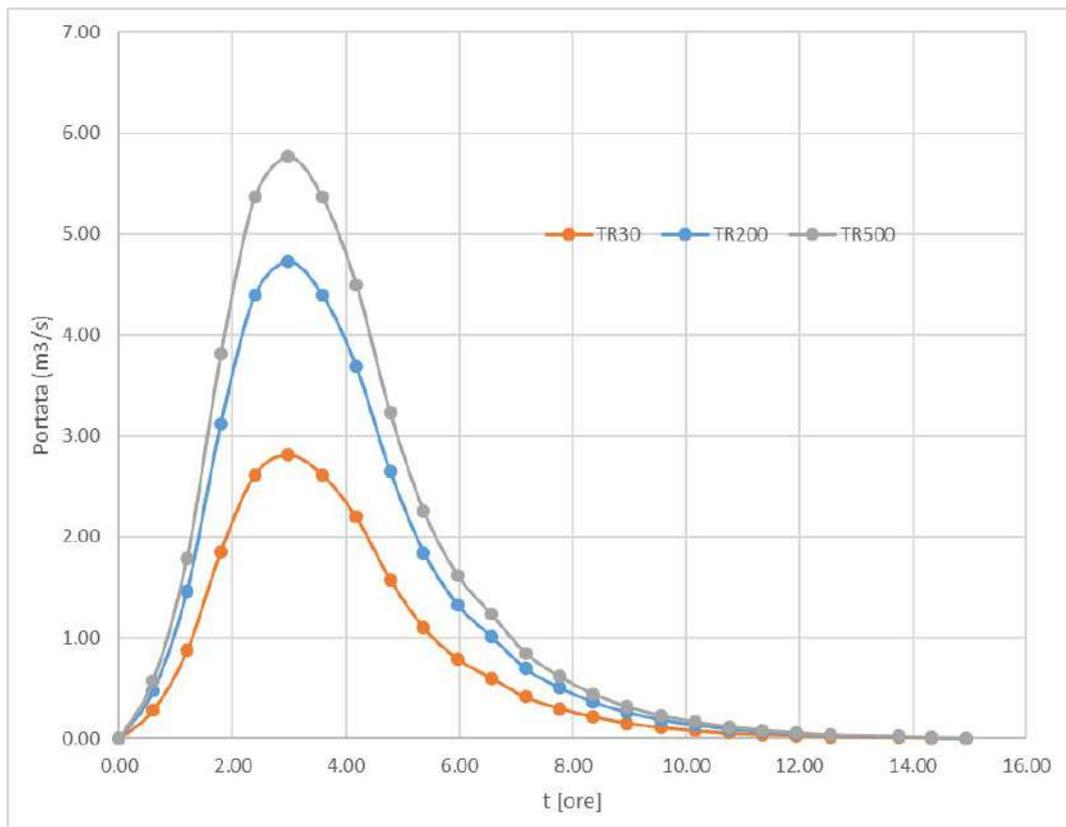
$$\frac{t_L}{t_c} = 0,6$$

L'applicazione della procedura precedentemente esposta ai bacini individuati ha condotto alla determinazione delle portate al colmo per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, di seguito riportati.

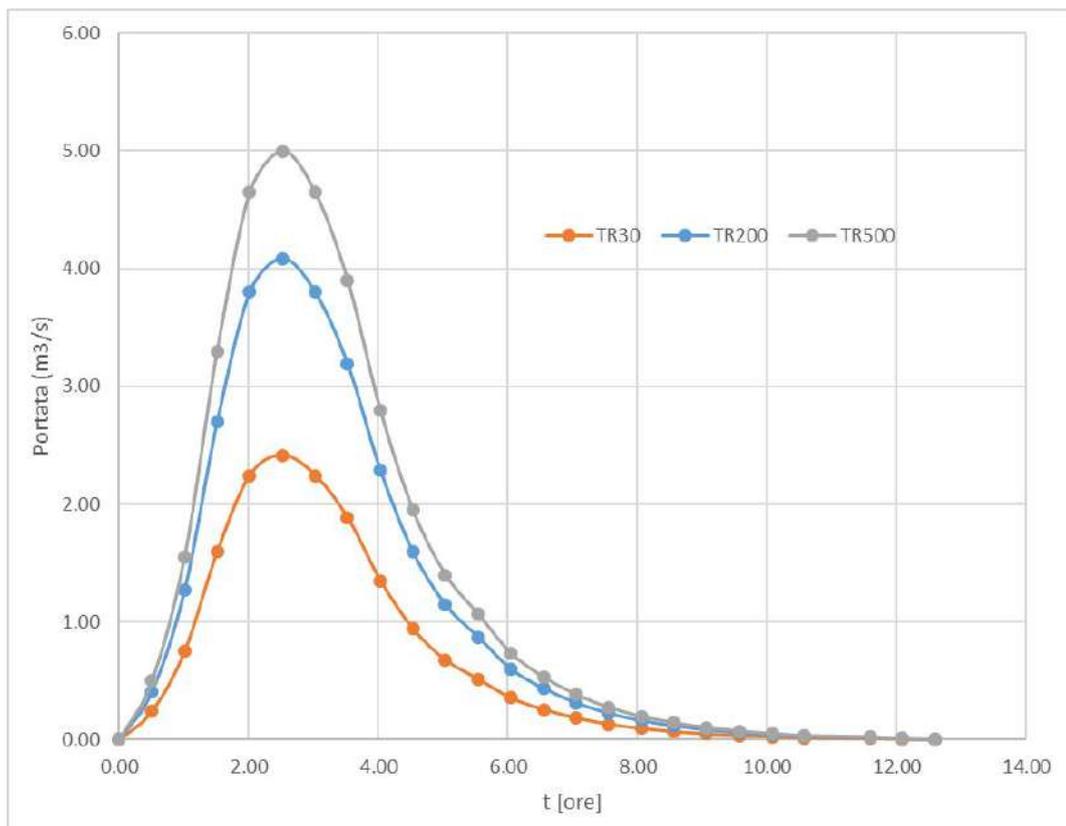


**Grafico 8** - Idrogramma di Mockus nei tre tempi di ritorno TR30,TR200 e TR500 – Bacino 1

<b>INGENIUM</b> Studio di Ingegneria Ing. Francesco Ciraci	<b>PROGETTO SPV 39 – Ceglie - Casamassima</b> Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,0 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	<b>FFK</b> <b>RENEWABLES</b> <b>ITALY S.P.A.</b>
--	--	--

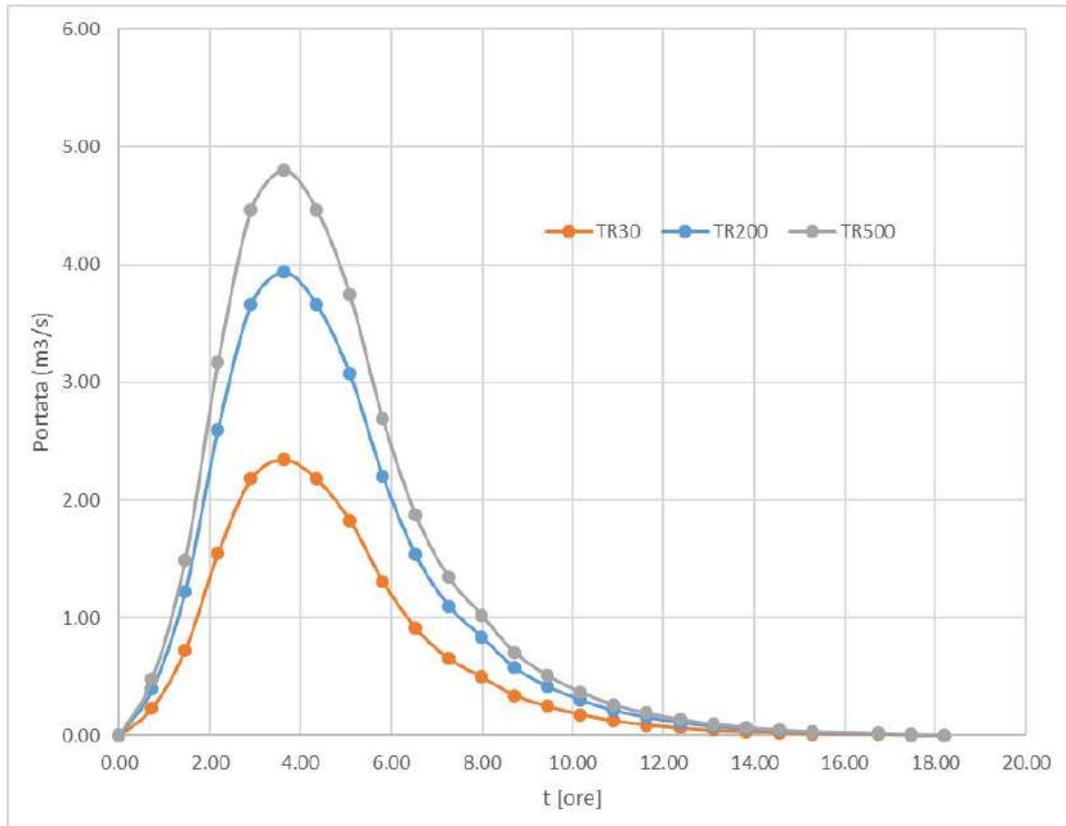


**Grafico 9** - Idrogramma di Mockus nei tre tempi di ritorno TR30,TR200 e TR500 – Bacino 2

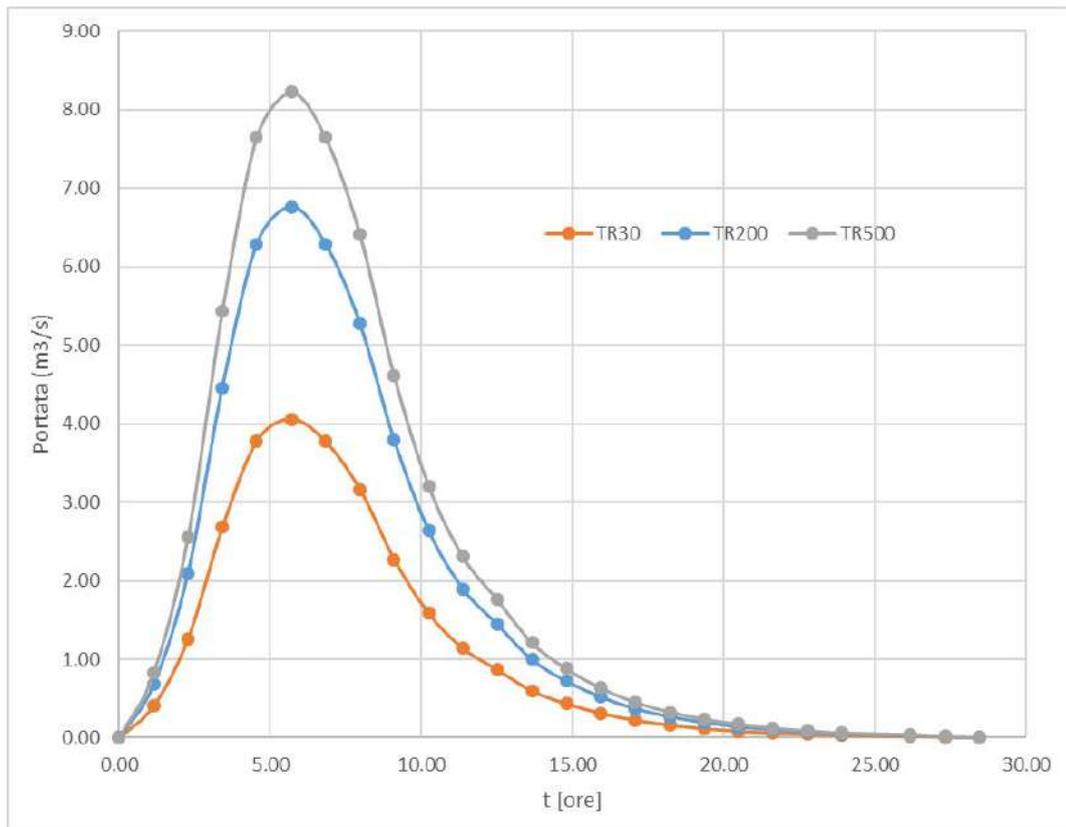


**Grafico 10** - Idrogramma di Mockus nei tre tempi di ritorno TR30,TR200 e TR500 – Bacino 3

<b>INGENIUM</b> Studio di Ingegneria Ing. Francesco Ciraci	<b>PROGETTO SPV 39 – Ceglie - Casamassima</b> Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,0 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	<b>FFK</b> <b>RENEWABLES</b> <b>ITALY S.P.A.</b>
--	--	--

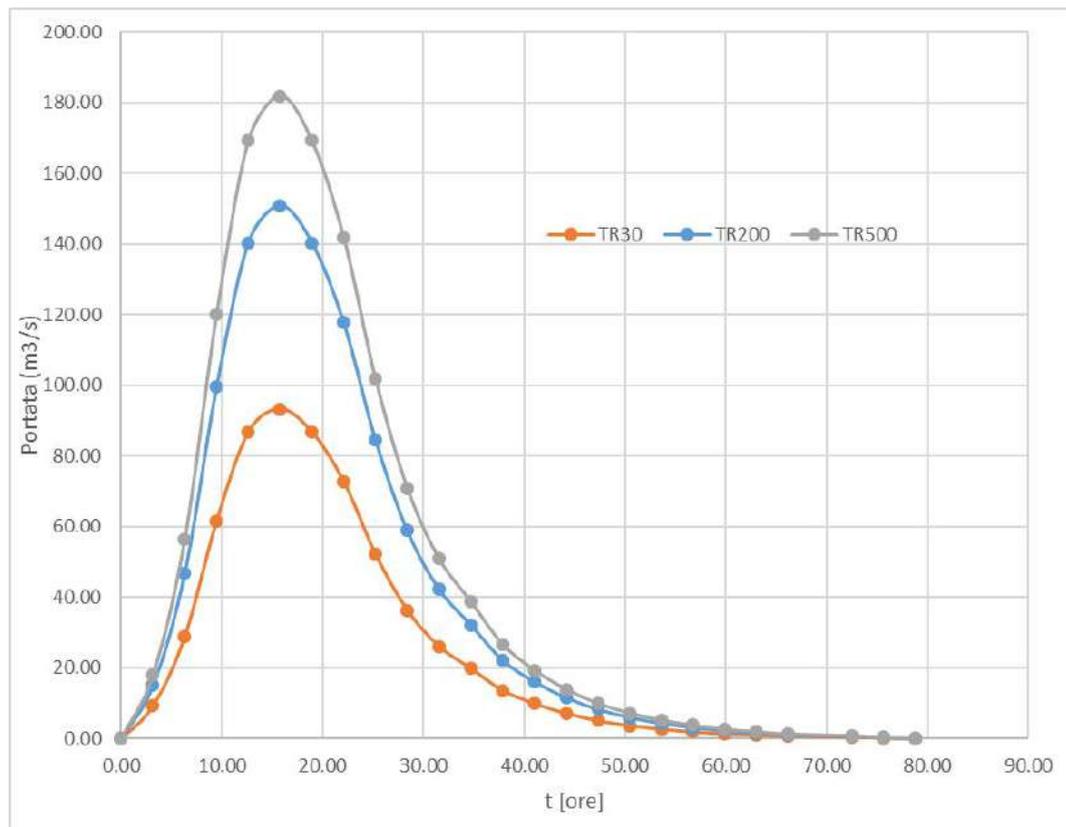


**Grafico 11** - Idrogramma di Mockus nei tre tempi di ritorno TR30,TR200 e TR500 – Bacino 4



**Grafico 12** - Idrogramma di Mockus nei tre tempi di ritorno TR30,TR200 e TR500 – Bacino 5

<b>INGENIUM</b> Studio di Ingegneria Ing. Francesco Ciraci	<b>PROGETTO SPV 39 – Ceglie - Casamassima</b> Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,0 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	<b>FFK</b> <b>RENEWABLES</b> <b>ITALY S.P.A.</b>
--	--	--



**Grafico 13** - Idrogramma di Mockus nei tre tempi di ritorno TR30,TR200 e TR500 – Bacino 6

Id Bacino	TR = 30		TR = 200		TR = 500	
	Q [m³/s]	V [mm³]	Q [m³/s]	V [mm³]	Q [m³/s]	V [mm³]
1	15.48	56.15	26.29	95.34	32.19	116.74
2	2.82	52.43	4.73	88.06	5.77	107.45
3	2.41	48.38	4.09	81.91	5.00	100.20
4	2.34	54.52	3.94	91.54	4.80	111.67
5	4.06	62.37	6.76	103.89	8.23	126.41
6	93.33	108.32	150.97	175.22	181.96	211.19

**Tabella 8** - Riepilogo portate e volumi di deflusso

#### 4.2 Simulazione idraulica bi-dimensionale

La simulazione idraulica è stata condotta utilizzando il software **InfoWorks ICM 9.1** specializzato nella modellazione **mono e bi-dimensionale** di sistemi idraulici complessi costituiti da reti idrauliche e corsi d'acqua naturali.

La peculiarità di questo software è quella di eseguire simulazioni integrate 1D-2D molto stabili sia per reti intubate che per alvei naturali a cielo aperto, dando la possibilità di inserire manufatti ed elementi lineari o puntuali di diverso tipo.

Definita l'estensione "dominio di calcolo" (Zona 2D) all'interno di esso viene generata una "magliatura", cioè un insieme di maglie accoppiate, di forma triangolare, che costituiscono l'unità del calcolo

<b>INGENIUM</b> Studio di Ingegneria Ing. Francesco Ciraci	<b>PROGETTO SPV 39 – Ceglie - CASAMASSIMA</b> Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,0 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	<b>FFK</b> <b>RENEWABLES</b> <b>ITALY S.P.A.</b>
--	--	--

bidimensionale. Le maglie vengono create attraverso un apposito comando in maniera automatica e tengono conto di tutti gli elementi che influenzano il moto bidimensionale all'interno del dominio. Per effettuare il processo di magliatura è stato utilizzato il DTM della Regione Puglia nel suo formato originale (ASCII).

Una volta creato il dominio 2D, le impostazioni relative alle maglie vengono definite nella pagina di proprietà del poligono. Tra le principali variabili vi sono:

- **Massima Area Triangolo** (Maximum Triangle Area): questo valore molto importante definisce la dimensione massima che può assumere ogni singola maglia triangolare durante il processo automatico di magliatura, quindi più il valore è piccolo e più dettagliata sarà la griglia di calcolo. *La maglia utilizzata varia tra una superficie massima di  $1 \text{ m}^2$  e una minima di  $10 \text{ m}^2$ .*
- **Condizioni al contorno** (Boundary Type): questa proprietà definisce il comportamento che l'acqua deve assumere qualora arrivasse a lambire il confine del poligono durante la simulazione. Nel presente studio è stata utilizzata l'impostazione: *"Normal condition"* ovvero si assume che la pendenza del terreno bilanci le forze d'attrito (flusso normale o uniforme); l'altezza e la velocità vengono mantenute costanti quando l'acqua raggiunge il confine, in modo che l'acqua possa fluire al di fuori del poligono senza perdite di carico.
- **Scabrezza Manning** (Roughness): la scabrezza viene attribuita a tutti i triangoli creati durante il processo di magliatura. È possibile indicare localmente altri valori di scabrezza, il valore generale indicato in questo campo verrà utilizzato dove non specificato diversamente. *Nel caso in esame il coefficiente di scabrezza "n" è stato posto uguale a **0,033***

Il modello usato per la rappresentazione matematica del flusso, sia mono che bi-dimensionale è basato sull'equazione dell'acqua superficiale, relativa cioè all'altezza media che si ricava dalle equazioni di Navier – Stokes:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = q_{1D}$$

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (hu^2 + gh^2/2) + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = S_{0,x} - S_{f,x} + q_{1D}u_{1D}$$

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} (hv^2 + gh^2/2) = S_{0,y} - S_{f,y} + q_{1D}v_{1D}$$

Dove:

- ✓  $h$  è l'altezza dell'acqua;
- ✓  $u$  e  $v$  sono rispettivamente le velocità nelle direzioni  $x$  e  $y$ ;
- ✓  $S_{0,x}$  e  $S_{0,y}$  sono rispettivamente le pendenze dell'alveo nelle direzioni  $x$  e  $y$ ;
- ✓  $S_{f,x}$  e  $S_{f,y}$  sono rispettivamente gli attriti nelle direzioni  $x$  e  $y$ ;
- ✓  $q_{1D}$  è la portata per unità di area;
- ✓  $u_{1D}$  e  $v_{1D}$  sono rispettivamente le componenti di velocità della portata  $q_{1D}$  nelle direzioni  $x$  e  $y$ .

Questa formulazione conservativa dell'equazione dell'acqua superficiale è discretizzata utilizzando un sistema di primo ordine esplicito del volume finito. La tecnica di frazionamento del flusso assicura la proprietà del buon equilibrio bilanciando la pendenza con la pressione, termini a riposo. Per gestire la distinzione tra celle bagnate ed asciutte, viene utilizzata una soglia detta  $h_0$ . Durante il calcolo, le celle a

<b>INGENIUM</b> Studio di Ingegneria Ing. Francesco Ciraci	<b>PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA</b> Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,0 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	<b>FFK</b> <b>RENEWABLES</b> <b>ITALY S.P.A.</b>
--	--	--

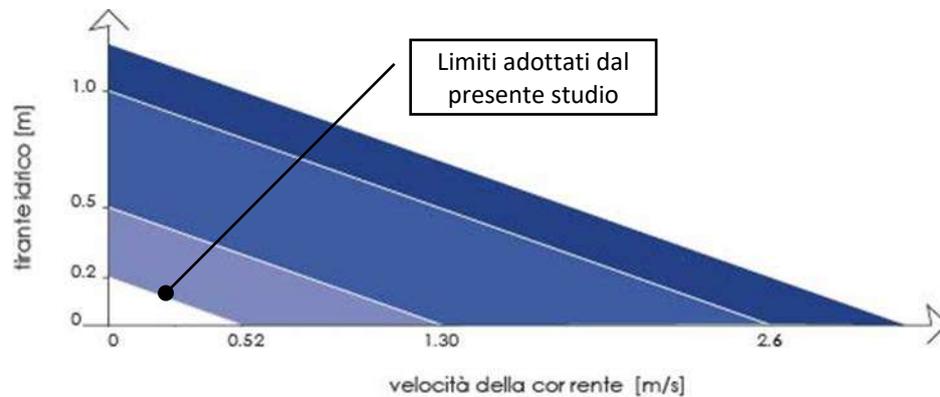
cui è associato un tirante idrico inferiore alla soglia sono considerate asciutte, dunque sia il tirante che la velocità vengono posti a zero. Il valore di default per questa profondità di soglia è 1mm.

I risultati della simulazione sono stati epurati delle componenti residuali che non generano situazioni di pericolo. L'indicazione di allagamento di una superficie, infatti, non è di per sé un fattore di pericolosità; particolari condizioni di allagamento però possono mettere in condizioni di pericolo le persone presenti nelle aree in cui essi si verificano.

Oltre al tirante idrico, i fattori che influiscono sul livello di pericolosità sono la **velocità di scorrimento idrico** e la **persistenza del fenomeno**. Infatti un allagamento che presenta un tirante idrico di 0,1 metri ha caratteristiche ben diverse da quello derivante da 2 metri, anche se si dovesse verificare con lo stesso tempo di ritorno.

Al contrario, se il primo dovesse possedere un'elevata velocità di scorrimento, potrebbe diventare più pericoloso del secondo caso qualora quest' ultimo fosse quasi statico.

Non essendoci indicazioni a riguardo da parte dell'Autorità di Bacino della Puglia si fa riferimento ad un diagramma proposto dall'Autorità di Bacino del Tevere che mette in relazione i due parametri fondamentali nella determinazione del livello di pericolosità dell'inondazione: **tirante  $h(m)$**  e **velocità  $v(m/s)$** .



**Grafico 14** - Rappresentazione cartesiana delle soglie utilizzate per l'elaborazione dei dati in output

In via cautelativa sono stati inseriti **ulteriori** limiti utili all'elaborazione su mappa. I dati di allagamento sono stati sottoposti ad un filtro che ha eliminato tutte le maglie con combinazione Tirante e Velocità al di sotto della retta passante per (0;0,26) e (0,52;0).

<p style="text-align: center;"><b>INGENIUM</b></p> <p>Studio di Ingegneria Ing. Francesco Ciraci</p>	<p style="text-align: center;">PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA</p> <p>Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,0 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW</p>	<p style="text-align: center;">FFK RENEWABLES ITALY S.P.A.</p>
--	---	--

## CONCLUSIONI

Le valutazioni di carattere idrologico, geomorfologico e idraulico, effettuate nel presente studio, sono state eseguite al fine di verificare la **compatibilità idrologica ed idraulica** degli interventi proposti nel progetto allegato, rapportando l'ubicazione degli stessi alle aree di tutela previste dalle Norme Tecniche d'Attuazione del Piano d'Assetto Idrogeologico della Puglia.

Lo studio è stato redatto secondo quanto prescritto dalle indicazioni tecniche riportate nella *Relazione di Piano del PAI Puglia* ed in analogia a studi simili eseguiti sul territorio pugliese e in particolare tarantino.

In primo luogo è stata condotta un'analisi morfometrica che, attraverso l'elaborazione del DTM disponibile sul Portale Cartografico della Regione Puglia ([www.sit.puglia.it](http://www.sit.puglia.it)), ha consentito di determinare il bacino idrografico che interessa l'intervento.

In seguito, attraverso un'analisi idrologica, uniformandosi al modello di *regionalizzazione utilizzato dall'AdB della Regione Puglia* che identifica l'area di intervento nella Zona 6, sono stati **massimizzati gli eventi di piena** con il metodo SCS considerando una condizione di umidità del suolo corrispondente alla **Classe AMC III**.

Infine è stato pertanto implementato un modello di propagazione della piena attraverso il software **InfoWorks ICM 9.1** specializzato nella modellazione **mono** e **bi-dimensionale** di sistemi idraulici complessi costituiti da reti idrauliche e corsi d'acqua naturali.

Dai risultati della simulazione, epurati delle componenti residuali che non generano situazioni di pericolo, si può concludere che risulta verificata la compatibilità idrologica ed idraulica degli interventi previsti secondo le NTA del PAI, in quanto gli stessi non sono interessati **dall'impronta della piena duecentennale**, non incrementano il rischio idraulico, non costituiscono un ostacolo al deflusso e non aumentano gli elementi vulnerabili presenti nell'area.

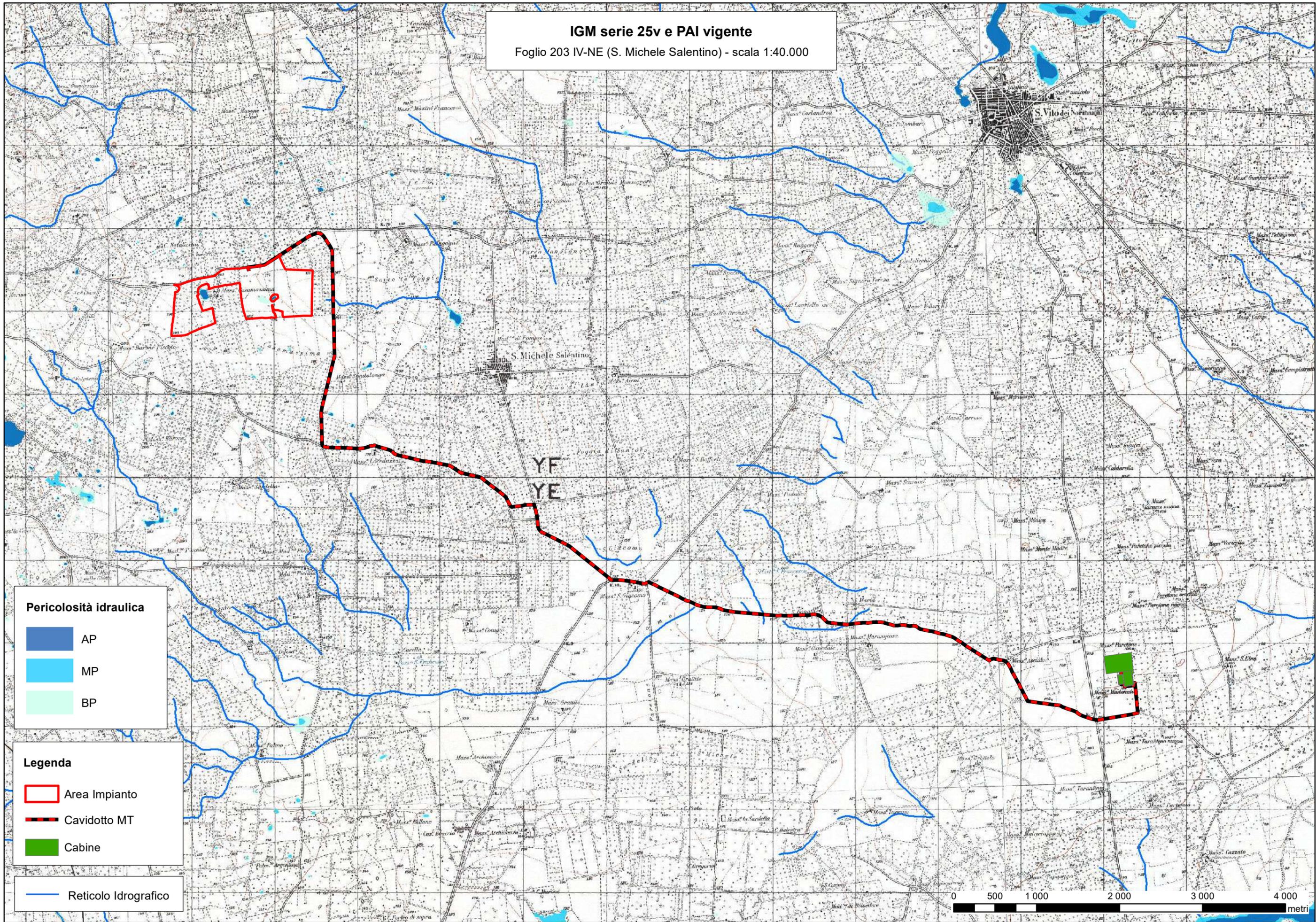
Per quanto riguarda la posa dell'elettrodotto interrato in cavo MT, interessato dall'impronta della piena duecentennale, la stessa verrà effettuata con modalità tali che lo stesso non risenta degli effetti erosivi della corrente, ovvero, ad una **profondità non inferiore ad 1 m dal p.c.**; al termine dei lavori sarà ripristinato l'iniziale altimetria dei luoghi.

<b>INGENIUM</b> Studio di Ingegneria Ing. Francesco Ciraci	<b>PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA</b> Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,0 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	<b>FFK</b> <b>RENEWABLES</b> <b>ITALY S.P.A.</b>
--	--	--

## BIBLIOGRAFIA

- [1] EVANS E.P. ,VON LANY P.H. (1983), *"A mathematical model of overbank spilling and urban flooding"* in *"Hydraulic Aspects of Floods and Flood Control"*, London, UK
- [2] FIORENTINO, M.; GABRIELE, S.; ROSSI, F.; VERSACE, P. (1987), *"Hierarchical approach for regional flood frequency analysis"* in V. P. Singh (eds) *"Regional flood frequency analysis"*, 35-49, D. Reidel, Norwell, Mass.
- [3] TESORIERE G. (1994), *"Strade Ferrovie Aeroporti"*, Vol. I, *Il progetto e le opere d'arte*; UTET, Torino.
- [4] GABRIELE S., IIRITANO G. (1994), *"Analisi regionale delle piogge in Basilicata"*, rapporto interno n.414, CNR-IRPI, Rende (CS).
- [5] CLAPS, P.; COPERTINO, V.; FIORENTINO, M. (1994), *"Analisi regionale dei massimi annuali delle portate al colmo di piena, in Copertino V. A. e Fiorentino M. (a cura di) Valutazione delle piene in puglia"*, 211-246, DIFA-GNDCl, Potenza.
- [6] IPPOLITO G. (1995), *"Appunti di costruzioni idrauliche"*, Liguori editore, Napoli;
- [7] AA.VV. (1996), *"Using ArcView GIS"*, Environmental Systems Research Institute Inc., 380 New York Street, Redlands, California.
- [8] DA DEPPO L., DATEI C. (1999), *"Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali"*, Ed. BIOS, Cosenza.
- [9] CASTORANI A., IACOBELLIS V. (2001), *"Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia centro-meridionale, in Studi propedeutici per la redazione del piano di bacino regionale"*, Regione Puglia, Bari.
- [10] AA.VV. (2002), *"Atlante delle opere di sistemazione dei versanti"*, Ed. APAT - Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici, Roma.
- [11] AA.VV. (2003), *"Atlante delle opere di sistemazione fluviale"*, Ed. APAT - Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici, Roma.
- [12] CAIVANO A. M. (2003), *"Rischio Idraulico e Idrogeologico"*, III Edizione, Ed. EPC Libri, Roma.
- [13] FERRO V. (2006), *"La sistemazione dei bacini idrografici"*, Seconda Edizione, McGraw-Hill, Milano.
- [14] AA.VV. (2007), *"Linee guida per la stabilizzazione delle frane e strategie di mitigazione del rischio"*, Autorità di Bacino del Fiume Arno, Firenze.
- [15] CETRARO F. (2007), *"Ingegneria Geotecnica e Geologia Applicata"*, II Edizione, Ed. EPC Libri, Roma;
- [16] AA.VV. (2009), *"Two-Dimensional Flood Routing Model - Workshop Lessons"*, FLO-2D Software Inc., Nutrioso, Arizona.
- [17] MURACHELLI A., RIBONI V. (2010), *"Rischio idraulico e difesa del territorio"*, Ed. Dario Flaccovio Editore, Palermo.
- [18] AGOSTINACCIO M., CIAMPA D., OLITA S. (2011), *"La progettazione delle strade"*, II Edizione, Ed. EPC Libri, Roma;

IGM serie 25v e PAI vigente  
Foglio 203 IV-NE (S. Michele Salentino) - scala 1:40.000



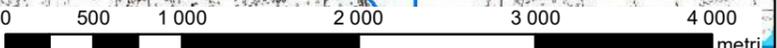
**Pericolosità idraulica**

- AP
- MP
- BP

**Legenda**

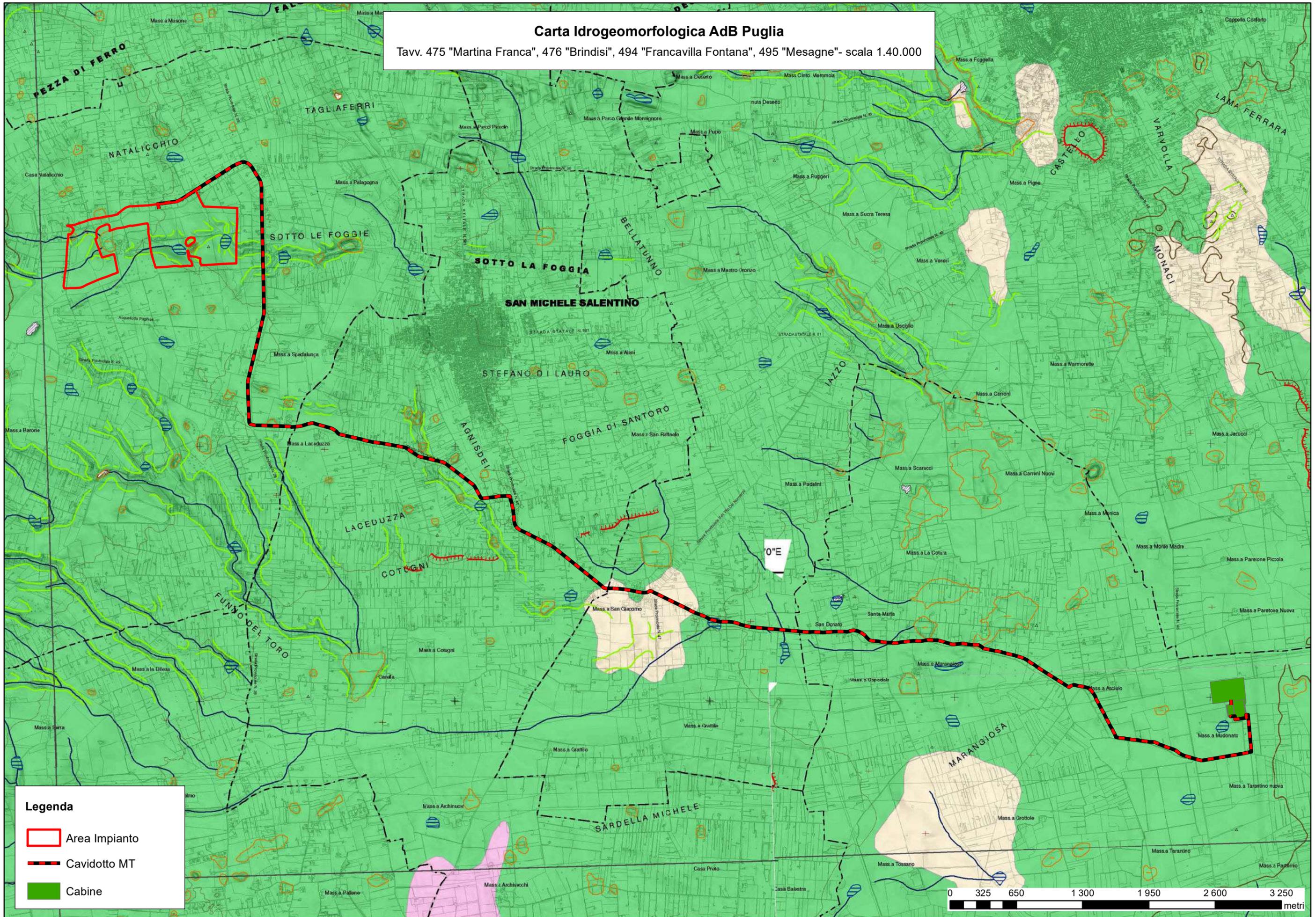
- Area Impianto
- Cavidotto MT
- Cabine

Reticolo Idrografico



# Carta Idrogeomorfologica AdB Puglia

Tavv. 475 "Martina Franca", 476 "Brindisi", 494 "Francavilla Fontana", 495 "Mesagne" - scala 1.40.000



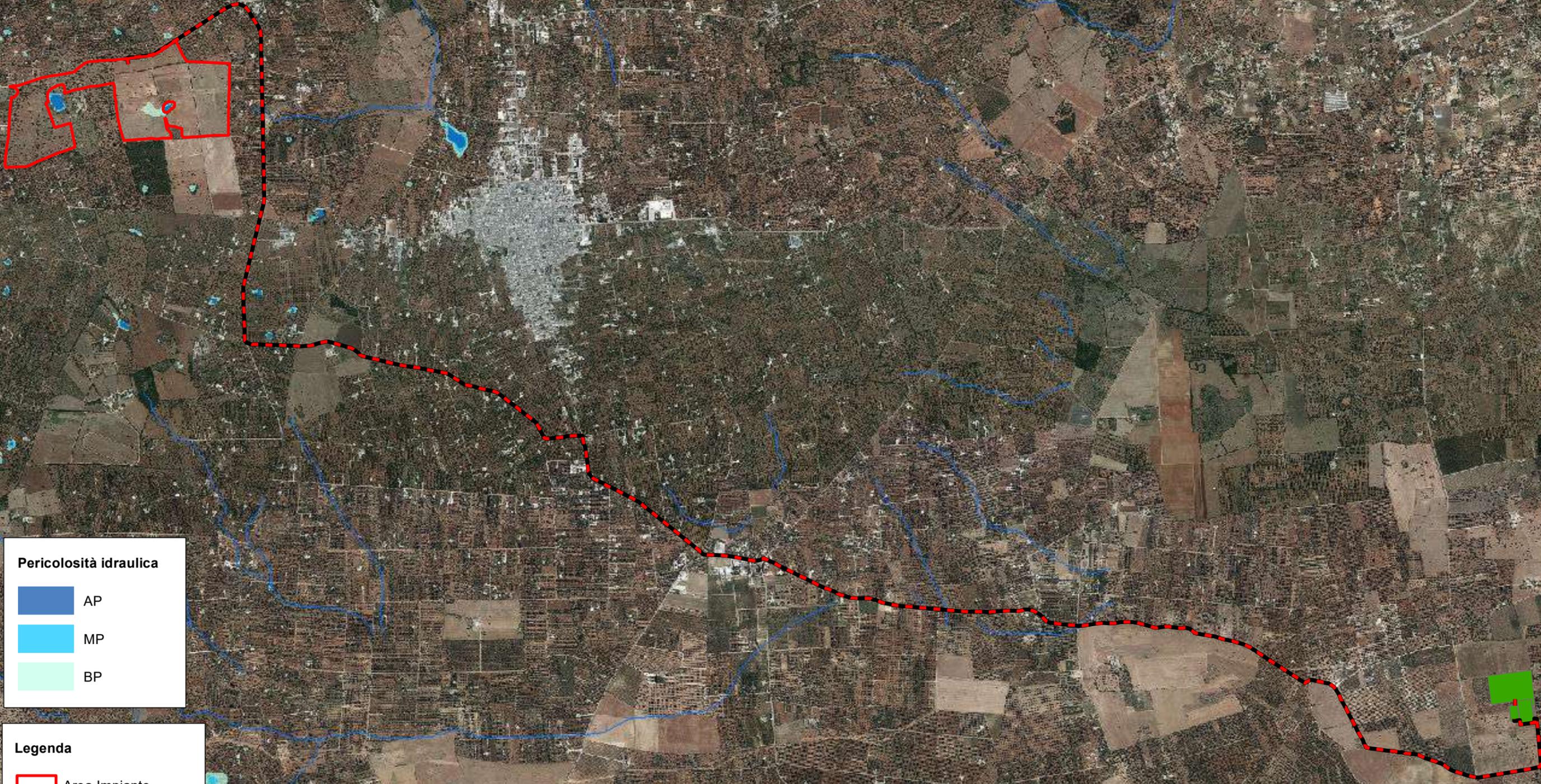
**Legenda**

-  Area Impianto
-  Cavidotto MT
-  Cabine



**Ortofoto Regione Puglia e PAI vigente**

WMS Ortofoto 2019 SIT Puglia - scala 1:30.000



**Pericolosità idraulica**

- AP
- MP
- BP

**Legenda**

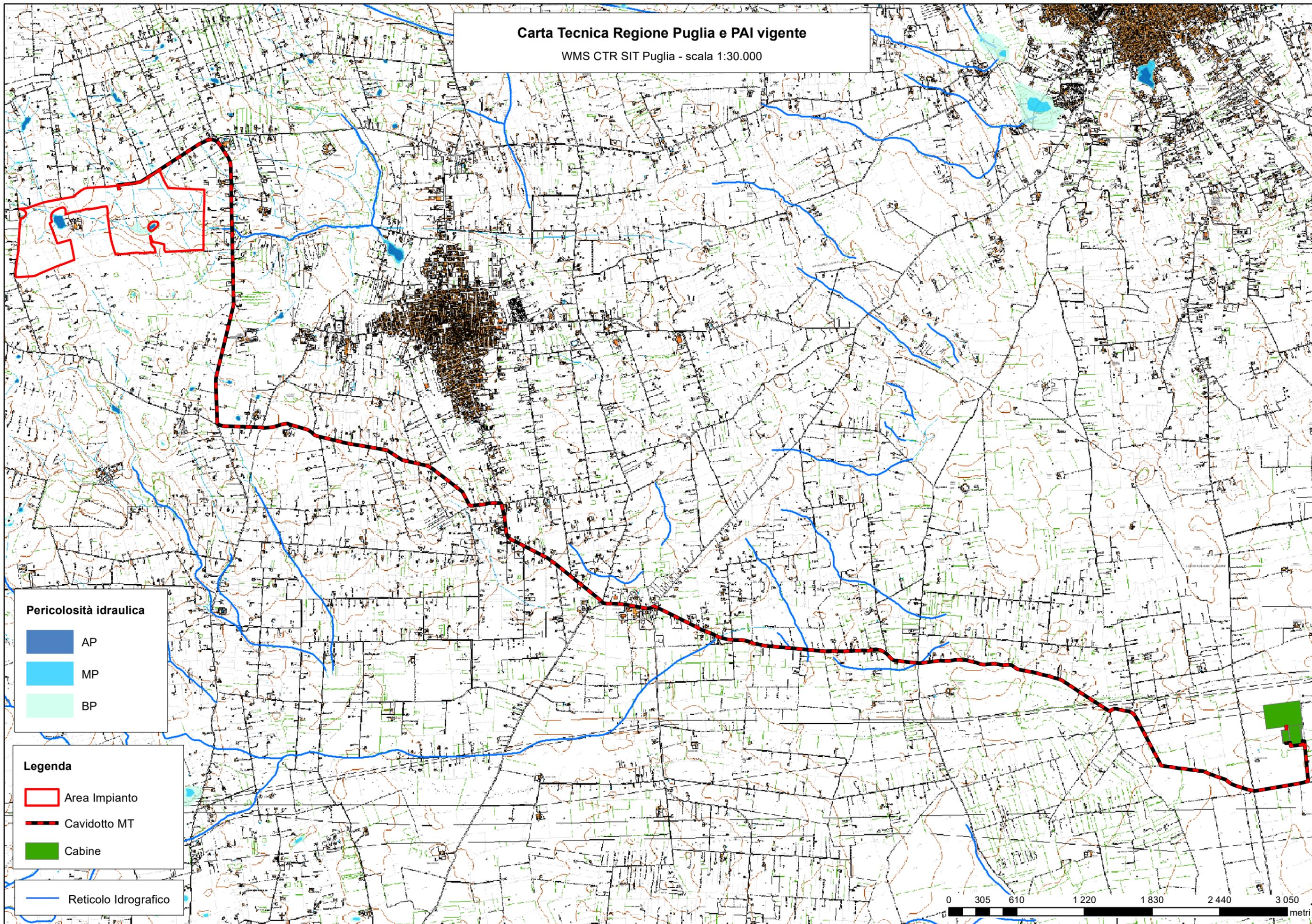
- Area Impianto
- Cavidotto MT
- Cabine

Reticolo Idrografico



# Carta Tecnica Regione Puglia e PAI vigente

WMS CTR SIT Puglia - scala 1:30.000



## Pericolosità idraulica

- AP
- MP
- BP

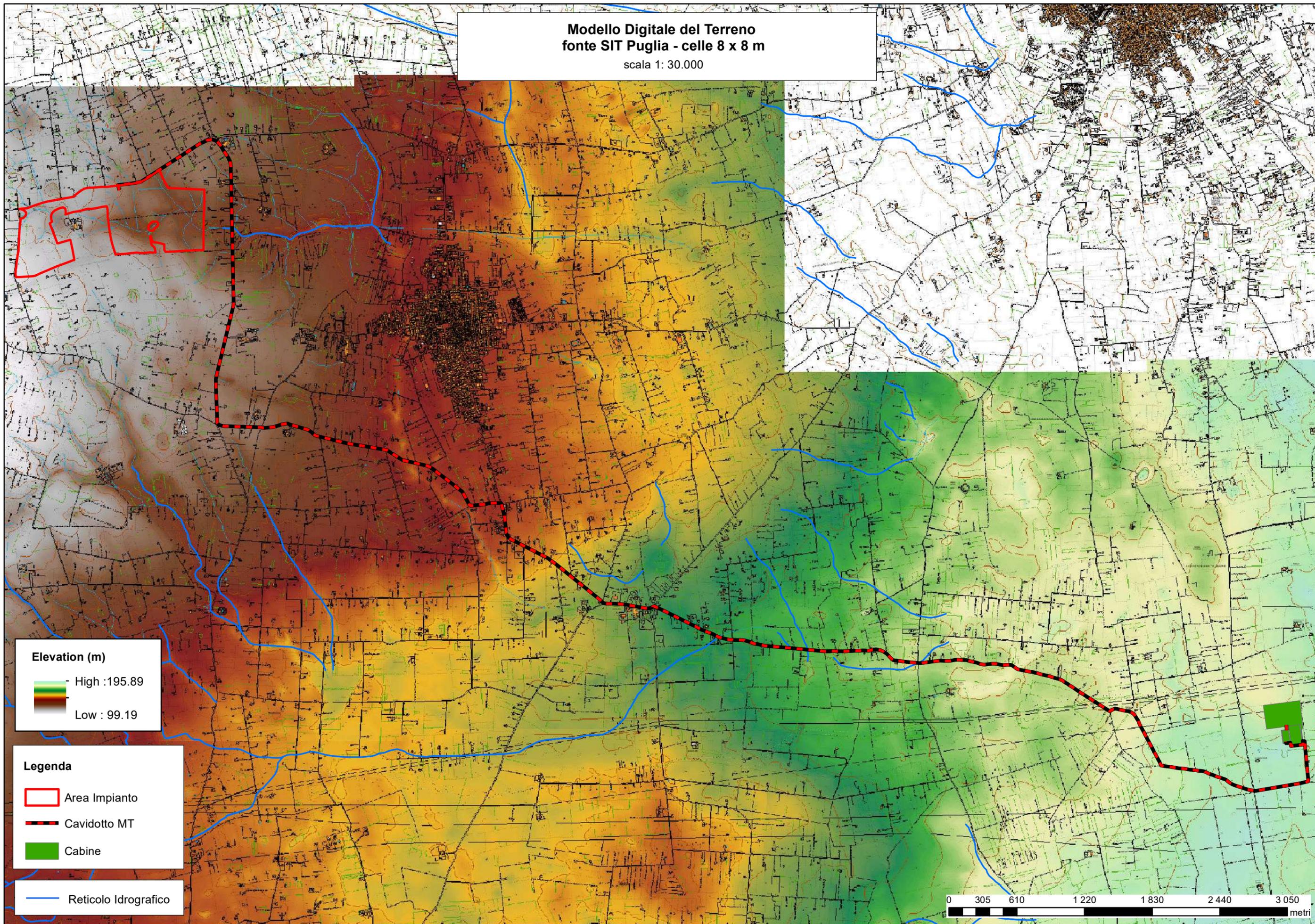
## Legenda

- Area Impianto
- Cavidotto MT
- Cabine

Reticolo Idrografico

0 305 610 1 220 1 830 2 440 3 050 metri

Modello Digitale del Terreno  
fonte SIT Puglia - celle 8 x 8 m  
scala 1: 30.000



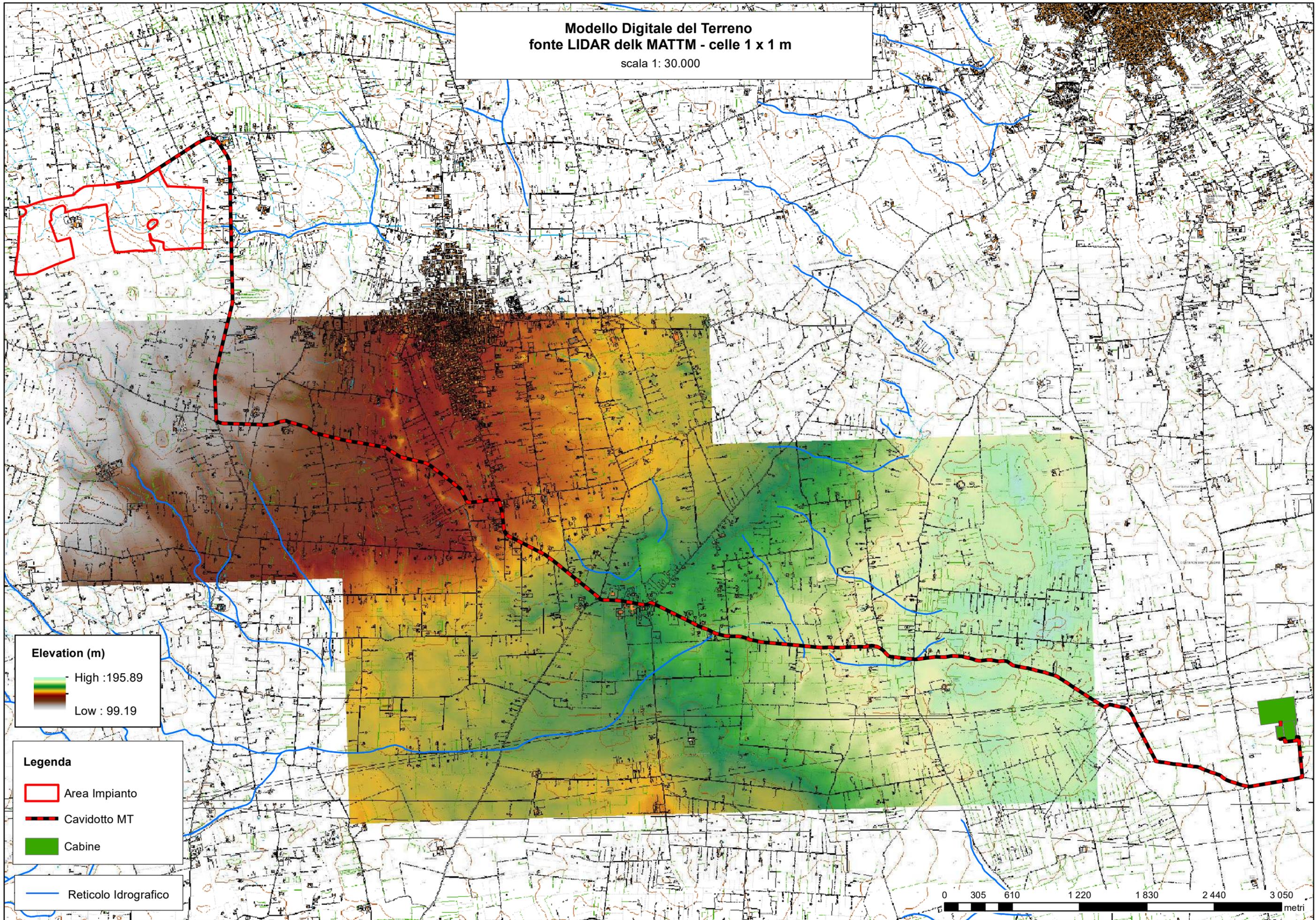
**Elevation (m)**  
High : 195.89  
Low : 99.19

**Legenda**  
Area Impianto  
Cavidotto MT  
Cabine

Reticolo Idrografico

0 305 610 1 220 1 830 2 440 3 050 metri

**Modello Digitale del Terreno**  
fonte LIDAR delk MATTM - celle 1 x 1 m  
scala 1: 30.000



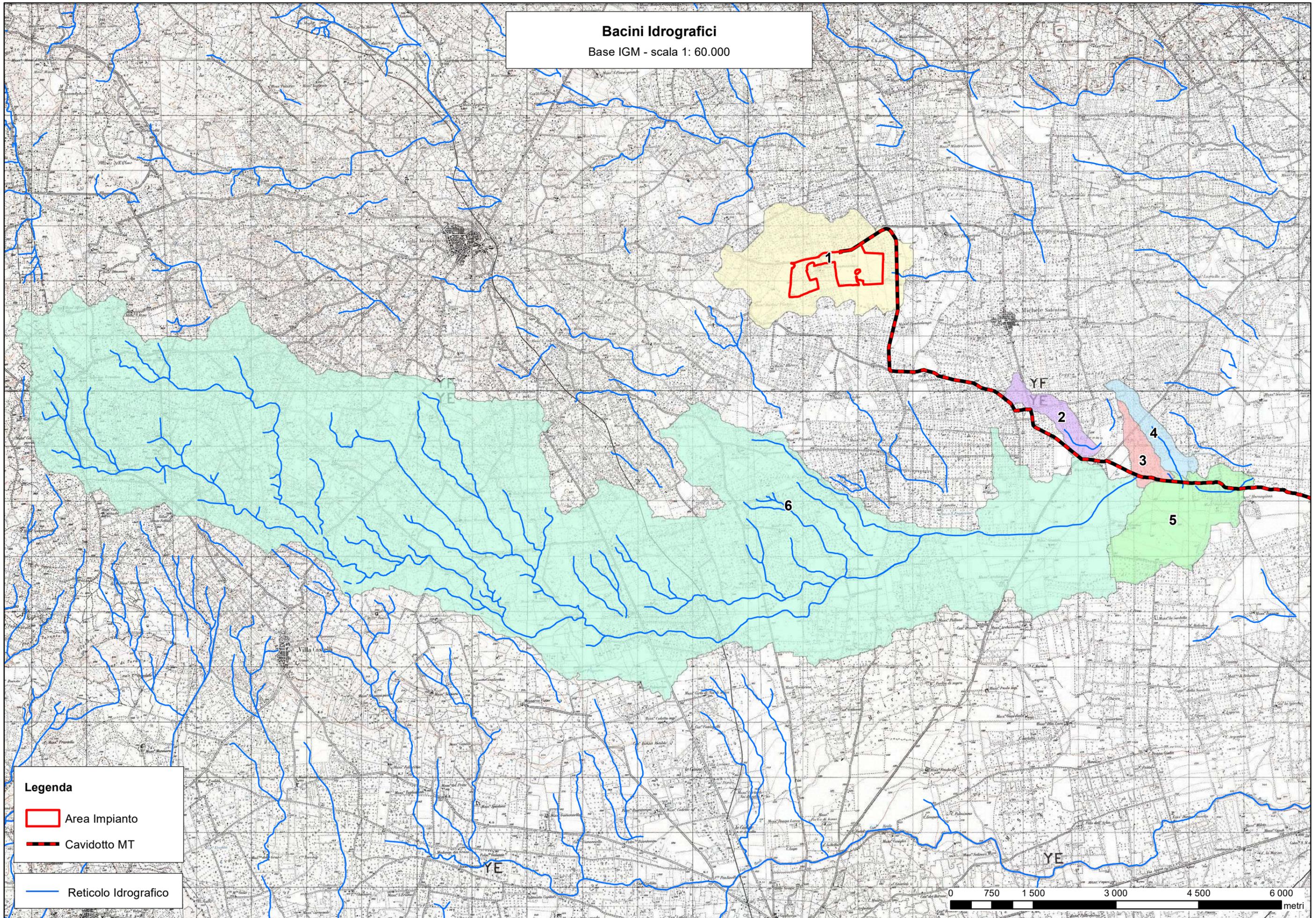
**Elevation (m)**  
High : 195.89  
Low : 99.19

**Legenda**  
Area Impianto  
Cavidotto MT  
Cabine

Reticolo Idrografico

0 305 610 1220 1830 2440 3050 metri

**Bacini Idrografici**  
Base IGM - scala 1: 60.000

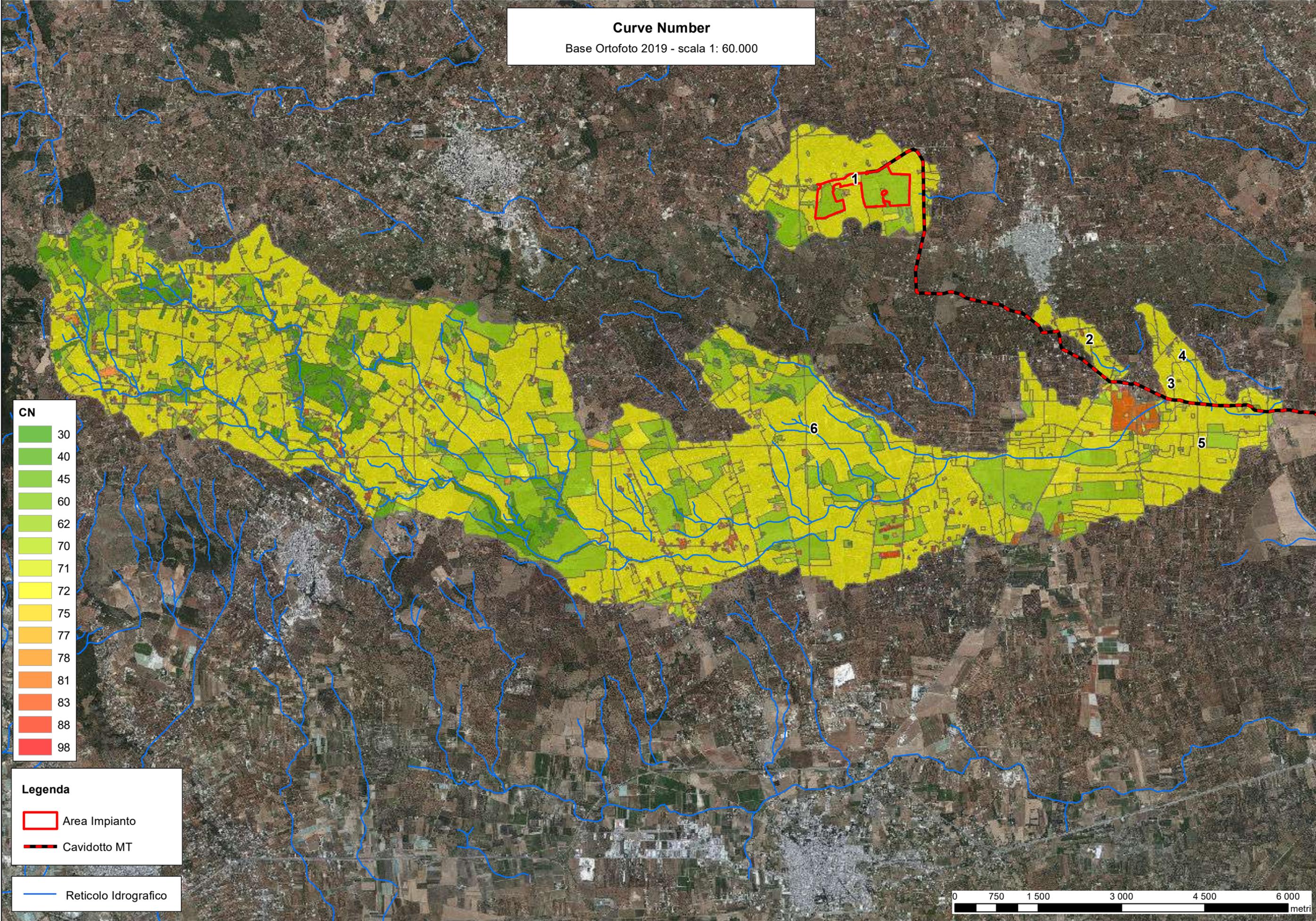


**Legenda**

-  Area Impianto
-  Cavidotto MT
-  Reticolo Idrografico



**Curve Number**  
Base Ortofoto 2019 - scala 1: 60.000



**CN**

30
40
45
60
62
70
71
72
75
77
78
81
83
88
98

**Legenda**

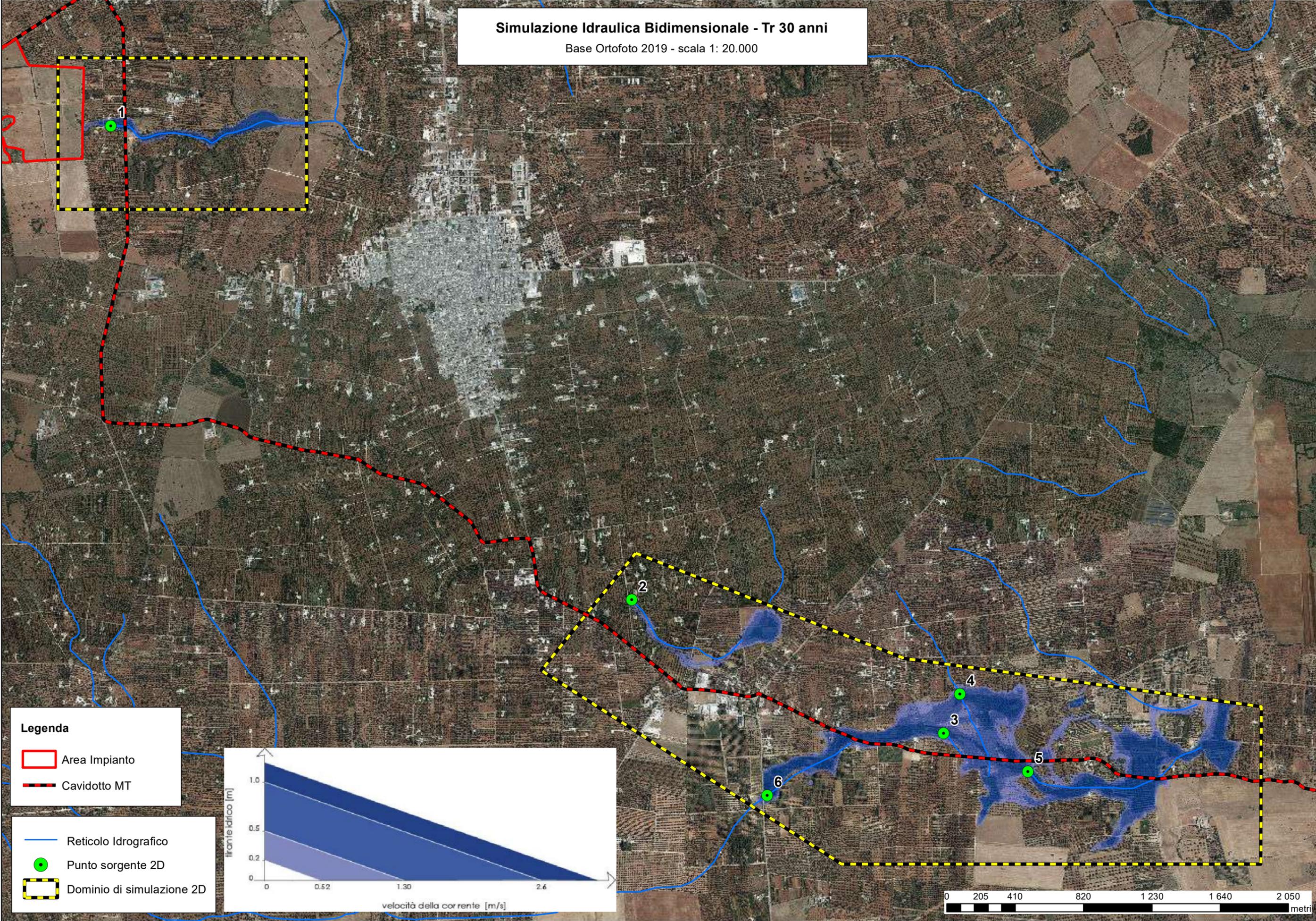
-  Area Impianto
-  Cavidotto MT

 Reticolo Idrografico



# Simulazione Idraulica Bidimensionale - Tr 30 anni

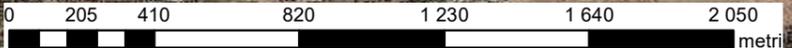
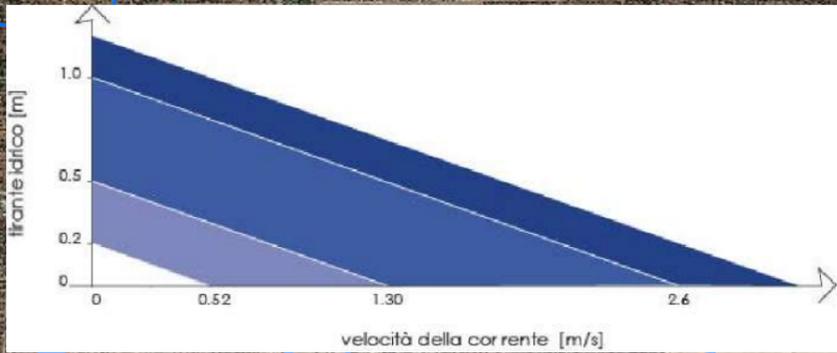
Base Ortofoto 2019 - scala 1: 20.000



**Legenda**

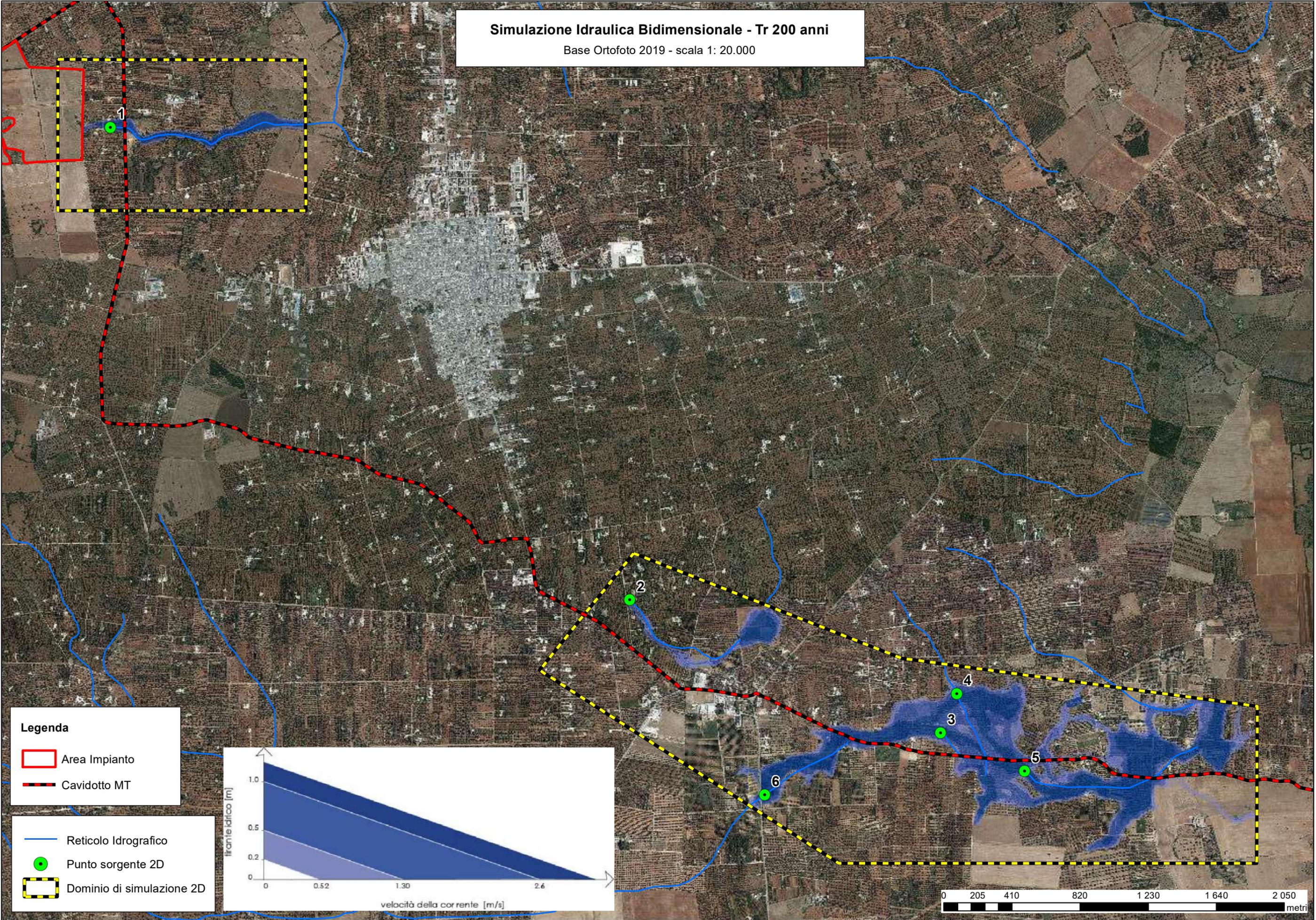
- Area Impianto
- Cavidotto MT

- Reticolo Idrografico
- Punto sorgente 2D
- Dominio di simulazione 2D



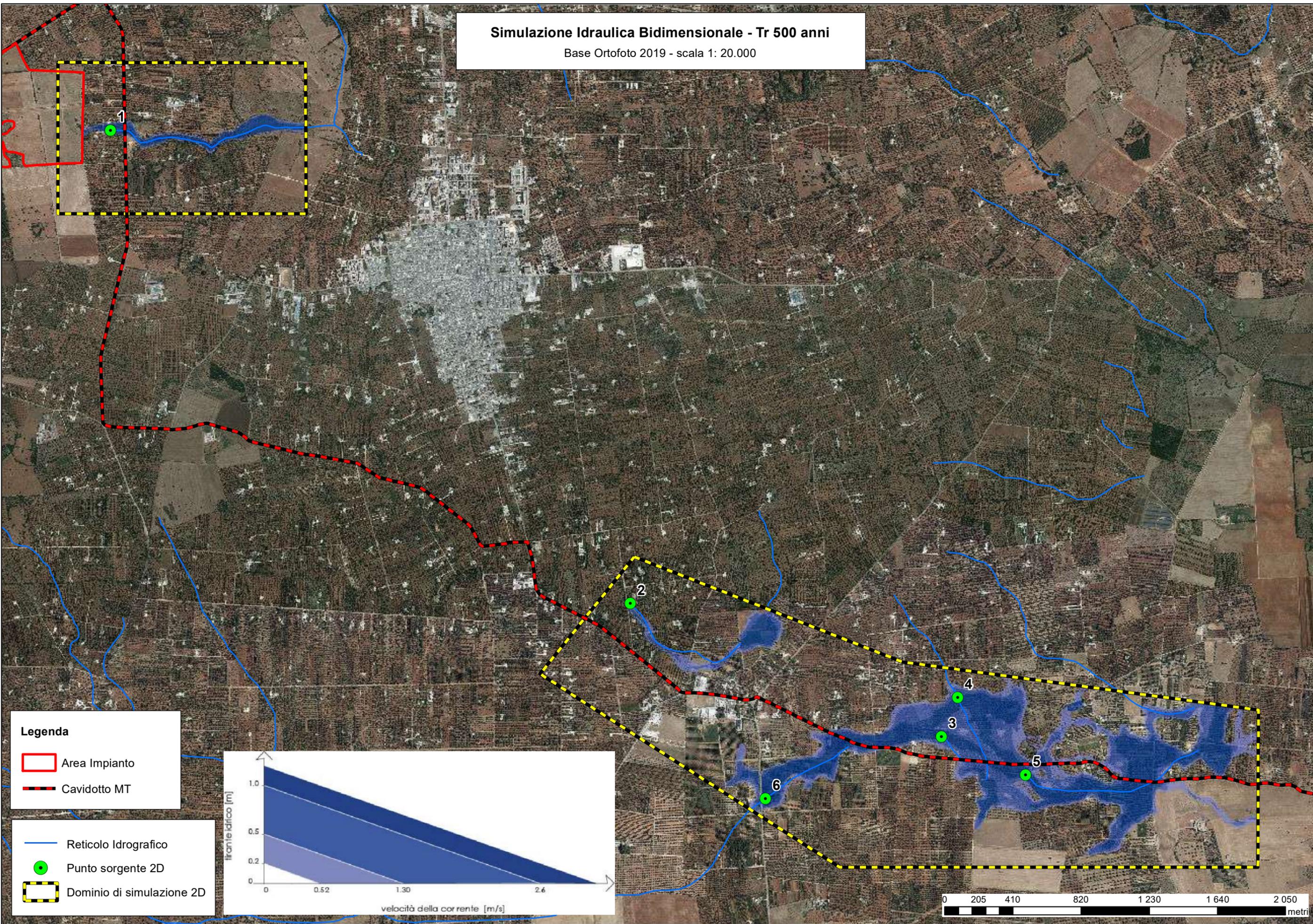
# Simulazione Idraulica Bidimensionale - Tr 200 anni

Base Ortofoto 2019 - scala 1: 20.000



# Simulazione Idraulica Bidimensionale - Tr 500 anni

Base Ortofoto 2019 - scala 1: 20.000



**Legenda**

- Area Impianto
- Cavidotto MT

- Reticolo Idrografico
- Punto sorgente 2D
- Dominio di simulazione 2D

