	<p align="center"><i>Elettrodotto 150 kV doppia terna</i></p> <p align="center"><i>S.E. Troia – Roseto</i></p> <p align="center"><b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b></p>	Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
		Rev. N° 00	Pag. 1 di 50

Elettrodotto 150 kV doppia terna S.E. Troia – Roseto

## RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA

*Redatta in conformità a quanto richiesto dall'Autorità di Bacino della Puglia alla nota integrativa n° Prot. 0013159 del 21/11/2011 al fine dell'ottenimento del relativo parere di competenza.*



Firmato digitalmente da

**SALVATORE VERNOLE**


CN = VERNOLE  
 O = ORDINE DEI GEOLOGI DELLA PROVINCIA DI BARI  
 T = INGEGNERE INDUSTRIALE  
 SerialNumber = E27A662K  
 e-mail = idraulica\_applicazioni@abro.it  
 C = IT



### Storia delle revisioni


Rev. n°	Data	Descrizione
00	10/10/2012	Prima emissione

Incarico	Redatto	Verificato	Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo	G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA F.Testa ING/CRE

 <small>TERNA GROUP</small>	<b>Elettrodotto 150 kV doppia terna</b> <b>S.E. Troia – Roseto</b> <b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>	Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
		Rev. N° 00	Pag. <b>2</b> di 50

<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>INQUADRAMENTO DELL'AREA OGGETTO DELLO STUDIO IN RELAZIONE AGLI ASPETTI MORFOLOGICI ED IDROGRAFICI PRESENTI SUL TERRITORIO .....</b>	<b>5</b>
<b>ANALISI MORFOLOGICA E INDIVIDUAZIONE DEI BACINI SCOLANTI .....</b>	<b>14</b>
<b>ANALISI IDROLOGICA.....</b>	<b>18</b>
<b>ANALISI IDRAULICA.....</b>	<b>30</b>
<b>COMPATIBILITÀ DELLE OPERE DA REALIZZARE CON LE NUOVE AREE INDIVIDUATE ....</b>	<b>46</b>
<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>49</b>

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE

 Terna Rete Italia T E R N A G R O U P	<i>Elettrodotto 150 kV doppia terna</i> <i>S.E. Troia – Roseto</i> <b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>		Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
			Rev. N° 00	Pag. <b>3</b> di 50

## Premessa

La presente relazione analizza la compatibilità idrologica ed idraulica dell'area in cui si prevede la realizzazione dell'elettrodotto aereo 150 kV doppia terna, denominato "S.E. Troia – Roseto", per una lunghezza di circa 15 km che attraversa i territori comunali di Troia, Castelluccio Valmaggiore, Biccari, Alberona e Roseto Valfortore, ricadenti nella provincia di Foggia.

In particolare, verifica la sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica del posizionamento dei tralicci di sostegno in funzione del reticolo idrografico superficiale ufficiale, così come mostrato nella cartografia ufficiale I.G.M. in scala 1:25.000, ai sensi delle NTA del PAI redatte dall'AdB Puglia, al fine dell'ottenimento del relativo parere di competenza.


Cautelativamente è stato anche studiato, nell'analisi idraulica, il reticolo rappresentato sulla bozza della carta idrogeomorfologica che non rappresenta l'ufficialità in quanto ancora in fase di condivisione con gli Enti locali interessati.

Le analisi effettuate hanno consentito di stabilire le aree di allagamento attese in occorrenza di un evento meteorico con tempo di ritorno di 200 anni (valore a cui corrisponde la definizione di sicurezza idraulica come da art. 36 delle NTA del PAI). Pertanto si è partiti da uno studio a scala di bacino al fine di individuare prima le grandezze morfometriche da utilizzare come input nei modelli idrologici, poi valutare la curva di possibilità pluviometrica e conseguentemente l'idrogramma di piena nelle sezioni degli impluvi di interesse in rapporto all'intervento proposto.

Infine, si è costruito il modello tridimensionale dell'area di intervento sul quale è stata simulata la propagazione dell'onda di piena mediante un modello di calcolo idraulico a schema bidimensionale.

In corrispondenza delle eventuali interferenze dei tralicci con aree a media pericolosità idraulica, si proporrà la delocalizzazione all'esterno in maniera tale da essere compatibili con le NTA del PAI della Puglia.

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE

 <small>TERNA GROUP</small>	<i>Elettrodotto 150 kV doppia terna</i> <i>S.E. Troia – Roseto</i> <b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>		Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
			Rev. N° 00	Pag. 4 di 50

La complessità dello studio svolto ha dato luogo allo sviluppo di più fasi che vengono nel seguito elencate:

Fase Preliminare

---

- Indagine conoscitiva preliminare dell'area di esame;
- individuazione ed analisi del reticolo idrografico;
- delimitazione dei bacini idrografici;
- attività di campo e ricognizione dei luoghi;
- individuazione preliminare delle principali criticità presenti sul territorio studiato;
- acquisizione dei dati geometrici e topografici delle sezioni di interesse sull'area oggetto di studio.

Analisi Idrologica

---


- Applicazione della Metodologia VAPI;
- definizione delle curve di possibilità pluviometrica;
- implementazione dei modelli afflussi-deflussi;
- calcolo degli idrogrammi di piena nelle sezioni oggetto di studio.

Analisi Idraulica

---

- Implementazione del modello idraulico;
- modellazione idraulica e valutazione delle grandezze idrodinamiche delle piene di riferimento;
- descrizione delle criticità individuate e compatibilità dell'intervento proposto al PAI;
- individuazione delle aree a diversa pericolosità idraulica.
- Soluzione delle criticità riscontrate.

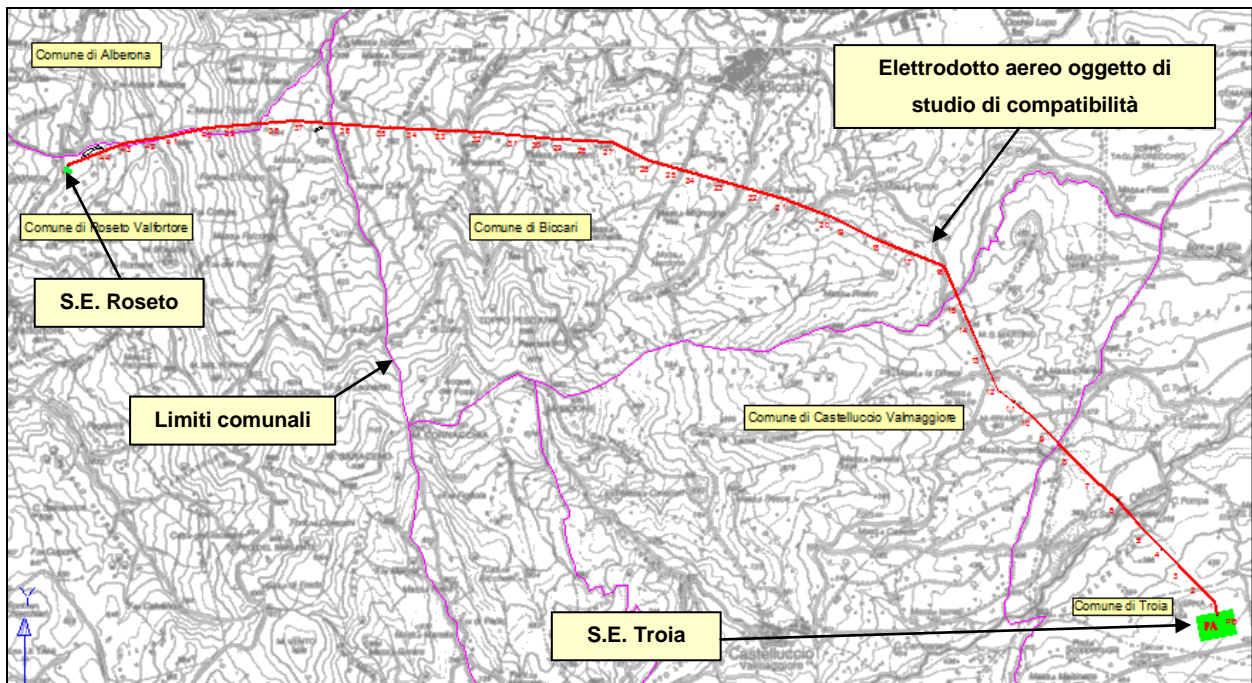
Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE

	<b>Elettrodotto 150 kV doppia terna</b> <b>S.E. Troia – Roseto</b>		Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
	<b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>		Rev. N° 00	Pag. 5 di 50

### Inquadramento dell'area oggetto dello studio in relazione agli aspetti morfologici ed idrografici presenti sul territorio

Nel presente studio, al fine di ottenere un'analisi territoriale quanto più dettagliata possibile, si è fatto riferimento ai seguenti dati cartografici disponibili:

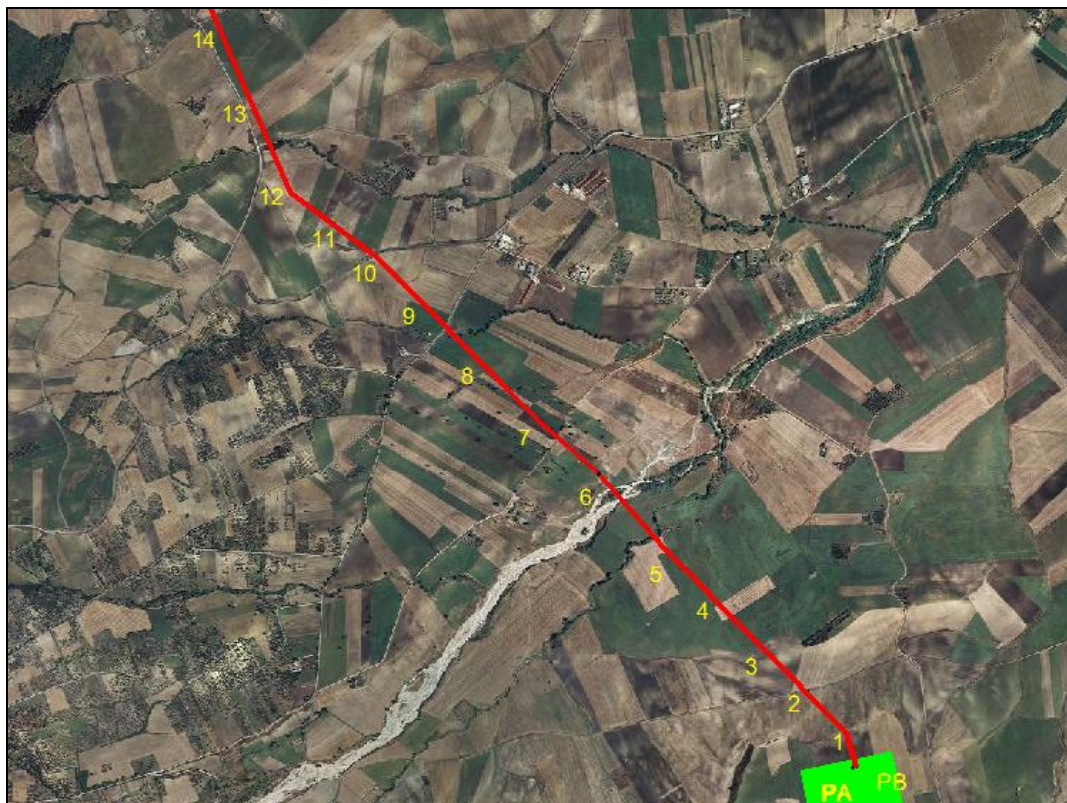
- Cartografia IGM in scala 1:50.000;
- Cartografia IGM in scala 1:25.000;
- Ortofoto;
- Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:5.000.



**Inquadramento territoriale dell'elettrodotto aereo oggetto di studio di compatibilità  
su I.G.M. 1:50.000**

Si precisa che l'intervento relativo allo studio di cui all'oggetto è costituito dalla sola linea aerea di connessione in MT e dal posizionamento dei tralicci, escludendo la cabina primaria e la rete elettrica riportate nelle cartografie che sono rispettivamente già autorizzate.

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE




**Inquadramento territoriale dell'elettrodotto aereo (estremità sud-est) su ortofoto**



**Inquadramento territoriale dell'elettrodotto aereo (parte centrale) su ortofoto**

Incarico	Redatto	Verificato	Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo	G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA F.Testa ING/CRE

	<b>Elettrodotto 150 kV doppia terna</b> <b>S.E. Troia – Roseto</b>		Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
	<b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>		Rev. N° 00	Pag. 7 di 50

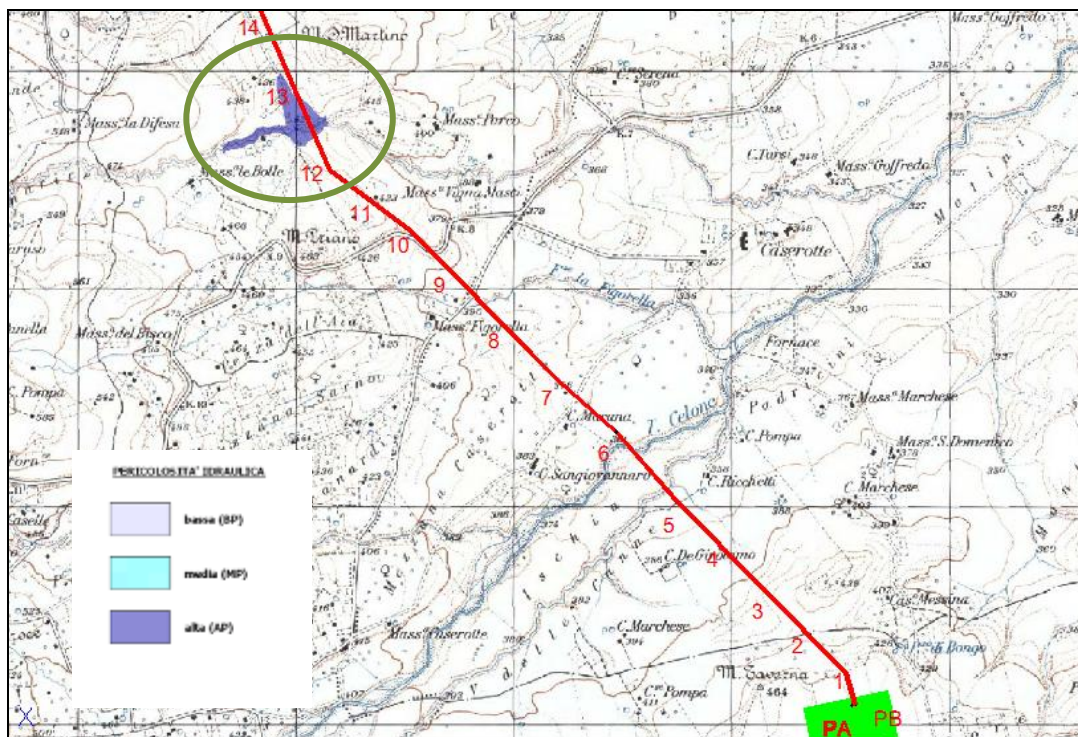


**Inquadramento territoriale dell'elettrodotto aereo (estremità ad nord-ovest) su ortofoto**

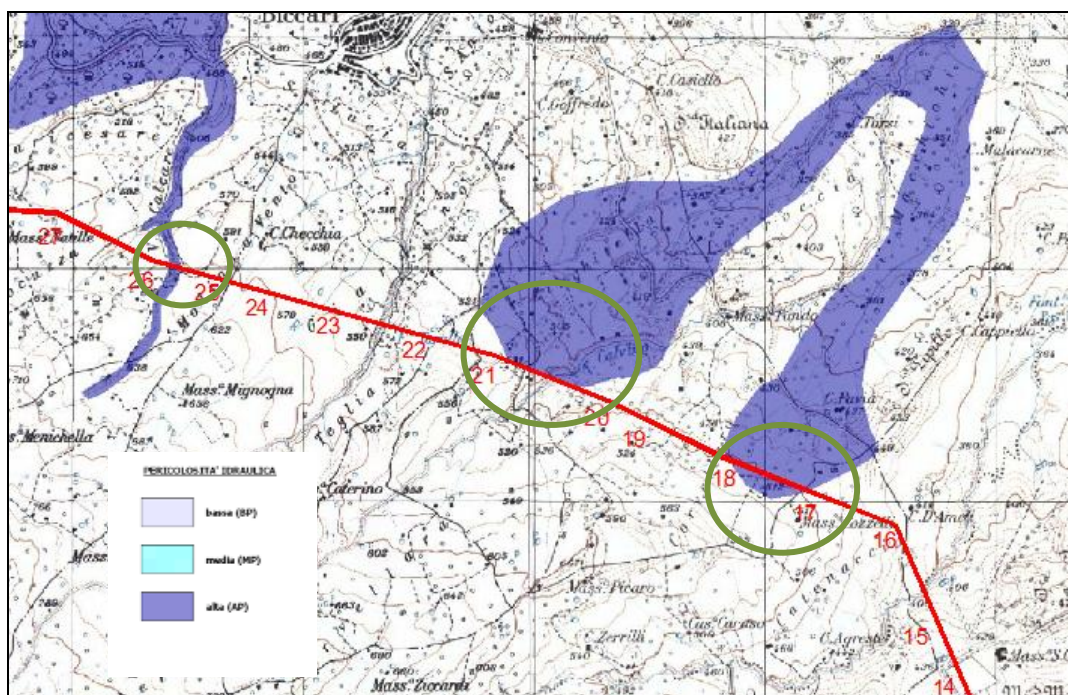
L'analisi effettuata sulle ultime perimetrazioni del PAI della Puglia, aggiornate in data 04/09/2012 su cartografia ufficiale, consultabile in maniera interattiva tramite il WebGIS dell'AdB Puglia, ha rivelato che l'area di intervento, in parte, è interessata da zone classificate a diversa pericolosità idraulica (Alta). Di seguito sono riportate le figure in cui si evidenziano i tratti ricadenti in aree classificate ad alta pericolosità idraulica. Nello specifico, questi sono:

- Tratto 12 – 13;
- Tratto 17 – 18;
- Tratto 20 – 21;
- Tratto 25 – 26;
- Tratto 32 – 33.

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE



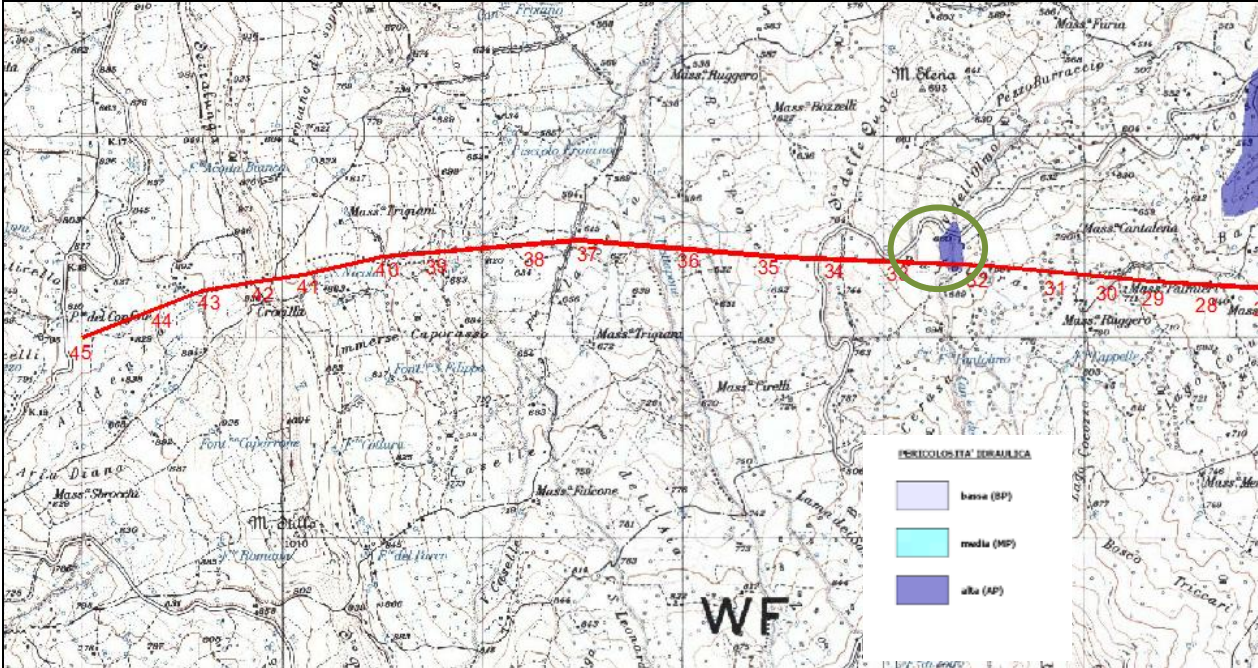
**Inquadramento vincolistico dell'elettrodotto aereo (estremità a sud est) ai sensi delle aree classificate a diversa pericolosità idraulica dal PAI Puglia**



**Inquadramento vincolistico dell'elettrodotto aereo (parte centrale) ai sensi delle aree classificate a diversa pericolosità idraulica dal PAI Puglia**

Incarico	Redatto	Verificato	Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo	G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA F.Testa ING/CRE





**Inquadramento vincolistico dell'elettrodotto aereo (estremità a nord ovest) ai sensi delle aree classificate a diversa pericolosità idraulica dal PAI Puglia**

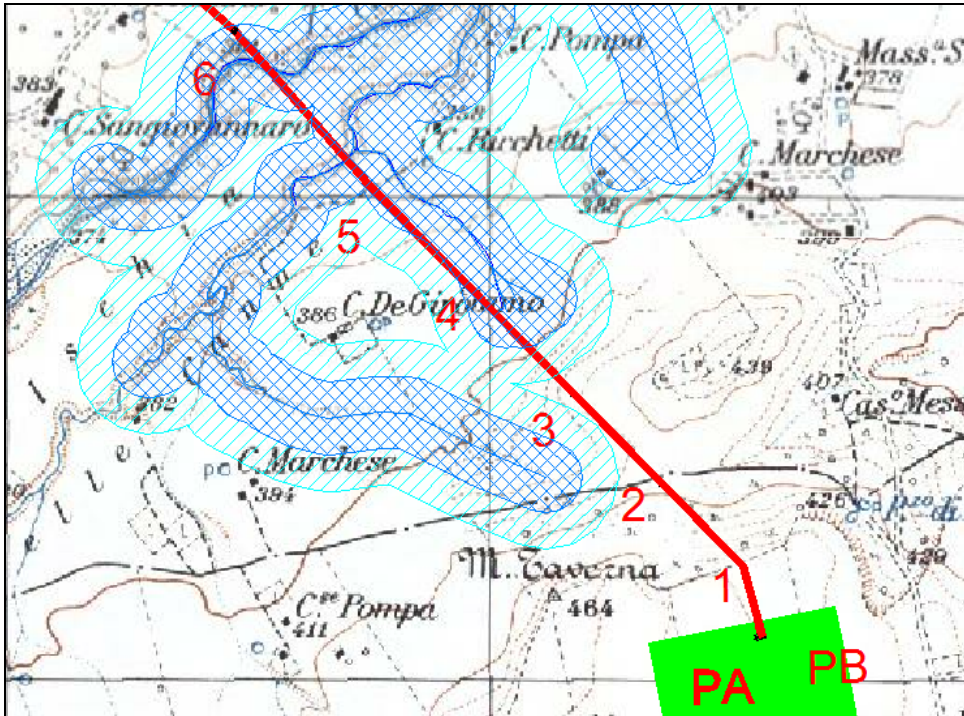
Dall'analisi della cartografia ufficiale I.G.M. 1.25.000, l'area in esame risulta essere interessata da un reticolo idrografico alquanto ramificato, riscontrabile anche mediante confronto visivo dallo stralcio dell'ortofoto, per la presenza della vegetazione riparia tipica delle arginature di canali e/o corsi d'acqua della zona.

L'ubicazione dell'area di interesse deve essere verificata con le aree di tutela ai sensi degli artt. 6 e 10 delle NTA del PAI della Puglia, ossia con i *buffers* relativi all'alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali (di ampiezza pari a 75 m dall'asse del reticolo) ed alla fascia di pertinenza fluviale (di ampiezza pari a 75 m dalla fine dell'area a modellamento attivo).

Come si evince dalle seguenti figure:

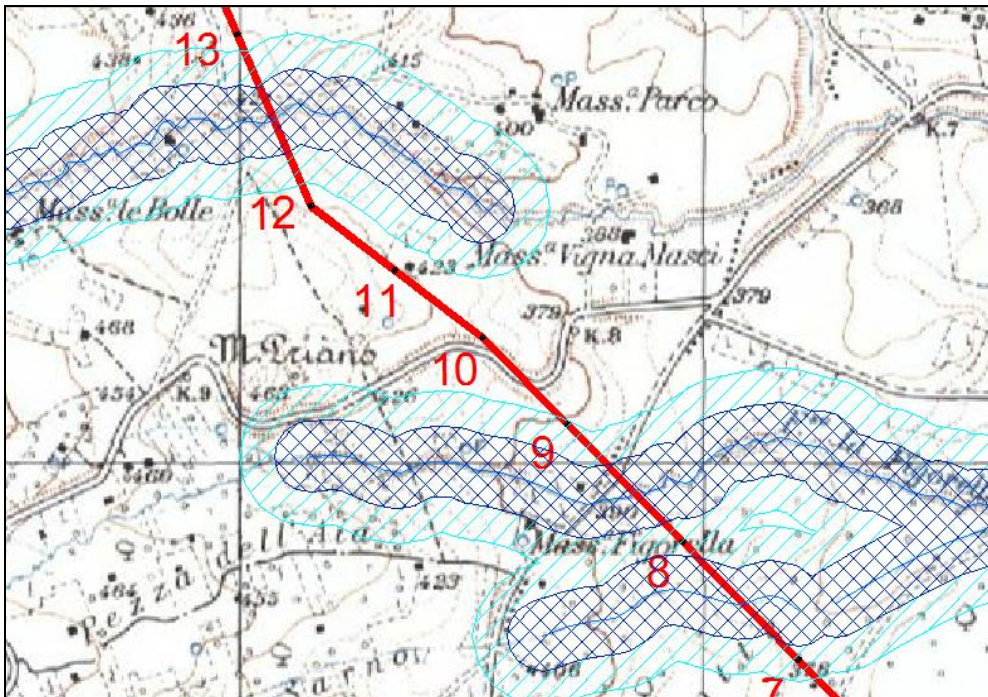
- i tralicci n. 4, 5 e 6 sono ubicati a distanza inferiore ai 75 m rispetto le aste principali dei reticoli idrografici individuati e, quindi, sono interni alla fascia a modellamento attivo e aree golenali.

Incarico	Redatto	Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo	G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE




Rappresentazione della fascia a modellamento attivo pari a 75 m dall'asse del reticolo e aree golenali (in blu) e di pertinenza fluviale pari a 75 m dalla fine dell'area a modellamento attivo (in celeste)

- i tralici n. 7, 8 e 9 risultano essere interni alla fascia di pertinenza fluviale.

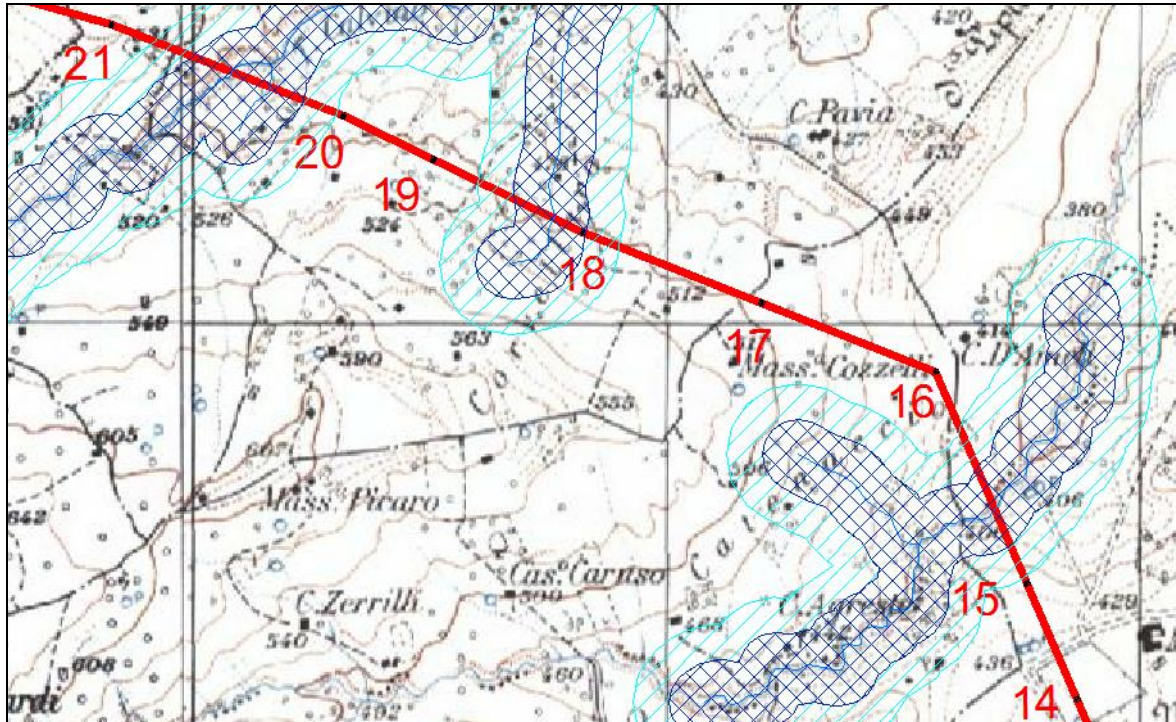


Incarico	Redatto	Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S. Vernole Dott. P. Lorenzo	G. Luzzi ING/CRE-ASA	N. Rivabene ING/CRE-ASA		F. Testa ING/CRE

	<b>Electrodotto 150 kV doppia terna</b> <b>S.E. Troia – Roseto</b>		Codifica	
	<b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>		<b>REFR10017BASA00181</b>	
			Rev. N° 00	Pag. 11 di 50

**Rappresentazione della fascia a modellamento attivo pari a 75 m dall'asse del reticolo e aree golenali (in blu) e di pertinenza fluviale pari a 75 m dalla fine dell'area a modellamento attivo (in celeste)**

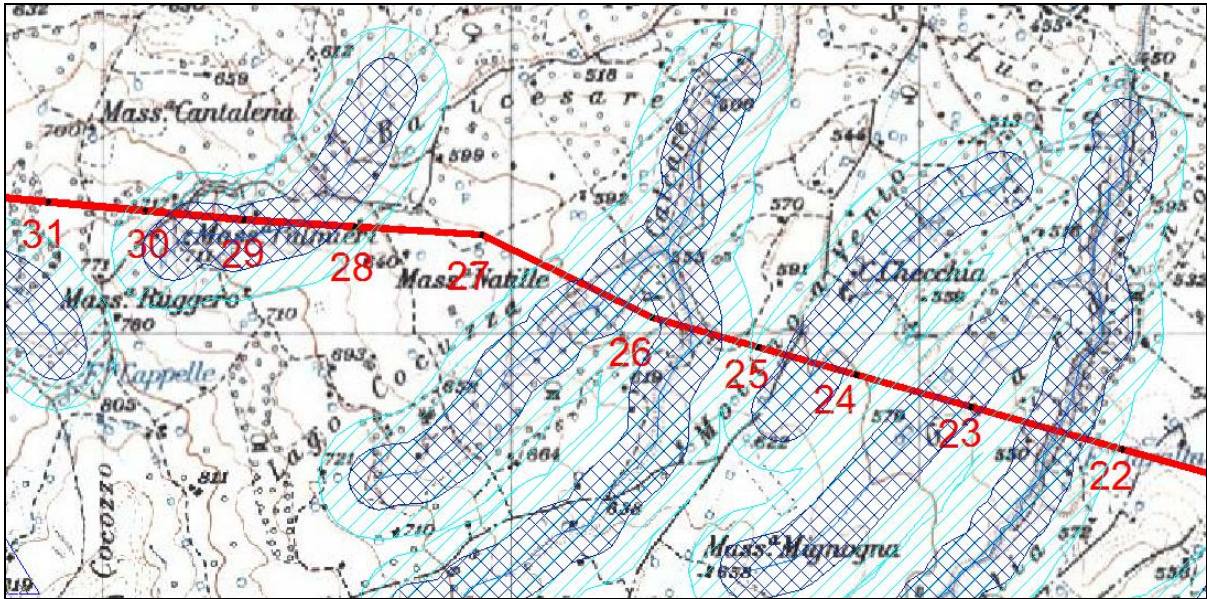
- il traliccio n. 18 rientra all'interno della fascia a modellamento attivo ed aree golenali, mentre i sostegni n. 14, 15, 16, 17, 19, 20 e 21 sono al di fuori delle aree vincolate ai sensi delle NTA del PAI Puglia.



**Rappresentazione della fascia a modellamento attivo pari a 75 m dall'asse del reticolo e aree golenali (in blu) e di pertinenza fluviale pari a 75 m dalla fine dell'area a modellamento attivo (in celeste)**

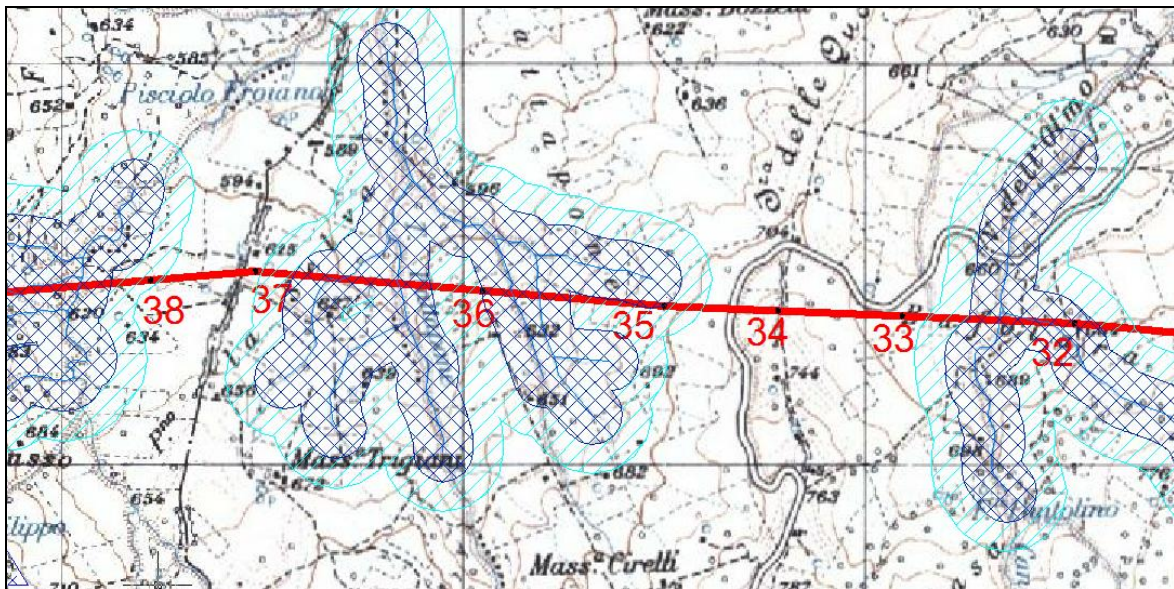
– i sostegni n. 23 e 29 sono ubicati a distanza inferiore ai 75 m rispetto le principali aste dei reticoli idrografici prossimi e, quindi, all'interno della fascia a modellamento attivo ed aree golenali, i tralicci n. 24, 25, 26, 28 e 30 sono all'interno della fascia di pertinenza fluviale. Le opere di sostegno n. 22, 27 e 31 sono al di fuori di aree vincolate ai sensi degli artt. 6 e 10 delle NTA del PAI Puglia.

Incarico	Redatto	Verificato	Approvato		
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo	G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA	F.Testa ING/CRE	



Rappresentazione della fascia a modellamento attivo pari a 75 m dall'asse del reticolo e aree golenali (in blu) e di pertinenza fluviale pari a 75 m dalla fine dell'area a modellamento attivo (in celeste)

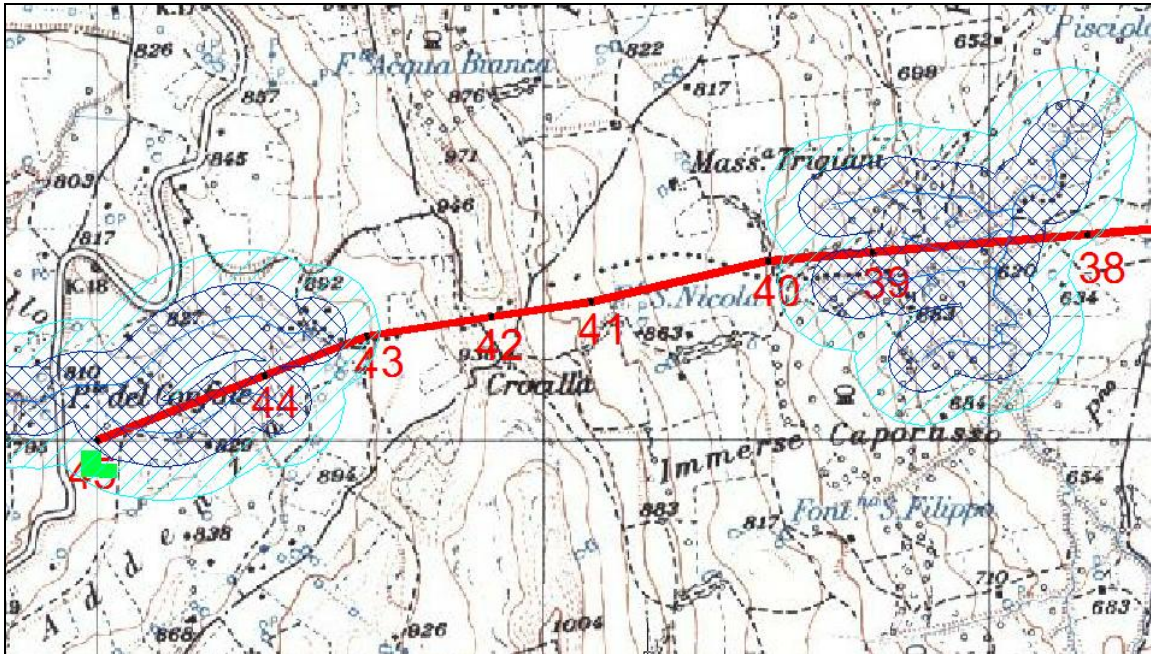
– i sostegni n. 32, 35 e 36 sono ubicati a distanza inferiore ai 75 m rispetto le aste principali dei reticoli idrografici individuati e, quindi, all'interno della fascia a modellamento attivo ed aree golenali, mentre il n. 38 è interno alla fascia di pertinenza fluviale.



Rappresentazione della fascia a modellamento attivo pari a 75 m dall'asse del reticolo e aree golenali (in blu) e di pertinenza fluviale pari a 75 m dalla fine dell'area a modellamento attivo (in celeste)

Incarico	Redatto	Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo	G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE


– i sostegni n. 39, 44 e 45 sono ubicati a distanza inferiore ai 75 m rispetto le aste principali dei reticoli idrografici individuati e, quindi, all'interno della fascia a modellamento attivo ed aree golenali. Il sostegno n. 43 è interno alla fascia di pertinenza fluviale.



**Rappresentazione della fascia a modellamento attivo pari a 75 m dall'asse del reticolo e aree golenali (in blu) e di pertinenza fluviale pari a 75 m dalla fine dell'area a modellamento attivo (in celeste)**

Tali considerazioni rendono necessaria una verifica della compatibilità idrologica-idraulica delle opere da realizzare, ai sensi delle NTA del PAI vigente, in modo da valutare, in particolare nelle aree interessate dall'ubicazione delle suddette strutture, la sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica e le eventuali zone di allagamento a diversa pericolosità idraulica oltre le quali poter collocare le opere di sostegno dell'elettrodotto aereo oggetto di autorizzazione.

Incarico	Redatto	Verificato	Approvato		
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo	G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA	F.Testa ING/CRE	

 <small>TERNA GROUP</small>	<i>Elettrodotto 150 kV doppia terna</i> <i>S.E. Troia – Roseto</i> <b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>		Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
			Rev. N° 00	Pag. <b>14</b> di 50

## **Analisi morfologica e individuazione dei bacini scolanti**

L'analisi idrologica risulta di importanza fondamentale per il prosieguo dello studio in quanto consente di determinare il valore delle portate transitanti alla sezione di chiusura del bacino tributario dell'intero reticolo individuato, da utilizzare come input nel modello di calcolo idraulico descritto nel paragrafo successivo.

### **Analisi Morfologica**

L'approccio utilizzato per affrontare e risolvere le problematiche oggetto del presente studio non può che contemplare un'analisi a scala di macrobacino dei processi idrologici ed idraulici determinati dagli eventi meteorici estremi i cui effetti al suolo sono fortemente influenzati dallo stato dei luoghi, sia sotto l'aspetto della geomorfologia degli stessi sia dal punto di vista della loro destinazione d'uso.

Al fine di giungere a determinazioni che abbiano un riscontro in linea con la realtà dei luoghi è necessario ricostruire, nella maniera quanto più dettagliata possibile, la conformazione dei luoghi che si andranno ad analizzare, partendo da un esame a scala di macrobacino e via via aumentando sempre più il dettaglio dell'indagine.


La base di partenza per l'ottenimento del bacino idrografico, grazie alle moderne tecnologie disponibili, è sicuramente il modello digitale del terreno. Il Modello Digitale del Terreno (DTM) è una rappresentazione tridimensionale georeferenziata della zona oggetto di studio. Quanto più il modello digitale del terreno approssima il reale andamento morfologico dei luoghi, tanto più reali saranno le situazioni determinate dall'analisi morfologica. Il livello di dettaglio del DTM è strettamente legato al tipo di "dato grezzo" di partenza ovvero maggiore è il livello di dettaglio della cartografia disponibile, migliore sarà la qualità del modello digitale del terreno da essa derivato.

I DEM possono essere di tipo Grid o di tipo TIN (Triangulated Irregular Network). I DEM sotto forma di Grid, grazie alla distribuzione uniforme di informazioni e alla possibilità che essi danno di trattare i dati direttamente in forma matriciale, sono preferibili rispetto ai TIN.

In tutti i modi, al fine di generare una procedura standard di acquisizione dei dati e della loro elaborazione, si rende necessario un controllo preliminare sulla qualità delle informazioni di partenza per la loro utilizzazione successiva.

Per la generazione di un modello tridimensionale possono essere elaborati i dati di base relativi alle altimetrie, in modo da consentire l'analisi della geomorfologia del territorio.

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE

 <small>TERNA GROUP</small>	<i>Elettrodotto 150 kV doppia terna</i> <i>S.E. Troia – Roseto</i> <b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>		Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
			Rev. N° 00	Pag. 15 di 50

In molti software commerciali, come ARCINFO, sono disponibili varie procedure per la generazione del modello tridimensionale del terreno, che costituirà la base per successive elaborazioni ed analisi che prendano in considerazione non solo la localizzazione topografica dei punti, ma anche la loro elevazione altimetrica: viene così generato un modello digitale del terreno che contiene una nuova informazione relativa alla quota.

La realizzazione del TIN parte dall'analisi dei punti quotati e delle curve di livello quotate in possesso. Grazie all'ausilio di specifici software è possibile elaborare i dati in modo da ottenere una superficie data da un'interpolazione di tipo lineare delle quote dei punti e delle curve di livello. Risulta ovvio come l'elaborazione effettuata su un numero di dati più fitti riduce sensibilmente l'approssimazione dovuta al tipo di interpolazione.

Ottenuto il TIN utilizzando algoritmi di conversione si è passati al formato di rappresentazione matriciale o Grid.

La modalità Grid permette di analizzare la superficie topografica in modo radicalmente più complesso rispetto alla modalità TIN. Come per ogni modulo di Arc/Info viene usata una modalità georelazionale per l'elaborazione dei dati geografici. La peculiarità sta nel fatto che nei Grid, l'elaborazione dei dati è basata sulla combinazione di un modello spaziale basato sulla suddivisione del territorio in porzioni quadrate di dimensioni che possono essere scelte in base alle necessità di dettaglio richieste, dette celle, e un modello correlato di attributi associati; **in questo caso si è scelto di lavorare con celle di 5m di lato.**

Le celle sono posizionate nello spazio in base all'andamento della superficie topografica, e contengono un valore che descrive le caratteristiche del territorio secondo tematismi scelti in base alle necessità di analisi. Tali valori costituiscono un vero e proprio database associato alle singole celle, permettendo di analizzare la variazione dei parametri in modo continuo lungo la superficie topografica.

*I valori degli attributi delle celle di un grid possono essere quindi elaborati in modo matematico o statistico, o ancora raggruppati in classi di valori discreti, garantendo comunque in ogni elaborazione la corretta georeferenziazione dei valori.*

### **Individuazione dei bacini scolanti**

L'individuazione del bacino scolante costituisce un passaggio fondamentale al fine della determinazione delle portate. I parametri individuati da questo tipo di analisi costituiscono una parte dell'input dei modelli idrologici ed idraulici applicati nel seguito. Per questo motivo è

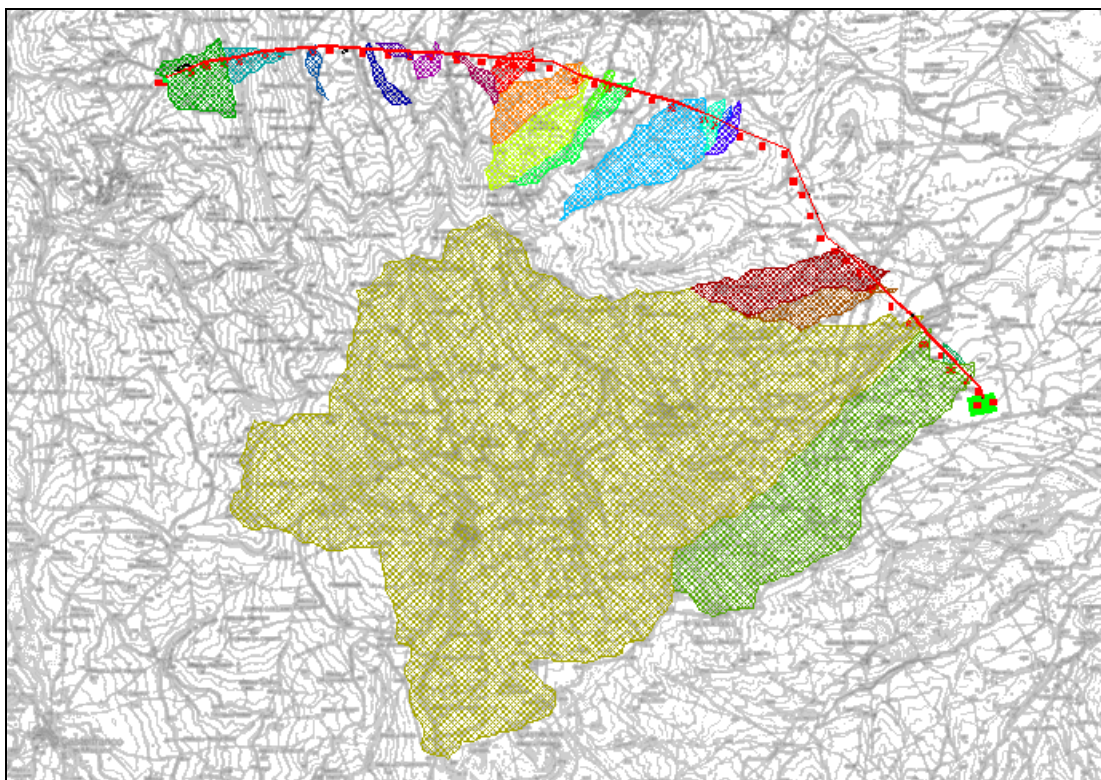
Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE

importante investire risorse sufficienti in modo da avere la maggiore certezza possibile sui risultati ottenuti.

La base dati principale sulla quale è impostata l'analisi morfologica è rappresentata dal modello tridimensionale del terreno. Il modello del terreno, rappresentato nelle tre dimensioni, consente di effettuare valutazioni sull'altimetria dei luoghi, sulle pendenze, sul deflusso delle acque, ecc.; pertanto, maggiore è la precisione del modello, intesa anche come densità di punti disponibili, e più attendibili sono le valutazioni che si possono fare.

Dall'analisi del modello digitale del terreno, determinato attraverso l'applicazione di software di elaborazione tipo GIS così come descritto nel paragrafo precedente, è stato possibile determinare i bacini idrografici afferenti alle sezioni di chiusura tirate in corrispondenza del sito di interesse per il presente studio e determinare le caratteristiche morfometriche di cui necessita l'elaborazione idrologica.


I bacini determinati e le loro caratteristiche morfometriche hanno fornito l'input per l'applicazione dei modelli di calcolo afflussi-deflussi che verranno descritti nei paragrafi successivi (vedasi tavola allegata).



**Bacini idrografici rappresentati su cartografia IGM in scala 1:25000**

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE



	<b>Elettrodotto 150 kV doppia terna</b> <b>S.E. Troia – Roseto</b> <b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>	Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
		Rev. N° 00	Pag. 17 di 50

BACINO (la denominazione si riferisce ai relativi sostegni interessati dal reticolo)	SUPERFICIE [kmq]	PERIMETRO [km]	PENDENZA MEDIA [%]	ELEVAZIONE MINIMA [m]	ELEVAZIONE MASSIMA [m]	ELEVAZIONE MEDIA [m]	LUNGHEZZA MASSIMA [km]
4	0.05	1.096	9.472	370.04	424.91	399.33	0.634
5	6.57	14.244	16.968	361.98	902.74	539.71	6.905
6	41.77	33.918	23.196	360.01	1147.32	770.81	15.769
8	0.61	5.23	11.8	376.51	566.92	443.83	2.586
9	1.36	6.914	13.7	379.92	666.97	487.56	3.387
18	0.16	2.157	18.986	424.3	597.58	525.79	1.095
19 est	0.03	1.111	21.485	431.16	557.51	488.51	0.689
20	1.67	6.675	20.86	454.63	885.53	616.43	3.22
20 est	0.14	1.928	21.2	430.12	596.81	511.03	0.938
23	0.52	5.392	18.585	536.09	948.9	710.6	2.785
24	0.1	1.913	12.635	575.93	672.78	622.6	0.957
26 est	1.05	5.623	25.191	564.68	1063.84	778.81	2.66
26 ovest	0.74	4.38	23.6	560.05	907.39	724.14	2.013
28	0.24	2.154	27.136	593.6	826.16	717.83	0.988
32	0.14	2.298	20.998	667.52	856.57	766.12	1.16
33	0.13	1.593	16.901	664.85	760.78	708.18	0.707
35	0.06	1.308	18.301	626.93	737.34	689.79	0.651
36	0.16	2.563	18.072	604.27	795.12	692.43	1.377
38	0.09	1.973	8.497	608.32	696.33	647.33	1.174
39	0.3	2.775	28.373	643.89	983.25	864.26	1.231
45	0.87	4.133	18.931	796.29	1006.07	891.16	1.808


**Grandezze morfometriche dei bacini idrografici individuati**

Si specifica che a differenza delle simulazioni idrauliche normalmente condotte dove l'applicazione del modello afflussi – deflussi produceva un'idrogramma di piena da applicare alla testata del reticolo da studiare (per individuare il floodplain), nel caso in oggetto sarà applicata la metodologia a parametri semi-distribuiti che prevede come input idrologico l'evento meteorico più gravoso, ossia lo ietogramma di progetto, anziché l'idrogramma.

In sostanza il modello afflussi – deflussi viene generato all'interno del software con l'applicazione del metodo CN del SCS, dove per ogni celle costituente il dominio di calcolo viene applicato un valore di infiltrazione (CN III) e la pioggia uniformemente distribuita con uno ietogramma di tipo Chicago.

Si rimanda agli approfondimenti nell'apposito capitolo della simulazione idraulica.

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE

	<b>Elettrodotto 150 kV doppia terna</b> <b>S.E. Troia – Roseto</b>		Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
	<b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>		Rev. N° 00	Pag. <b>18</b> di 50

## **Analisi idrologica**

L'analisi idrologica risulta di importanza fondamentale per il prosieguo dello studio in quanto consente di determinare le portate di ingresso nelle sezioni di chiusura, che verranno indicate più avanti, da utilizzare come input nel modello di calcolo idraulico descritto nel paragrafo successivo.

Per l'analisi idrologica, così come riportato nella normativa vigente sulla difesa del suolo, è possibile far riferimento allo studio sulla VALutazione delle Plene (VAPI) che riguarda la Puglia, effettuato dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del CNR, conformemente al DPCM del 29/09/1998 e alla Relazione di Piano allegata al PAI approvato con delibera n.39 del 30/11/2005.

Nel VAPI l'analisi idrologica è basata sulla legge di distribuzione statistica TCEV (Rossi et al. 1984); la peculiarità di questo modello è quella di riuscire a considerare anche gli estremi idrologici, che sono di fatto gli eventi che inducono un livello di pericolosità più elevato, riconducendosi al prodotto di due funzioni di distribuzione di probabilità tipo Gumbel, una che riproduce l'andamento degli eventi ordinari e l'altra che riproduce l'andamento degli eventi eccezionali.

L'analisi idrologica effettuata viene affrontata effettuando le seguenti valutazioni:

- Analisi pluviometrica;
- Applicazione dei modelli afflussi-deflussi;

### **Analisi Pluviometrica**

Al fine di calcolare gli idrogrammi di piena da utilizzare come input nei modelli di calcolo idraulici è necessario, in prima battuta, stabilire gli ietogrammi di pioggia che consentiranno di applicare i modelli afflussi-deflussi per la determinazione delle portate di piena. Per questo motivo è necessario effettuare un'analisi statistica degli eventi piovosi verificatisi in passato che, attraverso l'analisi di un campione significativo di dati storici, consente di determinare le Curve di Possibilità Pluviometrica (CPP) dalle quali si determina lo ietogramma di pioggia.

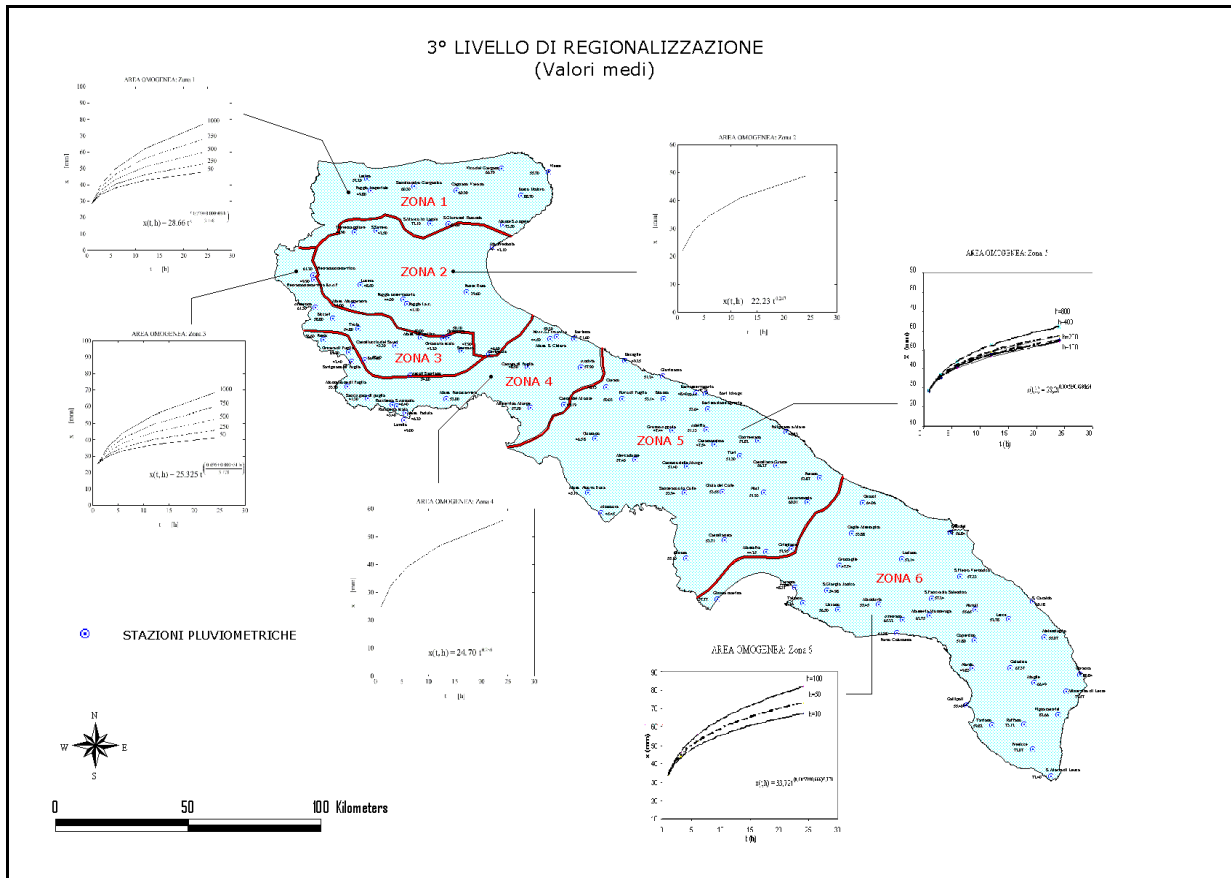
Per far fronte alle indicazioni dell'Autorità di Bacino della Puglia, in linea tra l'altro con la normativa nazionale, in questo studio viene applicata la metodologia di analisi riportata nel VAPI Puglia, fondata sulla funzione di distribuzione di probabilità (fdp) TCEV che verrà brevemente descritta nel seguito.

La TCEV ha la caratteristica di conferire al modello idrologico maggiore flessibilità e capacità di adattamento alle serie di dati disponibili, tuttavia occorre disporre di una serie storica di dati

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE

sufficientemente lunga per non incorrere in errori di campionatura. Per ovviare a questo problema il GNDCI ha messo a punto una procedura di *regionalizzazione* (Beran et al. 1986) che ha permesso di determinare i parametri della TCEV su tutto il territorio pugliese estendendo, in questo modo, la lunghezza delle serie storiche.

In Puglia la procedura di regionalizzazione ha individuato 6 zone omogenee la cui individuazione è rappresentata nella figura seguente.



**Zone omogenee della Puglia**

Le relazioni che regolano le sei zone sono le seguenti:


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

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

Zona 3:  $X(t, z) = 25.325 t^{(0.696 + 0.00053 z)/3.178}$

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

Incarico	Redatto		Verificato		Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA	F.Testa ING/CRE

	<b>Elettrodotto 150 kV doppia terna</b> <b>S.E. Troia – Roseto</b>	Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
	<b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>	Rev. N° 00	Pag. <b>20</b> di 50

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

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

In particolare, i bacini analizzati ricadono nella **zona omogenea 3**.

Pertanto, conformemente al DPCM 29/09/98 ed a quanto previsto dalla relazione di Piano del PAI, si è provveduto a calcolare le CPP mediante l'applicazione della metodologia VaPi<sup>1</sup> (Valutazione Piene); tale nota applicazione si basa, come detto, sulla regionalizzazione dei dati pluviometrici attraverso una FDP di tipo TCEV (two components extreme value).

Per i massimi annuali delle precipitazioni giornaliere, è stato quindi adottato il modello di regionalizzazione basato sull'uso della distribuzione di probabilità TCEV (legge di distribuzione di probabilità del Valore Estremo a Doppia Componente), che rappresenta la distribuzione del massimo valore conseguito, in un dato intervallo temporale, da una variabile casuale distribuita secondo la miscela di due leggi esponenziali, nell'ipotesi che il numero di occorrenze di questa variabile segua la legge di Poisson (Rossi e Versace, 1982; Rossi et al 1984). Il modello proposto ammette che le due componenti, quella straordinaria e quella ordinaria, appartengano a popolazioni diverse, tuttavia interferiscono tra loro seguendo un processo poissoniano. Il processo individua una variabile X che rappresenta il massimo valore in una certa durata D, di una variabile casuale Y distribuita secondo la miscela di due esponenziali (Y1 e Y2) con funzione di probabilità cumulata (CDF):

$$FY(y) = [Y \leq y] = p(1 - e^{-y/\theta_1}) + (1-p)(1 - e^{-y/\theta_2}); \quad Y \geq 0 \quad 0 < p \leq 1$$

dove gli indici 1 e 2 si riferiscono alla componente ordinaria e straordinaria e p indica la proporzione della prima componente nella miscela.

Il numero di occorrenze K, cioè il numero di superamenti della variabile Y, in una durata D, è distribuito secondo la legge di Poisson con parametri uguali a  $\Lambda_1$  e  $\Lambda_2$  tali che:


$$\Lambda = \Lambda_1 + \Lambda_2 = E[ Kt ]$$

in cui  $\Lambda$  rappresenta la funzione parametro del processo, espressa come la media dei superamenti. Ipotizzando che Y1 e Y2 siano distribuite esponenzialmente con valori medi:

<sup>1</sup> Da **rapporto sintetico** sulla Valutazione Piene redatto dal CNR-GNDCI, a cui si rimanda per ogni opportuno approfondimento e confronto

(<http://caronte.gndci.cs.cnr.it/GNDCI/rapporti/Bari.htm>)

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE

	<b>Elettrodotto 150 kV doppia terna</b> <b>S.E. Troia – Roseto</b> <b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>	Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
		Rev. N° 00	Pag. <b>21</b> di 50

$$\Theta_1 = E[Y_1] \quad \Theta_2 = E[Y_2]$$

l'equazione diventa:

$$F_{kt}(k) = \exp [-\Lambda_1 \exp(-k/\Theta_1) - \Lambda_2 \exp(-k/\Theta_2)]$$

che definisce la distribuzione TCEV.

La probabilità  $p_2$  che un certo valore della  $X$  provenga dalla componente straordinaria è espresso dalla relazione:

$$p_2 = -\Lambda_*/\Theta_* \sum_{j=0}^{\infty} (-1)^j / j! \Lambda_*^j \Gamma(j+1/\Theta_*)$$

nella quale  $\Gamma$  è la funzione speciale e:

$$\Theta_* = \Theta_2/\Theta_1, \quad \Lambda_* = \Lambda_2 / (\Lambda_1^{1/\Theta_*})$$


Se si dispone di un campione  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  della variabile  $X$  (massimo annuale delle  $Y$ ) osservato in  $n$  anni, la stima dei parametri della distribuzione può essere effettuata utilizzando le serie dei massimi annuali applicando il metodo della massima verosimiglianza (ML).

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV consente di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, grazie a cui è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria ( $G$ ), quindi risultano costanti i due parametri  $\Theta_*$  e  $\Lambda_*$  ad esso legati (primo livello di regionalizzazione), e sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante anche il coefficiente di variazione, e quindi il parametro  $\Lambda_1$  che da esso dipende (secondo livello di regionalizzazione). Il terzo livello è poi finalizzato alla ricerca di eventuali relazioni esistenti, all'interno di più piccole aree, tra il parametro di posizione della distribuzione di probabilità della  $X$  e le caratteristiche morfologiche. In particolare si nota che, all'interno di dette aree, i valori medi dei massimi annuali delle precipitazioni di diversa durata sono o costanti o strettamente correlati alla quota del sito di rilevamento.

L'analisi condotta per l'intero territorio pugliese suggerisce la presenza di una unica zona omogenea di primo livello (cioè caratterizzate dalla costanza di  $\Theta^*$  e  $\Lambda^*$ ), comprensiva di tutte le stazioni della Puglia, e di due sottozone omogenee al secondo livello.

L'analisi regionale dei dati di precipitazione al primo e al secondo livello di regionalizzazione è finalizzata alla determinazione delle curve regionali di crescita della grandezza in esame. In particolare per utilizzare al meglio le caratteristiche di omogeneità spaziale dei parametri della legge TCEV ( $CV$  e  $G$ ), è utile rappresentare la legge  $F(Xt)$  della distribuzione di probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione di assegnata durata  $Xt$  come prodotto tra il suo

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE

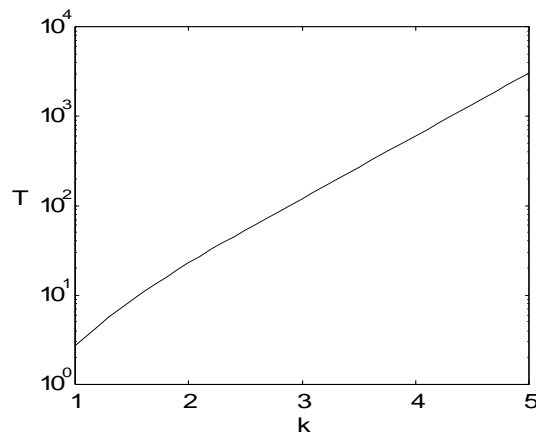
	<b>Elettrodotto 150 kV doppia terna</b> <b>S.E. Troia – Roseto</b>		Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
	<b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>		Rev. N° 00	Pag. <b>22</b> di 50

valore medio  $\mu(X_t)$  ed una quantità  $KT, t$ , detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno  $T$  e della durata  $t$ , definito dal rapporto:

$$K_{t,T} = X_{t,T}/\mu(X_t) \quad (a)$$

La curva di distribuzione di probabilità del rapporto (a) corrisponde alla curva di crescita, che ha caratteristiche regionali, in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i tre parametri della TCEV.

E' possibile rappresentare graficamente la funzione  $KT=KT(T)$  al variare del tempo di ritorno  $Tr$ ; si riporta nel grafico successivo tale legge di variazione.



**Fattore di crescita al variare del tempo di ritorno**

In alternativa alle rappresentazioni grafiche delle curve di crescita, il valore di  $KT$  può essere ricavato direttamente in funzione di  $Tr$  attraverso una approssimazione asintotica (Rossi e Villani, 1995) della legge di crescita. E' utile sottolineare che l'uso di questa approssimazione comporta una leggera sottostima del fattore di crescita, con valori che sono superiori al 5% solo per  $T < 40$  anni. La relazione è la seguente:

$$K_T = a + b \ln T \quad (1)$$

in cui :

$$a = (\Theta_* \ln \Lambda_* + \ln \Lambda_1) / \eta$$


$$b = \Theta_* / \eta$$

$$\eta = \ln \Lambda_1 + C - T_0$$

$T_0$  è una funzione il cui valore è stato ottenuto grazie a un programma di calcolo iterativo.

Pertanto nella tabella seguente sono riportati i valori dei parametri  $a$  e  $b$ , e i relativi valori  $\eta$  e  $T_0$ , che consentono di determinare nella forma (1) le leggi di crescita relative all'area in esame:

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE

	<b>Elettrodotto 150 kV doppia terna</b> <b>S.E. Troia – Roseto</b> <b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>		Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
			Rev. N° 00	Pag. <b>23</b> di 50

Zona omogenea	a	b	To	□
Puglia centro-merid.	0.0183	0.6219	-0.8256	4.2673

**Coefficienti utilizzabili per l'uso dell'espressione asintotica (1)**

Le aree omogenee individuate al primo e secondo livello di regionalizzazione si parzializzano al terzo livello, nel quale si analizza la variabilità spaziale del parametro di posizione (media, moda, mediana) delle serie storiche in relazione a fattori locali.

Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica (Viparelli, 1964), per ciascuna stazione è stato possibile correlare il valore medio  $x_t$  dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata  $t$  alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$x_t = a \cdot t^n \quad (2)$$

essendo  $a$  ed  $n$  due parametri variabili da sito a sito. Ad essa si dà il nome di curva di probabilità pluviometrica.

Si riporta la relazione tra l'altezza media di precipitazione al variare della durata, in dipendenza con la quota del sito oggetto dello studio:

$$x_t = a \cdot t^n \cdot 10^{\alpha z} \quad (4)$$

dove:

$a$  è il valor medio, pesato sugli anni di funzionamento, dei valori di  $x_1$  relativi alle serie con  $N \geq 10$  anni ricadenti nella zona omogenea;

$\alpha = x_g/x_{24}$  è rapporto fra le medie delle piogge giornaliere e di durata  $t=24$  ore per serie storiche relative ad uno stesso periodo di misura. Per la Puglia il valore del coefficiente  $\alpha$  è risultato in pratica costante sull'intera regione e pari a 0.89.

$C$  e  $D$  sono i coefficienti della regressione lineare fra il valore medio dei massimi annuali delle piogge giornaliere e la quota del sito di riferimento.

I valori delle stime dei parametri sono riportati nel prospetto seguente:

$\alpha$	A	C	D
0.89	33.7	0.0022	4.1223

**Valori delle stime dei parametri utilizzati nella relazione (4)**

L'area di interesse del presente studio si inquadra, nell'ambito dell'area pluviometrica omogenea individuata nel territorio regionale, in **zona 3**; pertanto l'equazione da applicare è la seguente:

$$X(t, z) = 25.325 t^{(0.696 + 0.00053 z)} / 3.178$$

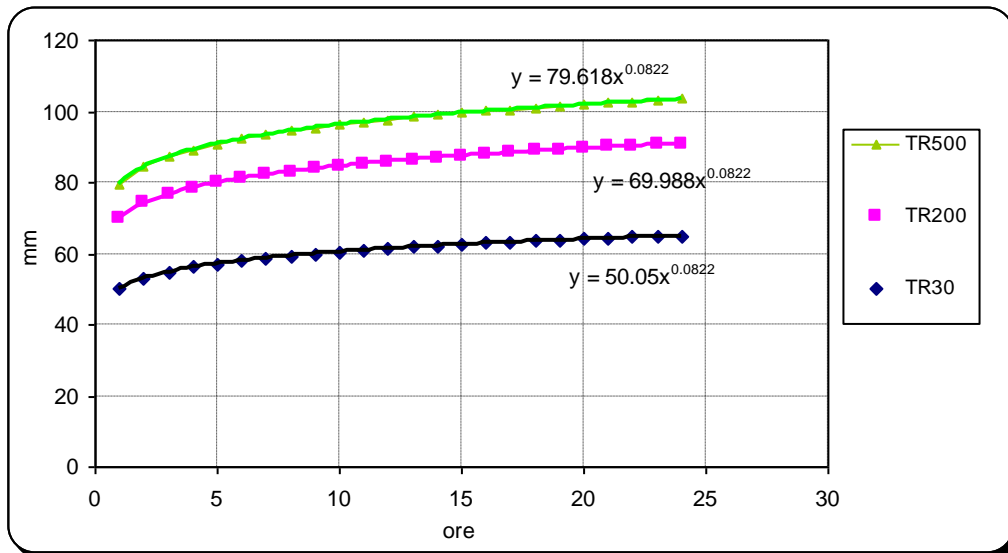
Incarico	Redatto	Verificato	Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo	G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA F.Testa ING/CRE

Tale equazione consente di valutare le altezze critiche per i differenti intervalli di precipitazione e per i vari tempi di ritorno prescelti, in funzione del solo parametro della quota assoluta sul livello del mare.

Ai valori così ottenuti, vanno applicati coefficienti moltiplicativi relativamente al Fattore di Crescita  $K_T$  (funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto, espresso in anni), ed al Fattore di Riduzione Areale  $K_A$  (funzione della superficie del bacino espressa in kmq, e della durata dell'evento di progetto espressa in ore).

Determinando i valori di x per piogge di durata variabile da 1 a 24 ore è possibile costruire le curve di possibilità pluviometrica per il tempo di ritorno di 200.

Nel seguito si riporta il grafico relativo alla curva di probabilità pluviometrica, riferita al tempo di ritorno pari a 200 anni.



**Curva di Possibilità Pluviometrica per Tr 200 anni relativa ai bacini – Zona omogenea 3**

In merito a quanto già anticipato, nello studio in questione sarà utilizzato un modello idraulico con approccio a parametri semidistribuiti che prevede come input idrologico l'evento meteorico più gravoso, ossia lo ietogramma di progetto, anziché l'idrogramma.

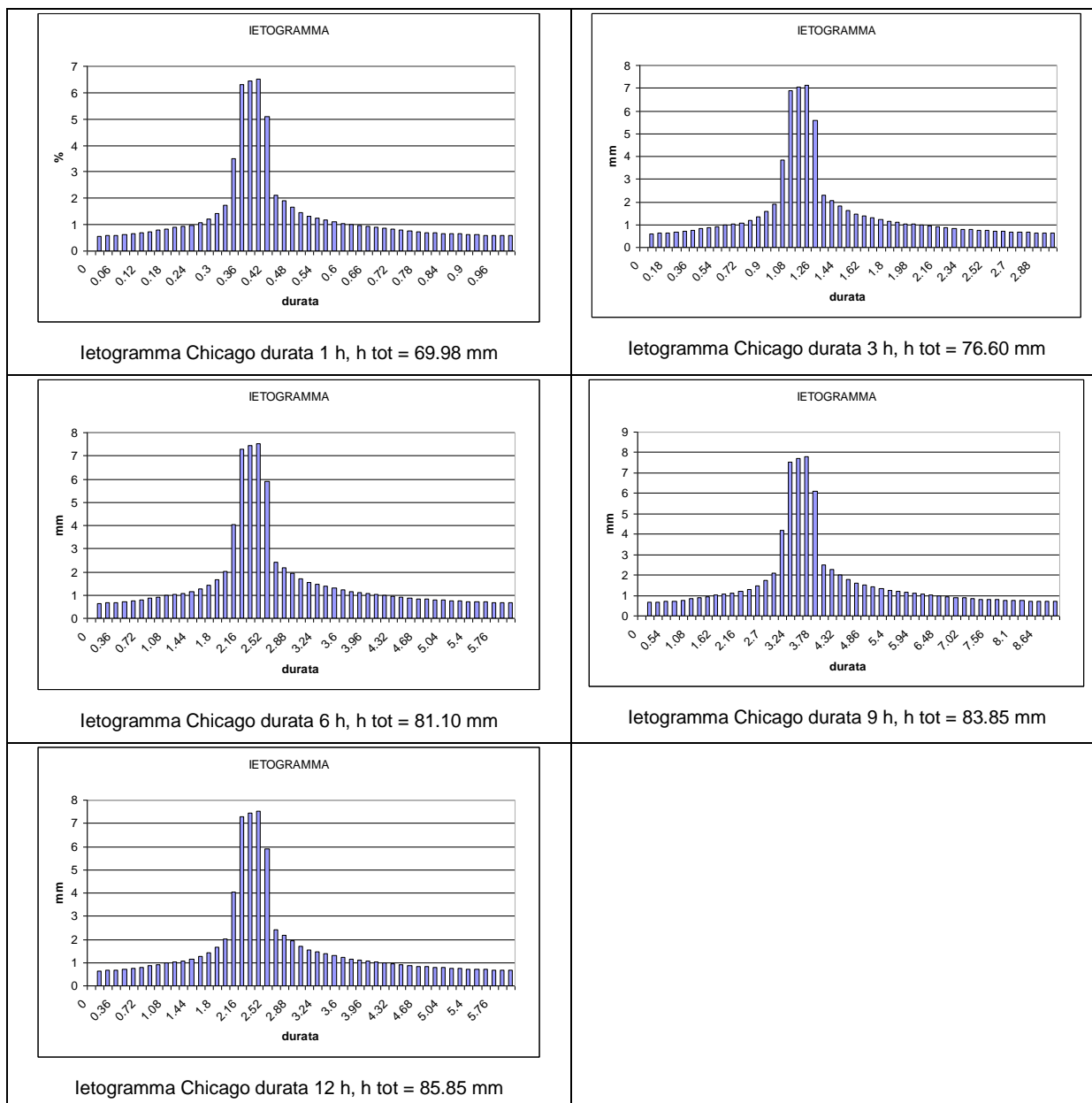
In sostanza il modello afflussi – deflussi viene generato all'interno del software con l'applicazione del metodo CN del SCS, dove per ogni celle costituente il dominio di calcolo viene applicato un valore di infiltrazione (CN III) e la pioggia uniformemente distribuita con uno ietogramma di tipo Chicago.

Incarico	Redatto	Verificato	Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo	G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA F.Testa ING/CRE




Nel caso in oggetto, avendo determinato la curva di possibilità pluviometrica si determinano gli ietogrammi di progetto con diversa durata che saranno applicati nel modello idraulico.

L'effetto al suolo (floodplain) sarà riportato solo per l'evento peggiorativo (durata critica).



Di tutte le simulazioni idrauliche condotte per le varie durate si rappresenterà quella più gravosa dal punto di vista dell'estensione delle aree a pericolosità idraulica.

Incarico	Redatto	Verificato	Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo	G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA F.Testa ING/CRE

	<b>Elettrodotto 150 kV doppia terna</b> <b>S.E. Troia – Roseto</b>	Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
	<b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>	Rev. N° 00	Pag. <b>26</b> di 50

Infine, fra le caratteristiche fondamentali da determinare per poter effettuare l'analisi idrologica, con specifico riferimento al metodo sviluppato dalla Soil Conservation Service, vi è il parametro "CNII" che individua, attraverso l'analisi geolitologica dei suoli del bacino, la capacità di risposta in termini di infiltrazione e ruscellamento a fronte di un evento di pioggia del bacino. Le caratteristiche geolitologiche sono state determinate facendo riferimento alla carta dei suoli redatta dall'IRSA CNR in scala 1:100.000, ed è stato possibile caratterizzare i suoli dal punto di vista della permeabilità secondo la classificazione SCS.

<b>Gruppo A</b>	Suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde, con scarsissimo limo ed argilla e ghiaie profonde, molto permeabili. Capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.
<b>Gruppo B</b>	Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
<b>Gruppo C</b>	Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta. Suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali. Scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.
<b>Gruppo D</b>	Potenzialità di deflusso molto elevata. Argille con elevata capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressochè impermeabili in vicinanza della superficie. Scarsissima capacità di infiltrazione a saturazione.

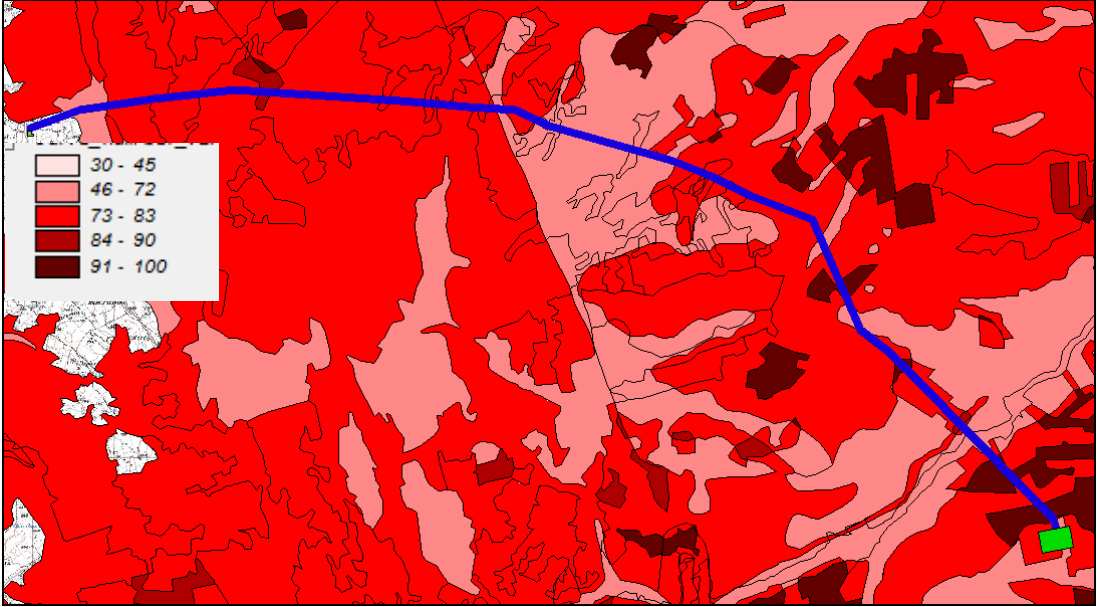
**Gruppi geolitologici**

Nell'ambito delle differenti classi di permeabilità così individuate, attraverso un calcolo ponderale basato sui dati acquisiti dalla carta dell'uso del suolo, si distinguono e si individuano le classi di CN per ogni sottobacino analizzato. Nel caso in esame, come carta di uso del suolo, si è fatto riferimento allo studio ACLA condotto dal CHIEAM-BARI in cui sono state individuate le seguenti classi alle quali sono stati associati i parametri di CN riscontrati in letteratura scientifica.

Incarico	Redatto		Verificato			<b>Approvato</b>
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE


Uso del Suolo	A	B	C	D
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aree agricole con presenza di spazi naturali</li> <li>• Seminativi in aree non irrigue</li> <li>• Vigneti non irrigui</li> <li>• Colture temporanee associate a colture permanenti</li> <li>• Frutteti e frutti minori non irrigui</li> </ul>	62	71	78	81
Aree Urbane	92	92	92	92
Area residenziale	77	85	90	92
Bacini d'acqua	100	100	100	100
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo</li> <li>• Colture orticole a ciclo estivo autunnale/primaverile</li> <li>• Colture orticole a ciclo primaverile-estivo</li> <li>• Frutteti e frutteti minori irrigui</li> <li>• Oliveti irrigui</li> <li>• Sistemi colturali e particellari complessi</li> <li>• Vigneti irrigui</li> <li>• Sistemi colturali e particellari complessi</li> <li>• Vigneti irrigui</li> </ul>	72	81	88	91
Prati stabili non irrigui	30	58	71	78
Zone Boscate	45	66	77	83

**valori del CN in funzione del gruppo geolitologico e dell'uso del suolo**



**Rappresentazione delle classi del Curve Number dei bacini idrografici tributari alle sezioni di chiusura**

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE

 <small>TERN A G R O U P</small>	<b>Elettrodotto 150 kV doppia terna</b> <b>S.E. Troia – Roseto</b> <b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>	Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
		Rev. N° 00	Pag. <b>28</b> di 50

Poiché lo studio è rivolto al calcolo delle portate di piena e considerato che in occasione di queste ultime è fondamentale la condizione di imbibimento del terreno, il metodo SCS-CN fa riferimento a tre diverse situazioni di umidità antecedenti all'evento considerato:

Classe AMC	Precipitazioni nei dieci giorni precedenti (mm)
I (Terreno secco)	0<P<50
II (Umidità media)	50<P<110
III (Terreno da mediamente umido a saturo)	P>110

**classi AMC (Antecedent Moisture Conditions)**

I valori di CN corrispondenti alle classi AMCI e AMCIII si determinano dal valore del CN relativo alla classe AMCII applicando le seguenti relazioni:

$$F = \frac{100 - 0.05CN}{0.05} \quad \text{valida per } 20 < CN < 90$$

$$F = \frac{100 - 0.05CN}{0.05}$$


Nel caso in oggetto, come usualmente applicato negli studi delle dinamiche degli eventi estremi, si fa riferimento al valore del CN III avendo considerato lo stato del suolo in condizioni critiche di saturazione e infiltrazione minima.

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE

<b>BACINO</b>	<b>CN II</b>	<b>CN III</b>
4	85.42	94.26
5	80.02	91.03
6	81.58	91.98
8	80.13	91.09
9	73.35	86.77
18	76.54	88.84
19 est	73.14	86.63
20	79.8	90.89
20 est	74.45	87.49
23	71	85.19
24	75.17	87.96
26 est	71.91	85.81
26 ovest	77.41	89.40
28	78	89.77
32	77.82	89.65
33	78	89.77
35	78	89.77
36	77.55	89.48
38	77.11	89.21
39	75.05	87.88
45	77.4	89.39

**Valori del CN II e CN III per i sottobacini determinati**

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE

	<b>Elettrodotto 150 kV doppia terna</b> <b>S.E. Troia – Roseto</b>		Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
	<b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>		Rev. N° 00	Pag. <b>30</b> di 50

## **Analisi idraulica**

Nell'analisi idraulica si è proceduto alla verifica della sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica così come definite dalle NTA del PAI e alle aree di allagamento, mediante la simulazione della propagazione delle piene in moto vario nel dominio a due dimensioni (Flo2D).

L'output dello studio idrologico-idraulico, simulando tra gli altri un evento con tempo di ritorno di 200 anni, consente di individuare la parte di territorio che si trova in "condizioni di sicurezza idraulica": infatti le NTA del PAI definiscono, all'art.36, la sicurezza idraulica come "condizione associata alla pericolosità idraulica per fenomeni di insufficienza del reticolo di drenaggio e generalmente legata alla non inondabilità per eventi di assegnata frequenza. Agli effetti del PAI si intendono in sicurezza idraulica le aree non inondate per eventi con tempo di ritorno fino a 200 anni".

Va da sé che si possano considerare in "condizione di sicurezza idraulica" tutte le aree al di fuori delle zone di deflusso per  $Tr=200$  anni.

**Una volta individuate le aree e quindi verificate in relazione a quelle rappresentate nel PAI della Puglia si potrà stabilire le condizioni di sicurezza idraulica e le eventuali opere di mitigazione del rischio.**

## **Teoria del modello idraulico**

Il modello idraulico adoperato è il Flo-2D, in grado di simulare la propagazione delle piene in due dimensioni e implementare le modellazioni idrologiche al suo interno al fine di risolvere le equazioni cella per cella del dominio di calcolo.


**Il tipo di approccio modellistico adoperato nel presente studio è stato con approccio a parametri semi-distribuiti, inserendo come input i valori delle altezze di pioggia, applicando il modello di afflussi deflussi nel modello idraulico per ogni cella del dominio utilizzando un valore di infiltrazione e di pioggia lorda (ietogramma) per ognuna di esse.**

## **FLO-2D: la propagazione delle piene in un dominio di calcolo bidimensionale**

Il software utilizzato (*FLO-2D Software, Inc. – Arizona – USA*) studia la dinamica della modellazione della piena in condizioni di alvei incisi e di territori pianeggianti, modella la propagazione secondo due direzioni anziché una come i modelli monodimensionali.

Di seguito si illustrano brevemente i contenuti del modello rimandando, anche in questo caso, ogni ulteriore approfondimento ai documenti presenti sul sito ufficiale ([www.flo-2D.com](http://www.flo-2D.com)).

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE

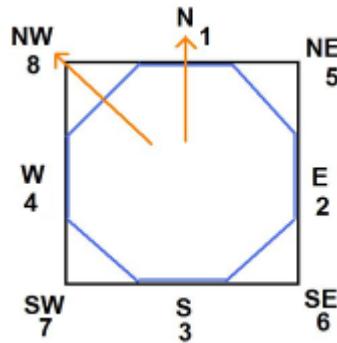
	<b>Elettrodotto 150 kV doppia terna</b> <b>S.E. Troia – Roseto</b>	Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
	<b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>	Rev. N° 00	Pag. 31 di 50

Il modello matematico del moto vario è quello che meglio si presta a descrivere la traslazione dell'onda di piena. La sua formulazione deriva dal sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali di De Saint Venant che, scritte nella forma ad una dimensione risultano le seguenti:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \text{equazione di continuità}$$

$$\frac{\partial y}{\partial x} + \frac{U}{g} \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial U}{\partial t} = i_f - J \quad \text{equazione dinamica}$$

dove  $y$  rappresenta il tirante idrico e  $U$  rappresenta la velocità media nella sezione in una delle otto direzioni del flusso della cella.




L'equazione di continuità, esprime il bilancio delle masse entranti ed uscenti da una generica cella invece l'equazione dell'energia, esprime, per quella medesima cella, il bilancio energetico. Questa è differenziata dal moto permanente per l'introduzione delle derivate parziali rispetto tempo. La portata è variabile sia nello spazio che nel tempo. Le perdite di carico sono basate sull'equazione di Manning.

Per Il processo alluvionale le equazioni del moto in FLO-2D sono applicate calcolando la velocità media di flusso attraverso il confine della griglia di calcolo una direzione alla volta delle otto potenziali disponibili come condizioni al contorno di queste otto, quattro sono nel verso ortogonale degli assi principali (Nord-est sud e ovest) e quattro in direzione diagonale (NE-SE-SW e NW). Ciascun calcolo di velocità è essenzialmente unidimensionale in natura e viene risolto indipendentemente dalle altre sette direzioni. La stabilità di questo schema numerico è basata su un rigido criterio per il controllo della misura della variabile computazionale del passo temporale.

La procedura di calcolo dell'algorithmo consiste in:

- calcolo dei parametri caratteristici idraulici (tirante, pendenza e Manning) sono mediati sul contorno tra i due elementi della griglia,

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE

	<b>Elettrodotto 150 kV doppia terna</b> <b>S.E. Troia – Roseto</b> <b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>		Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
			Rev. N° 00	Pag. <b>32</b> di 50

- ogni cella è associata univocamente ad un valore di elevazione, un coefficiente di scabrezza di Manning ed un tirante idrico;
- il tirante idrico per il calcolo della velocità lungo i confini della cella è stimato dal precedente valore del timestep incrementato in maniera lineare con la formula di Manning;

$$d_x^{i+1} = d_x^i + d_{x+1}^i$$

- la prima stima della velocità è computata utilizzando l'equazione dell'onda diffusiva ( $S_f = S_o - \partial h / \partial x$ );
- il valore di velocità individuato viene utilizzato come primo valore per il metodo di Newton-Raphson (metodo delle tangenti) per la risoluzione dell'equazione dell'onda dinamica completa. Le velocità  $V$  nelle singole direzioni sono determinate separatamente;
- la portata in ogni singola direzione viene computata moltiplicando la velocità individuata con l'area della sezione idraulica corretta con un parametro che tiene conto della riduzione dovuta ad ostacoli (WRFs);
- Anche gli altri parametri idraulici sono mediati tra le celle adiacenti in direzione del flusso per calcolare la velocità, scabrezza, sezione bagnata, tirante e perimetro bagnato;
- L'incremento di portata nel passo temporale lungo le otto direzioni viene sommato e distribuito negli accumuli locali e successivamente trasformato in aumento di tirante idrico;

$$\Delta Q_x^{i+1} = Q_n + Q_e + Q_s + Q_w + Q_{ne} + Q_{se} + Q_{sw} + Q_{nw}$$

$$\Delta d_x^{i+1} = \Delta Q_x^{i+1} \Delta t / A_{surf}$$

- Il processo deve essere verificato se supera criterio di stabilità numerica senza il quale la simulazione è riportata all'istante precedente e aumentato il time step fino alla determinazione della velocità che soddisfa i criteri di stabilità:

ossia:  $\Delta t < \zeta S_o \Delta x^2 \div q_o$


dove:

$\Delta t$  = Passo temporale

$\zeta$  = Coeff. empirico ( $0.10 < \zeta < 1.0$ )

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE



	<i>Elettrodotto 150 kV doppia terna</i> <i>S.E. Troia – Roseto</i>		Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
	<b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>		Rev. N° 00	Pag. <b>33</b> di 50

$S_0$  = Pendenza del fondo

$\Delta x$  = Dimensione della cella

$q_0$  = Portata specifica per il canale

### **Modello idraulico con approccio a parametri distribuiti**

Come già precedentemente esposto, il modello idraulico utilizzato è del tipo concettuale a parametri distribuiti.

In generale, il modello matematico idraulico è una rappresentazione del sistema reale tramite un insieme di relazioni matematiche che, anche non potendo descrivere esattamente il suo comportamento nel particolare, permette comunque di formulare in maniera matematica il problema di controllo.

La complessità del modello dipende dal sistema che si deve descrivere.


Esistono molti tipi di modelli che possono essere classificati secondo diversi criteri: modelli fisici (di scala, analogici, di simulazione) oppure astratti (deterministici, aggregati e distribuiti o non deterministici, probabilistici e stocastici), ecc.

Fra questi sono molto significativi e costituiscono oggetto di attività di ricerca scientifica recente i modelli fisicamente basati a parametri distribuiti che simulano i fenomeni di trasformazione afflussi deflussi proponendosi di fornire una descrizione matematica delle componenti del bilancio idrologico che si svolge nel bacino idrografico, attraverso cui le precipitazioni meteoriche, in funzione sia del tempo che dello spazio, in corrispondente sezione di chiusura (idrogramma di piena).

Generalmente nel modello idrologico di trasformazione afflussi deflussi il bacino idrografico viene considerato come un sistema soggetto ad ingresso variabile nel tempo e nello spazio dell'intensità di pioggia (input), la cui uscita è rappresentata dall'andamento della portata nel tempo (output) defluente attraverso la sezione di chiusura. La risposta del sistema dipende dalla variabilità spaziale e temporale sia delle caratteristiche dell'evento pluviometrico, che di quelle geopedologiche e morfologiche del bacino idrografico.

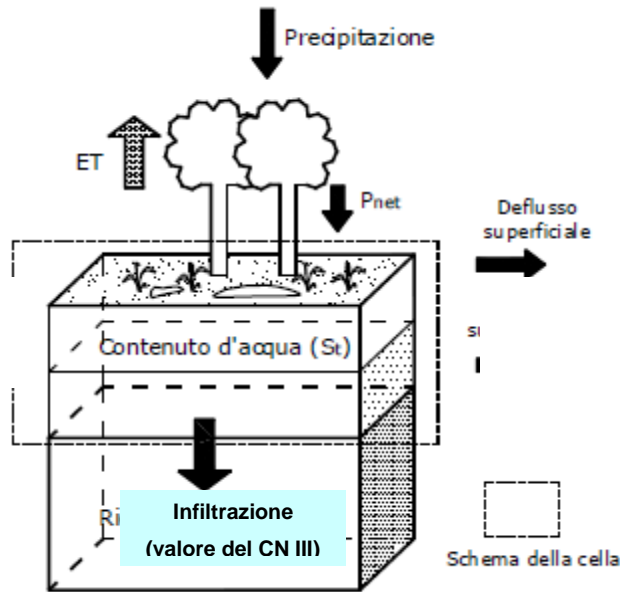
Poiché non è possibile una conoscenza completa di tutti i processi che influenzano la risposta idrologica del bacino, nel modello idrologico la complessità del sistema reale viene semplificata, esaltando le grandezze fondamentali e trascurando gli elementi ritenuti secondari.

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE

	<b>Elettrodotto 150 kV doppia terna</b> <b>S.E. Troia – Roseto</b> <b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>		Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
			Rev. N° 00	Pag. <b>34</b> di 50

Nel modello idrologico fisicamente basato a parametri distribuiti la complessità del sistema viene rappresentata attraverso tutti i fenomeni fisici coinvolti. Oltre a rappresentare la relazione input- output, sono riprodotte le relazioni interne fra le variabili idrologiche.

Adottando la schematizzazione spaziale a griglia (raster), è possibile infatti attribuire ad ogni cella le informazioni relative a morfologia del bacino, sviluppo del reticolo idrografico, caratteristiche idrogeologiche del suolo, (anche eventualmente carico inquinante immesso), afflusso meteorico, ecc. che vengono utilizzate nelle varie equazioni di bilancio e di trasferimento.



Il modello restituisce una descrizione dei processi funzionanti in un sistema idrologico in maniera puntuale, mediante la ricerca della soluzione delle equazioni differenziali, esprimenti i bilanci di massa, di quantità di moto e, quando necessario, di energia, che governano i processi medesimi.

Nonostante le ipotesi semplificative necessarie a risolvere le equazioni che governano i vari processi, tali modelli richiedono una cospicua mole di dati e notevoli tempi di calcolo.

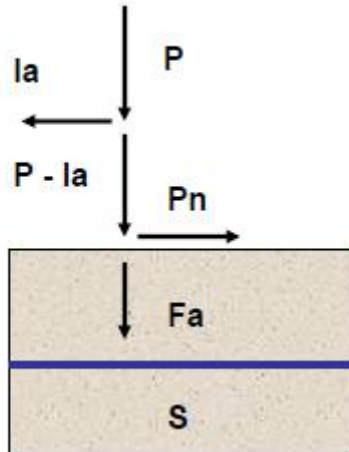
Nel caso in oggetto, la variabili che concorrono alla definizione del problema sono:

- pioggia lorda (determinata dall'equazione della curva di possibilità pluviometrica di progetto);
- durata della precipitazione;
- perdita iniziale (relativa all'intercettazione e evapotraspirazione = I<sub>a</sub>);
- coefficiente di immagazzinamento del suolo (S)

Incarico	Redatto	Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo	G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE

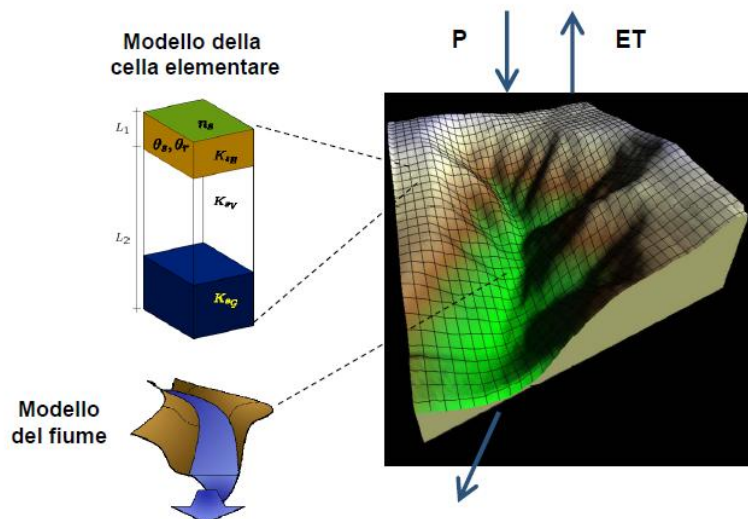
- perdita di infiltrazione.

I primi due parametri sono riconducibili allo ietogramma di progetto, mentre gli ultimi 3 sono deducibili dal coefficiente CN che nel caso in oggetto è adottato per condizioni di saturazione più gravose del suolo (CNIII).




<b>P</b> è la pioggia totale	<b>Fa</b> è la perdita per infiltrazione (mm)
<b>Pn</b> è la pioggia netta (mm)	<b>S</b> è il coefficiente di immagazzinamento del suolo (mm)
<b>la</b> sono le perdite iniziali (mm)	

I parametri di input sono inseriti in ogni cella del bacino tributario in funzione della distribuzione spaziale (CN) e temporale (ietogramma di progetto).

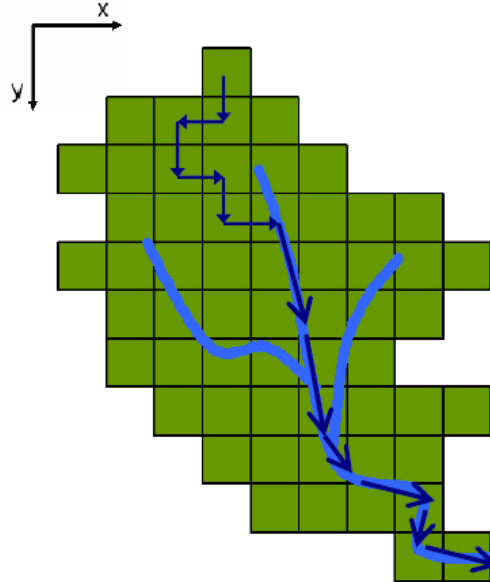


Il dato di output per ogni cella risulta essere il deflusso superficiale, che viene elaborato nel suo insieme nel modello idraulico su dominio bidimensionale in funzione delle equazioni di moto ed

Incarico	Redatto	Verificato	Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo	G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA F.Testa ING/CRE

	<b>Elettrodotto 150 kV doppia terna</b> <b>S.E. Troia – Roseto</b>		Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
	<b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>		Rev. N° 00	Pag. <b>36</b> di 50

energia che regolamentano il suo trasferimento in funzione delle condizioni morfologiche del percorso.



Nel caso in questione la verifica è stata effettuata :

- inserendo il valore del CN ponderato del bacino in tutte le celle (inserimento dei valori di perdita iniziale (Ia), Immagazzinamento superficiale (S) e infiltrazione);
- applicando diversi ietogrammi di progetto (modello Chicago per massimizzare l'intensità) in funzione delle durate diverse durate di precipitazione.

Le durate sono state scelte nell'intorno del tempo di corrivazione calcolato con il metodo del SCS (CN III).

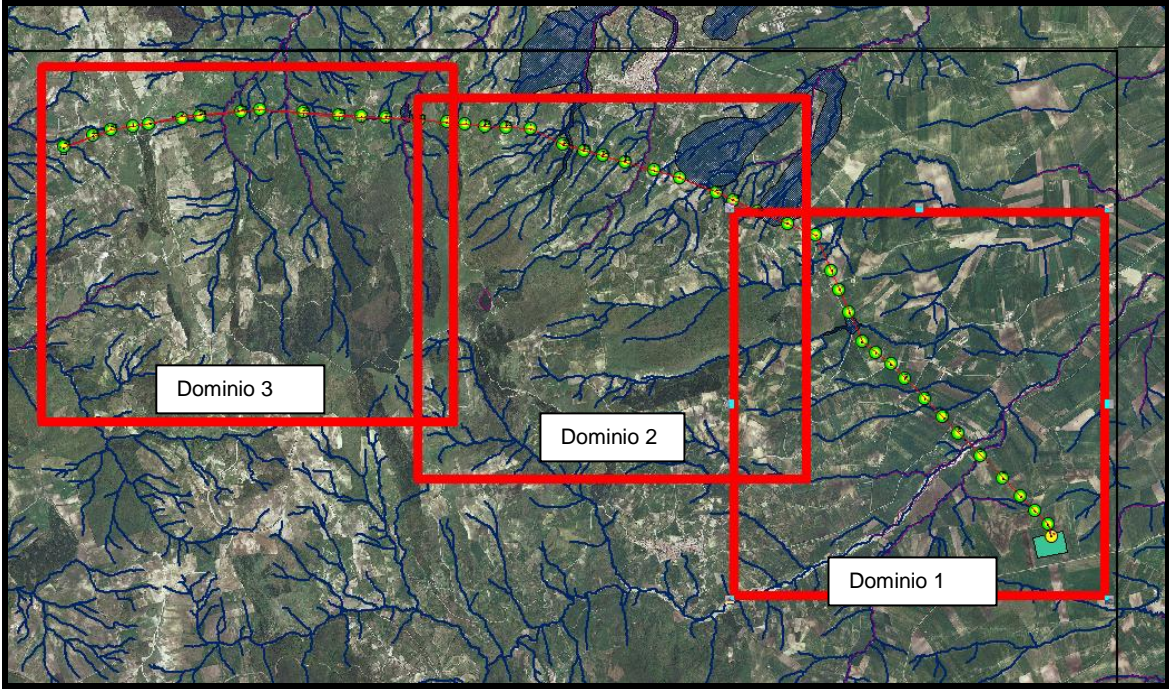
**Modello geometrico e rilievo topografico**

Rilievo topografico

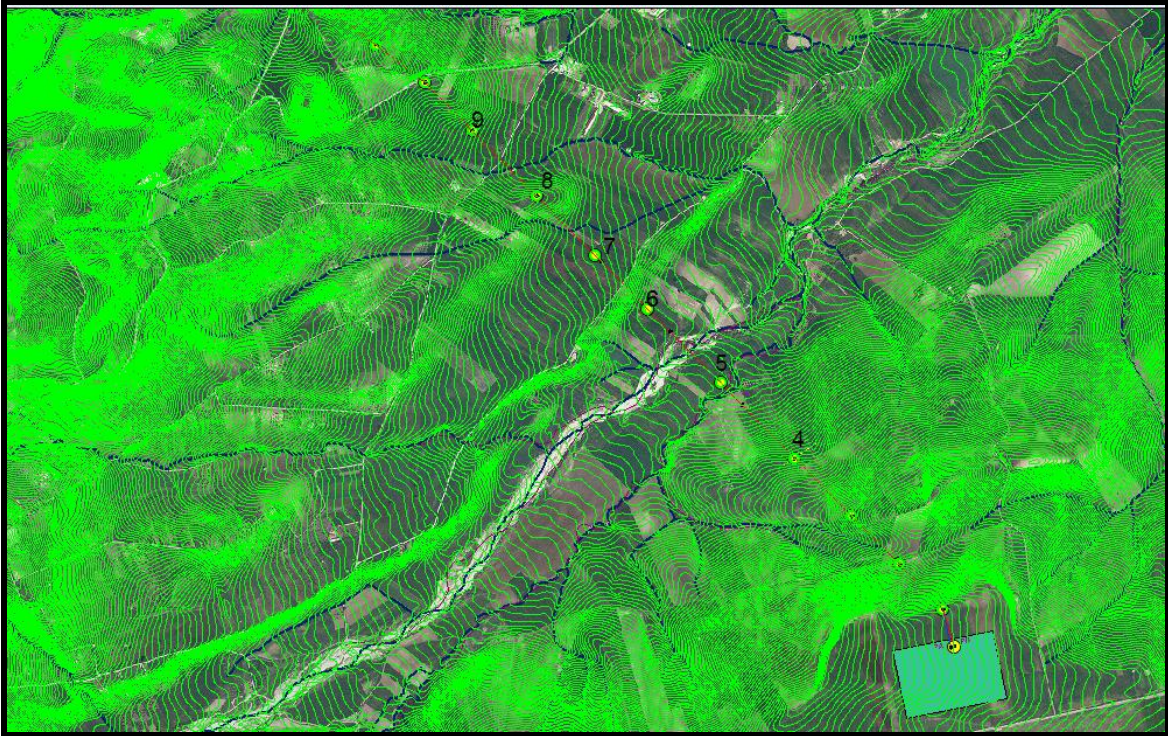
Allo scopo di poter eseguire i calcoli idraulici descritti nei paragrafi precedenti si è reso necessaria la realizzazione di un DTM utilizzando le curve di livello della CTR della Regione Puglia.

I modelli geometrici sono stati montati per ogni gruppo di bacini contigui in maniera tale da non appesantire l'elaborazione numerica della simulazione.

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE




**Rappresentazione dei domini di calcolo**



**Esempio di rappresentazione del dominio 1 e le curve di livello utilizzate (equidistanza 1 m)**

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE

	<b>Elettrodotto 150 kV doppia terna</b> <b>S.E. Troia – Roseto</b>	Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
	<b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>	Rev. N° 00	Pag. <b>38</b> di 50

**Scelta dei limiti di rappresentazione delle aree di allagamento**

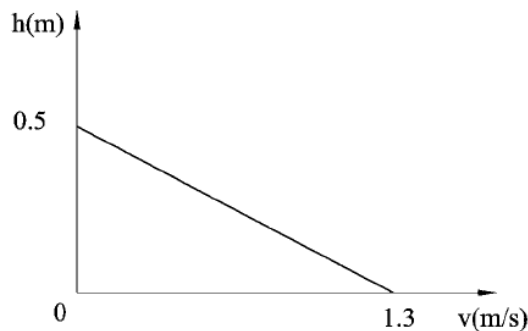
Le valutazioni idrauliche condotte in questo studio, come vedremo, hanno consentito di individuare le aree interessate dall'inondazione in riferimento alle piene relative ad un tempo di ritorno di 200 anni.

L'indicazione di allagamento di una superficie 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 pericolo sono la velocità di scorrimento idrico e la persistenza del fenomeno. Infatti un allagamento che presenta un tirante idrico di 0,1 metri risulta diverso da quello derivante da 2 metri, anche se si verifica con lo stesso tempo di ritorno. Al contrario, se il primo possiede una elevata velocità di scorrimento, potrebbe diventare più pericoloso del secondo valore se fosse quest'ultimo quasi statico.

L'Autorità di Bacino della Puglia non da indicazioni a riguardo, tuttavia altre Autorità di Bacino propongono una serie di approcci per procedere alla perimetrazione delle aree di allagamento.

L'Autorità di Bacino del Tevere ha proposto un diagramma che mette in relazione i due parametri fondamentali nella determinazione del livello di pericolosità dell'inondazione, tirante e velocità.



**Diagramma della vulnerabilità (autorità di Bacino del Tevere)**

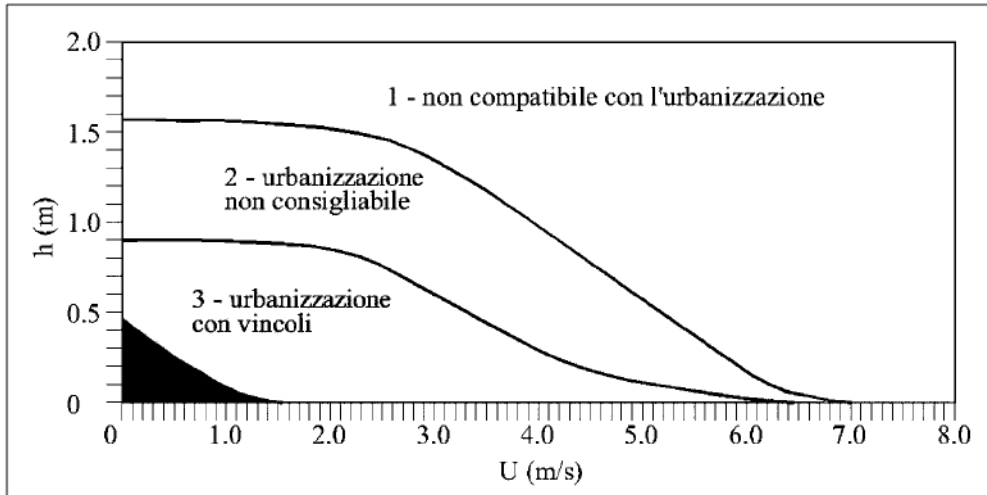
Nel caso dell'Autorità del Tevere la superficie esondata è stata suddivisa in sotto-zone caratterizzate da un medesimo valore della spinta idrostatica. Il valore della spinta è funzione della velocità di scorrimento U, e del tirante idrico h; nel grafico sottostante (U-h) sono identificate

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE

porzioni caratterizzate da stesso valore delle spinta. A seconda della coppia U-h ogni punto geografico dell'area allagata è catalogato con il riferimento (1, 2, 3, 4) relativo alla porzione del grafico all'interno del quale ricade il punto (U-h).

Vengono così definite aree "marginali", quelle ricadenti nella porzione 4 del grafico precedente o colorato in nero nel grafico successivo; qui le condizioni di rischio in termini di incolumità delle persone risultano accettabili anche per minori e disabili con accompagnamento.

Si giunge quindi ad una distinzione generale delle aree a pericolosità in tre classi: dirette, indirette e marginali. I primi due termini derivano da considerazioni prettamente idrauliche, già esposte in precedenza e funzione delle caratteristiche del deflusso, il terzo esprime una condizione di effettiva trascurabilità del rischio.




fonte: A.B. Tevere, 2002

In definitiva viene messo in evidenza il fatto che le condizioni di rischio non dipendono solo dalla presenza/assenza d'acqua e dell'entità del tirante idrico ma anche il fattore velocità di scorrimento (valutata localmente) gioca un ruolo nell'attribuzione del livello di danno effettivo.

Altro esempio, da prendere come riferimento, sono le indicazioni dell'Autorità di Bacino dell'Adige che ha individuato 4 aree di pericolosità idraulica (molto elevata, elevata, media, moderata) in base allo schema seguente:

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE

 Terna Rete Italia TERNA GROUP	Elettrodotto 150 kV doppia terna S.E. Troia – Roseto <b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>		Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
			Rev. N° 00	Pag. <b>40</b> di 50

1) aree di pericolosità idraulica molto elevata (P4): aree allagate in occasione dell'evento di piena con tempo di ritorno di 30 anni nel quale risulti o la presenza di una **lama d'acqua sul piano di campagna superiore ad 1m o una velocità massima di trasferimento superiore ad 1m/s;**

2) aree di pericolosità idraulica elevata (P3): aree allagate o in occasione di un evento di piena con tempo di ritorno di 30 anni e condizioni di **lama d'acqua massima raggiunta sul piano di campagna tra 50 cm ed 1m**, o per un evento più raro ( $Tr=100$  anni) con condizioni come quelle stabilite per pericolosità molto elevata (**lama d'acqua massima maggiore di 1m oppure velocità superiore ad 1 m/s**);

3) aree di pericolosità idraulica media (P2): aree allagate per un evento caratterizzato da un tempo di ritorno di 100 anni nelle quali si instaurino condizioni di **lama d'acqua massima sul piano di campagna compresa tra 0 cm ed 1 m**;

4) aree di pericolosità idraulica moderata (P1): aree esondabili con eventi di piena meno frequenti ( $Tr=200$  anni) **in qualunque condizioni di lama d'acqua e velocità sul piano di campagna**.

Sulla base di questa distinzione sono state perimetrare aree a diversa pericolosità, attraverso un modello di propagazione dell'onda di piena. Ovviamente le ultime due classi di pericolosità danno luogo ad un rischio NON elevato e quindi non pericoloso per l'incolumità di persone o cose.


Nel caso in oggetto si è preferito, cautelativamente, assumere come limiti di rappresentazione della pericolosità, e quindi della vulnerabilità idraulica, i seguenti limiti:

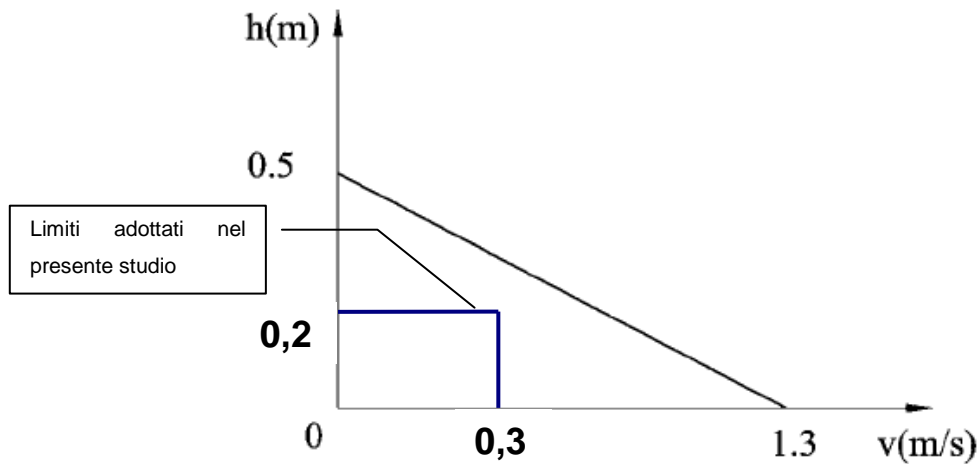
- tirante idrico > 0,2 m
- velocità > 0,3 m/s.

Che risultano comunque molto cautelativi rispetto ai limiti proposti dalla letteratura tecnica del settore e dalle Autorità di Bacino sopra indicate.

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE



	<b>Elettrodotto 150 kV doppia terna</b> <b>S.E. Troia – Roseto</b>		Codifica	
	<b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>		<b>REFR10017BASA00181</b>	
			Rev. N° 00	Pag. 41 di 50



**Analisi idraulica: la propagazione delle piene in campo bidimensionale per individuare le aree inondabili**


Le simulazioni idrauliche, come detto, sono state condotte inserendo come input del modello, gli idrogrammi di piena relativi al tempo di ritorno di riferimento ed effettuando le elaborazioni in condizioni di moto vario. Gli idrogrammi di piena sono stati inseriti negli impluvi riferiti a ciascuno dei sottobacini considerati nella fase della costruzione del modello con il GDS; come condizione al contorno di valle si è inserita quella di moto uniforme sulla costa.

I luoghi su cui si è simulata la propagazione si è ipotizzato nel modello un valore di scabrezza di Manning pari a 0.04.

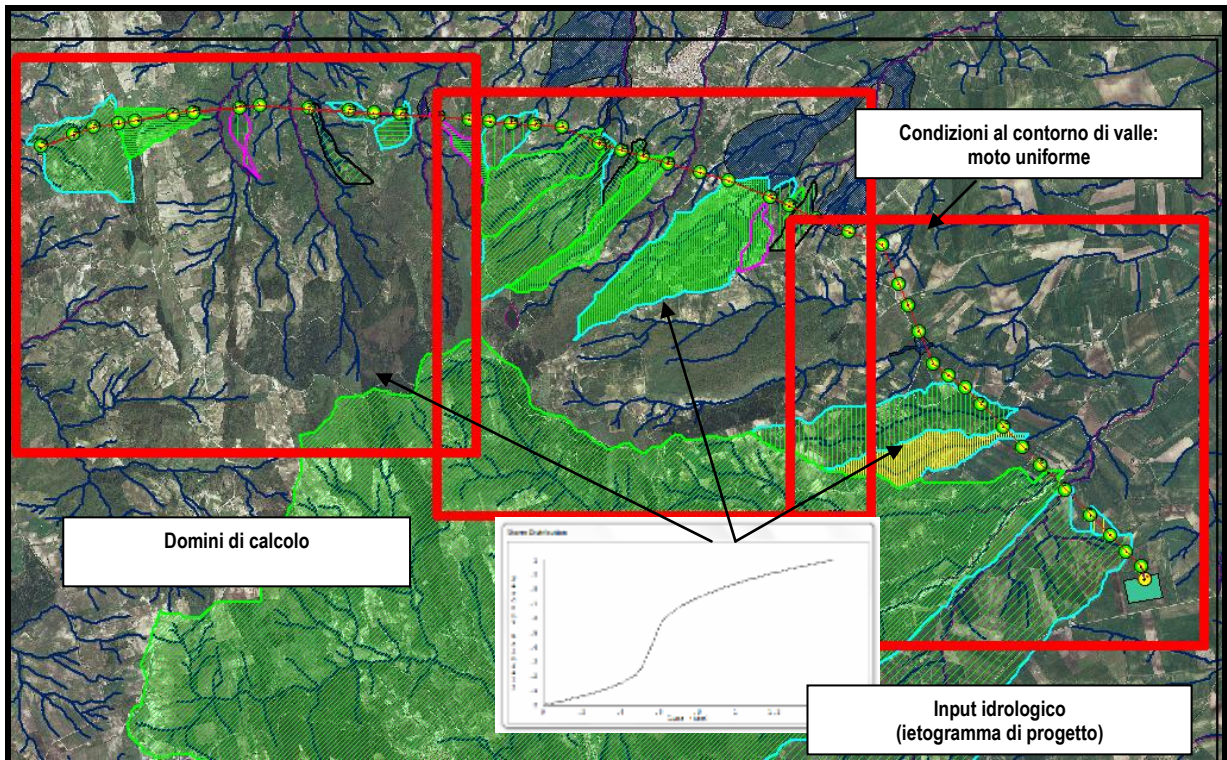
**Geometria del modello idraulico:**

Allo scopo di poter eseguire i calcoli idraulici si sono adottate le informazioni piano altimetriche rese disponibili dalla Regione Puglia attraverso la Cartografia Tecnica Regionale integrata dai rilievi topografici di dettaglio appositamente effettuati, utilizzando le informazioni piano altimetriche disponibili in formato ASCII. Il DEM ricavato è stato processato attraverso il PREPROCESSING GRID DEVELOPER SYSTEM (GDS), componente del Flo-2D. Il GDS consente di elaborare il DEM inserendo tutti gli elementi necessari per la costruzione della geometria di calcolo. Il GDS opera su un grid di dimensione di cella predefinita, ovviamente le dimensione della cella è correlata alla stabilità del sistema in funzione del time-step di calcolo, delle condizioni al contorno,

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE

	<b>Elettrodotto 150 kV doppia terna</b> <b>S.E. Troia – Roseto</b>		Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
	<b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>		Rev. N° 00	Pag. <b>42</b> di 50

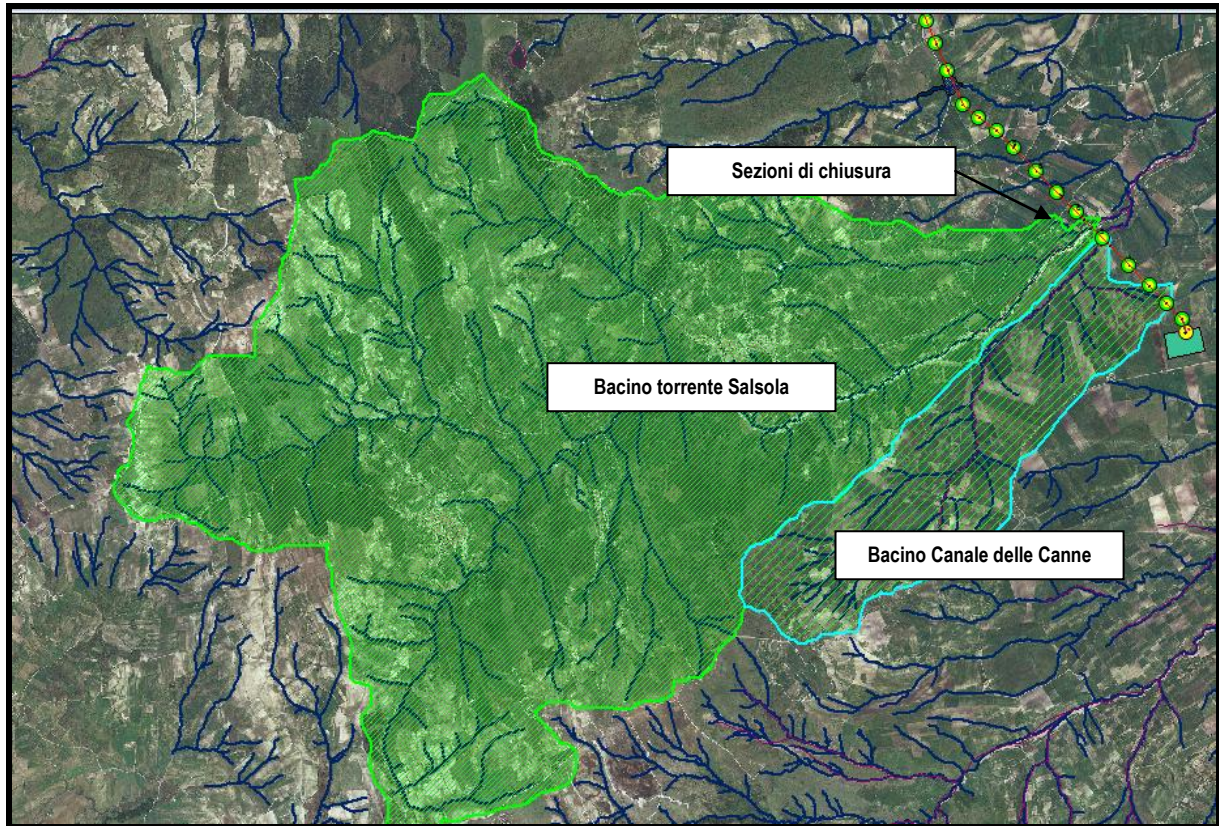
ecc. Nel caso in esame è stata utilizzata una griglia di calcolo la cui dimensione di cella è stata prefissata pari a **5 metri**. Questo ha permesso di poter analizzare non solo i reticoli idrografici rappresentati su cartografia ufficiale I.G.M. in scala 1:25.000, ma anche quelli che si attivano solo dopo eventi meteorici gravosi lungo solchi naturali e scoline, non sempre evidenziati sulle mappe cartografiche di riferimento.



*Dominio di calcolo del modello idraulico con rappresentazione dei bacini tributari e le condizioni al contorno imposte*

La simulazione a parametri distribuiti è stata effettuata per tutti i bacini tranne che per i reticoli “Torrente Celone e Canale delle Canne, per i quali è stata effettuata una simulazione idraulica a parametri concentrati ossia determinando l’idrogramma di piena e inserendolo come condizione al contorno di monte a distanza tale che non risultano influenzate le condizioni idrodinamiche nella zona di interesse

Incarico	Redatto		Verificato			<b>Approvato</b>
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE



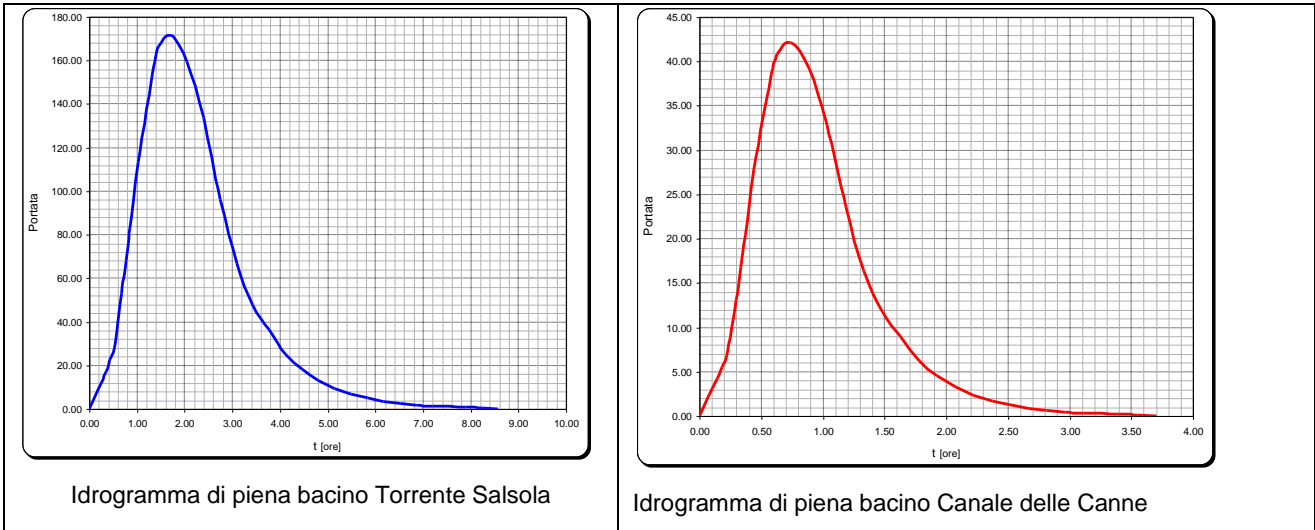
*Bacini tributari del torrente Salsola e Canale delle canne*

Utilizzando il modello afflussi deflussi del Soil conservation service , adottando un valore di CN III ponderato pari a 91.01, si ottiene che le portate di calcolo con tr 200 anni risultano:

- bacino Canale delle Canne [6,57 kmq CNIII =91.01]: 43.10 mc/s;
- bacino Torrente Salsola [41,57 kmq CN III = 89,31] : 170 mc/s

Gli idrogrammi di piena dedotti con il modello di propagazione di Mokus, sono stati suddivisi nelle varie celle a monte della zoan oggetto di studio.

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE



**Simulazione idraulica eseguita**


Le analisi idrauliche hanno consentito di ricavare, cella per cella in ognuna delle configurazioni geometriche utilizzate, per un tempo di ritorno di 200 anni, una serie di grandezze idrodinamiche fondamentali per le valutazioni conseguenti tra cui la determinazione dei livelli di pericolosità idraulica connessi.

Alcune delle grandezze idrodinamiche ricavate, cella per cella, istante per istante sono:

- livello del tirante idrico;
- velocità della corrente;
- numero di Froude;
- spinta idrodinamica;
- pressione statica;
- energia specifica;

In funzione dei risultati ottenuti dalle simulazioni effettuate, sono state estratte le mappe che riguardano l'andamento dei massimi temporali dei tiranti idrici, utilizzando una soglia minima del tirante idraulico di 20 cm, e l'andamento delle velocità con soglia a 0.3 m/sec. La sovrapposizione e combinazione fra i valori di velocità e i valori del relativo tirante idrico, applicando le soglie appena enunciate, hanno consentito di estrapolare le mappe della m pericolosità idraulica per un tempo di ritorno di 200 anni, necessari a alla valutazione della sicurezza idraulica dei tralicci.

Incarico	Redatto		Verificato			<b>Approvato</b>
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE

	<b>Elettrodotto 150 kV doppia terna</b> <b>S.E. Troia – Roseto</b>		Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
	<b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>		Rev. N° 00	Pag. <b>45</b> di 50




**Floodplain generale Tr = 200 anni**

Si specifica che il progetto originario del tracciato è stato modificato per la delocalizzazione di alcuni tralicci che erano interferenti con le aree determinate dal presente studio.

Di seguito è rappresentata, soprattutto negli allegati in ultima pagina con idonea scala, la compatibilità delle opera a realizzarsi, già delocalizzate nel rispetto delle norme tecniche del PAI, in scala idonea.

**In allegato alla relazione sono riportate a titolo indicativo le criticità affrontate e la delocalizzazione effettuata.**

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE

	<b>Elettrodotto 150 kV doppia terna</b> <b>S.E. Troia – Roseto</b> <b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>		Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
			Rev. N° 00	Pag. <b>46</b> di 50

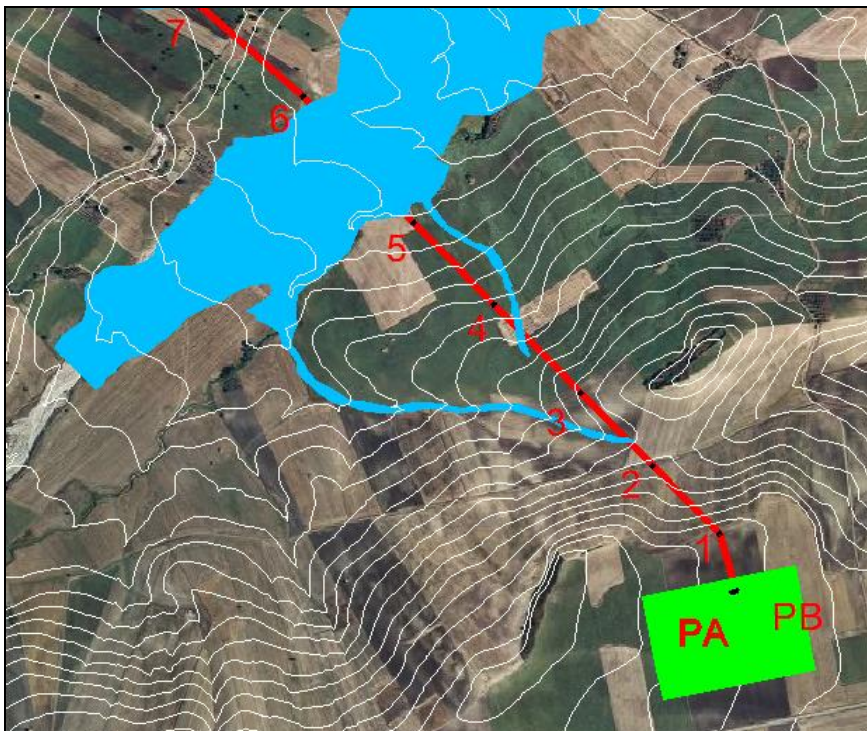
### Compatibilità delle opere da realizzare con le nuove aree individuate

Di seguito si analizzeranno i risultati modellistici conseguiti dall'analisi idraulica in una scala di dettaglio maggiore, evidenziando le eventuali criticità rilevate lungo il tracciato dell'elettrodotto aereo in studio.

**Le immagini sotto riportate si riferiscono al tracciato definitivo già corretto in funzione delle aree a diversa pericolosità individuate. Le stesse immagini sono riassunte nell'allegato alla relazione (Allegato 1-11) in scala adeguata, mentre nella tavola DEFR10017BASA00181\_05 sono rappresentate le delocalizzazioni e le modifiche apportate rispetto al progetto originario.**


L'analisi idraulica condotta e i risultati modellistici ottenuti hanno permesso di evidenziare, lungo il tracciato dell'elettrodotto aereo oggetto di autorizzazione e, in particolare, in corrispondenza delle opere di sostegno, la zona a pericolosità idraulica a seguito di un evento meteorico con tempo di ritorno pari a 200 anni.

I tralicci PA, PB e dal n. 1 al n. 6 risultano esterni all'area a media pericolosità idraulica individuata, quindi risultano compatibili con le NTA del PAI.

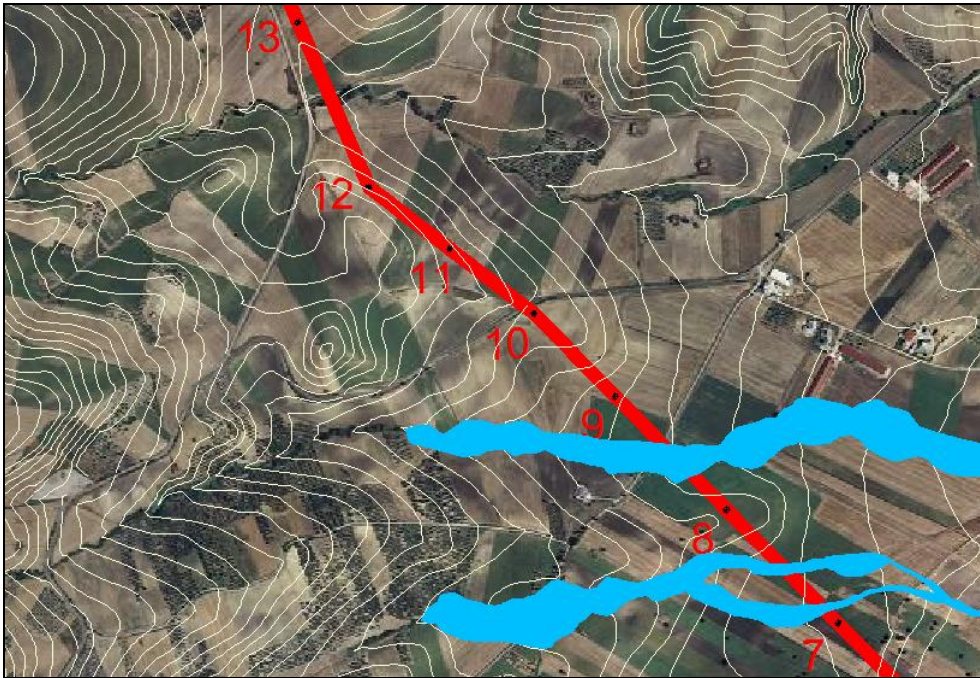


**Dettaglio ortofoto e curve di livello con posizione tralicci PA, PB e dal n. 1 al n. 6 e floodplain tr 200 anni**

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE

	<b>Elettrodotto 150 kV doppia terna</b> <b>S.E. Troia – Roseto</b>		Codifica	
	<b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>		<b>REFR10017BASA00181</b>	
			Rev. N° 00	Pag. 47 di 50

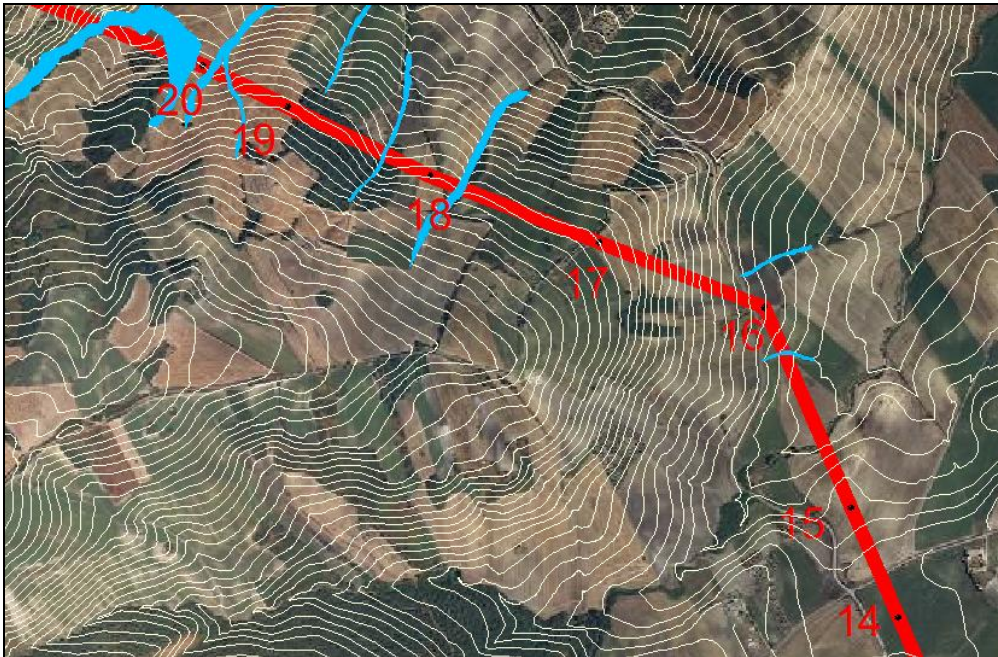
I tralicci dal n. 7 al n. 13 risultano esterni all'area a media pericolosità idraulica individuata, quindi risultano compatibili con le NTA del PAI.



*Dettaglio ortofoto e curve di livello con posizione tralicci dal n. 7 al n. 13 e floodplain tr 200 anni*

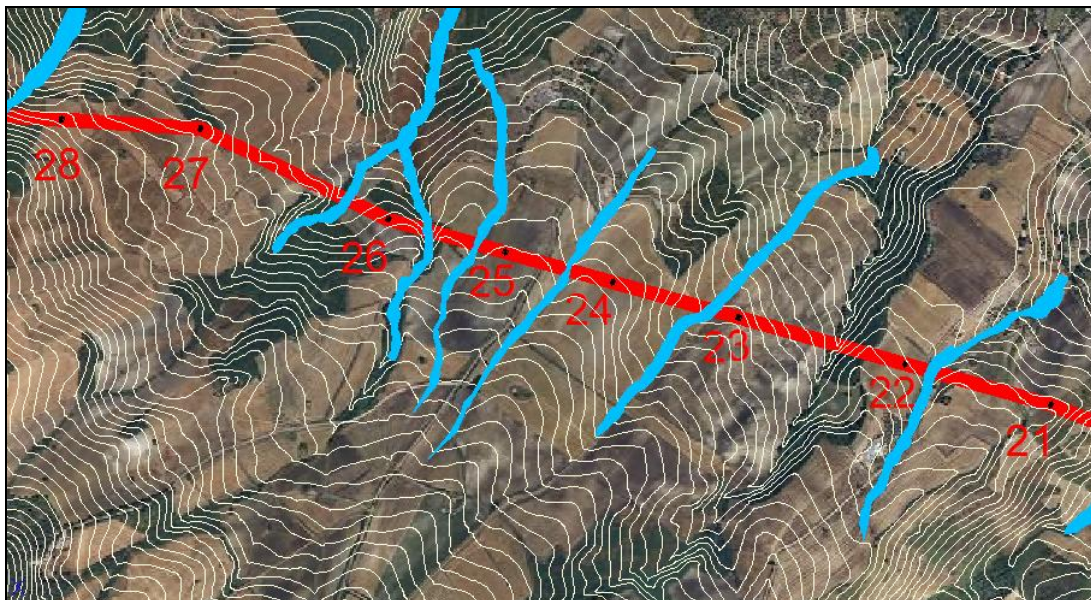
I tralicci dal n. 14 al n. 20 risultano esterni all'area a media pericolosità idraulica individuata, quindi risultano compatibili con le NTA del PAI.

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE



*Dettaglio ortofoto e curve di livello con posizione tralicci dal n. 14 al n. 20 e floodplain tr 200 anni*

I tralicci dal n. 21 al n. 28 risultano esterni all'area a media pericolosità idraulica individuata, quindi risultano compatibili con le NTA del PAI.



*Dettaglio ortofoto e curve di livello con posizione tralicci dal n. 21 al n. 28 e floodplain tr 200 anni*

I tralicci dal n. 29 al n. 36 risultano esterni all'area a media pericolosità idraulica individuata, quindi risultano compatibili con le NTA del PAI.

Incarico	Redatto	Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo	G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE





*Dettaglio ortofoto e curve di livello con posizione tralicci dal n. 28 al n. 36 e floodplain tr 200 anni*

I tralicci dal n. 37 al n. 45 risultano esterni all'area a media pericolosità idraulica individuata, quindi risultano compatibili con le NTA del PAI.




*Dettaglio ortofoto e curve di livello con posizione tralicci dal n. 37 al n. 45 e floodplain tr 200 anni*

## Conclusioni

A seguito dell'indagine idrologica e idraulica della zona oggetto di studio dove è prevista la realizzazione di 45 sostegni per l'elettrodotto 150kV di collegamento tra la SE Troia e Roseto Valfortore, si è verificato che la loro posizione, a seguito della delocalizzazione di alcune strutture

Incarico	Redatto	Verificato	Approvato		
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo	G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA	F.Testa ING/CRE	

 <b>Terna Rete Italia</b> <small>TERNA GROUP</small>	<i>Elettrodotto 150 kV doppia terna</i> <i>S.E. Troia – Roseto</i> <b>Studio di Compatibilità Idrologica e Idraulica</b>		Codifica <b>REFR10017BASA00181</b>	
			Rev. N° 00	Pag. <b>50</b> di 50

(tralicci), risulta esterna all'area a media pericolosità idraulica, individuata con apposito modello bidimensionale e che, quindi, non sussistono possibili criticità dal punto della sicurezza idraulica.

Tale indagine è stata effettuata analizzando i reticoli idrografici dalla cartografia ufficiale I.G.M. 1:25.000 e, a vantaggio di sicurezza, quelli rappresentati nella bozza della Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia.

Per quanto sopra esposto, le opere di sostegno previste dall'intervento in oggetto a seguito delle varianti effettuate si ritengono compatibili con le NTA del PAI della Puglia.

Il tecnici redattori

Ing. Salvatore Vernole

Geologo Pietro Lorenzo

Incarico	Redatto		Verificato			Approvato
Arc. F. Zaccara	Ing. S.Vernole Dott. P.Lorenzo		G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA		F.Testa ING/CRE