



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA di FOGGIA



COMUNE di APRICENA



COMUNE di SAN SEVERO



Società Proponente	<b>AM ENERGY S.R.L. *</b> Sede: via Tiberio Solis, n. 128 - 71016 San Severo (FG) Pec: amenergysrl@pec.it P.iva: 04304150719 * Società con socio unico, soggetta a direzione e coordinamento di PLAN A HOLDING S.R.L. p.iva 03930741206	Sviluppo e Coordinamento	 <b>PLAN A ENERGY S.R.L.</b> Sede: Via Cavour n.104 40026 Imola BO Pec: planaenergy@pec.it C.F e P.IVA : 03930841204		
Progettazione generale e progettazione elettrica	 <b>STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA</b> <b>MEZZINA dott. ing. Antonio</b> Via T. Solis 128   71016 San Severo (FG) Tel. 0882.228072   Fax 0882.243651 e-mail: info@studiomezzina.net Ordine degli ingegneri della Provincia di Foggia matr. n 1604  	Supervisione scientifica piani culturali e montaggio	 <b>Università di Foggia</b> <b>Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria (DAFNE)</b> Sede: via Antonio Gramsci,89/91 Foggia 71122 P.iva: 03016180717		
Studio e progetto ecologico vegetazionale	 <b>Dott. Biol. Leonardo Beccarisi</b> Via D'Enghien, 43 - 73013 Galatina (LE) cell. 3209709895 E-Mail: beccarisil@gmail.com Ordine nazionale dei Biologi Albo-Sezione matr. n. AA_067313	Studio di impatto ambientale	 <b>Dott.ssa Anastasia Agnoli</b> Via Armando Diaz, 37   73100 Lecce (LE) cell. 3515100328 E-Mail: anastasia.agnoli989@gmail.com		
Studio meteorologico	<b>Dott. Biol. Elisa Gatto</b> Via S. Santo, 22   73044 Galatone (LE) cell. 3283433525 E-Mail: dottelisagatto@gmail.com Ordine nazionale dei Biologi matr.n. AA_090001	Studio paesaggistico e di inserimento urbanistico	 <b>Dott. Agr. Barnaba Marinosci</b> via Pilella 19, 73040 Alliste (LE) Cell. 329 3620201 E-Mail: barnabamarinosci@gmail.com Ordine dei Dottori Agronomi e Forestali provincia di Lecce matr. n 674		
Studio faunistico	 <b>Dott. Antonio Feola</b> Via Civitella n°25   84060 Moio della Civitella (SA) cell. 338 2593262 E-Mail: feolantx@gmail.com Ordine Nazionale dei Biologi matr. n . AA_047004	Rappresentazioni fotorealistiche	 <b>Arch. Gaetano Fornarelli</b> Via Fulcignano Casale 17   73100 Lecce (LE) cell. 3358758545 E-Mail: forgaet@gmail.com Ordine degli Architetti della provincia di Lecce matr. n 1739		
Studio archeologico	 <b>NOSTOI s.r.l.</b> <b>Dott.ssa Maria Grazia Liseno</b> Tel. 0972.081259   Fax 0972.83694 E-Mail: mgliseno@nostoisrl.it Elenco Nazionale Archeologo Fascia I matr n. 1646	Consulenza strutturale	 <b>Ing. Tommaso Monaco</b> Tel. 0885.429850   Fax 0885.090485 E-Mail: ing.tommaso@studiotecnicomonaco.it Ordine degli Ingegneri della provincia di Foggia matr. n. 2906		
Studio acustico	 <b>STUDIO FALCONE</b> <b>Ingegneria</b> <b>Ing. Antonio Falcone</b> Tel. 0884.534378   Fax. 0884.534378 E-Mail: antonio.falcone@studiofalcone.eu Ordine degli Ingegneri di Foggia matr. n.2100	Consulenza topografica	<b>Geom. Matteo Occhiochiuso</b> Tel. 328 5615292 E-Mail: matteo.occhiochiuso@virgilio.it Collegio dei Circondariale Geometri e Geometri Laureati di Lucera matr. n. 1101		
Studio grafico geologico e geotecnico	 <b>Dott. Nazario Di Lella</b> Tel./Fax 0882.991704   cell. 328 3250902 E-Mail: geol.dilella@gmail.com Ordine regionale dei Geologi della Puglia matr. n. 345				
Opera	<p align="center"><b>Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto Fotovoltaico denominato "Apricena Industriale" da realizzarsi su aree industriali e cave nelle località "Podere Camilli - Tufara - San Giovanni - San Sabino", nel territorio comunale di Apricena (FG) per una potenza complessiva di 121,023 MWp e immissione di 96,300 MW, nonchè delle opere connesse ed infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto nei comuni di Apricena (FG) e San Severo (FG)</b></p>				
Oggetto	AUTORITA' PROCEDENTE V.I.A. :  <b>MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA</b>	AUTORITA' PROCEDENTE A.U. :  <b>REGIONE PUGLIA</b>			
	P7MVN25_Relazione Idrologica.pdf Nome Elaborato: Relazione idrologica del progetto definitivo Descrizione Elaborato:				
00	Novembre 2022	Progetto definitivo	Geol. N. Di Lella	Ing. A. Mezzina	AM ENERGY S.R.L.
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione
Scala:					
Formato: A4/A3	Codice Pratica	<b>P7MVN25</b>			

## Sommario

1.	PREMESSA .....	2
2.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA .....	2
3.	P.A.I.: RISCHIO GEOMORFOLOGICO ED IDRAULICO .....	8
4.	IDROGEOLOGIA E CARATTERI DI PERMEABILITA' .....	12
5.	ANALISI MORFOLOGICA E INDIVIDUAZIONE DEI BACINI SCOLANTI .....	17
6.	ANALISI IDROLOGICA .....	18
7.	DEFINIZIONE DEI BACINI (DATI FISIOGRAFICI) .....	20
8.	CALCOLO DIMENSIONAMENTO CANALETTO DI INTERCETTO E CONVOGLIAMENTO .....	23
	REPORT IDROGRAMMI .....	24

## 1. PREMESSA

Il presente studio Idrologico ed Idraulico riguarda un approfondimento analitico sulle condizioni di sicurezza idraulica per le aree su cui la società AM ENERGY S.r.l.\* con sede in San Severo (FG), Piazza T. Solis n. 128 - PEC: amenergysrl@pec.it - C.F. e P.IVA 04304150719, (\*)Società con socio unico, soggetta a direzione e coordinamento di PLAN A HOLDING S.R.L. P.IVA 03930741206, a corredo del "Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto Fotovoltaico denominato "Apricena Industriale" da realizzarsi su aree industriali e cave nelle località "Podere Camilli - Tufara - San Giovanni - San Sabino", nel territorio comunale di Apricena(FG) per una potenza complessiva di 121,023 MWp e immissione di 96,300 MW, nonché delle opere connesse ed infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto nei comuni di Apricena (FG) e San Severo (FG)".

Per tale scopo si è quindi proceduto ad eseguire un'analisi idrologica ed idraulica con riferimento al reticolo idrografico individuato nella cartografia IGM 1:25.000, ricostruito nel dettaglio su base DTM della C.T.R. della regione Puglia, con risoluzione DTM 8x8 m, rielaborato creando una maglia discreta con risoluzione DTM 2x2 m.

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

L'area d'interesse, su cui sono state rilevate delle eventuali criticità necessarie alla esecuzione di verifiche di compatibilità idrauliche, è ubicata a circa 1,0 Km S-W dal centro abitato di Apricena, in Zona Industriale SS 89.

La quota del sito è compresa tra 48 e i 53 m s.l.m., l'impianto risulta essere suddiviso in sette sottocampi produttivi estesi su una superficie complessiva di circa 100 ha.

Cartograficamente l'area è ubicata nella parte centrale della Tavolette IGM 1:25.000 – Tavv. 155 II NE "Apricena", in agro di Apricena.

Il territorio presenta una morfologia tipica dell'alta pianura foggiana, ed in particolare nella fascia di territorio del comune di Apricena sono presenti con ampie attraversate dalla principale linea d'impiuvio del C.le S. Martino, proveniente dalle pendici del rilievo garganico, che incide terreni a prevalente componente sabbiosa.

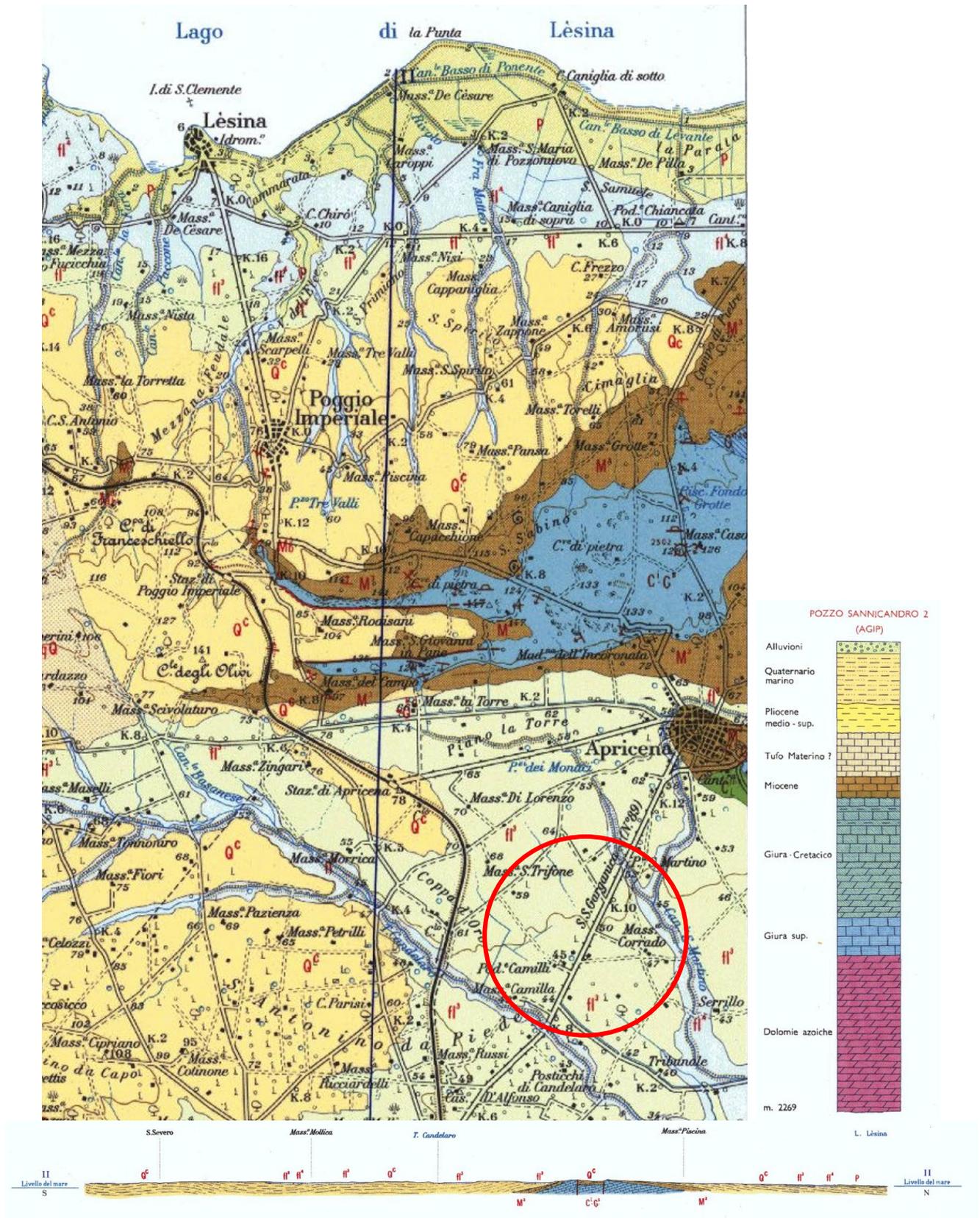
Nell'area in oggetto, non sono presenti forme di dissesto né attive né quiescenti o potenzialmente attivabili rilevate e/o segnalate; trovandoci su un piano morfologico appena inclinato in direzione S-SE.

I litotipi presenti sull'area sono rappresentati da depositi di origine marina (sabbie), su cui si sono succeduti (zona orientale) depositi di elaborazione continentale legati alla presenza del F. Fortore, con deposizione ed abbandono di terrazzi fluviali di ordine crescente verso il basso (1°-2°-3°-4° ordine), a loro volta mascherati da un sottile strato di terreno vegetale/eluviale.

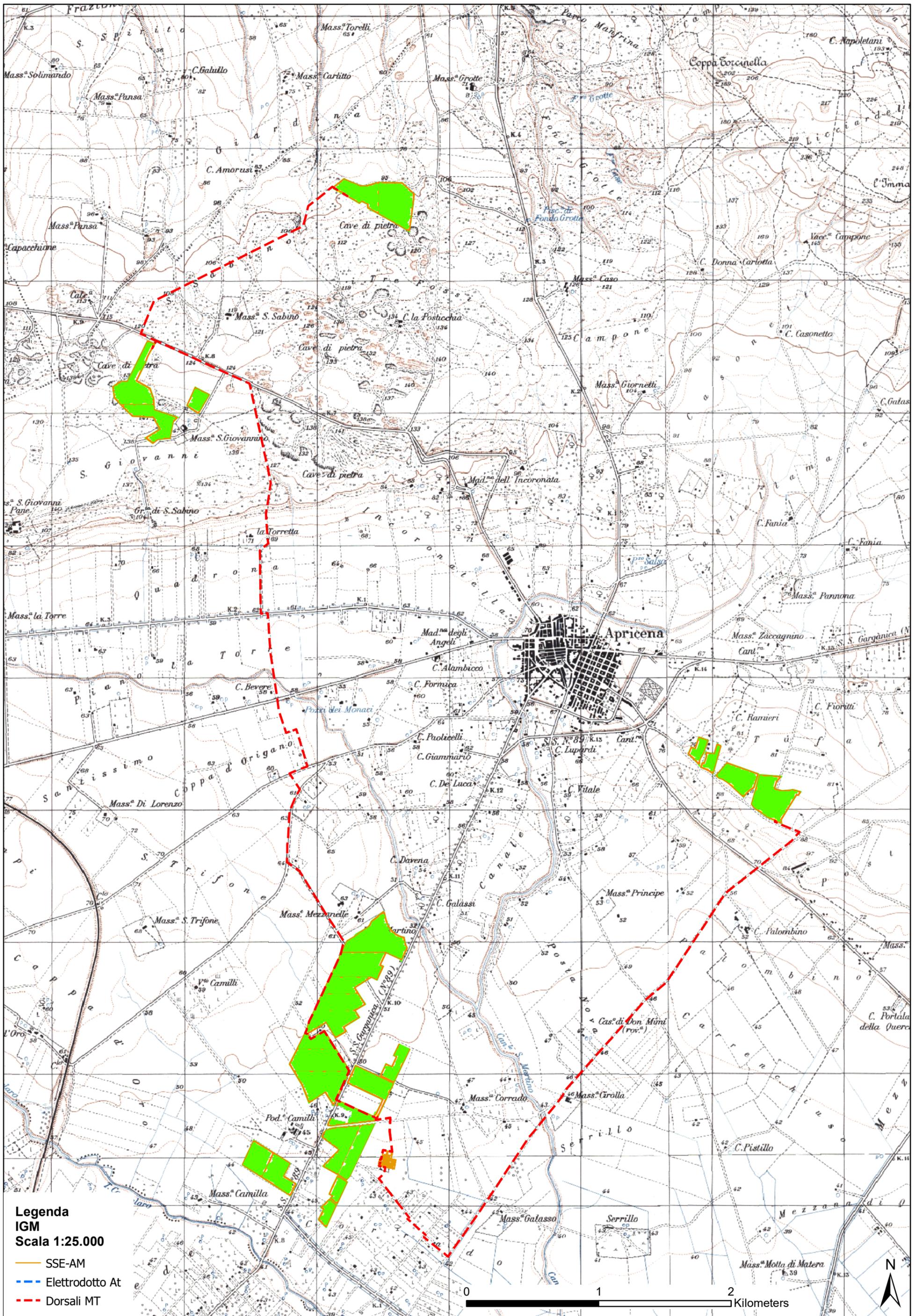
In base alla cartografia geologica di zona, il sito ricade in area di affioramento della formazione dei "Conglomerati di Campomarino", rappresentata da ghiaie e conglomerati di ambiente marino o continentale, in

genere ricoperti da una coltre di terreno vegetale di spessore medio intorno a 1,5/2,0 m.

In corrispondenza di alcune aree (cave di conglomerato) presenti in zona, la formazione conglomeratica si consistente e tenacemente cementata, tanto da permettere l'escavazione con pareti dei fronti sub-verticali.



Stralcio Carta Geologica d' Italia – scala 1:100.000

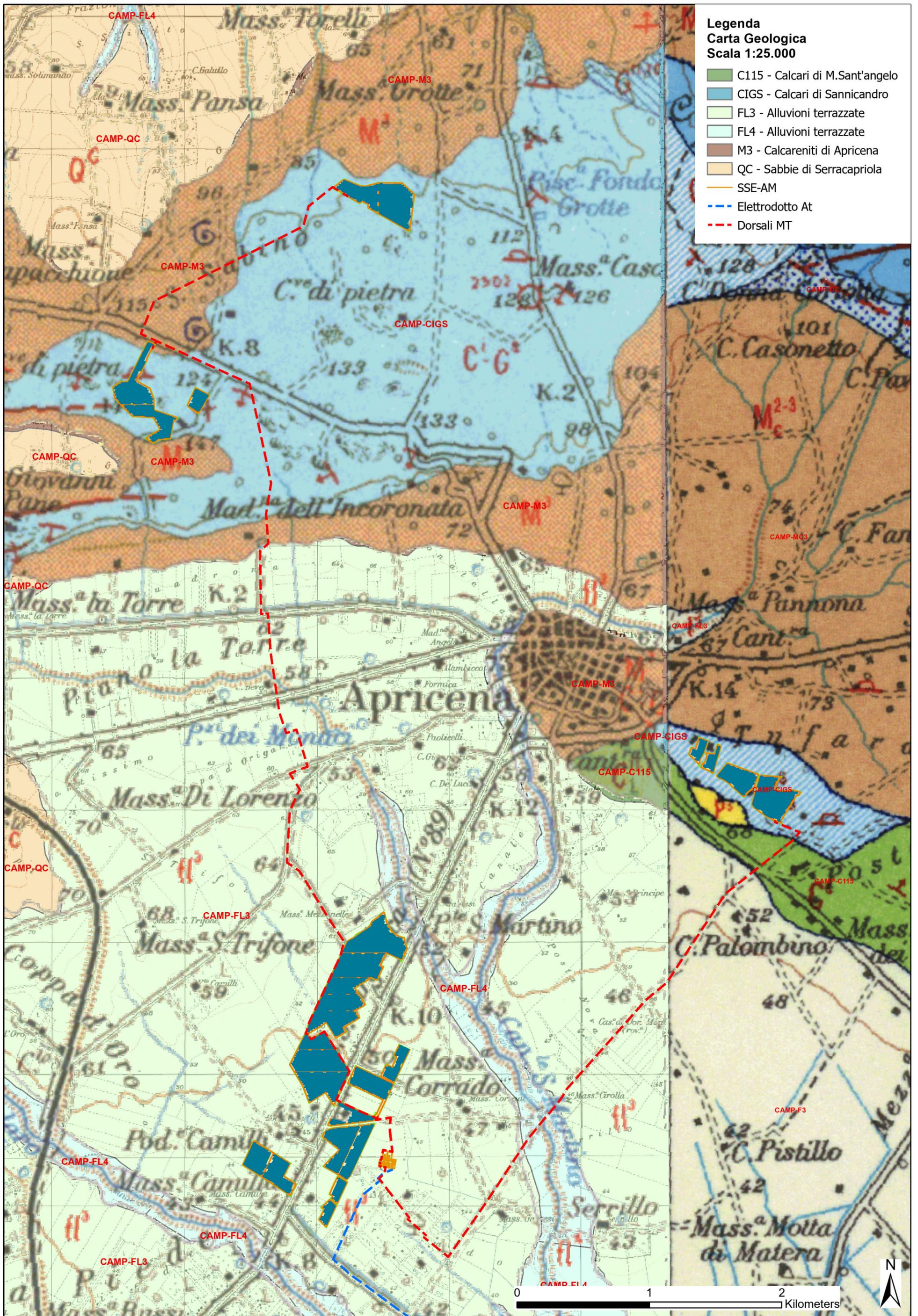


**Legenda**  
**IGM**  
**Scala 1:25.000**

- SSE-AM
- Elettrodotto At
- - - Dorsali MT

0 1 2 Kilometers





**Legenda**  
**Carta Geologica**  
**Scala 1:25.000**

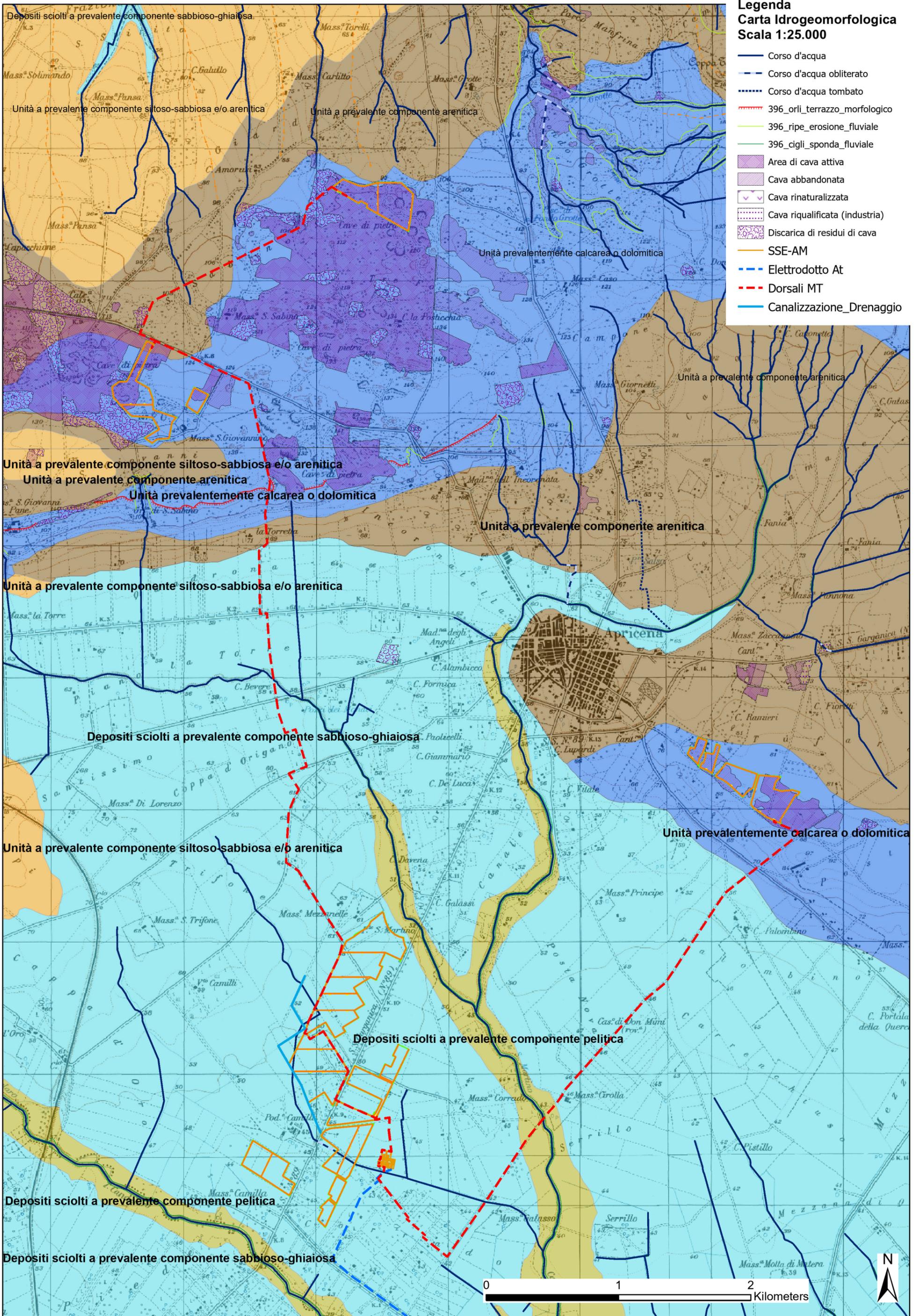
- C115 - Calcari di M.Sant'angelo
- CIGS - Calcari di Sannicandro
- FL3 - Alluvioni terrazzate
- FL4 - Alluvioni terrazzate
- M3 - Calcareniti di Apricena
- QC - Sabbie di Serracapriola
- SSE-AM
- Elettrodotto At
- Dorsali MT

0 1 2 Kilometers



**Legenda**  
**Carta Idrogeomorfologica**  
**Scala 1:25.000**

-  Corso d'acqua
-  Corso d'acqua obliterato
-  Corso d'acqua tombato
-  396\_orli\_terrazzo\_morfologico
-  396\_ripe\_erosione\_fluviale
-  396\_cigli\_sponda\_fluviale
-  Area di cava attiva
-  Cava abbandonata
-  Cava rinaturalizzata
-  Cava riqualificata (industria)
-  Discarica di residui di cava
-  SSE-AM
-  Elettrodotto At
-  Dorsali MT
-  Canalizzazione\_Drenaggio



### **3. P.A.I.: RISCHIO GEOMORFOLOGICO ED IDRAULICO**

Sotto il profilo del rischio geomorfologico del P.A.I., le aree campi fotovoltaici risultano essere esterne a qualsiasi area individuata dal Piano sia per quanto riguarda il rischio geomorfologico, sia per quanto riguarda il rischio alluvionamento.

Il P.A.I. di riferimento è quello dell'Autorità di Bacino Competente (Autorità di Bacini Distrettuale dell'Appennino Meridionale – Ex AdB Puglia).

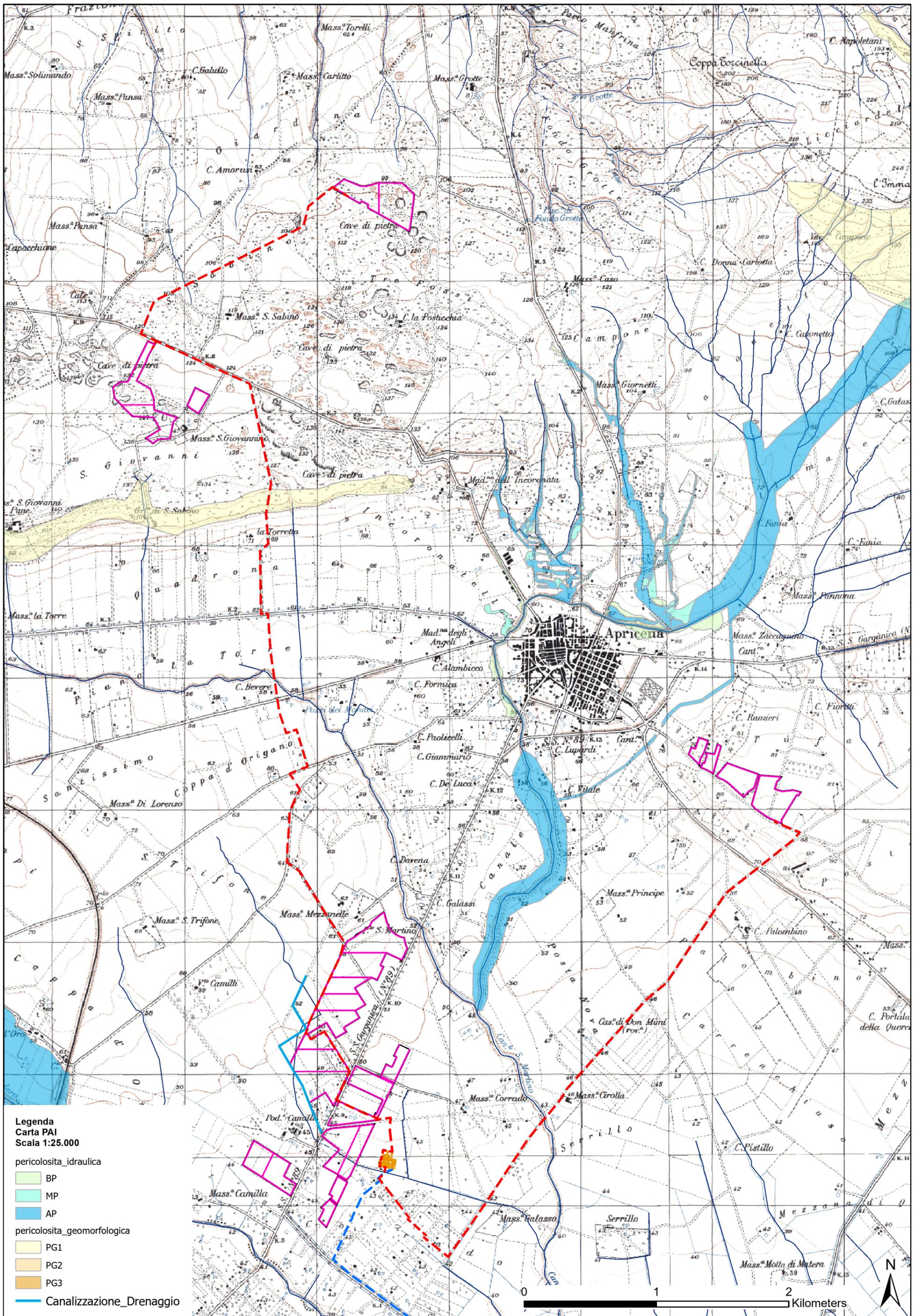
Trovandoci in presenza di litotipi consistenti, sabbie addensate in zone di cresta, non sono segnalate aree né sottoposte a rischio idraulico, né a rischio morfologico.

Il reticolo idrografico di dettaglio, estratto dalla cartografia idrogeomorfologica nella CTR (scala 1:5.000) e dalla cartografia IGM (scala 1:25.000), risulta interessare direttamente solo una linea di impluvio secondaria in corrispondenza della Zona Industriale, di cui è stato approfondito lo studio locale, intendendo eseguire un intervento di intercetto delle acque di scolo sottese al micro-bacino di pertinenza e convogliamento controllato delle acque in rete di drenaggio già presente in cunetta della SS 89.

Il resto delle aree campi produttivi risulta essere tutto esterno a qualsiasi area d'influenza del PAI individuate sia per rischio geomorfologico, sia per rischio idraulico.

I precorsi dei cavidotti di connessione e di convogliamento intersecano trasversalmente il reticolo presente sia in agro di Apricena, sia in agro di San Severo, in tutti i casi si procederà al superamento della criticità puntuale con sottopasso della linea di reticolo con tecnologia TOC, che avverrà a profondità assolutamente la di sotto della possibile profondità di influenza idraulica della stessa, con ingresso ed uscita del tratto al di fuori delle aree perimetrate PAI e/o a non meno di 150 m. dall'asse del reticolo non perimetrato ma presente in cartografia IGM 1:25.000, come previsto dalle NTA del PAI Puglia (Fasce di Pertinenza/Influenza).

Più in particolare, per l'ultimo tratto di collegamento alla Stazione Terna (TOC-12 "C.le Ferrante" e TOC 13 "C.le S.Maria"), essendo quest'ultima ubicata in area perimetrata PAI a Bassa Pericolosità Idraulica (BP), non potendo seguire percorsi alternativi per l'ingresso in stazione, i punti di ingresso delle TOC avverranno inevitabilmente in area PAI a bassa Pericolosità Idraulica, operando in condizioni di sicurezza idraulica superiore (prof. > 2 m da fondo alveo).



**Legenda**  
**Carta PAI**  
**Scala 1:25.000**

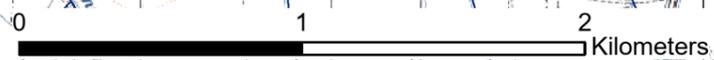
pericolosità idraulica

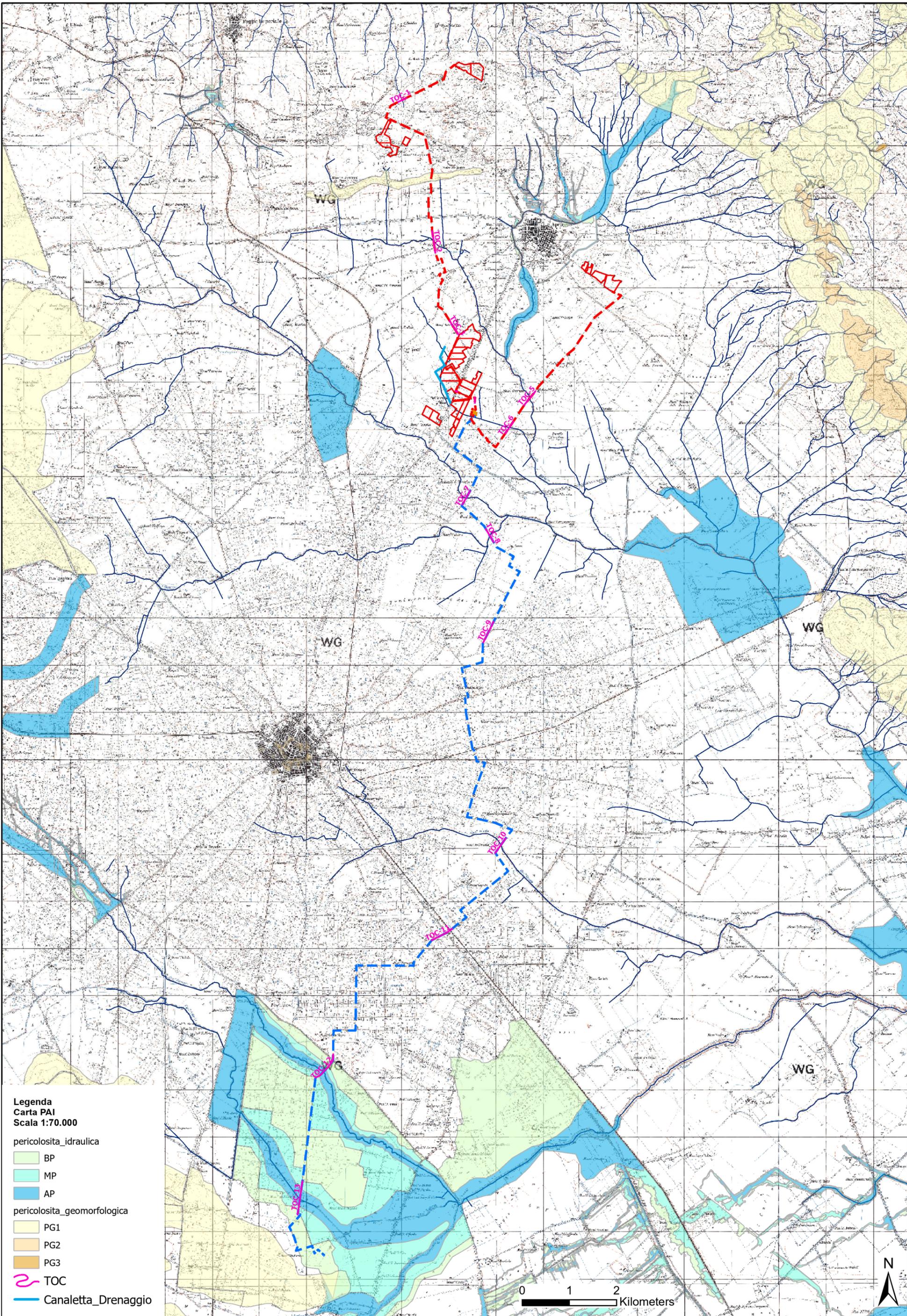
- BP
- MP
- AP

pericolosità geomorfologica

- PG1
- PG2
- PG3

Canalizzazione\_Drenaggio





**Legenda  
Carta PAI  
Scala 1:70.000**

pericolosità\_idraulica

- BP
- MP
- AP

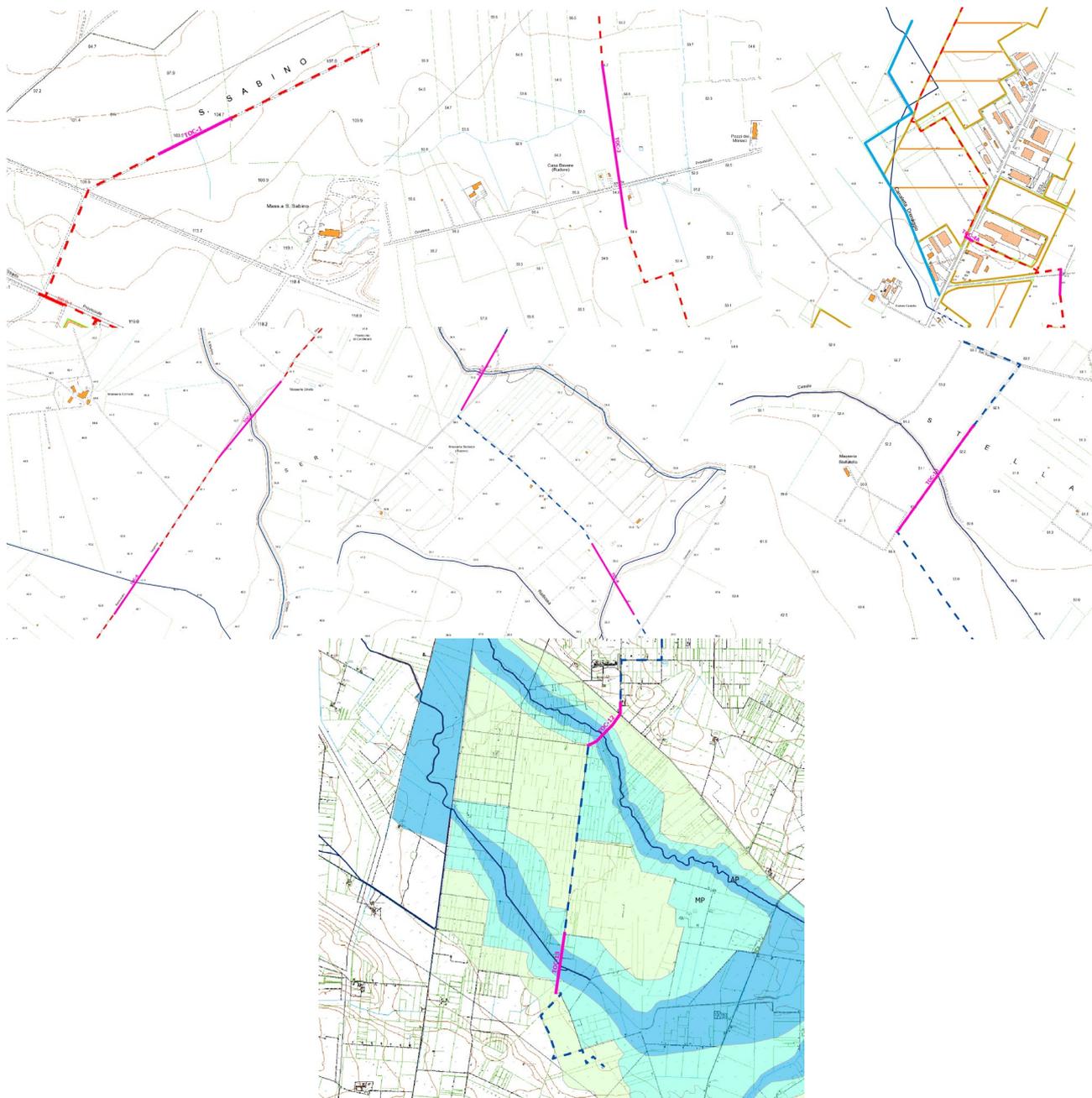
pericolosità\_geomorfológica

- PG1
- PG2
- PG3
- TOC

Canaletta\_Drenaggio

0 1 2 Kilometers





Particolare Attraversamenti TOC reticolo

## **4. IDROGEOLOGIA E CARATTERI DI PERMEABILITA'**

In riferimento alla presenza di falde nell'area d'interesse, è da rilevare che la cartografia relativa alle piezometriche di zona rappresentano la piezometrica (cfr. Carta Isopieze) essere posta a quote comprese tra di circa 10 m e 15 m. sul l.m., pertanto, trovandoci a quote comprese tra i 48 e i 53 m (Z.I.) e 95 e i 120 m (zone Cave) sul l.m., la piezometrica è soggiacente a non meno di 30/80 m. dal p.c.

Localmente per la Z.I., in virtù delle sequenze stratigrafiche e litologiche presenti, Alluvioni Terrazzate su Sabbie di Serracapriola in sequenza su Argille Plio-Pleistoceniche, la falda è rinvenibile al contatto tra queste due ultime, in genere circa 15 metri al di sopra del livello base del mare; per le zone Cave, la falda è relegata all'interno delle formazioni carbonatiche mesozoiche, con circolazione tipicamente carsica, a non meno di 50 m. al di sotto del l.m., in entrambi i casi in pressione con risalita e stabilizzazione della tavola d'acqua in prossimità o poco al di sopra del livello base del mare.

### **1.1. ACQUE SOTTERRANEE**

L'acqua meteorica ricadente nel bacino di interesse, in parte si infiltra, occupando ed alimentando direttamente la falda superficiale (di modesta capacità) contenuta nelle formazioni sabbioso-ghiaiose ed alluvionali terrazzate, in parte si concentra in piccoli fossi e scoline artificiali di drenaggio agricolo, confluendo presso le principali aste di drenaggio; i fossi di cui prima sono attivi solo in caso di eventi meteorologici di importante consistenza pluviometrica, mentre non sono state rilevate presenze di emergenze sorgive in zona.

L'infiltrazione e la circolazione delle acque sotterranee nelle formazioni alluvionali e sabbioso-ghiaiose di base possono avvenire esclusivamente in forma diffusa per porosità di interstizi, andando ad alimentare la falda contenuta posta alla base dei livelli prevalentemente impermeabili a componente argillosa.

Questa falda si rinviene al tetto delle formazioni argillose plio-pleistoceniche delle argille grigio azzurre, tra i 30-80 m. dal p.c., alla base dei depositi sabbiosi delle Sabbie di Serra Capriola.

Per la zona Cave la circolazione carsica è posta in corrispondenza degli strati carbonatici maggiormente fratturati, pertanto la permeabilità intrinseca e di tipo per "Fratturazione e Carsismo".

### **1.2. PERMEABILITÀ DEI LITOTIPI**

La localizzazione in profondità e l'estensione degli acquiferi sono determinate dall'alternanza delle formazioni idrogeologiche permeabili e semipermeabili.

In base alla presenza di una dislocazione verticale del substrato carbonatico (sub-affiorante "zona Cave" e/sottoposto "Z.I."), lo schema idrogeologico è caratterizzato da circolazione primaria per fatturazione e carsismo, su cui sono sovrapposte formazioni di depositi sedimentari a granulometria variabile tra le argille, le

sabbie e ghiaie, e dal punto di vista idrogeologico nell'area "Z.I." si può distinguere due sistemi idrogeologici, uno superficiale ed uno profondo, nelle "zone Cave" il sistema idrogeologico "unico" è a falda unica, esclusivamente in corrispondenza di livelli carbonatici più fratturati.

COLONNA STRATIGRAFICA	LITOTIPI PREVALENTI	UNITA' LITOSTRATIGRAFICHE	ETA'	PERMEABILITA'		UNITA' IDROGEOLOGICHE
				TIPO	GRADO	
	Limi argillosi e sabbie siltose	Depositi lacustri	Olocene	Primaria (porosità d'interstizi)	Da poco permeabile ad impermeabile	Acquitrando
	Ghiaie e sabbie stratificate da poco a mediamente addensate con lenti limose	Depositi marini e alluvionali, terrazzati e non	Olocene-Pleistocene medio superiore		Mediamente permeabile	Acquifero alluvionale
	Limi argillosi con intercalazioni di sabbie	Argille Subappennine	Pleistocene inferiore -Pliocene medio		Impermeabile	Acquicludo
	Calcarenti a grana grossolana, tenere, porose "Tufo calcareo"	Calcarenti di Gravina	Miocene superiore	Poco permeabile	Acquifero sabbioso	
	Calcarei detritico-organogeni	Calcarenti bioclastiche e Calcarei massicci di scogliera		Da poco a mediamente permeabile	Acquifero carsico	
	Calcarei e dolomie, stratificati e fratturati, a luoghi, carsificati	Calcarei delle Murge	Cretaceo inferiore-Giura superiore	Secondaria (fessurazione e/o carsismo)	Da mediamente permeabile a molto permeabile	

Fig. 1 Serie idrogeologica delle Unità dell'Avanfossa appenninica.

Estratto da Tesi di Laurea Di Lella Nazario in Idrogeologia e Geotermia – Univ. Di Bari Dip. di Geologia e Geofisica "Caratteri della circolazione idrica profonda del Tavoliere"

Sulla scorta di una stima indiretta del grado di permeabilità di ciascuna unità della locale serie litostratigrafica, basata sulla osservazione e correlazione di parametri diversi (fessurazione, grado di addensamento, granulometria predominante, cadenti piezometriche, ecc..), le condizioni idrogeologiche delle rocce presenti nel territorio di San Paolo C. risultano quelle schematizzate in Tabella 1.

**TABELLA N°1**

FORMAZIONE	PERMEABILITÀ	LITOLOGIA	FALDA
Alluvioni e depositi marini sabbiosi/ghiaioso-conglomeratici	per porosità intergranulare e interstratale	Sabbioso-limoso sciolta incoerente / parzialmente coerente e ghiaie conglomeratiche	superficiale
Argille grigio azzurre e limi sabbiosi	porosità solo di tipo interstiziale (impermeabili)	sciolta coerente	assente
Basamento Calcareo mesozoico	permeabile per fessurazione e carsismo	lapidea	falda profonda

Il grado di permeabilità risulta variabile localmente, in relazione ai fattori più disparati quali: assortimento granulometrico, incisività di fenomenologie paracarsiche, struttura e diagenesi del deposito. In particolare le

facies delle argille plioceniche grigio azzurre sono da ritenersi dotate di scarsa permeabilità e rappresentano il letto della falda superficiale posizionata in corrispondenza delle formazioni alluvionali e sabbiose sovrastanti.

I calcari sono invece dotati di permeabilità secondaria per fessurazione e carsismo.

In base ai criteri litologici descritti ed alle osservazioni di campagna, i terreni affioranti possono essere così classificati secondo il tipo di permeabilità.

#### ➤ **Terreni permeabili per porosità intergranulare**

A questa categoria sono correlabili le rocce sciolte di natura sabbiosa-limosa inerenti all'area in esame, attribuibili ai "Depositi alluvionali e marini terrazzati".

Tali depositi hanno medie capacità di contenimento e di trasmissione idrica e pertanto svolgono, assieme alla componente calcarenitica dei depositi marini terrazzati, il ruolo idrostrutturale di acquifero superiore, vale a dire contengono una falda superficiale di modesta entità.

**Permeabilità:** Primaria, per porosità, e definita da un Coefficiente di Conducibilità variabile tra  $1,0 \times 10^{-4}$  e  $1,0 \times 10^{-6}$  cm/sec, in funzione delle componenti lenticolari argillose presenti localmente in interstrato.

#### ➤ **Terreni permeabili per porosità intergranulare ed interstratale**

A questa categoria sono correlabili i depositi sciolti di natura calcarenitica sabbiosa e ghiaiosa. La porosità efficace di tali rocce risulta non trascurabile, difatti, sono considerate mediamente permeabili e svolgono il ruolo idrostrutturale di acquifero superficiale, vale a dire, di contenitore della falda superficiale pleistocenica, attribuibile alle unità basali delle "Sabbie e ghiaie di deposizione marina".

**Permeabilità:** Primaria, per porosità, e definita da un Coefficiente di Conducibilità variabile tra  $1,0 \times 10^{-3}$  e  $1,0 \times 10^{-5}$  cm/sec, in funzione delle componenti lenticolari argillose presenti localmente in interstrato.

#### ➤ **Terreni impermeabili**

I terreni riconducibili alla formazione delle Argille grigio azzurre plioceniche, poiché dotate esclusivamente di porosità di tipo interstiziale, hanno grande capacità di contenimento idrico e, al contrario, la trasmissività risulta essere nulla. Sono attribuibili queste caratteristiche idrogeologiche alle unità argillose plioceniche.

Il ruolo idrostrutturale cui assurgono le rocce argillose in oggetto risulta essere quello di acquicludo e di base impermeabile per l'acquifero superiore.

**Permeabilità:** Acquicludo, è definita da un Coefficiente di Conducibilità molto basso  $1,0 \times 10^{-5}$  e  $1,0 \times 10^{-7}$  cm/sec. Risulta comunque essere contenitore di una modesta falda discontinua in corrispondenza di livelli prevalentemente sabbiosi fini, posti a quote prossime ai 300-500 m. dal p.c. rappresentante la cosiddetta Falda

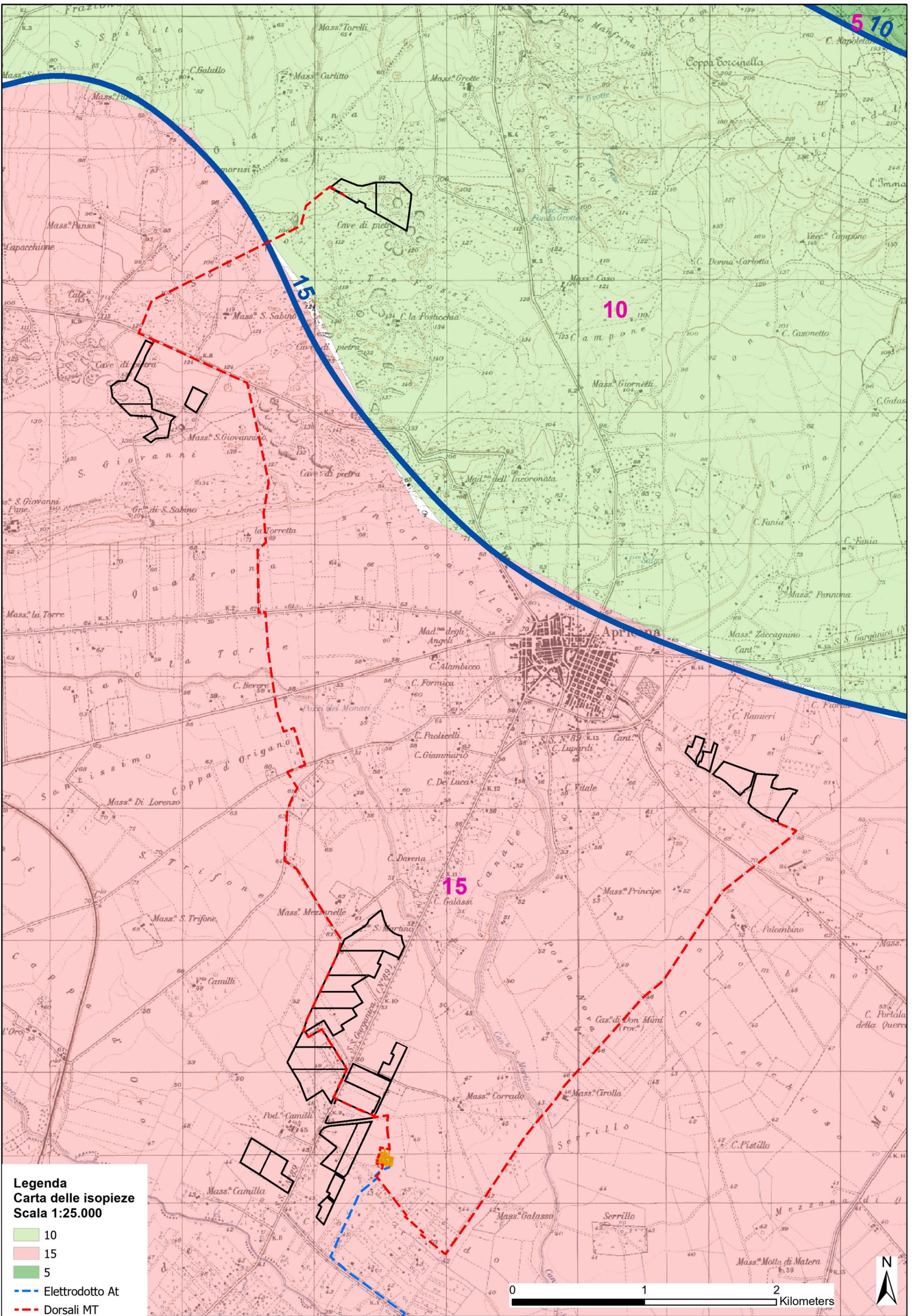
intermedia Pliocenica, rinvenibile esclusivamente ed in maniera discontinua nei territori dell'alto Tavoliere (sud di Torremaggiore, Sud di S. Severo, Nord di Lucera).

➤ **Rocce permeabili per fessurazione e per carsismo**

Sono rappresentati dai calcari del cretaceo. Più che un acquifero vero e proprio sfruttabile, in questa zona dove il basamento carbonatico è posto a quote elevate, rappresentano acque connate legate a bacini di accumulo petrolifero e gassoso. La presenza di fratture, piani di stratificazione, e condotti carsici dovuti all'allargamento di fratture e giunti di strato, costituiscono una rete fessurativa che conferisce all'ammasso roccioso un'elevata permeabilità che varia sia verticalmente che lateralmente al variare del grado di fratturazione e della natura litologica della roccia cretacea (Calcarea e calcareo-dolomitica).

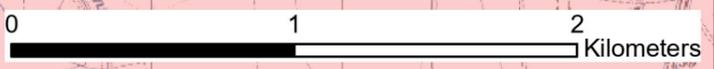
L'elevata capacità di contenimento e di circolazione idrica, e l'elevata porosità efficace, rendono i calcari in oggetto idonei a svolgere il ruolo idrostrutturale di acquifero inferiore, ovvero di contenitore per la falda carsica profonda, direttamente collegate, come bacino di alimentazione, con la circolazione delle acque appartenenti all'Idrostruttura profonda del tavoliere e della fascia pedegarganica.

**Permeabilità:** Primaria, per fessurazione e carsismo, e definita da un Coefficiente di Conducibilità Idraulica variabile tra  $1,0 \times 10^{-6}$  e  $1,0 \times 10^{-2}$  cm/sec, con valori medi dell'ordine di  $1,0 \times 10^{-3}$  cm/sec, in funzione del grado di fratturazione e fessurazione del basamento carbonatico.



**Legenda**  
**Carta delle isopieze**  
**Scala 1:25.000**

- 10
- 15
- 5
- Elettrodotto At
- Dorsali MT



## **5. ANALISI MORFOLOGICA E INDIVIDUAZIONE DEI BACINI SCOLANTI**

Nell'ambito del presente studio idrologico, data la presenza esclusiva di un solo ramo di reticolo interessante i campi fotovoltaici nella Zona Industriale, si è presa in esame esclusivamente l'area sottesa a tale ramo di reticolo secondario, non stante non rientri all'interno delle aree perimetrate PAI a rischio idraulico.

Lo studio è stato eseguito con lo scopo di determinare le portate attribuibili a tale bacino, con l'intento di eseguire un intercetto delle stesse in corrispondenza di una sezione di chiusura posta a monte dell'intero parco fotovoltaico, per eseguirne una regimazione e convogliamento controllato, mediante ripristino di canalizzazione esistente, presso il sistema di drenaggio già realizzato nella cunetta lato nord della SS. 89, che già controlla e drena le acque scolanti da NE e le recapita ad W nel T. Candelaro.

Pertanto già da oggi, il reticolo cartografato, che indica un attraversamento della SS.89 verso il T. Candelaro nel tratto a sud, viene intercettato dalla cunetta della stessa statale e convogliato nel torrente più ad ovest.

L'area oggetto del presente studio riguarda quindi la porzione del territorio comunale di Apricena che, nella nuova carta idrogeomorfologica redatta dall'Autorità di Bacino della Puglia, è caratterizzata dalla presenza di un'asta secondaria del reticolo idrografico "secondario – episodico" che corrono in direzione SW-NE, nella zona a nord-ovest della SS 89 a monte della Z.I.

Lo studio qui condotto si pone l'obiettivo oltre che di individuare i percorsi idraulici di deflusso più aderenti alla realtà dei luoghi, oltre che di individuare i livelli di pericolosità idraulica, valutando quindi l'interazione delle aree di impianto da realizzarsi con lo scolo delle acque sottese.

L'asta di reticolo idrografico oggetto del presente studio, proviene da monte dell'area Z.I., attraversandola trasversalmente, prima di attraversare la SS 89 e proseguire fino al tratto del C.le S. Martino che scorre più a sud.

A seguito di interventi di sistemazione idraulica eseguiti negli anni scorsi, una decina di anni orsono, in corrispondenza del lato nord della SS 89 è stata realizzata una cunetta di raccolta e convogliamento, in cls a sezione rettangolare, che intercetta tutte le acque provenienti da monte, deviandole verso il T. Candelaro che scorre più ad ovest, escludendo da attività propria quindi tutto il tratto di valle a partire dall'intersezione con la SS 89.

Dall'analisi dell'orografia superficiale dei percorsi idraulici, effettuata con l'ausilio di software GIS di ultima generazione, si può osservare come l'intera area risulta essere ubicata in corrispondenza di un ripiano morfologico che parte dalle pendici dell'Horst carbonatico, leggermente inclinato in direzione sud-est, direzione generale di deflusso del sistema scolante dell'area di bacino del C.le S. Martino.

Il reticolo che interessa l'area di progetto è rappresentato dalla parte superiore di un ramo secondario di tale canale, di estensione areale limitata, con estensione complessiva del bacino alla sezione di chiusura di calcolo di poco superiore ai 0,9 km<sup>2</sup>, che è parte dell'intero bacino di ramo che rappresenta una superficie di circa 4,32 km<sup>2</sup>.

Le valutazioni idrauliche del presente studio vengono condotte simulando la propagazione delle piene con riferimento ad un domino di calcolo bidimensionale partendo da una fascia sufficientemente idonea a valle dell'insediamento di progetto, sezione di chiusura coincidente con intercetto e canalizzazione.

## **6. ANALISI IDROLOGICA**

L'area di progetto è attraversata trasversalmente (NW-SE) da un unico tratto del reticolo secondario su cui si è proceduto ad eseguire una verifica idrologica ed idraulica al fine di definirne le aree di possibile espansione alluvionale su tempi di ritorno pari a 30-200-500 anni.

Si è principalmente proceduto a definire l'area d'influenza idraulica sottesa, definendo i parametri fisiografici ed idrologici da assegnare ad ognuno di essi, arrivando a definire le portate al colmo transitanti nel tratto di impluvio sottoposto ad analisi, per tempi di ritorno di 30-200-500 anni.

Si sono quindi determinate le aree di espansione laterale al corso d'acqua escludendole dalle aree di progetto dell'impianto.

Per la determinazione delle altezze di pioggia si è fatto riferimento alle serie storiche della vicina stazione pluviometrica regionale di Serracapriola, analizzando ed elaborando le serie disponibili orarie per 1-3-6-12-24 ore, con un numero di osservazioni della serie pari a 51.

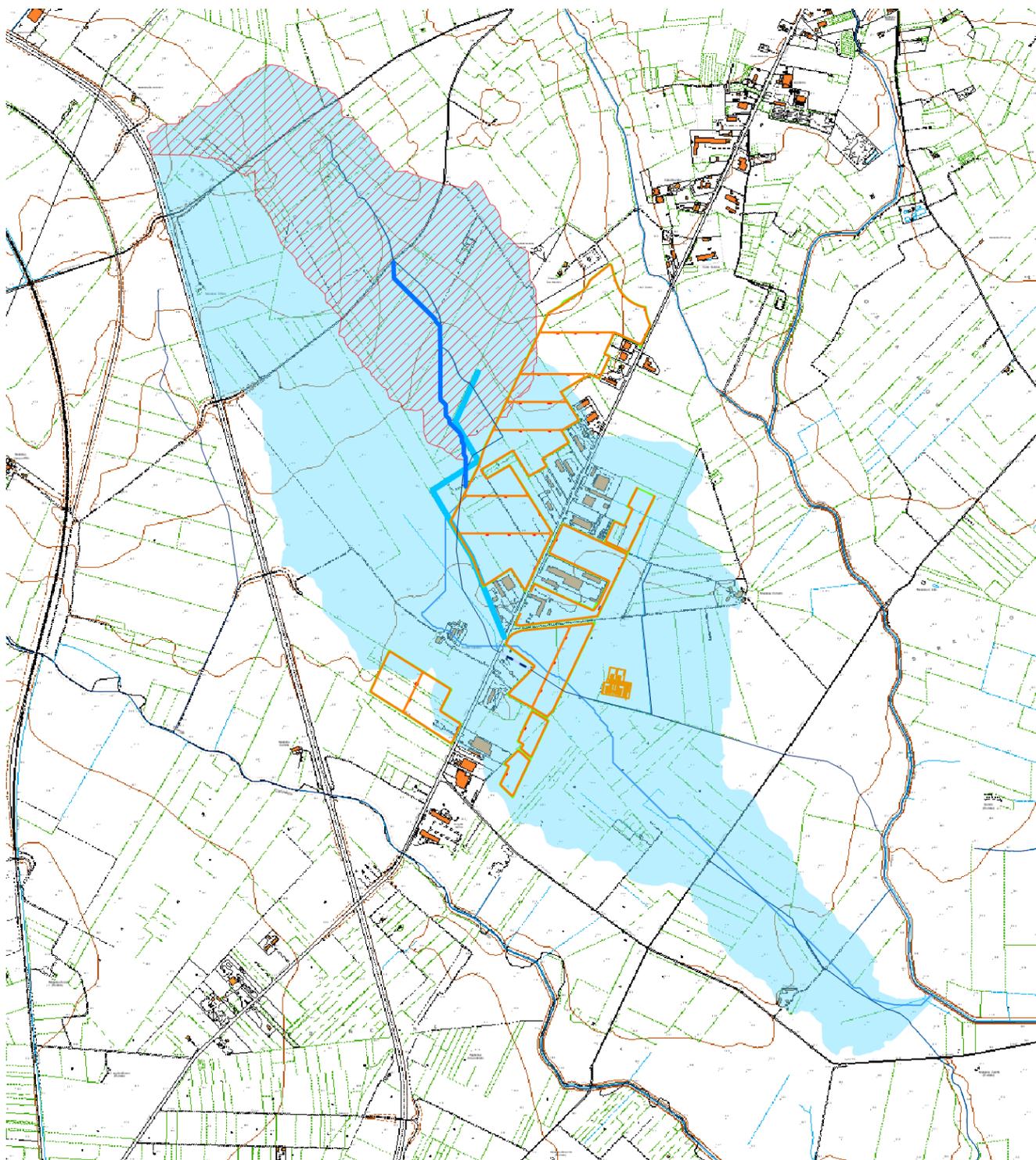
Per la elaborazione statistica dei dati pluviometrici è stato utilizzato il modello TCEV, con cui si analizzano sia stime puntuali che stime regionali (Puglia) come definite dai rapporti VAPI, determinando la curva di probabilità pluviometrica, una volta fissato il periodo di ritorno, e la pioggia di progetto per quel determinato tempo di ritorno.

Si è proceduto poi ad eseguire la trasformazione degli afflussi-deflussi, sui bacini naturali, mediante il modello idrologico SCS-CN, proposto dal Soil Conservation Service, in grado di simulare il deflusso superficiale in corrispondenza di una assegnata precipitazione.

Per ciò che riguarda la trasformazione afflussi-deflussi, il processo è affrontato scomponendolo nelle due fasi riguardanti la determinazione delle piogge nette e la trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali.

La trasformazione afflussi-deflussi e calcolo dell'idrogramma permette di determinare la portata massima del tempo di picco, la durata totale dell'evento dei volumi affluiti e defluiti, del coefficiente di efflusso e del coefficiente udometrico.

Le piogge nette sono calcolate con il metodo del Curve Number (CN), proposto dall'SCS, in funzione dell'indice CN compreso tra 0 e 100 (= 75 assegnato), funzione del tipo di terreno, dell'utilizzazione del suolo e delle condizioni antecedenti di umidità.



## 7. DEFINIZIONE DEI BACINI (DATI FISIOGRAFICI)

Gli impluvi presenti sull'area di progetto risultano essere n° 01 (AM 1), si procederà all'intercetto delle acque scolanti del reticolo naturale in prossimità del vertice occidentale alto dell'area campi produttivi convogliando le acque intercettata con un canaletto che correrà lungo il margine esterno dei campi fotovoltaici, fino a convergere nell'ultimo tratto, in prossimità della SS89, in una canalizzazione (già esistente) che corre lungo la Strada Statale in cunetta verso l'impluvio posto a SW.

Per la definizione dei parametri idrologici da applicare nella verifica idraulica si è proceduto ad eseguire l'analisi idrologica del bacini determinando la sua estensione, quote e pendenza minime, massime, medie, lunghezza del tratto idraulico principale sotteso, determinazione della loro sua forma, ponendo la sezione di chiusura (Intercetto) al vertice superiore dei campi fotovoltaici, dove, tramite canalizzazione a cielo aperto, si procederà al drenaggio delle acque intercettate e convogliamento presso la cunetta posta lungo il margine settentrionale della SS89 che già convoglia le acque più a SW nella linea di drenaggio naturale esistente più a SW.

L'analisi morfologica è stata eseguita utilizzando come base il DTM della CTR risoluzione 8x8 m, con ricampionamento dei dati portando la risoluzione a 2x2 m.

Dall'analisi morfologica si sono desunti i parametri morfometrici del bacino per la determinazione delle portate da assegnare nell'analisi idraulica.

Per l'analisi idrologica è stato applicato il modello a doppia componente (TCEV II Liv.) con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni,

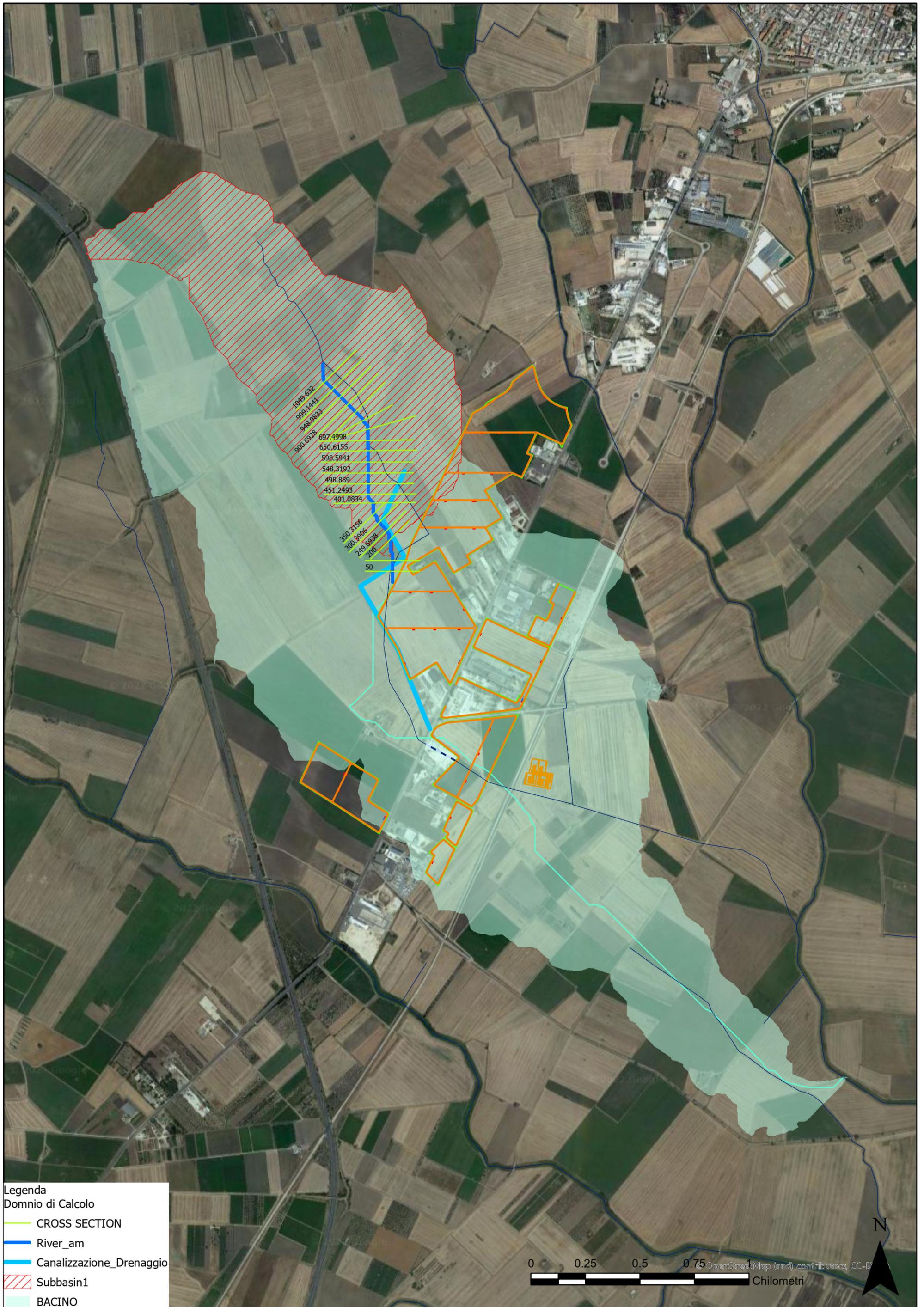
Per il modello TCEV, il software specifico "Runoff Lab" rende disponibili sia stime puntuali che stime regionali e miste con i diversi livelli di regionalizzazione definiti per questa distribuzione. I parametri regionali sono preinseriti per le diverse zone del territorio italiano come definite dai rapporti VAPI.

Lo stesso software ha permesso di eseguire l'interpretazione probabilistica delle serie pluviometriche riferite alla stazione pluviometrica di Lesina, il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica, la definizione di pluviogrammi sintetici, la trasformazione afflussi-deflussi, arrivando a determinare le portate di picco alla sezione di chiusura del bacino.

Si riportano di seguito i parametri morfometrici utilizzati per lo sviluppo delle metodologie di calcolo sopra citate, seguono poi i report delle analisi idrologiche eseguite.

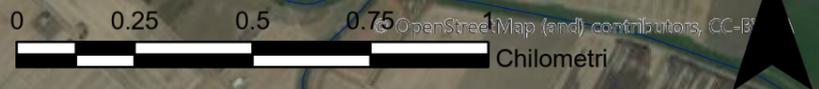
- Portate al colmo

Bacino	Q (TR) 30 mc/s	Q (TR 200) mc/s	Q (TR 500) mc/s
AM1	7.0	11.6	14.2



Legenda  
Domnio di Calcolo

- CROSS SECTION
- River\_am
- Canalizzazione\_Drenaggio
- Subbasin1
- BACINO



- BACINO (AM 1)

- RIEPILOGO DATI IDROLOGICI

PARAMETRI FISIOGRAFICI DI UN BACINO IDROGRAFICO (B1)				
PARAMETRI		UNITA' DI MISURA	Bacino Idrografico	
Parametri di forma del bacino	Area totale del Bacino	km2	0,938	
	Perimetro del Bacino	km	6,324	
	Lunghezza del Canale Principale	km	1,850	
	Centroide	Est X	m	534382,41
		Nord Y	m	4624174,40
	Larghezza media del bacino	km	0,62	
	Coefficiente di compattezza	-	1,84	
	Fattore di forma	-	0,2741	
Raggio di Circolarità	km	0,2947		

$$A_P = \frac{A}{L}$$

$$R_c = \frac{4\pi A}{P^2}$$

$A_P = \frac{A}{L}$   
A = Area del bacino in km<sup>2</sup>  
 L = Lunghezza del canale principale in km

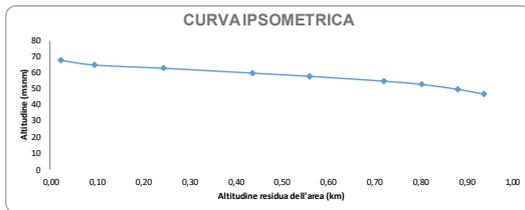
$R_c = \frac{4\pi A}{P^2}$   
A = Area del bacino in km<sup>2</sup>  
 P = Perimetro del bacino in km

CURVA CARATTERISTICA DI UN BACINO (AMI)  
 QUADRO DELL'AREA TRA CURVE DI LIVELLO

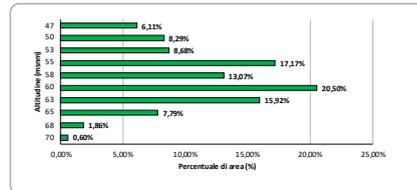
N°	QUOTA (mslm)			Area (km <sup>2</sup> )			Percentuale di superficie tra C.N.	Percentuale di superficie su C.N.	Ci*Ai
	Minima	Massima	Media "Ci"	Area Parziale (km <sup>2</sup> ) "Ai"	Area Cumulata (km <sup>2</sup> )	Area rimasta in superficie (km <sup>2</sup> )			
1	47	49	48,0	0,05736	0,06	0,94	6,11%	100,0	2,75
2	50	52	51,0	0,07792	0,14	0,88	8,29%	93,9	3,97
3	53	54	53,5	0,081436	0,22	0,80	8,68%	85,6	4,36
4	55	57	56,0	0,16114	0,38	0,72	17,17%	76,9	9,02
5	58	59	58,5	0,122656	0,50	0,56	13,07%	59,7	7,18
6	60	62	61,0	0,192388	0,69	0,44	20,50%	46,7	11,74
7	63	64	63,5	0,149412	0,84	0,25	15,92%	26,2	9,49
8	65	67	66,0	0,073076	0,92	0,10	7,79%	10,2	4,82
9	68	69	68,5	0,01744	0,93	0,02	1,86%	2,5	1,19
10	70	72	71,0	0,005588	0,94	0,01	0,60%	0,6	0,40
				<b>0,9383</b>			<b>100%</b>		<b>54,91</b>

ALTITUDINE MEDIA DEL BACINO **58,54** m.s.l.m

Curva Ipsometrica:



Poligono di frequenza delle altitudini:



PARAMETRI RETE IDROGRAFICA DEL BACINO (B1)				
PARAMETRI		UNITA' DI MISURA	Bacino idrografico	
Parametri della rete idrografica del bacino	Tipo di corrente	-	intermittente	
	Numero d'ordine Rami	Ordine 1	-	1
		Ordine 2	-	-
		Ordine 3	-	-
		Ordine 4	-	-
		Ordine 5	-	-
		Ordine 6	-	-
	N° Totale di rami	-	-	1
	Grado di ramificazione	-	-	1
	Frequenza di densità del fiume (Dr)	rio/km <sup>2</sup>	1,0661	
	Elevazione del canale principale	Altitudine max (Hmax)	mslm	96
		Altitudine min (Hmin)	mslm	26
		Pendenza media del fiume principale (Sm)	m/m	0,038
	Altezza media del fiume principale (H)	mslm	35	
	Tempo di concentrazione (Tc)	ore	0,3759	

$$D_r = \frac{N^{\circ} \text{ rios}}{A}$$

Donde:  
 N° rios = Número de rios de la cuenca.  
 A = Área de la cuenca (km<sup>2</sup>).  
 ~ m. 1000 X L

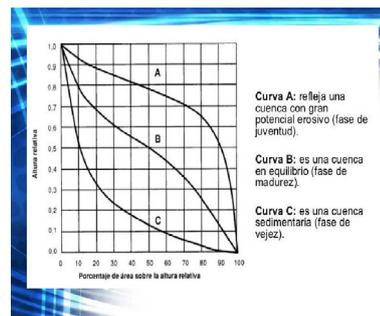
Donde:  
 Sm = Pendenza media del canale principal (m/m).  
 L = Longitud del curso principal (km).  
 H<sub>max</sub>, H<sub>min</sub> = Altura máxima y mínima del lecho del río principal, referidos al nivel medio de las aguas del mar (msnm).

$$H = \frac{H_{max} + H_{min}}{2}$$

Donde:  
 H<sub>max</sub> = Altura máxima del lecho del río principal (msnm).  
 H<sub>min</sub> = Altura mínima del lecho del río principal (msnm).

$$T_c = 0,0195 \frac{L^{0,77}}{S^{0,388}}$$

Donde:  
 Tc = Tiempo de concentración (min).  
 L = Longitud del curso principal (m).  
 S = Pendenza media del curso principal (m/m).



Curva A: relieja una cuenca con gran potencial erosivo (fase de juventud).  
 Curva B: es una cuenca en equilibrio (fase de madurez).  
 Curva C: es una cuenca sedimentaria (fase de vejez).

## 8. CALCOLO DIMENSIONAMENTO CANALETTO DI INTERCETTO E CONVOGLIAMENTO

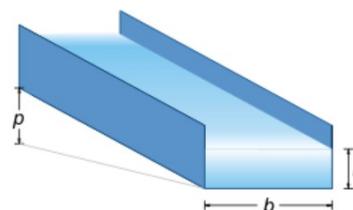
In base ai valori di portata al colmo determinati, il canaletto di intercetto e convogliamento dovrà essere dimensionato per sopperire al flusso di un volume di acque pari a quello determinato per un Tempo di Ritorno di 200 anni, per cui dovrà sopportare un volume di flusso pari a 11.6 mc/s (Tr 200).

In base a tale volume il canaletto, realizzato in cemento liscio, a sezione rettangolare, dovrà possedere una luce interna pari a 1.5 m (b) x 1.3 m (H), lasciando un franco di 0.2 m dal pelo libero delle acque scolanti (h=1.1 m).

### Dati di calcolo

b  m = Larghezza del canale  
h  m = Spessore del battente d'acqua  
p  m/m = Pendenza  
c  = Scabrezza

Q  m<sup>3</sup>/s = Portata del canale



Scabrezza relativa all'alveo:

- 0.05 Plastica con giunti ben raccordati
- 0.10 Cemento liscio o metallico
- 0.15 Cemento grossolano, muratura regolare
- 0.30 Cemento con ciottoli di fiume infissi
- 0.35 Cemento degradato, muratura grezza

**ALLEGATO  
REPORT IDROGRAMMI**

## Rapporto sulla stazione di misura:

<b>Stazione di misura LESINA</b>
----------------------------------

**Dati Stazione**

**Codice:** 16057  
**Bacino:** APRICENA AM1  
**Comune:** LESINA  
**Quota:** 5.0 m s.l.m.  
**Latitudine:** 41,8630555555556  
**Longtudine:** 15,3538888888889

**Dati Serie**

**Serie presenti:** 5  
**Durate presenti:** 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore  
**Minima dimensione serie:** 60  
**Massima dimensione serie:** 63

<b>Serie n. 1</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 1 ORA
<b>Durata</b>	1 ora
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 2</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 3 ORE
<b>Durata</b>	3 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 3</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 6 ORE
<b>Durata</b>	6 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 4</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 12 ORE
<b>Durata</b>	12 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 5</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 24 ORE
<b>Durata</b>	24 ore
<b>Descrizione</b>	

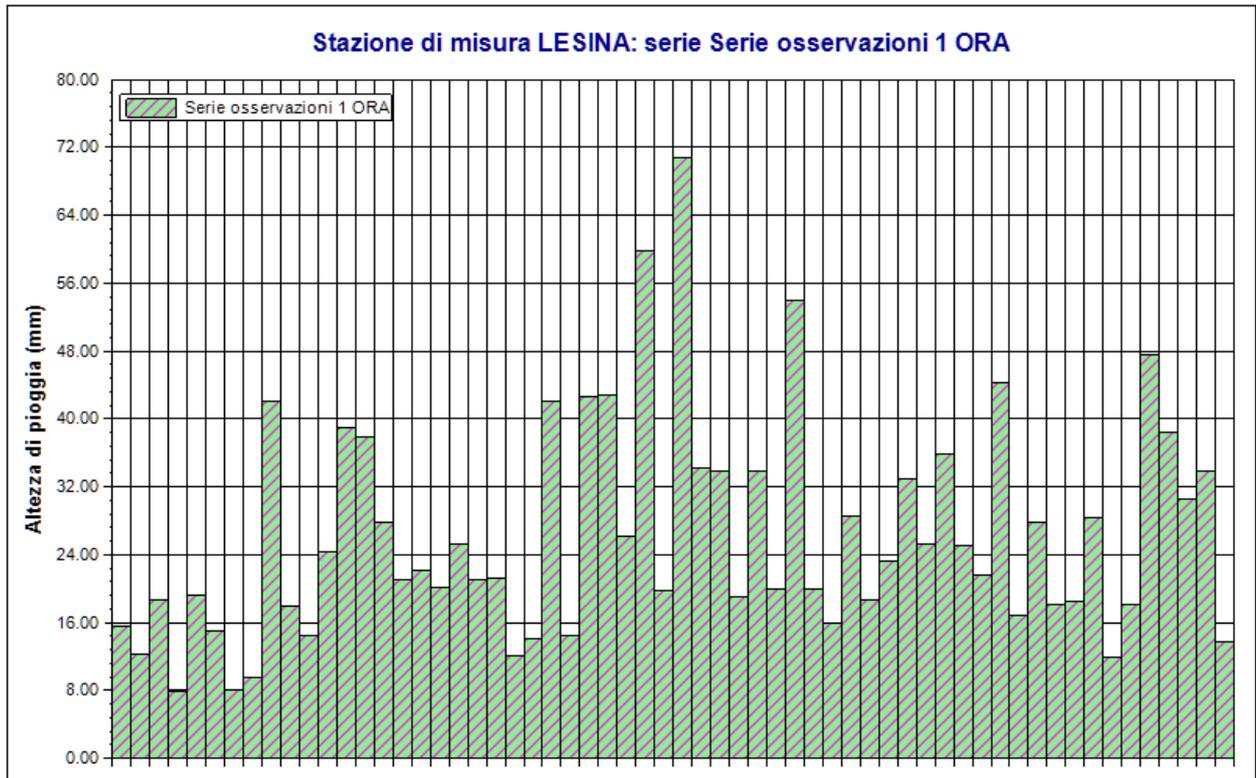
**Serie osservazioni**

n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1	15.6	18.2	33.8	56.4	80.6
2	12.2	22.4	31.8	44.2	46.0
3	18.6	23.2	31.0	41.2	46.6
4	7.8	17.8	29.8	36.0	38.0
5	19.2	23.6	41.6	53.4	54.6
6	15.0	21.4	26.6	48.8	75.8
7	8.0	13.2	23.2	32.0	35.0
8	9.6	15.2	24.2	36.2	39.2
9	42.0	51.6	51.6	53.4	53.6
10	18.0	46.0	50.6	55.8	59.8
11	14.4	18.0	20.0	25.4	28.6
12	24.4	33.4	41.2	53.8	60.6
13	39.0	41.2	51.6	65.0	76.8
14	37.8	46.2	50.2	64.8	66.0
15	27.8	41.6	45.2	57.2	63.0
16	21.0	26.6	28.6	35.6	47.5
17	22.2	34.6	35.6	40.8	55.0
18	20.2	20.2	24.8	33.0	42.6
19	25.2	25.6	35.0	47.8	62.8
20	21.0	40.0	60.0	67.6	68.0
21	21.2	24.4	31.2	41.4	60.5
22	12.0	22.4	30.6	36.8	39.8
23	14.0	18.4	19.4	25.4	29.6
24	42.0	53.4	55.0	73.0	73.6
25	14.4	20.6	23.2	30.0	34.0
26	42.6	78.0	79.2	79.6	88.6
27	42.8	43.6	69.8	78.6	110.0
28	26.2	40.0	51.0	51.2	51.2
29	59.8	83.0	96.4	102.4	102.4
30	19.8	22.4	30.4	33.0	56.6
31	70.8	101.4	105.2	31.2	38.6
32	34.2	49.0	82.4	107.4	108.0
33	33.8	43.0	51.0	104.2	108.0
34	19.0	24.2	30.6	52.8	58.0

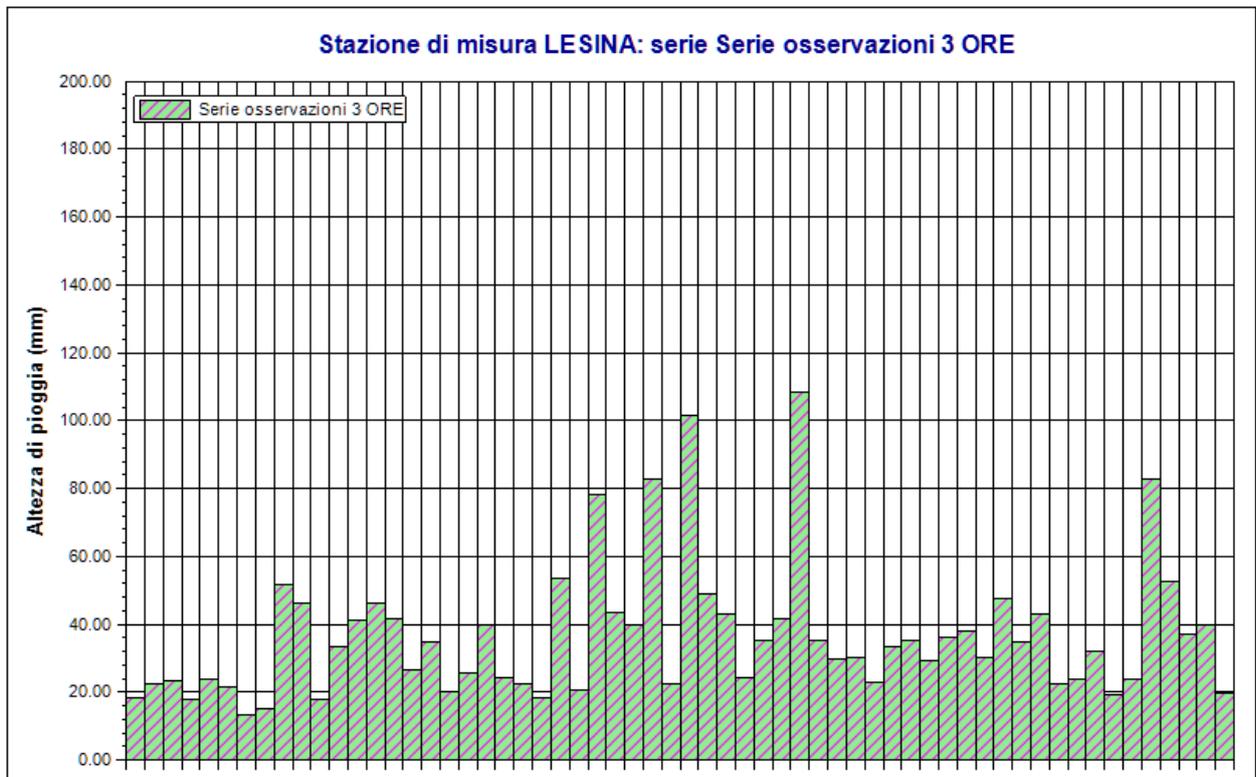
n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
35	33.8	35.2	54.6	36.4	46.8
36	20.0	41.8	45.8	54.6	54.6
37	54.0	108.2	112.2	46.0	46.0
38	20.0	35.2	36.0	112.2	121.6
39	16.0	29.6	37.6	36.0	37.0
40	28.6	30.0	41.0	55.0	77.4
41	18.6	23.0	31.4	59.8	62.4
42	23.2	33.6	40.4	38.6	48.8
43	33.0	35.4	35.4	47.2	65.4
44	25.2	29.4	38.0	45.4	54.2
45	35.8	36.0	37.0	38.4	48.2
46	25.0	37.8	50.4	42.6	61.2
47	21.6	30.4	42.0	60.8	66.0
48	44.2	47.6	28.2	42.6	42.6
49	16.8	34.8	48.4	36.6	42.2
50	27.8	43.0	43.2	52.0	76.2
51	18.2	22.6	59.8	62.8	64.4
52	18.4	24.0	27.4	62.6	67.2
53	28.4	31.8	26.9	28.4	78.2
54	11.8	19.0	34.4	30.4	39.6
55	18.2	23.6	22.4	42.0	33.0
56	47.6	83.0	27.2	29.2	56.0
57	38.4	52.8	88.6	40.0	30.6
58	30.6	37.2	55.8	98.8	56.2
59	33.8	39.6	38.4	76.0	106.6
60	13.8	19.8	64.4	42.4	94.2
61	-	-	23.8	67.0	61.8
62	-	-	-	34.8	72.2
63	-	-	-	-	45.2

### Dati Statistici

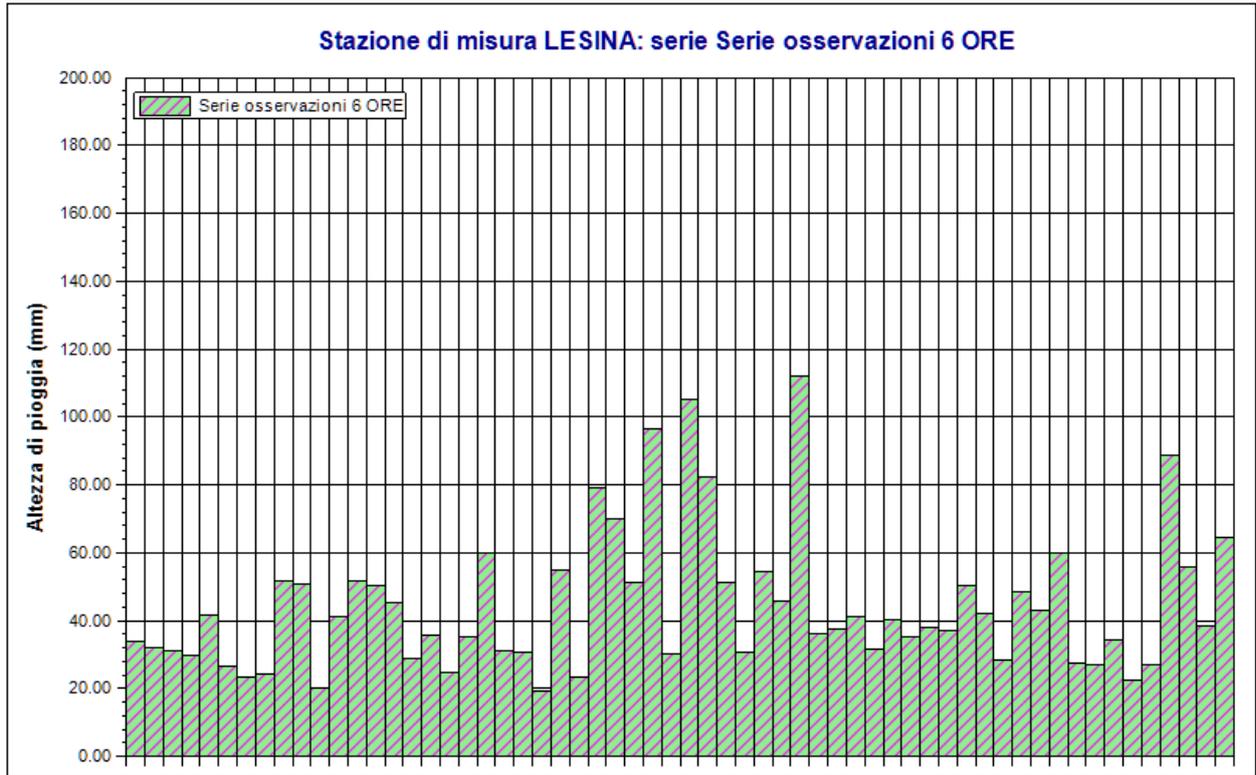
Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	60	60	61	62	63
Somma dei dati	1574.4	2188.2	2682.5	3214.0	3814.8
Valore minimo	7.8	13.2	19.4	25.4	28.6
Valore massimo	70.8	108.2	112.2	112.2	121.6
Valore medio	26.24	36.47	43.98	51.84	60.55
Dev. standard	12.95	19.72	20.64	20.78	21.78
Coeff. variazione	0.494	0.541	0.469	0.401	0.360
Coeff. asimmetria	1.178	1.913	1.550	1.303	0.933



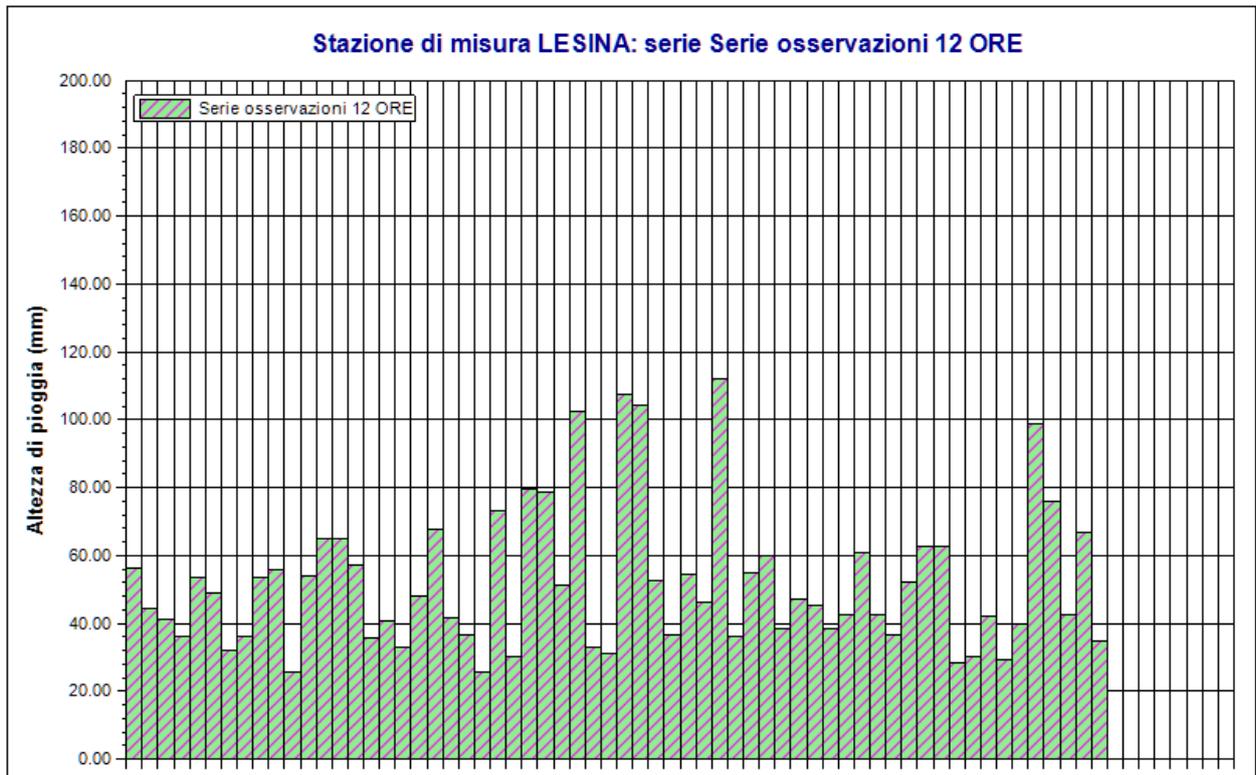
Stazione di misura LESINA. Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora



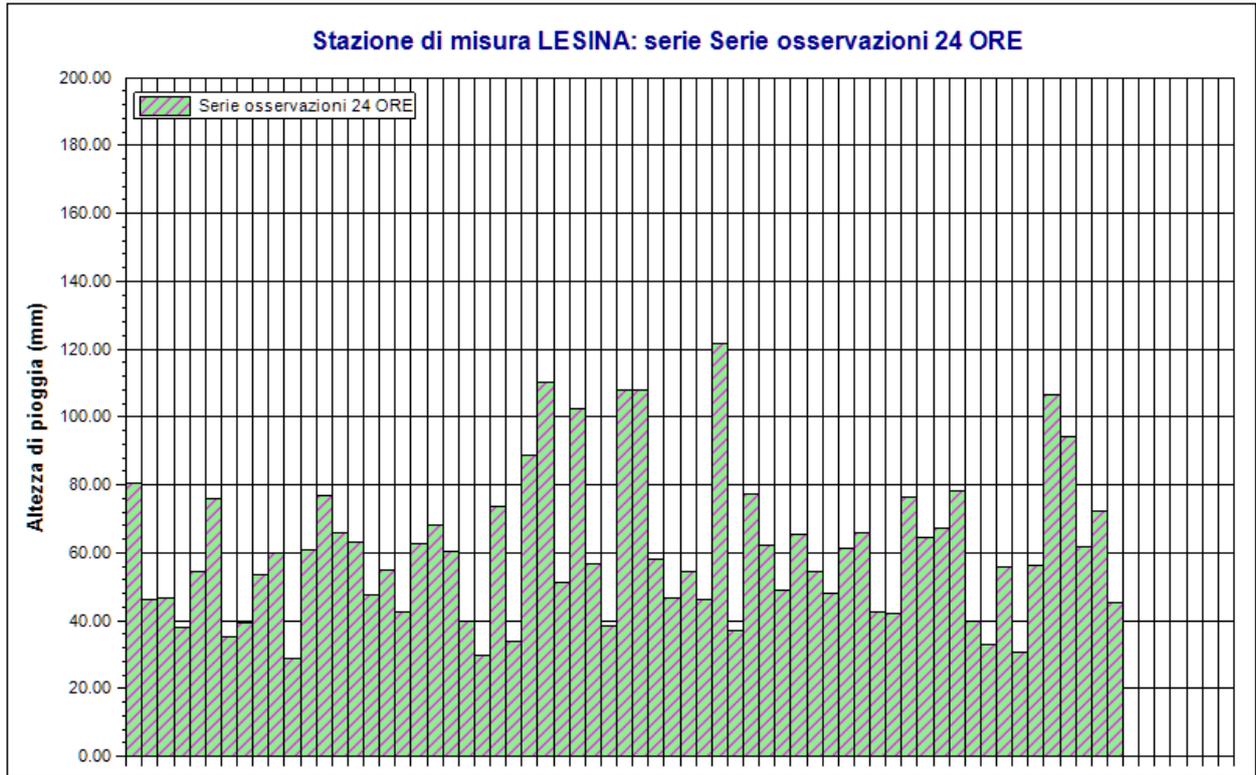
Stazione di misura LESINA. Serie osservazioni 3 ORE. Durata 3 ore



Stazione di misura LESINA. Serie osservazioni 6 ORE. Durata 6 ore



Stazione di misura LESINA. Serie osservazioni 12 ORE. Durata 12 ore



Stazione di misura LESINA. Serie osservazioni 24 ORE. Durata 24 ore

## Rapporto sull'elaborazione probabilistica:

**Elaborazione TCEV secondo livello 30 ANNI AM1****Modello TCEV (Two Components Extreme Value)**

La stima  $x_T$  del valore assunto da una grandezza idrologica in corrispondenza di un assegnato periodo di ritorno si effettua sulla base della serie campionaria della variabile  $x$  nel punto di interesse, se disponibile, oppure utilizzando l'informazione fornita dalle serie storiche disponibili nella regione in cui si trova il punto di interesse.

Nel primo caso si ha una stima *puntuale*, nel secondo caso una stima *regionale*. Nel caso si combinino l'informazione puntuale e quella regionale si giungerà ad una stima *mista*.

L'insieme delle operazioni che conducono ad una stima di  $x_T$  si definisce stimatore e si costruisce utilizzando un modello probabilistico ad uno o più parametri. La stima di questi ultimi si effettua in base ai dati storici puntuali e/o regionali.

Il modello probabilistico adottato per l'analisi dei valori estremi delle precipitazioni è il modello a doppia componente denominato TCEV (two components extreme value). Tale modello è in grado di riprodurre i principali caratteri statistici delle serie storiche delle piogge.

Il modello a doppia componente TCEV ipotizza che i valori estremi di una grandezza idrologica (portata, pioggia) facciano parte di due differenti popolazioni legate a differenti fenomeni meteorologici.

Alla base di questa ipotesi c'è il fatto che molte serie di massimi annuali presentano uno o più valori nettamente maggiori degli altri e tali da sembrare non provenienti dalla stessa popolazione degli altri dati.

L'espressione della CDF della distribuzione TCEV è data da:

$$F_x(x) = \exp \left[ -\Lambda_1 \exp \left( -\frac{x}{g_1} \right) - \Lambda_2 \exp \left( -\frac{x}{g_2} \right) \right]; \quad x \geq 0$$

Nell'espressione precedente si sono indicati con il pedice 1 i parametri riguardanti la *componente base* e con il pedice 2 i parametri relativi alla *componente straordinaria*.

I parametri  $\Lambda_1$  e  $\Lambda_2$  rappresentano il numero medio annuo di eventi indipendenti delle due componenti, mentre  $g_1$  e  $g_2$  esprimono il loro valore medio annuo.

La distribuzione TCEV equivale al prodotto di due distribuzioni di Gumbel, con la quale viene a coincidere se si pone  $\Lambda_2=0$ .

Riferendosi alla variabile standardizzata:

$$y = \frac{x}{g_1} - \ln \Lambda_1$$

si ha che la CDF di  $y$  è data da:

$$F_y(y) = \exp \left[ - \exp(-y) - \Lambda_* \exp \left( - \frac{y}{\mathcal{G}_*} \right) \right]$$

avendo posto:

$$\mathcal{G}_* = \frac{\mathcal{G}_2}{\mathcal{G}_1} \quad \text{e} \quad \Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\mathcal{G}_*}}$$

La media della distribuzione TCEV è data dall'espressione:

$$\mu = \mathcal{G}_1 (\ln \Lambda_1 + \gamma_e) - \mathcal{G}_1 \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda_*^j}{j!} \Gamma \left( \frac{j}{\mathcal{G}_*} \right)$$

con  $\gamma_e=0,5772$ , costante di Eulero. Con il simbolo  $\Gamma$  si è indicata la funzione gamma:

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} x^{t-1} e^{-t} dx$$

Il coefficiente di variazione teorico dipende da  $\Lambda_1$ ,  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  ed è quindi indipendente da  $\mathcal{G}_1$ .

Il coefficiente di asimmetria teorico dipende da  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  ed è quindi indipendente da  $\Lambda_1$  e  $\mathcal{G}_1$ .

### **Modelli regionali**

Il modello TCEV consente di costruire un modello regionale articolato in una struttura gerarchica.

Infatti si può assumere che esistano delle regioni in cui è costante il solo coefficiente di asimmetria e quindi siano costanti i parametri  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  e delle sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante pure il coefficiente di variazione e, quindi, il parametro  $\Lambda_1$ .

Più precisamente esiste un primo livello di regionalizzazione che consiste nell'individuare zone omogenee (zo) nelle quali si può assumere che il coefficiente di asimmetria teorico delle serie dei massimi annuali sia costante. I parametri  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  possono essere stimati utilizzando tutte le serie storiche disponibili nella zona, riducendo in modo consistente l'incertezza della stima.

Al secondo livello di regionalizzazione si individuano delle sottozone omogenee (szo), con estensione minore rispetto alle precedenti, nelle quali oltre al coefficiente di asimmetria risulta costante anche il coefficiente di variazione. In una sottozona risultano quindi costanti i tre parametri  $\Lambda^*$ ,  $\mathcal{G}^*$  e  $\Lambda_1$ .  $\Lambda_1$  può quindi essere stimato in base a tutte le serie storiche ricadenti nella sottozona.

In una sottozona rimane costante la CDF di  $x/\mu$ . Infatti dall'espressione della CDF della TCEV, introducendo i parametri  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  si ha:

$$F_x(x) = \exp \left[ - \Lambda_1 \exp \left( - \frac{x}{\mathcal{G}_1} \right) - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\mathcal{G}_*} \exp \left( - \frac{x}{\mathcal{G}_1 \mathcal{G}_*} \right) \right]$$

poiché si può scrivere:

$$\frac{x}{\mathcal{G}_1} = \frac{x}{\mu} \cdot \frac{\mu}{\mathcal{G}_1}$$

e cioè:

$$\frac{x}{\mathcal{G}_1} = x' \cdot \eta$$

avendo posto (variabile indice):

$$x' = \frac{x}{\mu}$$

e

$$\eta = \frac{\mu}{\mathcal{G}_1} = \ln \Lambda_1 + \gamma_\varepsilon - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda_*^j}{j!} \Gamma\left(\frac{j}{\mathcal{G}_*}\right) = f(\Lambda_1, \Lambda_*, \mathcal{G}_*)$$

si ottiene

$$F_{x'}(x') = \exp\left[-\Lambda_1 \exp(-\eta x') - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\mathcal{G}_*} \exp\left(-\frac{\eta x'}{\mathcal{G}_*}\right)\right]$$

Alla precedente espressione si dà il nome di **curva di crescita**.

Al terzo livello di regionalizzazione si individuano all'interno della sottozona omogenea le relazioni che intercorrono tra  $x_m$  e le caratteristiche fisiche o climatiche dei bacini.

In definitiva la stima  $x_T$  di una grandezza idrologica ad un prefissato tempo di ritorno può essere effettuata, in base al modello TCEV, in quattro modi diversi:

a) Al livello di regionalizzazione zero, in cui tutti i parametri del modello sono stimati dalla singola serie:

$$x_T = f(T; \mathcal{G}_1; \Lambda_1; \mathcal{G}_*; \Lambda_*)$$

b) Al livello di regionalizzazione uno, in cui i parametri  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  sono stimati a livello regionale e  $\Lambda_1$  e  $\mathcal{G}_1$  dalla singola serie:

$$x_T = f(T; \mathcal{G}_1; \Lambda_1; \mathcal{G}_*^R; \Lambda_*^R)$$

c) Al livello di regionalizzazione due, in cui i parametri  $\Lambda^*$ ,  $\mathcal{G}^*$  e  $\Lambda_1$  sono stimati a livello regionale e  $\mathcal{G}_1$  dalla singola serie:

$$x_T = f(T; \mathcal{G}_1; \Lambda_1^R; \mathcal{G}_*^R; \Lambda_*^R)$$

d) Al livello di regionalizzazione tre, in cui tutti i parametri sono stimati con tecniche di analisi regionale:

$$x_T = f(T; \mathcal{G}_1^R; \Lambda_1^R; \mathcal{G}_*^R; \Lambda_*^R)$$

## Dati Elaborazione

**Stazione di misura:** Stazione di misura LESINA

**Distribuzione probabilistica:** TCEV secondo livello

**Metodo di stima dei parametri:** Massima verosimiglianza

**Elaborazioni presenti:** 5 (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore)

**Elaborazioni valide:** 5 (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore)

### Stima parametri

Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	60	60	61	62	63
Valore medio	26.24	36.47	43.98	51.84	60.55
Dev. standard	12.95	19.72	20.64	20.78	21.78
<b>Parametri regionali</b>					
Descrizione	Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica	Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica	Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica	Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica	Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica
Lambda*	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200
Teta*	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200
Lambda 1	45.00000	45.00000	45.00000	45.00000	45.00000
<b>Parametri stimati</b>					
Teta 1	4.11958	5.86031	7.35530	9.03933	10.70181
Lambda 2	3.89506	3.89506	3.89506	3.89506	3.89506
Teta 2	9.68924	13.78344	17.29967	21.26051	25.17065

### Espressioni delle CDF della distribuzione

TCEV secondo livello: Serie osservazioni 1 ORA	$F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{4,120} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{9,689} \right) \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 3 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{5,860} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{13,783} \right) \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 6 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{7,355} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{17,300} \right) \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 12 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{9,039} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{21,261} \right) \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 24 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{10,702} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{25,171} \right) \right]$

## Espressioni delle Curve di crescita

TCEV secondo livello: Serie osservazioni 1 ORA	$F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 3 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 6 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 12 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 24 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$

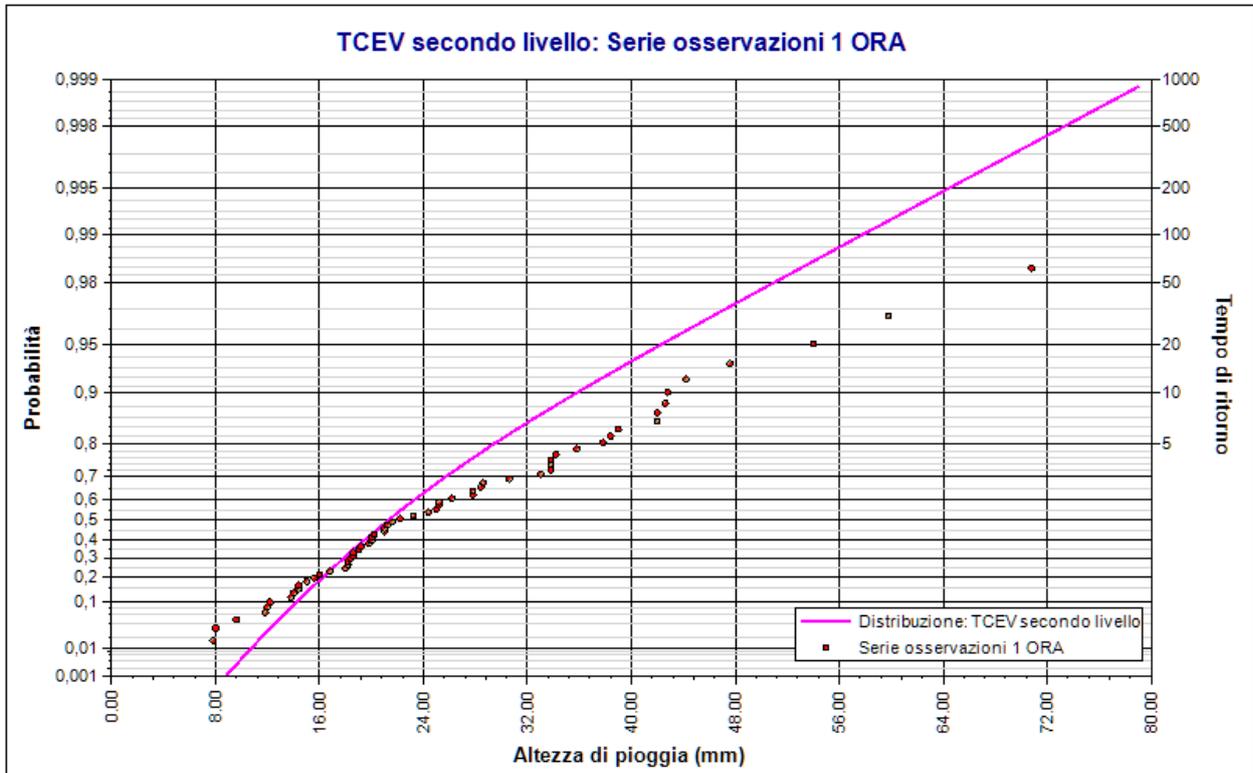
## Frattili distribuzioni probabilistiche

Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	21.25	30.23	37.94	46.63	55.21
5 anni	29.40	41.82	52.49	64.51	76.38
10 anni	35.72	50.81	63.77	78.37	92.78
20 anni	42.26	60.11	75.45	92.72	109.77
50 anni	51.07	72.65	91.18	112.06	132.67
100 anni	57.78	82.20	103.17	126.79	150.10
200 anni	64.50	91.76	115.16	141.53	167.56
500 anni	73.38	104.39	131.02	161.02	190.64
1000 anni	80.10	113.95	143.02	175.76	208.09

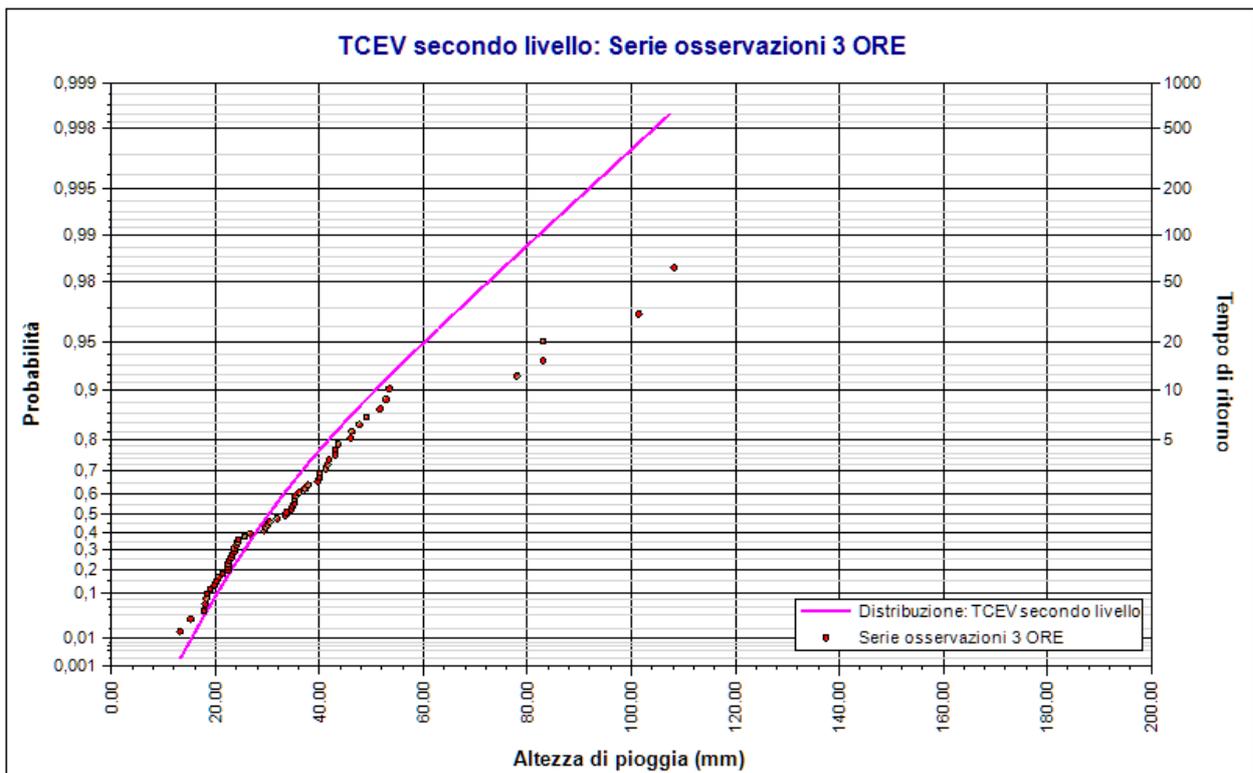
## Fattori di crescita

Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
5 anni	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
10 anni	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52
20 anni	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79
50 anni	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17
100 anni	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45
200 anni	2.74	2.74	2.74	2.74	2.74
500 anni	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11

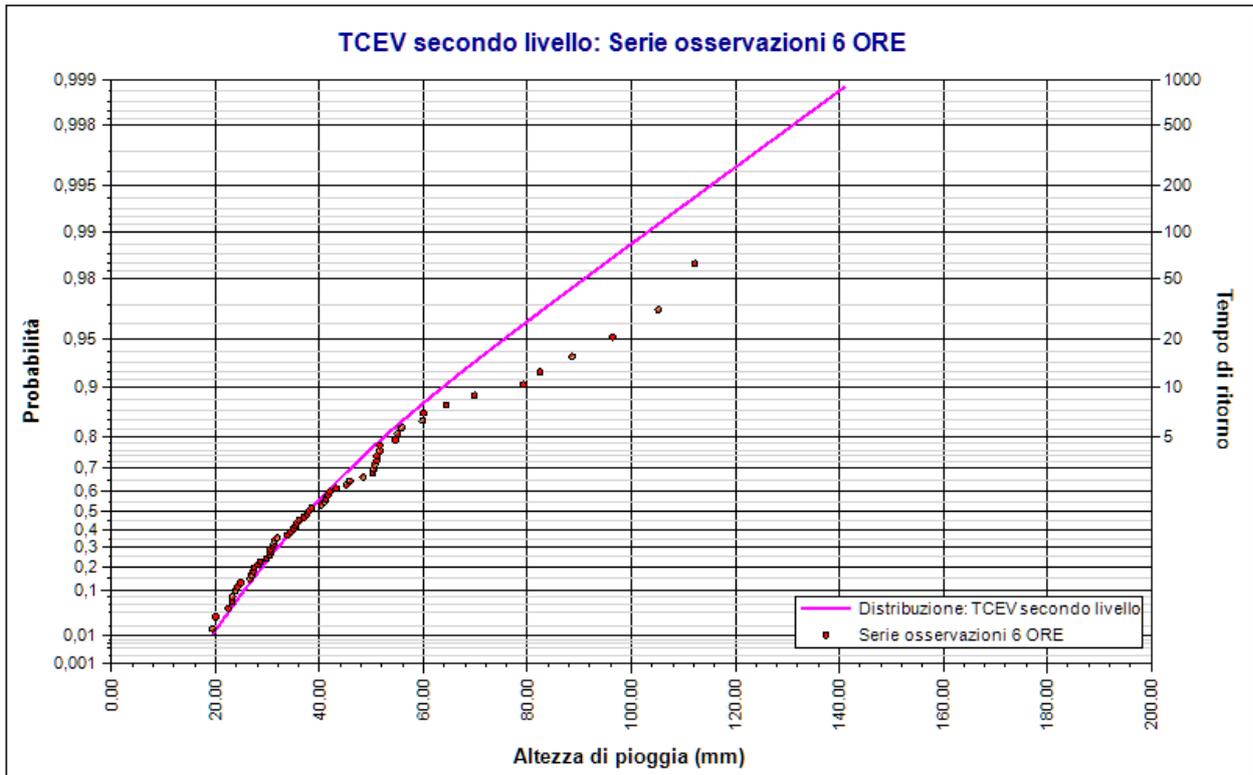
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1000 anni	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40



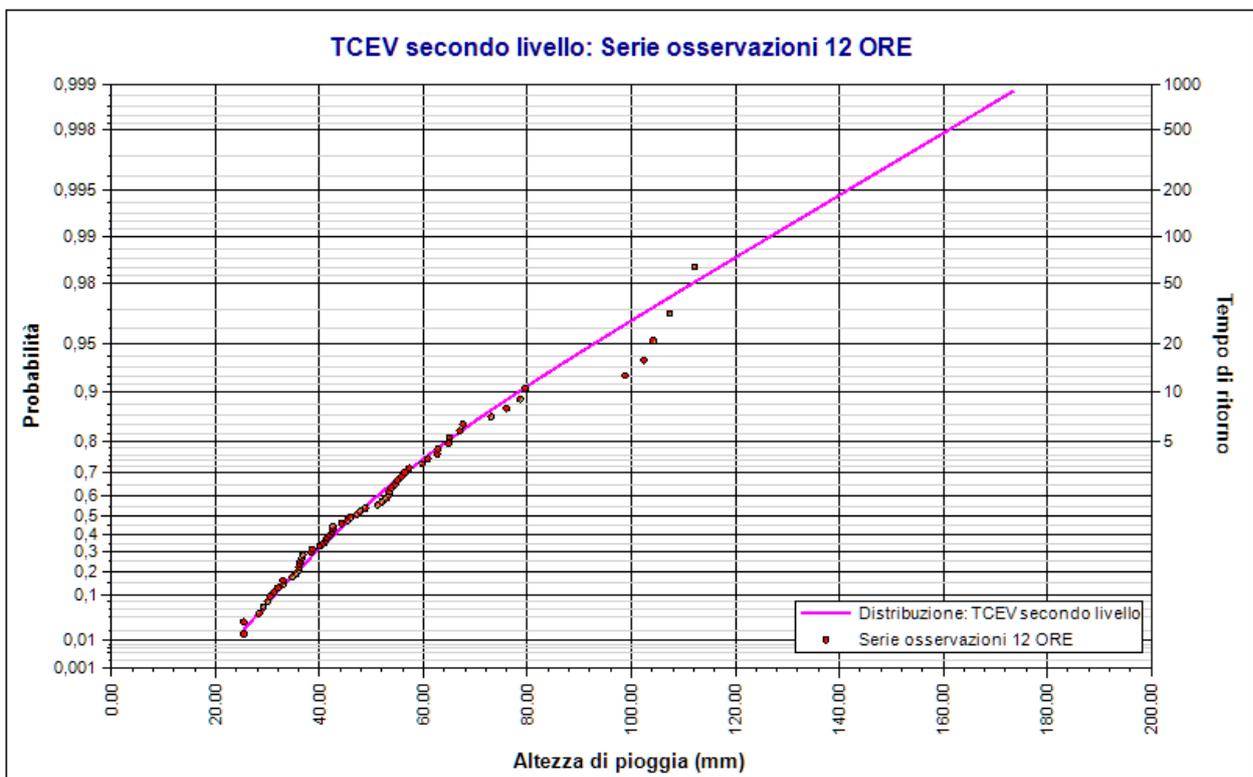
Elaborazione TCEV secondo livello 30 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 1 ORA.  
Durata 1 ora



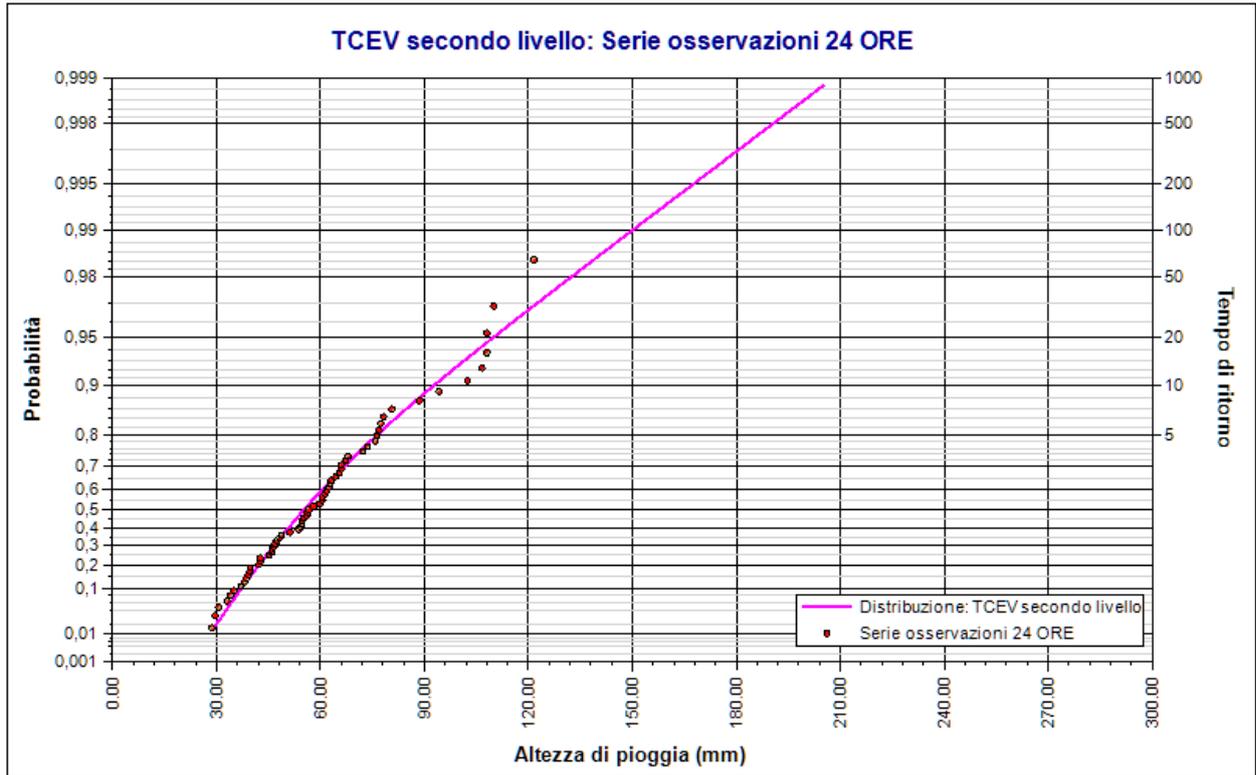
Elaborazione TCEV secondo livello 30 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 3 ORE.  
Durata 3 ore



Elaborazione TCEV secondo livello 30 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 6 ORE.  
Durata 6 ore



Elaborazione TCEV secondo livello 30 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 12 ORE.  
Durata 12 ore



Elaborazione TCEV secondo livello 30 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 24 ORE.  
Durata 24 ore

## Rapporto sulla curva di pioggia:

<b>Curva pioggia calcolata 30 ANNI AM1</b>
--

## Dati Curva di pioggia

Tipo: Curva di pioggia calcolata

Elaborazione probabilistica: Elaborazione TCEV secondo livello 30 ANNI AM1

Tempo di ritorno: 30.000 anni

Numero punti: 5

Durate di calcolo: 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore

## Tabella punti di calcolo

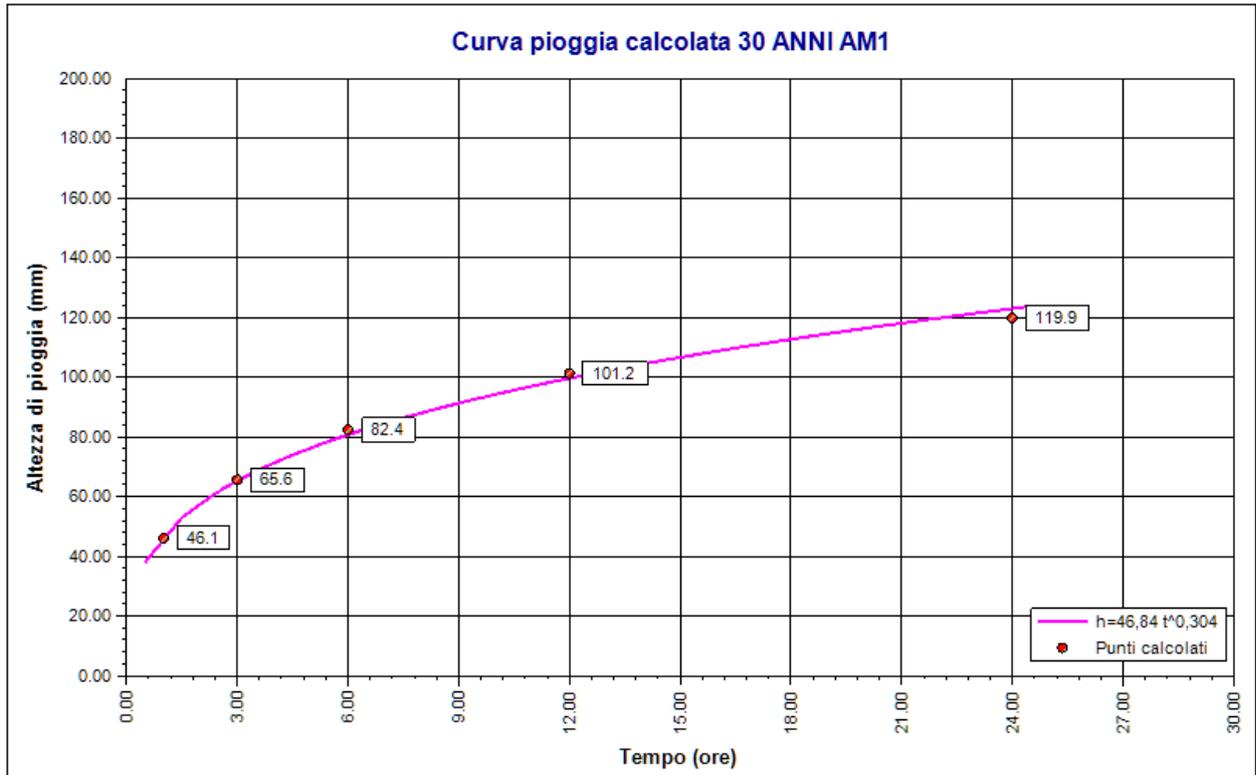
n	Durata		Altezza (mm)
	(ore)	(minuti)	
1	1.000	60	46.143
2	3.000	180	65.641
3	6.000	360	82.386
4	12.000	720	101.249
5	24.000	1440	119.870

## Risultati interpolazione

Coefficienti curva			Espressione
a	n	correlazione (r)	
46.84	0.30	1.00	<b><math>h(t) = 46,8 t^{0,304}</math></b>

## Valori curva di pioggia

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
1	46.839	9	91.290	17	110.742
2	57.814	10	94.259	18	112.681
3	65.391	11	97.027	19	114.547
4	71.361	12	99.626	20	116.345
5	76.365	13	102.077	21	118.082
6	80.713	14	104.401	22	119.762
7	84.582	15	106.611	23	121.390
8	88.082	16	108.722	24	122.969



Curva pioggia calcolata 30 ANNI AM1

## Rapporto pluviogramma sintetico:

<b>Pluviogramma sintetico 30 AM1</b>
--------------------------------------

## Dati Pluviogramma

Tipo: Pluviogramma sintetico

Curva di pioggia: Curva pioggia calcolata 30 ANNI AM1

Durata: 2.000 ore

Altezza di pioggia complessiva: 57.814 mm

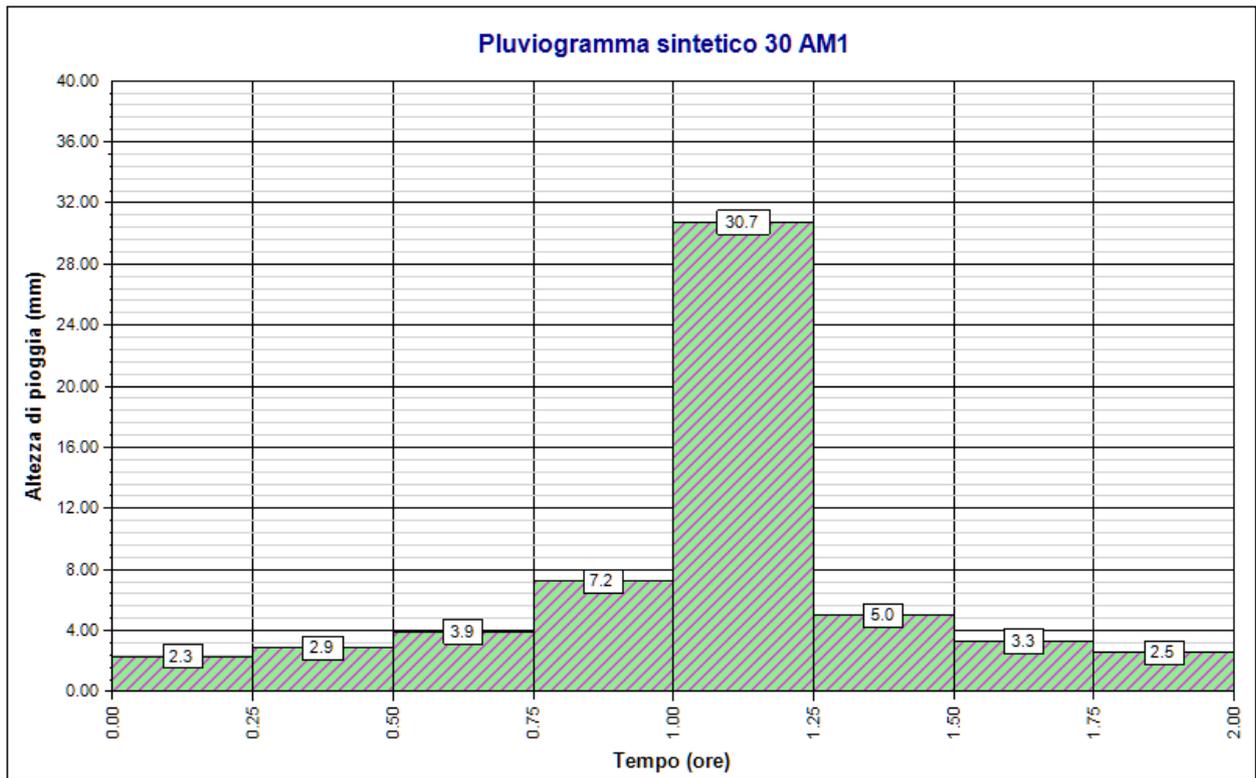
Intervallo di discretizzazione: 15

## Curva di pioggia

Coefficienti curva		Espressione
a	n	
46.84	0.30	<b><math>h(t) = 46,8 t^{0,304}</math></b>

## Tabella pluviogramma

n	Estremi intervallo (ore)		Estremi intervallo (minuti)		Altezza (mm)
	t(i)	t(i+1)	t(i)	t(i+1)	
1	0.000	0.250	0	15	2.298
2	0.250	0.500	15	30	2.854
3	0.500	0.750	30	45	3.919
4	0.750	1.000	45	60	7.204
5	1.000	1.250	60	75	30.744
6	1.250	1.500	75	90	4.973
7	1.500	1.750	90	105	3.284
8	1.750	2.000	105	120	2.539



*Pluviogramma sintetico 30 AM1*

**Rapporto idrogramma:****Idrogramma SCS 30 AM1****Modello SCS-CN**

Il modello idrologico SCS-CN permette di simulare il deflusso superficiale in corrispondenza di una data precipitazione. Il processo di trasformazione afflussi-deflussi è suddiviso nelle seguenti fasi:

- a) Determinazione delle piogge nette;
- b) Trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali.

È necessario definire un pluviogramma, che viene considerato uniformemente distribuito sull'intero bacino.

Le piogge nette si calcolano, a partire dal pluviogramma, secondo il metodo del Curve Number (CN) proposto dall'SCS (Soil Conservation Service). L'equazione di continuità:

$$R = P - S$$

dove:

$R$  è il deflusso fino all'istante  $t$  (mm)

$P$  è la precipitazione fino all'istante  $t$  (mm)

$S$  sono le perdite fino all'istante  $t$  (mm)

viene modificata ipotizzando che vi sia una relazione di proporzionalità tra perdite  $S$  e massima altezza immagazzinabile nel terreno a saturazione,  $S'$  (mm):

$$\frac{S}{S'} = \frac{R}{P}$$

e assume la forma seguente:

$$R = \frac{P^2}{P + S'} [mm]$$

che definisce l'andamento nel tempo del deflusso  $R$  nota la precipitazione  $P$  e la massima infiltrazione  $S'$ .

Considerando che un'aliquota di  $P$  si invasa nelle depressioni superficiali o si infiltra prima che il deflusso abbia inizio, si può scrivere:

$$R = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S'} [mm]$$

essendo  $Ia$  (mm) la perdita iniziale (*Initial abstraction*).

L'unico parametro del modello risulta quindi essere l'altezza massima immagazzinabile nel terreno a saturazione  $S'$  (mm), che si ricava dalla seguente formula:

$$S' = \frac{25400}{CN} - 254$$

dove  $CN$  (*Curve Number*) è un indice compreso tra 0 e 100 fornito dalle tabelle SCS in funzione del tipo di terreno, dell'utilizzazione del suolo e delle condizioni antecedenti di umidità.

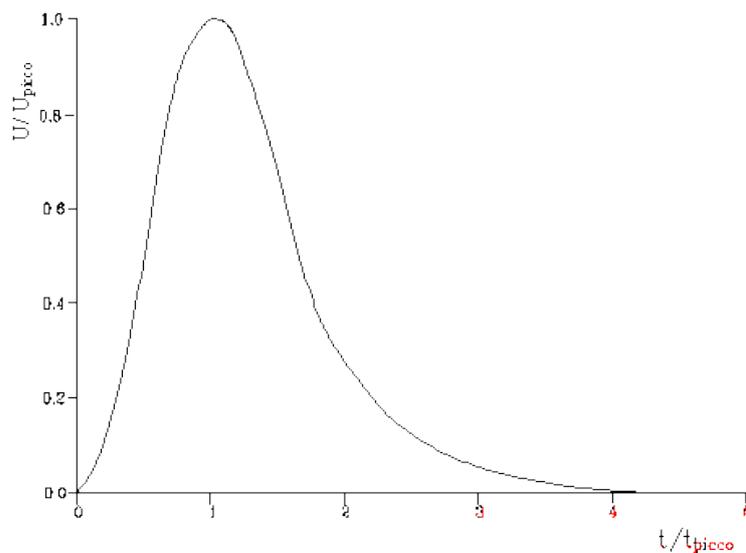
La trasformazione afflussi-deflussi quindi è ottenuta tramite l'idrogramma unitario SCS (1972) di seguito riportato, che richiede come unico parametro il tempo  $t_{LAG}$  (ore) pari al ritardo tra il baricentro del diagramma delle piogge nette e il picco dell'idrogramma unitario. Si può porre  $t_{LAG}=0,6 t_C$  con  $t_C$  tempo di corrivazione del bacino in esame.

L'istante e la portata di picco rispetto alla precipitazione unitaria sono calcolati come:

$$t_{picco} = 0,5\Delta t + t_{lag}$$

$$U_{picco} = 0,2084 \frac{A}{t_{picco}}$$

dove  $t_{picco}$  è il tempo in ore del picco dell'idrogramma unitario,  $\Delta t$  è l'intervallo di calcolo espresso in ore,  $U_{picco}$  è la portata massima dell'idrogramma unitario espressa in  $m^3/s/mm$  e  $A$  è l'area del sottobacino misurata in  $km^2$ .



*Idrogramma unitario adimensionalizzato SCS*

La portata è ottenuta tramite la sommatoria che discretizza l'integrale di convoluzione:

$$Q(i) = \sum_{j=1}^i U(j)P(i-j+1)$$

dove  $Q(i)$  è la portata alla fine dell'intervallo  $i$ -esimo,  $U(j)$  è la  $j$ -esima ordinata dell'idrogramma unitario, ricavabile dalla precedente figura, e  $P(i)$  è la pioggia netta all'intervallo  $i$ -esimo.

### Dati Idrogramma

Tipo: Idrogramma SCS

**Pluviogramma di input:** Pluviogramma sintetico 30 AM1

**Superficie del bacino:** 0.9 kmq

**Tlag:** 0.370 ore

**Astrazione iniziale:** 3.0 mm

**Curve Number:** 75.0

**Intervallo di calcolo:** 5 minuti

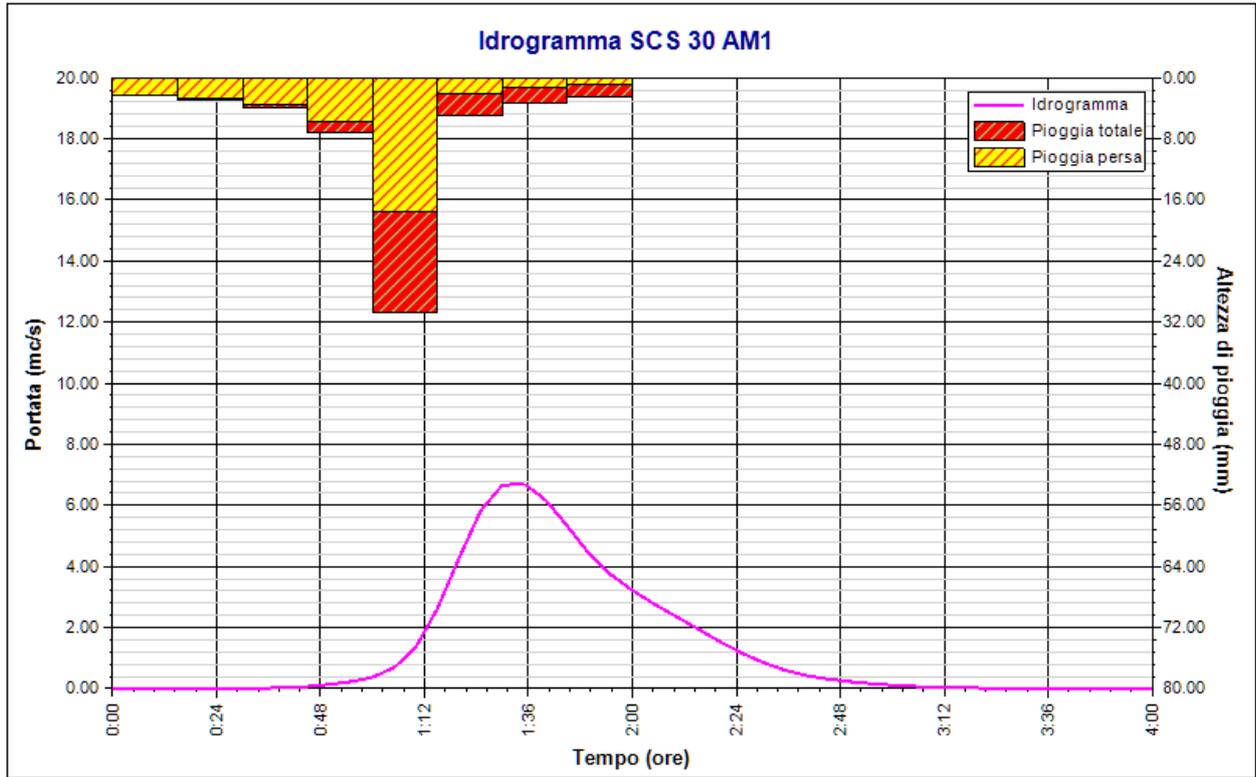
### Tabella idrogramma

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
1	0.000	0	0.766	0.766	0.000	0.0
2	0.083	5	0.766	0.766	0.000	0.0
3	0.167	10	0.766	0.766	0.000	0.0
4	0.250	15	0.951	0.951	0.001	0.0
5	0.333	20	0.951	0.935	0.016	0.0
6	0.417	25	0.951	0.915	0.037	0.0
7	0.500	30	1.306	1.224	0.082	0.0
8	0.583	35	1.306	1.188	0.118	0.0
9	0.667	40	1.306	1.154	0.152	0.0
10	0.750	45	2.401	2.037	0.364	0.1
11	0.833	50	2.401	1.934	0.467	0.1
12	0.917	55	2.401	1.840	0.562	0.2
13	1.000	60	10.248	6.933	3.315	0.4
14	1.083	65	10.248	5.733	4.515	0.7
15	1.167	70	10.248	4.820	5.428	1.4
16	1.250	75	1.658	0.708	0.949	2.6
17	1.333	80	1.658	0.691	0.967	4.3
18	1.417	85	1.658	0.674	0.984	5.8
19	1.500	90	1.095	0.436	0.659	6.7
20	1.583	95	1.095	0.429	0.666	6.7
21	1.667	100	1.095	0.422	0.673	6.2
22	1.750	105	0.846	0.322	0.525	5.3
23	1.833	110	0.846	0.318	0.529	4.4
24	1.917	115	0.846	0.314	0.533	3.7
25	2.000	120	0.000	0.000	0.000	3.2
26	2.083	125	0.000	0.000	0.000	2.8
27	2.167	130	0.000	0.000	0.000	2.4
28	2.250	135	0.000	0.000	0.000	2.0
29	2.333	140	0.000	0.000	0.000	1.6
30	2.417	145	0.000	0.000	0.000	1.2
31	2.500	150	0.000	0.000	0.000	0.9
32	2.583	155	0.000	0.000	0.000	0.6
33	2.667	160	0.000	0.000	0.000	0.4

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
34	2.750	165	0.000	0.000	0.000	0.3
35	2.833	170	0.000	0.000	0.000	0.2
36	2.917	175	0.000	0.000	0.000	0.2
37	3.000	180	0.000	0.000	0.000	0.1
38	3.083	185	0.000	0.000	0.000	0.1
39	3.167	190	0.000	0.000	0.000	0.1
40	3.250	195	0.000	0.000	0.000	0.0
41	3.333	200	0.000	0.000	0.000	0.0
42	3.417	205	0.000	0.000	0.000	0.0
43	3.500	210	0.000	0.000	0.000	0.0
44	3.583	215	0.000	0.000	0.000	0.0
45	3.667	220	0.000	0.000	0.000	0.0
46	3.750	225	0.000	0.000	0.000	0.0
47	3.833	230	0.000	0.000	0.000	0.0
48	3.917	235	0.000	0.000	0.000	0.0
49	4.000	240	0.000	0.000	0.000	0.0

### Tabella risultati

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	6.7	mc/s
Istante picco	1.583	ore
Istante picco	95.0	minuti
Durata totale evento	4.000	ore
Volume afflusso	52	mc x 1000
Volume deflusso	19	mc x 1000
Altezza afflusso	57.814	mm
Altezza deflusso	21.562	mm
Coeff. deflusso	0.37	-
Coeff. udometrico	7.45	mc/s/kmq



Idrogramma SCS 30 AM1

## Rapporto sulla stazione di misura:

<b>Stazione di misura LESINA</b>
----------------------------------

**Dati Stazione**

**Codice:** 16057  
**Bacino:** APRICENA AM1  
**Comune:** LESINA  
**Quota:** 5.0 m s.l.m.  
**Latitudine:** 41,8630555555556  
**Longtudine:** 15,3538888888889

**Dati Serie**

**Serie presenti:** 5  
**Durate presenti:** 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore  
**Minima dimensione serie:** 60  
**Massima dimensione serie:** 63

<b>Serie n. 1</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 1 ORA
<b>Durata</b>	1 ora
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 2</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 3 ORE
<b>Durata</b>	3 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 3</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 6 ORE
<b>Durata</b>	6 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 4</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 12 ORE
<b>Durata</b>	12 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 5</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 24 ORE
<b>Durata</b>	24 ore
<b>Descrizione</b>	

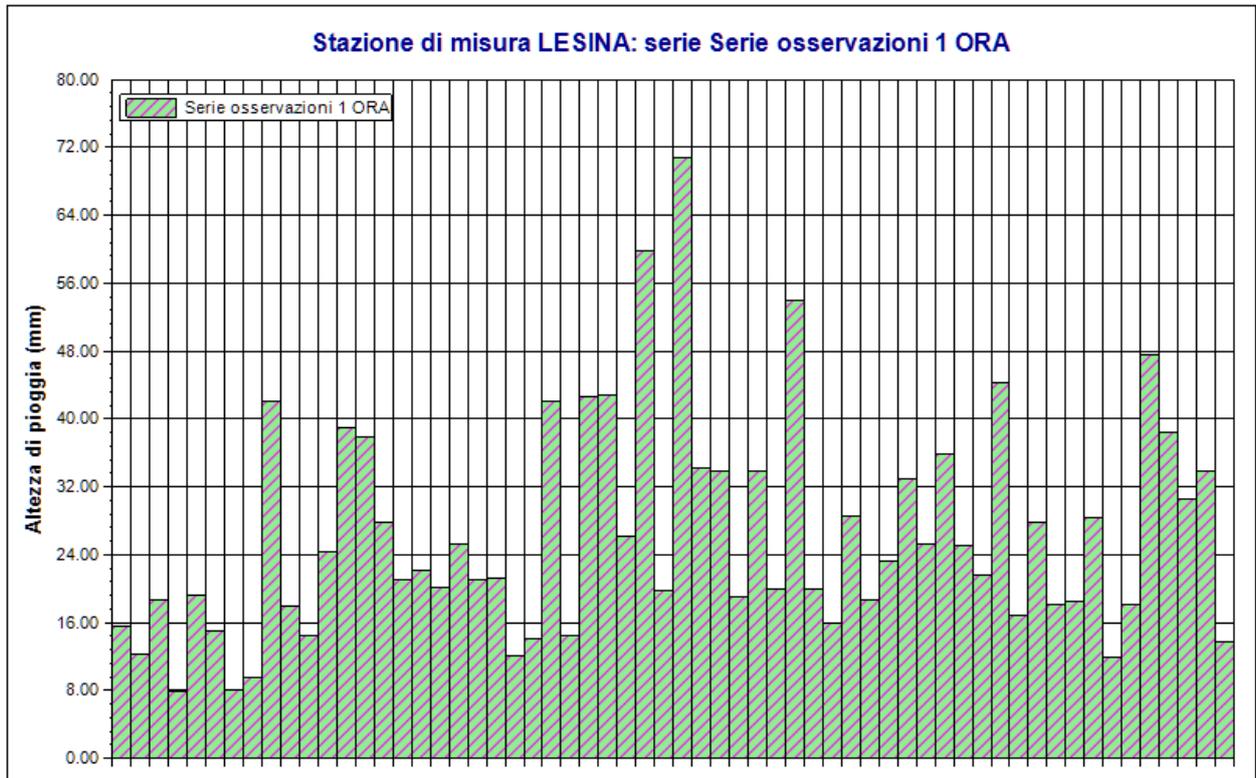
**Serie osservazioni**

n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1	15.6	18.2	33.8	56.4	80.6
2	12.2	22.4	31.8	44.2	46.0
3	18.6	23.2	31.0	41.2	46.6
4	7.8	17.8	29.8	36.0	38.0
5	19.2	23.6	41.6	53.4	54.6
6	15.0	21.4	26.6	48.8	75.8
7	8.0	13.2	23.2	32.0	35.0
8	9.6	15.2	24.2	36.2	39.2
9	42.0	51.6	51.6	53.4	53.6
10	18.0	46.0	50.6	55.8	59.8
11	14.4	18.0	20.0	25.4	28.6
12	24.4	33.4	41.2	53.8	60.6
13	39.0	41.2	51.6	65.0	76.8
14	37.8	46.2	50.2	64.8	66.0
15	27.8	41.6	45.2	57.2	63.0
16	21.0	26.6	28.6	35.6	47.5
17	22.2	34.6	35.6	40.8	55.0
18	20.2	20.2	24.8	33.0	42.6
19	25.2	25.6	35.0	47.8	62.8
20	21.0	40.0	60.0	67.6	68.0
21	21.2	24.4	31.2	41.4	60.5
22	12.0	22.4	30.6	36.8	39.8
23	14.0	18.4	19.4	25.4	29.6
24	42.0	53.4	55.0	73.0	73.6
25	14.4	20.6	23.2	30.0	34.0
26	42.6	78.0	79.2	79.6	88.6
27	42.8	43.6	69.8	78.6	110.0
28	26.2	40.0	51.0	51.2	51.2
29	59.8	83.0	96.4	102.4	102.4
30	19.8	22.4	30.4	33.0	56.6
31	70.8	101.4	105.2	31.2	38.6
32	34.2	49.0	82.4	107.4	108.0
33	33.8	43.0	51.0	104.2	108.0
34	19.0	24.2	30.6	52.8	58.0

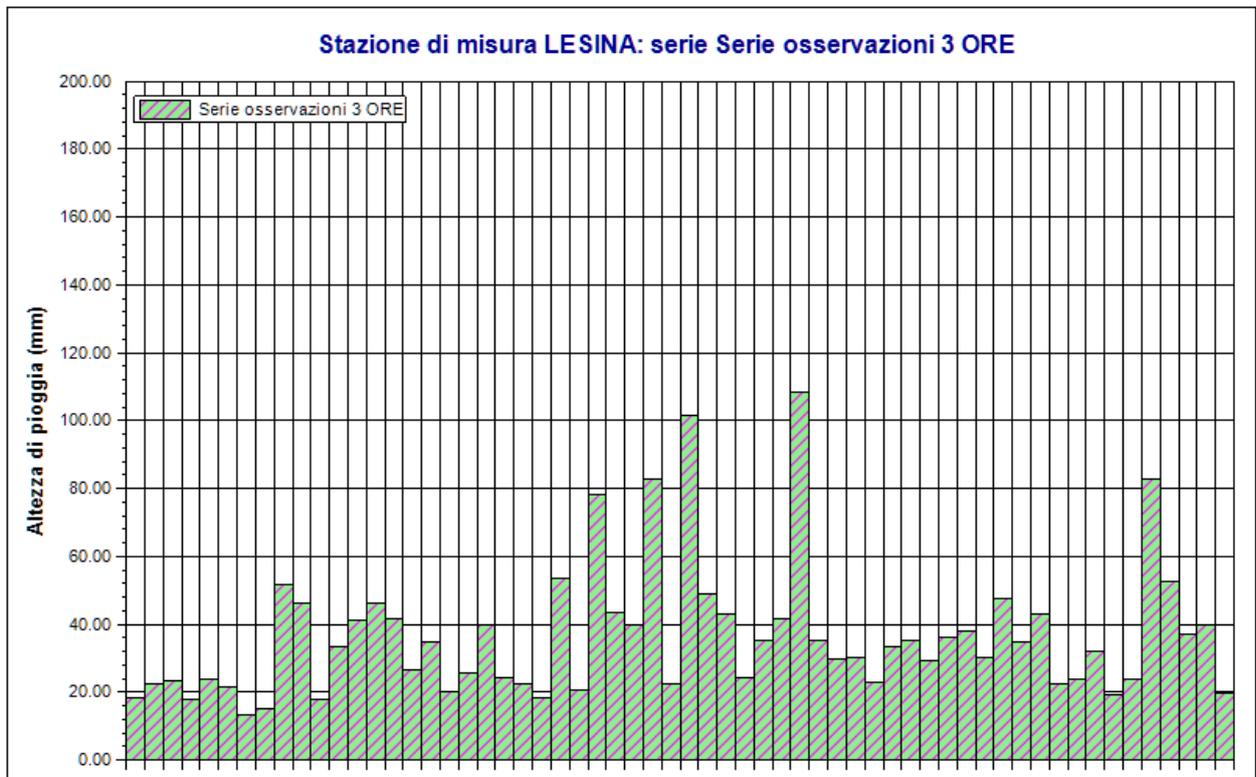
n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
35	33.8	35.2	54.6	36.4	46.8
36	20.0	41.8	45.8	54.6	54.6
37	54.0	108.2	112.2	46.0	46.0
38	20.0	35.2	36.0	112.2	121.6
39	16.0	29.6	37.6	36.0	37.0
40	28.6	30.0	41.0	55.0	77.4
41	18.6	23.0	31.4	59.8	62.4
42	23.2	33.6	40.4	38.6	48.8
43	33.0	35.4	35.4	47.2	65.4
44	25.2	29.4	38.0	45.4	54.2
45	35.8	36.0	37.0	38.4	48.2
46	25.0	37.8	50.4	42.6	61.2
47	21.6	30.4	42.0	60.8	66.0
48	44.2	47.6	28.2	42.6	42.6
49	16.8	34.8	48.4	36.6	42.2
50	27.8	43.0	43.2	52.0	76.2
51	18.2	22.6	59.8	62.8	64.4
52	18.4	24.0	27.4	62.6	67.2
53	28.4	31.8	26.9	28.4	78.2
54	11.8	19.0	34.4	30.4	39.6
55	18.2	23.6	22.4	42.0	33.0
56	47.6	83.0	27.2	29.2	56.0
57	38.4	52.8	88.6	40.0	30.6
58	30.6	37.2	55.8	98.8	56.2
59	33.8	39.6	38.4	76.0	106.6
60	13.8	19.8	64.4	42.4	94.2
61	-	-	23.8	67.0	61.8
62	-	-	-	34.8	72.2
63	-	-	-	-	45.2

### Dati Statistici

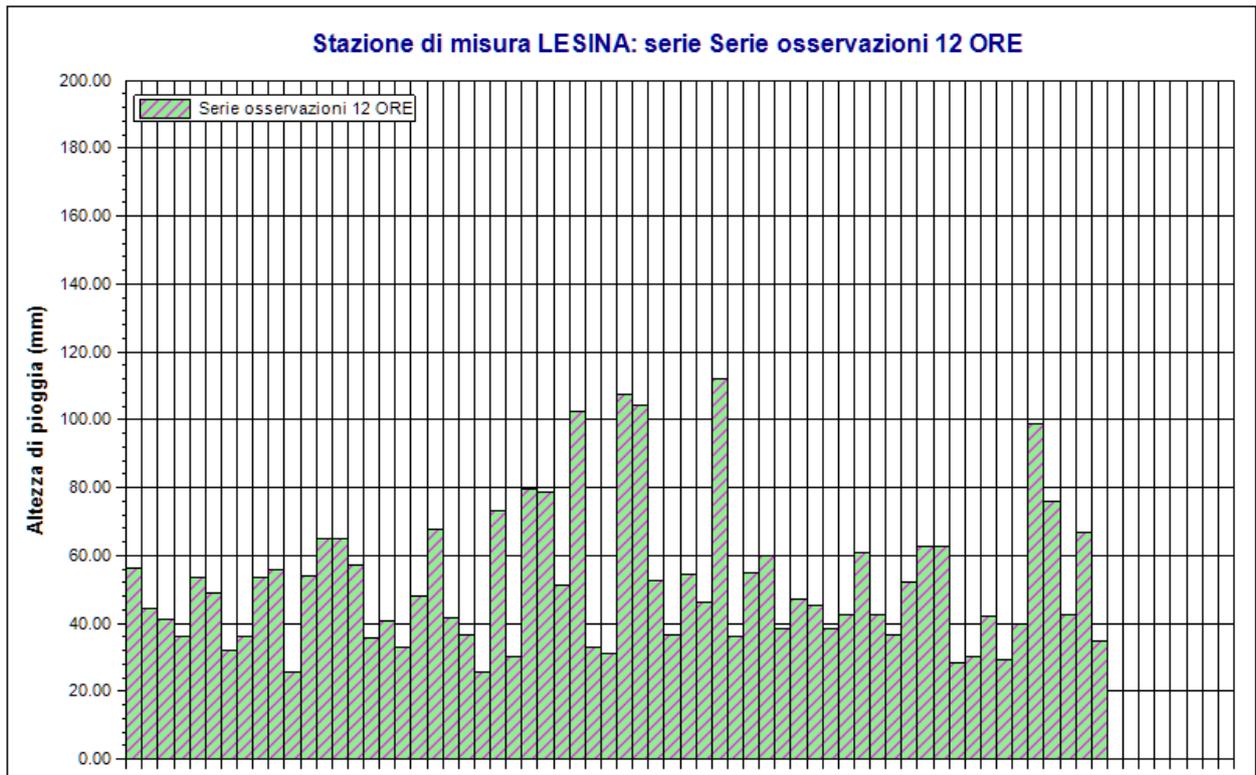
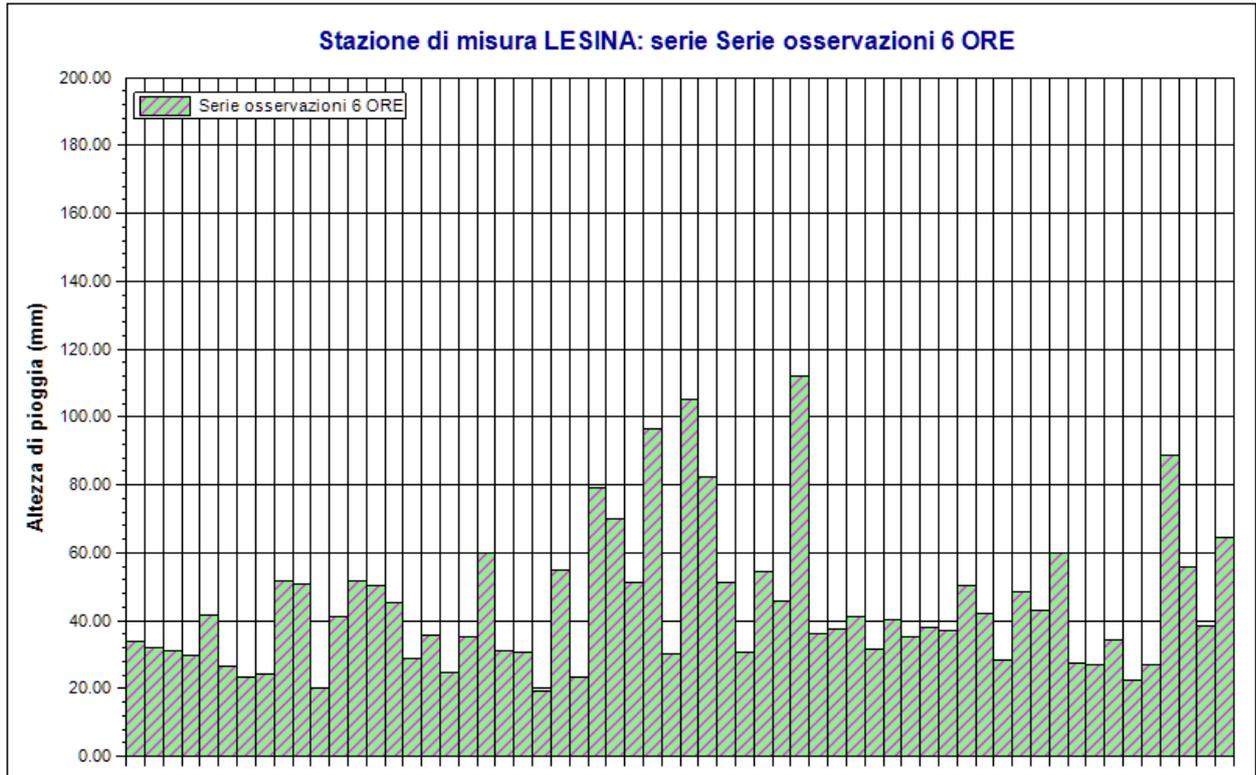
Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	60	60	61	62	63
Somma dei dati	1574.4	2188.2	2682.5	3214.0	3814.8
Valore minimo	7.8	13.2	19.4	25.4	28.6
Valore massimo	70.8	108.2	112.2	112.2	121.6
Valore medio	26.24	36.47	43.98	51.84	60.55
Dev. standard	12.95	19.72	20.64	20.78	21.78
Coeff. variazione	0.494	0.541	0.469	0.401	0.360
Coeff. asimmetria	1.178	1.913	1.550	1.303	0.933

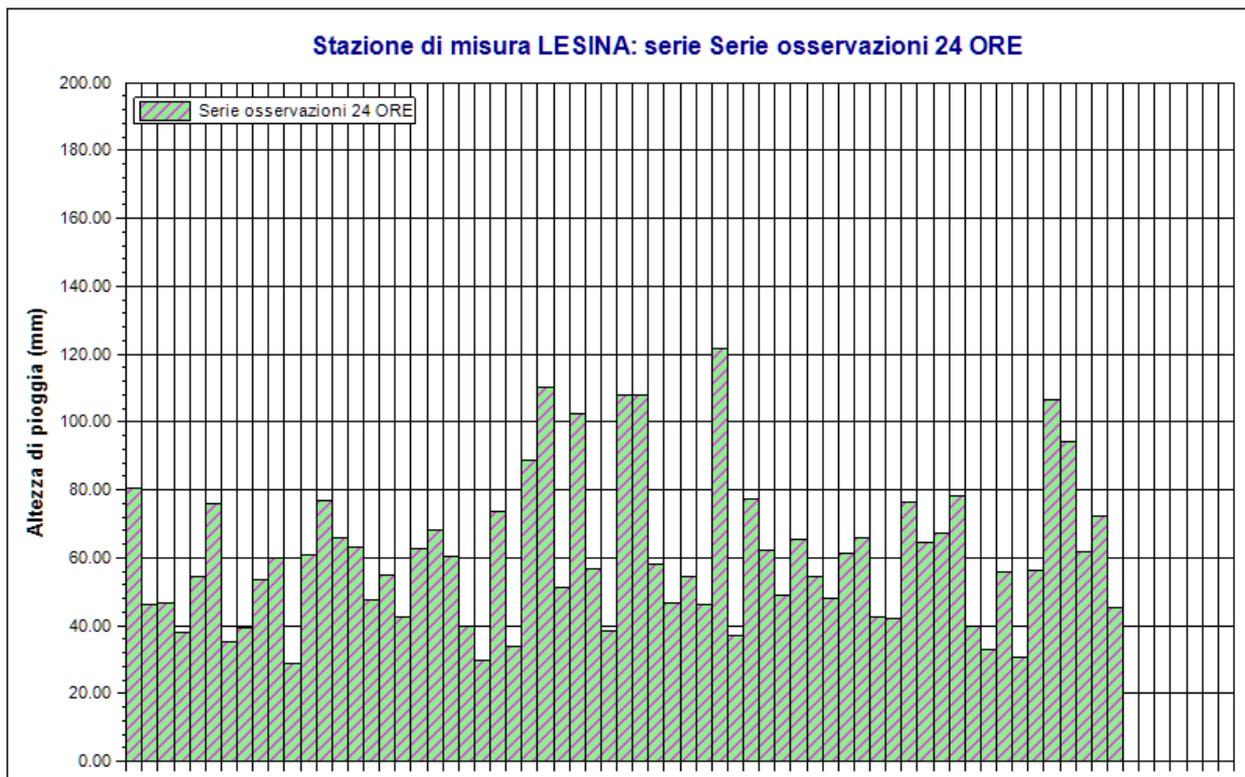


Stazione di misura LESINA. Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora



Stazione di misura LESINA. Serie osservazioni 3 ORE. Durata 3 ore





Stazione di misura LESINA. Serie osservazioni 24 ORE. Durata 24 ore

## Rapporto sull'elaborazione probabilistica:

**Elaborazione TCEV secondo livello 200 ANNI AM1****Modello TCEV (Two Components Extreme Value)**

La stima  $x_T$  del valore assunto da una grandezza idrologica in corrispondenza di un assegnato periodo di ritorno si effettua sulla base della serie campionaria della variabile  $x$  nel punto di interesse, se disponibile, oppure utilizzando l'informazione fornita dalle serie storiche disponibili nella regione in cui si trova il punto di interesse.

Nel primo caso si ha una stima *puntuale*, nel secondo caso una stima *regionale*. Nel caso si combinino l'informazione puntuale e quella regionale si giungerà ad una stima *mista*.

L'insieme delle operazioni che conducono ad una stima di  $x_T$  si definisce stimatore e si costruisce utilizzando un modello probabilistico ad uno o più parametri. La stima di questi ultimi si effettua in base ai dati storici puntuali e/o regionali.

Il modello probabilistico adottato per l'analisi dei valori estremi delle precipitazioni è il modello a doppia componente denominato TCEV (two components extreme value). Tale modello è in grado di riprodurre i principali caratteri statistici delle serie storiche delle piogge.

Il modello a doppia componente TCEV ipotizza che i valori estremi di una grandezza idrologica (portata, pioggia) facciano parte di due differenti popolazioni legate a differenti fenomeni meteorologici.

Alla base di questa ipotesi c'è il fatto che molte serie di massimi annuali presentano uno o più valori nettamente maggiori degli altri e tali da sembrare non provenienti dalla stessa popolazione degli altri dati.

L'espressione della CDF della distribuzione TCEV è data da:

$$F_x(x) = \exp \left[ -\Lambda_1 \exp \left( -\frac{x}{g_1} \right) - \Lambda_2 \exp \left( -\frac{x}{g_2} \right) \right]; \quad x \geq 0$$

Nell'espressione precedente si sono indicati con il pedice 1 i parametri riguardanti la *componente base* e con il pedice 2 i parametri relativi alla *componente straordinaria*.

I parametri  $\Lambda_1$  e  $\Lambda_2$  rappresentano il numero medio annuo di eventi indipendenti delle due componenti, mentre  $g_1$  e  $g_2$  esprimono il loro valore medio annuo.

La distribuzione TCEV equivale al prodotto di due distribuzioni di Gumbel, con la quale viene a coincidere se si pone  $\Lambda_2=0$ .

Riferendosi alla variabile standardizzata:

$$y = \frac{x}{g_1} - \ln \Lambda_1$$

si ha che la CDF di  $y$  è data da:

$$F_y(y) = \exp \left[ - \exp(-y) - \Lambda_* \exp \left( - \frac{y}{\mathcal{G}_*} \right) \right]$$

avendo posto:

$$\mathcal{G}_* = \frac{\mathcal{G}_2}{\mathcal{G}_1} \quad \text{e} \quad \Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\mathcal{G}_*}}$$

La media della distribuzione TCEV è data dall'espressione:

$$\mu = \mathcal{G}_1 (\ln \Lambda_1 + \gamma_e) - \mathcal{G}_1 \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda_*^j}{j!} \Gamma \left( \frac{j}{\mathcal{G}_*} \right)$$

con  $\gamma_e=0,5772$ , costante di Eulero. Con il simbolo  $\Gamma$  si è indicata la funzione gamma:

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} x^{t-1} e^{-t} dt$$

Il coefficiente di variazione teorico dipende da  $\Lambda_1$ ,  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  ed è quindi indipendente da  $\mathcal{G}_1$ .

Il coefficiente di asimmetria teorico dipende da  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  ed è quindi indipendente da  $\Lambda_1$  e  $\mathcal{G}_1$ .

### **Modelli regionali**

Il modello TCEV consente di costruire un modello regionale articolato in una struttura gerarchica.

Infatti si può assumere che esistano delle regioni in cui è costante il solo coefficiente di asimmetria e quindi siano costanti i parametri  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  e delle sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante pure il coefficiente di variazione e, quindi, il parametro  $\Lambda_1$ .

Più precisamente esiste un primo livello di regionalizzazione che consiste nell'individuare zone omogenee (zo) nelle quali si può assumere che il coefficiente di asimmetria teorico delle serie dei massimi annuali sia costante. I parametri  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  possono essere stimati utilizzando tutte le serie storiche disponibili nella zona, riducendo in modo consistente l'incertezza della stima.

Al secondo livello di regionalizzazione si individuano delle sottozone omogenee (szo), con estensione minore rispetto alle precedenti, nelle quali oltre al coefficiente di asimmetria risulta costante anche il coefficiente di variazione. In una sottozona risultano quindi costanti i tre parametri  $\Lambda^*$ ,  $\mathcal{G}^*$  e  $\Lambda_1$ .  $\Lambda_1$  può quindi essere stimato in base a tutte le serie storiche ricadenti nella sottozona.

In una sottozona rimane costante la CDF di  $x/\mu$ . Infatti dall'espressione della CDF della TCEV, introducendo i parametri  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  si ha:

$$F_x(x) = \exp \left[ - \Lambda_1 \exp \left( - \frac{x}{\mathcal{G}_1} \right) - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\mathcal{G}_*} \exp \left( - \frac{x}{\mathcal{G}_1 \mathcal{G}_*} \right) \right]$$

poiché si può scrivere:

$$\frac{x}{\mathcal{G}_1} = \frac{x}{\mu} \cdot \frac{\mu}{\mathcal{G}_1}$$

e cioè:

$$\frac{x}{\mathcal{G}_1} = x' \cdot \eta$$

avendo posto (variabile indice):

$$x' = \frac{x}{\mu}$$

e

$$\eta = \frac{\mu}{\mathcal{G}_1} = \ln \Lambda_1 + \gamma_\varepsilon - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda_*^j}{j!} \Gamma\left(\frac{j}{\mathcal{G}_*}\right) = f(\Lambda_1, \Lambda_*, \mathcal{G}_*)$$

si ottiene

$$F_{x'}(x') = \exp\left[-\Lambda_1 \exp(-\eta x') - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\mathcal{G}_*} \exp\left(-\frac{\eta x'}{\mathcal{G}_*}\right)\right]$$

Alla precedente espressione si dà il nome di **curva di crescita**.

Al terzo livello di regionalizzazione si individuano all'interno della sottozona omogenea le relazioni che intercorrono tra  $x_m$  e le caratteristiche fisiche o climatiche dei bacini.

In definitiva la stima  $x_T$  di una grandezza idrologica ad un prefissato tempo di ritorno può essere effettuata, in base al modello TCEV, in quattro modi diversi:

a) Al livello di regionalizzazione zero, in cui tutti i parametri del modello sono stimati dalla singola serie:

$$x_T = f(T; \mathcal{G}_1; \Lambda_1; \mathcal{G}_*; \Lambda_*)$$

b) Al livello di regionalizzazione uno, in cui i parametri  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  sono stimati a livello regionale e  $\Lambda_1$  e  $\mathcal{G}_1$  dalla singola serie:

$$x_T = f(T; \mathcal{G}_1; \Lambda_1; \mathcal{G}_*^R; \Lambda_*^R)$$

c) Al livello di regionalizzazione due, in cui i parametri  $\Lambda^*$ ,  $\mathcal{G}^*$  e  $\Lambda_1$  sono stimati a livello regionale e  $\mathcal{G}_1$  dalla singola serie:

$$x_T = f(T; \mathcal{G}_1; \Lambda_1^R; \mathcal{G}_*^R; \Lambda_*^R)$$

d) Al livello di regionalizzazione tre, in cui tutti i parametri sono stimati con tecniche di analisi regionale:

$$x_T = f(T; \mathcal{G}_1^R; \Lambda_1^R; \mathcal{G}_*^R; \Lambda_*^R)$$

## Dati Elaborazione

**Stazione di misura:** Stazione di misura LESINA

**Distribuzione probabilistica:** TCEV secondo livello

**Metodo di stima dei parametri:** Massima verosimiglianza

**Elaborazioni presenti:** 5 (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore)

**Elaborazioni valide:** 5 (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore)

### Stima parametri

Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	60	60	61	62	63
Valore medio	26.24	36.47	43.98	51.84	60.55
Dev. standard	12.95	19.72	20.64	20.78	21.78
<b>Parametri regionali</b>					
Descrizione	Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica	Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica	Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica	Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica	Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica
Lambda*	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200
Teta*	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200
Lambda 1	45.00000	45.00000	45.00000	45.00000	45.00000
<b>Parametri stimati</b>					
Teta 1	4.11958	5.86031	7.35530	9.03933	10.70181
Lambda 2	3.89506	3.89506	3.89506	3.89506	3.89506
Teta 2	9.68924	13.78344	17.29967	21.26051	25.17065

### Espressioni delle CDF della distribuzione

TCEV secondo livello: Serie osservazioni 1 ORA	$F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{4,120} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{9,689} \right) \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 3 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{5,860} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{13,783} \right) \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 6 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{7,355} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{17,300} \right) \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 12 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{9,039} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{21,261} \right) \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 24 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{10,702} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{25,171} \right) \right]$

## Espressioni delle Curve di crescita

TCEV secondo livello: Serie osservazioni 1 ORA	$F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 3 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 6 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 12 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 24 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$

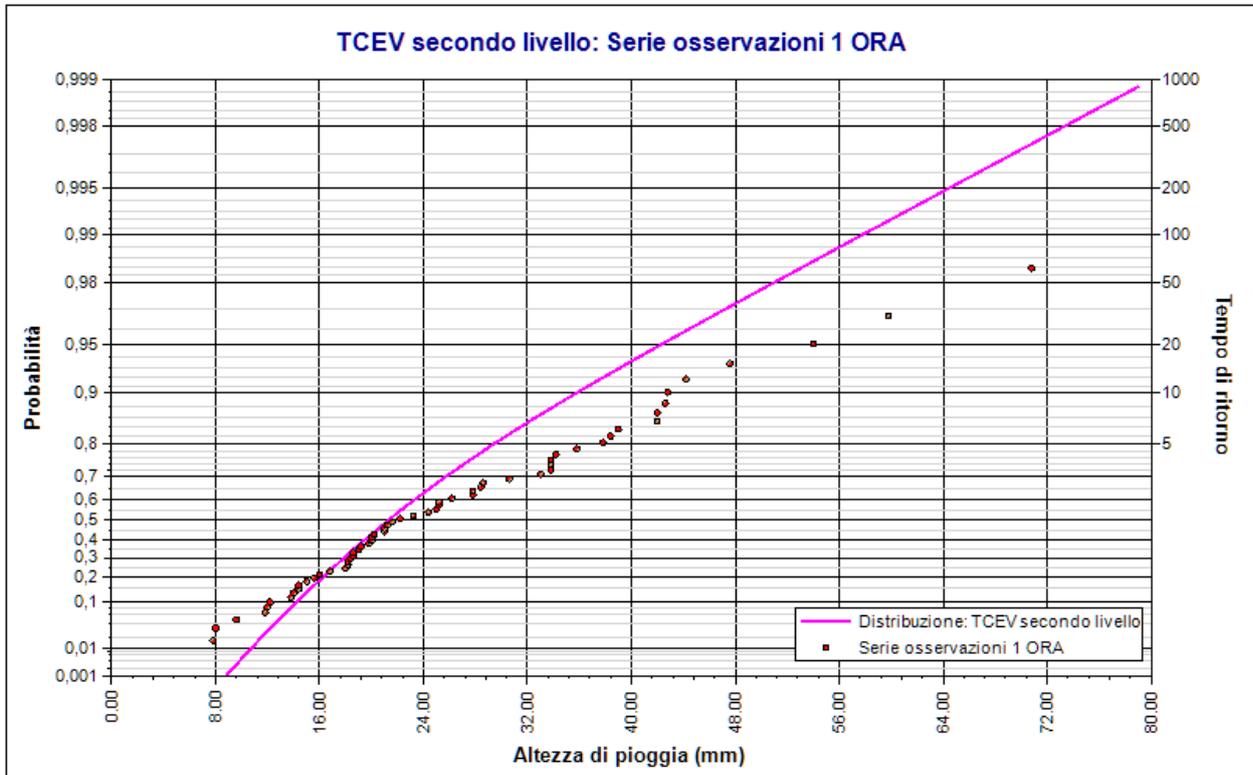
## Frattili distribuzioni probabilistiche

Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	21.25	30.23	37.94	46.63	55.21
5 anni	29.40	41.82	52.49	64.51	76.38
10 anni	35.72	50.81	63.77	78.37	92.78
20 anni	42.26	60.11	75.45	92.72	109.77
50 anni	51.07	72.65	91.18	112.06	132.67
100 anni	57.78	82.20	103.17	126.79	150.10
200 anni	64.50	91.76	115.16	141.53	167.56
500 anni	73.38	104.39	131.02	161.02	190.64
1000 anni	80.10	113.95	143.02	175.76	208.09

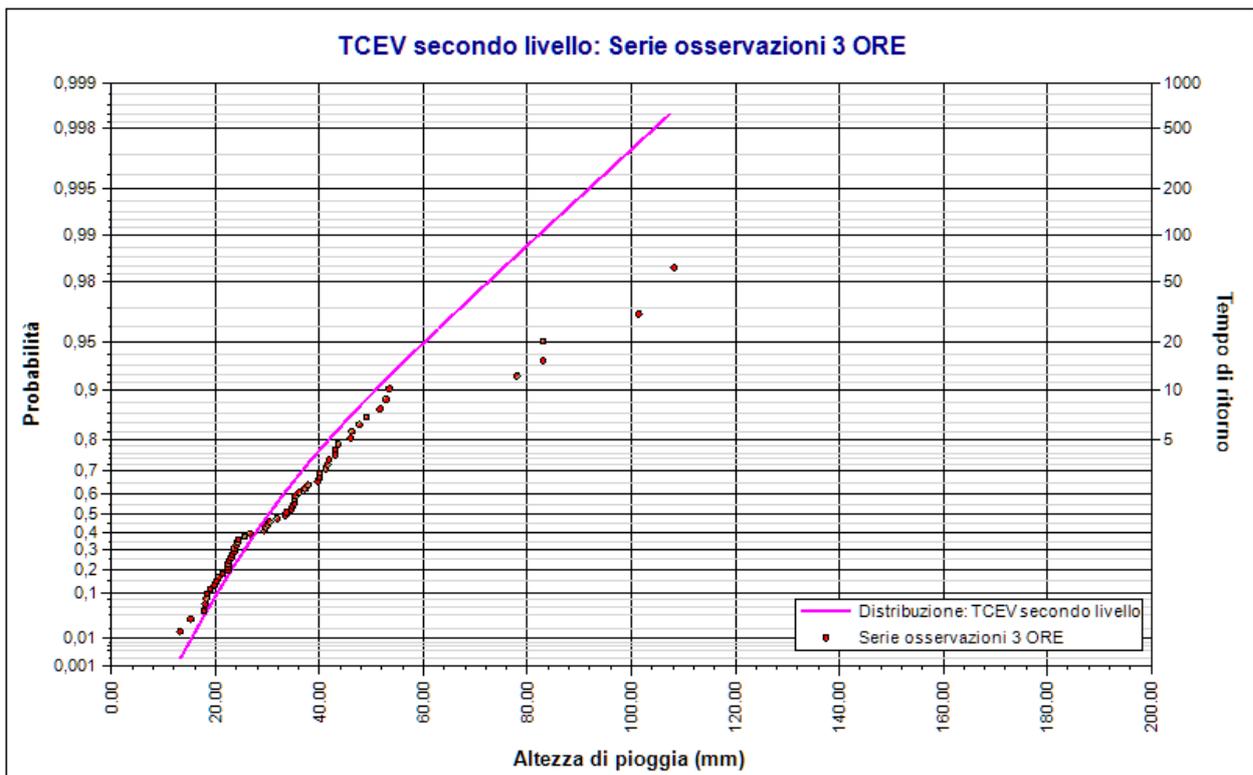
## Fattori di crescita

Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
5 anni	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
10 anni	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52
20 anni	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79
50 anni	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17
100 anni	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45
200 anni	2.74	2.74	2.74	2.74	2.74
500 anni	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11

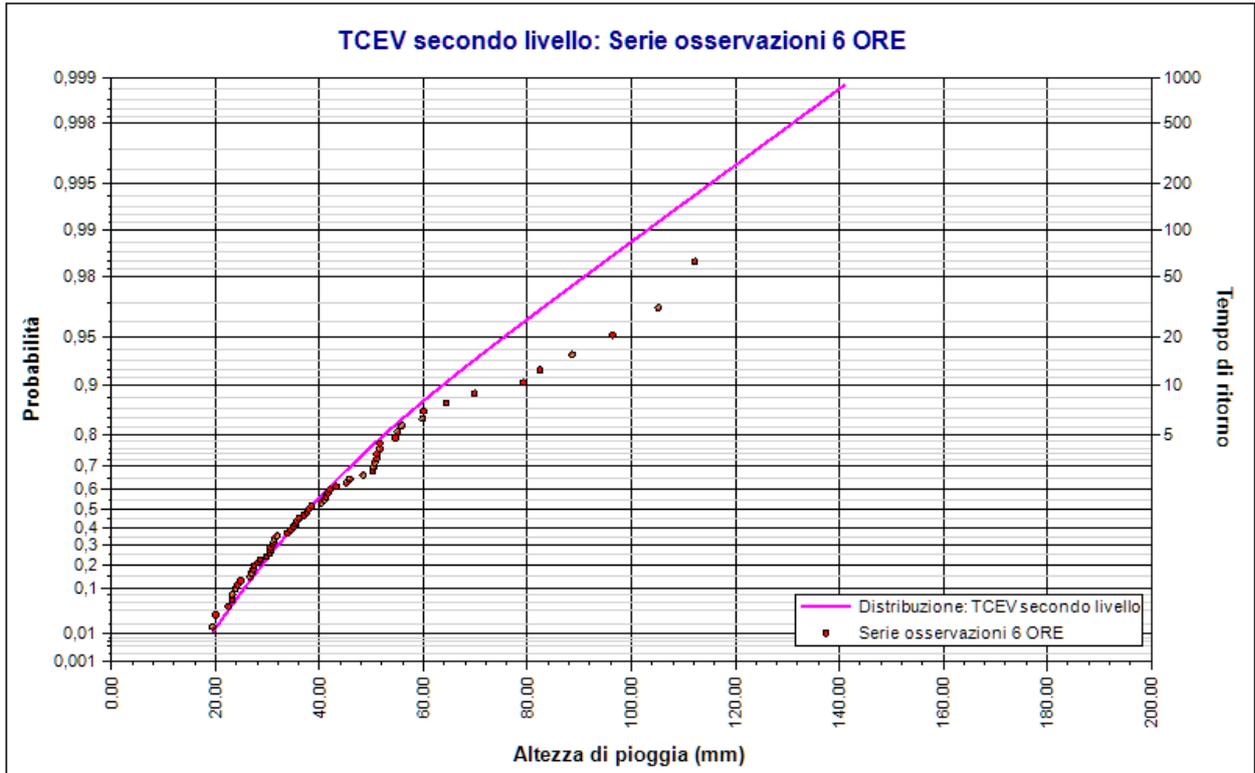
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1000 anni	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40



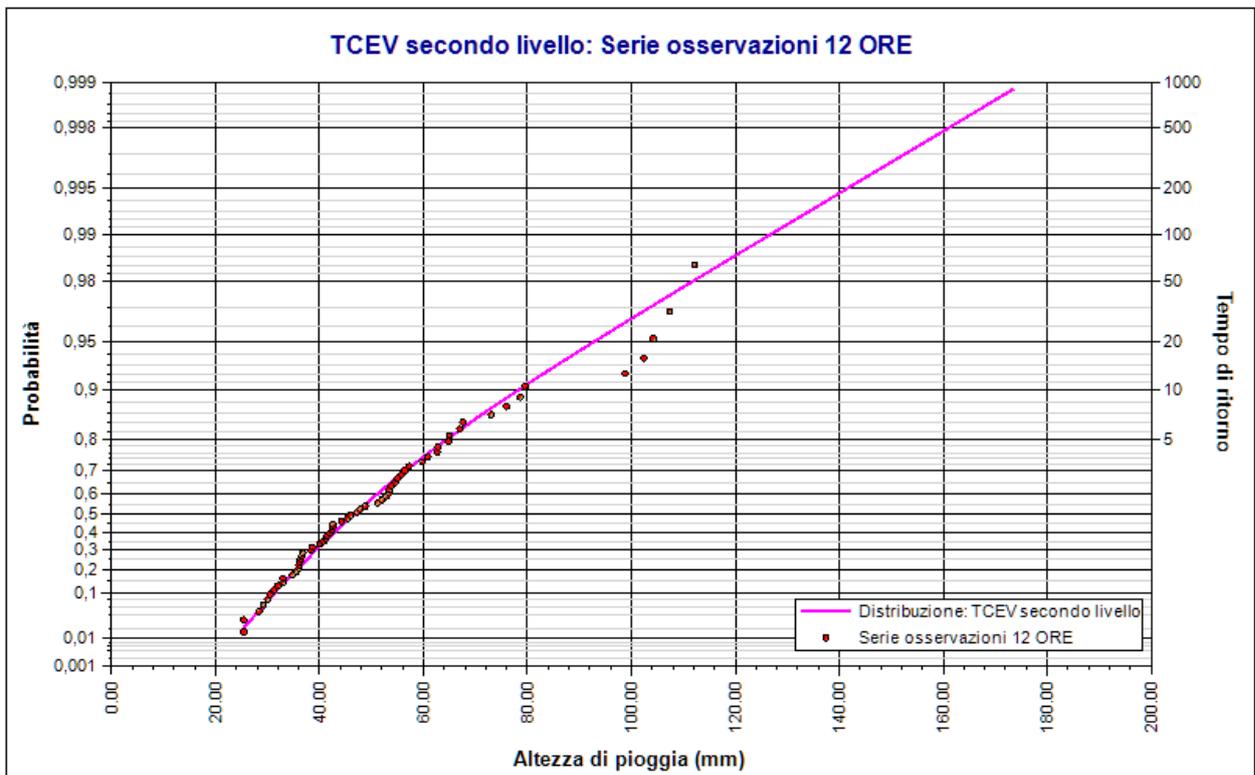
Elaborazione TCEV secondo livello 200 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora



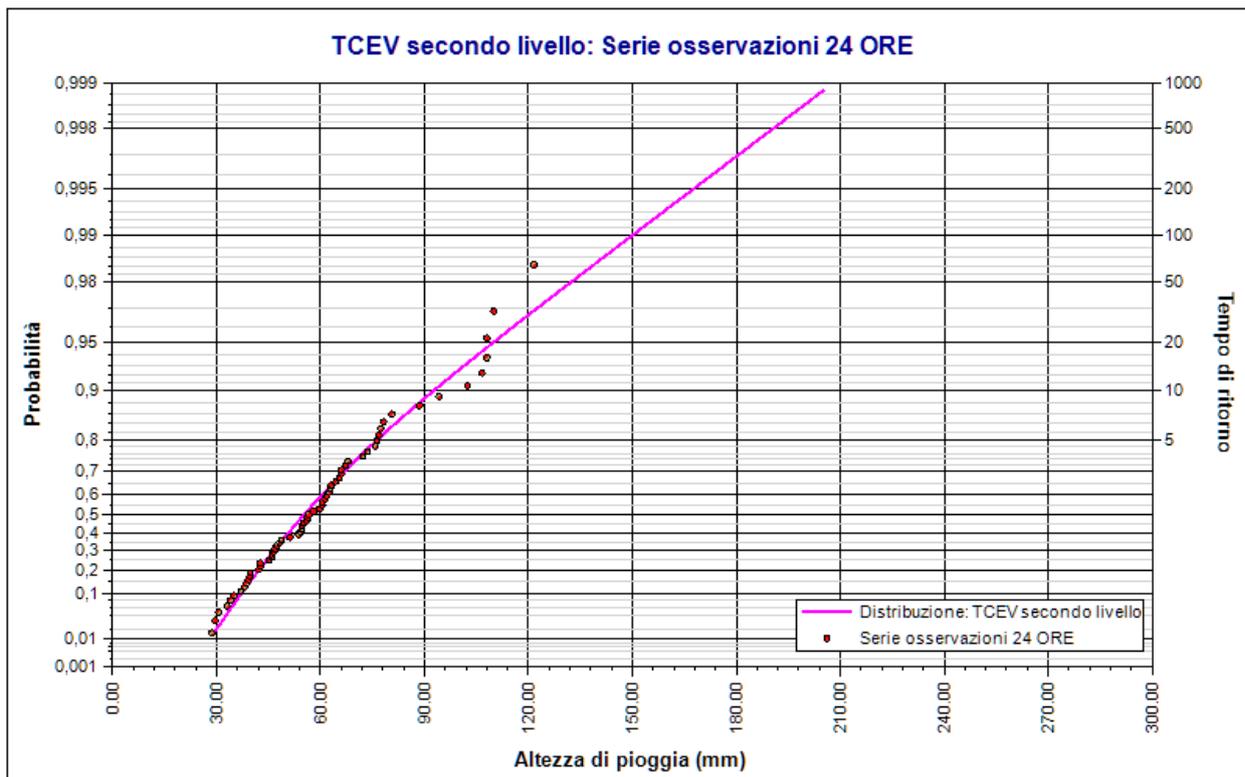
Elaborazione TCEV secondo livello 200 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 3 ORE.  
Durata 3 ore



Elaborazione TCEV secondo livello 200 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 6 ORE.  
Durata 6 ore



Elaborazione TCEV secondo livello 200 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 12 ORE.  
Durata 12 ore



Elaborazione TCEV secondo livello 200 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 24 ORE. Durata 24 ore

## Rapporto sulla curva di pioggia:

<b>Curva pioggia calcolata 200 ANNI AM1</b>
---

## Dati Curva di pioggia

Tipo: Curva di pioggia calcolata

Elaborazione probabilistica: Elaborazione TCEV secondo livello 200 ANNI AM1

Tempo di ritorno: 200.000 anni

Numero punti: 5

Durate di calcolo: 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore

## Tabella punti di calcolo

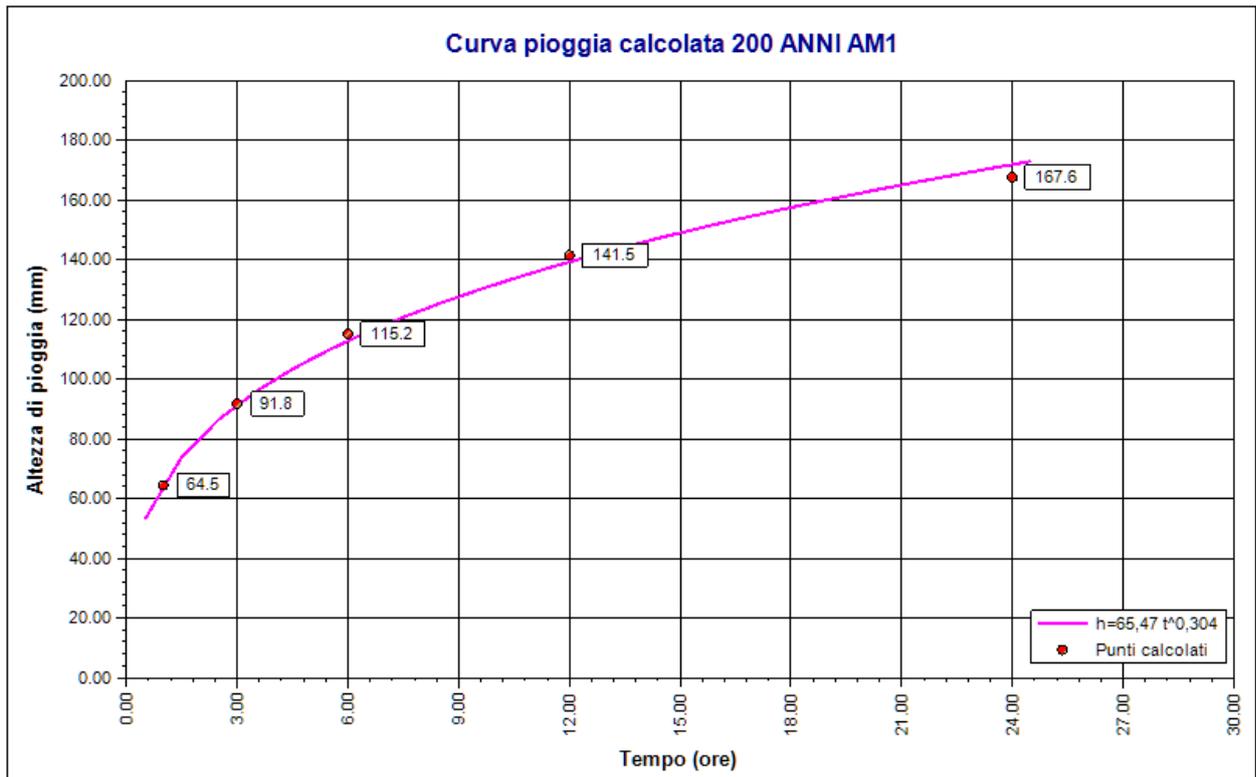
n	Durata		Altezza (mm)
	(ore)	(minuti)	
1	1.000	60	64.501
2	3.000	180	91.756
3	6.000	360	115.163
4	12.000	720	141.530
5	24.000	1440	167.560

## Risultati interpolazione

Coefficienti curva			Espressione
a	n	correlazione (r)	
65.47	0.30	1.00	$h(t) = 65,5 t^{0,304}$

## Valori curva di pioggia

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
1	65.474	9	127.609	17	154.800
2	80.815	10	131.759	18	157.511
3	91.406	11	135.629	19	160.118
4	99.752	12	139.261	20	162.632
5	106.746	13	142.688	21	165.060
6	112.824	14	145.936	22	167.409
7	118.232	15	149.026	23	169.684
8	123.125	16	151.976	24	171.892



*Curva pioggia calcolata 200 ANNI AM1*

## Rapporto pluviogramma sintetico:

<b>Pluviogramma sintetico 200 AM1</b>
---------------------------------------

## Dati Pluviogramma

Tipo: Pluviogramma sintetico

Curva di pioggia: Curva pioggia calcolata 200 ANNI AM1

Durata: 2.000 ore

Altezza di pioggia complessiva: 80.815 mm

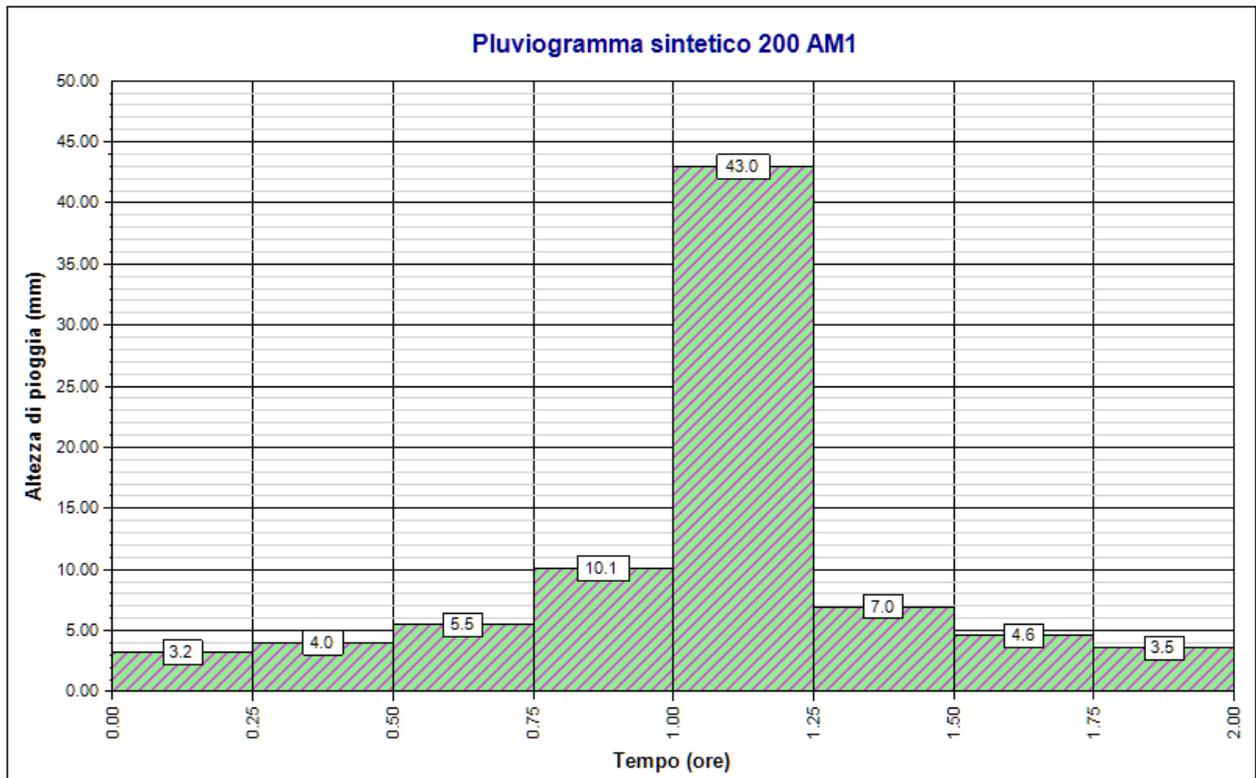
Intervallo di discretizzazione: 15

## Curva di pioggia

Coefficienti curva		Espressione
a	n	
65.47	0.30	$h(t) = 65,5 t^{0,304}$

## Tabella pluviogramma

n	Estremi intervallo (ore)		Estremi intervallo (minuti)		Altezza (mm)
	t(i)	t(i+1)	t(i)	t(i+1)	
1	0.000	0.250	0	15	3.212
2	0.250	0.500	15	30	3.989
3	0.500	0.750	30	45	5.478
4	0.750	1.000	45	60	10.070
5	1.000	1.250	60	75	42.975
6	1.250	1.500	75	90	6.951
7	1.500	1.750	90	105	4.591
8	1.750	2.000	105	120	3.549



*Pluviogramma sintetico 200 AM1*

**Rapporto idrogramma:****Idrogramma SCS 200 AM1****Modello SCS-CN**

Il modello idrologico SCS-CN permette di simulare il deflusso superficiale in corrispondenza di una data precipitazione. Il processo di trasformazione afflussi-deflussi è suddiviso nelle seguenti fasi:

- a) Determinazione delle piogge nette;
- b) Trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali.

È necessario definire un pluviogramma, che viene considerato uniformemente distribuito sull'intero bacino.

Le piogge nette si calcolano, a partire dal pluviogramma, secondo il metodo del Curve Number (CN) proposto dall'SCS (Soil Conservation Service). L'equazione di continuità:

$$R = P - S$$

dove:

$R$  è il deflusso fino all'istante  $t$  (mm)

$P$  è la precipitazione fino all'istante  $t$  (mm)

$S$  sono le perdite fino all'istante  $t$  (mm)

viene modificata ipotizzando che vi sia una relazione di proporzionalità tra perdite  $S$  e massima altezza immagazzinabile nel terreno a saturazione,  $S'$  (mm):

$$\frac{S}{S'} = \frac{R}{P}$$

e assume la forma seguente:

$$R = \frac{P^2}{P + S'} [mm]$$

che definisce l'andamento nel tempo del deflusso  $R$  nota la precipitazione  $P$  e la massima infiltrazione  $S'$ .

Considerando che un'aliquota di  $P$  si invasa nelle depressioni superficiali o si infiltra prima che il deflusso abbia inizio, si può scrivere:

$$R = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S'} [mm]$$

essendo  $Ia$  (mm) la perdita iniziale (*Initial abstraction*).

L'unico parametro del modello risulta quindi essere l'altezza massima immagazzinabile nel terreno a saturazione  $S'$  (mm), che si ricava dalla seguente formula:

$$S' = \frac{25400}{CN} - 254$$

dove  $CN$  (*Curve Number*) è un indice compreso tra 0 e 100 fornito dalle tabelle SCS in funzione del tipo di terreno, dell'utilizzazione del suolo e delle condizioni antecedenti di umidità.

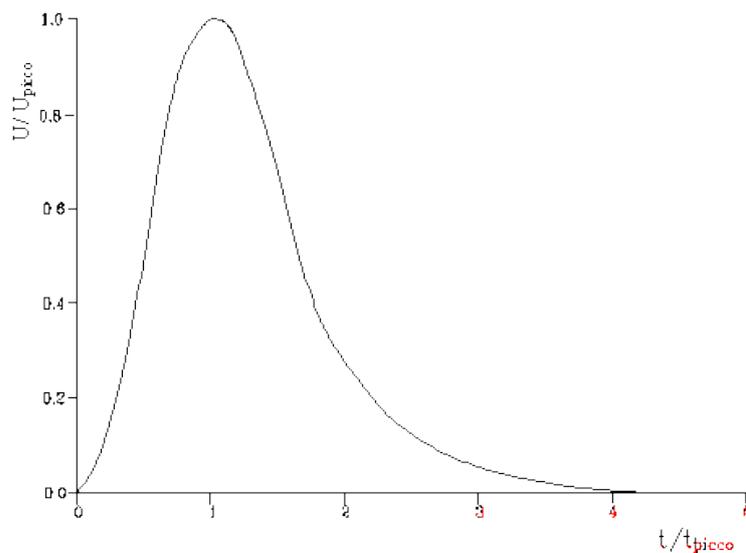
La trasformazione afflussi-deflussi quindi è ottenuta tramite l'idrogramma unitario SCS (1972) di seguito riportato, che richiede come unico parametro il tempo  $t_{LAG}$  (ore) pari al ritardo tra il baricentro del diagramma delle piogge nette e il picco dell'idrogramma unitario. Si può porre  $t_{LAG}=0,6 t_C$  con  $t_C$  tempo di corrivazione del bacino in esame.

L'istante e la portata di picco rispetto alla precipitazione unitaria sono calcolati come:

$$t_{picco} = 0,5\Delta t + t_{lag}$$

$$U_{picco} = 0,2084 \frac{A}{t_{picco}}$$

dove  $t_{picco}$  è il tempo in ore del picco dell'idrogramma unitario,  $\Delta t$  è l'intervallo di calcolo espresso in ore,  $U_{picco}$  è la portata massima dell'idrogramma unitario espressa in  $m^3/s/mm$  e  $A$  è l'area del sottobacino misurata in  $km^2$ .



*Idrogramma unitario adimensionalizzato SCS*

La portata è ottenuta tramite la sommatoria che discretizza l'integrale di convoluzione:

$$Q(i) = \sum_{j=1}^i U(j)P(i-j+1)$$

dove  $Q(i)$  è la portata alla fine dell'intervallo  $i$ -esimo,  $U(j)$  è la  $j$ -esima ordinata dell'idrogramma unitario, ricavabile dalla precedente figura, e  $P(i)$  è la pioggia netta all'intervallo  $i$ -esimo.

### Dati Idrogramma

Tipo: Idrogramma SCS

**Pluviogramma di input:** Pluviogramma sintetico 200 AM1

**Superficie del bacino:** 0.9 kmq

**Tlag:** 0.370 ore

**Astrazione iniziale:** 3.0 mm

**Curve Number:** 75.0

**Intervallo di calcolo:** 5 minuti

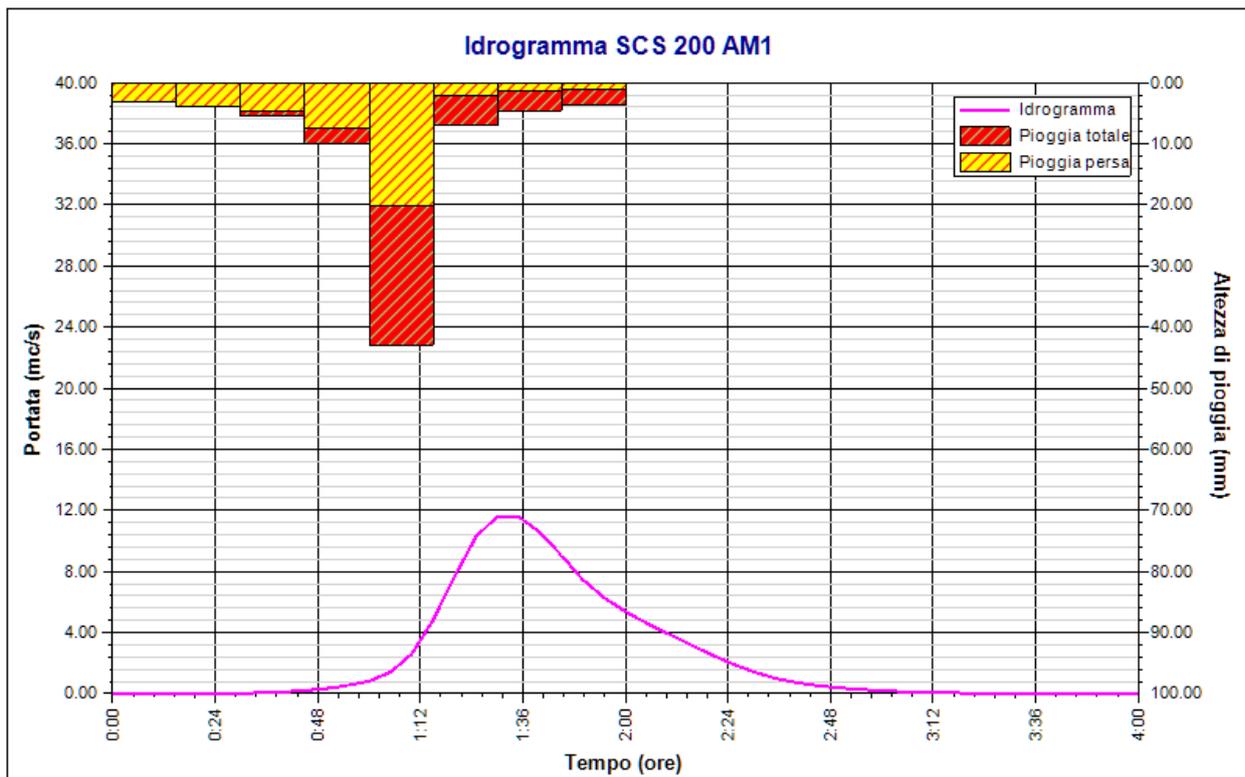
### Tabella idrogramma

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
1	0.000	0	1.071	1.071	0.000	0.0
2	0.083	5	1.071	1.071	0.000	0.0
3	0.167	10	1.071	1.070	0.001	0.0
4	0.250	15	1.330	1.303	0.027	0.0
5	0.333	20	1.330	1.263	0.067	0.0
6	0.417	25	1.330	1.225	0.104	0.0
7	0.500	30	1.826	1.624	0.202	0.0
8	0.583	35	1.826	1.560	0.266	0.1
9	0.667	40	1.826	1.500	0.326	0.1
10	0.750	45	3.357	2.610	0.746	0.2
11	0.833	50	3.357	2.437	0.920	0.3
12	0.917	55	3.357	2.280	1.076	0.5
13	1.000	60	14.325	8.282	6.043	0.8
14	1.083	65	14.325	6.499	7.826	1.4
15	1.167	70	14.325	5.236	9.089	2.6
16	1.250	75	2.317	0.753	1.564	4.8
17	1.333	80	2.317	0.730	1.587	7.7
18	1.417	85	2.317	0.708	1.609	10.3
19	1.500	90	1.530	0.456	1.074	11.6
20	1.583	95	1.530	0.447	1.083	11.6
21	1.667	100	1.530	0.439	1.092	10.6
22	1.750	105	1.183	0.333	0.850	9.0
23	1.833	110	1.183	0.328	0.855	7.5
24	1.917	115	1.183	0.324	0.860	6.3
25	2.000	120	0.000	0.000	0.000	5.4
26	2.083	125	0.000	0.000	0.000	4.6
27	2.167	130	0.000	0.000	0.000	3.9
28	2.250	135	0.000	0.000	0.000	3.2
29	2.333	140	0.000	0.000	0.000	2.6
30	2.417	145	0.000	0.000	0.000	1.9
31	2.500	150	0.000	0.000	0.000	1.4
32	2.583	155	0.000	0.000	0.000	1.0
33	2.667	160	0.000	0.000	0.000	0.7

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
34	2.750	165	0.000	0.000	0.000	0.5
35	2.833	170	0.000	0.000	0.000	0.4
36	2.917	175	0.000	0.000	0.000	0.3
37	3.000	180	0.000	0.000	0.000	0.2
38	3.083	185	0.000	0.000	0.000	0.1
39	3.167	190	0.000	0.000	0.000	0.1
40	3.250	195	0.000	0.000	0.000	0.1
41	3.333	200	0.000	0.000	0.000	0.0
42	3.417	205	0.000	0.000	0.000	0.0
43	3.500	210	0.000	0.000	0.000	0.0
44	3.583	215	0.000	0.000	0.000	0.0
45	3.667	220	0.000	0.000	0.000	0.0
46	3.750	225	0.000	0.000	0.000	0.0
47	3.833	230	0.000	0.000	0.000	0.0
48	3.917	235	0.000	0.000	0.000	0.0
49	4.000	240	0.000	0.000	0.000	0.0

### Tabella risultati

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	11.6	mc/s
Istante picco	1.500	ore
Istante picco	90.0	minuti
Durata totale evento	4.000	ore
Volume afflusso	73	mc x 1000
Volume deflusso	34	mc x 1000
Altezza afflusso	80.815	mm
Altezza deflusso	37.302	mm
Coeff. deflusso	0.46	-
Coeff. udometrico	12.89	mc/s/kmq



Idrogramma SCS 200 AM1

## Rapporto sulla stazione di misura:

<b>Stazione di misura LESINA</b>
----------------------------------

**Dati Stazione**

**Codice:** 16057  
**Bacino:** APRICENA AM1  
**Comune:** LESINA  
**Quota:** 5.0 m s.l.m.  
**Latitudine:** 41,8630555555556  
**Longtudine:** 15,3538888888889

**Dati Serie**

**Serie presenti:** 5  
**Durate presenti:** 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore  
**Minima dimensione serie:** 60  
**Massima dimensione serie:** 63

<b>Serie n. 1</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 1 ORA
<b>Durata</b>	1 ora
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 2</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 3 ORE
<b>Durata</b>	3 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 3</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 6 ORE
<b>Durata</b>	6 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 4</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 12 ORE
<b>Durata</b>	12 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 5</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 24 ORE
<b>Durata</b>	24 ore
<b>Descrizione</b>	

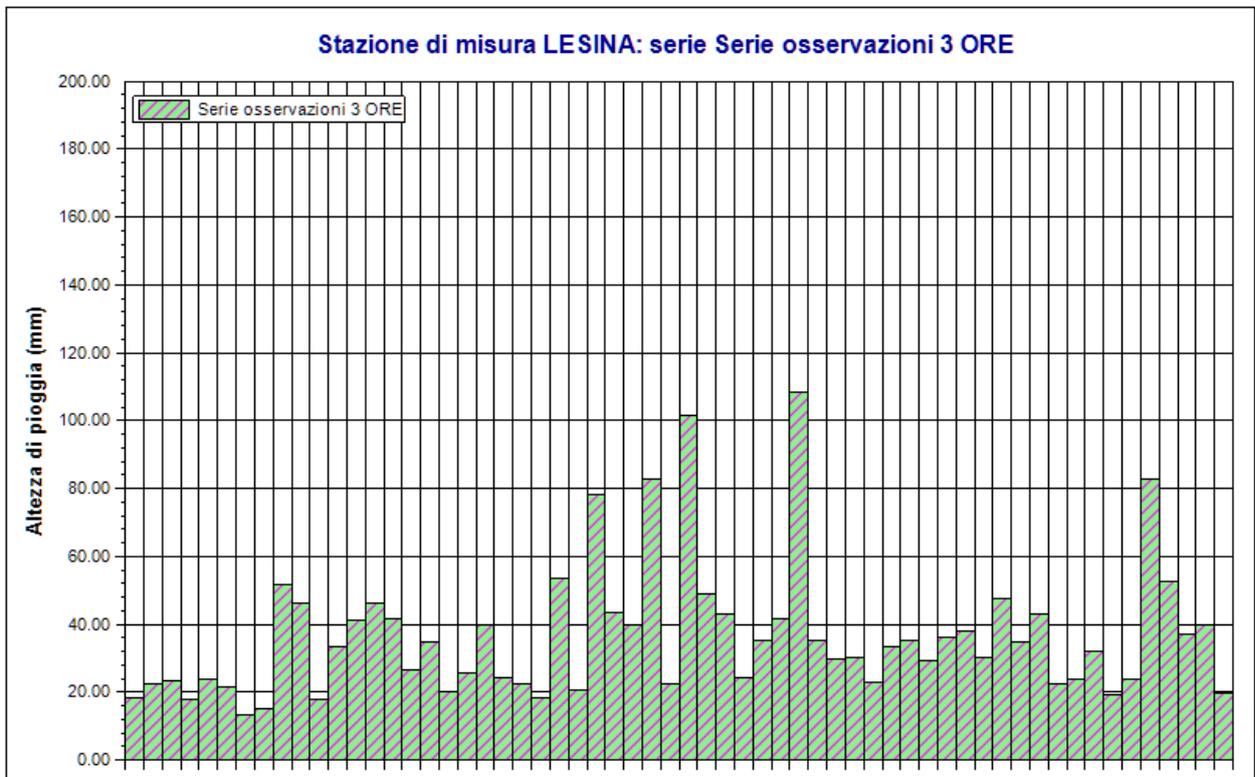
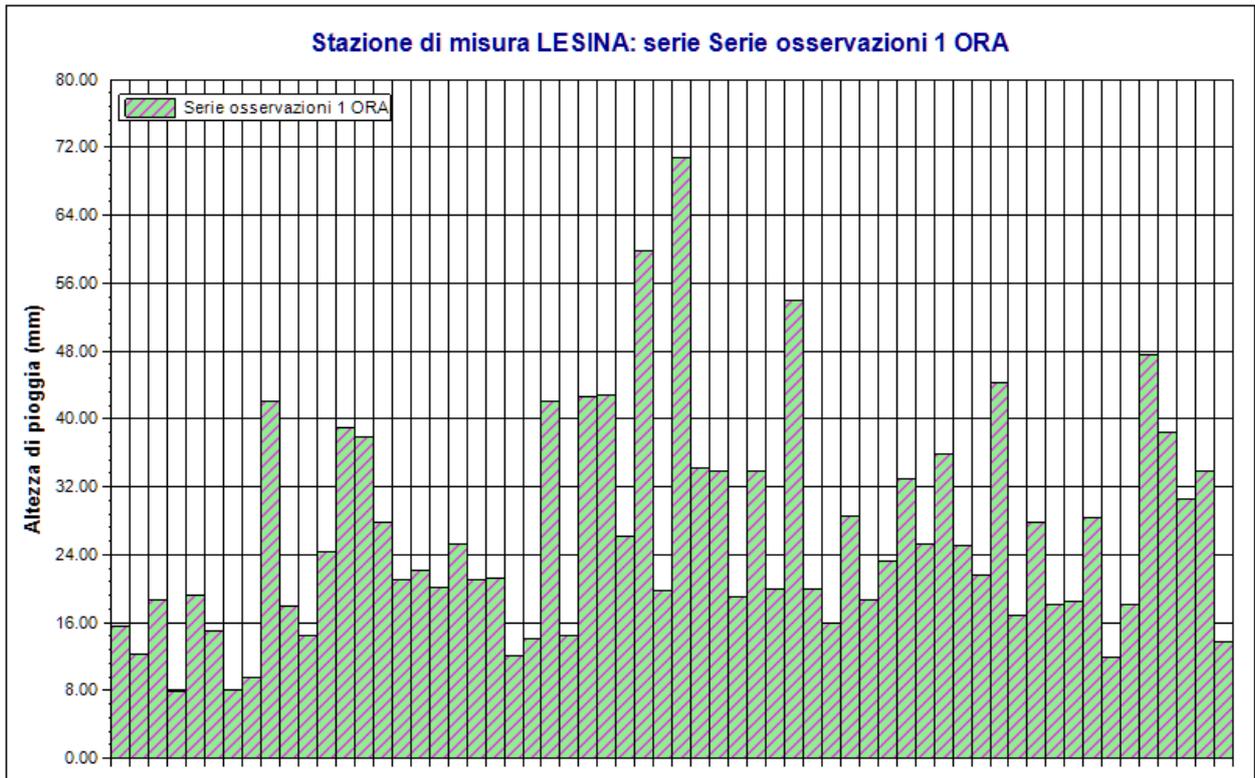
**Serie osservazioni**

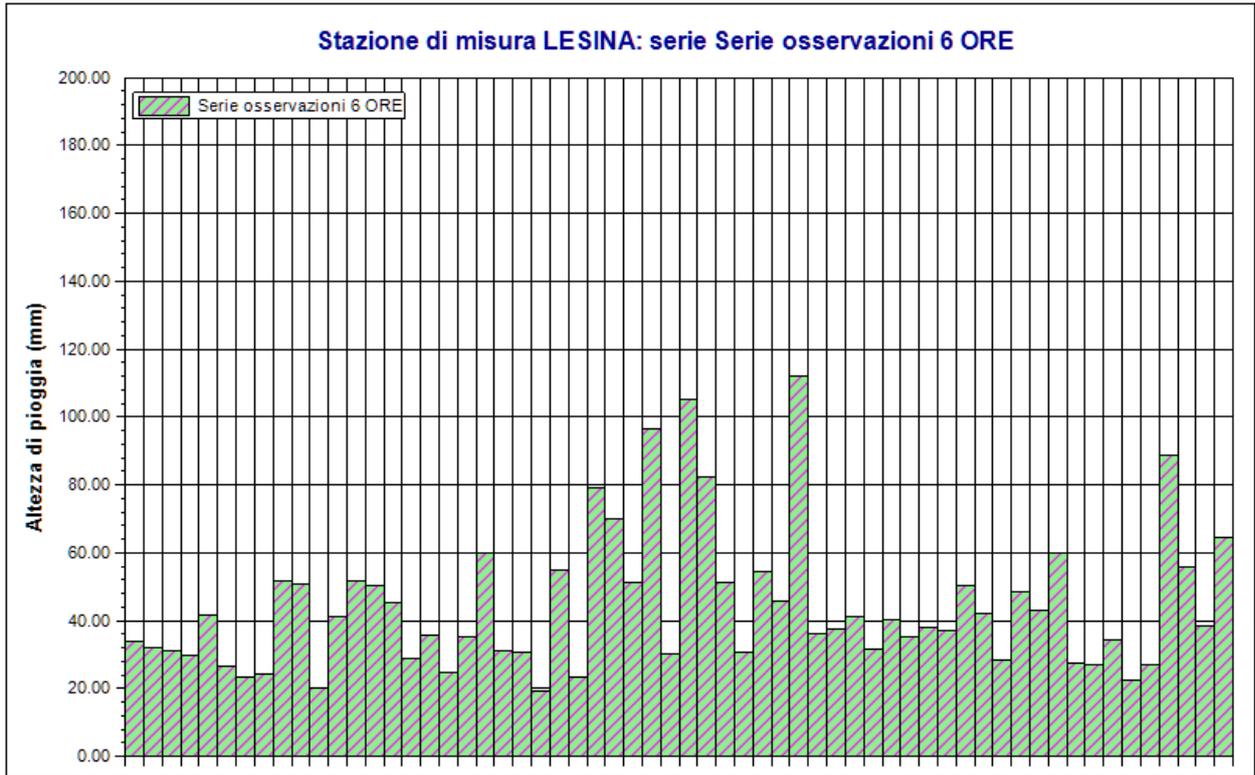
n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1	15.6	18.2	33.8	56.4	80.6
2	12.2	22.4	31.8	44.2	46.0
3	18.6	23.2	31.0	41.2	46.6
4	7.8	17.8	29.8	36.0	38.0
5	19.2	23.6	41.6	53.4	54.6
6	15.0	21.4	26.6	48.8	75.8
7	8.0	13.2	23.2	32.0	35.0
8	9.6	15.2	24.2	36.2	39.2
9	42.0	51.6	51.6	53.4	53.6
10	18.0	46.0	50.6	55.8	59.8
11	14.4	18.0	20.0	25.4	28.6
12	24.4	33.4	41.2	53.8	60.6
13	39.0	41.2	51.6	65.0	76.8
14	37.8	46.2	50.2	64.8	66.0
15	27.8	41.6	45.2	57.2	63.0
16	21.0	26.6	28.6	35.6	47.5
17	22.2	34.6	35.6	40.8	55.0
18	20.2	20.2	24.8	33.0	42.6
19	25.2	25.6	35.0	47.8	62.8
20	21.0	40.0	60.0	67.6	68.0
21	21.2	24.4	31.2	41.4	60.5
22	12.0	22.4	30.6	36.8	39.8
23	14.0	18.4	19.4	25.4	29.6
24	42.0	53.4	55.0	73.0	73.6
25	14.4	20.6	23.2	30.0	34.0
26	42.6	78.0	79.2	79.6	88.6
27	42.8	43.6	69.8	78.6	110.0
28	26.2	40.0	51.0	51.2	51.2
29	59.8	83.0	96.4	102.4	102.4
30	19.8	22.4	30.4	33.0	56.6
31	70.8	101.4	105.2	31.2	38.6
32	34.2	49.0	82.4	107.4	108.0
33	33.8	43.0	51.0	104.2	108.0
34	19.0	24.2	30.6	52.8	58.0

n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
35	33.8	35.2	54.6	36.4	46.8
36	20.0	41.8	45.8	54.6	54.6
37	54.0	108.2	112.2	46.0	46.0
38	20.0	35.2	36.0	112.2	121.6
39	16.0	29.6	37.6	36.0	37.0
40	28.6	30.0	41.0	55.0	77.4
41	18.6	23.0	31.4	59.8	62.4
42	23.2	33.6	40.4	38.6	48.8
43	33.0	35.4	35.4	47.2	65.4
44	25.2	29.4	38.0	45.4	54.2
45	35.8	36.0	37.0	38.4	48.2
46	25.0	37.8	50.4	42.6	61.2
47	21.6	30.4	42.0	60.8	66.0
48	44.2	47.6	28.2	42.6	42.6
49	16.8	34.8	48.4	36.6	42.2
50	27.8	43.0	43.2	52.0	76.2
51	18.2	22.6	59.8	62.8	64.4
52	18.4	24.0	27.4	62.6	67.2
53	28.4	31.8	26.9	28.4	78.2
54	11.8	19.0	34.4	30.4	39.6
55	18.2	23.6	22.4	42.0	33.0
56	47.6	83.0	27.2	29.2	56.0
57	38.4	52.8	88.6	40.0	30.6
58	30.6	37.2	55.8	98.8	56.2
59	33.8	39.6	38.4	76.0	106.6
60	13.8	19.8	64.4	42.4	94.2
61	-	-	23.8	67.0	61.8
62	-	-	-	34.8	72.2
63	-	-	-	-	45.2

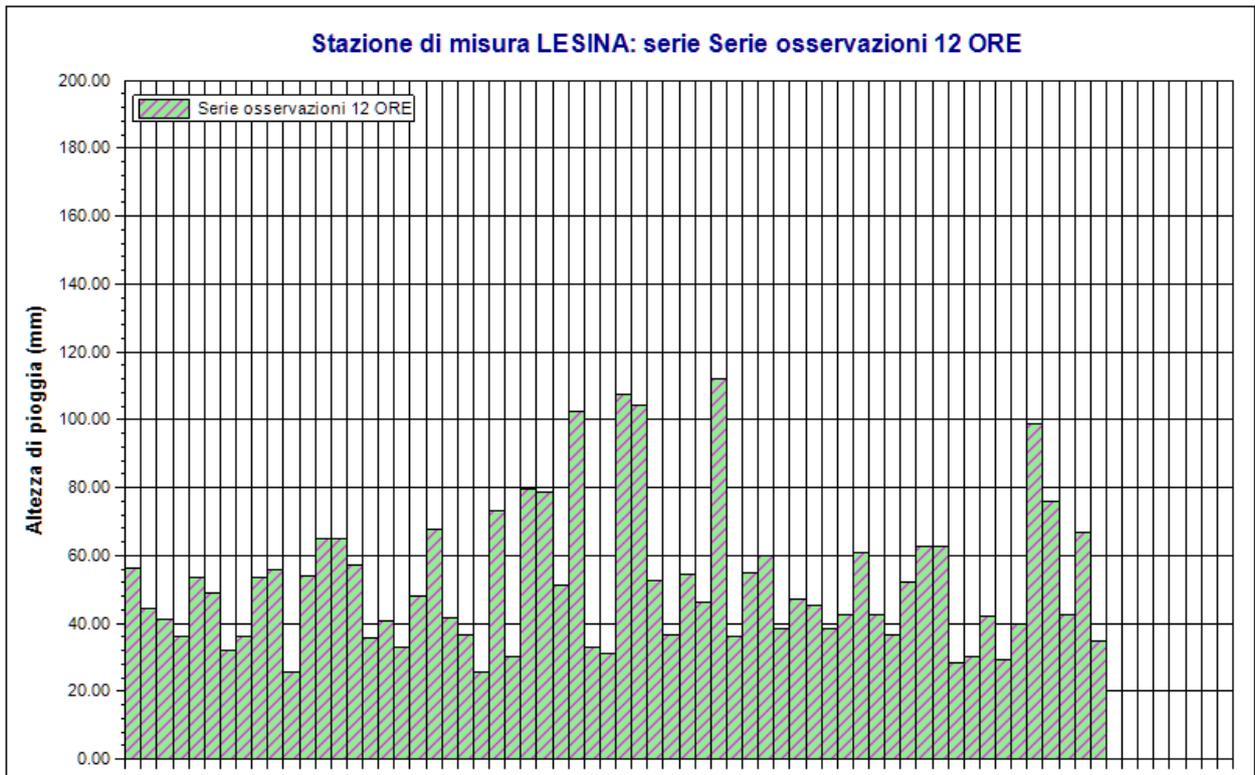
### Dati Statistici

Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	60	60	61	62	63
Somma dei dati	1574.4	2188.2	2682.5	3214.0	3814.8
Valore minimo	7.8	13.2	19.4	25.4	28.6
Valore massimo	70.8	108.2	112.2	112.2	121.6
Valore medio	26.24	36.47	43.98	51.84	60.55
Dev. standard	12.95	19.72	20.64	20.78	21.78
Coeff. variazione	0.494	0.541	0.469	0.401	0.360
Coeff. asimmetria	1.178	1.913	1.550	1.303	0.933

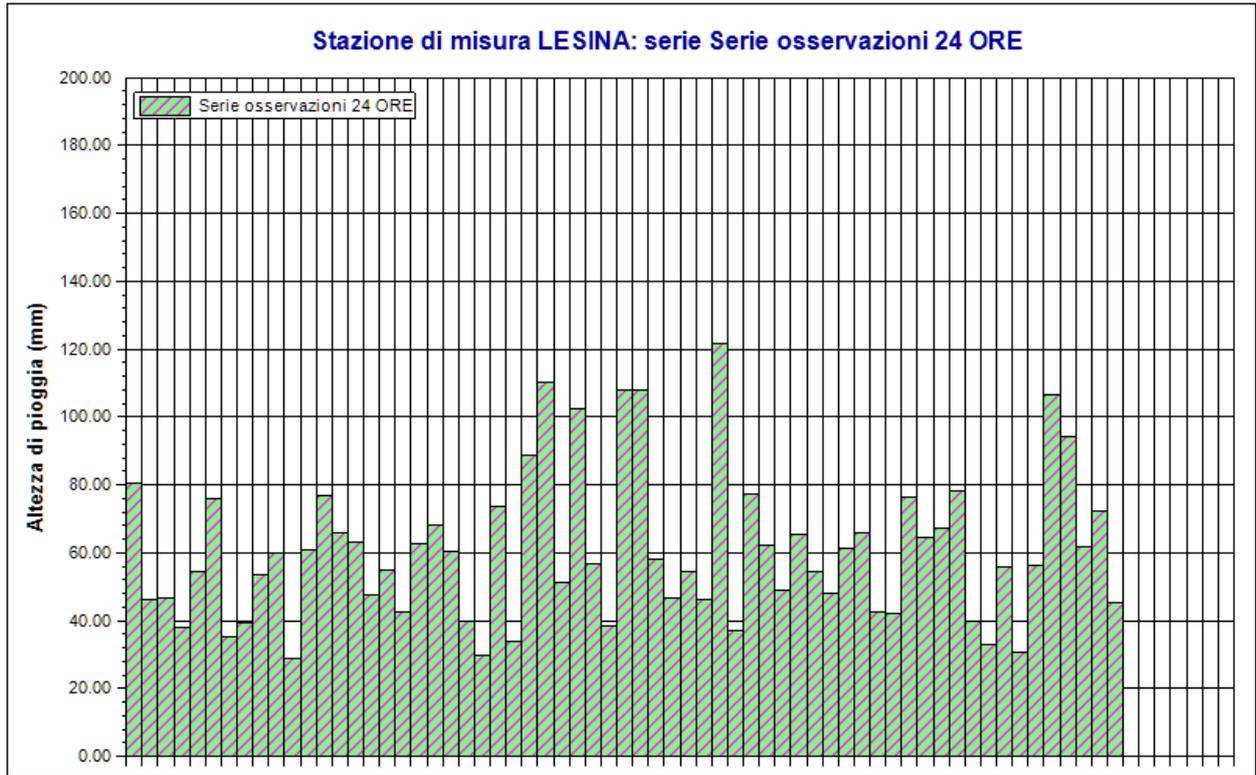




Stazione di misura LESINA. Serie osservazioni 6 ORE. Durata 6 ore



Stazione di misura LESINA. Serie osservazioni 12 ORE. Durata 12 ore



Stazione di misura LESINA. Serie osservazioni 24 ORE. Durata 24 ore

## Rapporto sull'elaborazione probabilistica:

**Elaborazione TCEV secondo livello 500 ANNI AM1****Modello TCEV (Two Components Extreme Value)**

La stima  $x_T$  del valore assunto da una grandezza idrologica in corrispondenza di un assegnato periodo di ritorno si effettua sulla base della serie campionaria della variabile  $x$  nel punto di interesse, se disponibile, oppure utilizzando l'informazione fornita dalle serie storiche disponibili nella regione in cui si trova il punto di interesse.

Nel primo caso si ha una stima *puntuale*, nel secondo caso una stima *regionale*. Nel caso si combinino l'informazione puntuale e quella regionale si giungerà ad una stima *mista*.

L'insieme delle operazioni che conducono ad una stima di  $x_T$  si definisce stimatore e si costruisce utilizzando un modello probabilistico ad uno o più parametri. La stima di questi ultimi si effettua in base ai dati storici puntuali e/o regionali.

Il modello probabilistico adottato per l'analisi dei valori estremi delle precipitazioni è il modello a doppia componente denominato TCEV (two components extreme value). Tale modello è in grado di riprodurre i principali caratteri statistici delle serie storiche delle piogge.

Il modello a doppia componente TCEV ipotizza che i valori estremi di una grandezza idrologica (portata, pioggia) facciano parte di due differenti popolazioni legate a differenti fenomeni meteorologici.

Alla base di questa ipotesi c'è il fatto che molte serie di massimi annuali presentano uno o più valori nettamente maggiori degli altri e tali da sembrare non provenienti dalla stessa popolazione degli altri dati.

L'espressione della CDF della distribuzione TCEV è data da:

$$F_x(x) = \exp \left[ -\Lambda_1 \exp \left( -\frac{x}{g_1} \right) - \Lambda_2 \exp \left( -\frac{x}{g_2} \right) \right]; \quad x \geq 0$$

Nell'espressione precedente si sono indicati con il pedice 1 i parametri riguardanti la *componente base* e con il pedice 2 i parametri relativi alla *componente straordinaria*.

I parametri  $\Lambda_1$  e  $\Lambda_2$  rappresentano il numero medio annuo di eventi indipendenti delle due componenti, mentre  $g_1$  e  $g_2$  esprimono il loro valore medio annuo.

La distribuzione TCEV equivale al prodotto di due distribuzioni di Gumbel, con la quale viene a coincidere se si pone  $\Lambda_2=0$ .

Riferendosi alla variabile standardizzata:

$$y = \frac{x}{g_1} - \ln \Lambda_1$$

si ha che la CDF di  $y$  è data da:

$$F_y(y) = \exp \left[ - \exp(-y) - \Lambda_* \exp \left( - \frac{y}{\mathcal{G}_*} \right) \right]$$

avendo posto:

$$\mathcal{G}_* = \frac{\mathcal{G}_2}{\mathcal{G}_1} \quad e \quad \Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\mathcal{G}_*}}$$

La media della distribuzione TCEV è data dall'espressione:

$$\mu = \mathcal{G}_1 (\ln \Lambda_1 + \gamma_e) - \mathcal{G}_1 \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda_*^j}{j!} \Gamma \left( \frac{j}{\mathcal{G}_*} \right)$$

con  $\gamma_e=0,5772$ , costante di Eulero. Con il simbolo  $\Gamma$  si è indicata la funzione gamma:

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} x^{t-1} e^{-t} dt$$

Il coefficiente di variazione teorico dipende da  $\Lambda_1$ ,  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  ed è quindi indipendente da  $\mathcal{G}_1$ .

Il coefficiente di asimmetria teorico dipende da  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  ed è quindi indipendente da  $\Lambda_1$  e  $\mathcal{G}_1$ .

### **Modelli regionali**

Il modello TCEV consente di costruire un modello regionale articolato in una struttura gerarchica.

Infatti si può assumere che esistano delle regioni in cui è costante il solo coefficiente di asimmetria e quindi siano costanti i parametri  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  e delle sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante pure il coefficiente di variazione e, quindi, il parametro  $\Lambda_1$ .

Più precisamente esiste un primo livello di regionalizzazione che consiste nell'individuare zone omogenee (zo) nelle quali si può assumere che il coefficiente di asimmetria teorico delle serie dei massimi annuali sia costante. I parametri  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  possono essere stimati utilizzando tutte le serie storiche disponibili nella zona, riducendo in modo consistente l'incertezza della stima.

Al secondo livello di regionalizzazione si individuano delle sottozone omogenee (szo), con estensione minore rispetto alle precedenti, nelle quali oltre al coefficiente di asimmetria risulta costante anche il coefficiente di variazione. In una sottozona risultano quindi costanti i tre parametri  $\Lambda^*$ ,  $\mathcal{G}^*$  e  $\Lambda_1$ .  $\Lambda_1$  può quindi essere stimato in base a tutte le serie storiche ricadenti nella sottozona.

In una sottozona rimane costante la CDF di  $x/\mu$ . Infatti dall'espressione della CDF della TCEV, introducendo i parametri  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  si ha:

$$F_x(x) = \exp \left[ - \Lambda_1 \exp \left( - \frac{x}{\mathcal{G}_1} \right) - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\mathcal{G}_*} \exp \left( - \frac{x}{\mathcal{G}_1 \mathcal{G}_*} \right) \right]$$

poiché si può scrivere:

$$\frac{x}{\mathcal{G}_1} = \frac{x}{\mu} \cdot \frac{\mu}{\mathcal{G}_1}$$

e cioè:

$$\frac{x}{\mathcal{G}_1} = x' \cdot \eta$$

avendo posto (variabile indice):

$$x' = \frac{x}{\mu}$$

e

$$\eta = \frac{\mu}{\mathcal{G}_1} = \ln \Lambda_1 + \gamma_\varepsilon - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda_*^j}{j!} \Gamma\left(\frac{j}{\mathcal{G}_*}\right) = f(\Lambda_1, \Lambda_*, \mathcal{G}_*)$$

si ottiene

$$F_{x'}(x') = \exp\left[-\Lambda_1 \exp(-\eta x') - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\mathcal{G}_*} \exp\left(-\frac{\eta x'}{\mathcal{G}_*}\right)\right]$$

Alla precedente espressione si dà il nome di **curva di crescita**.

Al terzo livello di regionalizzazione si individuano all'interno della sottozona omogenea le relazioni che intercorrono tra  $x_m$  e le caratteristiche fisiche o climatiche dei bacini.

In definitiva la stima  $x_T$  di una grandezza idrologica ad un prefissato tempo di ritorno può essere effettuata, in base al modello TCEV, in quattro modi diversi:

a) Al livello di regionalizzazione zero, in cui tutti i parametri del modello sono stimati dalla singola serie:

$$x_T = f(T; \mathcal{G}_1; \Lambda_1; \mathcal{G}_*; \Lambda_*)$$

b) Al livello di regionalizzazione uno, in cui i parametri  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  sono stimati a livello regionale e  $\Lambda_1$  e  $\mathcal{G}_1$  dalla singola serie:

$$x_T = f(T; \mathcal{G}_1; \Lambda_1; \mathcal{G}_*^R; \Lambda_*^R)$$

c) Al livello di regionalizzazione due, in cui i parametri  $\Lambda^*$ ,  $\mathcal{G}^*$  e  $\Lambda_1$  sono stimati a livello regionale e  $\mathcal{G}_1$  dalla singola serie:

$$x_T = f(T; \mathcal{G}_1; \Lambda_1^R; \mathcal{G}_*^R; \Lambda_*^R)$$

d) Al livello di regionalizzazione tre, in cui tutti i parametri sono stimati con tecniche di analisi regionale:

$$x_T = f(T; \mathcal{G}_1^R; \Lambda_1^R; \mathcal{G}_*^R; \Lambda_*^R)$$

## Dati Elaborazione

**Stazione di misura:** Stazione di misura LESINA

**Distribuzione probabilistica:** TCEV secondo livello

**Metodo di stima dei parametri:** Massima verosimiglianza

**Elaborazioni presenti:** 5 (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore)

**Elaborazioni valide:** 5 (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore)

### Stima parametri

Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	60	60	61	62	63
Valore medio	26.24	36.47	43.98	51.84	60.55
Dev. standard	12.95	19.72	20.64	20.78	21.78
<b>Parametri regionali</b>					
Descrizione	Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica	Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica	Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica	Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica	Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica
Lambda*	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200
Teta*	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200
Lambda 1	45.00000	45.00000	45.00000	45.00000	45.00000
<b>Parametri stimati</b>					
Teta 1	4.11958	5.86031	7.35530	9.03933	10.70181
Lambda 2	3.89506	3.89506	3.89506	3.89506	3.89506
Teta 2	9.68924	13.78344	17.29967	21.26051	25.17065

### Espressioni delle CDF della distribuzione

TCEV secondo livello: Serie osservazioni 1 ORA	$F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{4,120} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{9,689} \right) \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 3 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{5,860} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{13,783} \right) \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 6 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{7,355} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{17,300} \right) \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 12 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{9,039} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{21,261} \right) \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 24 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{10,702} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{25,171} \right) \right]$

## Espressioni delle Curve di crescita

TCEV secondo livello: Serie osservazioni 1 ORA	$F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 3 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 6 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 12 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 24 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$

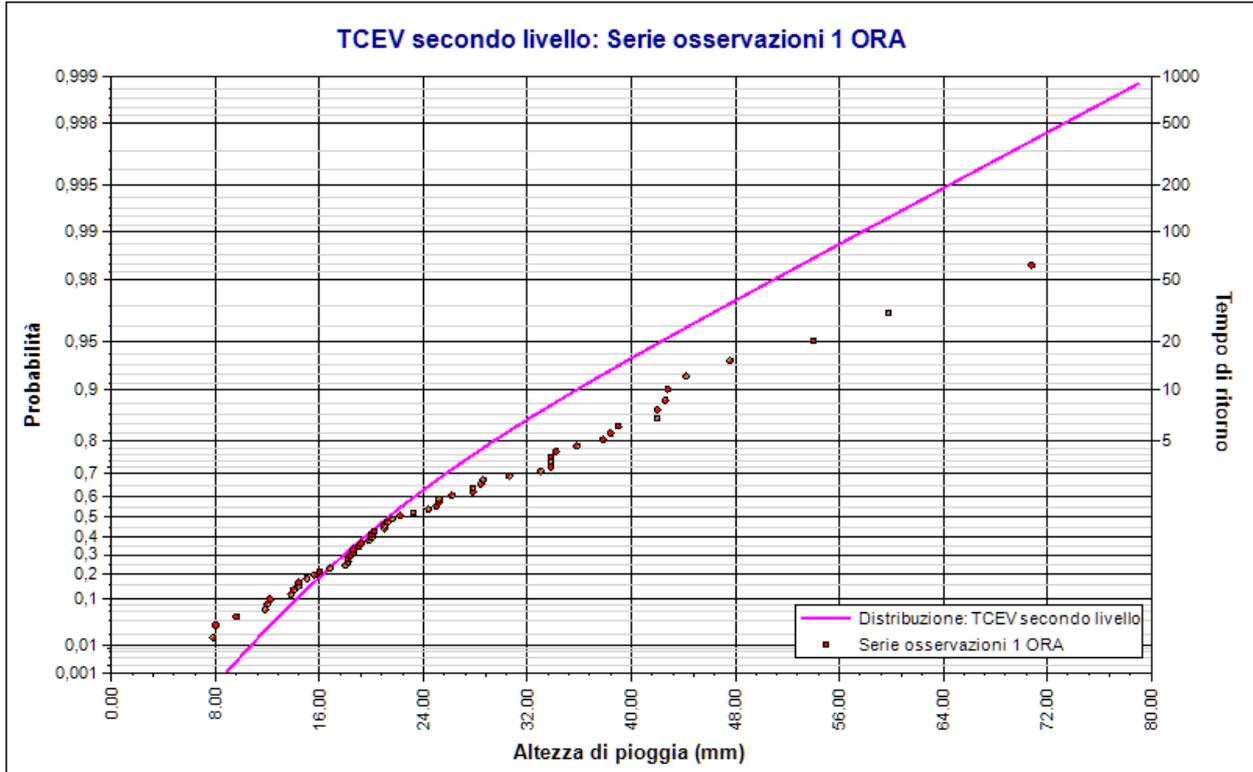
## Frattili distribuzioni probabilistiche

Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	21.25	30.23	37.94	46.63	55.21
5 anni	29.40	41.82	52.49	64.51	76.38
10 anni	35.72	50.81	63.77	78.37	92.78
20 anni	42.26	60.11	75.45	92.72	109.77
50 anni	51.07	72.65	91.18	112.06	132.67
100 anni	57.78	82.20	103.17	126.79	150.10
200 anni	64.50	91.76	115.16	141.53	167.56
500 anni	73.38	104.39	131.02	161.02	190.64
1000 anni	80.10	113.95	143.02	175.76	208.09

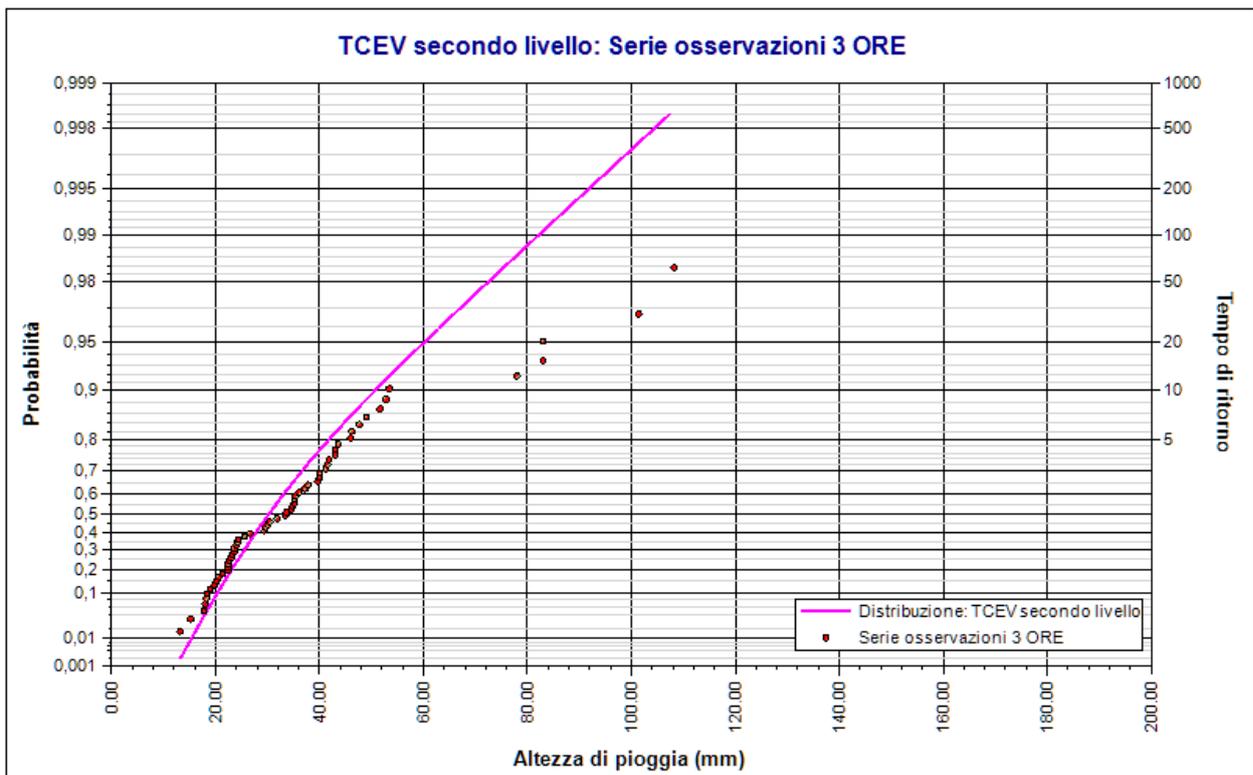
## Fattori di crescita

Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
5 anni	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
10 anni	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52
20 anni	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79
50 anni	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17
100 anni	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45
200 anni	2.74	2.74	2.74	2.74	2.74
500 anni	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11

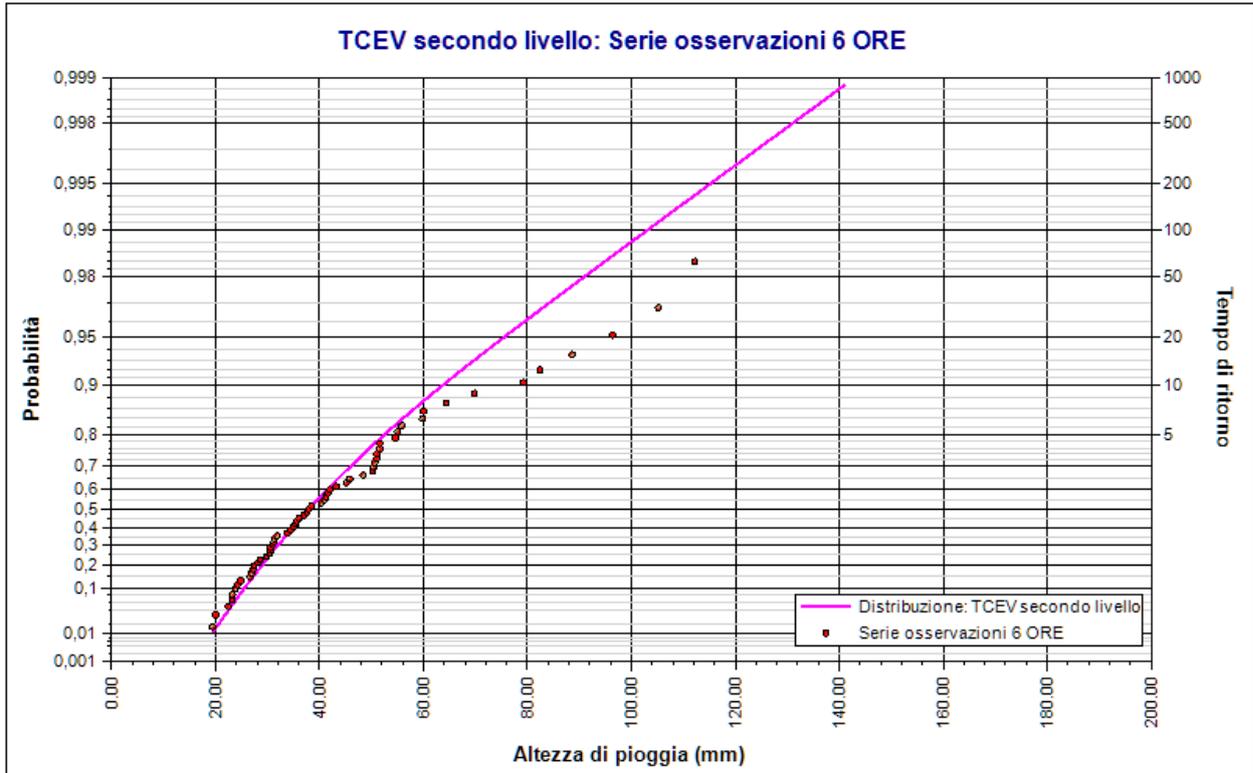
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1000 anni	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40



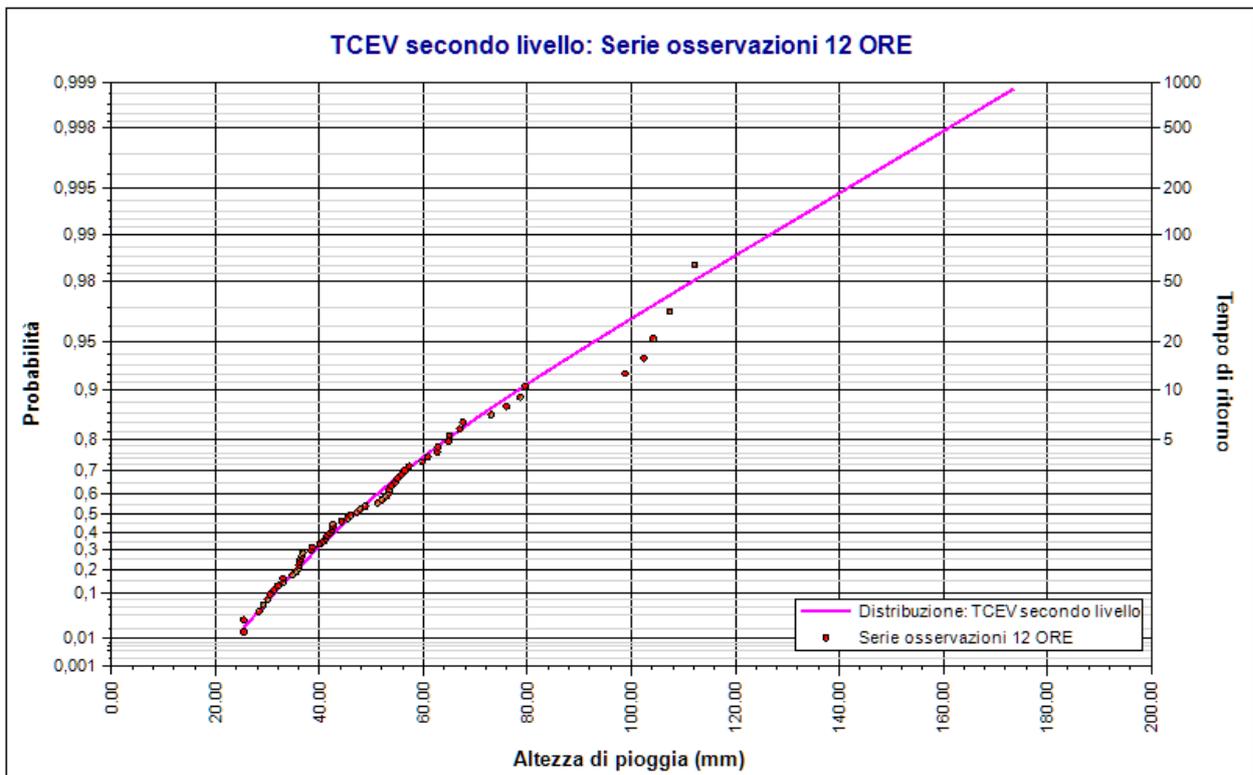
Elaborazione TCEV secondo livello 500 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora



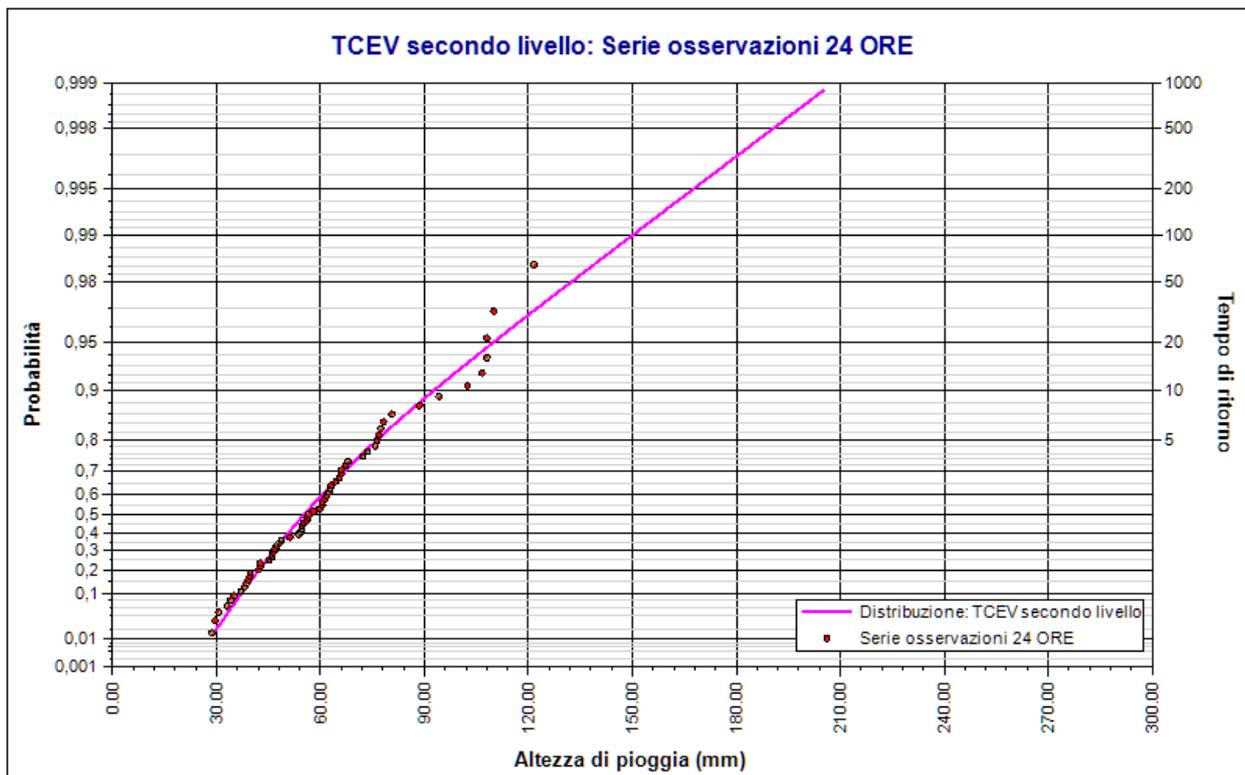
Elaborazione TCEV secondo livello 500 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 3 ORE.  
Durata 3 ore



Elaborazione TCEV secondo livello 500 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 6 ORE.  
Durata 6 ore



Elaborazione TCEV secondo livello 500 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 12 ORE.  
Durata 12 ore



Elaborazione TCEV secondo livello 500 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 24 ORE. Durata 24 ore

## Rapporto sulla curva di pioggia:

<b>Curva pioggia calcolata 500 ANNI AM1</b>
---

## Dati Curva di pioggia

Tipo: Curva di pioggia calcolata

Elaborazione probabilistica: Elaborazione TCEV secondo livello 500 ANNI AM1

Tempo di ritorno: 500.000 anni

Numero punti: 5

Durate di calcolo: 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore

## Tabella punti di calcolo

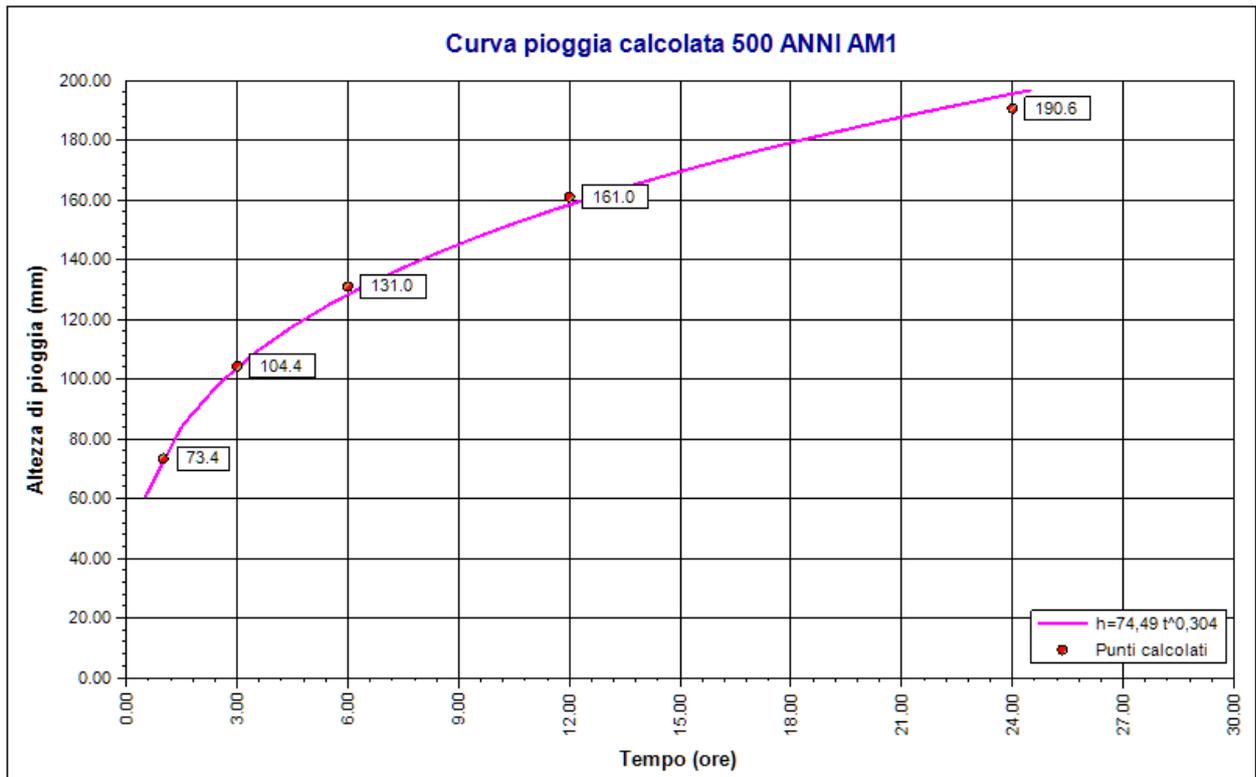
n	Durata		Altezza (mm)
	(ore)	(minuti)	
1	1.000	60	73.384
2	3.000	180	104.392
3	6.000	360	131.023
4	12.000	720	161.021
5	24.000	1440	190.636

## Risultati interpolazione

Coefficienti curva			Espressione
a	n	correlazione (r)	
74.49	0.30	1.00	$h(t) = 74,5 t^{0,304}$

## Valori curva di pioggia

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
1	74.491	9	145.184	17	176.119
2	91.945	10	149.905	18	179.203
3	103.994	11	154.307	19	182.170
4	113.489	12	158.439	20	185.030
5	121.447	13	162.338	21	187.792
6	128.362	14	166.034	22	190.464
7	134.515	15	169.549	23	193.053
8	140.082	16	172.905	24	195.564



Curva pioggia calcolata 500 ANNI AM1

## Rapporto pluviogramma sintetico:

<b>Pluviogramma sintetico 500 AM1</b>
---------------------------------------

## Dati Pluviogramma

Tipo: Pluviogramma sintetico

Curva di pioggia: Curva pioggia calcolata 500 ANNI AM1

Durata: 2.000 ore

Altezza di pioggia complessiva: 91.945 mm

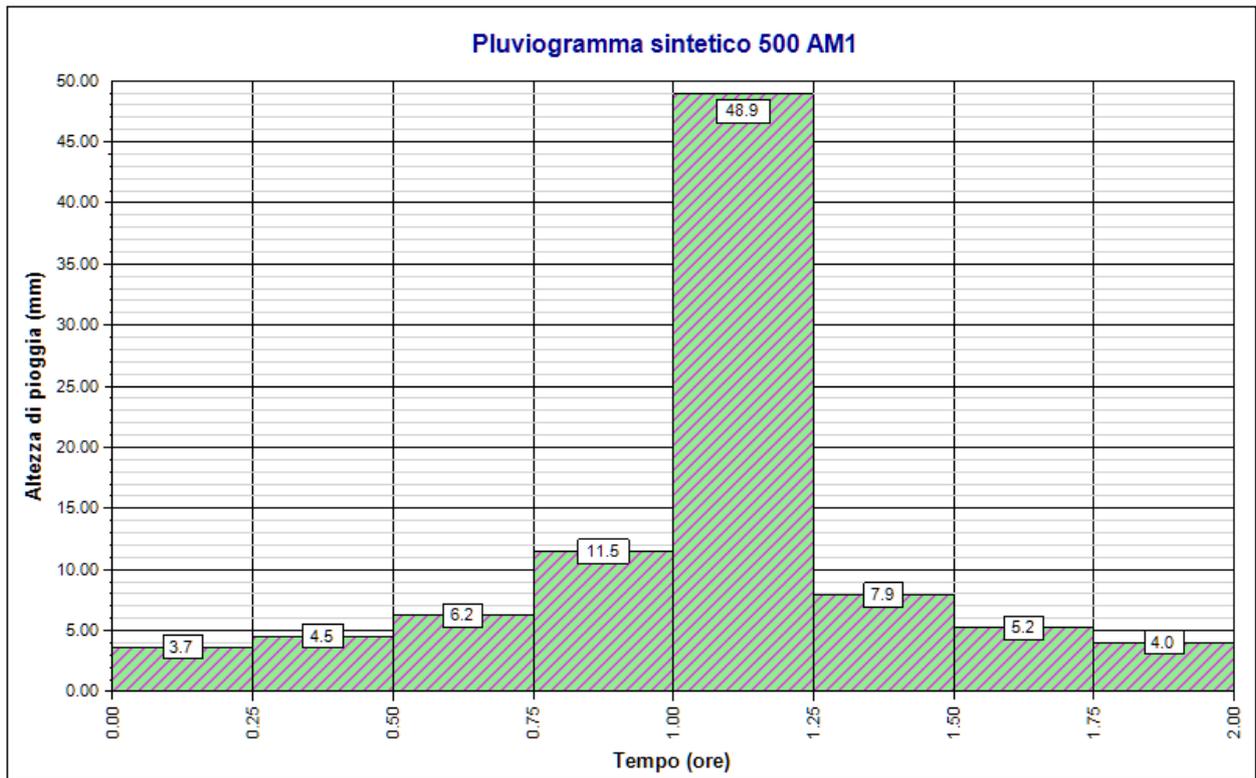
Intervallo di discretizzazione: 15

## Curva di pioggia

Coefficienti curva		Espressione
a	n	
74.49	0.30	$h(t) = 74,5 t^{0,304}$

## Tabella pluviogramma

n	Estremi intervallo (ore)		Estremi intervallo (minuti)		Altezza (mm)
	t(i)	t(i+1)	t(i)	t(i+1)	
1	0.000	0.250	0	15	3.654
2	0.250	0.500	15	30	4.539
3	0.500	0.750	30	45	6.232
4	0.750	1.000	45	60	11.457
5	1.000	1.250	60	75	48.893
6	1.250	1.500	75	90	7.909
7	1.500	1.750	90	105	5.223
8	1.750	2.000	105	120	4.038



*Pluviogramma sintetico 500 AM1*

**Rapporto idrogramma:****Idrogramma SCS 500 AM1****Modello SCS-CN**

Il modello idrologico SCS-CN permette di simulare il deflusso superficiale in corrispondenza di una data precipitazione. Il processo di trasformazione afflussi-deflussi è suddiviso nelle seguenti fasi:

- a) Determinazione delle piogge nette;
- b) Trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali.

È necessario definire un pluviogramma, che viene considerato uniformemente distribuito sull'intero bacino.

Le piogge nette si calcolano, a partire dal pluviogramma, secondo il metodo del Curve Number (CN) proposto dall'SCS (Soil Conservation Service). L'equazione di continuità:

$$R = P - S$$

dove:

$R$  è il deflusso fino all'istante  $t$  (mm)

$P$  è la precipitazione fino all'istante  $t$  (mm)

$S$  sono le perdite fino all'istante  $t$  (mm)

viene modificata ipotizzando che vi sia una relazione di proporzionalità tra perdite  $S$  e massima altezza immagazzinabile nel terreno a saturazione,  $S'$  (mm):

$$\frac{S}{S'} = \frac{R}{P}$$

e assume la forma seguente:

$$R = \frac{P^2}{P + S'} [mm]$$

che definisce l'andamento nel tempo del deflusso  $R$  nota la precipitazione  $P$  e la massima infiltrazione  $S'$ .

Considerando che un'aliquota di  $P$  si invasa nelle depressioni superficiali o si infiltra prima che il deflusso abbia inizio, si può scrivere:

$$R = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S'} [mm]$$

essendo  $Ia$  (mm) la perdita iniziale (*Initial abstraction*).

L'unico parametro del modello risulta quindi essere l'altezza massima immagazzinabile nel terreno a saturazione  $S'$  (mm), che si ricava dalla seguente formula:

$$S' = \frac{25400}{CN} - 254$$

dove  $CN$  (*Curve Number*) è un indice compreso tra 0 e 100 fornito dalle tabelle SCS in funzione del tipo di terreno, dell'utilizzazione del suolo e delle condizioni antecedenti di umidità.

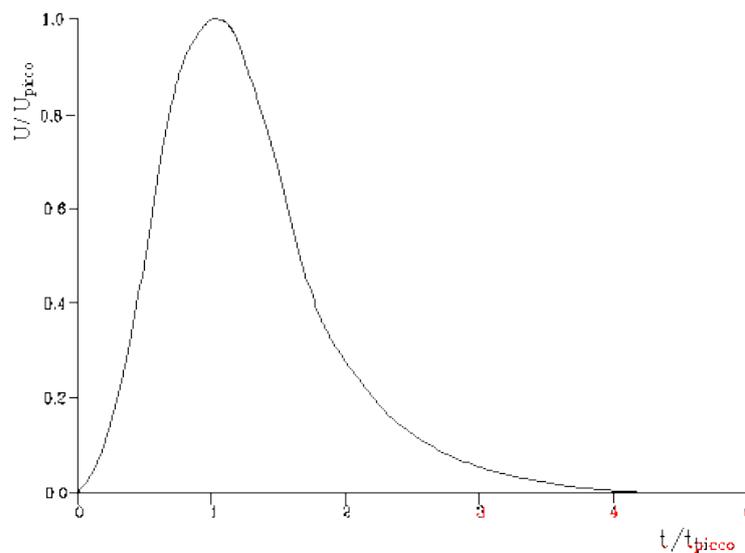
La trasformazione afflussi-deflussi quindi è ottenuta tramite l'idrogramma unitario SCS (1972) di seguito riportato, che richiede come unico parametro il tempo  $t_{LAG}$  (ore) pari al ritardo tra il baricentro del diagramma delle piogge nette e il picco dell'idrogramma unitario. Si può porre  $t_{LAG}=0,6 t_C$  con  $t_C$  tempo di corrivazione del bacino in esame.

L'istante e la portata di picco rispetto alla precipitazione unitaria sono calcolati come:

$$t_{picco} = 0,5\Delta t + t_{lag}$$

$$U_{picco} = 0,2084 \frac{A}{t_{picco}}$$

dove  $t_{picco}$  è il tempo in ore del picco dell'idrogramma unitario,  $\Delta t$  è l'intervallo di calcolo espresso in ore,  $U_{picco}$  è la portata massima dell'idrogramma unitario espressa in  $m^3/s/mm$  e  $A$  è l'area del sottobacino misurata in  $km^2$ .



Idrogramma unitario adimensionalizzato SCS

La portata è ottenuta tramite la sommatoria che discretizza l'integrale di convoluzione:

$$Q(i) = \sum_{j=1}^i U(j)P(i-j+1)$$

dove  $Q(i)$  è la portata alla fine dell'intervallo  $i$ -esimo,  $U(j)$  è la  $j$ -esima ordinata dell'idrogramma unitario, ricavabile dalla precedente figura, e  $P(i)$  è la pioggia netta all'intervallo  $i$ -esimo.

### Dati Idrogramma

Tipo: Idrogramma SCS

**Pluviogramma di input:** Pluviogramma sintetico 500 AM1

**Superficie del bacino:** 0.9 kmq

**Tlag:** 0.370 ore

**Astrazione iniziale:** 3.0 mm

**Curve Number:** 75.0

**Intervallo di calcolo:** 5 minuti

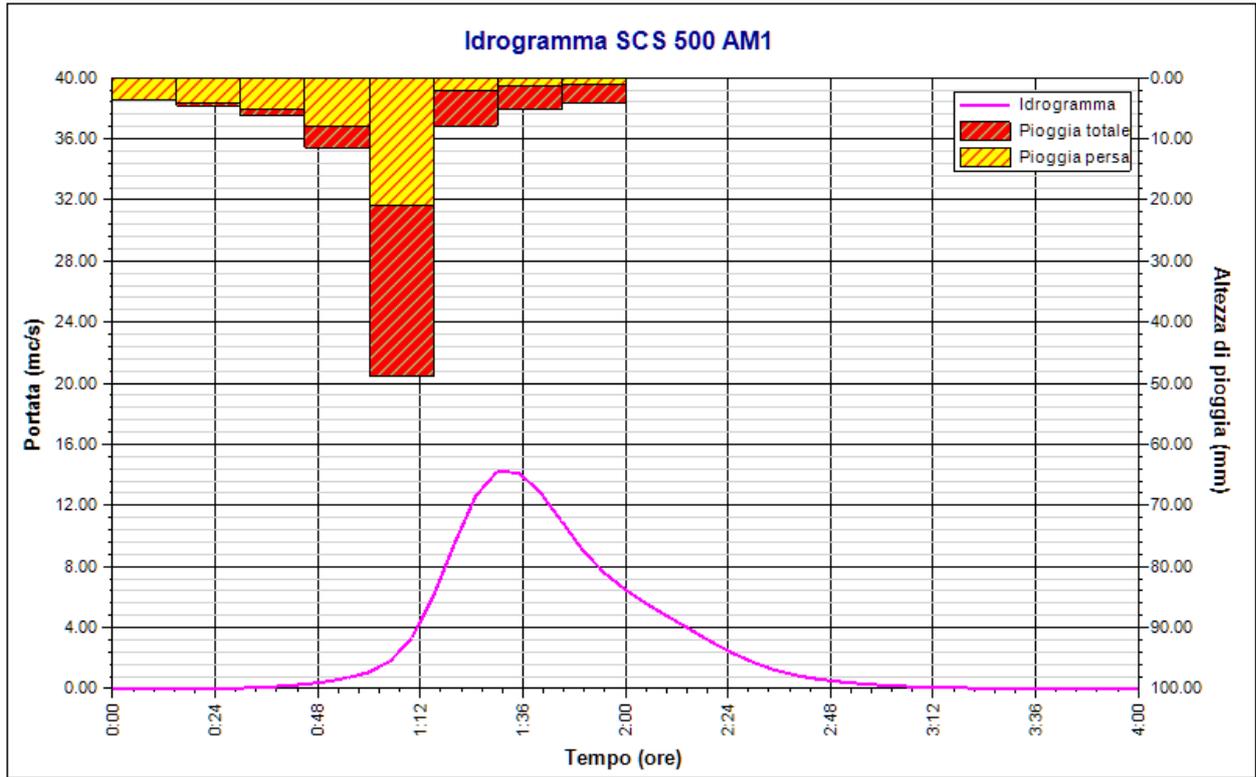
### Tabella idrogramma

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
1	0.000	0	1.218	1.218	0.000	0.0
2	0.083	5	1.218	1.218	0.000	0.0
3	0.167	10	1.218	1.213	0.005	0.0
4	0.250	15	1.513	1.464	0.049	0.0
5	0.333	20	1.513	1.414	0.099	0.0
6	0.417	25	1.513	1.366	0.147	0.0
7	0.500	30	2.077	1.803	0.275	0.0
8	0.583	35	2.077	1.723	0.354	0.1
9	0.667	40	2.077	1.648	0.429	0.2
10	0.750	45	3.819	2.851	0.967	0.3
11	0.833	50	3.819	2.641	1.177	0.5
12	0.917	55	3.819	2.454	1.365	0.7
13	1.000	60	16.298	8.771	7.526	1.1
14	1.083	65	16.298	6.731	9.566	1.8
15	1.167	70	16.298	5.329	10.969	3.3
16	1.250	75	2.636	0.759	1.877	6.0
17	1.333	80	2.636	0.735	1.902	9.5
18	1.417	85	2.636	0.711	1.925	12.6
19	1.500	90	1.741	0.457	1.284	14.2
20	1.583	95	1.741	0.448	1.293	14.1
21	1.667	100	1.741	0.439	1.303	12.9
22	1.750	105	1.346	0.333	1.013	11.0
23	1.833	110	1.346	0.328	1.018	9.0
24	1.917	115	1.346	0.323	1.023	7.6
25	2.000	120	0.000	0.000	0.000	6.5
26	2.083	125	0.000	0.000	0.000	5.5
27	2.167	130	0.000	0.000	0.000	4.7
28	2.250	135	0.000	0.000	0.000	3.9
29	2.333	140	0.000	0.000	0.000	3.1
30	2.417	145	0.000	0.000	0.000	2.3
31	2.500	150	0.000	0.000	0.000	1.7
32	2.583	155	0.000	0.000	0.000	1.2
33	2.667	160	0.000	0.000	0.000	0.9

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
34	2.750	165	0.000	0.000	0.000	0.6
35	2.833	170	0.000	0.000	0.000	0.5
36	2.917	175	0.000	0.000	0.000	0.3
37	3.000	180	0.000	0.000	0.000	0.2
38	3.083	185	0.000	0.000	0.000	0.1
39	3.167	190	0.000	0.000	0.000	0.1
40	3.250	195	0.000	0.000	0.000	0.1
41	3.333	200	0.000	0.000	0.000	0.0
42	3.417	205	0.000	0.000	0.000	0.0
43	3.500	210	0.000	0.000	0.000	0.0
44	3.583	215	0.000	0.000	0.000	0.0
45	3.667	220	0.000	0.000	0.000	0.0
46	3.750	225	0.000	0.000	0.000	0.0
47	3.833	230	0.000	0.000	0.000	0.0
48	3.917	235	0.000	0.000	0.000	0.0
49	4.000	240	0.000	0.000	0.000	0.0

### Tabella risultati

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	14.2	mc/s
Istante picco	1.500	ore
Istante picco	90.0	minuti
Durata totale evento	4.000	ore
Volume afflusso	83	mc x 1000
Volume deflusso	41	mc x 1000
Altezza afflusso	91.945	mm
Altezza deflusso	45.612	mm
Coeff. deflusso	0.50	-
Coeff. udometrico	15.79	mc/s/kmq



Idrogramma SCS 500 AM1