

REGIONE PUGLIA**PROVINCIA DI FOGGIA****COMUNI DI FOGGIA E CARAPELLE**

Denominazione impianto:

BONASSISI

Ubicazione:

Comuni di Foggia (FG) e Carapelle (FG)

Fogli: Carapelle 1 - Foggia 163

Località "Bonassisi"

Particelle: Varie

PROGETTO DEFINITIVO

per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico da ubicare in agro dei comuni di Foggia (FG) e Carapelle (FG) in località "Bonassisi" potenza nominale pari a 12,25620 MW in DC e potenza in immissione pari a 10,21350 MW in AC e delle relative opere di connessione alla RTN ricadente nei comuni di Carapelle, Foggia e Manfredonia.

PROPONENTE

BONASSISI DREAM ENERGY S.r.l.

Via M. Mores n.8
LUCERA (FG) - 71036
P.IVA 04455800716
PEC: bonassisisdreamenergysrl@pec.it

ELABORATO

Studio Compatibilità Idrologica

Tav n°

R_2SCI

Scala

Aggiornamenti

| Numero | Data | Motivo | Eseguito | Verificato | Approvato |
|--------|--------------|--|----------|------------|-----------|
| Rev 0 | Ottobre 2023 | Istanza VIA art.23 D.Lgs 152/2006 - Istanza Autorizzazione Unica art.12 D.Lgs 387/2003 | | | |

PROGETTAZIONE GENERALE

Arch. Damiani Marco
Via Giuseppe di Vittorio n. 4/B
65015 Montesilvano (PE)
Iscritto all' Ordine degli Architetti di Pescara al n° 1858
pec: marco.damiani@archiworldpec.it
Cell: 320/8668967

Arch. Damiani Luca Francesco
Via Giuseppe di Vittorio n. 4/B
65015 Montesilvano (PE)
Iscritto all' Ordine degli Architetti di Pescara al n° 1573
pec: lucafrancesco.damiani@archiworldpec.it
Cell: 320/8668218

STUDIO DI INGEGNERIA Ing. Michele R.G. CURTOTTI
Viale Il Giugno n. 385
71016 San Severo (FG)
Iscritto all' Ordine degli Ingegneri di Foggia al n° 1704
pec: ing.curtotti@pec.it
Cell: 339/8220246

**PROGETTAZIONE SPECIALISTICA**

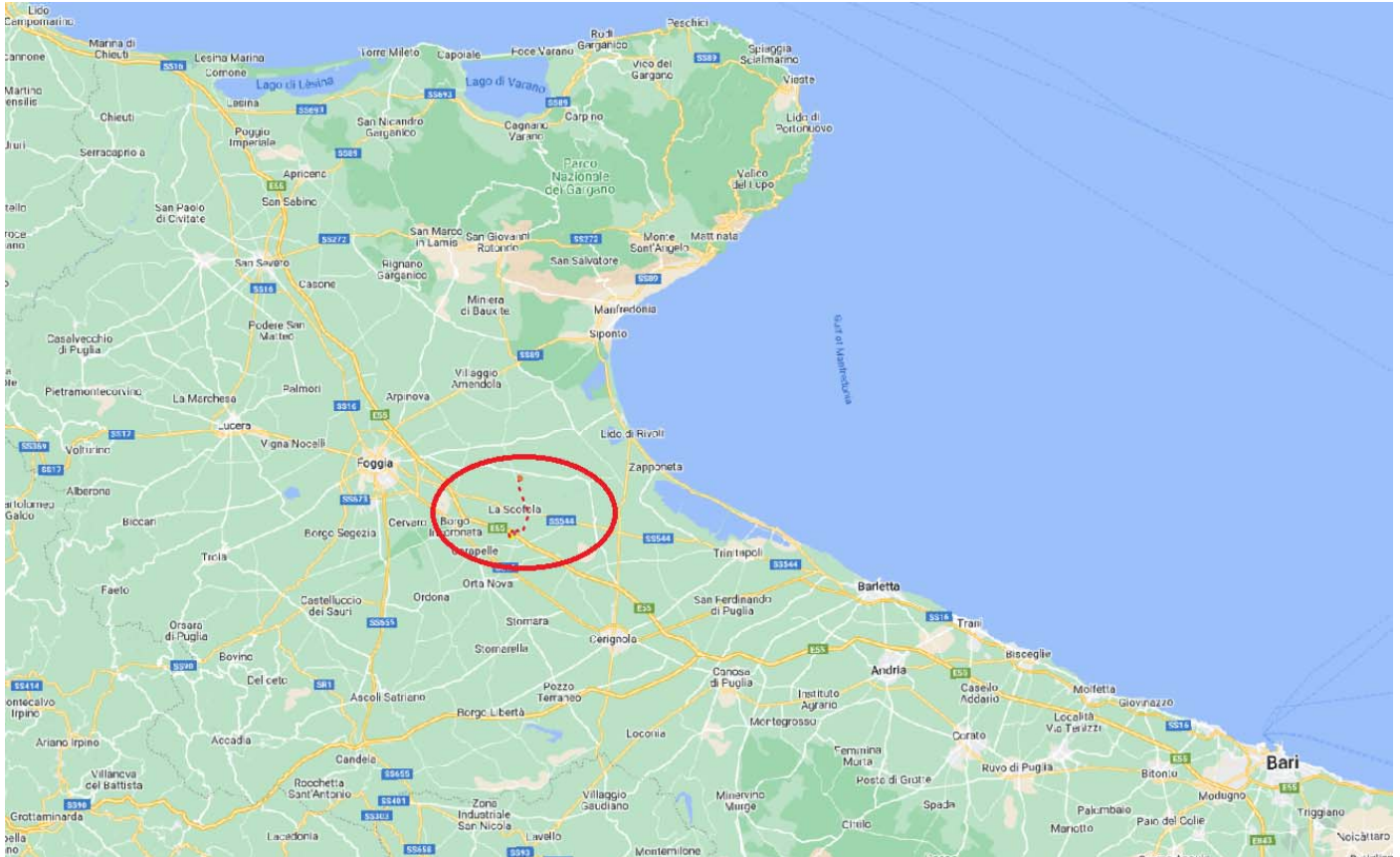
Ing. Piacquadio Umberto
Viale dell'Artigianato n. 13
71036 Lucera (FG)
Iscritto all' Ordine degli Ingegneri di Foggia al n° 1840
mail: studio.gemix@gmail.com



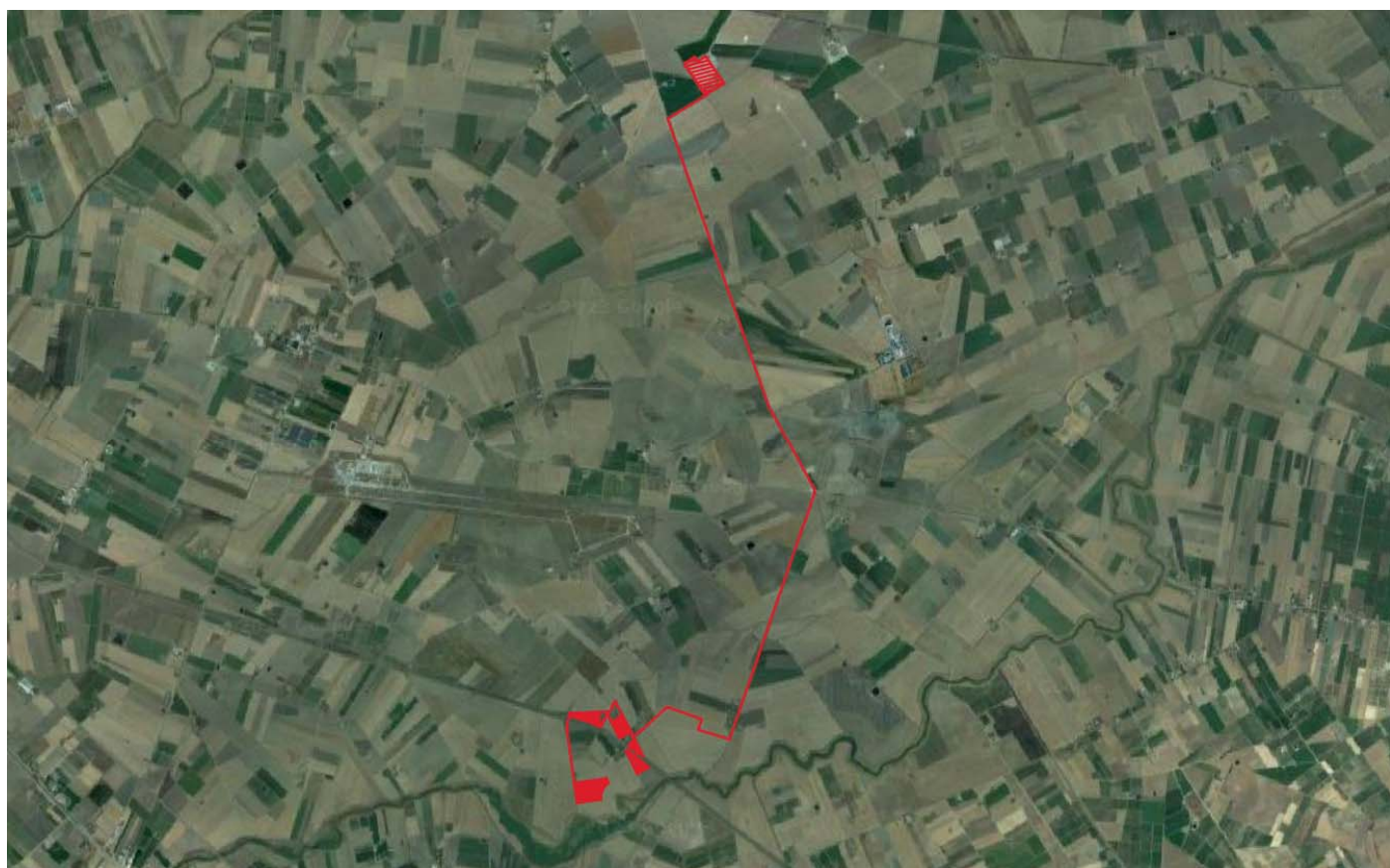
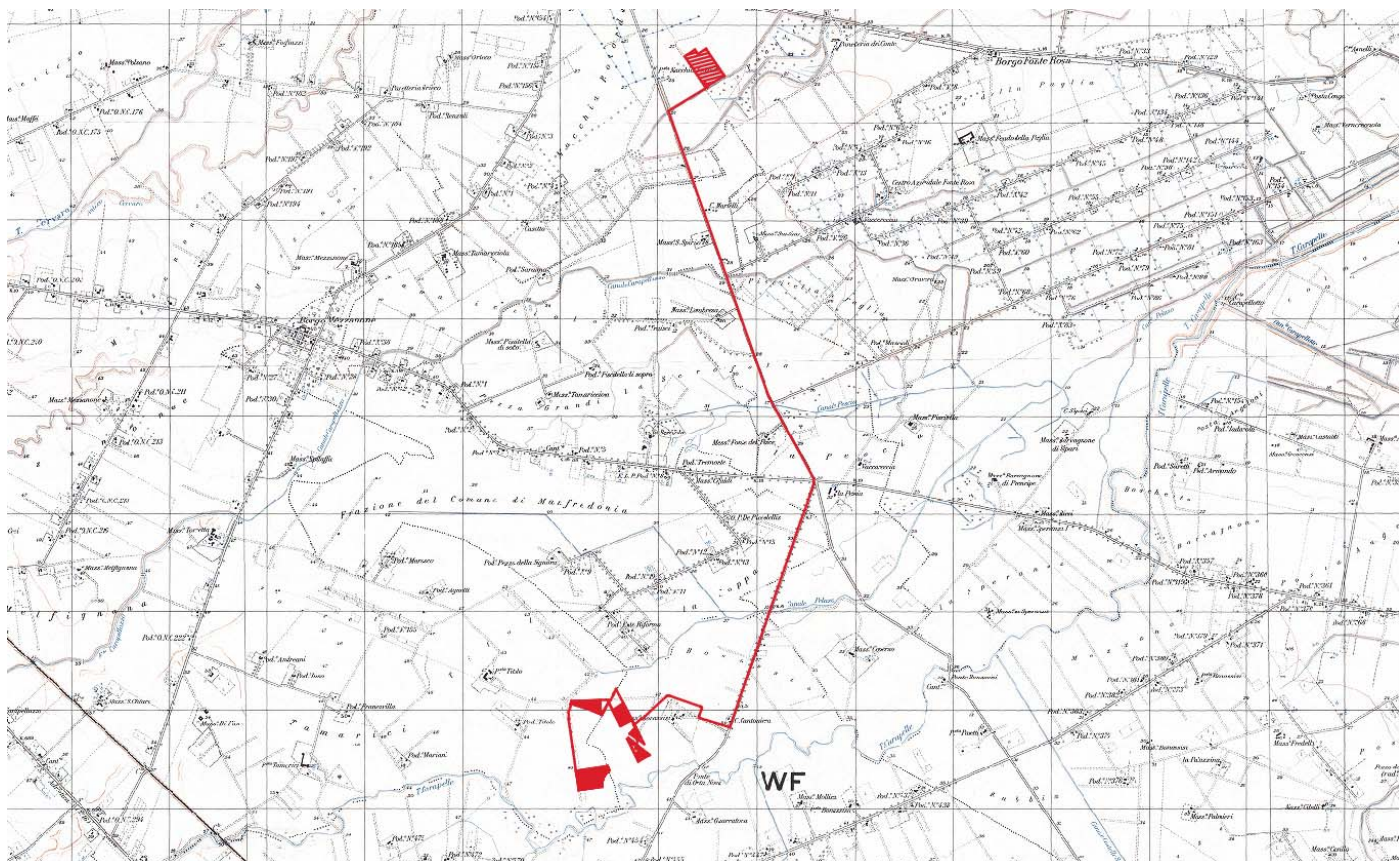
Spazio riservato agli Enti

PREMESSA

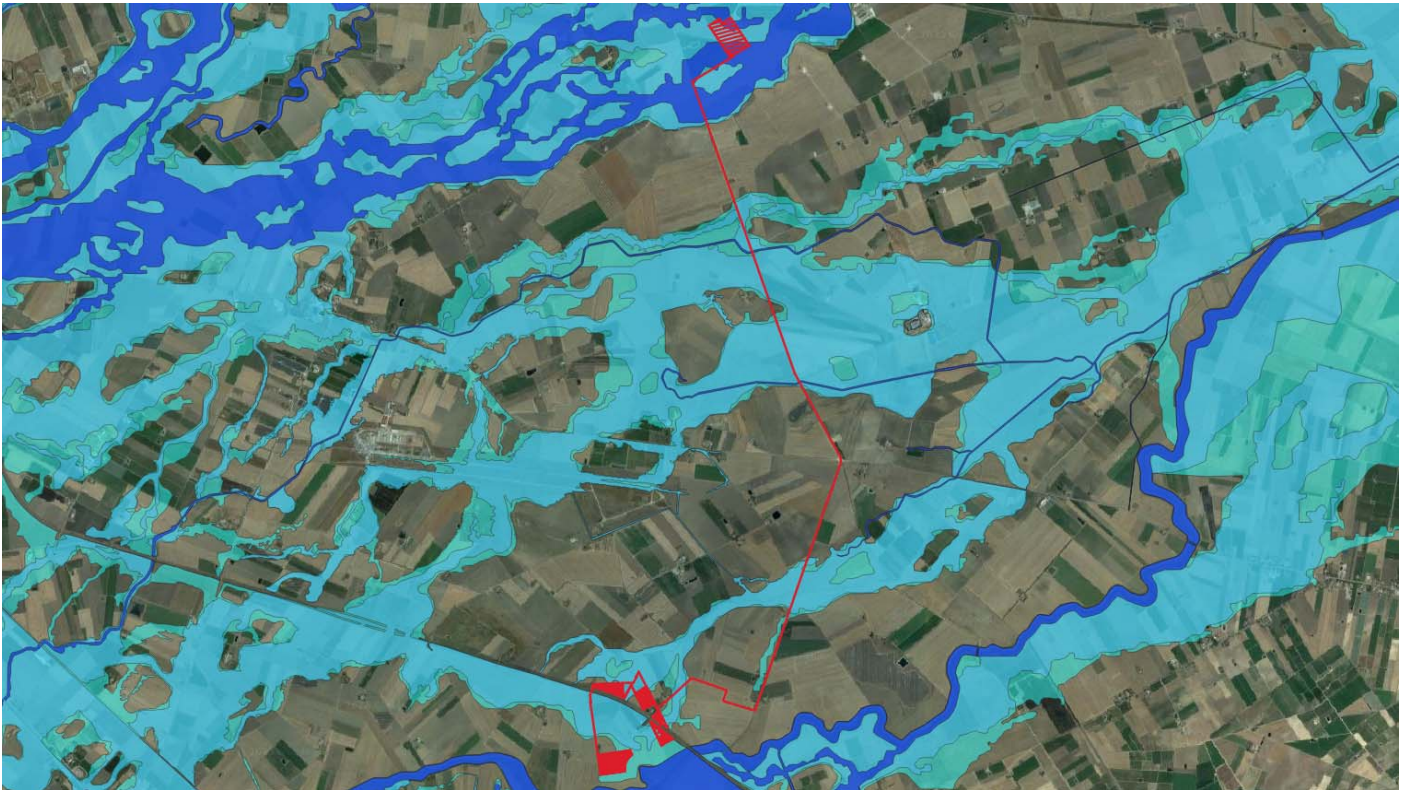
La presente relazione tecnica è relativa agli aspetti idrologici per la realizzazione di un PARCO FOTOVOLTAICO DA 13 MW LOCALITA' BONASSISI e TRACCIATO CAVIDOTTO ESTERNO DI CONNESSIONE ALLA STAZIONE TERNA "MANFREDONIA" - società BONASSISI DREAM ENERGY S.R.L.



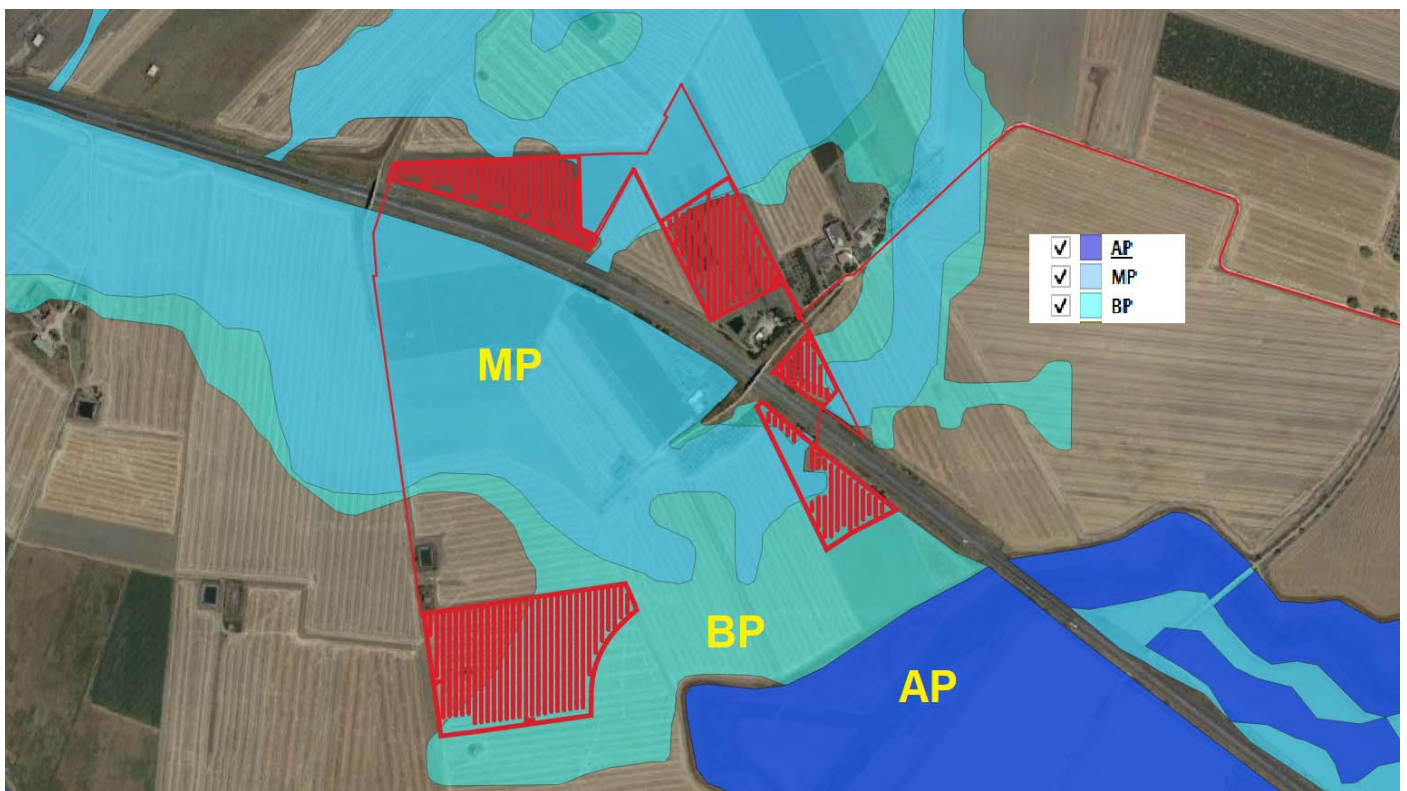
Con la presente si è quindi proceduto ad individuare l'interferenza del tracciato, rispetto ai reticoli idrografici della Regione Puglia nonché alla perimetrazione PAI esistente.



L'intervento presenta alcune interferenze con una serie di compluvi che saranno oggetto di opportuna verifica idraulica, nonchè risultano interferire con la perimetrazione PAI vigente in Media Pericolosità Idraulica (MP) ed Alta Pericolosità Idraulica (AP) solo cavidotti, viabilità e sottostazione esistente, mentre per alcune parti di impianto si ha interferenza con BP.



- Perimetrazione PAI -

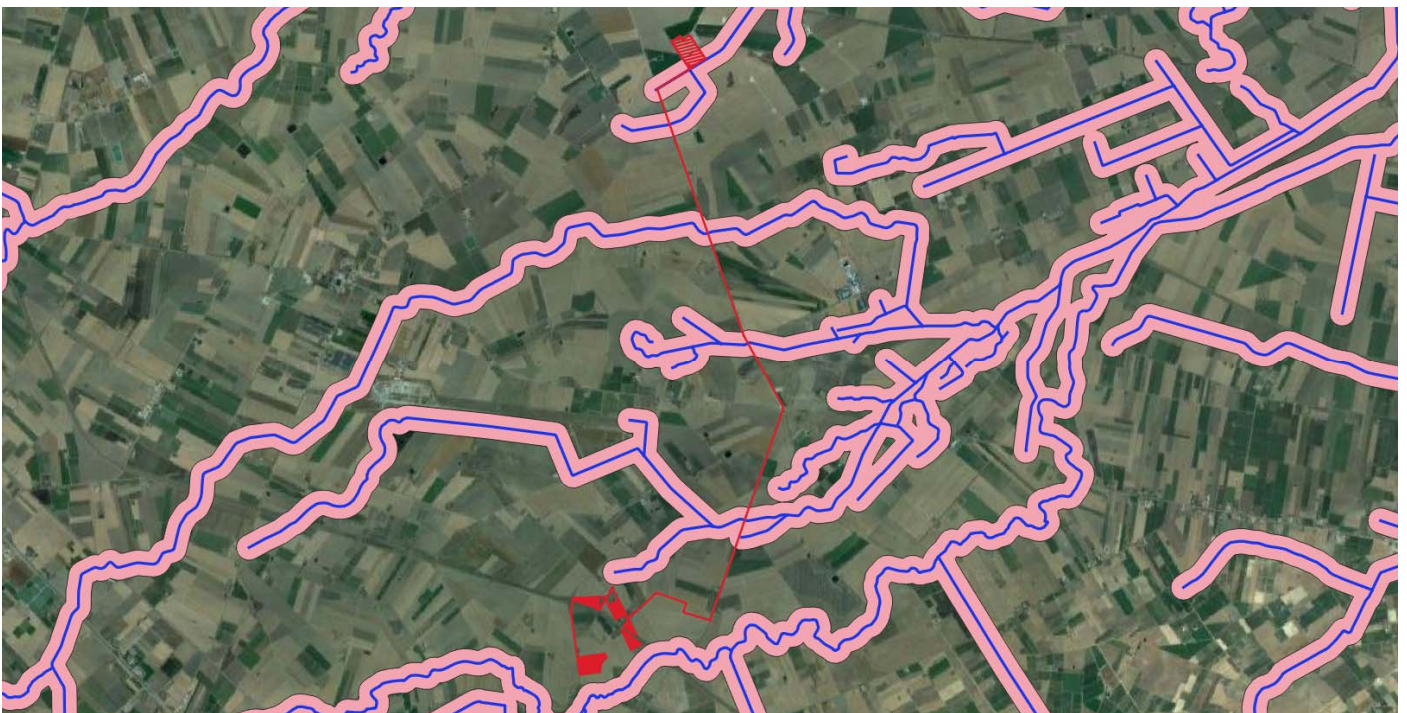


- Perimetrazione PAI (ingrandimento impianti) -

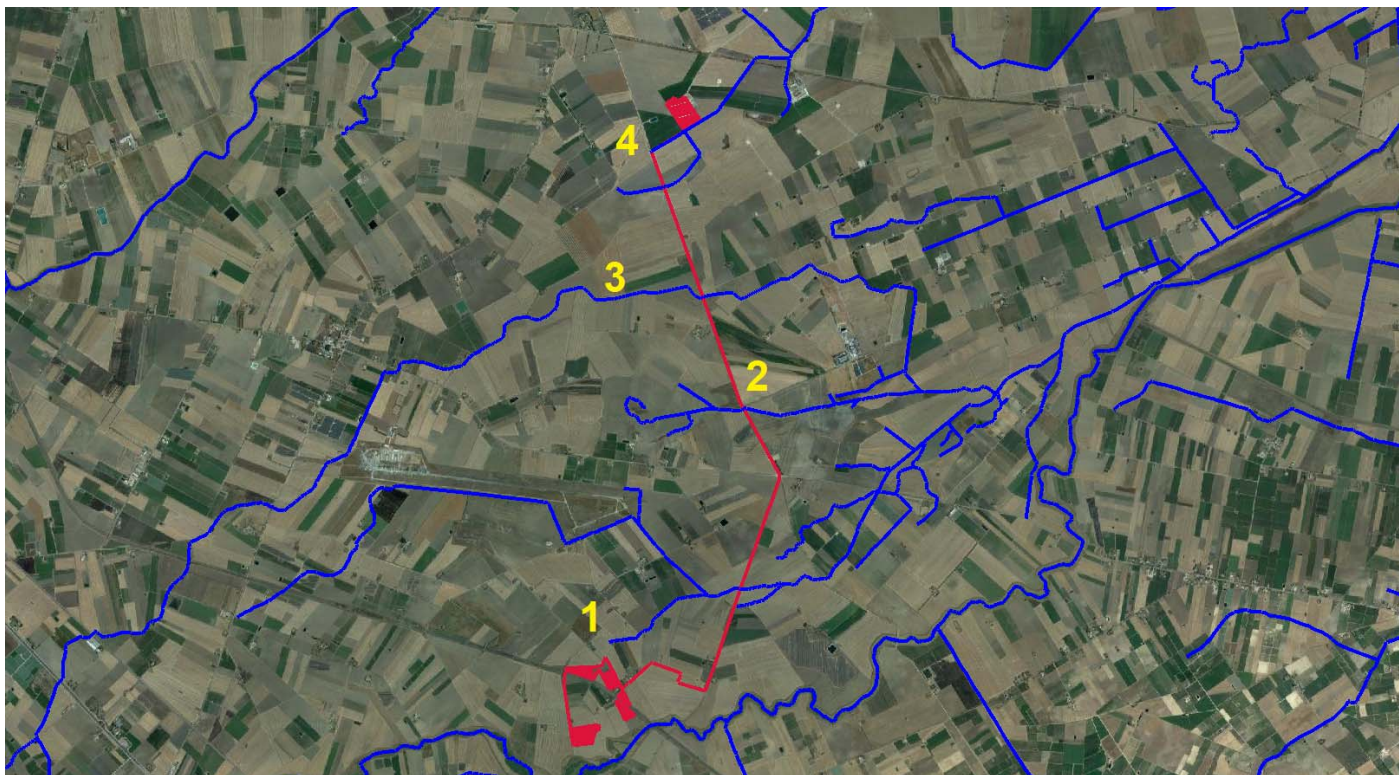


- Intervento e reticoli interferenti -

E' stato altresì verificata la distanza di ogni elemento costituente l'impianto dai compluvi limitrofi al fine di individuare tutti i compluvi intersecanti e posti ad una distanza inferiore ai 150 mt, attraverso l'implementazione di idoneo buffer a 150 m.



Nel seguito quindi si procederà alla verifica di detti compluvi interferenti/da verificare, opportunamente denominati come segue:

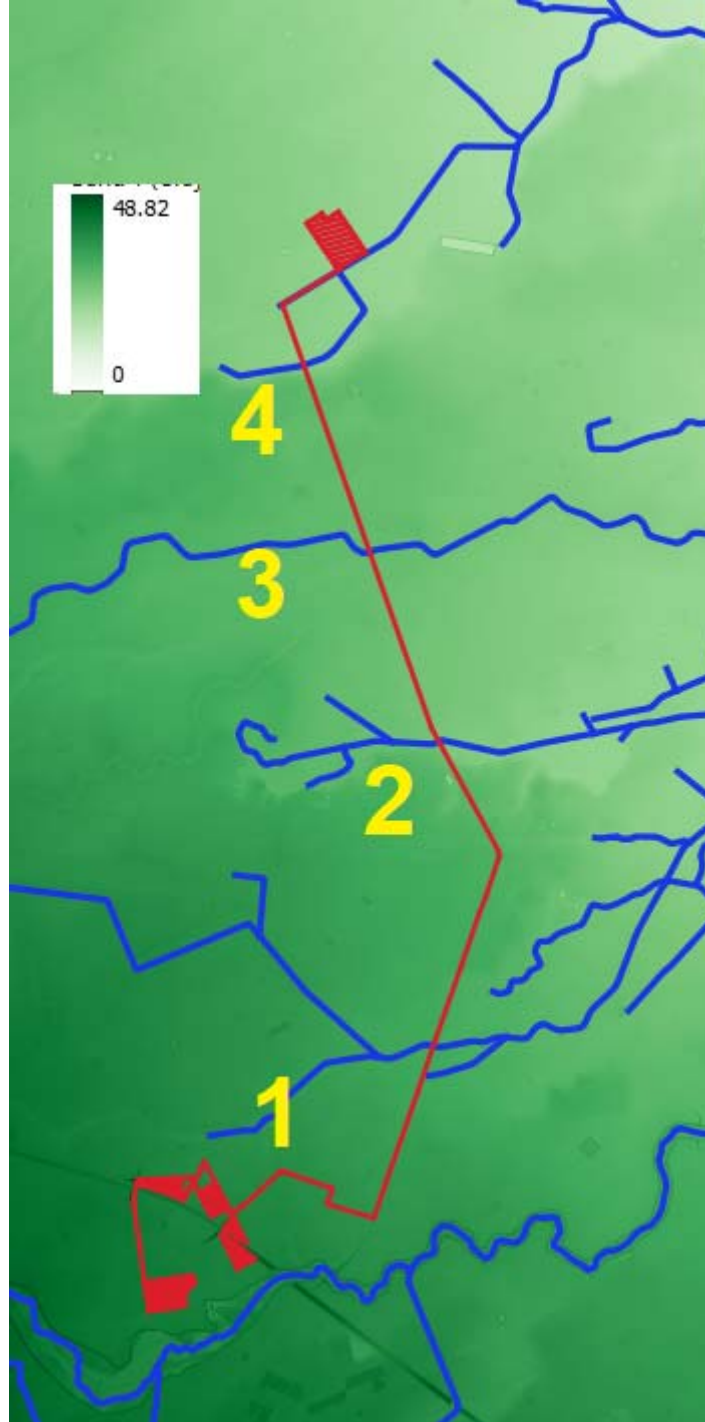


Reticoli interferenti con indicazione compluvi ed aree oggetto di verifica

STUDIO IDROLOGICO

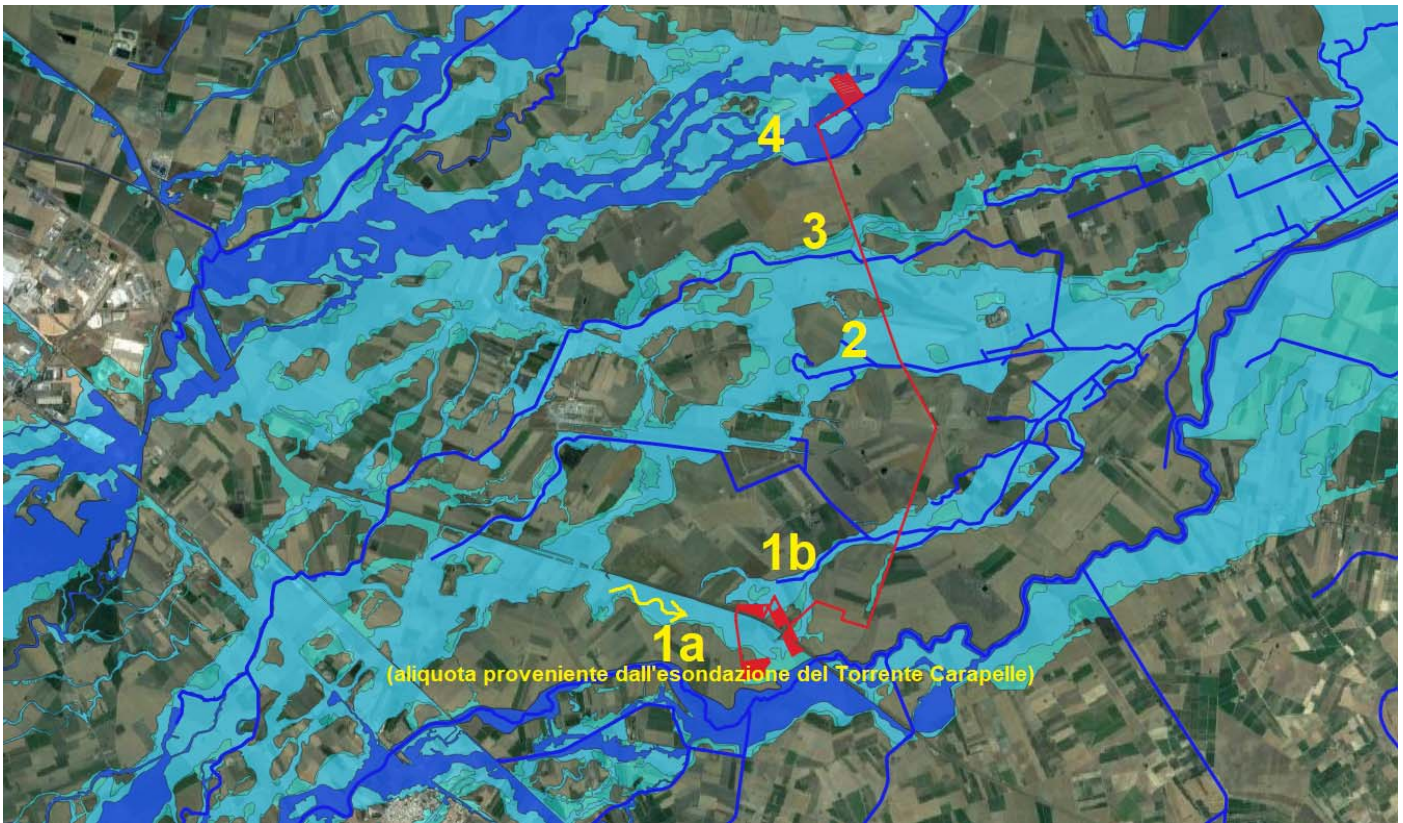
Al fine di determinare la portata di verifica in corrispondenza dei tempi di ritorno T_r 200 anni, viene eseguito lo studio idrologico.

A partire dallo strato informativo ricavato dalla carta tecnica 1:5000, si è costruito il modello digitale del terreno, per interpolazione delle stesse quote, al fine di determinare i bacini scolanti.



Reticoli su DEM

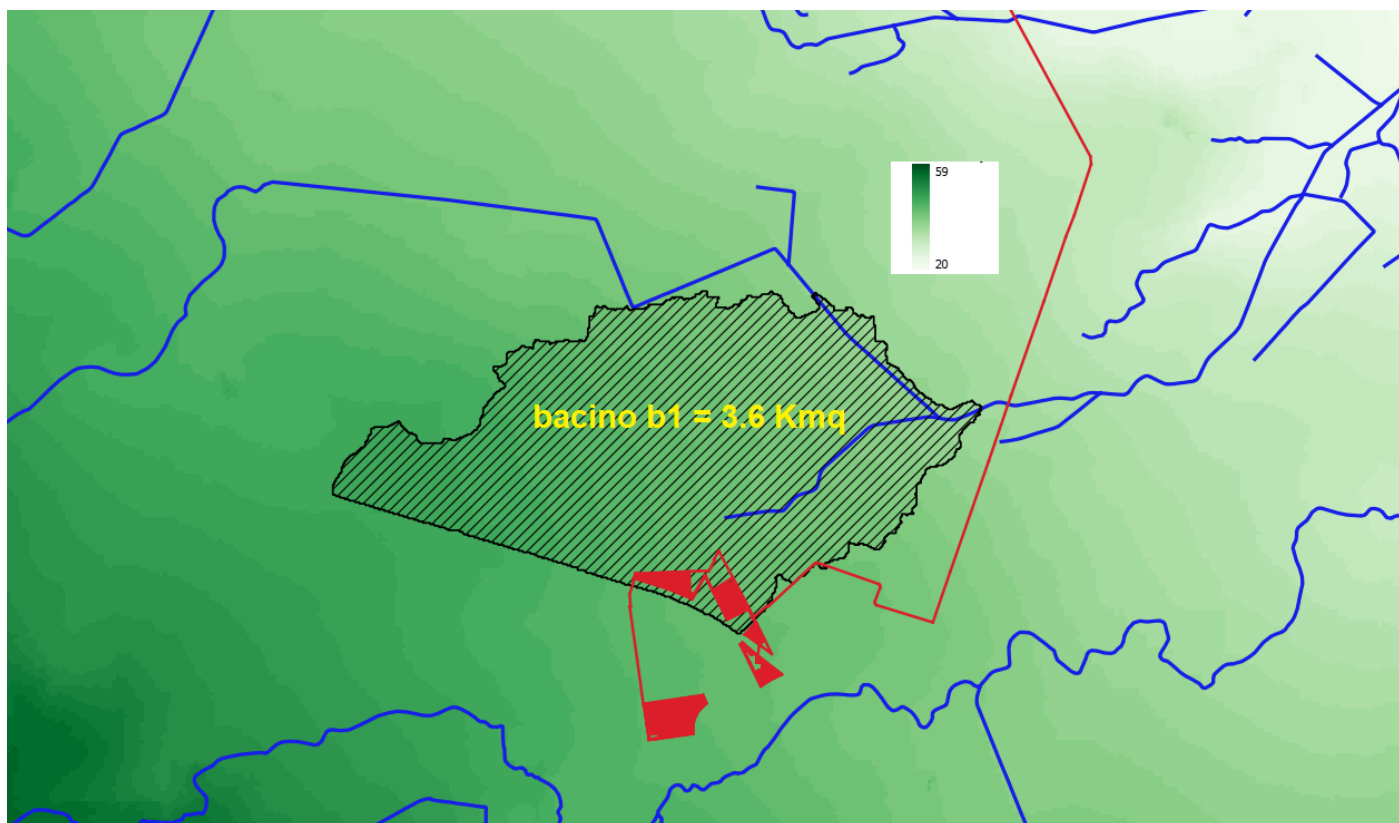
Vengono nel seguito indicati tutti i bacini che contribuiscono all'inondazione delle zone prima individuate.



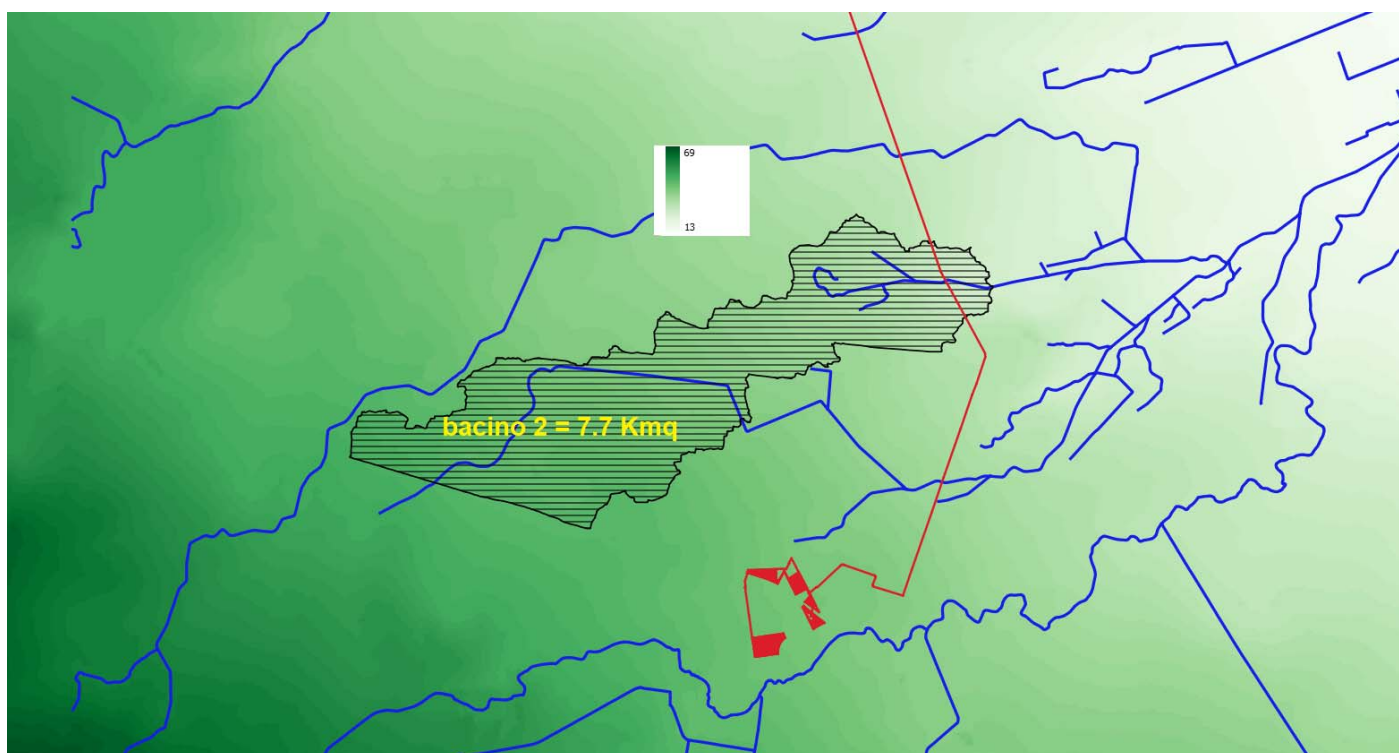
Si riportano nel seguito i bacini relativi a tutte le zone oggetto di studio.

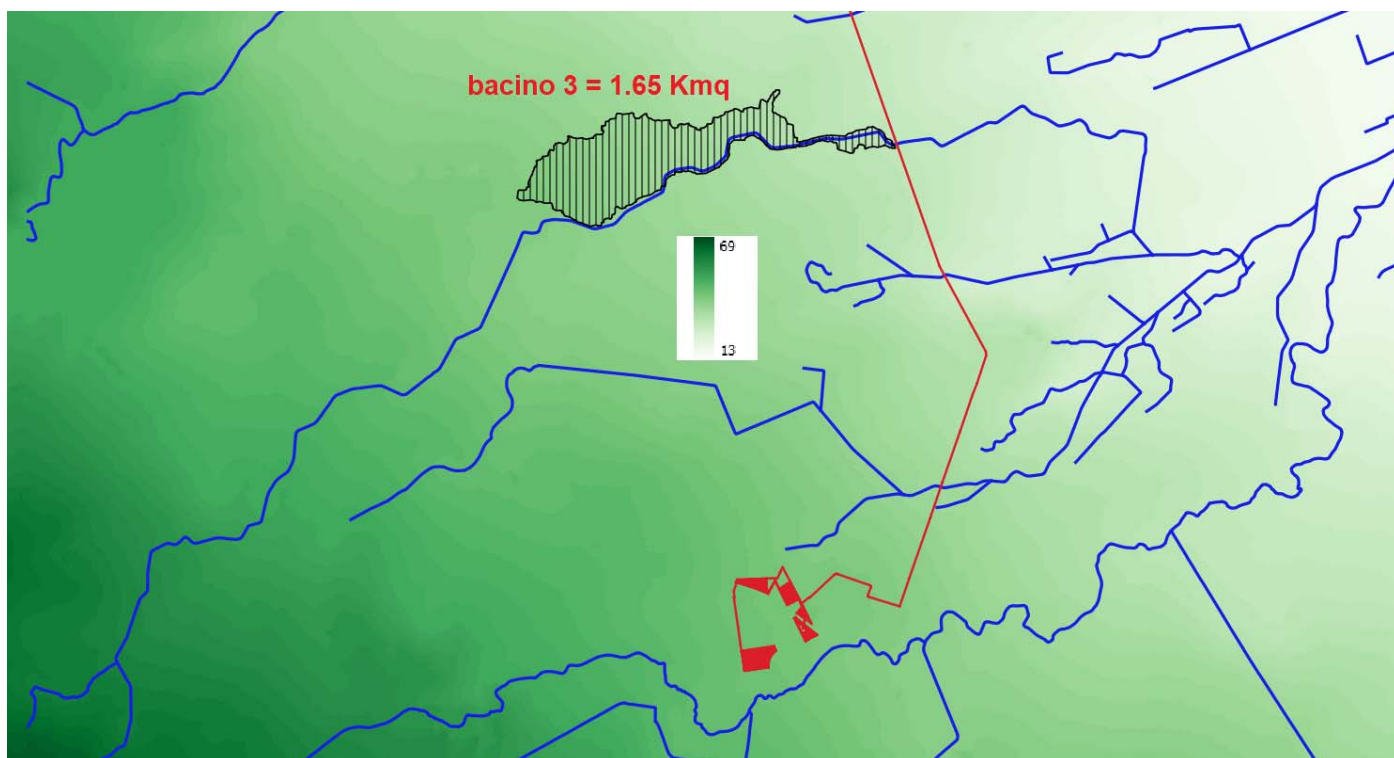
Per la zona 1, si hanno compluvi differenti da quanto indicato nella carta dei reticoli idrografici della regione puglia. Inoltre per tale zona oltre alla portata proveniente dal bacino 1 b sarà considerata una ulteriore portata proveniente dall'esondazione del Torrente Carapelle.



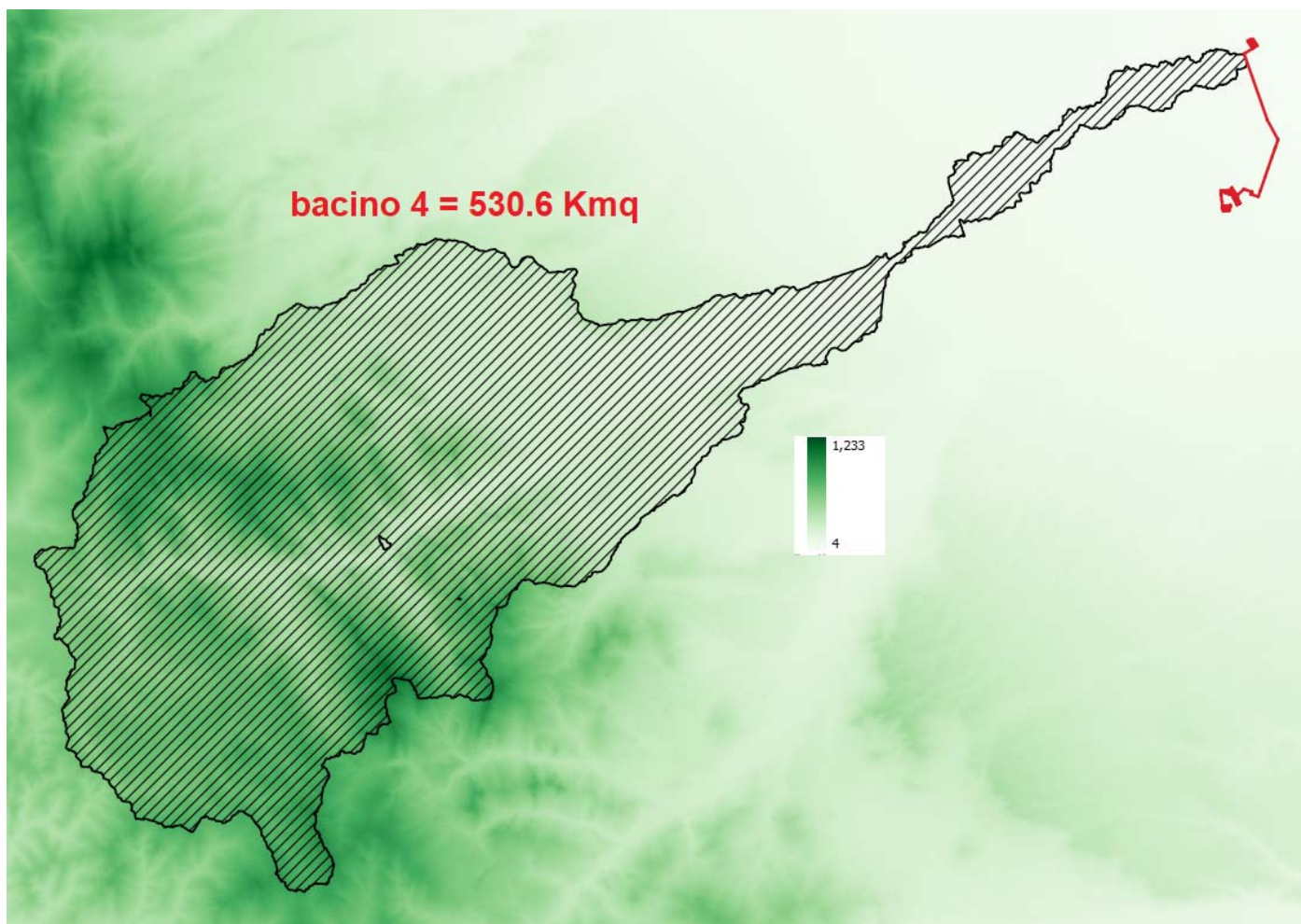


Anche per la zona 2 e la zona 3 i compluvi sono risultati differenti da quanto indicato nella carta dei reticoli idrografici della regione puglia.





Per la zona 4 si considera invece parte della portata di esondazione del torrente Cervaro.

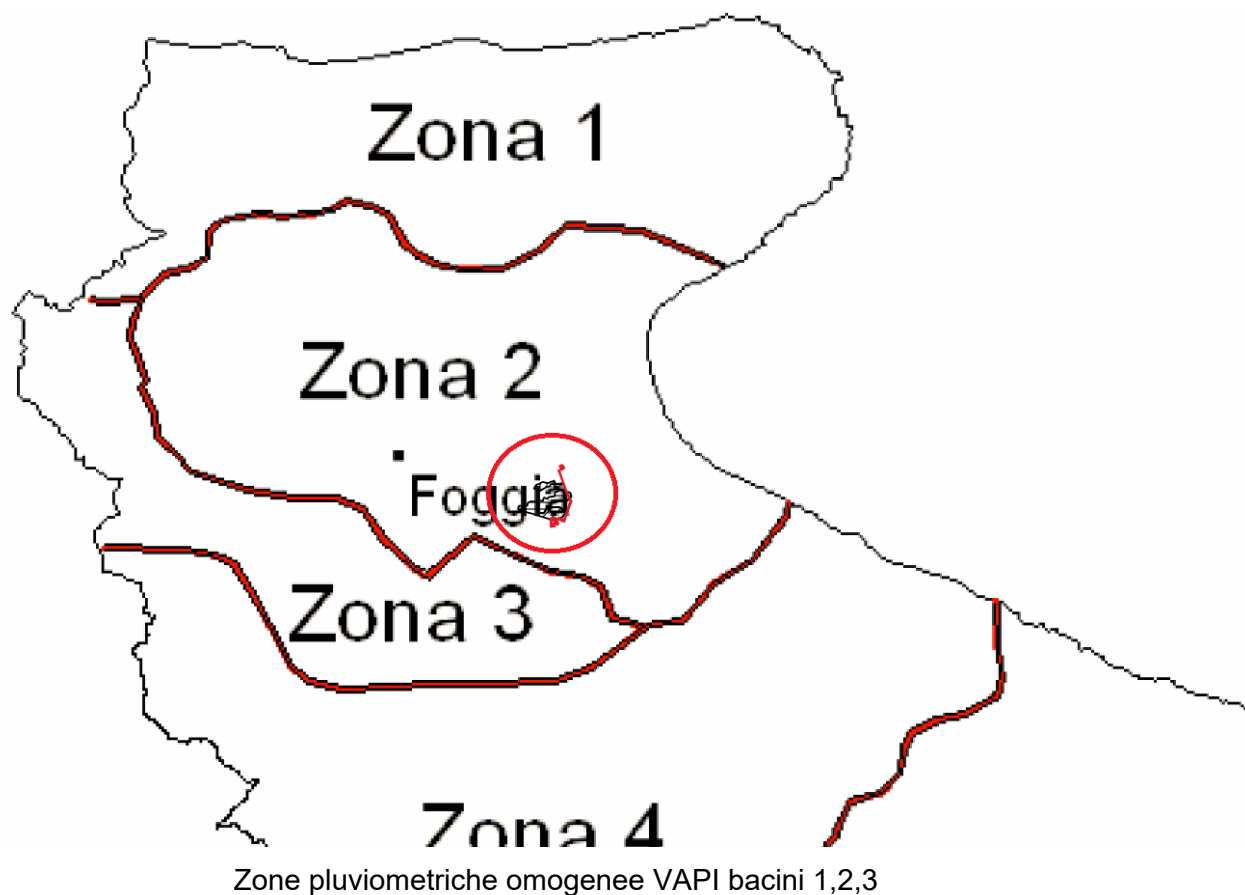


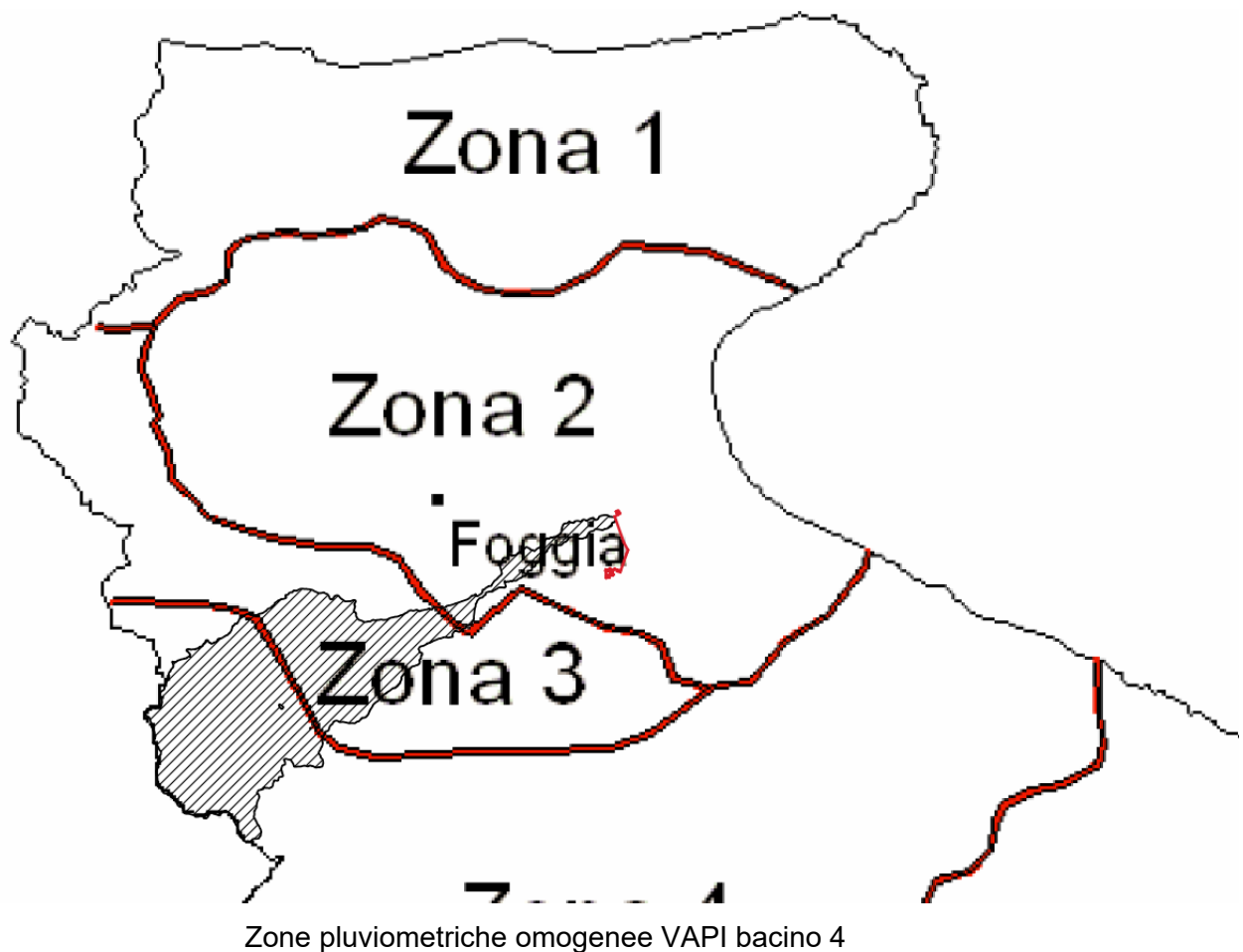
E' stato quindi possibile individuare i relativi bacini scolanti che rispetto alla sezione di chiusura sono risultati pari a :

| BACINO | ESTENSIONE KMQ | |
|--------|------------------|-----------|
| 1 | Compluvio minore | 3,6 Kmq |
| 2 | Compluvio minore | 7,7 Kmq |
| 3 | Compluvio minore | 1,65 Kmq |
| 4 | Torrente Cervaro | 530.6 Kmq |

Nel seguito verrà, quindi, eseguito il calcolo idrologico adottando la metodologia proposta dal VAPI.

La procedura prevede l'individuazione della zona omogenea di appartenenza dei bacini, quali sottobacini del fiume Fortore.





Per i bacini 1, 2 e 3 si procede al calcolo delle curve di possibilità pluviometriche, mentre per il bacino 4 si applicherà il metodo VAPI.

Per la zona 2, le curva di possibilità pluviometrica si costruiscono a partire dalle rispettive equazioni:
zona 2

$$x(t,h) = 22.23 t^{0.247}$$

indipendente dall'altitudine delle stazioni pluviometriche di riferimento

Ai detti valori, vanno applicati coefficienti moltiplicativi relativamente al Fattore di Crescita KT (funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto, espresso in anni), che per le zone della Puglia settentrionale, vale:

Zone 1-2-3-4 :

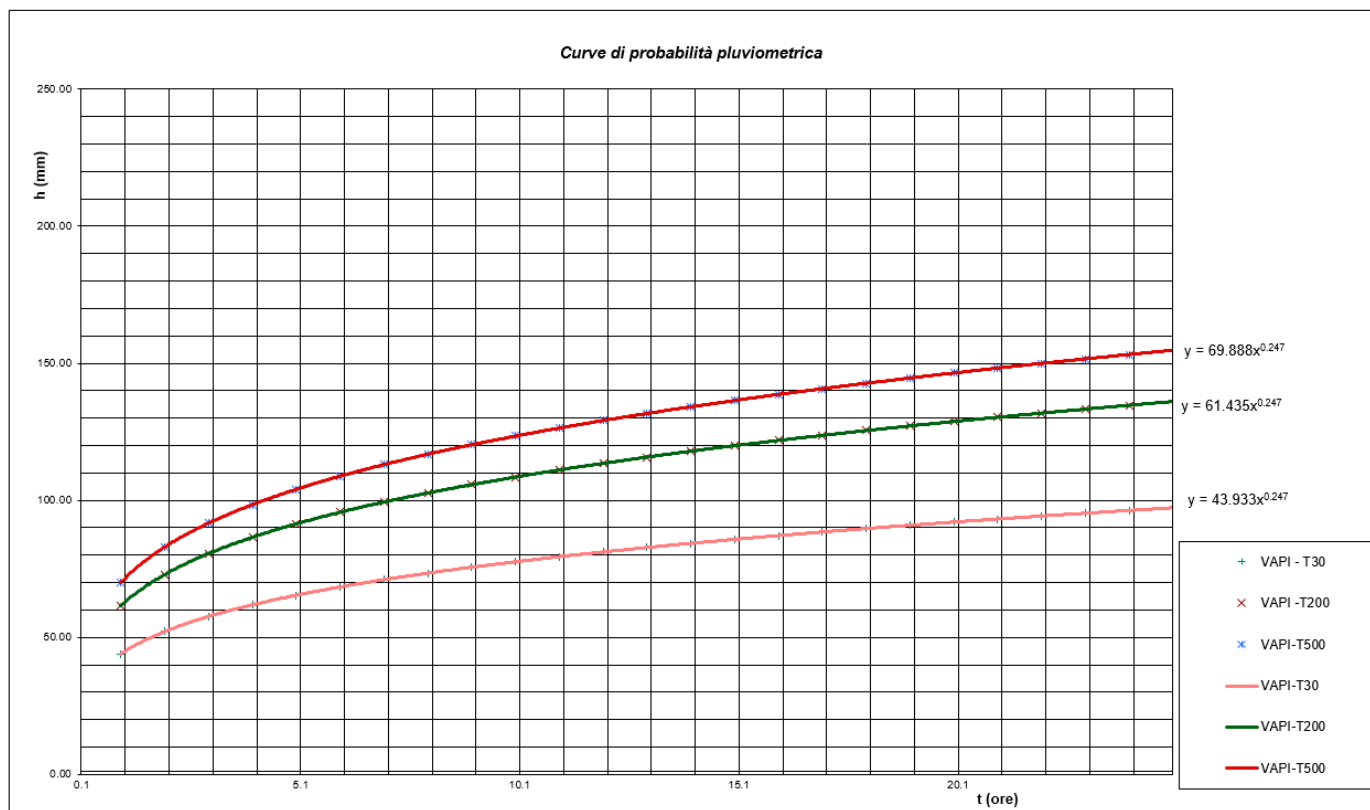
$$Kt = 0.5648 + 0.415 \ln T$$

Fattori di crescita Kt per i tre tempi di ritorno.

| | | | |
|----|-----|-----|------|
| T= | 30 | Kt= | 1.98 |
| T= | 200 | Kt= | 2.76 |
| T= | 500 | Kt= | 3.14 |

Si è quindi proceduto alla costruzione delle CPP, per i diversi tempi di ritorno, sulla base dei valori ponderati.

| bacino 1, 2 e 3 | | | | |
|------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| zona 2=100% | | | | |
| t (ore) | H (mm) | H*kt T=30 | H*kt T=200 | H*kt T=500 |
| 1 | 22.23 | 43.93 | 61.43 | 69.89 |
| 2 | 26.38 | 52.14 | 72.91 | 82.94 |
| 3 | 29.16 | 57.63 | 80.59 | 91.68 |
| 4 | 31.31 | 61.87 | 86.52 | 98.43 |
| 5 | 33.08 | 65.38 | 91.42 | 104.00 |
| 6 | 34.61 | 68.39 | 95.64 | 108.79 |
| 7 | 35.95 | 71.04 | 99.35 | 113.02 |
| 8 | 37.15 | 73.43 | 102.68 | 116.81 |
| 9 | 38.25 | 75.59 | 105.71 | 120.25 |
| 10 | 39.26 | 77.59 | 108.50 | 123.42 |
| 11 | 40.19 | 79.44 | 111.08 | 126.37 |
| 12 | 41.07 | 81.16 | 113.49 | 129.11 |
| 13 | 41.89 | 82.78 | 115.76 | 131.69 |
| 14 | 42.66 | 84.31 | 117.90 | 134.12 |
| 15 | 43.39 | 85.76 | 119.92 | 136.43 |
| 16 | 44.09 | 87.14 | 121.85 | 138.62 |
| 17 | 44.76 | 88.45 | 123.69 | 140.71 |
| 18 | 45.39 | 89.71 | 125.45 | 142.71 |
| 19 | 46.00 | 90.92 | 127.14 | 144.63 |
| 20 | 46.59 | 92.08 | 128.76 | 146.47 |
| 21 | 47.15 | 93.19 | 130.32 | 148.25 |
| 22 | 47.70 | 94.27 | 131.82 | 149.96 |
| 23 | 48.23 | 95.31 | 133.28 | 151.62 |
| 24 | 48.74 | 96.32 | 134.69 | 153.22 |



Curva di possibilità pluviometrica Tr 30, 200, 500 anni- COMPLUVIO 1, 2 e 3

CALCOLO DELLA PORTATA CON IL METODO VAPI (bacino 4 - Torrente Cervaro)

Per i suddetti bacini, si procede all'individuazione della piena di progetto, adottando il metodo semplificato risultante dalla regionalizzazione delle piene del progetto VAPI.

Dal punto di vista dell'approccio idrometrico, per i suddetti bacini, è possibile procedere ad una stima indiretta della piena media annua nella sezione di chiusura del bacino oggetto dello studio, attraverso l'utilizzo opportuno di un modello concettuale (formula razionale), sulla base della seguente equazione:

$$Q = \frac{C_* K_A(t_r) I(t_r) A}{3.6}$$

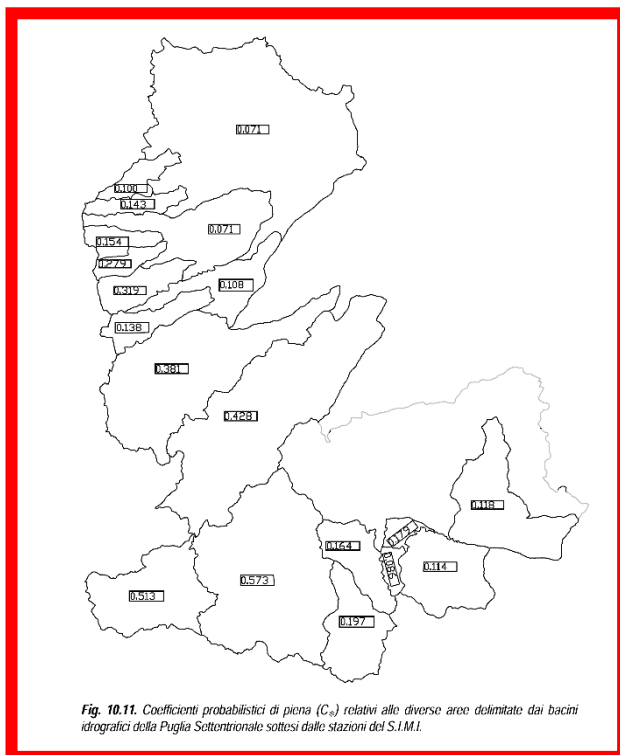
in cui:

- 1) Q è la piena media annua espressa in mc/s;
- 2) C* è il coefficiente di piena, così definito:

$$C_* = 0.09 + 0.47 (1 - pp)$$

con pp frazione ad elevata permeabilità del bacino (rapporto tra area ad elevata permeabilità e l'area complessiva del bacino);

qualora disponibile è possibile ricavare direttamente il valore di C* dal grafico che segue:



- 3) tr, in ore, è il tempo di ritardo del bacino, così definito:

$$tr = 0.344 A^{0.5}$$
, con A superficie del bacino in kmq;
- 4) I(tr), espressa in mm/h, è la intensità di precipitazione calcolata come descritto nella sezione pluviometria della analisi regionalizzata, ottenuta come h(tr)/tr.
- 5) KA è il coefficiente di riduzione areale, funzione del tempo di ritardo d

$$Kad = 1 - (1 - e^{(-0.0021 \cdot A)}) \cdot e^{(-0.53 \cdot d^{0.25})}$$

Al valore così ottenuto va applicato il coefficiente moltiplicativo relativamente al Fattore di Crescita Kt (funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto, espresso in anni),

Zone 1-2-3-4 (Puglia Settentrionale)

$$K_t = -0.4007 + 0.904 \ln T$$

La tabella che segue, mostra i valori calcolati con la metodologia VAPI rispetto ad alcune sezioni di chiusura:

Tab. 10.5. Caratteristiche principali delle serie inerenti il terzo livello di regionalizzazione delle piene.

| Cod | Sezione | Area (Km ²) | \bar{x} (m ³ /s) | $t_r(A)$ (h) | $I(t_r)$ (mm/h) | C* | $\frac{A \cdot I(t_r)}{3.6}$ |
|-----|---------------------------------|----------------------------|----------------------------------|-----------------|--------------------|-------|------------------------------|
| 1.0 | Ofanto a S.Samuele di Cafiero | 2702.8 | 517.60 | 17.93 | 3.70 | 0.185 | 2793.5 |
| 1.1 | Ofanto a Cairano | 266.4 | 208.00 | 5.67 | 5.36 | 0.513 | 405.3 |
| 1.2 | Atella a P.te sotto Atella | 175.9 | 61.30 | 4.32 | 7.09 | 0.197 | 311.2 |
| 1.4 | Ofanto a Rocchetta S.Antonio | 1111.0 | 436.70 | 11.52 | 2.78 | 0.505 | 864.1 |
| 1.5 | Arcidiaconata a P. Rap.-Lavello | 123.9 | 44.90 | 3.83 | 7.97 | 0.164 | 274.4 |
| 1.6 | Lapilloso a P.te s.s. 168 | 28.5 | 10.40 | 1.87 | 14.74 | 0.086 | 120.8 |
| 1.7 | Venosa a P.te Ferroviario | 204.0 | 39.90 | 4.88 | 6.29 | 0.114 | 350.9 |
| 1.8 | Venosa a P.te S.Angelo | 263.0 | 55.80 | 5.56 | 5.48 | 0.140 | 397.6 |
| 1.9 | Locone a P.te Brandi | 219.4 | 43.30 | 5.09 | 6.01 | 0.118 | 365.8 |
| 2.0 | Carapelle a Carapelle | 714.9 | 283.70 | 9.23 | 3.31 | 0.428 | 662.4 |
| 3.0 | Cervaro ad Incoronata | 539.3 | 215.80 | 7.99 | 3.78 | 0.381 | 566.5 |
| 4.0 | Candelaro a Str. Bonifica N.24 | 1777.9 | 140.70 | 14.55 | 2.79 | 0.102 | 1384.2 |
| 4.1 | Celone a S.Vincenzo | 92.5 | 31.80 | 3.19 | 9.70 | 0.138 | 231.1 |
| 4.3 | Celone a P.te Foggia-S.Severo | 233.5 | 45.70 | 5.50 | 5.44 | 0.118 | 386.8 |
| 4.4 | Vulgano a P.te Troia-Lucera | 94.1 | 74.70 | 3.34 | 8.98 | 0.319 | 234.5 |
| 4.5 | Salsola a Casanova | 44.1 | 45.50 | 2.26 | 13.63 | 0.279 | 163.2 |
| 4.6 | Casanova a P.te Lucera-Motta | 57.3 | 27.50 | 2.49 | 12.28 | 0.154 | 178.4 |
| 4.7 | Salsola a P.te Foggia-S.Severo | 455.4 | 76.10 | 7.40 | 3.94 | 0.150 | 506.4 |
| 4.8 | Triolo a P. Lucera-Torremagg. | 55.9 | 36.50 | 2.52 | 17.04 | 0.143 | 254.6 |
| 4.9 | Canale S.Maria | 58.1 | 18.90 | 2.66 | 11.43 | 0.100 | 189.8 |

Si riporta il calcolo delle portate in corrispondenza dei Tr30-200-500, in corrispondenza della sezione di chiusura considerata.

Portata di piena

| | | | | |
|------|-----|----|---------|------|
| Tr = | 30 | Q= | 587.64 | mc/s |
| Tr= | 200 | Q= | 964.53 | mc/s |
| Tr= | 500 | Q= | 1146.56 | mc/s |

Calcolata nel seguente modo:

$$\overline{x} = I(t_f) A C_* / 3.6$$

Piena d'indice (mc/s)

x = 303.58 mc/s

con:

A= sup. bacino = 530.60 Kmq

tr= tempo di ritardo caratteristico del bacino (mm/h)

$$t_r = .344 A^{0.5} = 7.92 \text{ h}$$

I(tr)= Valore medio massimi annuali di intensità di pioggia puntuali di durata pari a tr (mm/h)
= h/tr

$l = 5.41 \text{ mm/h}$

con

h= 42.84 mm (altezza di pioggia di durata pari a tr)

| tr= | 7.92 | h | (tempo di ritardo caratteristico del bacino) |


Fig. 10.11. Coefficienti probabilistici di piena (C_p) relativi alle diverse aree delimitate dai bacini idrografici della Puglia Settentrionale sottesi dalle stazioni del S.I.M.I.

C*= Coefficiente probabilistico di piena

dal grafico si ottiene

C*= 0.381 (100% in C=0.381)

Altresì, vengono calcolati:

Kad= Coefficiente di riduzione areale

$$Kad = 1 - (1 - e^{(-0,0021 \cdot A)}) \cdot e^{(-0,53 \cdot d^{0,25})}$$

A = area bacino = 530.60 Km²

d= durata della pioggia pari a tr

| | | | |
|------|------|------|------|
| tr = | 7.92 | Kad= | 0.72 |
| tr = | 7.92 | Kad= | 0.72 |
| tr = | 7.92 | Kad= | 0.72 |

e quindi:

Qi= Portata d'indice

$$Qi = x \cdot Kad$$

| | | | |
|-----|-----|-----|-------------|
| Tr= | 30 | Qi= | 219.76 mc/s |
| Tr= | 200 | Qi= | 219.76 mc/s |
| Tr= | 500 | Qi= | 219.76 mc/s |

Kt= Fattore di crescita zona 1-2-3-4

$$Kt = -0,4007 + 0,904 \ln T$$

| | | | |
|------|-----|-----|------|
| Tr = | 30 | Kt= | 2.67 |
| Tr= | 200 | Kt= | 4.39 |
| Tr= | 500 | Kt= | 5.22 |

Q= Portata di piena

$$Q = Kt \cdot Qi$$

| | | | |
|------|-----|----|--------------|
| Tr = | 30 | Q= | 587.64 mc/s |
| Tr= | 200 | Q= | 964.53 mc/s |
| Tr= | 500 | Q= | 1146.56 mc/s |

Per i restanti compluvi il calcolo sarà eseguito nel seguito.

DETERMINAZIONE DELL'IDROGRAMMA DI PIENA CON IL METODO SCS-CN

Al fine di poter operare con un idrogramma di piena in regime di moto vario, si procede a stimare l'idrogramma di piena degli stessi bacini (1,2 e 3), con il software Hec-Hms.

Il programma di calcolo Hec-Hms è stato implementato con la metodologia del Soil Conservation Service (SCS) – Curve Number (CN) nei distinti seguenti moduli:

1. **SCS-CN Loss Method** per il calcolo del volume di deflusso.
2. **SCS-Unit Hydrograph** per il modello per il calcolo della portata di deflusso
3. **Frequency Storm** per il Modello meteorologico

Ciascuna delle sezioni utilizzate nella modellazione sarà descritta nei paragrafi successivi.

1. SCS-CN Loss Method

Tale modello è utilizzato per il calcolo della pioggia netta quale volume di deflusso.

Con tale metodo la precipitazione netta P_e è funzione della pioggia cumulata lorda P , dell'uso del suolo e delle condizioni iniziali del suolo, tramite la seguente relazione:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

Con

P_e = pioggia netta

P = pioggia cumulata lorda, calcolata con il modulo "Modello meteorologico"

I_a = perdita iniziale

S = Volume massimo che il suolo può immagazzinare

Come dato sperimentale tale metodo SCS prevede la seguente relazione empirica:

$$I_a = 0.2 S$$

Pertanto, la pioggia netta al tempo t , sarà pari a:

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

Il valore del volume massimo che il suolo può immagazzinare S è invece ricavabile, in funzione del CN, dalla seguente relazione:

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

Nella precedente relazione il valore CN è il "Runoff Curve Number", coefficiente sperimentale definito secondo criteri indicati dal U.S. Soil Conservation Service (Department of Agriculture) in funzione delle caratteristiche di infiltrazione, uso e trattamento del suolo, contenuto in umidità del terreno, condizione di umidità antecedente all'evento di piena del bacino (AMC Antecedent Moisture Condition).

In relazione alla capacità di infiltrazione del terreno sono distinte quattro classi di appartenenza: A – Suoli ad alta permeabilità (basso potenziale di scorrimento superficiale): sono costituiti principalmente da sabbie o ghiaie di notevole spessore, con elevata capacità di drenaggio. B – Suoli a moderato tasso di infiltrazione, caratterizzati da tessitura da moderatamente fine a fine (argille e limi, con contenuti organici). C -Suoli a medio – bassa permeabilità, caratterizzati da tessitura da moderatamente fine a fine (argille e limi, con contenuti organici). D - Suoli a bassa permeabilità, costituiti da argille plastiche, con livello piezometrico permanentemente alto.

Sono distinte tre condizioni di umidità antecedente l'evento in analisi (AMC) in funzione della precipitazione avvenuta nei 5 giorni antecedenti:

- Condizione I: suoli asciutti;
- Condizione II: suoli in condizioni medie;

• Condizione III: suoli saturi

Il parametro CN II in condizioni normale di umidità si ricava dalla Tabella sottostante, in corrispondenza di ciascuna categoria del suolo associata al gruppo di permeabilità di appartenenza

Tipo di copertura associata alla classe del suolo.

| Categorie di uso del suolo | A | B | C | D |
|---|-----|-----|-----|-----|
| Acquaculture | 100 | 100 | 100 | 100 |
| altre colture permanenti | 62 | 71 | 78 | 81 |
| aree a pascolo naturale, praterie, incolti | 68 | 79 | 86 | 89 |
| aree a ricolonizzazione artificiale (rimboschimenti nella fase di novelleto) | 45 | 66 | 77 | 83 |
| aree a ricolonizzazione naturale | 45 | 66 | 77 | 83 |
| aree a vegetazione sclerofilla | 45 | 66 | 77 | 83 |
| aree aeroportuali ed eliporti | 77 | 85 | 90 | 92 |
| aree agroforestali | 45 | 66 | 77 | 83 |
| Aree archeologiche | 77 | 86 | 91 | 94 |
| aree con vegetazione rada | 68 | 79 | 86 | 89 |
| aree estrattive | 0 | 0 | 0 | 0 |
| aree interessate da incendi o altri eventi dannosi | 45 | 66 | 77 | 83 |
| Aree per gli impianti delle telecomunicazioni | 77 | 85 | 90 | 92 |
| aree portuali | 98 | 98 | 98 | 98 |
| aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali | 62 | 71 | 78 | 81 |
| aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc) | 49 | 69 | 79 | 84 |
| aree verdi urbane | 46 | 65 | 77 | 82 |
| bacini con prevalente utilizzazione per scopi irrigui | 100 | 100 | 100 | 100 |
| bacini senza manifeste utilizzazioni produttive | 100 | 100 | 100 | 100 |
| boschi di conifere | 36 | 60 | 73 | 79 |
| boschi di latifoglie | 36 | 60 | 73 | 79 |
| boschi misti di conifere e latifoglie | 36 | 60 | 73 | 79 |
| campeggi, strutture turistiche ricettive a bungalows o simili | 49 | 69 | 79 | 84 |
| canali e idrovie | 100 | 100 | 100 | 100 |
| cantieri e spazi in costruzione e scavi | 77 | 85 | 90 | 92 |
| cespuglieti e arbusteti | 45 | 66 | 77 | 83 |
| cimiteri | 61 | 75 | 83 | 87 |
| colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree irrigue | 72 | 81 | 88 | 91 |
| colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree non irrigue | 72 | 81 | 88 | 91 |
| colture temporanee associate a colture permanenti | 62 | 71 | 78 | 81 |
| depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli | 89 | 92 | 94 | 95 |
| discariche e depositi di cave, miniere, industrie | 77 | 86 | 91 | 94 |
| estuari | 100 | 100 | 100 | 100 |
| fiumi, torrenti e fossi | 100 | 100 | 100 | 100 |
| frutteti e frutti minori | 67 | 78 | 85 | 89 |
| Grandi impianti di concentramento e smistamento merci | 89 | 92 | 94 | 95 |
| insediamenti ospedalieri | 81 | 88 | 91 | 93 |
| insediamenti produttivi agricoli | 77 | 85 | 90 | 92 |
| insediamento commerciale | 89 | 92 | 94 | 95 |

| | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|
| insediamento degli impianti tecnologici | 81 | 88 | 91 | 93 |
| insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati | 89 | 92 | 94 | 95 |
| insediamento in disuso | 61 | 75 | 83 | 87 |
| insediamento industriale o artigianale con spazi annessi | 81 | 88 | 91 | 93 |
| lagune, laghi e stagni costieri | 100 | 100 | 100 | 100 |
| paludi interne | 100 | 100 | 100 | 100 |
| paludi salmastre | 100 | 100 | 100 | 100 |
| parchi di divertimento (acquapark, zoosafari e simili) | 49 | 69 | 79 | 84 |
| prati alberati, pascoli alberati | 49 | 69 | 79 | 84 |
| reti ed aree per la distribuzione, la produzione e il trasporto dell'energia | 89 | 92 | 94 | 95 |
| reti ferroviarie comprese le superfici annesse | 76 | 85 | 89 | 91 |
| reti stradali e spazi accessori | 98 | 98 | 98 | 98 |
| rocce nude, falesie e affioramenti | 77 | 86 | 91 | 94 |
| Saline | 100 | 100 | 100 | 100 |
| seminativi semplici in aree irrigue | 63 | 75 | 83 | 87 |
| seminativi semplici in aree non irrigue | 65 | 76 | 84 | 88 |
| sistemi colturali e particellari complessi | 72 | 81 | 88 | 91 |
| spiagge, dune e sabbie | 49 | 69 | 79 | 84 |
| suoli rimaneggiati e artefatti | 77 | 86 | 91 | 94 |
| superfici a copertura erbacea densa | 49 | 69 | 79 | 84 |
| tessuto residenziale continuo antico e denso | 89 | 92 | 94 | 95 |
| tessuto residenziale continuo, denso più recente e basso | 89 | 92 | 94 | 95 |
| tessuto residenziale continuo, denso recente, alto | 89 | 92 | 94 | 95 |
| tessuto residenziale discontinuo | 77 | 85 | 90 | 92 |
| tessuto residenziale rado e nucleiforme | 61 | 75 | 83 | 87 |
| tessuto residenziale sparso | 57 | 72 | 81 | 86 |
| uliveti | 67 | 78 | 85 | 89 |
| vigneti | 67 | 78 | 85 | 89 |

L'attribuzione delle 4 classi di permeabilità (A, B, C, D) del metodo SCS-CN è operata avendo quale base cartografica la Carta geo-litologica della Puglia 1:250.000, impostata sulla elaborazione e sintesi della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, prodotta dal Dipartimento di Geologia e Geofisica dell'Università degli Studi di Bari, a seguito di specifica convenzione con l'Autorità di Bacino della Puglia (Responsabile della Convenzione Prof. Marcello Tropeano), nonché elemento della Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia, redatta dall'Autorità di Bacino della Puglia (delibera n. 48/2009), pubblicata sul portale internet della stessa Autorità.

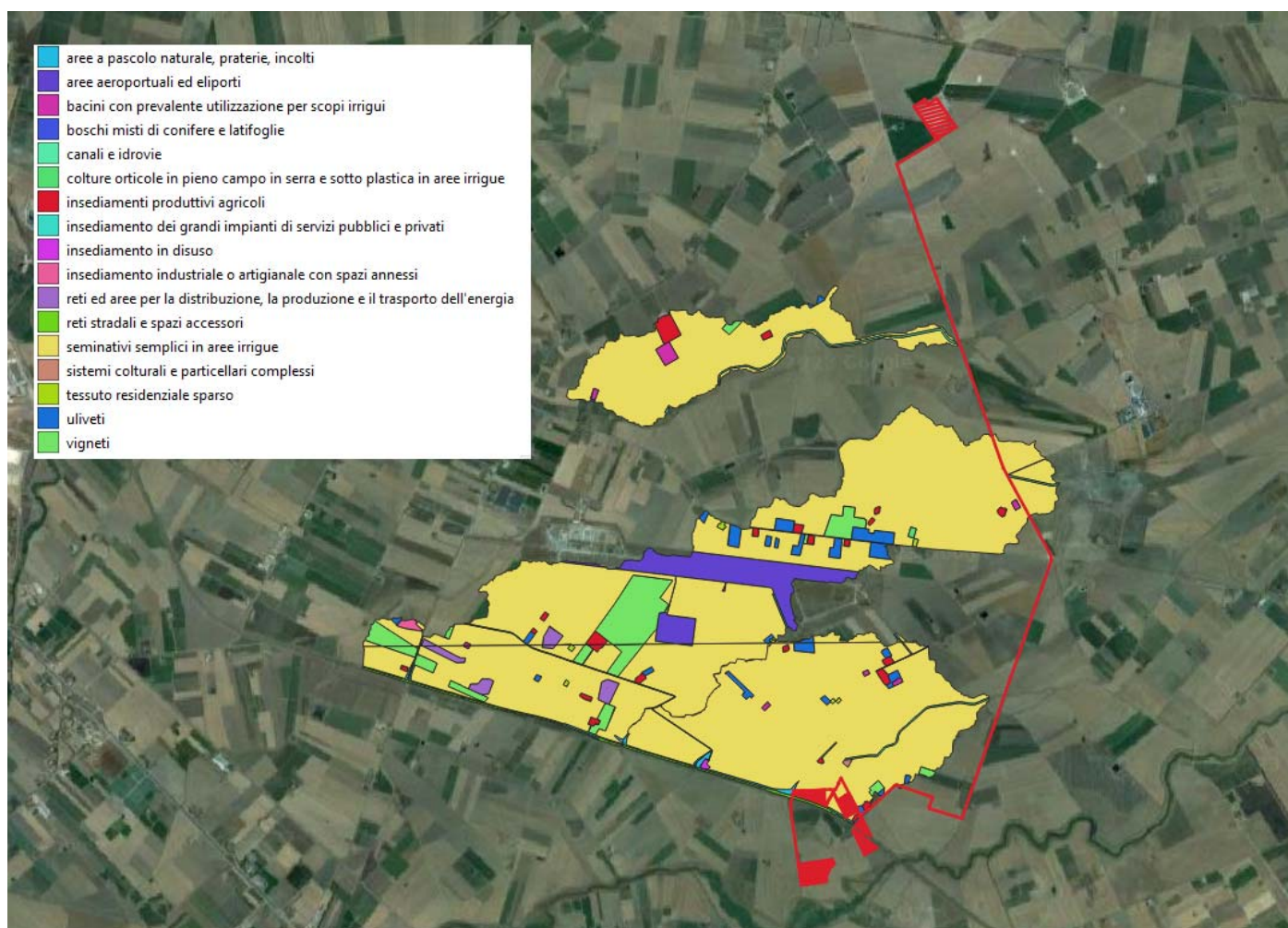
La carta geolitologica è dunque riclassificata per ciascuna unità, in quattro gruppi di permeabilità:

| | |
|----------|---|
| A | Bassa capacità di deflusso - suoli con elevata infiltrabilità anche se completamente saturi - sabbie o ghiaie profonde ben drenate - notevole conducibilità idrica |
| B | Suoli con moderata infiltrabilità se saturi - discretamente drenati e profondi - tessitura medio-grossolana - conducibilità idrica media |
| C | Suoli con bassa infiltrabilità se saturi - uno strato impedisce la percolazione verticale - suoli con tessitura medio-fine e bassa infiltrabilità - conducibilità idrica bassa |
| D | Capacità di deflusso elevata - suoli con infiltrabilità ridottissima in condizioni di saturazione - suoli ricchi di argilla rigonfianti - suoli con strato argilloso superficiale - suoli poco profondi su substrato impermeabile - conducibilità idrica estremamente bassa |

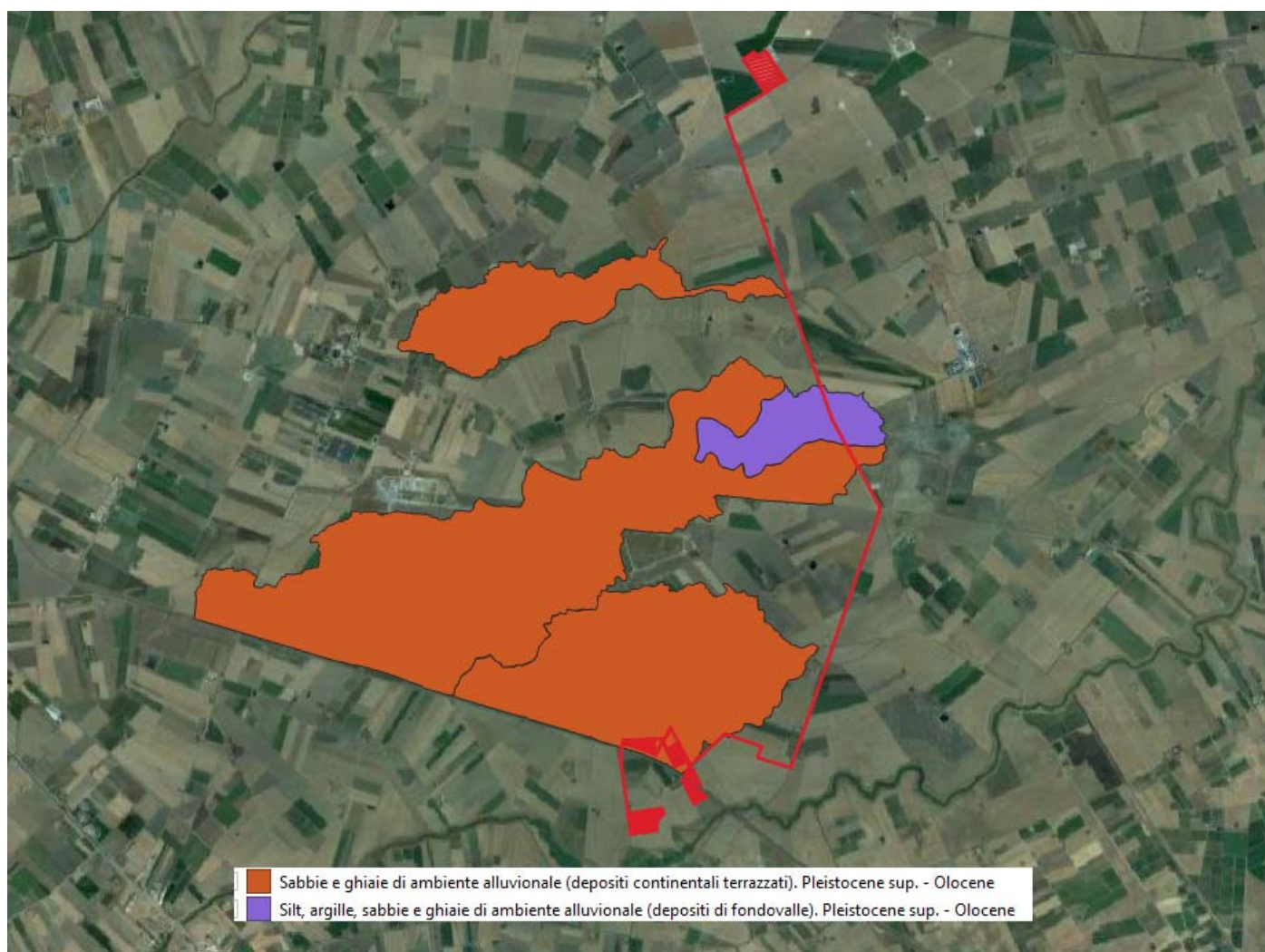
Le unità geolitologiche vengono raggruppate in classi di permeabilità secondo la tabella che segue:

| UNITA' GEOLITOLOGICA | CLASSE |
|--|--------|
| Alternanze arenaceo-pelitiche di ambiente torbiditico. Miocene | B |
| Alternanze calcareo-argillose di ambiente torbiditico. Miocene | C |
| Areniti silicoclastiche e/o carbonatiche di ambiente di transizione. Pliocene | B |
| Argille, argille siltose e argille marnose di piattaforma. Pliocene medio - Pleistocene medio | D |
| Brecce calcaree di versante. Pleistocene | C |
| Carbonati di bacino. Giurassico-Cretacico | C |
| Carbonati di margine e scarpata. Paleogene | B |
| Carbonati di piattaforma aperta. Paleogene-Miocene | C |
| Carbonati di piattaforma aperta. Pliocene medio - Pleistocene inf. | B |
| Carbonati di piattaforma. Giurassico-Cretacico | A |
| Carbonati di scarpata. Giurassico-Cretacico | C |
| Complesso argilloso caotico da melange tettonico. Cretacico - Miocene | D |
| Conglomerati di ambiente di transizione. Pliocene | B |
| Conglomerati e ghiaie con lenti sabbiose di ambiente di transizione e/o continentale. Pleistocene inf. | B |
| Gessi di ambiente evaporitico e carbonati di ambiente di transizione (Punta delle Pietre Nere). Triassico | A |
| Ghiaie e conglomerati di ambiente alluvionale (depositi continentali terrazzati). Pleistocene medio | B |
| Ghiaie e pietrischi di versante e di conoide alluvionale. Pleistocene sup. - Olocene | B |
| Materiali caotici ed eterogenei (corpi di frana). Pleistocene sup. - Olocene | C |
| Rocce ignee (Punta delle Pietre Nere). Terziario sup | D |
| Sabbie di piana costiera. Pleistocene sup. - Olocene | A |
| Sabbie e arenarie, ghiaie e conglomerati, calcareniti, silt e argille di ambiente di transizione e/o continentale (depositi marini terrazzati). Pleistocene medio - sup. | B |
| Sabbie e areniti con lenti argillose e ghiaioso-conglomeratiche di ambiente di transizione e/o continentale. Pleistocene inf. | B |
| Sabbie e ghiaie di ambiente alluvionale (depositi continentali terrazzati). Pleistocene sup. - Olocene | B |
| Silt e argille da colmata antropica. Olocene | D |
| Silt e argille lagunari e palustri. Pleistocene sup. - Olocene | D |
| Silt e argille residuali, eluviali e colluviali. Pleistocene sup. - Olocene | D |
| Silt, argille, sabbie e ghiaie di ambiente alluvionale (depositi di fondovalle). Pleistocene sup. - Olocene | C |

Per tutti i bacini il valore del CN II si determina intersecando le categorie di USO del SUOLO con la carta GEO-LITOLOGICA, come meglio illustrano le cartografie nel seguito riportate.



Carta uso del suolo – bacini da 1, 2, 3

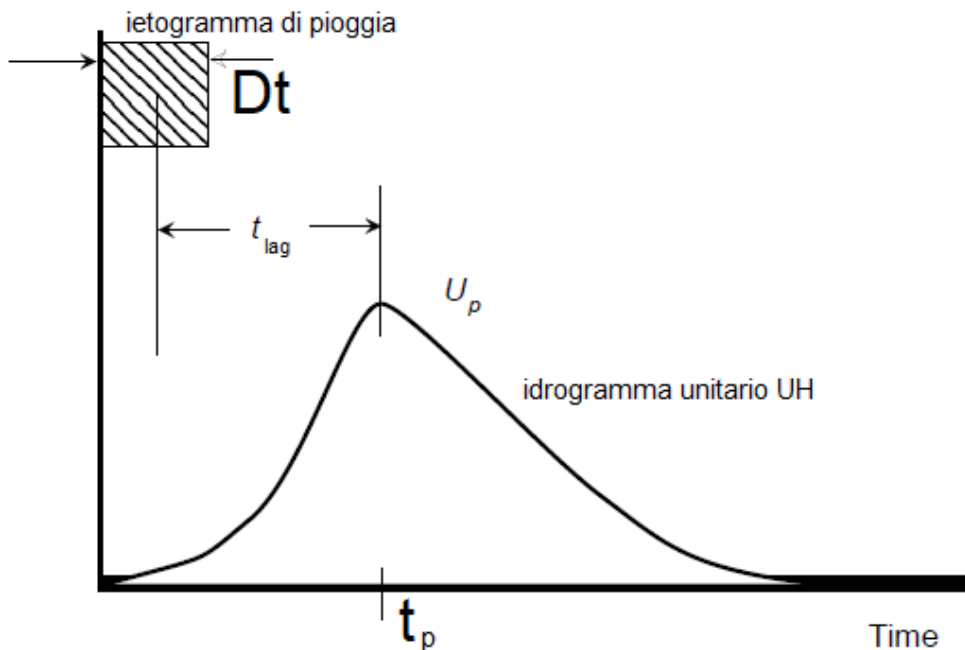


Carta geolitologica – bacini 1, 2, 3

Intersecando i due suddetti strati si è ottenuto un valore medio del CN II ponderato, pari a $CN II = 77.3$ da utilizzare per tutti i bacini.

2. SCS-Unit Hydrograph

Per il calcolo della portata di deflusso viene utilizzato il modello empirico - parametrico dell'idrogramma unitario (UH).



Il valore di picco di tale idrogramma SCS-UH è calcolato con la seguente relazione:

$$U_p = C \frac{A}{T_p}$$

Dove

A= area di bacino

C= costante di conversione = 2.08

Il tempo di picco dell'idrogramma SCS-UH è invece pari a:

$$T_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{lag}$$

Con

Δt = durata della precipitazione

t_{lag} = tempo di ritardo del bacino, definito come la differenza tra il tempo in corrispondenza del centro di massa dello ietogramma di precipitazione e il tempo corrispondente al valore di picco del diagramma

In tale modello il tempo di ritardo del bacino è legato al tempo di corrivazione dalla seguente relazione:

$$t_{lag} = 0.6 t_c$$

Il tempo di ritardo t_l (Lag Time) viene calcolato applicando la formula seguente del Mockus:

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

con

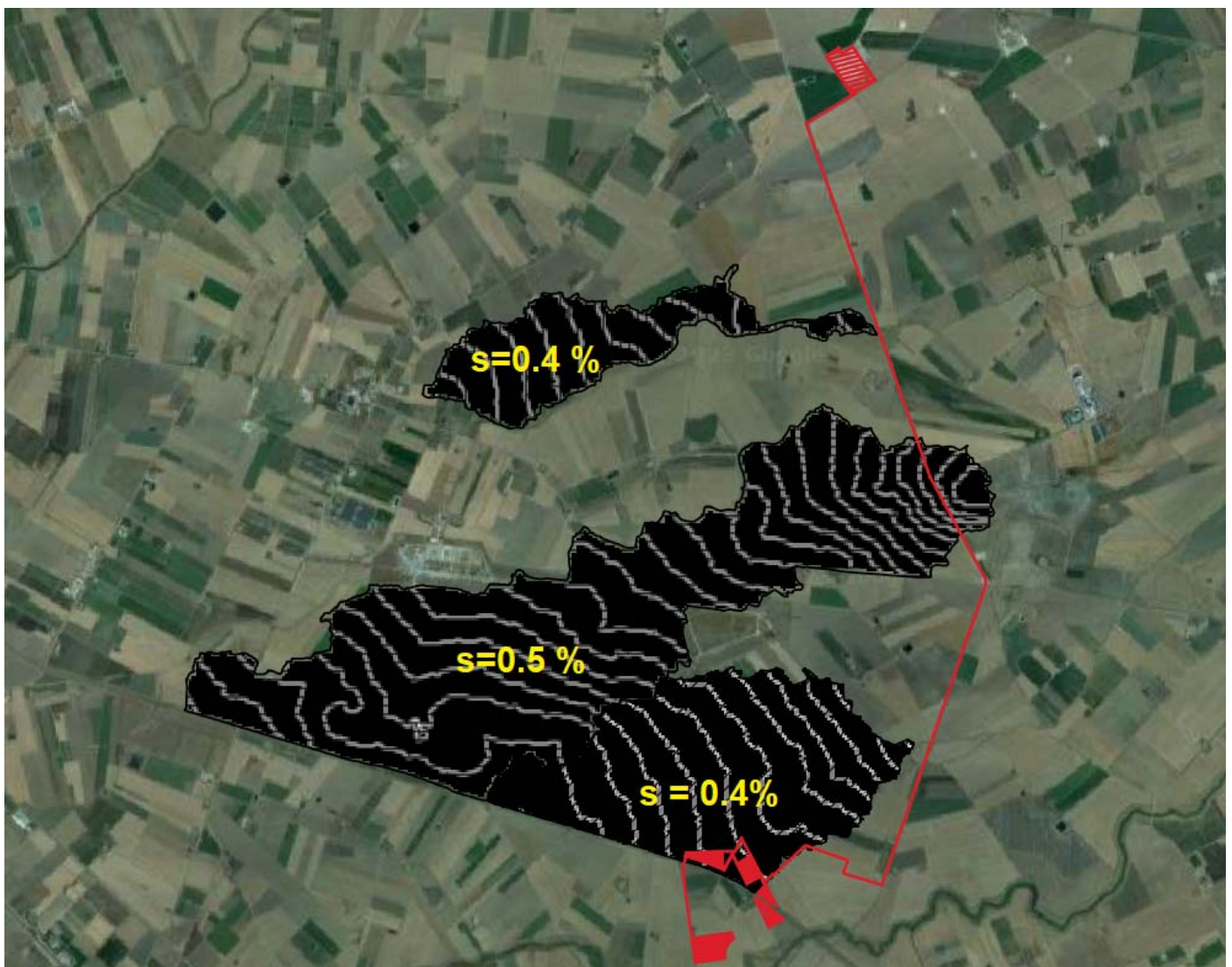
L = lunghezza dell'asta principale del bacino [km] ricavata dallo studio della morfologia del bacino

s = pendenza media percentuale del bacino (in % compresa fra 0 e 100) ricavata dallo studio della morfologia del bacino

CN = Curve Number del Soil Conservation Service (compreso fra 0 e 100) calcolato nei paragrafi precedenti

Per i bacini 1, 2, 3, 4 e 5 il tempo di ritardo si ottiene dal metodo VAPI, si procede a calcolare la pendenza medio del bacino, ricavabile dall'analisi in ambiente gis delle "SLOPE" ottenute a partire dal DEM a disposizione per il bacino:

| BACINO | PENDENZA % |
|--------|------------|
| 1 | 0.4 |
| 2 | 0.5 |
| 3 | 0.4 |

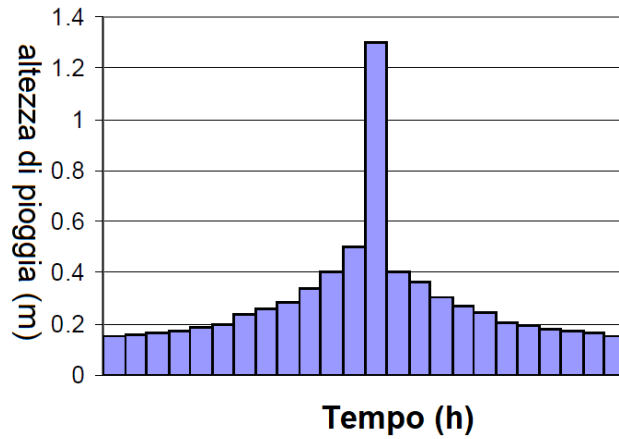


Pendenze – bacini 1,2,3

3. FREQUENCY STORM PRECIPITATION

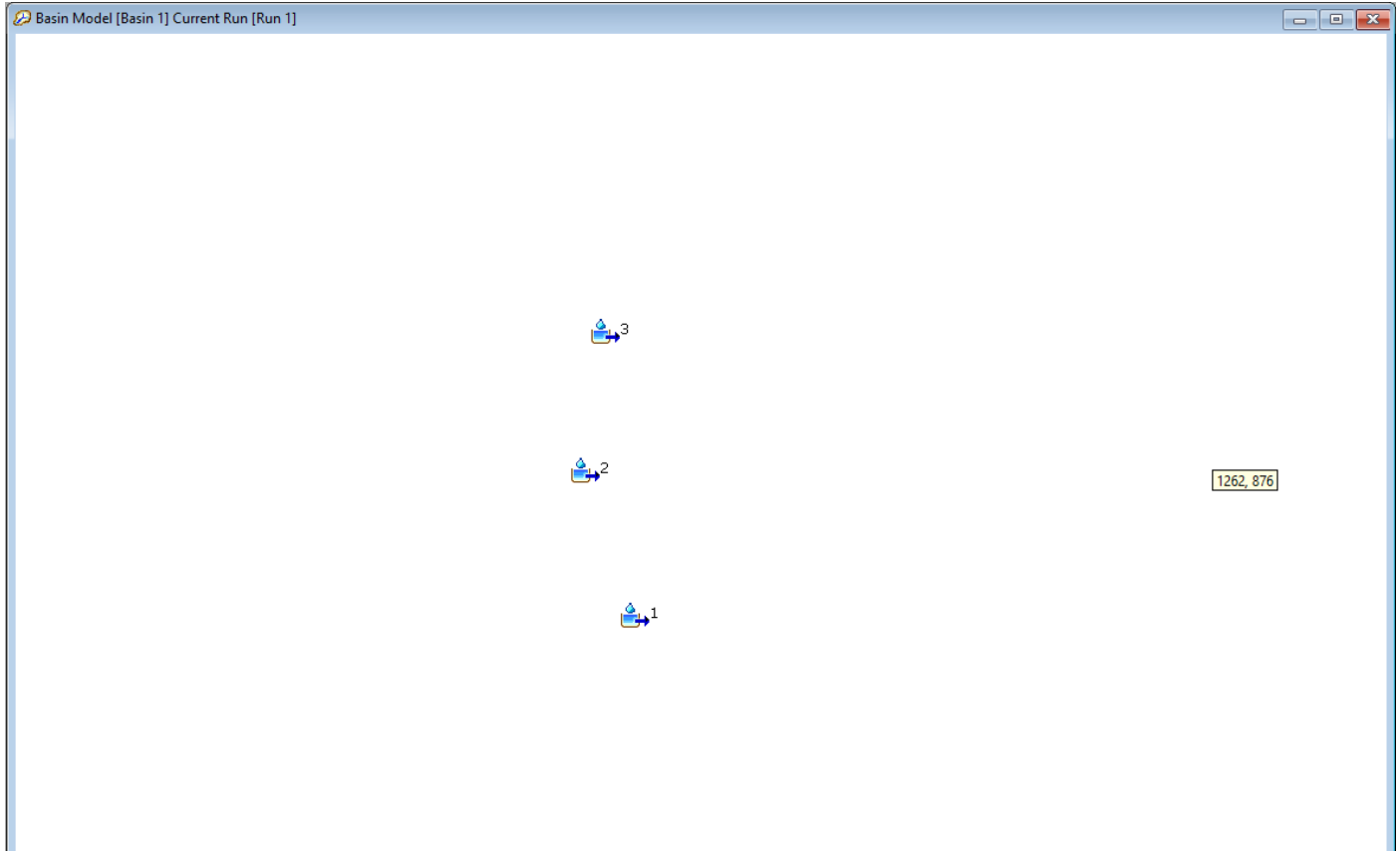
Tale modulo genera uno ietogramma, a partire dalla C.P.P. per il tempo di ritorno considerato (Tr200).

Lo ietogramma viene costruito seguendo una procedura semiempirica, secondo la quale il massimo della pioggia si verifica a metà della sua durata; si procede quindi dividendo il tempo di pioggia in “n” intervalli e discretizzando la C.P.P. con una curva a gradini.



IDROGRAMMA DI PIENA

Per il calcolo della portata al colmo Q_p (m³/s) ed il relativo idrogramma di piena, in corrispondenza dell'evento meteorico Tr 200, viene utilizzato il software HEC-HMS della U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineer Center (www.hec.usace.army.mil), con l'implementazione dei modelli prima esposti. Preliminarmente è stato schematizzato il bacino oggetto di studio.



Si è proceduto, quindi, ad esaminare un evento teorico dal 10.12.2023 alle ore 00:00 al 10.12.2023 alle ore 20:00, utilizzando i metodi, prima esposti, per la trasformazione afflussi – deflussi:

- Transform method = SCS unit hydrograph
- Meteorologic model = Frequency storm precipitation

Con le Variabili nel seguito indicate, opportunamente calcolate:

lag time = vedi tabella

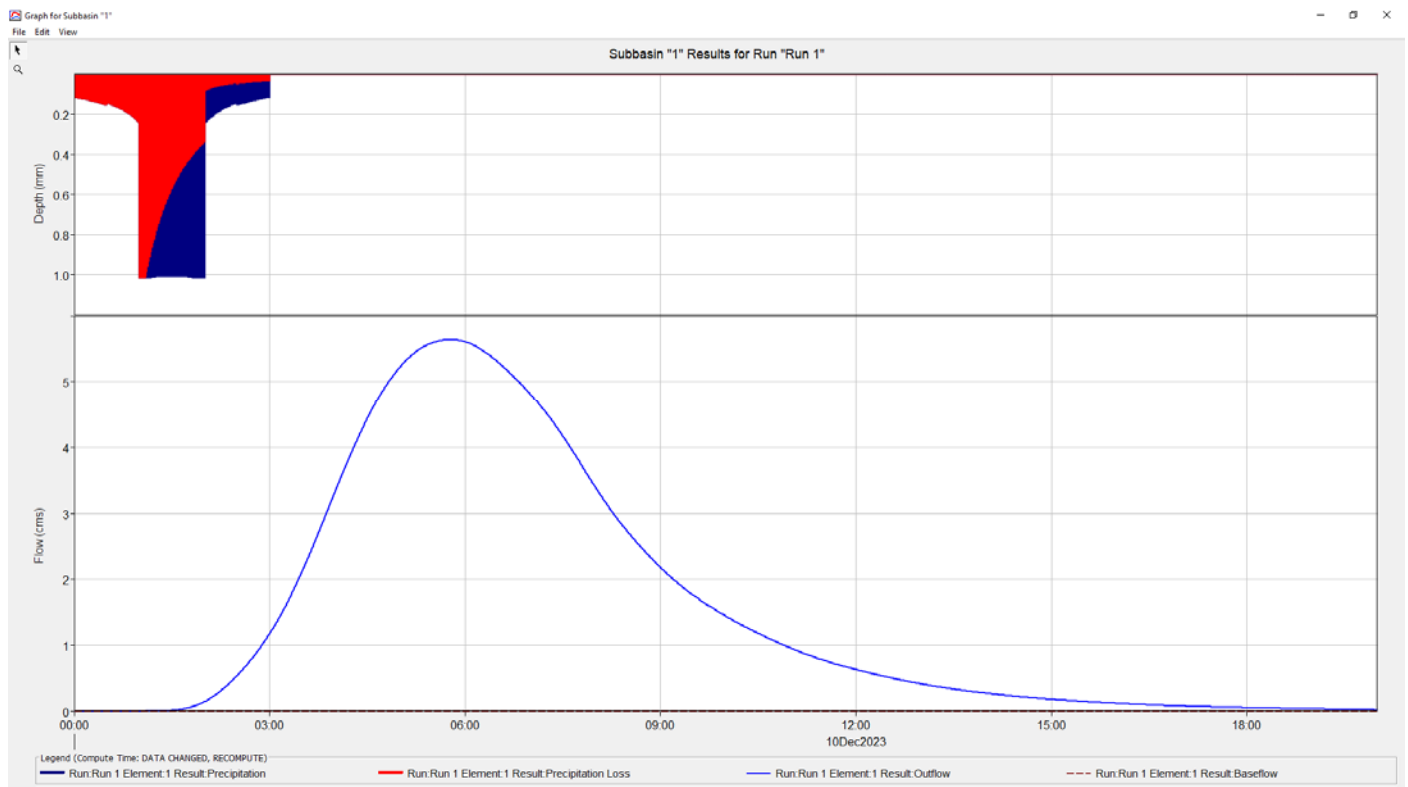
CN = curve number = vedi tabella

A = area bacino = vedi tabella

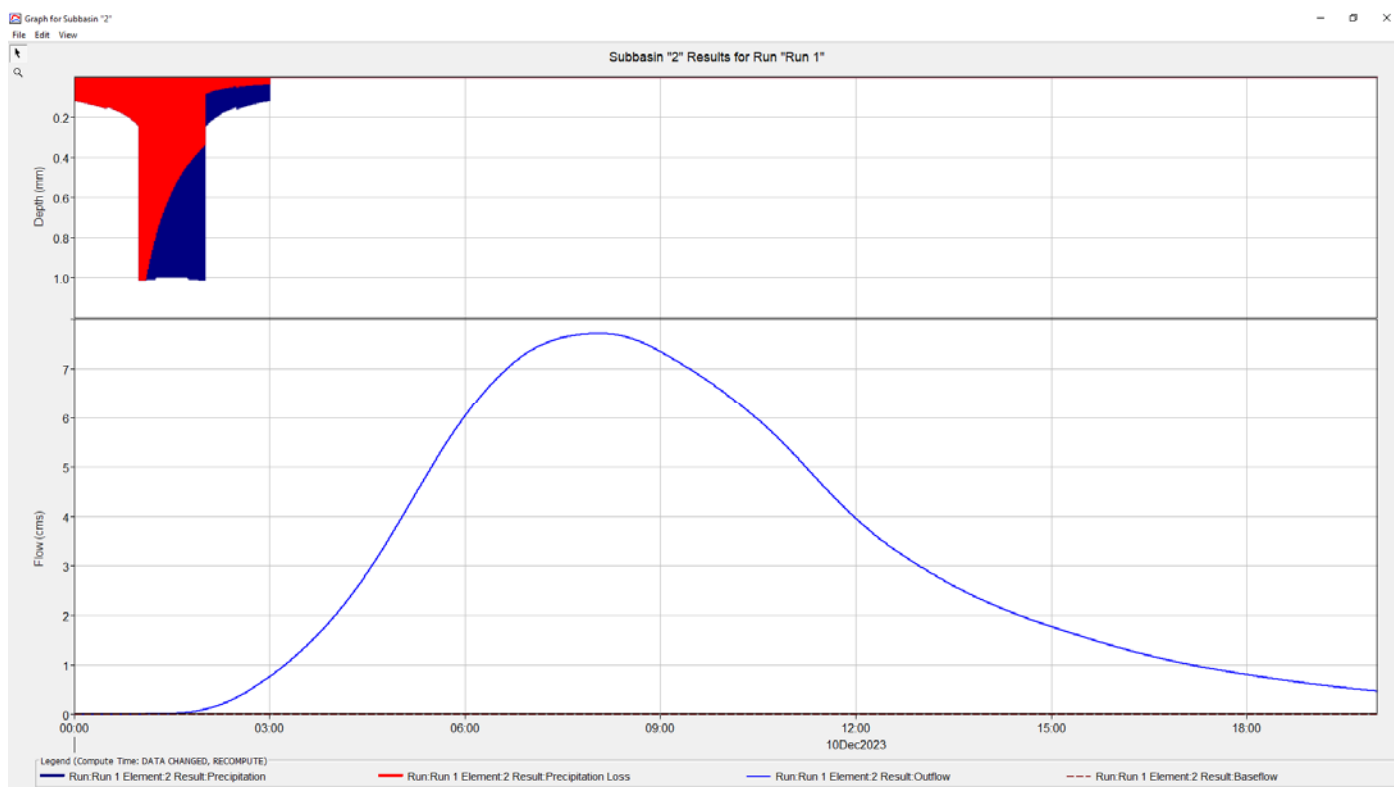
| Bacino | Area (Kmq) | L. Tronco (mt.) | Lag time (min.) | i (pendenza bacino) | CN |
|--------|------------|-----------------|-----------------|---------------------|------|
| 1 | 3,6 Kmq | 3592 | 235 | 0.4 | 77.3 |
| 2 | 7,7 Kmq | 7247 | 369 | 0.5 | 77.3 |
| 3 | 1,65 Kmq | 3919 | 252 | 0.4 | 77.3 |

Per le finalità del presente calcolo idrologico idraulico, ottenuti tutti i parametri sopra calcolati, unitamente alle CCP per ciascun sottobacino precedentemente calcolato, opportunamente inseriti nelle apposite sezioni del software Hec-Hms, hanno permesso la costruzione dell'idrogramma di piena, in corrispondenza di TR 200.

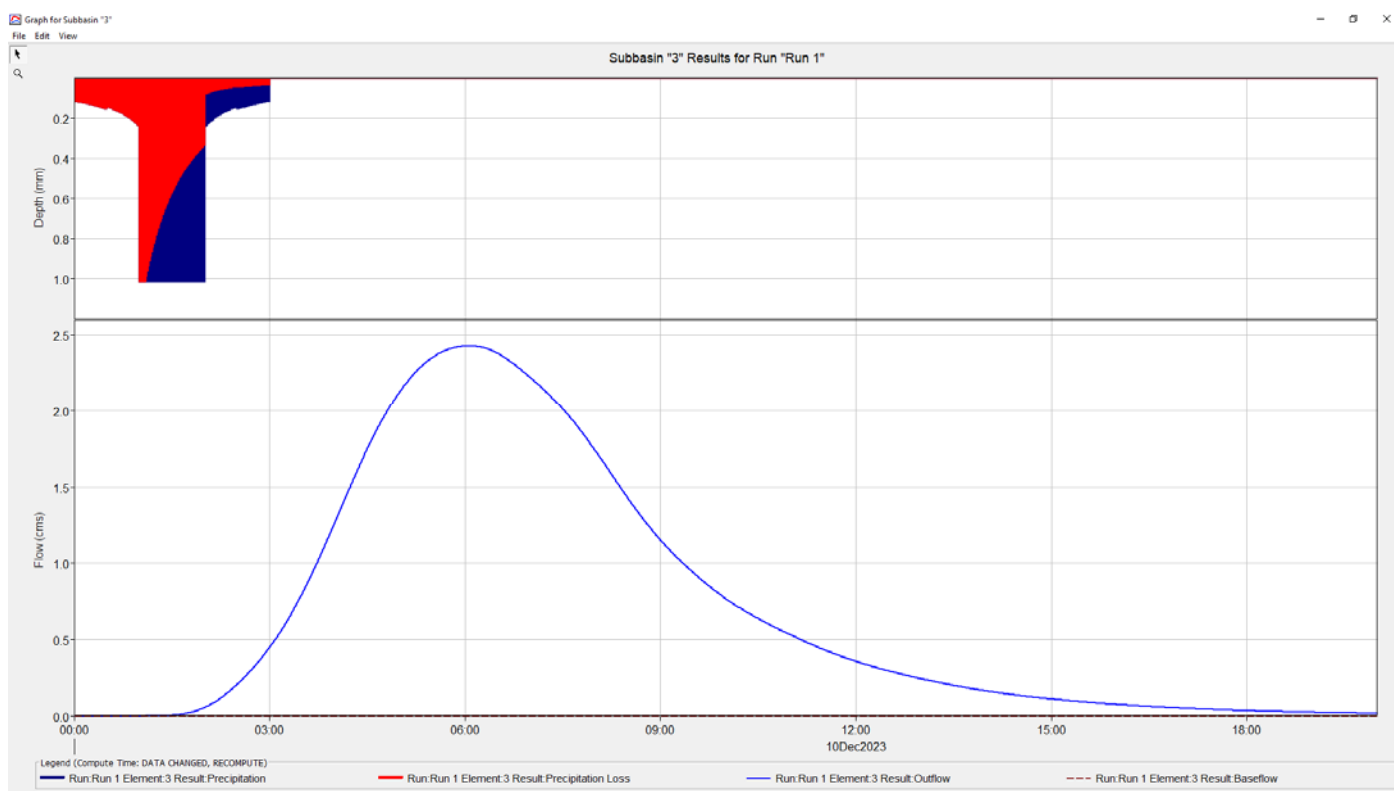
In definitiva si ottengono per l'evento TR200 per ciascun bacino, i seguenti ietogrammi ed idrogrammi di piena:



Ietogramma con idrogramma Tr200 BACINO 1 – tr200



letogramma con idrogramma Tr200 BACINO 2- tr200



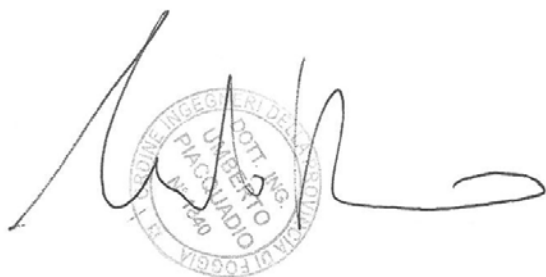
letogramma con idrogramma Tr200 BACINO 3- tr200

Si riportano di seguito i valori numerici dei picchi delle portate calcolate

TR 200

| Global Summary Results for Run "Run 1" | | | | |
|--|---------------------|-----------------------------------|---|-----------------------------|
| Project: damiani Simulation Run: Run 1 | | | | |
| Start of Run: 10dic2023, 00:00 | | Basin Model: Basin 1 | | |
| End of Run: 10dic2023, 20:00 | | Meteorologic Model: Met tr200 | | |
| Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE | | Control Specifications: Control 1 | | |
| Show Elements: | All Elements | Volume Units: | <input type="radio"/> MM <input checked="" type="radio"/> 1000 M3 | Sorting: Watershed Explorer |
| Hydrologic Element | Drainage Area (KM2) | Peak Discharge (M3/S) | Time of Peak | Volume (1000 M3) |
| 1 | 3,6 | 5,6 | 10 December 202... | 108,2 |
| 2 | 7,7 | 7,7 | 10 December 202... | 223,2 |
| 3 | 1,6 | 2,4 | 10 December 202... | 49,8 |

Il tecnico
ing. Umberto Piacquadio



A handwritten signature in black ink is written over a circular professional stamp. The stamp contains the text: 'INGEGNERIA CIVILE', 'INGEGNERIA IDRAULICA', 'INGEGNERIA IDROLOGICA', 'INGEGNERIA AMBIENTALE', 'INGEGNERIA TERRITORIALE', 'INGEGNERIA URBANISTICA', 'INGEGNERIA VEICOLI', 'INGEGNERIA AERONAUTICA', 'INGEGNERIA NAUTICA', 'INGEGNERIA AEROSPAZIALE', 'INGEGNERIA AERONAUTICA', 'INGEGNERIA NAUTICA', 'INGEGNERIA AEROSPAZIALE', 'INGEGNERIA AERONAUTICA', 'INGEGNERIA NAUTICA', 'INGEGNERIA AEROSPAZIALE'. The signature is written in a stylized, cursive manner.