



IMPIANTO AGROVOLTAICO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE SOLARE DENOMINATO IMPIANTO "SPOT26" DI POTENZA NOMINALE PARI A 10,55 MW, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI GUAGNANO (BR)

CONNESSIONE ALLA RTN TRAMITE REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CABINA DI CONSEGNA COLLEGATA IN ANTENNA DALLA FUTURA CABINA PRIMARIA AT/MT "CELLINO"

PROGETTO DEFINITIVO
Id AU 2V7IYQ2

Tav.:	Titolo:
03	Studio di compatibilità idraulica e idrologica

Scala:	Formato Stampa:	Codice Identificatore Elaborato
-	A4	2V7IYQ2_RelazioneIdraulica_01

Progettazione:	Committente:
 Dott. Ing. Fabio CALCARELLA Via B. Ravenna, 14 - 73100 Lecce Mob. +39 340 9243575 fabio.calcarella@gmail.com Pec: fabio.calcarella@ingpec.eu	HEPV07 S.r.l. Via Alto Adige, 160 - 38121 Trento tel +39 0461 1732700 - fax +39 0461 1732799 e.mail: info@heliopolis.eu - pec: hepv07srl@pec.it
Dott. Geol. Gianluca SELLERI Via Francesco Lo RE, 6 73100 - LECCE Tel: +39 3929534082 E-mail: geologogianlucaselleri@gmail.com	

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Marzo 2022	Prima emissione	STC	FC	HEPV07 S.r.l.

Comune di Guagnano

Provincia di Lecce

***Progetto di un impianto fotovoltaico denominato
SPOT 26 da realizzarsi sul territorio del Comune
di Guagnano***

Relazione idraulica

Il Tecnico

Dott. Geol. Gianluca Selleri



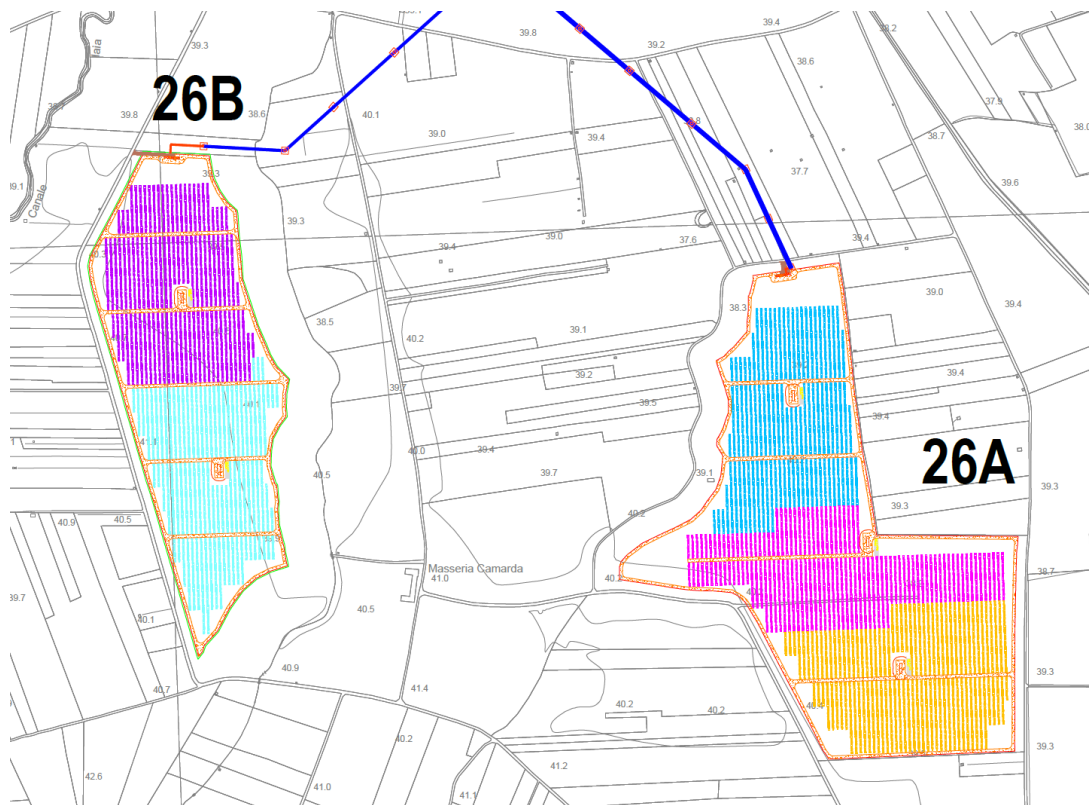
Lecce, dicembre 2019

Sommario

1. PREMESSA	2
Area A - Analisi Idraulica	2
1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E GEOGRAFICO	4
2. CARATTERI GEOMORFOLOGICI E DINAMICA AMBIENTALE	5
3. CARATTERI ALTIMETRICI, MORFOLOGICI ED IDROLOGICI DESUNTI DAL DTM REGIONE PUGLIA.....	7
4. STUDIO IDROLOGICO	8
4.1 Metodo di studio	8
4.2 Calcolo dell'evento critico di pioggia	10
4.3 Calcolo dei volumi.....	15
5. CARATTERI IDRAULICI	17
Area B - Analisi Idraulica	20
1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E GEOGRAFICO	22
2. CARATTERI GEOMORFOLOGICI E DINAMICA AMBIENTALE	22
3. CARATTERI ALTIMETRICI, MORFOLOGICI ED IDROLOGICI DESUNTI DAL DTM REGIONE PUGLIA.....	23
4. STUDIO IDRAULICO	25
4.1 Verifiche idrauliche: input.....	27
4.1.1 Dati geometrici	28
4.1.2 Dati idraulici.....	33
4.2 Verifiche idrauliche: output.....	33

1. PREMESSA

Il presente studio è stato condotto a corredo del progetto di realizzazione di un impianto fotovoltaico sui terreni riportati in catasto al F. 8, del Comune di Guagnano, P.Ile 476 – 477 – 478 – 479 – 480 – 481 (Area A) e F. 7, del Comune di Guagnano, P.Ile 459 – 466 – 466 – 467 – 468 – 469 (Area B).



Al fine di rendere la trattazione chiara, l'analisi idraulica è stata condotta separatamente per l'area A e l'area B. I due appezzamenti infatti, nonostante facciano parte dello stesso impianto, sono ad una distanza l'uno dall'altro tale da avere caratteristiche Idrauliche differenti.

Area A - Analisi Idraulica

Questo sito è costeggiato da un piccolo reticolo endoreico individuato sulla Carta Idrogeomorfologica che poco a valle di esso termina in corrispondenza della cosiddetta Vora di Masseria Camarda, un modesto inghiottitoio tipo "buried sinkhole" che si apre nel punto di coordinate UTM WGS 84 748040,2 Est 4478933,7 Nord (Fig. 1.1 e Fig. 1.2).



Fig. 1.1 – Rete idrografica della Carta Idrogeomorfologica

Lo studio è stato svolto a scala di bacino. L'analisi dei dati è stata condotta con i software Quantum GIS e GRASS Gis, integrando i dati di rilievo originali (dati geologico-stratigrafici, permeabilità dei terreni, uso del suolo) con quelli di letteratura specialistica disponibili sul sito <http://www.sit.puglia.it/>

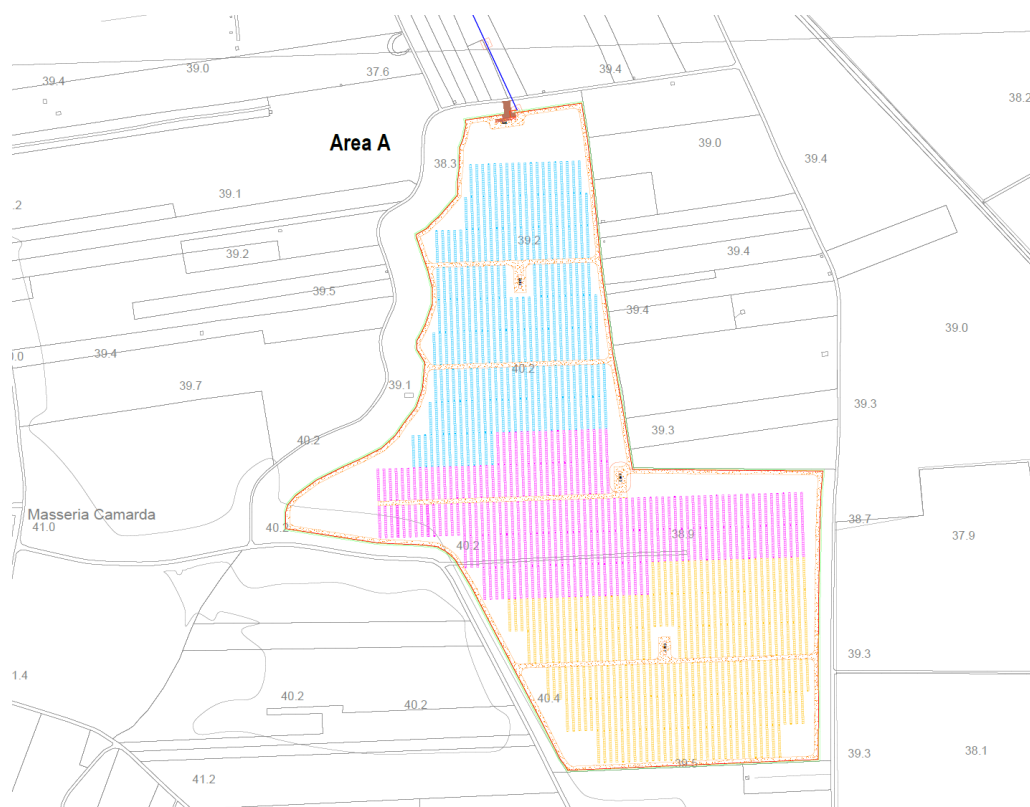


Fig. 1.2 – Perimetrazione aree di progetto

Per lo studio idraulico, al fine di ottenere un modello attendibile per la valutazione dei volumi di piena, seguendo le indicazioni di letteratura per l'analisi della stima delle criticità idrauliche legate ai recapiti finali dei bacini endoreici¹, è stato utilizzato il metodo di Horton che permette di massimizzare i volumi di pioggia netta accumulati durante l'evento critico. Tale metodo, infatti, consente di valutare il valore della capacità di infiltrazione reale nel tempo $f(t)$ per ogni litologia costituente l'area del bacino drenante.

1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E GEOGRAFICO

L'area studiata ricade a cavallo delle sezioni 495153 – 495152 – 495164 e 495151 della CTR in scala 1:10000 (Fig. 2.1) e si trova tra gli abitati di Guagnano e San Donaci in piena campagna.

Ricade nel bacino idrografico che insiste intorno alla Palude Balsamo il cui reticolo è composto da diversi corsi d'acqua a basso ordine di gerarchizzazione ed a carattere occasionale che confluiscono verso una estesa area endoreica, denominata per l'appunto Palude Balsamo, caratterizzata dalla presenza di più punti di assorbimento. Nel dettaglio il

¹ IL RUOLO DELLE VORAGINI NELLA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA DELLE AREE ENDOREICHE DELLA PENISOLA SALENTINA - Alemanno D., Damato B., Denora D., Di Santo A.R, Fiore A., Iacobellis V. & Intini V.

sito di interesse è interamente ricompreso nel sottobacino della Vora di masseria Camarda che ha intercettato un segmento di questa rete idrografica scollegandolo idraulicamente dal resto del reticolo. In realtà una breve valle morta, poco evidente morfologicamente, garantisce comunque il collegamento idraulico di questo elemento con il resto della rete idrografica durante gli eventi meteorici più importanti.

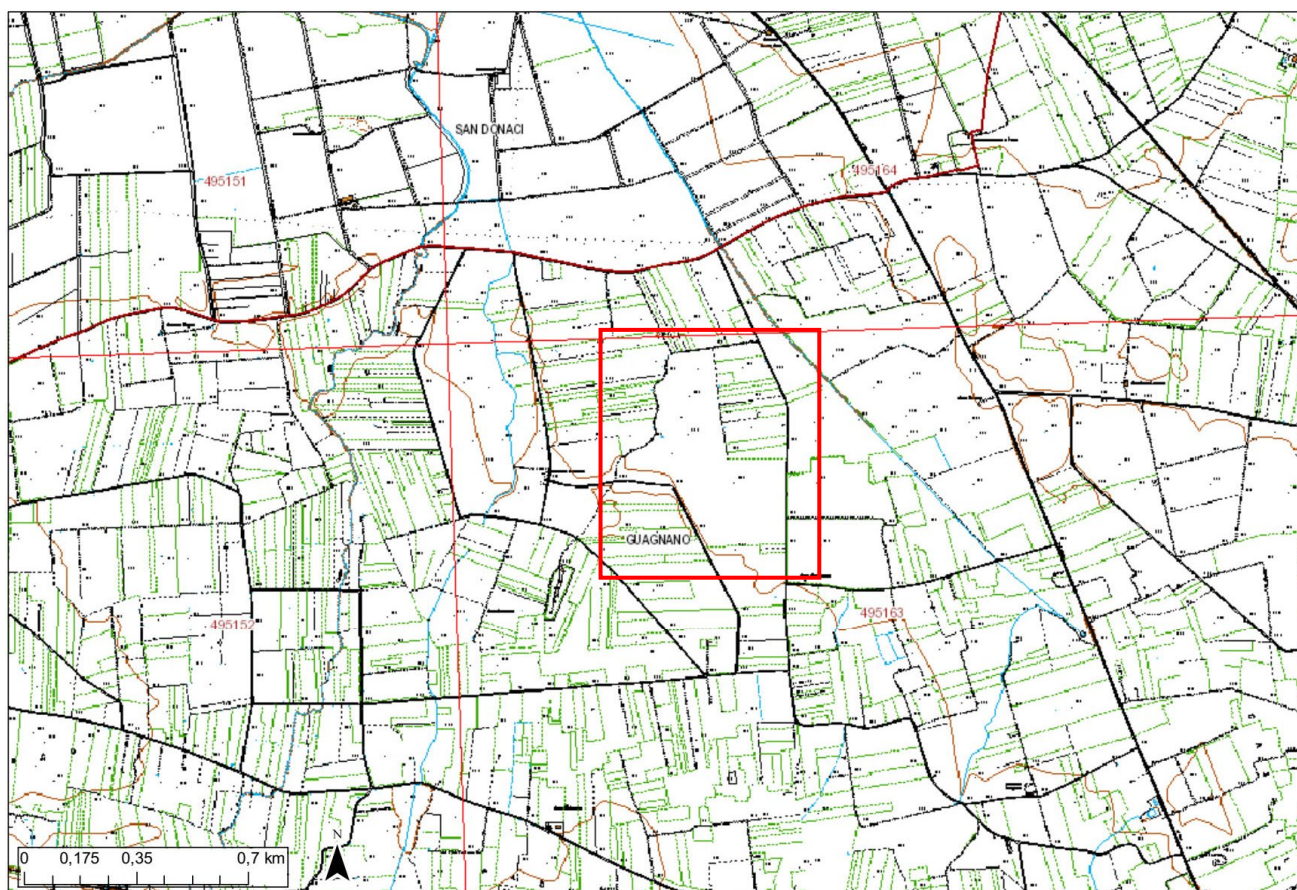


Fig. 2.1 – Stralcio della CTR Puglia 2006

2. CARATTERI GEOMORFOLOGICI E DINAMICA AMBIENTALE

La dinamica geomorfologica e la pericolosità geologica in atto nel settore in cui ricade il sito di progetto sono connesse principalmente all'azione delle acque di corrivazione, al carsismo ed alle modalità e condizioni di distribuzione delle aree di allagamento dove, in occasione degli venti meteorici intensi, si accumulano proprio le acque di corrivazione². Il sito, infatti,

² Il Piano di Assetto Idrogeologico vigente non riconosce in corrispondenza del sito di progetto e del suo immediato intorno nessuna area a pericolosità geomorfologica o idraulica; purtuttavia, la presenza delle due linee di impluvio classificate sulla Carta Idrogeomorfologica come "corso d'acqua episodico" assoggetta le aree di intervento alle prescrizioni dell'Art. 6 delle NTA del PAI.

come già rilevato ricade nel sottobacino idrografico endoreico della Vora di Masseria Camarda (parte del più vasto bacino della Palude Balsamo).

Il bacino endoreico che insiste intorno alla vora di Masseria Camarda è stato perimetrato utilizzando come dato altimetrico il DTM con maglia 8 m x 8 m della Regione Puglia ed è risultato esteso 1248847 mq (Tavola 1); la sua forma è allungata da Nord a Sud. Lungo il dupludio che segna il perimetro del bacino, sul lato nord-orientale, esiste una soglia morfologica che funziona da scolmatore naturale che si attiva durante gli eventi meteorici intensi e permette lo sversamento delle piene in uno dei principali canali di bonifica che confluiscono nella Palude Balsamo.

Nel perimetro del bacino endoreico della vora di masseria camarda sono state riconosciute (sempre attraverso il DTM Puglia) 7 conche alluvionali pertanto è possibile suddividere il bacino in 7 sottobacini (Tavola 2) interconnessi idraulicamente secondo una organizzazione di tipo "a cascata" (Fig. 3.1B).

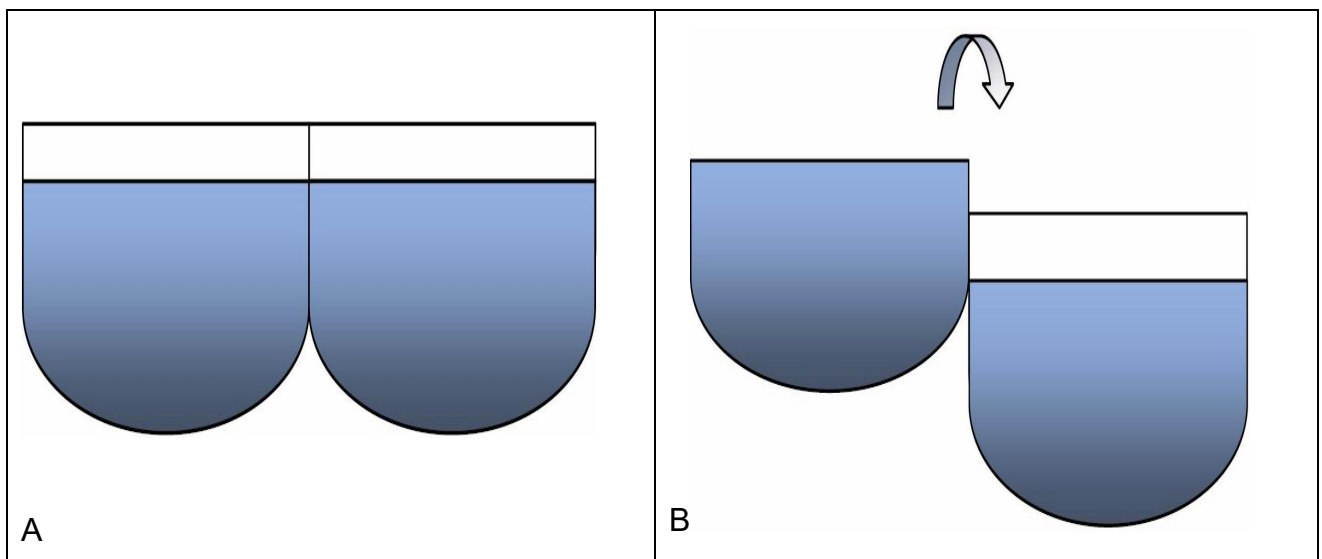


Fig. 3.1 - Schema grafico del rapporto funzionale tra conche alluvionali : indipendenza (A); "a cascata" (B)

Ogni sottobacino ha una soglia morfologica che funziona come un vero e proprio scolmatore pertanto quando nel sottobacino di monte gli afflussi (pioggia netta) superano il volume invasabile si determina un deflusso verso il sottobacino di valle idraulicamente sottostante. Qui il volume di piena è determinato dunque sia dalla pioggia netta direttamente precipitata nei limiti del sottobacino stesso ma anche dai deflussi provenienti dai sottobacini di monte.

3. CARATTERI ALTIMETRICI, MORFOLOGICI ED IDROLOGICI DESUNTI DAL DTM REGIONE PUGLIA

I 7 sottobacini in cui è stato suddiviso il bacino di interesse hanno i seguenti caratteri geometrici (estratti dal DTM Puglia con maglia elementare di 8 m x 8 m):

Nome sottobacino		BC_A
Superficie	S (kmq)	0,467255
Altezza massima	H _{max} (m)	41,39
Altezza media	H _{med} (m)	39,24
Altezza minima	H _{min} (m)	36,17
Pendenza media versanti	i _v	0,0096
Quota soglia di scollamento	(m)	38,39

Nome sotto bacino		BC_B
Superficie	S (kmq)	0,054915
Altezza massima	H _{max} (m)	40,35
Altezza media	H _{med} (m)	39,32
Altezza minima	H _{min} (m)	38,76
Pendenza media versanti	i _v	0,89
Quota soglia di scollamento	(m)	39,07

Nome sottobacino		BC_C
Superficie	S (kmq)	0,331656
Altezza massima	H _{max} (m)	45,51
Altezza media	H _{med} (m)	41,62
Altezza minima	H _{min} (m)	39,41
Pendenza media versanti	i _v	0,92
Quota soglia di scollamento	(m)	39,90

Nome sottobacino		BC_D
Superficie	S (kmq)	0,117374
Altezza massima	H _{max} (m)	43,06
Altezza media	H _{med} (m)	41,6
Altezza minima	H _{min} (m)	40,3
Pendenza media versanti	i _v	0,84
Quota soglia di scollamento	(m)	40,86

Nome sottobacino		BC_E
Superficie	S (kmq)	0,166052
Altezza massima	H _{max} (m)	45,84
Altezza media	H _{med} (m)	43,64
Altezza minima	H _{min} (m)	42,15
Pendenza media versanti	i _v	1,04

Quota soglia di scollamento	(m)	42,68
-----------------------------	-----	-------

Nome sottobacino		BC_F
Superficie	S (kmq)	0,065398
Altezza massima	H _{max} (m)	46,3
Altezza media	H _{med} (m)	45,32
Altezza minima	H _{min} (m)	44,21
Pendenza media versanti	i _v	0,95
Quota soglia di scollamento	(m)	44,65

Nome sottobacino		BC_G
Superficie	S (kmq)	0,048941
Altezza massima	H _{max} (m)	46,69
Altezza media	H _{med} (m)	46,04
Altezza minima	H _{min} (m)	45,36
Pendenza media versanti	i _v	0,88
Quota soglia di scollamento	(m)	45,83

4. STUDIO IDROLOGICO

4.1 Metodo di studio

Nei bacini endoreici le criticità idrauliche non sono attribuibili al passaggio del colmo di una piena lungo una direttrice principale di deflusso bensì all'accumulo nelle zone morfologicamente depresse dei deflussi superficiali diffusi originati dall'evento che massimizza i volumi di piena; lo studio idraulico di tali bacini avrà quindi la finalità di individuare le altezze idriche che, per i diversi tempi di ritorno degli eventi, si instaurano all'interno delle depressioni morfologiche del territorio di interesse.

In tutti questi casi per la valutazione della pericolosità idraulica trova applicazione il modello di Horton che permette di valutare il valore della capacità di infiltrazione reale nel tempo $f(t)$ per ogni litologia affiorante nell'area di bacino drenante afferente al recapito finale endoreico.

Secondo tale modello, la variazione della capacità di infiltrazione potenziale nel tempo risulta proporzionale alla differenza tra il valore attuale e quello relativo alle condizioni di saturazione f_c .

La suddetta condizione di saturazione viene raggiunta asintoticamente a partire da un valore iniziale f_0 , secondo modalità temporali dettate essenzialmente da una costante k che rappresenta la rapidità di esaurimento di f secondo una legge esponenziale di equazione:

$$f(t) = f_c + (f_0 - f_c) \cdot e^{-t/k}$$

I tre parametri del modello sono in linea di principio tarati sulla base di osservazioni dirette effettuate sul bacino di interesse e sui suoli ivi presenti.

Nella implementazione del modello semidistribuito si fa riferimento, per i parametri f_0 ed f_c , ai valori di letteratura (riportati in tabella) associati ai gruppi di permeabilità del SCS.

GRUPPO SCS	f_0 [mm/h]	f_c [mm/h]	k [h ⁻¹]
A	250	25.4	0.5
B	200	12.7	0.5
C	125	6.3	0.5
D	76	2.5	0.5

Per quanto riguarda i gruppi SCS questi sono classificati in base alla natura del suolo:

- **Gruppo A:** suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla, ghiaie profonde molto permeabili. Capacità di infiltrazione molto elevata.

- **Gruppo B:** suoli aventi moderata potenzialità di deflusso. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A e con maggiore aliquota di argilla e limo. Elevate capacità di infiltrazione anche in condizione di saturazione.

- **Gruppo C:** suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta. Suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e collodi. Scarsa capacità di infiltrazione.

- **Gruppo D:** suoli con potenzialità di deflusso molto elevata. Argille con elevata capacità di rigonfiamento, suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie. Scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.

La valutazione della capacità di infiltrazione reale viene effettuata, in corrispondenza dei diversi ietogrammi di ingresso, sulla base del confronto della intensità di pioggia con la capacità di infiltrazione potenziale, attraverso la valutazione del tempo di ponding t_p , ed effettuata tramite la soluzione del sistema:

$$\int_0^{t_p} i(t) dt = F(t_p - t_0)$$

con $i(t) = f(t_p - t_0)$ intensità di precipitazione variabile nel tempo;

$F(t)$ infiltrazione cumulata potenziale;

t_0 è una costante di tempo tale che sia, posto $Fr(t)$ la infiltrazione cumulate reale:

$$Fr(t_p) = F(t_p - t_0)$$

Naturalmente nel caso in cui la precipitazione è costante il sistema si riduce al seguente sistema di equazioni:

$$\begin{cases} it_p = F(t_p - t_0) \\ i = f(t_p - t_0) \end{cases}$$

L'applicazione del modello appena descritto, consente di valutare l'aliquota dei volumi di precipitazione atmosferica che, decurtati della parte che si infiltra nel sottosuolo in funzione delle diverse tipologie di suolo, ruscella superficialmente e converge verso le depressioni morfologiche del territorio in esame determinandone l'allagamento.

In ragione delle caratteristiche altimetriche del territorio e dei volumi di acqua in gioco, è possibile risalire al tirante idrico che si realizza all'interno delle depressioni morfologiche per ogni evento alluvionale caratterizzato da differente tempo di ritorno (30, 200 e 500 anni) e, di conseguenza, all'estensione delle corrispondenti aree allagabili.

4.2 Calcolo dell'evento critico di pioggia

Per effettuare il calcolo dell'evento critico di pioggia di assegnato tempo di ritorno in assenza di dati pluviometrici sitospecifici è stato utilizzato il cosiddetto metodo regionale, secondo le indicazioni contenute nel capitolo VI.3.1 della Relazione di Piano proposta dall'Autorità di Bacino della Puglia, che prevede la suddivisione del territorio di competenza in sei regioni aventi caratteristiche pluviometriche differenti. Per ogni regione pluviometrica viene fornita direttamente l'equazione della Linea Segnalatrice di Possibilità Climatica. In base a questa suddivisione tutto il Salento ricade nella sesta regione pluviometrica, per la quale è valida la seguente espressione:

$$X(d, z) = 33,7 * d^{\frac{0,488+0,0022*z}{3,178}}$$

Tale relazione fornisce per diverse durate di pioggia d il valore dell'altezza di pioggia X prendendo in considerazione anche il valore della quota assoluta z sul livello del mare.

I valori calcolati sono, quindi, correlati ad un determinato tempo di ritorno attraverso la loro moltiplicazione con un coefficiente K_T il cui valore dipende dal tempo di ritorno Tr attraverso la seguente relazione:

$$K_T = 0,1599 + 0,5166 * \ln(Tr)$$

Il calcolo è stato sviluppato per ognuno dei 7 sottobacini in cui è stato suddiviso il vabico endoreico di interesse. Si è assunta come z la quota media sul livello del mare determinata su base DTM LIDAR attraverso il software QGIS che nello specifico risulta pari a:

Nome sottobacino	Quota media (m slm)
BC_A	39,24
BC_B	39,32
BC_C	41,62

BC_D	41,6
BC_E	43,64
BC_F	45,32
BC_G	46,04

Si riportano di seguito i risultati dei calcoli eseguiti per Tr pari a 30, 200 e 500 anni.

BC_A					
d	1	3	6	12	24
z	39,24				
x	33,7	41,1	46,6	52,8	59,8
Tempo ritorno	30		Kt ₃₀	1,92	
X ₃₀	64,6	78,8	89,3	101,2	114,7
LN(X ₃₀)	4,1682	4,3668	4,4920	4,6173	4,7426
d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,1807	4,17			
n ₃₀	0,1807				
a ₃₀	64,60				
h ₃₀	64,6	78,8	89,3	101,2	114,7
Tempo ritorno	200		Kt ₂₀₀	2,90	
X ₂₀₀	97,6	119,1	135,0	153,0	173,4
LN(X ₂₀₀)	4,5812	4,7797	4,9050	5,0302	5,1555
d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,1807	4,58			
n ₂₀₀	0,1807				
a ₂₀₀	97,63				
h ₂₀₀	97,6	119,1	135,0	153,0	173,4
Tempo ritorno	500		Kt ₅₀₀	3,37	
X ₅₀₀	113,6	138,5	157,0	178,0	201,7
LN(X ₅₀₀)	4,7325	4,9311	5,0563	5,1816	5,3069
d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,1807	4,73			
n ₅₀₀	0,1807				
a ₅₀₀	113,58				
h ₅₀₀	113,6	138,5	157,0	178,0	201,7

BC_B					
d	1	3	6	12	24
z	39,32				
x	33,7	41,1	46,6	52,8	59,9
Tempo ritorno	30		Kt ₃₀	1,92	
X ₃₀	64,6	78,8	89,3	101,2	114,7
LN(X ₃₀)	4,1682	4,3668	4,4921	4,6174	4,7428
d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781

Regr. Lin.	0,1808	4,17			
n_{30}	0,1808				
a_{30}	64,60				
h_{30}	64,6	78,8	89,3	101,2	114,7
Tempo ritorno	200		Kt_{200}	2,90	
X_{200}	97,6	119,1	135,0	153,0	173,4
$LN(X_{200})$	4,5812	4,7798	4,9051	5,0304	5,1557
d (ore)	1	3	6	12	24
$LN(d)$	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,1808	4,58			
n_{200}	0,1808				
a_{200}	97,63				
h_{200}	97,6	119,1	135,0	153,0	173,4
Tempo ritorno	500		Kt_{200}	3,37	
X_{500}	113,6	138,5	157,0	178,0	201,8
$LN(X_{500})$	4,7325	4,9311	5,0564	5,1817	5,3070
d (ore)	1	3	6	12	24
$LN(d)$	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,1808	4,73			
n_{500}	0,1808				
a_{500}	113,58				
h_{500}	113,6	138,5	157,0	178,0	201,8

BC_C					
d	1	3	6	12	24
z	41,62				
x	33,7	41,2	46,7	53,0	60,2
Tempo ritorno	30		Kt_{30}	1,92	
X_{30}	64,6	78,9	89,6	101,6	115,3
$LN(X_{30})$	4,1682	4,3686	4,4950	4,6214	4,7478
d (ore)	1	3	6	12	24
$LN(d)$	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,1824	4,17			
n_{30}	0,1824				
a_{30}	64,60				
h_{30}	64,6	78,9	89,6	101,6	115,3
Tempo ritorno	200		Kt_{200}	2,90	
X_{200}	97,6	119,3	135,4	153,6	174,3
$LN(X_{200})$	4,5812	4,7815	4,9079	5,0343	5,1608
d (ore)	1	3	6	12	24
$LN(d)$	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,1824	4,58			
n_{200}	0,1824				
a_{200}	97,63				
h_{200}	97,6	119,3	135,4	153,6	174,3
Tempo ritorno	500		Kt_{200}	3,37	
X_{500}	113,6	138,8	157,5	178,7	202,8
$LN(X_{500})$	4,7325	4,9329	5,0593	5,1857	5,3121

d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,1824	4,73			
n ₅₀₀	0,1824				
a ₅₀₀	113,58				
h ₅₀₀	113,6	138,8	157,5	178,7	202,8

BC_D					
d	1	3	6	12	24
z	41,60				
x	33,7	41,2	46,7	53,0	60,2
Tempo ritorno	30		Kt ₃₀	1,92	
X ₃₀	64,6	78,9	89,6	101,6	115,3
LN(X ₃₀)	4,1682	4,3686	4,4950	4,6214	4,7478
d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,1824	4,17			
n ₃₀	0,1824				
a ₃₀	64,60				
h ₃₀	64,6	78,9	89,6	101,6	115,3
Tempo ritorno	200		Kt ₂₀₀	2,90	
X ₂₀₀	97,6	119,3	135,4	153,6	174,3
LN(X ₂₀₀)	4,5812	4,7815	4,9079	5,0343	5,1607
d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,1824	4,58			
n ₂₀₀	0,1824				
a ₂₀₀	97,63				
h ₂₀₀	97,6	119,3	135,4	153,6	174,3
Tempo ritorno	500		Kt ₅₀₀	3,37	
X ₅₀₀	113,6	138,8	157,5	178,7	202,8
LN(X ₅₀₀)	4,7325	4,9329	5,0593	5,1857	5,3120
d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,1824	4,73			
n ₅₀₀	0,1824				
a ₅₀₀	113,58				
h ₅₀₀	113,6	138,8	157,5	178,7	202,8

BC_E					
d	1	3	6	12	24
z	43,64				
x	33,7	41,2	46,8	53,2	60,4
Tempo ritorno	30		Kt ₃₀	1,92	
X ₃₀	64,6	79,1	89,8	102,0	115,8
LN(X ₃₀)	4,1682	4,3701	4,4975	4,6249	4,7523
d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781

Regr. Lin.	0,1838	4,17			
n_{30}	0,1838				
a_{30}	64,60				
h_{30}	64,6	79,1	89,8	102,0	115,8
Tempo ritorno	200		Kt_{200}	2,90	
X_{200}	97,6	119,5	135,7	154,1	175,1
$LN(X_{200})$	4,5812	4,7831	4,9104	5,0378	5,1652
d (ore)	1	3	6	12	24
$LN(d)$	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,1838	4,58			
n_{200}	0,1838				
a_{200}	97,63				
h_{200}	97,6	119,5	135,7	154,1	175,1
Tempo ritorno	500		Kt_{200}	3,37	
X_{500}	113,6	139,0	157,9	179,3	203,7
$LN(X_{500})$	4,7325	4,9344	5,0618	5,1892	5,3165
d (ore)	1	3	6	12	24
$LN(d)$	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,1838	4,73			
n_{500}	0,1838				
a_{500}	113,58				
h_{500}	113,6	139,0	157,9	179,3	203,7

BC F					
d	1	3	6	12	24
z	45,32				
x	33,7	41,3	46,9	53,4	60,7
Tempo ritorno	30		Kt_{30}	1,92	
X_{30}	64,6	79,2	90,0	102,3	116,3
$LN(X_{30})$	4,1682	4,3714	4,4996	4,6278	4,7560
d (ore)	1	3	6	12	24
$LN(d)$	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,1849	4,17			
n_{30}	0,1849				
a_{30}	64,60				
h_{30}	64,6	79,2	90,0	102,3	116,3
Tempo ritorno	200		Kt_{200}	2,90	
X_{200}	97,6	119,6	136,0	154,6	175,7
$LN(X_{200})$	4,5812	4,7843	4,9125	5,0407	5,1689
d (ore)	1	3	6	12	24
$LN(d)$	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,1849	4,58			
n_{200}	0,1849				
a_{200}	97,63				
h_{200}	97,6	119,6	136,0	154,6	175,7
Tempo ritorno	500		Kt_{200}	3,37	
X_{500}	113,6	139,2	158,2	179,8	204,4
$LN(X_{500})$	4,7325	4,9357	5,0639	5,1921	5,3202

d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,1849	4,73			
n ₅₀₀	0,1849				
a ₅₀₀	113,58				
h ₅₀₀	113,6	139,2	158,2	179,8	204,4

BC_F					
d	1	3	6	12	24
z	46,04				
x	33,7	41,3	47,0	53,4	60,8
Tempo ritorno	30		Kt ₃₀	1,92	
X ₃₀	64,6	79,2	90,1	102,4	116,5
LN(X ₃₀)	4,1682	4,3720	4,5005	4,6290	4,7575
d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,1854	4,17			
n ₃₀	0,1854				
a ₃₀	64,60				
h ₃₀	64,6	79,2	90,1	102,4	116,5
Tempo ritorno	200		Kt ₂₀₀	2,90	
X ₂₀₀	97,6	119,7	136,1	154,8	176,0
LN(X ₂₀₀)	4,5812	4,7849	4,9134	5,0419	5,1705
d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,1854	4,58			
n ₂₀₀	0,1854				
a ₂₀₀	97,63				
h ₂₀₀	97,6	119,7	136,1	154,8	176,0
Tempo ritorno	500		Kt ₂₀₀	3,37	
X ₅₀₀	113,6	139,2	158,3	180,1	204,8
LN(X ₅₀₀)	4,7325	4,9362	5,0648	5,1933	5,3218
d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,1854	4,73			
n ₅₀₀	0,1854				
a ₅₀₀	113,58				
h ₅₀₀	113,6	139,2	158,3	180,1	204,8

4.3 Calcolo dei volumi

Per i 7 sottobacini individuati, applicando la trasformazione afflussi-deflussi mediante il modello di infiltrazione di Horton, è stato possibile valutare il tempo critico dell'evento pluviometrico che massimizza i volumi di accumulo. L'analisi idrologica per la valutazione dell'evento pluviometrico critico con tempo di ritorno di 200 anni che massimizza i volumi

defluiti all'interno delle depressioni morfologiche individuate è stata effettuata mediante applicazione del metodo Va.Pi. Puglia già descritto.

A valle del calcolo delle intensità di pioggia derivanti dalla C.P.P. per i diversi tempi di durata dell'evento (1, 3, 6, 9, 12, 18, 24 ore), si è valutato l'evento che produce il massimo volume di accumulo all'interno delle depressioni morfologiche.

Il modello afflussi-deflussi di riferimento, infatti, persegue il fine di valutare il valore della capacità di infiltrazione reale nel tempo $f(t)$ ed utilizza il classico modello di Horton secondo il quale la variazione della capacità di infiltrazione potenziale nel tempo risulta proporzionale alla differenza tra il valore attuale e quello relativo alle condizioni di saturazione f_c . Quest'ultimo viene raggiunto asintoticamente a partire da un valore iniziale f_0 , secondo modalità temporali essenzialmente dettate da una costante k che rappresenta la rapidità di esaurimento di f .

I tre parametri del modello dovrebbero in linea di principio essere tarati sulla base di osservazioni dirette effettuate sul bacino di interesse e sui suoli ivi presenti, tuttavia nella implementazione del modello semidistribuito si è fatto riferimento per i parametri f_0 ed f_c ai valori di letteratura riportati in tabella al paragrafo 6.2.

SOTTOBACINO A

Il sottobacino A ha una estensione totale di 0,477 kmq. In base all'uso del suolo è possibile attribuire tutto questo territorio al gruppo SCS C (poco permeabile).

SOTTOBACINO B

Il sottobacino A ha una estensione totale di 0,055kmq. In base all'uso del suolo è possibile attribuire tutto questo territorio al gruppo SCS C (poco permeabile).

SOTTOBACINO C

Il sottobacino A ha una estensione totale di 0,332 kmq. In base all'uso del suolo è possibile attribuire tutto questo territorio al gruppo SCS C (poco permeabile).

SOTTOBACINO D

Il sottobacino A ha una estensione totale di 0,117 kmq. In base all'uso del suolo è possibile attribuire tutto questo territorio al gruppo SCS C (poco permeabile).

SOTTOBACINO E

Il sottobacino A ha una estensione totale di 0,166 kmq. In base all'uso del suolo è possibile attribuire tutto questo territorio al gruppo SCS C (poco permeabile).

SOTTOBACINO F

Il sottobacino A ha una estensione totale di 0,065 kmq. In base all'uso del suolo è possibile attribuire tutto questo territorio al gruppo SCS C (poco permeabile).

SOTTOBACINO G

Il sottobacino A ha una estensione totale di 0,049 kmq. In base all'uso del suolo è possibile attribuire tutto questo territorio al gruppo SCS C (poco permeabile).

Sulla base delle indicazioni sopra riportate sono stati determinati per l'evento critico con tempo di ritorno di 200 anni i seguenti volumi:

Id	Superficie (mq)	Volumi (mc)	Afflussi (mc)	Volume di invaso (mc)	Deflusso (mc)
sottobacino G	48940,925	4721,37	4721,37	180,73	4540,64
sottobacino F	65398,405	6283,30	10823,95	656,47	10167,48
sottobacino E	166052,633	15794,37	25961,85	2558,29	23403,56
sottobacino D	117374,845	11029,73	34433,29	1372,01	33061,28
sottobacino C	331656,42	31169,71	64230,99	8951,01	55279,98
sottobacino B	53951,289	5090,31	60370,29	231,95	60138,34
sottobacino A	467255,791	43290,98	103429,32	6480,66	96948,66
TOTALE	1250630,31	117379,78		20431,12	

5. CARATTERI IDRAULICI

Lo studio condotto ha permesso di accertare che l'evento critico con Tr 200 anni produce in ogni sottobacino dei volumi di piena superiori al volume invasabile nelle singole conche alluvionali presenti nel perimetro di ognuno (determinato dalla quota delle soglie morfologiche) pertanto in queste condizioni si determinano trasferimenti di volumi di acqua tra un sottobacino e l'altro e quindi l'instaurarsi di flussi idrici all'interno del bacino.

E' stato accertato anche che per un evento con Tr 200 anni il bacino nella sua totalità non è in grado di contenere i volumi di acqua prodotti e si attiva quindi un importante deflusso nel canale di bonifica che termina in corrispondenza della palude Balsamo.

Sulla base di queste considerazioni si è quindi proceduto alla perimetrazione delle aree dove si accumulano le acque di pioggia in occasione di eventi critici con Tr200 (Media pericolosità idraulica) utilizzando come modello del terreno il DTM Puglia, così come riportata nella Figura 7.1.

Confrontando il posizionamento delle opere di progetto con la distribuzione delle aree sopradette si evince la piena compatibilità del progetto proposto con le condizioni di sicurezza idraulica del territorio in cui ricade imposte dal PAI; si rileva inoltre che non vi è alcuna interferenza tra le aree allagabili e le opere di progetto.

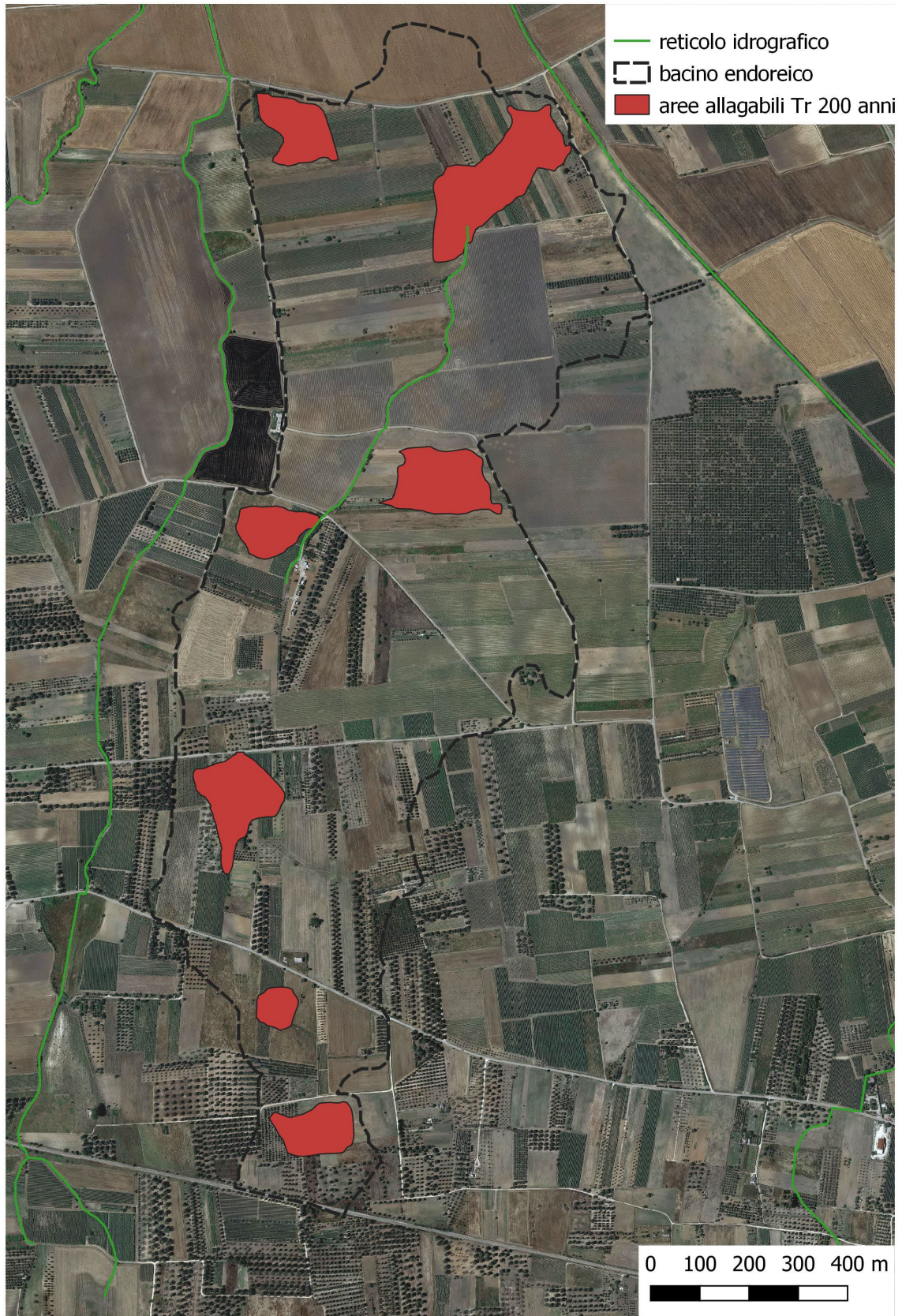


Fig. 6.1 – Perimetrazione delle aree allagabili

Area B - Analisi Idraulica

Questo sito (Fig. 1.1) è costeggiato ad Est da una modesta linea di impluvio, parzialmente cartografata sulla Carta Idrogeomorfologica come “corso d’acqua episodico”, che poco a valle del sito stesso confluisce nel Canale Iaia (anch’esso riportato sulla Carta Idrogeomorfologica come corso d’acqua episodico).

In ragione di quanto riportato, sebbene il Piano di Assetto Idrogeologico vigente non riconosce in corrispondenza del sito di progetto (ed anche del suo intorno più prossimo) nessuna area a pericolosità geomorfologica o idraulica, la presenza delle due linee di impluvio individuate sulla Carta Idrogeomorfologica, assoggetta comunque le aree di intervento alle prescrizioni dell’Art. 6 delle NTA del PAI.

Lo studio è stato svolto a scala di bacino. L’analisi dei dati è stata condotta con i software Quantum GIS e GRASS Gis, integrando i dati di rilievo originali (dati geologico-stratigrafici, permeabilità dei terreni, uso del suolo) con quelli di letteratura specialistica disponibili sul sito <http://www.sit.puglia.it/>.

Al fine di ottenere un modello attendibile per la valutazione dei volumi di piena che fosse anche rappresentativo delle condizioni di maggiore criticità idraulica per il sito di progetto e considerando anche il contesto geomorfologico di area vasta che vede il canale di interesse come un’asta di grado gerarchico basso e relativamente distante rispetto al recapito finale (per il quale già esistono le perimetrazioni di bassa, media ed alta pericolosità idraulica), si è ritenuto opportuno considerare il corso d’acqua studiato come un reticolo esoreico che è stato trattato secondo le indicazioni riportate nella Relazione di Piano proposta dall’ex Autorità di Bacino della Puglia a corredo del PAI.

L’analisi idrologica è stata condotta con l’ausilio dei software Quantum GIS e GRASS Gis mentre quella idraulica con il software HEC-RAS. (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System), sviluppato da U. S. Army Corps of Engineers.



Fig. 1.1 – Ubicazione del sito di interesse e perimetrazione del sottobacino idrografico in cui ricade e delle aree a pericolosità idraulica

1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E GEOGRAFICO

L'area studiata ricade a cavallo delle sezioni 495153 – 495152 – 495164 e 495151 della CTR in scala 1:10000 (Fig. 2.1) e si trova tra gli abitati di Guagnano e San Donaci in piena campagna.

Ricade nel bacino idrografico che insiste intorno alla Palude Balsamo il cui reticolo è composto da diversi corsi d'acqua a basso ordine di gerarchizzazione ed a carattere occasionale che confluiscono verso una estesa area endoreica, denominata per l'appunto Palude Balsamo, caratterizzata dalla presenza di più punti di assorbimento. Nel dettaglio il sito di interesse è interamente ricompreso nel sottobacino della Vora di masseria Camarda che ha intercettato un segmento di questa rete idrografica scollegandolo idraulicamente dal resto del reticolo. In realtà una breve valle morta, poco evidente morfologicamente, garantisce comunque il collegamento idraulico di questo elemento con il resto della rete idrografica durante gli eventi meteorici più importanti.

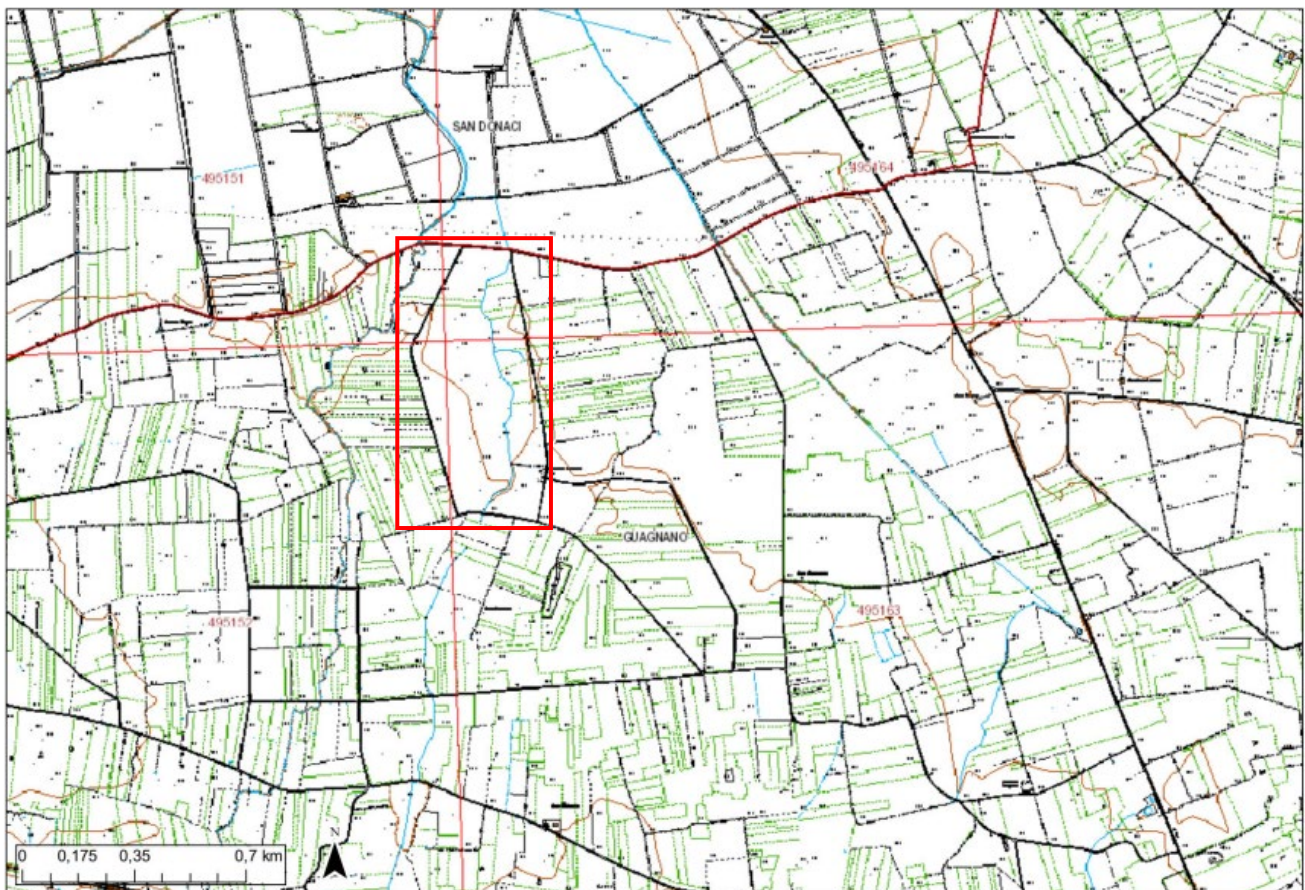


Fig. 2.1 – Stralcio della CTR Puglia 2006

2. CARATTERI GEOMORFOLOGICI E DINAMICA AMBIENTALE

La dinamica geomorfologica e la pericolosità geologica in atto nel settore in cui ricade il sito di progetto sono connesse principalmente all'azione delle acque di corrivazione, al carsismo

ed alle modalità e condizioni di distribuzione delle aree di allagamento dove, in occasione degli venti meteorici intensi, si accumulano proprio le acque di corrivazione³. Il sito, infatti, come già rilevato ricade nel sottobacino idrografico del principale affluente in sinistra idrografica del Canale Iaia che fa parte della rete idrografica endoreica della Palude Balsamo.

Il bacino in cui ricade il sito di progetto è stato perimetrato utilizzando come dato altimetrico il DTM con maglia 8 m x 8 m della Regione Puglia ed è risultato esteso poco meno di 1,7 kmq; la sua forma è allungata da Nord a Sud. I suoi dati morfologico – altimetrici sono sintetizzati nella seguente tabella.

Superficie	S (kmq)	1,6964
Altezza massima	Hmax (m)	47,36
Altezza media	Hmed (m)	43,42
Altezza minima	Hmin (m)	37,97
Lunghezza asta principale	L (km)	3,142
Quota scorr asta sezione monte	hm (m)	45,672
Quota scorr asta sezione valle	hv (m)	38,76
Pendenza media asta	i	0,0022
Pendenza media versanti	iv	0,0128

3. CARATTERI ALTIMETRICI, MORFOLOGICI ED IDROLOGICI DESUNTI DAL DTM REGIONE PUGLIA

Per la determinazione del quantitativo di pioggia efficace si è fatto riferimento al metodo del Curve Number, correlando, quindi, la capacità di immagazzinamento dei terreni al tipo ed all'uso del suolo.

Per effettuare il calcolo dell'evento critico di pioggia di assegnato tempo di ritorno in assenza di dati pluviometrici sitospecifici è stato utilizzato il cosiddetto metodo regionale, secondo le indicazioni contenute nel capitolo VI.3.1 della Relazione di Piano proposta dall'ex Autorità di Bacino della Puglia; inoltre il bacino di studio è stato suddiviso in 2 sottobacini (Tav. 1) aventi le seguenti caratteristiche morfometriche⁴ (determinate sulla base dei dati estratti dal DTM Puglia)

³ Il Piano di Assetto Idrogeologico vigente non riconosce in corrispondenza del sito di progetto e del suo immediato intorno nessuna area a pericolosità geomorfologica o idraulica; purtuttavia, la presenza delle due linee di impluvio classificate sulla Carta Idrogeomorfologica come “corso d'acqua episodico” assoggetta le aree di intervento alle prescrizioni dell'Art. 6 delle NTA del PAI.

⁴ I dati tabellati sono stati estratti mediante Qgis e GRASS Gis in accordo con:

- L. Fanizzi, G. Pisicchio (2016): "Morfometria dei bacini idrografici mediante l'uso del software QGIS – Parte I", Rivista L'AMBIENTE, n. 1/2016, Ed. G.I.R.S.A., Milano 2
- L. Fanizzi (2016): "Morfometria dei bacini idrografici mediante l'uso del software QGIS – Parte II", Rivista L'AMBIENTE, n. 2/2016, Ed. G.I.R.S.A.,

Sottobacino 1

Superficie	S (kmq)	1,1714
Altezza massima	H _{max} (m)	47,36
Altezza media	H _{med} (m)	42,53
Altezza minima	H _{min} (m)	37,97
Lunghezza asta principale	L (km)	3,142
Quota scorr asta sezione monte	h _m (m)	45,67
Quota scorr asta sezione valle	h _v (m)	38,76
Pendenza media asta	i	0,0022
Pendenza media versanti	i _v	0,0164

Sottobacino 2

Superficie	S (kmq)	0,4350
Altezza massima	H _{max} (m)	47,18
Altezza media	H _{med} (m)	45,80
Altezza minima	H _{min} (m)	43,82
Lunghezza asta principale	L (km)	0,338
Quota scorr asta sezione monte	h _m (m)	45,09
Quota scorr asta sezione valle	h _v (m)	43,88
Pendenza media asta	i	0,0036
Pendenza media versanti	i _v	0,0171

Le altezze efficaci di pioggia relative ad un evento con tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni.

	Sottobacino 1			Sottobacino 2		
	30	200	500	30	200	500
Tr	30	200	500	30	200	500
S (mm)	29,99	29,99	29,99	29,07	29,07	29,07
la (mm)	6,00	6,00	6,00	5,81	5,81	5,81
tc (ore)	3,59	3,59	3,59	1,54	1,54	1,54
n	0,1837	0,1837	0,1837	0,1853	0,1853	0,1853
a	64,60	97,63	113,58	64,60	97,63	113,58
H _{lordo}	22,74	34,36	38,98	45,3	68,5	79,7
H _{netto}	6,00	13,79	18,05	22,8	42,8	53,0

Mentre le portate di picco, per i diversi tempi di ritorno considerati e per ciascun sottobacino sono:

	Sottobacino 1			Sottobacino 2		
	30	200	500	30	200	500
Tr	30	200	500	30	200	500
tc (ore)	3,59	3,59	3,59	1,54	1,54	1,54
t _L (ore)	2,16	2,16	2,16	0,93	0,93	0,93
tp (ore)	3,95	3,95	3,95	1,70	1,70	1,70
ta (ore)	4,35	4,35	4,35	1,69	1,69	1,69
A (kmq)	1,1714	1,1714	1,1714	0,435	0,435	0,435

V _{netto} (mm)	6,00	13,79	18,05	22,77	42,83	53,02
Qp (mc/s)	0,37	0,85	1,11	1,21	2,28	2,82

4. STUDIO IDRAULICO

L'analisi è stata condotta mediante l'ausilio del codice di calcolo denominato **HEC-RAS**, River Analysis System, sviluppato da U.S. Army Corps of Engineers (USACE), Hydrologic Engineering Center per il calcolo dei profili idraulici in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o artificiali.

Il codice di calcolo necessita in primo luogo delle informazioni relative alla geometria del corso d'acqua in un'apposita sezione (*geometric data*), all'interno della quale si definiscono il corso del fiume (*reach*), la geometria delle sezioni (*cross section geometry*), la distanza fra le sezioni (*reach length*) e il coefficiente di scabrezza, rappresentativo delle perdite di carico, secondo la formulazione di Manning. In questa sezione sono disponibili altre opzioni, fra le quali la procedura di interpolazione fra una sezione e l'altra (*XS Interpolation*), per infittire il numero di sezioni; inoltre, è possibile definire la quota delle sponde (*left and right elevations*) e degli argini (*levees*) e inserire delle aree dove l'acqua arriva ma non contribuisce al deflusso (*ineffective flow areas*) e le coperture (*lids*).

Il codice di calcolo permette anche di descrivere la geometria dei ponti (*bridge and culvert data*) definendone l'impalcato (*deck/roadway*), le pile (*piers*), le spalle (*sloping abutments*) e le condizioni di calcolo (*bridge modelling approach*).

Successivamente occorre impostare la sezione relativa alle condizioni di moto (*steady flow data*), definendo la portata di riferimento per le diverse sezioni fluviali e le condizioni al contorno (*boundary conditions*).

La definizione delle condizioni al contorno è necessaria per stabilire il livello idrico iniziale nelle sezioni estreme del canale (sezione di monte e di valle).

Se il regime di deflusso è sub-critico (alveo torrentizio) è necessario imporre le condizioni al contorno nella sezione di valle del canale, se il regime di deflusso è super-critico (alveo tranquillo) tali condizioni devono essere imposte nella sezione di monte, infine in condizioni di moto misto, bisogna imporre le condizioni al contorno sia a monte sia a valle.

Le condizioni al contorno che possono essere imposte sono:

- livello noto del tirante idraulico,
- altezza di deflusso pari all'altezza critica,
- altezza di deflusso pari all'altezza di moto uniforme,
- scala di deflusso nota.

A questo punto il codice di calcolo è pronto per eseguire i calcoli idraulici nella sezione denominata *steady flow analysis*. I risultati delle computazioni idrauliche sono proposti attraverso tabelle riepilogative (*cross-section table* e *profile table*), grafici delle sezioni geometriche (*plot cross-section*) e del profilo longitudinale (*plot profile*) e, infine, tramite una visione prospettica tridimensionale del sistema fluviale (x, y, z *perspective plot*).

L'ipotesi alla base delle formulazioni per la determinazione del profilo idraulico è che il moto dell'acqua nel canale si considera uniforme. Questo significa che tutte le grandezze caratterizzanti la corrente (altezza idrica, velocità media nella sezione, portata, ecc.) risultano costanti nel tempo e nello spazio. Sotto questa ipotesi, la pendenza media disponibile i_m , definita come il rapporto fra la differenza di quota e la distanza fra la sezione di monte e quella di valle, è esattamente pari alla pendenza piezometrica J , che rappresenta le dissipazioni energetiche per unità di lunghezza.

La relazione $i_m = J$ costituisce l'equazione fondamentale del moto uniforme.

La determinazione del profilo teorico in moto permanente è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto *Standard Step Method*, basato appunto sull'equazione monodimensionale del contenuto energetico della corrente:

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

dove H_1 (m) ed H_2 (m) sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tronco d'alveo considerato, h_f (m) sono le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle sponde mentre h_e (m) è un termine che tiene conto degli effetti dovuti alla non cilindricità della corrente.

In particolare, h_f dipende principalmente dalla scabrezza del tratto di alveo considerato ed è esprimibile come:

$$h_f = J \cdot L$$

con J pendenza motrice nel tratto di lunghezza L (m).

Il calcolo di J è effettuabile con diverse formulazioni in funzione della pendenza motrice in corrispondenza delle sezioni di inizio e fine di ciascun tratto. Il calcolo del termine J nella singola sezione è effettuato mediante la relazione:

$$J = \left[\frac{Q}{K} \right]^2$$

dove Q (m³/s) è la portata di calcolo e K (denominato *conveyance*) rappresenta un parametro di conducibilità, ricavabile attraverso la seguente espressione:

$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

dove A (m^2) l'area della sezione liquida, R (m) il raggio idraulico e n ($\text{m}^{-1/3} \text{ s}$) è il parametro rappresentativo della scabrezza, espresso in termini di coefficiente di Manning.

Il modello consente di suddividere la sezione in più zone in cui assegnare un valore diverso del parametro n di scabrezza; in particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata *main channel*) e due zone laterali golenali (denominate *right and left overbanks*).

Il termine h_e dipende, invece, dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni 1 e 2 dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

$$h_e = \beta \cdot \left| \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2g} - \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2g} \right|$$

dove β è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato, V_1 e V_2 (m/s) sono i valori delle velocità medie agli estremi del tronco e α_1 e α_2 sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

Al tirante idrico in condizioni di stato critico corrisponde la massima portata teoricamente smaltibile dalla sezione, indipendentemente dalla natura del fondo e delle pareti, nonché dall'inserimento della sezione stessa in un tronco fluviale. Esso è valutato imponendo che il numero di Froude, indicato con Fr , assuma valore unitario. In termini di portata e per le sezioni in esame, si scrive

$$Fr = \frac{VA}{\sqrt{A^2 gh_m}}$$

dove g è l'accelerazione di gravità, h_m il tirante idrico, A l'area bagnata della sezione, e V la velocità media della sezione. L'equazione precedente permette la determinazione dell'altezza di stato critico.

4.1 Verifiche idrauliche: input

Di seguito si riportano i dati di input utilizzati per l'esecuzione delle verifiche idrauliche distinguendo quelli geometrici da quelli idraulici.

4.1.1 **Dati geometrici**

I dati geometrici inseriti in HEC-RAS sono⁵:

- il profilo longitudinale del corso d'acqua
- i profili delle sezioni trasversali e relative distanze d'interasse
- l'identificazione dell'alveo principale e delle aree golenali
- il coefficiente di scabrezza.

Profilo del canale

Il profilo longitudinale del canale è stato ottenuto intersecando la sua traccia planimetrica con il modello digitale del terreno (la traccia della linea impluvio è stata leggermente modificata rispetto a quanto riportato sulla Carta Idrogeomorfologica in modo da renderla coerente con il DTM e maggiormente rispondente allo stato luoghi rilevato durante i sopralluoghi). Vista la conformazione geometrica del reticolo idrografico, si è optato per lo studio di un reticolo composto da tre tronchi che si congiungono in un punto di confluenza denominato *junction n. 1*. In tabella si riportano le coordinate Est e Nord dei nodi della polilinea che descrive nella sua interezza la rete idrografica studiata espresse in coordinate WGS 84 – UTM 33 Nord.

ID	coordX	coordY	ID	coordX	coordY	ID	coordX	coordY
1	747087.55	4476509.40	101	747159.67	4477031.17	201	747440.22	4478256.43
2	747096.47	4476530.59	102	747159.75	4477045.24	202	747440.10	4478263.54
3	747095.13	4476539.97	103	747159.64	4477055.70	203	747446.03	4478268.88
4	747095.35	4476555.81	104	747159.96	4477065.52	204	747451.84	4478271.84
5	747095.80	4476571.87	105	747167.60	4477079.70	205	747456.46	4478273.15
6	747096.02	4476580.57	106	747178.14	4477091.26	206	747463.22	4478279.37
7	747101.16	4476584.37	107	747183.11	4477097.27	207	747476.86	4478280.32
8	747118.40	4476599.77	108	747185.16	4477104.15	208	747480.18	4478287.67
9	747120.25	4476632.04	109	747192.04	4477113.52	209	747480.30	4478296.33
10	747118.74	4476652.52	110	747199.65	4477121.71	210	747487.53	4478309.13
11	747118.34	4476661.55	111	747199.80	4477134.16	211	747488.13	4478325.02
12	747122.15	4476668.98	112	747200.27	4477178.06	212	747488.28	4478344.16
13	747134.00	4476679.02	113	747199.88	4477195.88	213	747495.79	4478351.93
14	747136.21	4476679.83	114	747200.00	4477206.79	214	747496.32	4478360.89
15	747149.26	4476696.90	115	747199.76	4477214.26	215	747503.83	4478368.27
16	747161.71	4476707.94	116	747200.71	4477217.23	216	747504.09	4478375.91

⁵ Lungo la rete idrografica non ci sono attraversamenti o opere idrauliche trasversali o longitudinali.

17	747167.94	4476722.20	117	747207.47	4477223.51	217	747504.21	4478378.96
18	747167.94	4476731.03	118	747208.18	4477231.58	218	747511.52	4478383.84
19	747167.97	4476745.54	119	747208.15	4477239.39	219	747519.66	4478391.97
20	747176.18	4476760.48	120	747215.77	4477247.63	220	747527.95	4478408.72
21	747188.62	4476779.37	121	747216.01	4477256.58	221	747528.60	4478416.53
22	747191.70	4476794.59	122	747223.86	4477264.36	222	747537.39	4478424.66
23	747187.31	4476804.84	123	747224.17	4477271.49	223	747544.06	4478430.36
24	747183.21	4476809.23	124	747232.11	4477280.27	224	747551.05	4478431.98
25	747181.16	4476812.16	125	747231.99	4477287.38	225	747559.67	4478431.82
26	747178.08	4476815.67	126	747239.82	4477296.15	226	747568.78	4478439.95
27	747175.16	4476817.72	127	747240.17	4477304.22	227	747571.54	4478443.04
28	747168.72	4476824.20	128	747241.00	4477311.45	228	747577.72	4478448.73
29	747167.01	4476830.50	129	747247.53	4477319.99	229	747582.93	4478454.75
30	747163.17	4476834.87	130	747248.50	4477359.57	230	747584.39	4478457.36
31	747160.39	4476836.47	131	747255.97	4477381.53	231	747584.56	4478471.99
32	747160.29	4476839.46	132	747258.31	4477410.07	232	747587.97	4478476.06
33	747159.86	4476855.25	133	747264.15	4477447.61	233	747591.95	4478479.80
34	747158.35	4476861.75	134	747272.10	4477472.91	234	747592.19	4478504.22
35	747159.89	4476868.15	135	747277.16	4477484.66	235	747586.14	4478506.48
36	747160.25	4476875.15	136	747279.69	4477489.54	236	747579.27	4478517.15
37	747168.19	4476893.17	137	747280.23	4477520.99	237	747576.54	4478519.16
38	747169.26	4476905.62	138	747295.41	4477535.81	238	747576.06	4478529.95
39	747170.01	4476938.73	139	747297.04	4477544.84	239	747576.40	4478557.14
40	747171.33	4476947.56	140	747295.87	4477559.50	240	747574.37	4478576.75
41	747171.99	4476955.47	141	747296.70	4477576.85	241	747573.41	4478587.74
42	747169.39	4476974.61	142	747303.86	4477584.84	242	747568.08	4478611.54
43	747167.97	4476979.59	143	747304.69	4477592.83	243	747567.76	4478630.43
44	747169.02	4476990.82	144	747305.30	4477598.29	244	747560.31	4478648.10
45	747359.68	4476496.82	145	747311.65	4477600.24	245	747575.87	4478663.18
46	747361.08	4476503.24	146	747312.13	4477608.05	246	747584.80	4478679.42
47	747359.88	4476512.68	147	747319.78	4477616.50	247	747583.96	4478724.61
48	747359.47	4476529.95	148	747320.59	4477632.44	248	747591.66	4478729.86
49	747352.78	4476542.09	149	747327.91	4477640.41	249	747591.66	4478736.30
50	747352.25	4476550.79	150	747328.07	4477647.73	250	747591.62	4478752.16
51	747344.08	4476559.48	151	747335.39	4477656.03	251	747584.19	4478760.11
52	747336.44	4476567.91	152	747336.37	4477663.51	252	747567.24	4478768.24
53	747323.00	4476571.74	153	747343.69	4477664.16	253	747560.07	4478775.76
54	747314.83	4476575.69	154	747344.50	4477710.68	254	747552.65	4478780.24

55	747303.18	4476588.64	155	747344.13	4477783.83	255	747552.00	4478790.32
56	747292.91	4476599.57	156	747339.92	4477787.78	256	747551.68	4478794.72
57	747292.51	4476618.41	157	747336.36	4477792.39	257	747551.35	4478808.54
58	747295.18	4476630.96	158	747335.96	4477801.61	258	747551.52	4478820.09
59	747303.93	4476645.69	159	747335.85	4477806.27	259	747550.38	4478828.71
60	747311.51	4476663.09	160	747335.85	4477815.11	260	747560.14	4478840.75
61	747311.73	4476682.42	161	747328.82	4477816.52	261	747559.49	4478863.19
62	747296.39	4476714.37	162	747327.62	4477824.95	262	747531.35	4478864.98
63	747293.11	4476725.04	163	747323.20	4477829.97	263	747528.58	4478872.95
64	747289.66	4476735.74	164	747320.39	4477832.18	264	747527.81	4478879.17
65	747299.75	4476735.32	165	747319.99	4477851.86	265	747528.13	4478919.71
66	747327.07	4476720.20	166	747318.78	4477867.52	266	747527.59	4478927.96
67	747350.17	4476721.82	167	747319.99	4477880.97	267	747519.89	4478936.05
68	747359.93	4476751.75	168	747319.99	4477923.75	268	747519.96	4478953.79
69	747359.93	4476768.18	169	747320.59	4477936.00	269	747519.88	4478967.89
70	747355.71	4476771.08	170	747318.96	4477952.33	270	747515.51	4478971.29
71	747350.57	4476775.98	171	747320.13	4477964.04	271	747512.00	4478975.88
72	747352.30	4476791.16	172	747319.84	4477986.29	272	747511.75	4478983.58
73	747344.13	4476801.30	173	747320.13	4477995.66	273	747502.79	4478984.14
74	747344.26	4476806.44	174	747319.54	4478023.62	274	747496.09	4478992.20
75	747344.93	4476828.07	175	747320.61	4478040.57	275	747487.94	4479000.27
76	747356.39	4476836.76	176	747328.42	4478057.98	276	747487.94	4479023.87
77	747368.12	4476843.88	177	747336.23	4478080.29	277	747495.70	4479031.88
78	747367.72	4476869.57	178	747343.81	4478087.87	278	747495.85	4479041.60
79	747366.86	4476879.17	179	747344.26	4478094.57	279	747512.00	4479057.39
80	747301.80	4476880.80	180	747348.05	4478103.27	280	747511.86	4479097.97
81	747297.41	4476886.82	181	747351.18	4478105.50	281	747537.61	4479112.05
82	747288.46	4476888.12	182	747352.52	4478112.42	282	747559.78	4479112.77
83	747287.48	4476895.93	183	747359.88	4478119.56	283	747559.90	4479129.37
84	747280.49	4476896.58	184	747363.23	4478131.16	284	747559.90	4479139.21
85	747279.51	4476910.89	185	747367.69	4478136.29	285	747567.71	4479152.54
86	747273.01	4476912.84	186	747368.80	4478151.02	286	747576.49	4479160.72
87	747271.38	4476918.05	187	747376.39	4478167.76	287	747579.22	4479186.13
88	747268.62	4476919.84	188	747376.39	4478175.08	288	747573.71	4479199.90
89	747259.34	4476924.88	189	747379.61	4478176.40	289	747553.60	4479235.16
90	747247.86	4476936.26	190	747382.69	4478177.72	290	747552.50	4479283.64
91	747240.03	4476952.03	191	747385.03	4478186.21	291	747559.66	4479315.32
92	747225.95	4476964.67	192	747399.67	4478201.29	292	747534.32	4479352.78

93	747215.28	4476975.77	193	747400.69	4478214.17	293	747531.57	4479355.53
94	747203.11	4476983.77	194	747407.13	4478216.51	294	747527.99	4479356.91
95	747177.18	4476984.30	195	747408.60	4478223.68			
96	747169.07	4476990.81	196	747416.94	4478231.59			
97	747169.02	4476990.82	197	747423.24	4478232.47			
98	747169.04	4476990.97	198	747424.26	4478239.06			
99	747160.26	4476999.86	199	747431.56	4478241.72			
100	747160.03	4477008.52	200	747432.04	4478247.77			

Sezioni trasversali

I profili delle sezioni trasversali sono stati ottenuti intersecando il DTM con delle linee ortogonali alla direzione di ciascuna asta fluviale del reticolo (attraverso l'applicativo RAS MAPPER). Sono stati ottenuti, quindi, i 172 profili trasversali numerati da valle verso monte riportati in Fig. 5.1.1.1.

Per ciascuna sezione si è proceduto alla definizione delle caratteristiche geometriche e fisiche dell'alveo, come richiesto dal programma di calcolo sono state inoltre introdotte le lunghezze (*reach length*) di ciascun tratto dell'alveo centrale (*Channel*) e delle aree golenali destra (*ROB*) e sinistra (*LOB*)

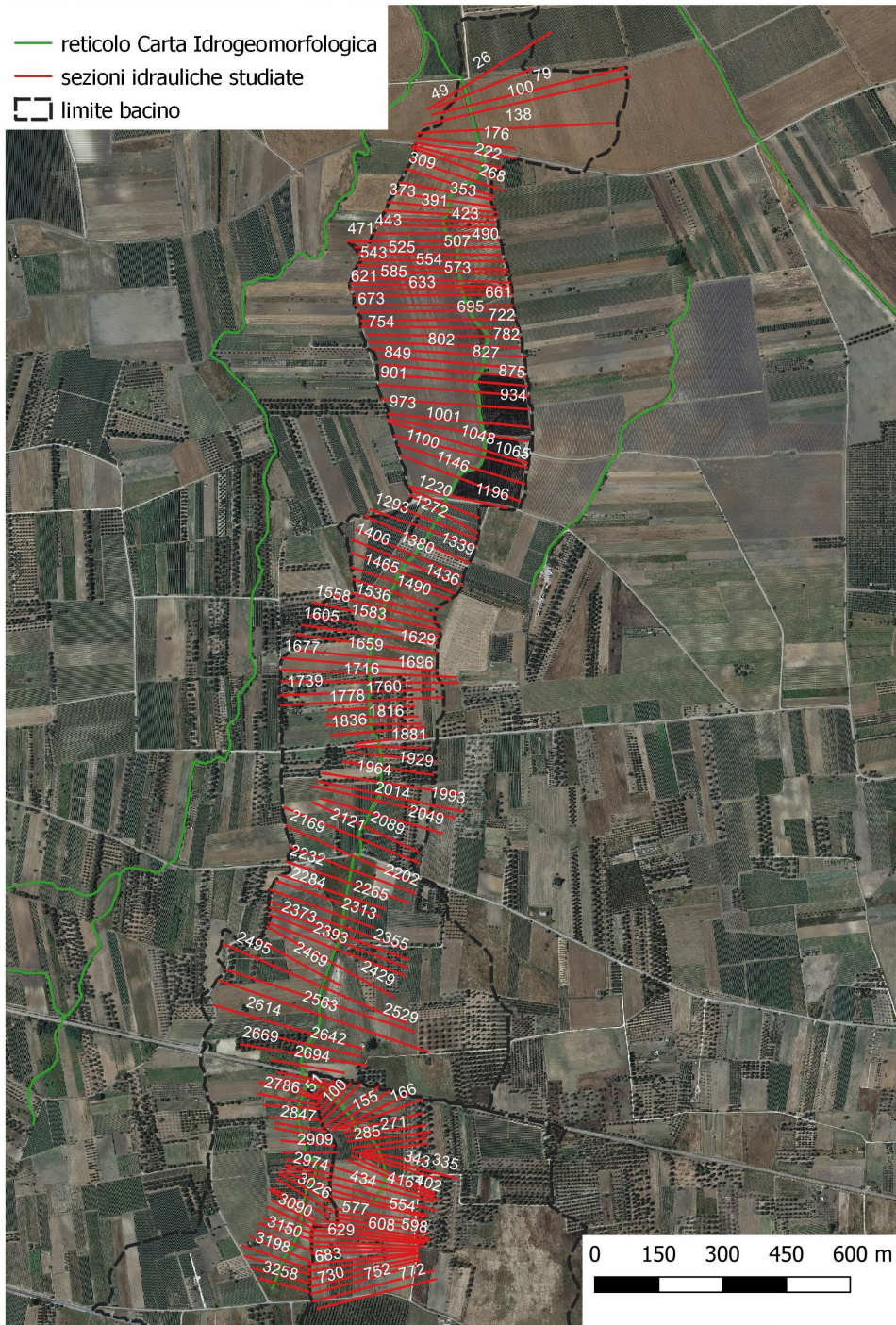


Fig. 5.1.1.1 – Sezioni studiate

Coefficiente di scabrezza

Per il coefficiente di scabrezza n di Manning si è fatto riferimento ai valori consigliati da Marchi E. & Rubatta A., 'Meccanica dei fluidi principi e applicazioni tecniche', UTET, 1981. Questi autori consigliano per alvei con pareti naturali interessati dalla presenza di vegetazione un valore di n pari a $0.030 \text{ s/m}^{1/3}$

Questo valore è stato imposto per tutti e 3 i tronchi in cui è stata suddivisa la rete idrografica sia per il tratto centrale (canale) che per le aree di golena destra e sinistra

4.1.2 Dati idraulici

I dati idraulici da inserire nel codice di calcolo riguardano la definizione:

- della portata di progetto
- delle condizioni al contorno e di stato critico.

Portata di progetto

La portata di progetto è stata assunta pari a quella prodotta da un evento di pioggia con tempi di ritorno pari a 200 anni precedentemente calcolata. A favore di sicurezza la portata è stata considerata costante e pari al valore di colmo.

Le portate in ingresso sono 0,85 mcs per il tronco principale e 2,28 mcs (sottobacino 1) per quello che nella modellazione è stato considerato il suo affluente (sottobacino 2).

Condizioni al contorno e stato critico

Il regime di flusso considerato è stato imposto di tipo misto e sono state definite per le due sezioni di monte e per la sezione di chiusura le seguenti condizioni al contorno:

- sezione di valle: critical depth (altezza critica)
- sezioni di monte: critical depth (altezza critica)

4.2 Verifiche idrauliche: output

Nelle figure successive si riporta il risultato del calcolo idraulico e cioè la distribuzione e geometria delle aree inondabili per il passaggio della piena studiata sovrapposta alle curve di livello estratte dal DTM ed alla Ortofoto Puglia.

Confrontando il posizionamento delle opere di progetto con la distribuzione delle aree sopradette si evince la piena compatibilità del progetto proposto con le condizioni di sicurezza idraulica del territorio in cui ricade imposte dal PAI; si rileva inoltre che non vi è alcuna interferenza tra le aree allagabili e le opere di progetto.



Fig. 5.2.1 a - Mappa di esondazione

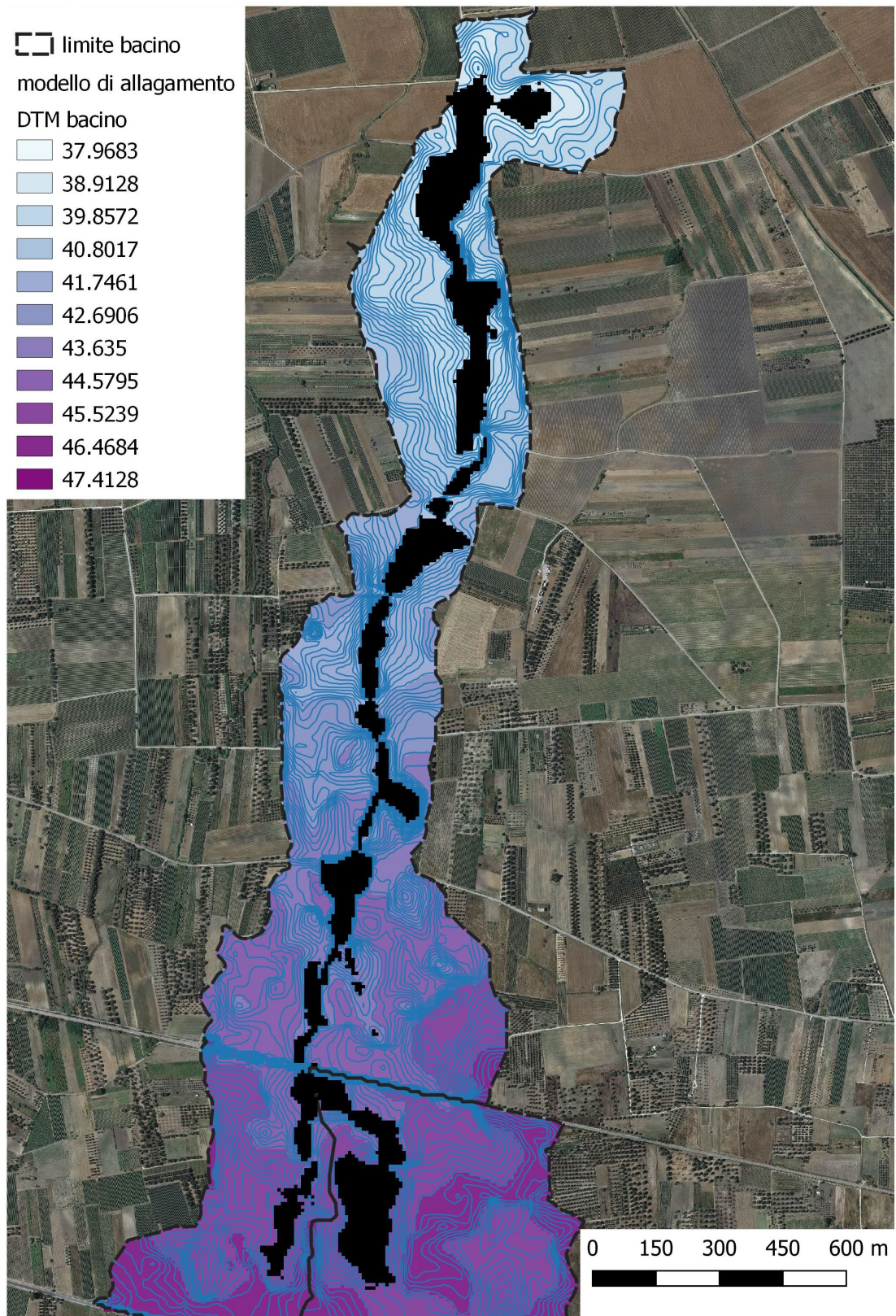


Fig. 5.2.1 a - Mappa di esondazione

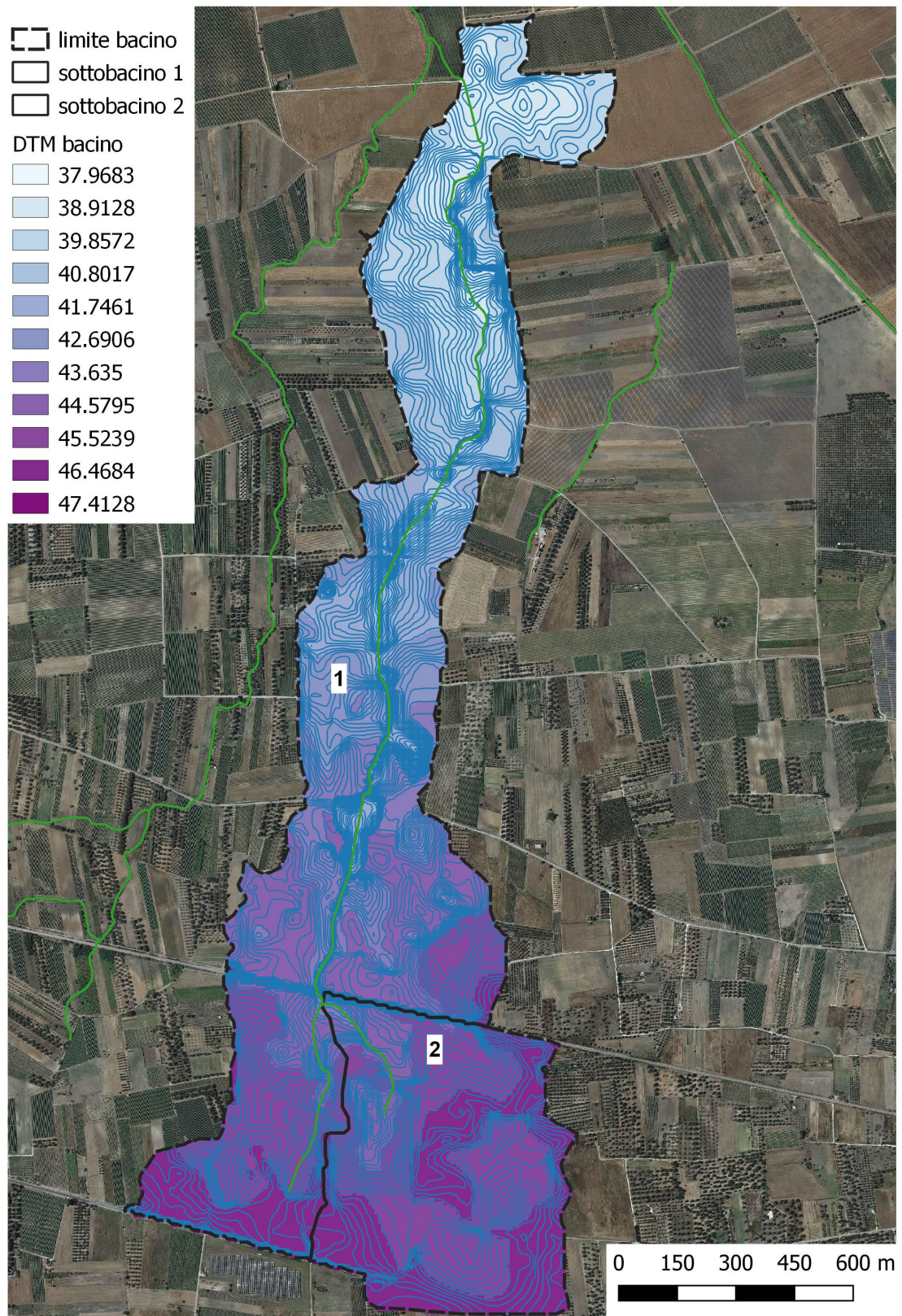


Tavola 1 – Perimetrazione bacino idrografico