

IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 40.683,52 kWp "SALICE SANCHIRICO"

UBICATO NEL COMUNE DI SALICE SALENTINO (LE)

CODICE IDENTIFICATIVO PRATICA AU REGIONALE: T141QE2

Titolo Elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

IDENTIFICAZIONE ELABORATO (MITE)

LIVELLO PROGETTAZIONE	TIPO DOCUMENTO	CODICE IDENTIFICATIVO	DATA	SCALA
PD	R	T141QE2_IDRAUL_01	AGOSTO 2023	-

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	07/22	Prima emissione	Ing. Luca GIANANTONIO	Ing. Luca GIANANTONIO	Ing. Luca GIANANTONIO
01	08/23	Seconda emissione	Dott.ssa Geol. Silvia Ciurlia	Dott.ssa Geol. Silvia Ciurlia	Dott.ssa Geol. Silvia Ciurlia

PROGETTAZIONE:



IL TECNICO:

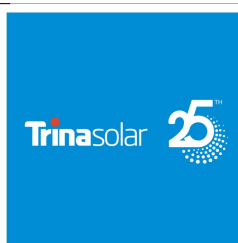
Dott.ssa Geol. Silvia Ciurlia

Ordine dei Geologi della Puglia n. 534



PROPONENTE:

TRINA SOLAR PAPIRO S.R.L.
Piazza Borromeo, 14
20123, Milano (MI) - Italy



INDICE

1.	INTRODUZIONE	2
2.	CONFORMITA' DELL'INTERVENTO CON IL PAI	3
3.	MODIFICHE AL RETICOLO IDROGRAFICO	8
4.	ANALISI IDROLOGICA	11
4.1	Caratteristiche dei bacini idrografici	11
4.2	Il Curve Number	13
4.3	Il coefficiente di Manning	17
4.4	Valutazione dei tempi di corrivazione	17
4.5	Analisi pluviometrica	18
4.6	Analisi Afflussi-Deflussi con il metodo CN	20
8.	ANALISI IDRAULICA	24

1. INTRODUZIONE

Con la presente la sottoscritta Dott.ssa Geol. Silvia Ciurlia ha redatto uno Studio di compatibilità Idrologica ed Idraulica nell'ambito del progetto "Impianto Agrivoltaico della potenza nominale di 40.683,52 KWp "Salice Sanchirico", ubicato nel Comune di Salice Salentino (LE). Il cavidotto esterno di vettoriamento dell'energia interessa i comuni di Salice Salentino (LE), Guagnano (LE), Cellino San Marco (BR) (Fig.1).

Il presente elaborato è stato prodotto facendo seguito alla nota dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, protocollo partenza n.17486/2023 del 13.06.2023.

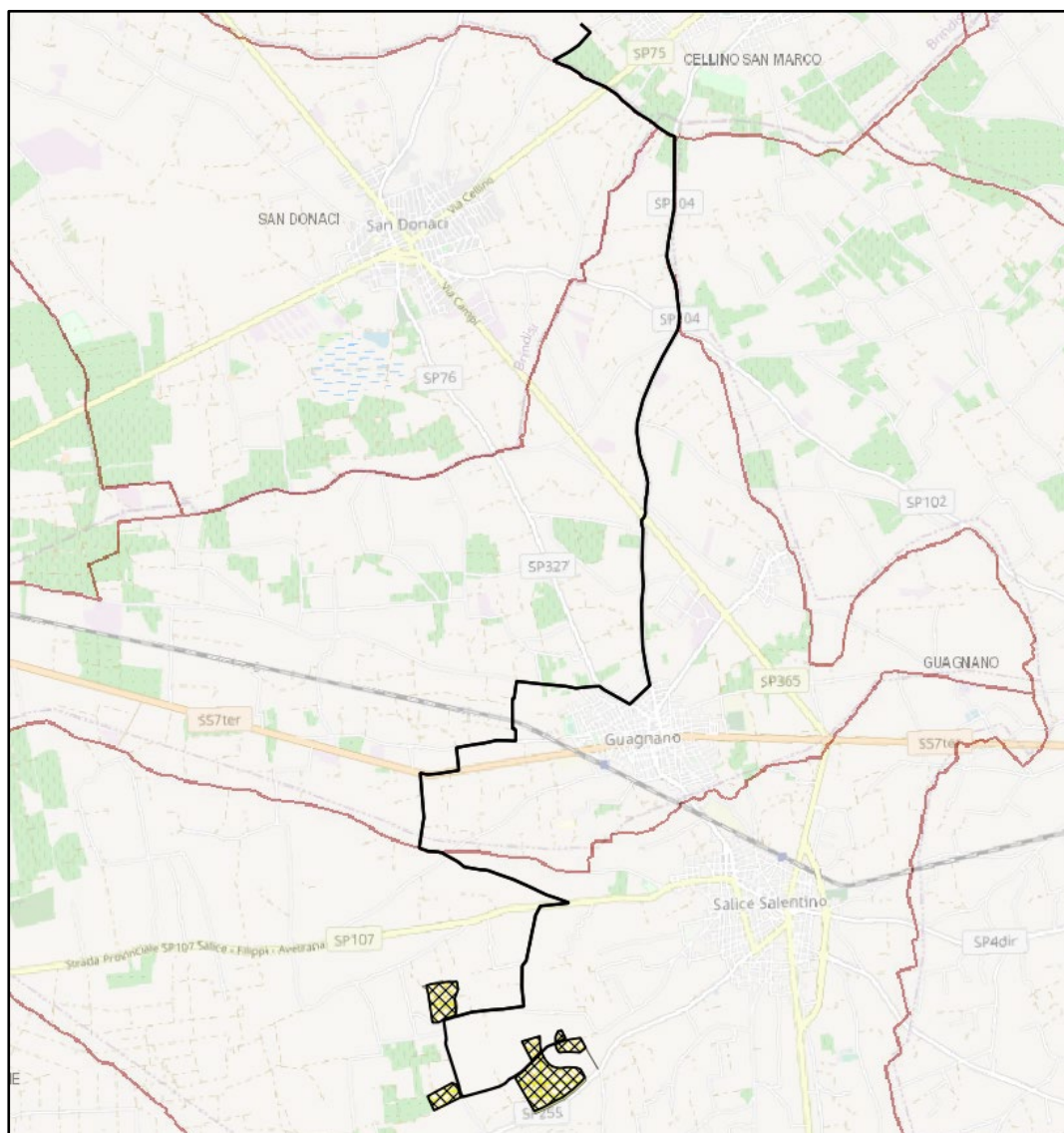


FIG 1 - Localizzazione dell'area progettuale e delle opere di connessione

2. CONFORMITÀ DELL'INTERVENTO CON IL PAI (PIANO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO)

La Regione Puglia, nella veste dell'Autorità di Bacino che ha redatto il PAI (Piano di bacino stralcio per l'Assetto Idrogeologico), ha provveduto alla perimetrazione delle aree a pericolosità/rischio idraulici e geomorfologici. Il Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Puglia (PAI), approvato in data 30.11.2005 e successivamente aggiornato con nuove perimetrazioni, è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità geomorfologica necessario a ridurre gli attuali livelli di pericolosità e a consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso.

Il PAI costituisce il Piano Stralcio del Piano di Bacino, ai sensi dall'articolo 17 comma 6 ter della Legge 18 maggio 1989, n. 183, ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia, oggi "Autorità di Bacino del distretto idrografico dell'Appennino Meridionale".

Nell'ambito del PAI sono state individuate aree a:

- Alta Pericolosità (AP), Media Pericolosità (MP) e Bassa Pericolosità (BP) idraulica, in funzione dei tempi di ritorno 30, 200 e 500 anni;
- Elevata Pericolosità (PG3), Media Pericolosità (PG²) e Moderata Pericolosità (PG1) al dissesto geomorfologico;
- Rischio moderato R1, medio R2, elevato R3, molto elevato R4 in funzione dei danni che sono stati causati e che potrebbero essere causati da fenomeni di allagamento e/o frana.

L'area di impianto non è interessata da perimetrazione aree soggette a pericolosità idraulica e geomorfologica del PAI (files vettoriali shp del giugno 2023 – da sito web Autorità di Bacino del distretto idrografico dell'Appennino Meridionale) (Fig. 2). L'elettrodotto di vettoriamento esterno all'impianto attraversa in alcuni punti il reticolo idrografico identificato dai files vettoriali shp del giugno 2023, scaricabili dal sito web Autorità di Bacino del distretto idrografico dell'Appennino Meridionale (Fig. 3).

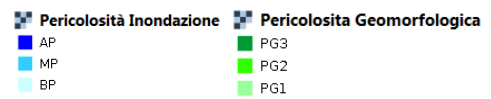
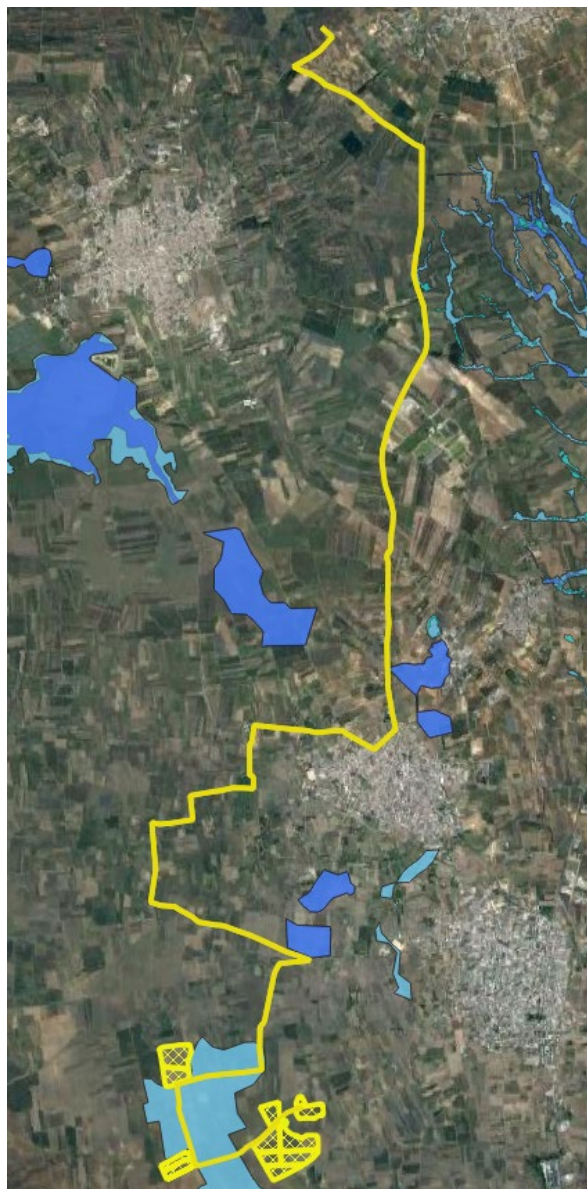
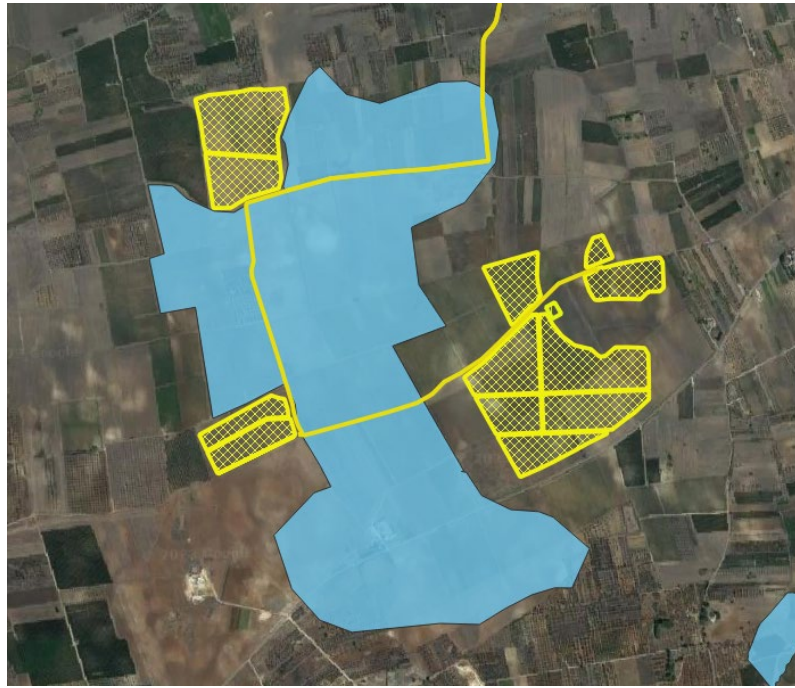
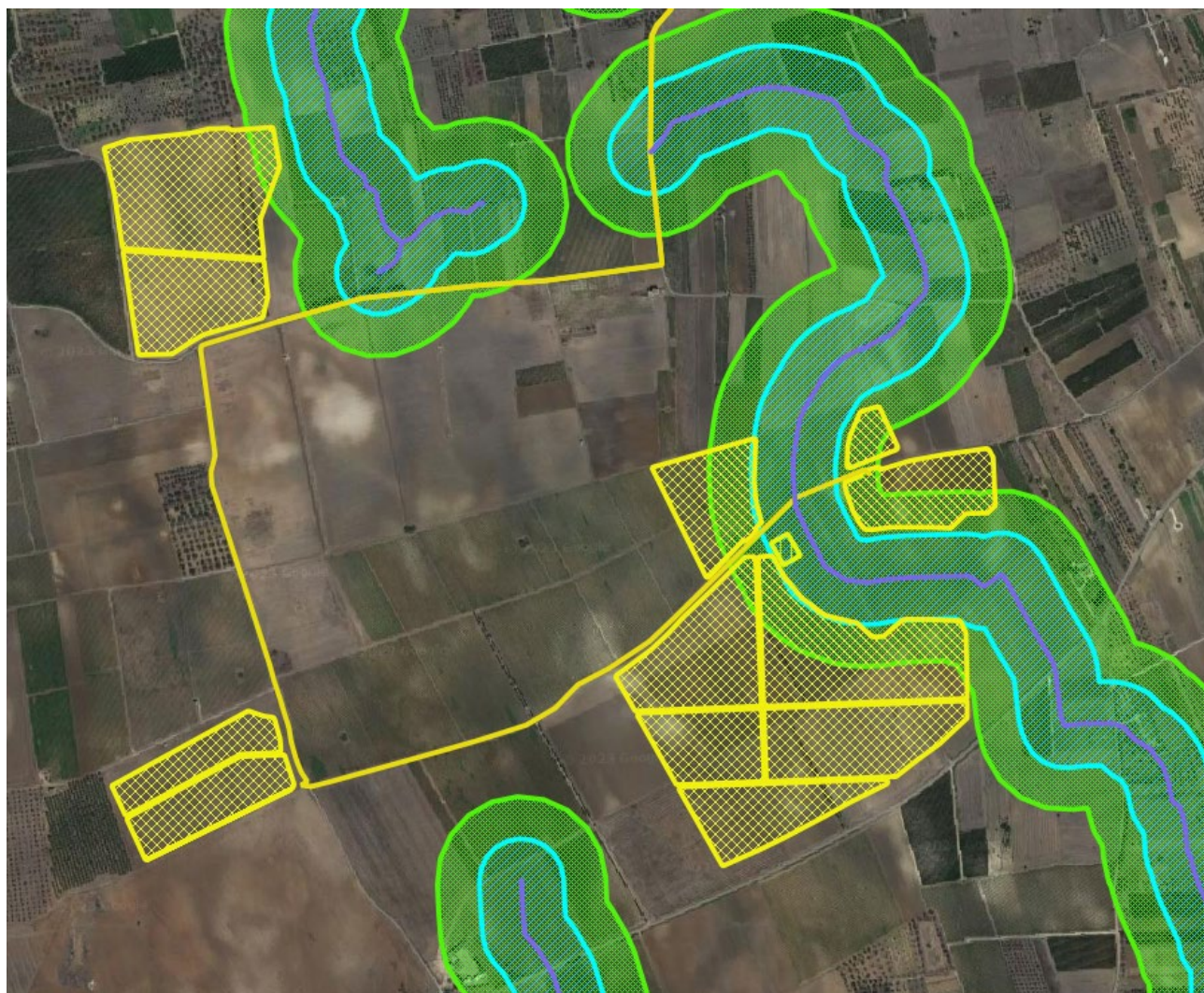


FIG 2 – Stralcio PAI AdB Distrettuale dell'Appennino Meridionale. In colore giallo le opere progettuali



FIG 3 – Reticolo idrografico (.shp del 06/2023). In colore giallo le opere progettuali

Con riferimento alle NTA del PAI sono stati identificati i relativi buffer di 75 m per la definizione dell'alveo fluviale in modellamento attivo e aree golenali (Art. 6 delle NTA) e di ulteriori 75 m per le fasce di pertinenza fluviale (Art. 10 delle NTA) (Fig.4). Con riferimento alle NTA, nei primi 75 m vige un vincolo di inedificabilità, mentre nei successivi la realizzazione di interventi è possibile, previa verifica della sicurezza idraulica in uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica subordinato al parere favorevole di ADB.



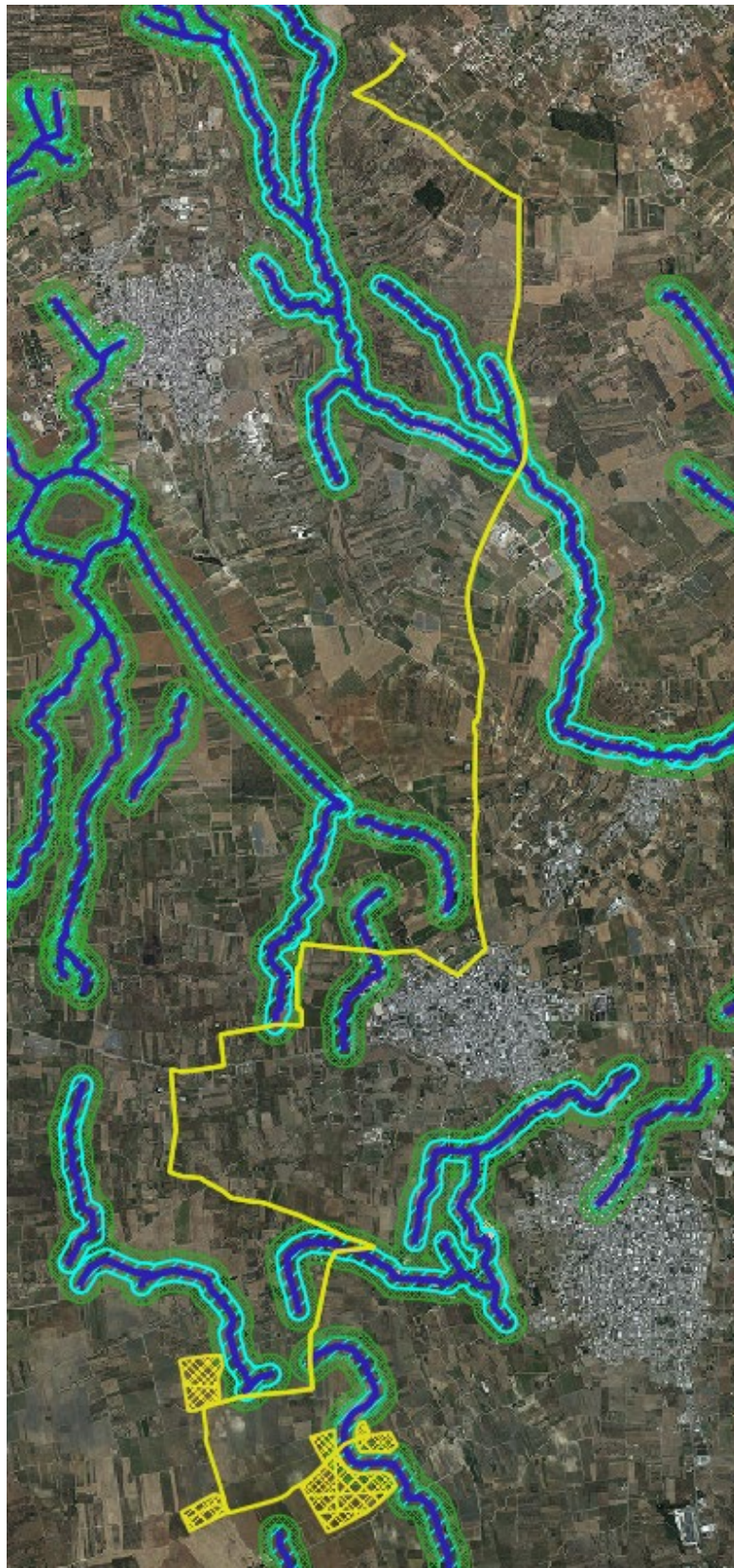


FIG 4 – Art.6 e Art.10 delle NTA del PAI in corrispondenza delle opere progettuali.

3. MODIFICHE AL RETICOLO IDROGRAFICO

Mediante l'analisi geomorfologica del territorio in esame, effettuata con l'ausilio di:

- fotointerpretazione da immagini aeree e satellitari ad alta risoluzione spaziale,
- elaborazione di modelli digitali del terreno estrapolati da dati Lidar forniti dalla committenza (Fig.5) e dal DTM della Regione Puglia (8mX8m),
- rilievi in campo con strumentazione GPS ad alta precisione, dati di letteratura,

sono state effettuate alcune modifiche del reticolo idrografico pubblicato sul web dell'Autorità di Bacino del distretto idrografico dell'Appennino Meridionale - files vettoriali shp del giugno 2023 (Fig.6A, 6B).



FIG 5 – DTM da rilievi Lidar nelle aree progettuali

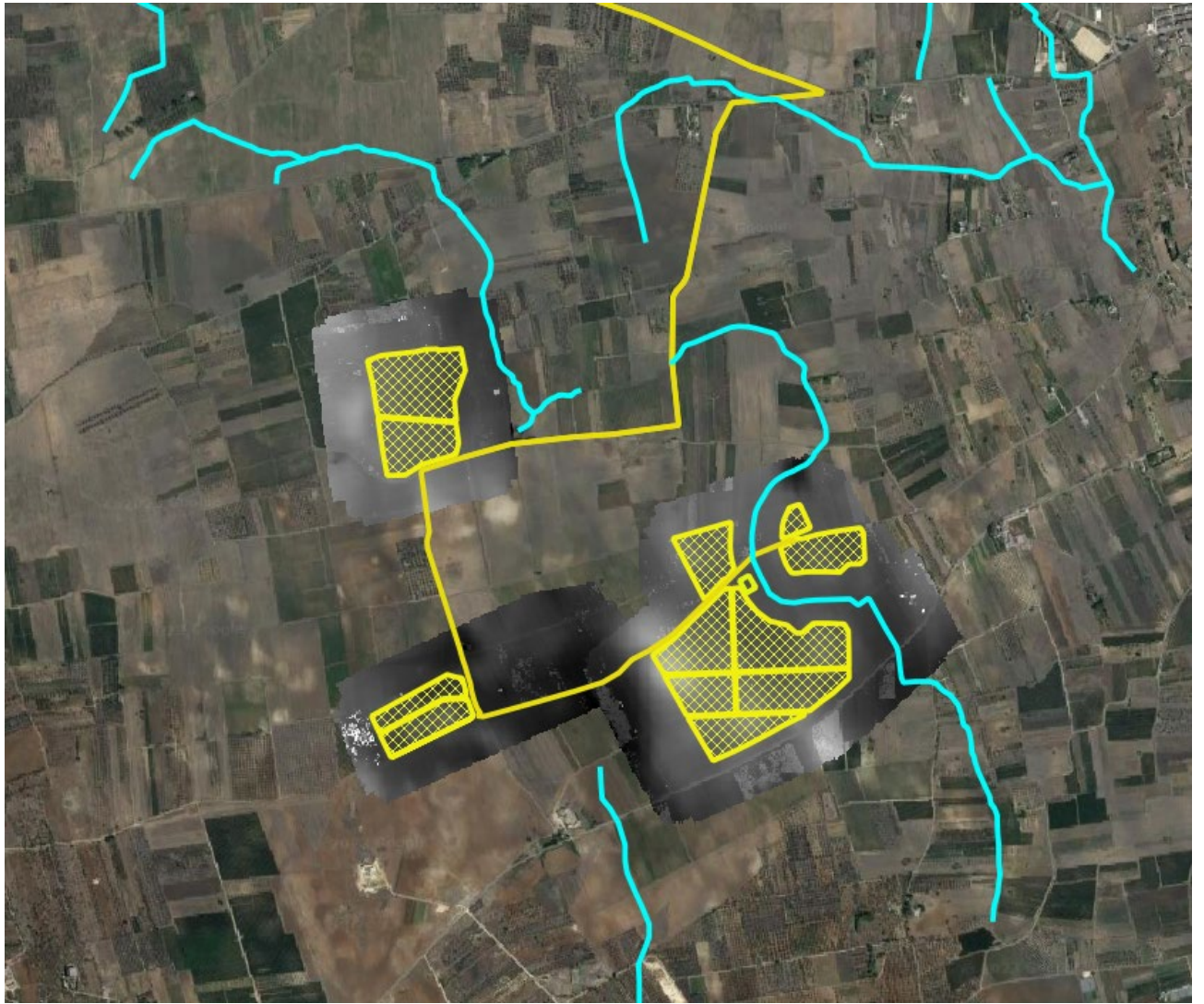


FIG 6A – Progetto di impianto (colore giallo) e reticolo idrografico di Adb aggiornato al giugno 2023.

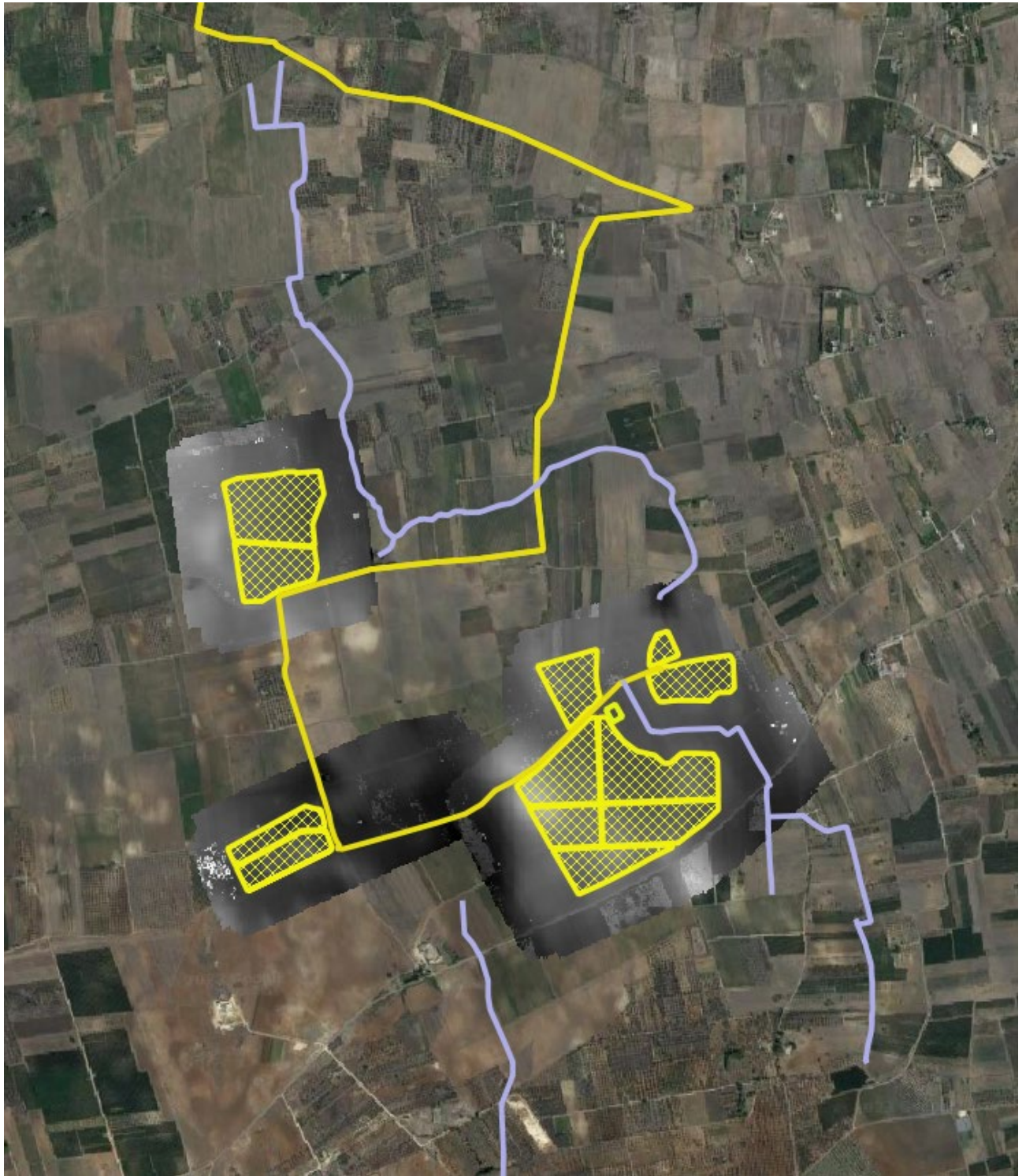


FIG 6B – Progetto di impianto (colore giallo) e reticolo idrografico modificato dal presente studio.

4. ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica è stata effettuata nell'ambito di verifica della sicurezza idraulica delle aree in cui si prevede la realizzazione delle opere progettuali; la sicurezza idraulica è associata alla pericolosità idraulica per fenomeni di insufficienza del reticolo di drenaggio. Agli effetti del PAI si intendono in sicurezza idraulica le aree non inondate per eventi con tempo di ritorno fino a 200 anni (Glossario NTA PAI). Nel presente studio le portate al colmo di piena sono state calcolate sulla base del metodo VAPI Puglia.

4.1 Caratteristiche dei bacini idrografici

Poiché l'obiettivo dell'analisi idrologica consiste nel valutare le portate al colmo di piena per i tempi di ritorno di riferimento, in base alle modifiche effettuate nel presente studio sul reticolo idrografico, sono stati individuati i bacini idrografici che interessano le aree progettuali di impianto: Bacino 1, Bacino 2 e Bacino 3 (Fig. 7).

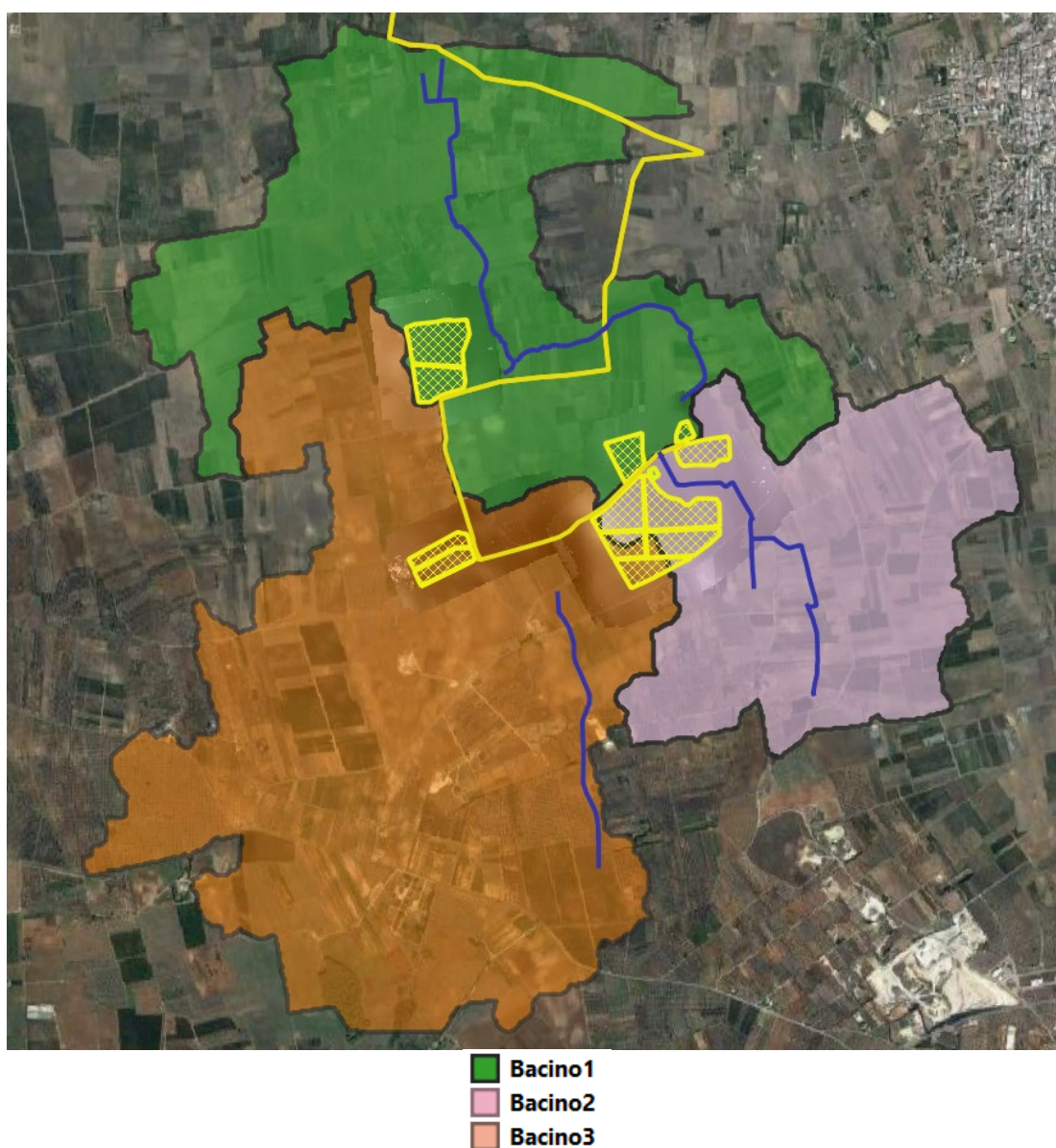


FIG 7 – Bacini idrografici individuati

Con l'obiettivo di estrarre i dati morfologici e altimetrici del bacino idrografico afferente l'area di interesse, è stato implementato un progetto GIS nel quale sono stati inseriti i dati cartografici presenti nella zona e, in particolare,

- cartografia aerofotogrammetrica ufficiale (CTR/2008), alla scala 1:5000;
- modello digitale del terreno (DTM) ricavato dai dati della CTR regionale;
- modelli digitali del terreno (DTM) da dati Lidar
- cartografia relativa all'uso del suolo, geologia e litologia
- rilievi in situ.

Il bacino idrografico è la superficie topografica dalla quale le acque di pioggia, defluendo naturalmente, confluiscono nella sezione d'interesse chiamata sezione di chiusura. La linea che delimita un bacino idrografico è una linea sempre ortogonale alle curve di livello e passante per i punti singoli di displuvio. Tale linea è costituita dalla congiungente i punti di massima curvatura delle curve di livello in corrispondenza dei quali le stesse volgono la convessità verso le quote decrescenti.

L'identificazione dei bacini di riferimento è stata eseguita dopo aver individuato la rete idrografica, costituita dalle linee di impluvio (o compluvio) secondo le quali defluiscono naturalmente le acque che si raccolgono nel bacino stesso. La rete dei canali è costituita da linee di massima pendenza ortogonali alle curve di livello e passanti per i punti di massima curvatura di esse in corrispondenza dei quali le stesse volgono la convessità verso le quote crescenti.

I dati di "elevazione del terreno" sono stati elaborati in ambiente GIS mediante l'applicazione degli algoritmi "FillSinks, Catchment Area, Channel Network, WatershedBasins, VectorizeRasterLayer"; i risultati ottenuti sono stati poi rettificati mediante l'utilizzo della fotointerpretazione da ortofoto e confrontati con i rilievi effettuati in campo.

Le caratteristiche fisiografiche dei bacini idrografici sono state ricavate mediante l'applicazione di strumenti analitici in ambiente GIS.

Superficie Bacino: è stata calcolata dal menù richiamabile dalla finestra del database associato agli oggetti vettoriali.

Quote minima, media e massima del bacino: sono state individuate consultando le proprietà relative alla matrice ottenuta ritagliando il DEM utilizzando come maschera di selezione l'estensione del bacino in formato raster.

Lunghezza dell'asta fluviale principale: è stata ottenuta tramite l'applicazione "Lenght" disponibile nel menù richiamabile dalla finestra del database associato agli oggetti vettoriali.

Pendenza media dell'asta fluviale: è stata valutata come media delle pendenze dei singoli tratti componenti l'asta principale; queste ultime, ricavate tramite le quote corrispondenti ad ogni nodo, sono

state valutate come rapporto tra la variazione di quota tra le estremità di ciascun tratto e la lunghezza dello stesso.

Quota della sezione di chiusura: è stata valutata semplicemente tramite interrogazione diretta del DEM in corrispondenza della sezione di chiusura prefissata.

Nella seguente tabella sono indicate le caratteristiche fisiografiche dei bacini idrografici individuati.

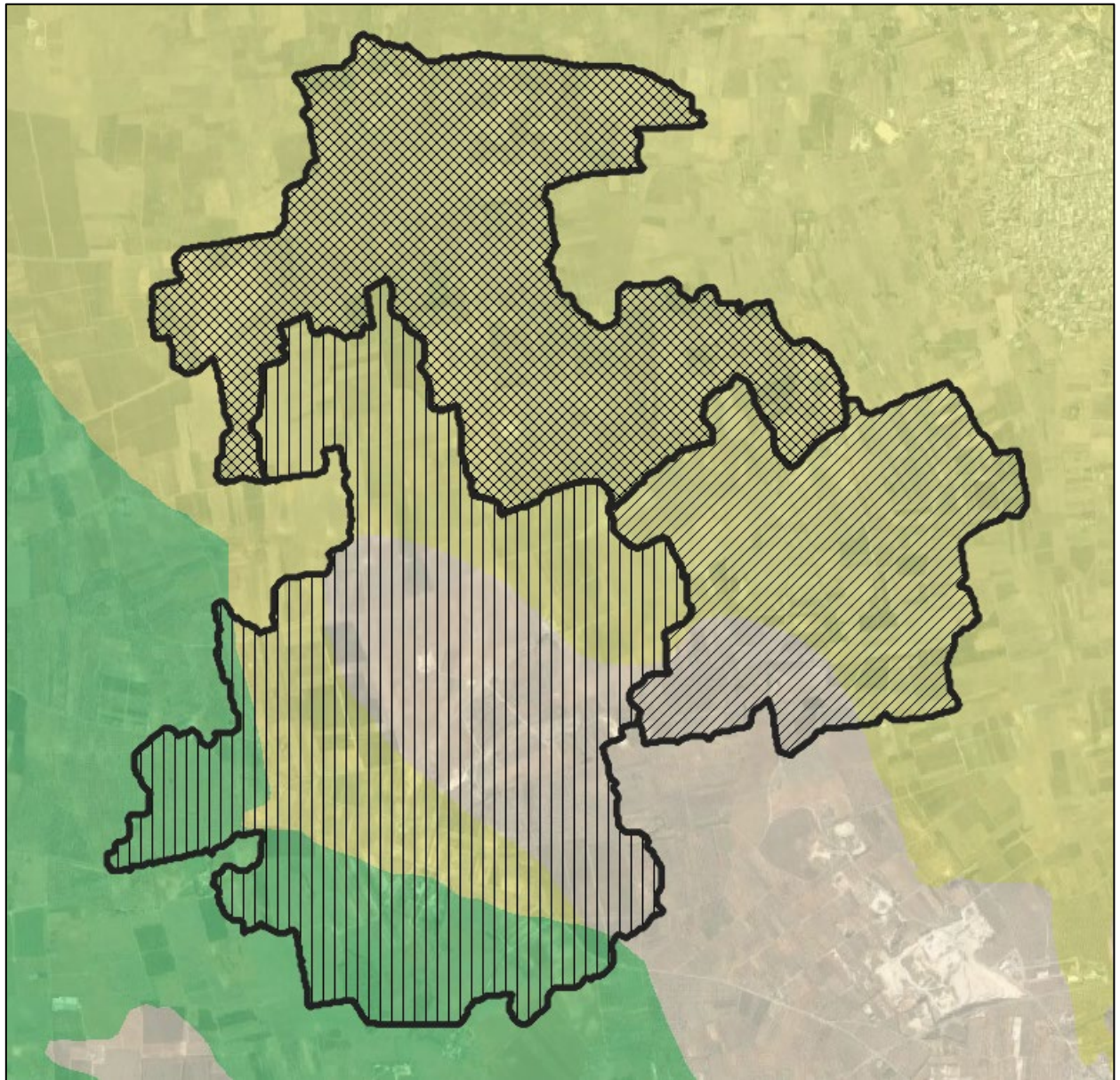
CARATTERISTICHE FISIOGRAFICHE	Bacino 1	Bacino 2	Bacino 3
<i>Superficie Bacino in Km²</i>	3,97	2,50	5,83
<i>Perimetro Bacino in Km</i>	19,65	10,87	19,56
<i>Quota massima bacino in m s.l.m. (q_{max})</i>	53,77	49,74	62,67
<i>Quota media bacino in m s.l.m. (q_{med})</i>	46,54	45,21	50,08
<i>Quota minima bacino in m s.l.m. (q_{min})</i>	43,55	41,32	42,60
<i>Lunghezza asta principale del Bacino in Km</i>	3,64	1,83	3,15
<i>Pendenza media dell'asta principale (%)</i>	0,06	0,23	0,14
<i>Pendenza media del bacino (%)</i>	1,17	1,32	1,65
<i>Quota sezione di chiusura in m s.l.m.</i>	43,55	41,32	42,60
<i>"Curve Number" del metodo SCS (Soil Conservation Service) (CN)</i>	71	74	72

4.2 Il Curve Number

Per la definizione del Curve Number (CN) è stato utilizzato il metodo SCS-CN del Soil Conservation Service. Il CN è un numero adimensionale, i cui valori sono compresi tra 100 e 0, che rappresenta l'attitudine del bacino a produrre deflusso e si stima in funzione delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale. Il CN viene di prassi stimato sulla base di tabelle funzioni della permeabilità e degli usi del suolo ed effettuando delle valutazioni medio ponderate sul bacino idrografico oggetto di indagine.

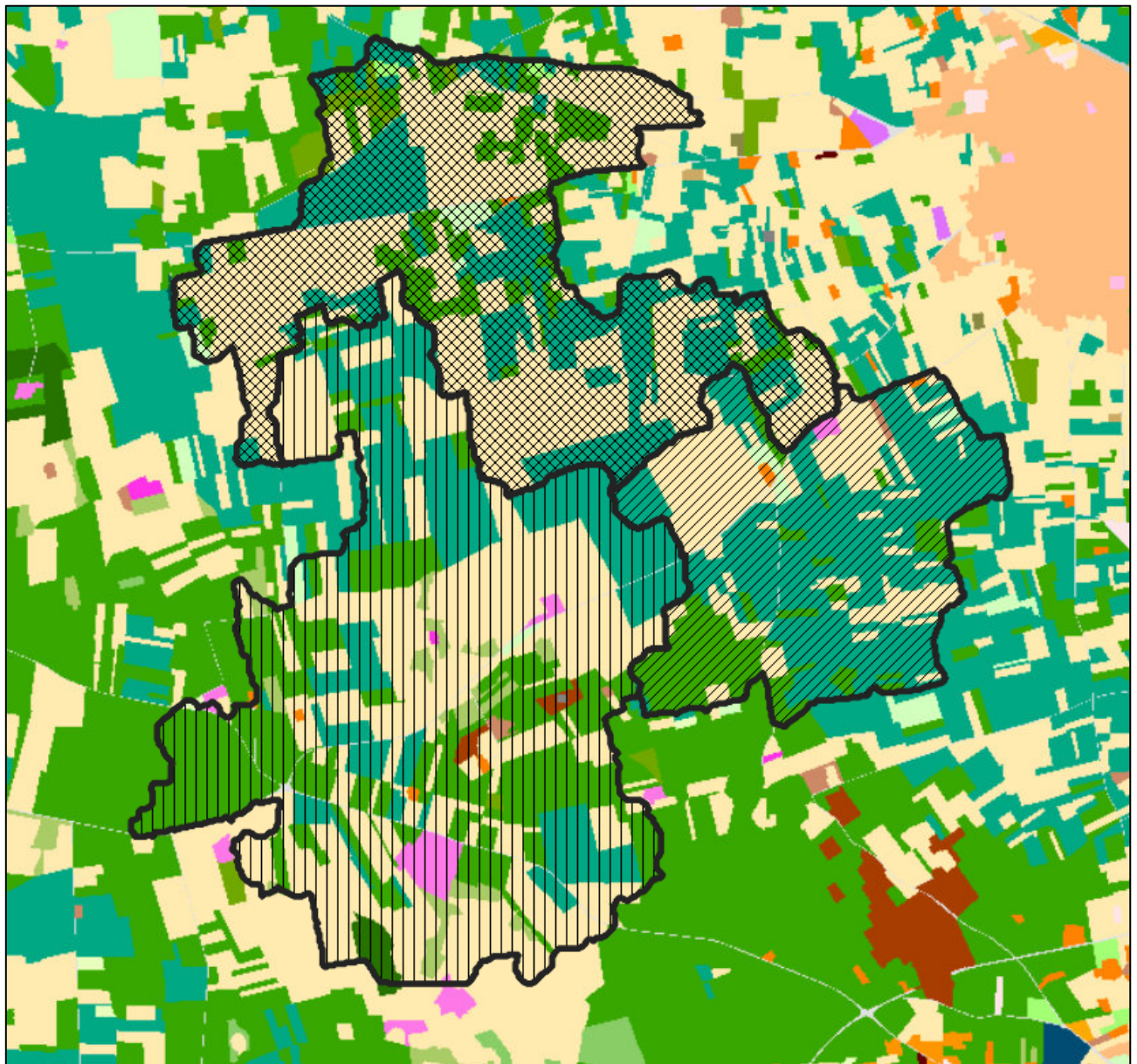
Per il calcolo del CN nell'ambito del presente studio si è fatto riferimento alla metodologia adottata nello "Studio per la definizione delle opere necessarie alla messa in sicurezza del reticolo idraulico pugliese" redatto dall'AdB Puglia. Con l'impiego di tecniche GIS viene calcolato il valore del CN sulla base dei seguenti strati informativi:

- Carta geo-litologica della Puglia 1:250.000, impostata sulla elaborazione e sintesi della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, elemento della Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia, redatta dall'Autorità di Bacino della Puglia (delibera n. 48/2009) (Fig. 8)
- Carta di Uso del Suolo della Carta Tecnica Regionale del SIT Puglia aggiornata al 2011 e a IV livello della Corine Land Cover (Fig.9)



- Unità prevalentemente calcarea o dolomitica
 - Unità a prevalente componente argillosa
 - Unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica
 - Unità a prevalente componente arenitica
 - Unità a prevalente componente ruditica
 - Unità costituite da alternanze di rocce a composizione e/o granulometria variabile
 - Unità a prevalente componente argillitica con un generale assetto caotico
 - Depositi sciolti a prevalente componente sabbioso-ghiaiosa
 - Depositi sciolti a prevalente componente pelitica
-
- Bacino1**
 - Bacino2**
 - Bacino3**

FIG 8 – Carta geo-litologica dei bacini idrografici afferenti il reticolo oggetto di studio – Carta idrogeomorfologica Regione Puglia



- | | |
|---|---|
| 1111 - tessuto residenziale continuo antico e denso | 2111 - seminativi semplici in aree non irrigue |
| 1112 - tessuto residenziale continuo, denso più recente e basso | 2112 - colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree non irrigue |
| 1113 - tessuto residenziale continuo, denso recente, alto | 2121 - seminativi semplici in aree irrigue |
| 1121 - tessuto residenziale discontinuo | 2123 - colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree irrigue |
| 1122 - tessuto residenziale rado e nucleiforme | 221 - vigneti |
| 1123 - tessuto residenziale sparso | 222 - frutteti e frutti minori |
| 1211 - insediamento industriale o artigianale con spazi annessi | 223 - uliveti |
| 1212 - insediamento commerciale | 224 - altre colture permanenti |
| 1213 - insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati | 231 - superfici a copertura erbacea densa |
| 1214 - insediamenti ospedalieri | 241 - colture temporanee associate a colture permanenti |
| 1215 - insediamento degli impianti tecnologici | 242 - sistemi culturali e particellari complessi |
| 1216 - insediamenti produttivi agricoli | 243 - aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali |
| 1217 - insediamento in disuso | 244 - aree agroforestali |
| 1221 - reti stradali e spazi accessori | 311 - boschi di latifoglie |
| 1222 - reti ferroviarie comprese le superfici annesse | 312 - boschi di conifere |
| 1223 - grandi impianti di concentrazione e smistamento merci | 313 - boschi misti di conifere e latifoglie |
| 1224 - aree per gli impianti delle telecomunicazioni | 314 - prati alberati, pascoli alberati |
| 1225 - reti ed aree per la distribuzione, la produzione e il trasporto dell'energia | 321 - area a pascolo naturale, praterie, incolti |
| 123 - aree portuali | 322 - cespuglieti e arbusteti |
| 124 - aree aeroportuali ed elporti | 323 - aree a vegetazione sclerofila |
| 131 - aree estrattive | 3241 - aree a ricolonizzazione naturale |
| 1321 - discariche e depositi di cave, miniere, industrie | 3242 - aree a ricolonizzazione artificiale (rimboschimenti nella fase di novelleto) |
| 1322 - depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli | 331 - spiagge, dune e sabbie |
| 1331 - cantieri e spazi in costruzione e scavi | 332 - rocce nude, falesie e affioramenti |
| 1332 - suoli rimaneggiati e artefatti | 333 - aree con vegetazione rada |
| 141 - aree verdi urbane | 334 - aree interessate da incendi o altri eventi dannosi |
| 1421 - campeggi, strutture turistiche ricettive a bungalows o simili | 411 - paludi interne |
| 1422 - aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc) | 421 - paludi salmastre |
| 1423 - parchi di divertimento (acquapark, zoosafari e simili) | 422 - saline |
| 1424 - aree archeologiche | 5111 - fiumi, torrenti e fossi |
| 143 - cimiteri | 5112 - canali e idrovie |
| | 5121 - bacini senza manifeste utilizzazioni produttive |
| | 5122 - bacini con prevalente utilizzazione per scopi irrigui |
| | 5123 - acquaculture |
| | 521 - lagune, laghi e stagni costieri |
| | 522 - estuari |

-  **Bacino 1**
-  **Bacino 2**
-  **Bacino 3**

FIG 9 – Carta di uso del suolo dei bacini idrografici afferenti il reticolo oggetto di studio – SIT Puglia

Le quattro classi di permeabilità (A, B, C, D) del metodo SCS-CN sono state attribuite alle unità geolitologiche dell'area, così come descritte nella Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia, redatta dall'Autorità di Bacino della Puglia, e tenendo conto anche della Carta Geologica d'Italia). Il livello di permeabilità è stato associato a ciascuna unità valutando in maniera qualitativa porosità, fessurazione, fratturazione, carsismo e pendenza.

Di seguito la descrizione delle 4 classi di permeabilità:

- 1) **A**: permeabilità alta, bassa capacità di deflusso, suoli con elevata capacità di infiltrazione anche se completamente saturi, sabbie e ghiaie profonde ben drenate; notevole conducibilità idrica.
- 2) **B**: permeabilità medio-alta, suoli con moderata capacità di infiltrazione se saturi, suoli con tessitura medio-fine e bassa capacità di infiltrazione, conducibilità idrica media.
- 3) **C**: permeabilità medio-bassa, suoli con bassa capacità di infiltrazione se saturi, suoli con tessitura medio-fine e bassa capacità di infiltrazione, conducibilità idrica bassa.
- 4) **D**: permeabilità bassa, capacità di deflusso elevata, suoli con capacità di infiltrazione ridottissima in condizioni di saturazione, suoli ricchi di argilla rigonfianti, conducibilità idrica estremamente bassa.

Per la definizione del CN sono state anche associate alle diverse tipologie di uso del suolo le classi di permeabilità:

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

4.3 Il coefficiente di Manning

Per i bacini analizzati è stato definito il coefficiente di Manning sulla base della carta di uso del suolo, secondo i valori elencati nella seguente tabella:

LABEL1	LABEL2	LABEL3	Mannings n
1 Artificial surfaces	1.1 Urban fabric	1.1.1 Continuous urban fabric	0.013
		1.1.2 Discontinuous urban fabric	
	1.2 Industrial, commercial and transport units	1.2.1 Industrial or commercial units	0.013
		1.2.2 Road and rail networks and associated land	
1.2.3 Port areas			
1.2.4 Airports			
1.3 Mine, dump and construction sites	1.3.1 Mineral extraction sites	0.013	
	1.3.2 Dump sites		
	1.3.3 Construction sites		
1.4 Artificial, non-agricultural vegetated areas	1.4.1 Green urban areas	0.025	
	1.4.2 Sport and leisure facilities		
2 Agricultural areas	2.1 Arable land	2.1.1 Non-irrigated arable land	0.03
		2.1.2 Permanently irrigated land	
		2.1.3 Rice fields	
	2.2 Permanent crops	2.2.1 Vineyards	0.08
		2.2.2 Fruit trees and berry plantations	
		2.2.3 Olive groves	
	2.3 Pastures	2.3.1 Pastures	0.035
	2.4 Heterogeneous agricultural areas	2.4.1 Annual crops associated with permanent crops	0.04
		2.4.2 Complex cultivation patterns	0.04
		2.4.3 Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation	0.05
2.4.4 Agro-forestry areas		0.06	
3 Forest and semi natural areas	3.1 Forests	3.1.1 Broad-leaved forest	0.1
		3.1.2 Coniferous forest	
		3.1.3 Mixed forest	
	3.2 Scrub and/or herbaceous vegetation associations	3.2.1 Natural grasslands	0.04
		3.2.2 Moors and heathland	0.05
		3.2.3 Sclerophyllous vegetation	0.05
		3.2.4 Transitional woodland-shrub	0.06
	3.3 Open spaces with little or no vegetation	3.3.1 Beaches, dunes, sands	0.025
		3.3.2 Bare rocks	0.035
		3.3.3 Sparsely vegetated areas	0.027
		3.3.4 Burnt areas	0.025
3.3.5 Glaciers and perpetual snow		0.01	
4 Wetlands	4.1 Inland wetlands	4.1.1 Inland marshes	0.04
		4.1.2 Peat bogs	
	4.2 Maritime wetlands	4.2.1 Salt marshes	0.04
4.2.2 Salines			
4.2.3 Intertidal flats			
5 Water bodies	5.1 Inland waters	5.1.1 Water courses	0.05
		5.1.2 Water bodies	
	5.2 Marine waters	5.2.1 Coastal lagoons	0.07
5.2.2 Estuaries			
5.2.3 Sea and ocean			

4.4 Valutazione dei Tempi di Corrivazione

Il tempo di corrivazione di un bacino idrografico (T_c) rappresenta il tempo che una goccia d'acqua impiega per raggiungere la sezione di chiusura del bacino a partire dal punto idraulicamente più lontano da essa. Il tempo di corrivazione è comunemente espresso attraverso relazioni che contengono i parametri morfometrici del bacino. Il tempo di corrivazione dei bacini idrografici considerati è il risultato della media dei tempi di corrivazione calcolati con le formule di Giandotti, Viparelli, Pezzoli, Puglisi,

Ventura, Tournon, Pasini, Kirpich, Johnstone-Cross, NCRCS-SCS, come sinteticamente rappresentato nella tabella seguente:

TEMPO DI CORRIVAZIONE (Tc) IN ORE	Bacino 1	Bacino 2	Bacino 3
Giandotti	9.71	5.75	6.57
Viparelli	0.67	0.34	0.58
Pezzoli	8.17	2.10	4.63
Puglisi	6.54	4.41	4.74
Ventura	10.35	4.19	8.21
Tournon	8.40	6.56	9.46
Pasini	10.74	3.74	7.62
Kirpich	0.99	0.56	0.79
Johnstone-Cross	0.39	0.37	0.47
NRCS-SCS	1.09	0.98	1.57
MEDIA	5.70	2.90	4.46

4.5 Analisi pluviometrica

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

Per la stima delle portate al colmo di piena si è fatto riferimento al rapporto VAPI relativo alla Regione Puglia, come suggerito dalle Norme di Attuazione del "Piano di Bacino Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI)" redatto dall' Autorità Interregionale di Bacino della Puglia. Secondo tale rapporto il territorio di competenza dell'ADB della Puglia è stato suddiviso in 6 aree pluviometriche omogenee. L'area oggetto di intervento ricade all'interno della zona 6 (Fig. 10).

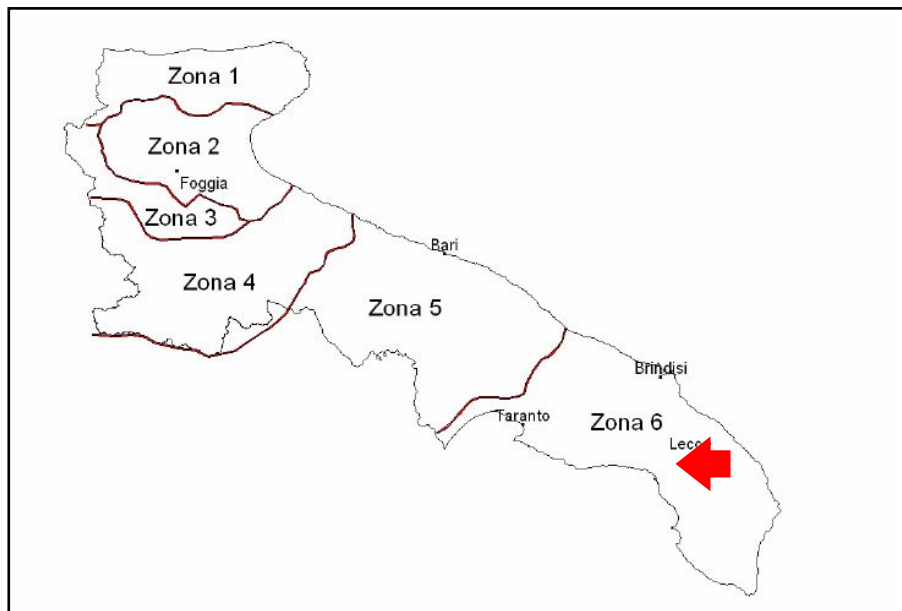


FIG 10 - Aree pluviometriche omogenee nella Regione Puglia

Il metodo suddetto prevede il calcolo delle altezze critiche di precipitazione utilizzando la seguente espressione (valida all'interno della "zona 6"):

$$X(t,z) = 33.7 t^{[(0.488+0.0022 z)/3.178]} = a' t^n$$

dove:

"z" (m.s.l.m.): quota caratteristica del bacino;

"t" (h): durata della precipitazione.

A seconda del tempo di ritorno considerato in seguito l'altezza di pioggia deve essere moltiplicata per un coefficiente di crescita dato dalla seguente espressione:

$$K_T = 0.1599 + 0.5166 \ln(T)$$

Dalla metodologia appena descritta sono state ricavate le curve di possibilità pluviometrica, relative ai tempi di ritorno di 30, 200, 500 anni, per i bacini di interesse.

Curve di possibilità pluviometrica (VAPI, zona 6)								
BACINO IDROGRAFICO	K30 (-)	K200 (-)	K500 (-)	a' (mm)	a30 (-)	a200 (-)	A500 (-)	n (-)
Bacino 1	1.92	2.90	3.37	33.7	64.60	97.63	113.58	0.186
Bacino 2	1.92	2.90	3.37	33.7	64.60	97.63	113.58	0.185
Bacino 3	1.92	2.90	3.37	33.7	64.60	97.63	113.58	0.188

4.6 Analisi Afflussi-Deflussi con il metodo CN

Per il calcolo della precipitazione efficace e del ruscellamento superficiale il modello SCN-SCS (Curve Number del Soil Conservation Service) risulta quello che consente di determinare i risultati con la migliore approssimazione in funzione dei dati disponibili. Il metodo in questione, adatto alla realtà territoriale in esame, permette la ricostruzione delle piene attraverso la definizione dell'indice CN.

I parametri considerati nel modello sono:

- CN (Curve Number);
- S (grado di saturazione del terreno);
- Ia (Initial Abstraction) – grado di assorbimento iniziale del terreno;
- AMC (Antecedent Moisture Condition), grado di imbibizione precedente l'evento.

Secondo il modello la relazione che lega la precipitazione netta cumulata dall'inizio dell'evento meteorico sino al generico istante t, alla precipitazione lorda è la seguente:

$$P_{netta} = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S}$$

Nella quale S si ricava dalla formula:

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

mentre Ia si calcola secondo le ipotesi di letteratura:

$$Ia = 0.2S$$

L'ulteriore parametro necessario al modello per la valutazione della durata critica di precipitazione è il Time Lag (t_L), tempo di ritardo tra il centro del pluviogramma e quello dell'idrogramma, valutato secondo la formula seguente:

$$t_L = 0.342 \frac{L^{0.8}}{S^{0.5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}$$

Sulla base di ipotesi di letteratura si ha:

$$t_c = t_L / 0.6$$

Gli idrogrammi di piena ed i volumi idrologici per i tre tempi di ritorno prefissati, sono stati calcolati per mezzo dell'idrogramma unitario adimensionale di Mockus che mette in relazione il rapporto tra la generica portata Q all'istante t e la portata al colmo Q_p che si verifica all'istante t_a (durata della fase di crescita) con la variabile dimensionale t/t_a

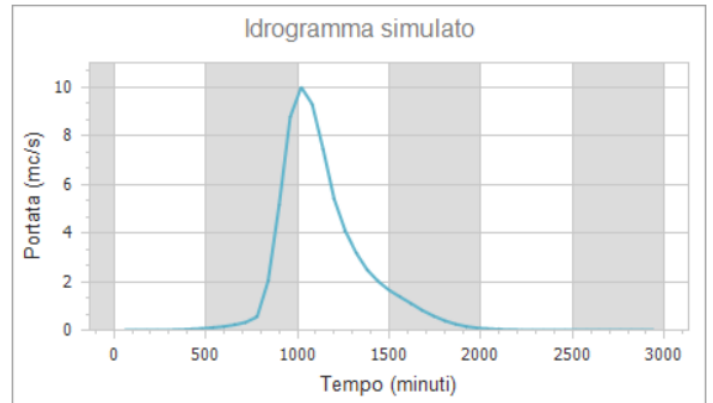
$$t_a = t_L / 0.9$$

Di seguito gli idrogrammi utilizzati per le condizioni di input nel modello di analisi idraulica

BACINO 1

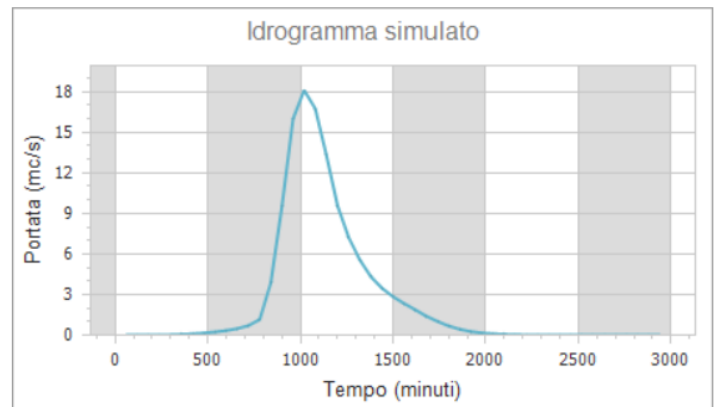
Tr30

Portata massima (mc/s):	<input type="text" value="10.0"/>
Istante di picco (ore):	<input type="text" value="16.0"/>
Durata evento (ore):	<input type="text" value="48.0"/>
Volume afflusso (mc):	<input type="text" value="463172"/>
Volume deflusso (mc):	<input type="text" value="244948"/>
Altezza afflusso (mm):	<input type="text" value="116.7"/>
Altezza deflusso (mm):	<input type="text" value="61.7"/>
Coefficiente di deflusso:	<input type="text" value="0.53"/>
Coefficiente udometrico (mc/s/kmq):	<input type="text" value="2.520"/>



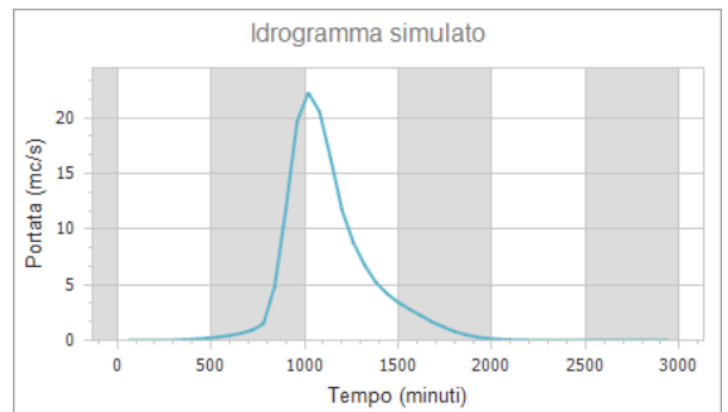
Tr200

Portata massima (mc/s):	<input type="text" value="18.1"/>
Istante di picco (ore):	<input type="text" value="16.0"/>
Durata evento (ore):	<input type="text" value="48.0"/>
Volume afflusso (mc):	<input type="text" value="699992"/>
Volume deflusso (mc):	<input type="text" value="440306"/>
Altezza afflusso (mm):	<input type="text" value="176.3"/>
Altezza deflusso (mm):	<input type="text" value="110.9"/>
Coefficiente di deflusso:	<input type="text" value="0.63"/>
Coefficiente udometrico (mc/s/kmq):	<input type="text" value="4.561"/>



Tr500

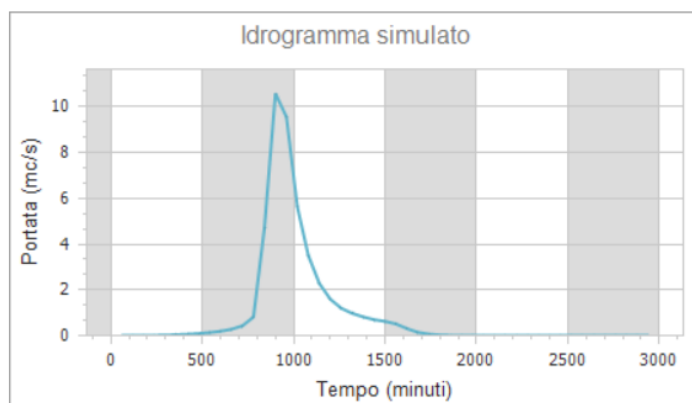
Portata massima (mc/s):	<input type="text" value="22.3"/>
Istante di picco (ore):	<input type="text" value="16.0"/>
Durata evento (ore):	<input type="text" value="48.0"/>
Volume afflusso (mc):	<input type="text" value="814351"/>
Volume deflusso (mc):	<input type="text" value="540348"/>
Altezza afflusso (mm):	<input type="text" value="205.1"/>
Altezza deflusso (mm):	<input type="text" value="136.1"/>
Coefficiente di deflusso:	<input type="text" value="0.66"/>
Coefficiente udometrico (mc/s/kmq):	<input type="text" value="5.606"/>



BACINO 2

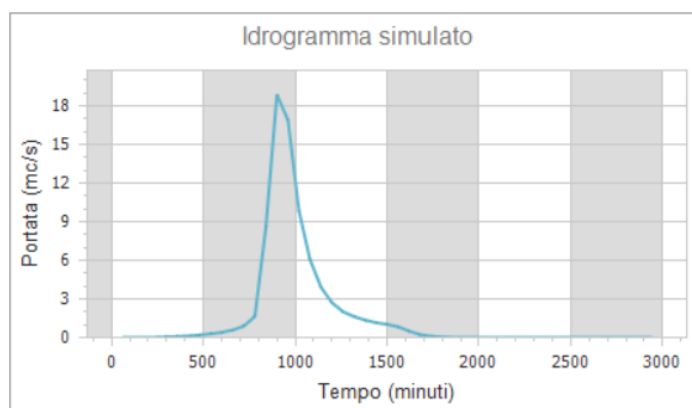
Tr30

Portata massima (mc/s):	<input type="text" value="10.6"/>
Istante di picco (ore):	<input type="text" value="14.0"/>
Durata evento (ore):	<input type="text" value="48.0"/>
Volume afflusso (mc):	<input type="text" value="290745"/>
Volume deflusso (mc):	<input type="text" value="163490"/>
Altezza afflusso (mm):	<input type="text" value="116.3"/>
Altezza deflusso (mm):	<input type="text" value="65.4"/>
Coefficiente di deflusso:	<input type="text" value="0.56"/>
Coefficiente udometrico (mc/s/kmq):	<input type="text" value="4.230"/>



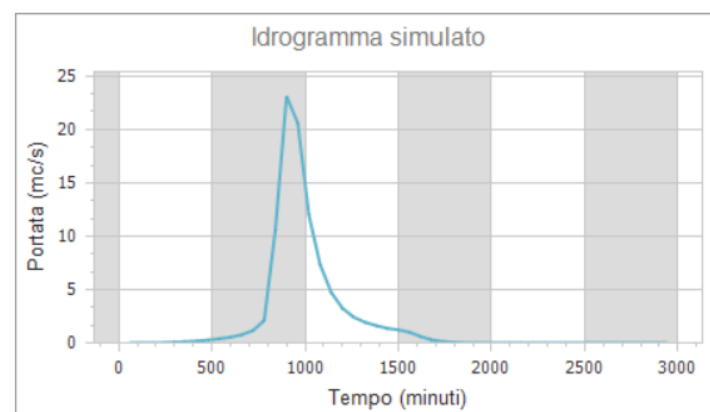
Tr200

Portata massima (mc/s):	<input type="text" value="18.9"/>
Istante di picco (ore):	<input type="text" value="14.0"/>
Durata evento (ore):	<input type="text" value="48.0"/>
Volume afflusso (mc):	<input type="text" value="439402"/>
Volume deflusso (mc):	<input type="text" value="289627"/>
Altezza afflusso (mm):	<input type="text" value="175.8"/>
Altezza deflusso (mm):	<input type="text" value="115.9"/>
Coefficiente di deflusso:	<input type="text" value="0.66"/>
Coefficiente udometrico (mc/s/kmq):	<input type="text" value="7.553"/>



Tr500

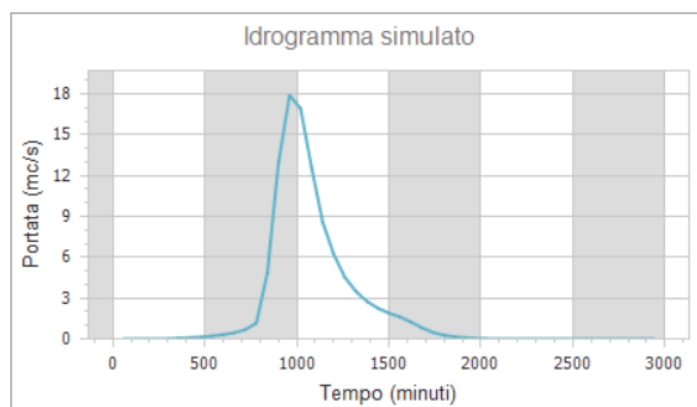
Portata massima (mc/s):	<input type="text" value="23.1"/>
Istante di picco (ore):	<input type="text" value="14.0"/>
Durata evento (ore):	<input type="text" value="48.0"/>
Volume afflusso (mc):	<input type="text" value="511188"/>
Volume deflusso (mc):	<input type="text" value="353669"/>
Altezza afflusso (mm):	<input type="text" value="204.5"/>
Altezza deflusso (mm):	<input type="text" value="141.5"/>
Coefficiente di deflusso:	<input type="text" value="0.69"/>
Coefficiente udometrico (mc/s/kmq):	<input type="text" value="9.240"/>



BACINO 3

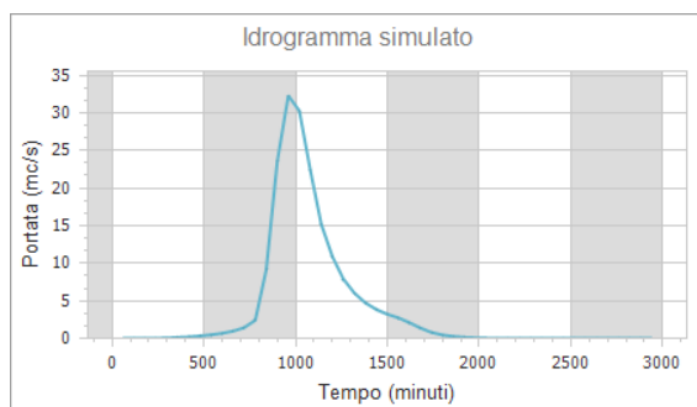
TR30

Portata massima (mc/s):	17.9
Istante di picco (ore):	15.0
Durata evento (ore):	48.0
Volume afflusso (mc):	684512
Volume deflusso (mc):	371528
Altezza afflusso (mm):	117.4
Altezza deflusso (mm):	63.7
Coefficiente di deflusso:	0.54
Coefficiente udometrico (mc/s/kmq):	3.073



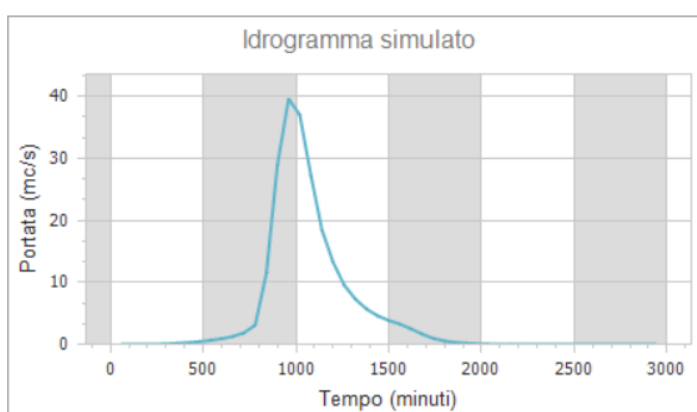
TR200

Portata massima (mc/s):	32.3
Istante di picco (ore):	15.0
Durata evento (ore):	48.0
Volume afflusso (mc):	1034503
Volume deflusso (mc):	664154
Altezza afflusso (mm):	177.4
Altezza deflusso (mm):	113.9
Coefficiente di deflusso:	0.64
Coefficiente udometrico (mc/s/kmq):	5.538



TR500

Portata massima (mc/s):	39.6
Istante di picco (ore):	15.0
Durata evento (ore):	48.0
Volume afflusso (mc):	1203511
Volume deflusso (mc):	813511
Altezza afflusso (mm):	206.4
Altezza deflusso (mm):	139.5
Coefficiente di deflusso:	0.68
Coefficiente udometrico (mc/s/kmq):	6.797



5. ANALISI IDRAULICA

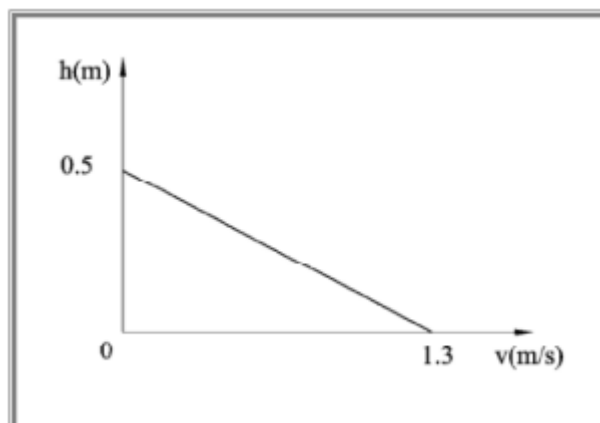
L'analisi idraulica ha lo scopo di determinare i profili di corrente relativi ai tempi di ritorno prefissati, di 30 e 200 anni. Tali profili sono necessari per la fase di individuazione delle aree a rischio idraulico. La verifica idraulica è stata effettuata sulla scorta dei dati cartografici a disposizione, in particolare dei dati altimetrici digitali da dati Lidar. Mediante un rilievo topografico effettuato in loco con strumentazione GPS, lungo i corsi d'acqua e i rispettivi attraversamenti/ostruzioni è stato possibile ricostruire le diverse geometrie da inserire nel modello di calcolo. Alla base dell'analisi idraulica sono stati presi in considerazione i parametri idrogeologici individuati.

E' stata adottata una modellazione di tipo bidimensionale e le condizioni al contorno sono state applicate su un dominio distribuito per simulare le piogge estreme. Per il calcolo è stato utilizzato il codice HEC RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System), software prodotto dallo US ARMY Engineering Corps, e reso disponibile attraverso internet (www.hec.usace.army.mil). L'elaborazione effettuata ha restituito in output le aree di espansione di eventuali esondazioni per il passaggio degli eventi trentennale e ducentennale.

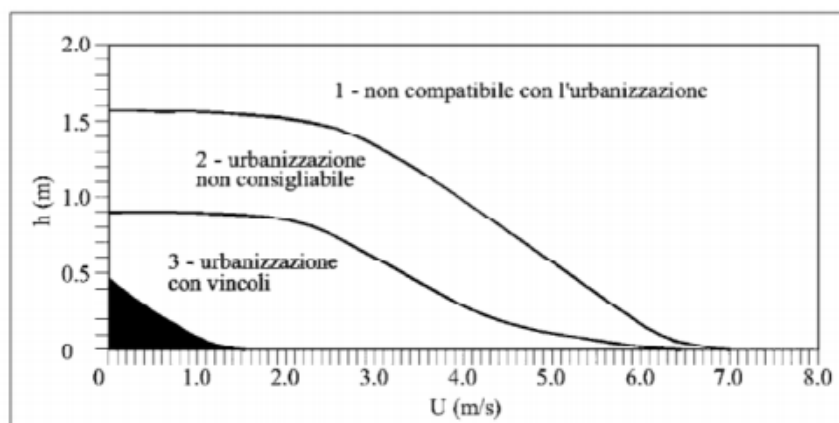
L'analisi idraulica è stata condotta calcolando gli idrogrammi di piena per ogni bacino individuato. I bacini sono stati analizzati con condizioni al contorno distribuite sull'area del bacino per simulare gli effetti di allagamento attraverso le piogge. La pioggia, in funzione delle caratteristiche morfologiche dei bacini genera deflussi che poi vengono perimetrati in funzione dei tiranti e della velocità. Per le perimetrazioni sono stati applicati dei filtri funzioni del tirante e della velocità.

Scelta dei limiti di rappresentazione delle aree di allagamento

L'indicazione di allagamento di una superficie non è di per sé un fattore di pericolosità; particolari condizioni di allagamento però possono mettere in condizioni di pericolo le persone presenti nelle aree in cui essi si verificano. Oltre al tirante idrico, i fattori che influiscono sul livello di pericolo sono la velocità di scorrimento idrico e la persistenza del fenomeno. L'Autorità di Bacino della Puglia non dà indicazioni a riguardo; tuttavia altre Autorità di Bacino propongono una serie di approcci per procedere alla perimetrazione delle aree di allagamento. L'Autorità di Bacino del Tevere ha proposto un diagramma che mette in relazione i due parametri fondamentali nella determinazione del livello di pericolosità dell'inondazione, tirante e velocità.



Nel caso dell'Autorità del Tevere la superficie esondata è stata suddivisa in sotto-zone caratterizzate da un medesimo valore della spinta idrostatica. Il valore della spinta è funzione della velocità di scorrimento U e del tirante idrico h ; nel grafico sottostante (U - h) sono identificate porzioni caratterizzate da stesso valore delle spinta. A seconda della coppia U - h ogni punto geografico dell'area allagata è catalogato con il riferimento (1, 2, 3, 4) relativo alla porzione del grafico all'interno del quale ricade il punto (U - h). Vengono così definite aree "marginali" quelle ricadenti nella porzione colorata in nero nel grafico successivo; qui le condizioni di rischio in termini di incolumità delle persone risultano accettabili. Si giunge quindi ad una distinzione generale delle aree a pericolosità in tre classi: dirette, indirette e marginali. I primi due termini derivano da considerazioni prettamente idrauliche, già esposte in precedenza e funzione delle caratteristiche del deflusso, il terzo esprime una condizione di effettiva trascurabilità del rischio.



fonte: A.B. Tevere, 2002

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

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

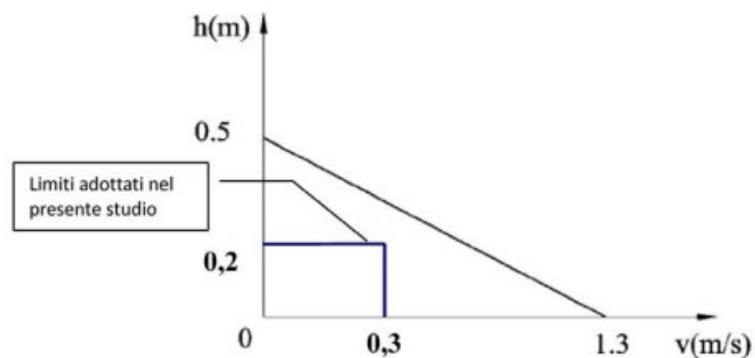
- a. aree di pericolosità idraulica molto elevata (P4): aree allagate in occasione dell'evento di piena con tempo di ritorno di 30 anni nel quale risulti o la presenza di una lama d'acqua sul piano di campagna superiore ad 1 m o una velocità massima di trasferimento superiore ad 1 m/s;
- b. aree di pericolosità idraulica elevata (P3): aree allagate o in occasione di un evento di piena con tempo di ritorno di 30 anni e condizioni di lama d'acqua massima raggiunta sul piano di campagna tra 50 cm ed 1m, o per un evento più raro ($Tr=100$ anni) con condizioni come quelle stabilite per pericolosità molto elevata (lama d'acqua massima maggiore di 1 m oppure velocità superiore ad 1 m/s);
- c. aree di pericolosità idraulica media (P2): aree allagate per un evento caratterizzato da un tempo di ritorno di 100 anni nelle quali si instaurino condizioni di lama d'acqua massima sul piano di campagna compresa tra 0 cm ed 1 m;
- d. aree di pericolosità idraulica moderata (P1): aree esondabili con eventi di piena meno frequenti ($Tr=200$ anni) in qualunque condizioni di lama d'acqua e velocità sul piano di campagna.

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

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

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

che risultano comunque molto cautelativi rispetto ai limiti proposti dalla letteratura tecnica del settore e dalle Autorità di Bacino sopra indicate (vedi figura successiva).



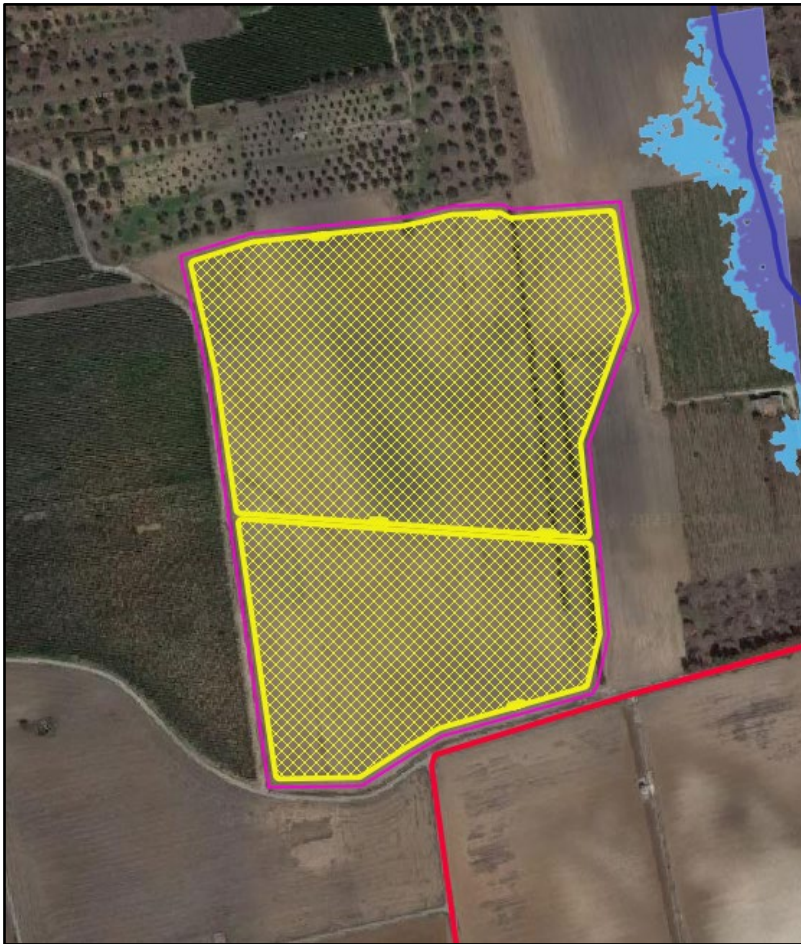
Risultati della modellazione

In funzione dei risultati ottenuti dalle simulazioni effettuate, sono state estratte le seguenti mappe che riguardano l'andamento dei massimi temporali dei tiranti idrici, utilizzando una soglia minima di 20 cm, e l'andamento delle velocità con soglia a 0.3 m/sec. La combinazione fra i valori di velocità e i valori del relativo tirante idrico, applicando le soglie appena enunciate, hanno consentito di estrapolare le mappe della pericolosità idraulica per un tempo di ritorno di 30, 200, 500 anni. (Fig.11). Nelle figure 12, 12A, 13, 13A la rappresentazione della pericolosità idraulica con Tr_{30} e Tr_{200} in corrispondenza dei Lotti progettuali C ed A.





FIG 11 – Localizzazione aree a pericolosità allagamento $Tr=30$ anni, $Tr=200$ anni, $Tr=500$ anni in prossimità dei Lotti progettuali A e C



- T141QE2_CAVIDOTTI
- ▨ T141QE2_CAMPI_FV
- ▨ T141QE2_CABINE
- ▭ T141QE2_RECINZIONE
- ▭ vasca raccolta acque piovane
- ▭ TR30_bac1
- ▭ TR200_bac1

FIG 12 – Localizzazione aree a pericolosità allagamento $Tr=30$ anni e $Tr=200$ anni Lotto C

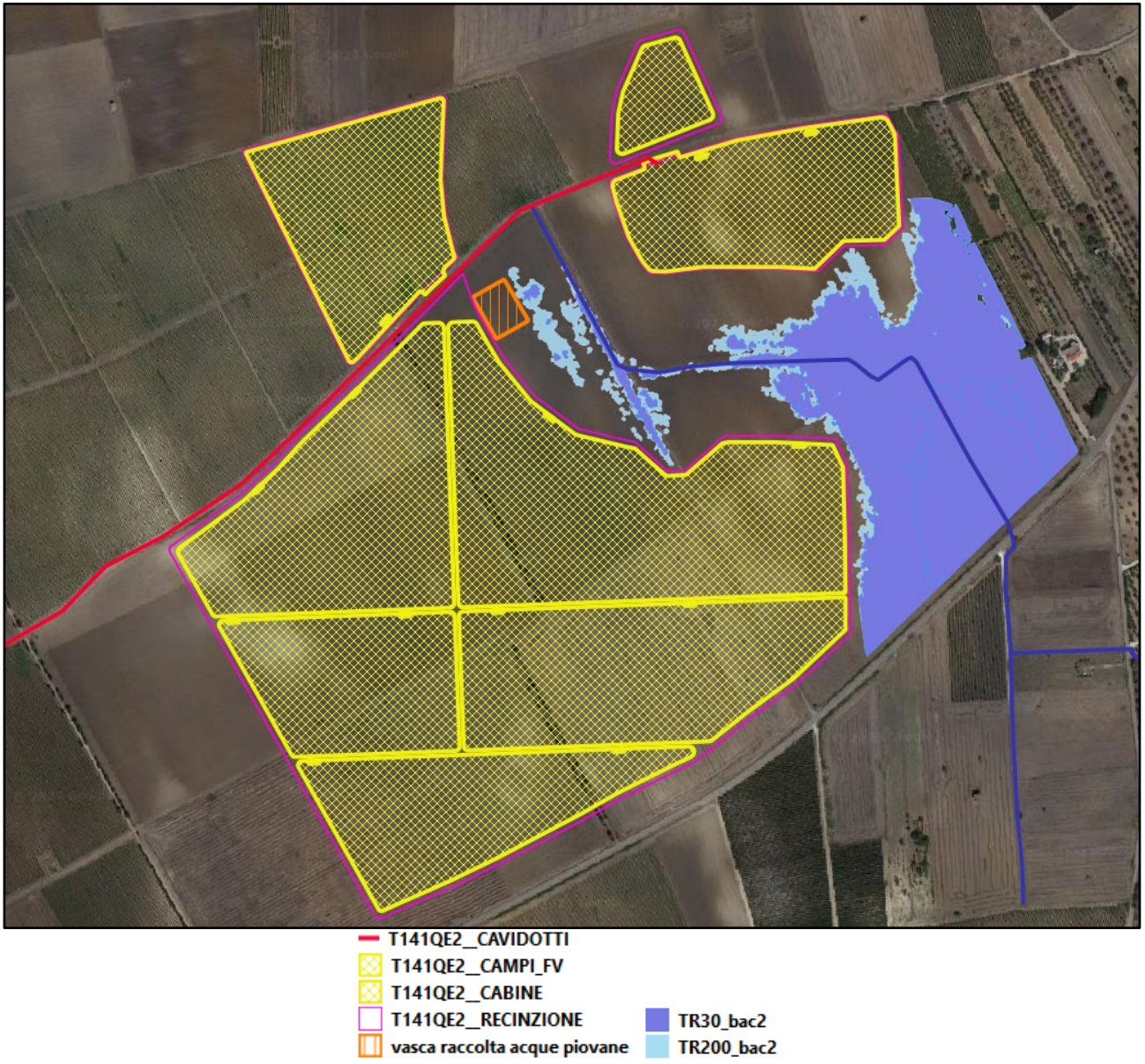


FIG 12A – Localizzazione aree a pericolosità allagamento $Tr=30$ anni e $Tr=200$ anni Lotto A

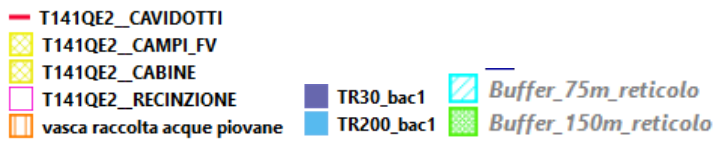
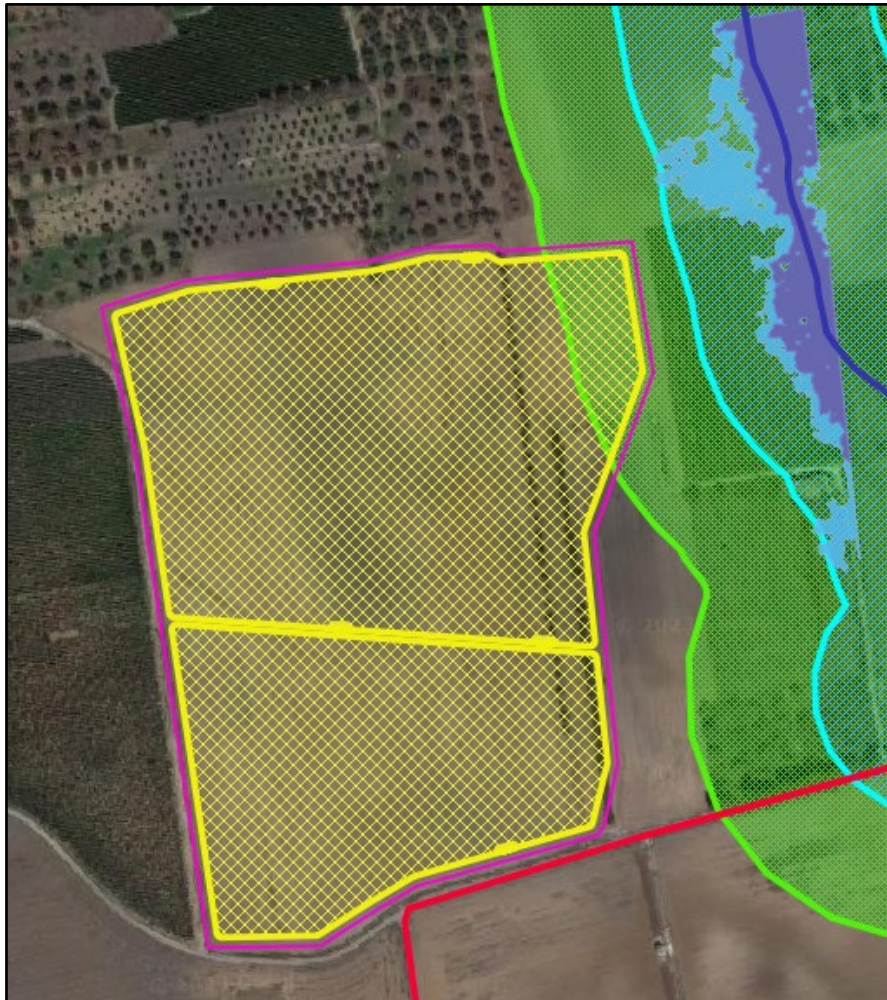


FIG 13 – Localizzazione aree a pericolosità allagamento $Tr=30$ anni e $Tr=200$ anni Lotto C ed aree buffer

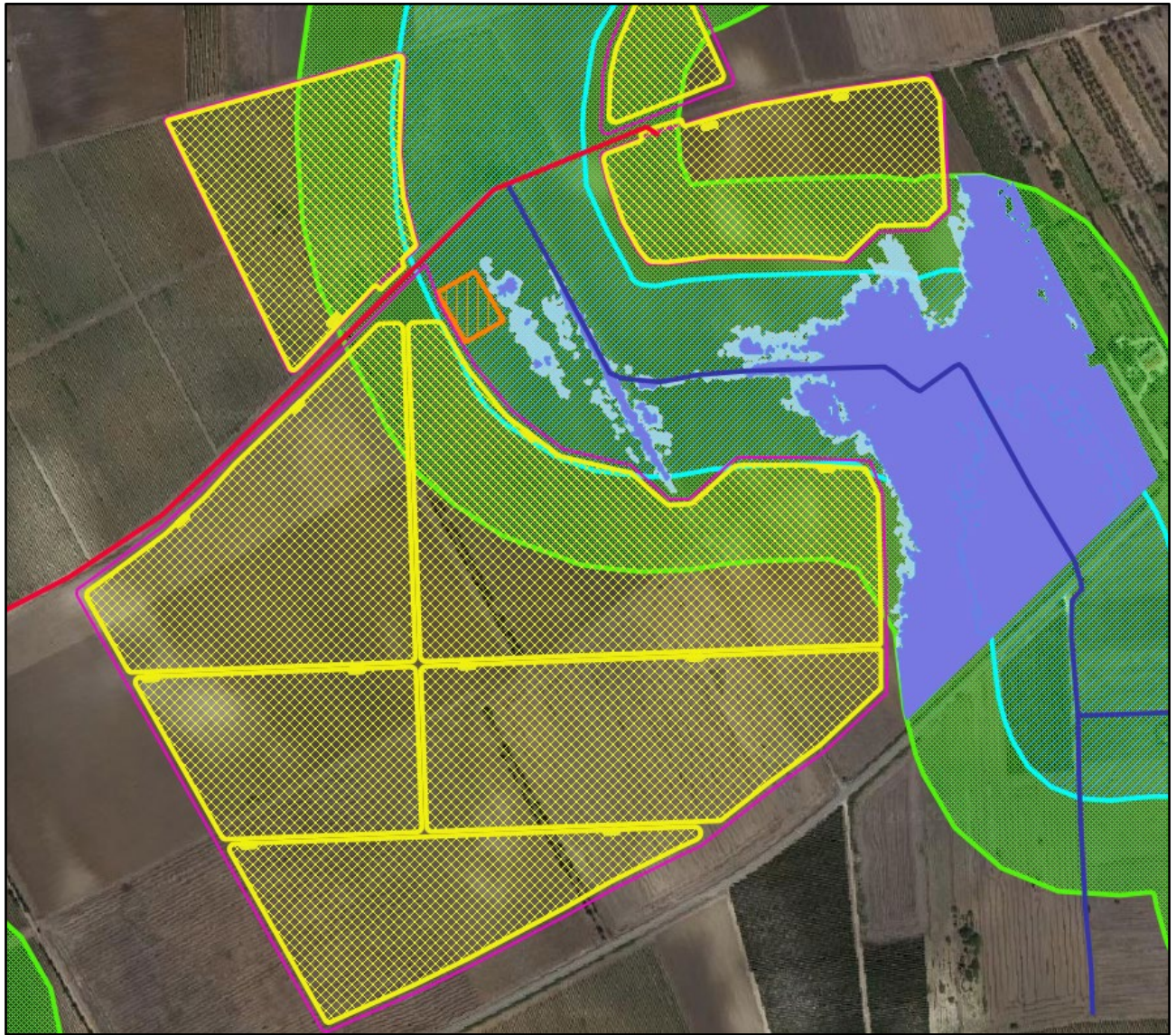


FIG 13A – Localizzazione aree a pericolosità allagamento $Tr=30$ anni e $Tr=200$ anni Lotto A ed aree buffer

Dai risultati della modellazione effettuata nell'ambito del presente studio idrologico-idraulico si evince che l'area progettuale di posa impianto non risulta interessata da aree a probabilità allagamento (Tr 30 e 200 anni).