



REGIONE  
PUGLIA



PROVINCIA  
LECCE



COMUNE NARDO'

OGGETTO:

Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO", di potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Nardò (LE)

ELABORATO:

## RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA



PROPONENTE:



ABEI ENERGY GREEN ITALY VI S.R.L.  
VIA VINCENZO BELLINI, 22  
00198- ROMA (RM)  
P.IVA 16335531006

PROGETTAZIONE:


Ing. Carmen Martone  
Iscr. n. 1872  
Ordine Ingegneri Potenza  
C.F. MRTCMN73D56H703E



Geol. Raffaele Nardone  
Iscr. n. 243  
Ordine Geologi Basilicata  
C.F. NRDRFL71H04A509H


EGM PROJECT S.R.L.  
VIA VERRASTRO 15/A  
85100- POTENZA (PZ)  
P.IVA 02094310766  
REA PZ-206983

Livello prog.	Cat. opera	N° . prog.elaborato	Tipo elaborato	N° foglio	Tot. fogli	Nome file	Scala
PD	I.IF	A.04	R				
REV.	DATA	DESCRIZIONE			ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	DICEMBRE 2022	Emissione			Ing. Roberta Bonamassa	Geol. Raffaele Nardone EGM Project	Ing. Carmen Martone EGM Project
01	GENNAIO 2023	Emissione			Ing. Roberta Bonamassa	Geol. Raffaele Nardone EGM Project	Ing. Carmen Martone EGM Project

	<p>Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE)</p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b>  <b>DICEMBRE 2022</b>  Pag. 1 di 73</p>
---	---	---


## Sommario

1	PREMESSA .....	4
2	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ .....	5
2.1	<b>Sintesi delle attività</b> .....	<b>5</b>
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	6
3.1	<b>Analisi della vincolistica</b> .....	<b>14</b>
4	ANALISI STATO DI FATTO E PROGETTO.....	20
5	ANALISI GEOMORFOLOGICA .....	28
5.1	<b>Digital Terrain Model</b> .....	<b>28</b>
5.2	<b>Slope Model</b> .....	<b>29</b>
5.3	<b>Flow Accumulation</b> .....	<b>29</b>
5.4	<b>Perimetrazione dei bacini idrografici</b> .....	<b>31</b>
6	ANALISI IDROLOGICA .....	32
6.1	<b>Curve di Possibilità Pluviometrica</b> .....	<b>32</b>
6.2	<b>Massimizzazione delle portate di piena col metodo SCS</b> .....	<b>38</b>
7	ANALISI IDRAULICA .....	46
7.1	<b>Simulazione idraulica</b> .....	<b>46</b>
8	REGIMENTAZIONI ACQUE SUPERFICIALI.....	50
9	CONCLUSIONI.....	52

	<p>Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE)</p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b>  <b>DICEMBRE 2022</b>  Pag. 2 di 73</p>
---	---	---

## Indice delle Figure


FIGURA 1 : INQUADRAMENTO GEOGRAFICO COMUNE DI NARDÒ (LE) .....	6
FIGURA 2: INQUADRAMENTO RISPETTO AI CONFINI DEL COMUNE DI NARDÒ .....	7
FIGURA 3: INQUADRAMENTO GENERALE DELL'OPERA SU ORTOFOTO .....	8
FIGURA 4: INQUADRAMENTO SU IGM DELL'IMPIANTO IN PROGETTO .....	9
FIGURA 5: INQUADRAMENTO DEL CAMPO SU CTR .....	10
FIGURA 6: INQUADRAMENTO DELL'AREA DI IMPIANTO SU CATASTALE .....	11
FIGURA 7: AREA IMPIANTO SU BASE ORTOFOTO E COORDINATE UTM 34–WGS 84 CHE DELIMITANO L'AREA DEL PARCO FOTOVOLTAICO .....	12
FIGURA 8: MODELLO 3D DELL'AREA DI RILIEVO – VISTA DA SUD .....	13
FIGURA 9 : MODELLO 3D DELL'AREA DI RILIEVO – VISTA DA NORD .....	13
FIGURA 10 : STRALCIO CARTA DEI VINCOLI PAI – RISCHIO E PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA ....	15
FIGURA 11- STRALCIO CARTA DEI VINCOLI PAI –PERICOLOSITÀ IDRAULICA.....	16
FIGURA 12: STRALCIO CARTA DELLE AREE DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA P.G.R.A. ....	17
FIGURA 13 : SOVRAPPOSIZIONE DEL LAYOUT DI IMPIANTO CON IL PPTR DELLA REGIONE PUGLIA..	19
FIGURA 14 : LAYOUT DI IMPIANTO SU ORTOFOTO.....	22
FIGURA 15 -LAYOUT DI IMPIANTO .....	23
FIGURA 16 : DETTAGLIO DELLA SEZIONE DELLA STRUTTURA.....	24
FIGURA 17 - UBICAZIONE POZZO ESISTENTE .....	28
FIGURA 18 : PERIMETRAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI .....	31
FIGURA 19 : AREE PLUVIOMETRICHE OMOGENEE VAPI REGIONE PUGLIA .....	34

	<p>Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE)</p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b>  <b>DICEMBRE 2022</b>  Pag. 3 di 73</p>
---	---	---

**FIGURA 20 : SUDDIVISIONE IN SOTTOZONE OMOGENEE PLUVIOMETRICHE DELLA PUGLIA**

SETTENTRIONALE .....	35
FIGURA 21 : ZONA VAPI IN CUI RICADE L'IMPIANTO .....	36
FIGURA 22 : CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA BACINO 1.....	38
FIGURA 23 : IDROGRAMMA DI MOCKUS .....	44
FIGURA 24 : SCHEMA GEOMETRICO UTILIZZATO NELLA MODELLAZIONE IDRAULICA 1D - TERRAIN .	47
FIGURA 25 : MAPPA DELLE AREE INONDABILI TR= 30 ANNI, TR=200 ANNI, TR= 500 ANNI.....	48
FIGURA 26 : AREA INONDABILE TR= 30 ANNI E VALORE DEI TIRANTI IDRICI.....	49
FIGURA 27 : AREA INONDABILE TR= 200 ANNI E VALORE DEI TIRANTI IDRICI.....	49
FIGURA 28 : AREA INONDABILE TR= 500 ANNI E VALORE DEI TIRANTI IDRICI.....	49
FIGURA 29 : PARTICOLARE CANALETTE PER IL DRENAGGIO SUPERFICIALE .....	51
FIGURA 30 : CUNETTA IN TERRA .....	52
FIGURA 31 : SEZIONE CAVIDOTTO INTERRATO ESEGUITO MEDIANTE TOC.....	54
TABELLA 1: PARAMETRI A E B PER AREA PLUVIOMETRICA OMOGENEA .....	34
TABELLA 2: VALORE DEL FATTORE DI CRESCITA KT .....	37
TABELLA 3: ATTRIBUZIONE DELLA CLASSE AMC.....	40
TABELLA 4: CLASSIFICAZIONE DEI TIPI IDROLOGICI DI SUOLO SECONDO IL METODO SCS-CN.....	41
TABELLA 5: VALORI DI "CURVE NUMBER (CN)" IN FUNZIONE DELLE DIVERSE TIPOLOGIE DI USO DEL SUOLO: <i>HANDBOOK OF HYDROLOGY D.R. MAIDMENT, 1992</i> .....	43
TABELLA 6: PORTATE DEI BACINI INDIVIDUATI.....	45



	<p>Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE)</p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b>  <b>DICEMBRE 2022</b>  Pag. 4 di 73</p>
---	---	---

## 1 PREMESSA

Il progetto di cui questa relazione è parte integrante riguarda il Progetto di realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato 'Leverano' di potenza nominale pari a 19.578 MWp e relative opere di connessione, ricadenti nel comune di Nardò appartenente alla Provincia di Lecce.


La società ABEI ha dato incarico alla EGM srl di redigere lo studio di compatibilità idrogeologica sulle aree interessate dal progetto.

Il presente studio descrive le metodologie adottate e le analisi svolte per l'analisi idrologica dell'area a scala di bacino e per l'analisi idraulica dell'area di impianto e delle zone limitrofe.

È stato predisposto, pertanto, lo "Studio di compatibilità idrologico ed idraulico" di cui la presente Relazione e gli allegati Appendice A e Appendice B ne costituiscono parte integrante.

Il presente studio di compatibilità idrologica ed idraulica analizza compiutamente gli effetti sul regime idraulico e vuole dimostrare l'esistenza di adeguate condizioni di sicurezza idraulica per le opere in progetto, nell'ambito dei vincoli e delle prescrizioni previste dal Regolamento Regionale n. 9 del 11 marzo 2015 della Regione Puglia.

La relazione descrive le metodologie adottate e le analisi svolte per l'analisi idrologica dell'area, l'esame dello stato di fatto e di progetto da un punto di vista idraulico al fine di verificare che gli interventi proposti siano progettati e realizzati in funzione della salvaguardia, della qualità dell'ambiente e dell'assetto idrogeologico.

	<p>Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE)</p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b> <b>DICEMBRE 2022</b> <b>Pag. 5 di 73</b></p>
---	---	--

## 2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ

### 2.1 Sintesi delle attività

In sintesi le attività svolte per la redazione del presente documento sono:

- analisi morfometrica finalizzata alla costruzione del DTM e alla delimitazione dei bacini idrografici;
- analisi morfologica di bacino mediante software Quantum GIS 3.18 e GRASS 7.8.5;
- analisi idrologica per la definizione delle curve di possibilità pluviometrica mediante la metodologia VAPI ed implementazione del modello idrologico;
- calcolo delle portate di piena per tempi di ritorno  $T_{30}$ ,  $T_{200}$  e  $T_{500}$  per ogni sotto-bacino individuato nell'analisi morfometrica;


Tutte le analisi condotte sono state riferite alla Cartografia Tecnica Regionale nel sistema di riferimento UTM34 WGS84.

### 3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area in cui è ubicato l'impianto agrivoltaico in oggetto, è ubicata nel territorio comunale di Nardò, in Provincia di Lecce, e geograficamente è individuata rispetto ai confini regionali dalle figure seguenti:



**Figura 1 : Inquadramento geografico comune di Nardò (LE)**

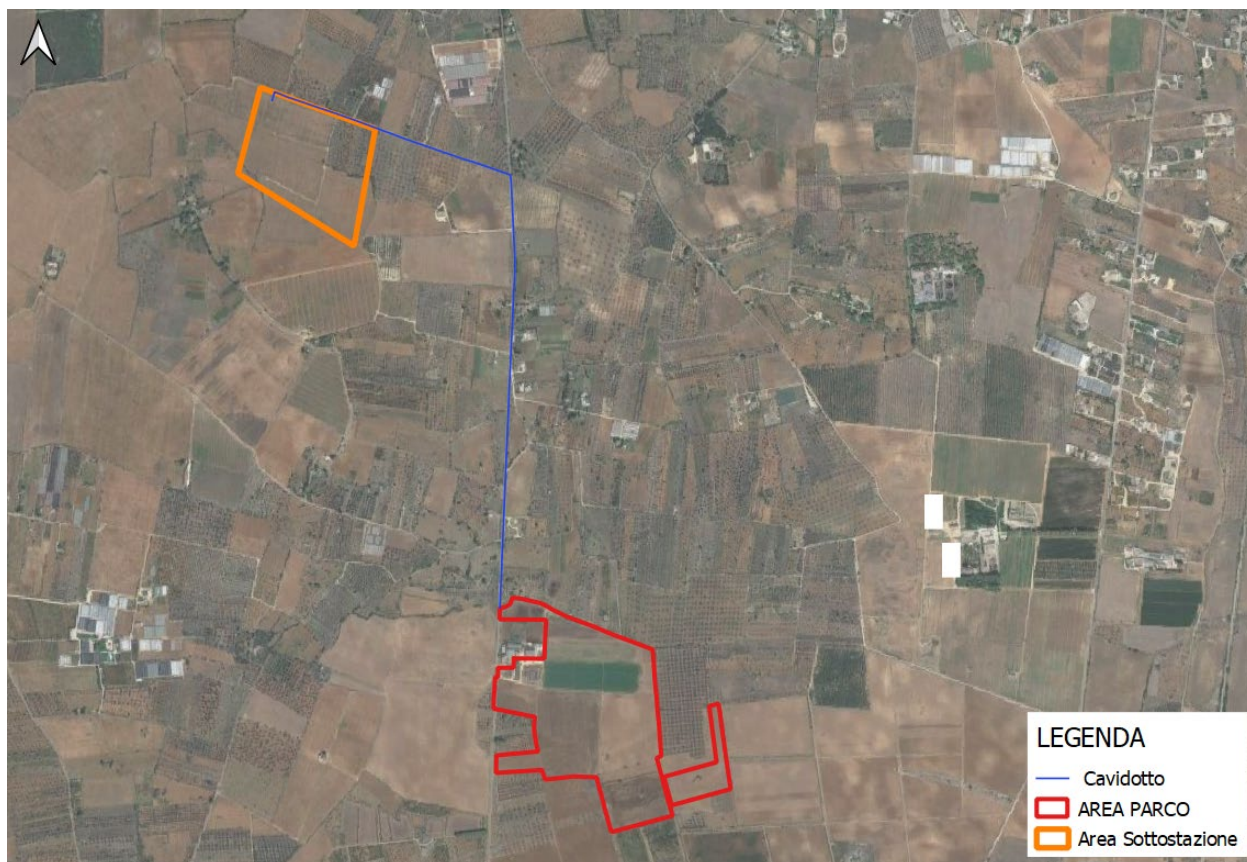
	<p>Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE)</p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b>  <b>DICEMBRE 2022</b>  Pag. 7 di 73</p>
---	---	---



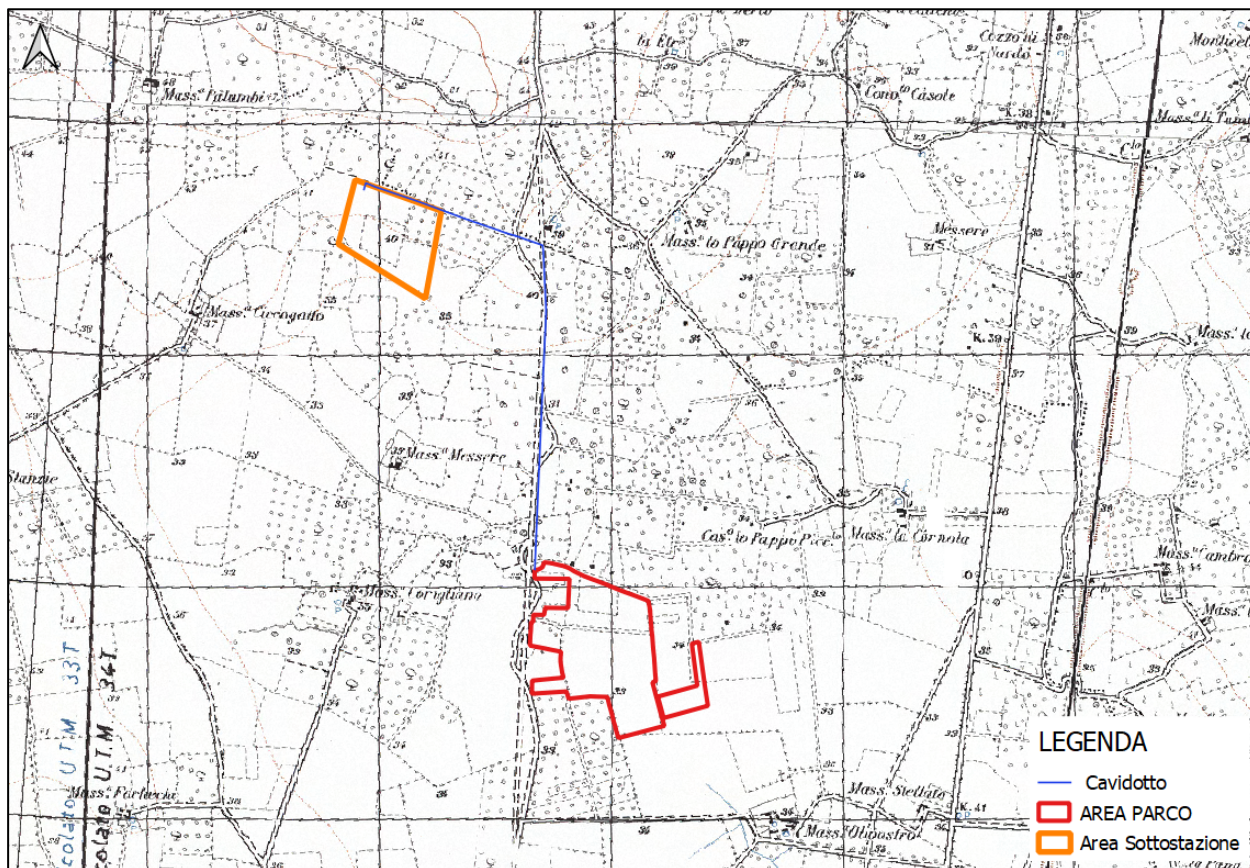
**Figura 2: Inquadramento rispetto ai confini del comune di Nardò**

L'area interessata dal progetto ricade nel territorio comunale di Nardò in provincia di Lecce. Nello specifico l'area parco sarà ubicata nella porzione settentrionale dell'abitato di Nardò in un'area pianeggiante confinate con il Comune di Copertino in direzione NNE e del Comune di Leverano in direzione Nord.



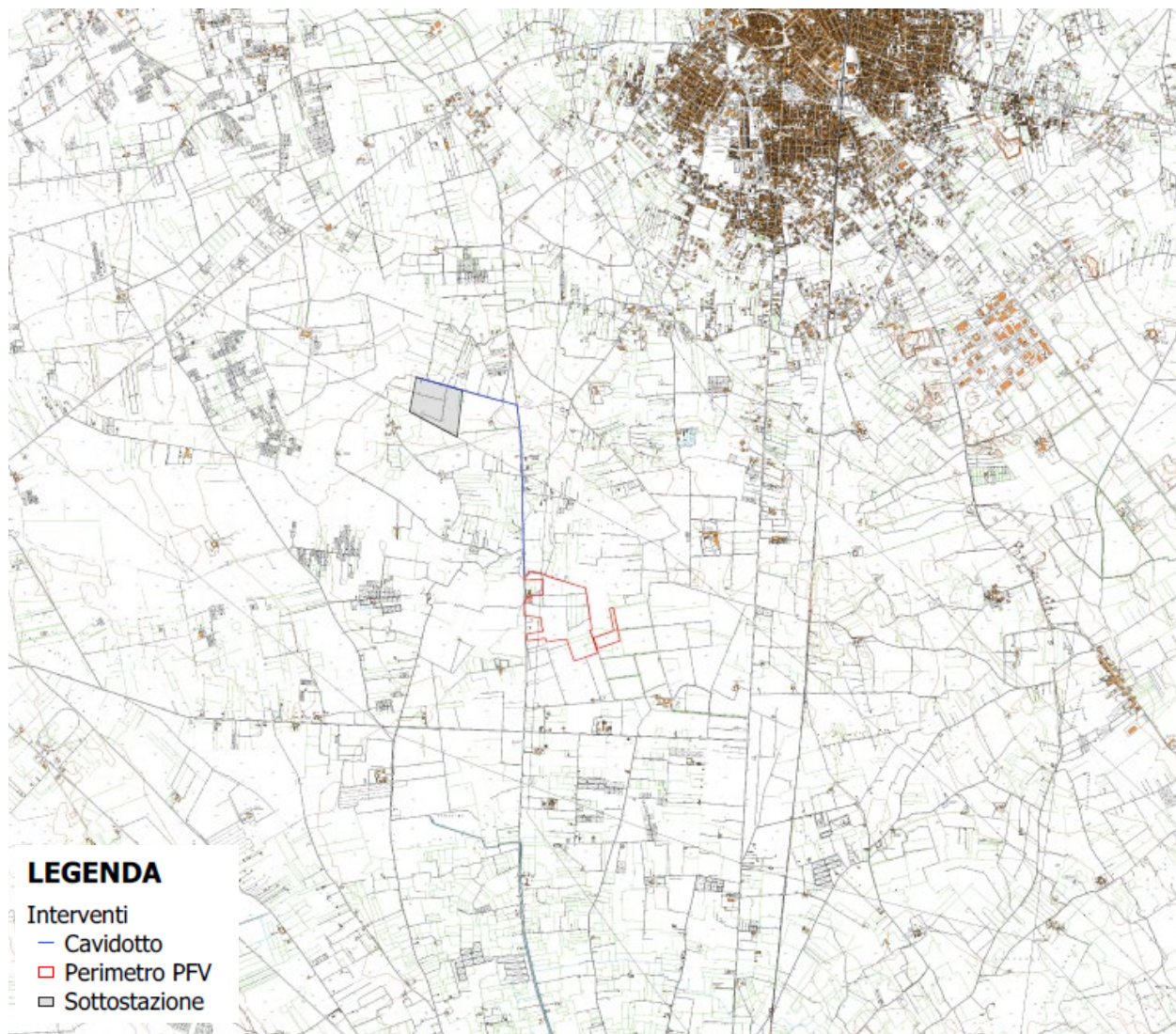


**Figura 3: Inquadramento generale dell'opera su ortofoto**



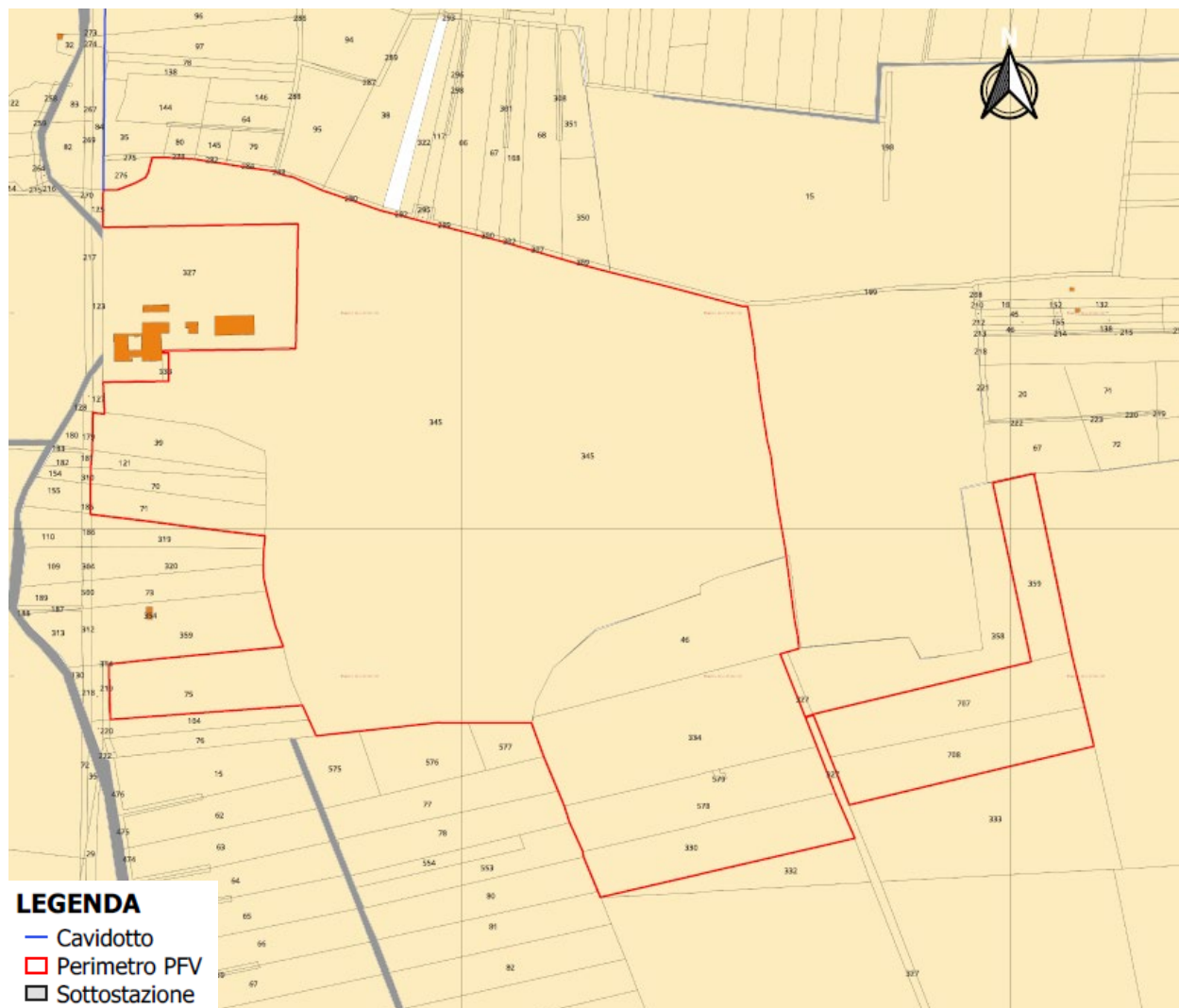
**Figura 4: Inquadramento su IGM dell'impianto in progetto**





**Figura 5: Inquadramento del campo su CTR**





**Figura 6: Inquadramento dell'area di impianto su Catastale**

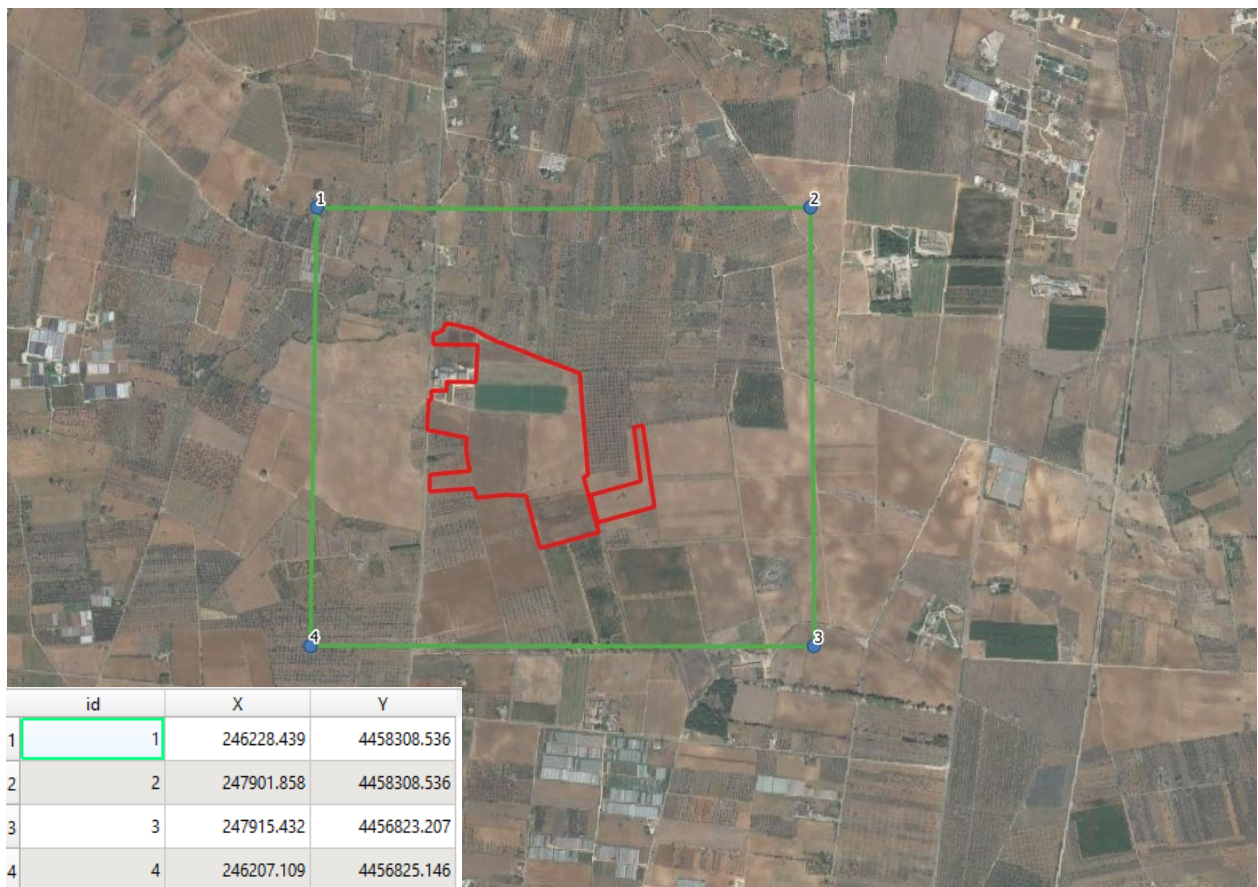
La cartografia, ufficiale e metadatata, disponibile sul territorio è la seguente:

- Digital Terrain Model Tavolette 1:5.000
  - g\_512131
  - g\_512134
  - g\_512092
  - g\_512093
- Cartografia Tecnica Regionale Tavolette 1:5.000
  - 512134

- Carta Uso del Suolo della Regione Puglia
  - Foglio 512 Foggia

I terreni interessati dal progetto sono iscritti in un rettangolo individuato, nel sistema di coordinate UTM (Universale Trasverso di Mercatore), dai vertici superiore sinistro e inferiore destro, e nel sistema di coordinate geografiche di latitudine e longitudine:

UPPER LEFT X = 246228.439 m E      UPPER LEFT Y = 4458308.536 m N  
 LOWER RIGHT X = 247915.432 m E      LOWER RIGHT Y = 4456823.207m N

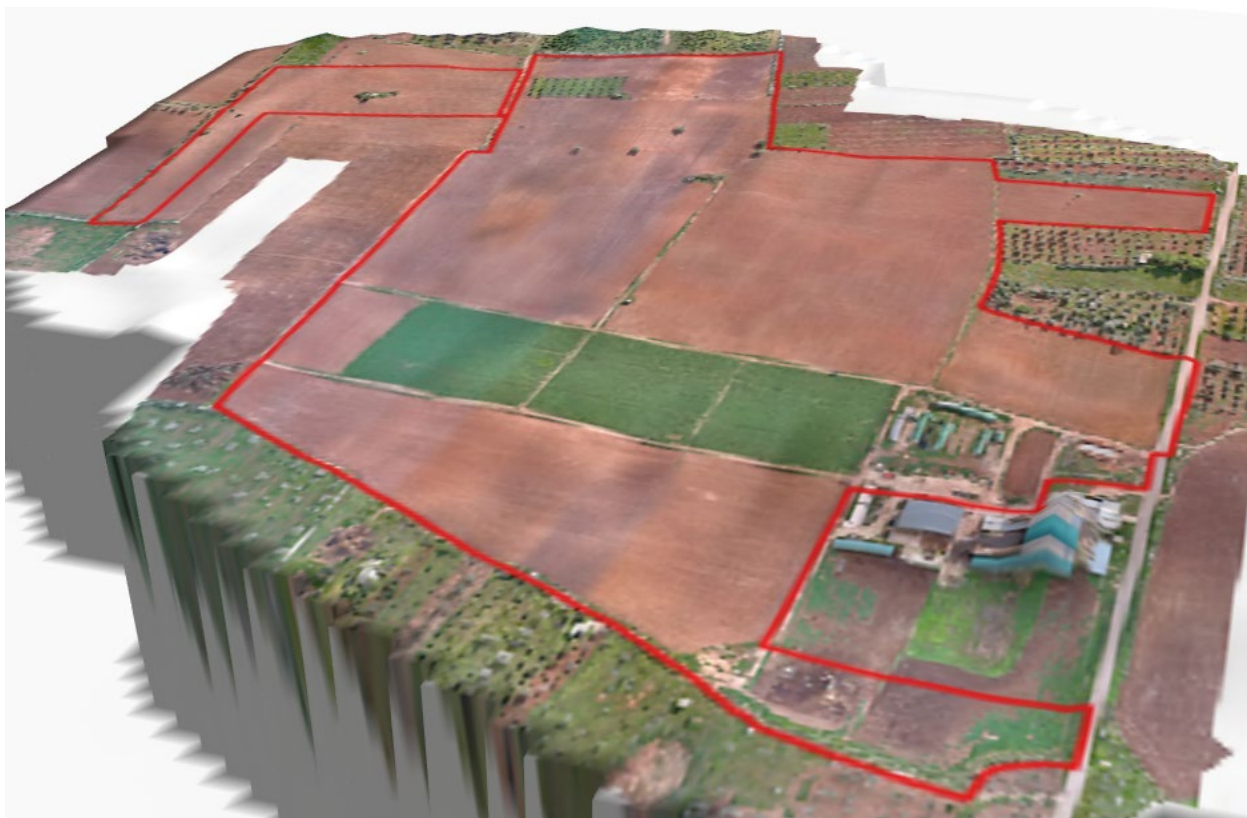


**Figura 7: Area impianto su base ortofoto e Coordinate UTM 34–WGS 84 che delimitano l'area del Parco fotovoltaico**






**Figura 8: Modello 3D dell'area di rilievo – vista da Sud**



**Figura 9 : Modello 3D dell'area di rilievo – vista da Nord**

	<p>Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE)</p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b>  <b>DICEMBRE 2022</b>  <b>Pag. 14 di 73</b></p>
---	---	---

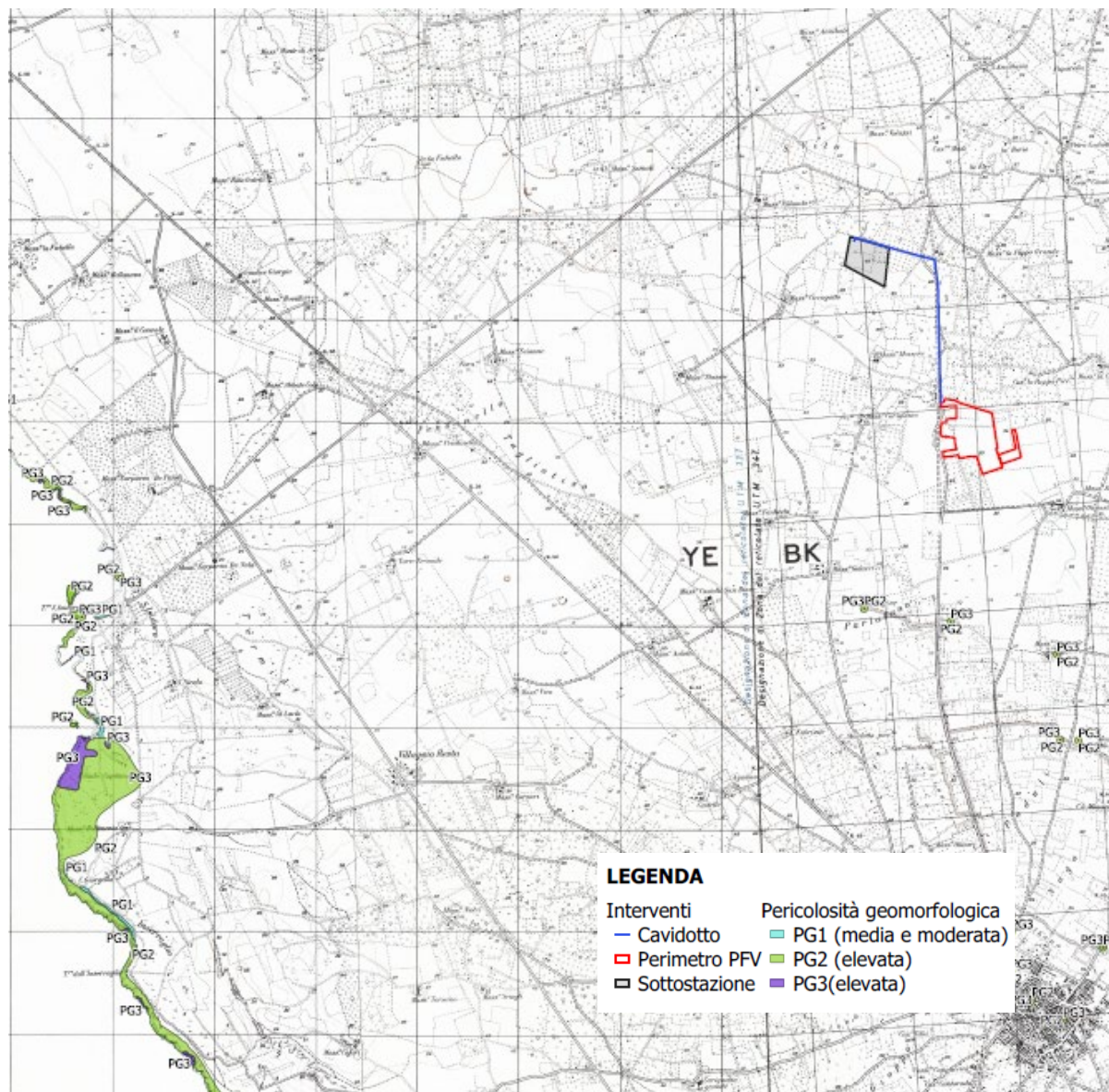
### 3.1 Analisi della vincolistica

Il progetto in esame è stato confrontato con il Piano stralcio per Difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI) redatto dall'Autorità di Bacino della Regione Puglia.

Il piano stralcio è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, le norme d'uso del suolo e gli interventi riguardanti l'assetto idrogeologico del territorio di competenza dell'Autorità di Bacino. Il Piano stralcio individua le aree a rischio idraulico e di frana del territorio in funzione delle caratteristiche di dissesto del territorio, le aree caratterizzate da diverso grado di suscettività al dissesto, rispetto alle quali si sono impostate le attività di programmazione contenute nel Piano.

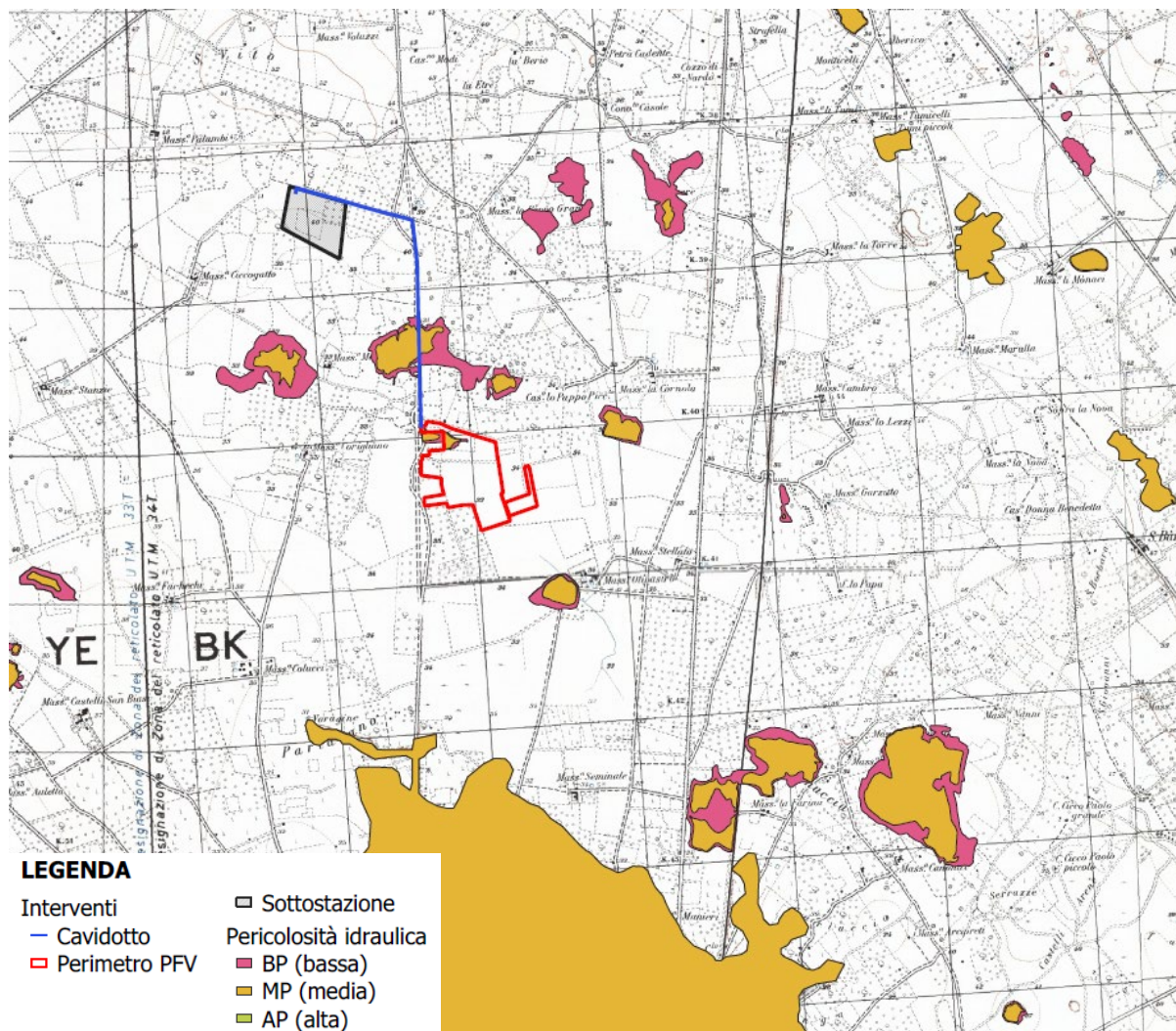
Dall'esame della cartografia si evince che l'area di impianto in progetto non è compresa in nessun areale a pericolosità geomorfologica dell'Autorità di Bacino, come si evince dalle Figure che seguono.

L'area in esame non ricade in areali di Pericolosità Geomorfologica PG1, PG2 e PG3, né in areali a Rischio di frana R1-R2-R3-R4, così come evidenziato nelle carte del rischio e pericolosità da frana dell'Autorità di distretto meridionale sede Puglia.



**Figura 10 : Stralcio Carta dei vincoli PAI – Rischio e Pericolosità geomorfologica**



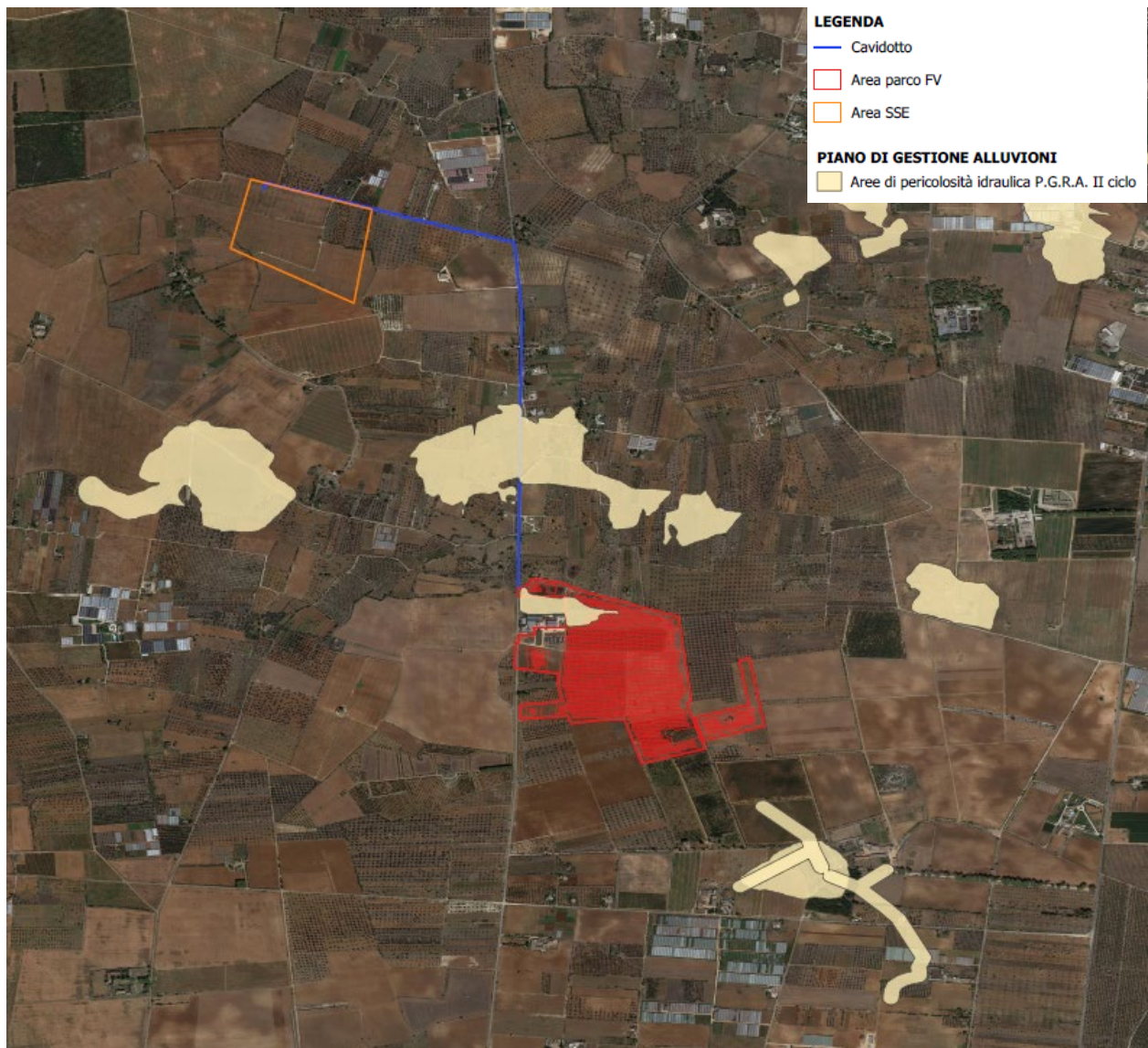


**Figura 11- Stralcio Carta dei vincoli PAI –Pericolosità idraulica**

Una piccola porzione del parco in esame ricade in areali a rischio Idraulico (BP) Bassa pericolosità e (MP) Media Pericolosità. Nelle aree a Media Pericolosità non ricadono le strutture; mentre alcune strutture ricadono in areali a Bassa Pericolosità. Le Norme tecniche di Attuazione del Piano stralcio dell'assetto Idrogeologico (PAI) all'art.9 recita: *comma 1 Nelle aree a bassa probabilità di inondazione sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, purché siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale.*

Gli attraversamenti del cavidotto avverranno in TOC così da non intaccare le aree a pericolosità media e bassa.


In vista della possibilità che le aree interessate dal progetto dell'impianto fotovoltaico in questione possano essere interessate da fenomeni di alluvionamento, si è provveduto all'analisi delle interferenze delle opere in progetto con aree a potenziale rischio alluvione (APFSR).



**Figura 12: Stralcio Carta delle aree di pericolosità idraulica P.G.R.A.**

Le opere in progetto, presentano interferenze nell'area parco e lungo il cavidotto con aree a potenziale rischio alluvione e, pertanto, è stata condotta l'analisi mediante modellazione idraulica



	<p>Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE)</p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b> <b>DICEMBRE 2022</b> <b>Pag. 18 di 73</b></p>
---	---	---

con software Hec-Ras. Questo al fine di perimetrare le aree di effettivo rischio come può evincersi dalle planimetrie allegate (mappe delle aree alluvionali).

È stata verificata la compatibilità del progetto con il Piano Paesaggistico Territoriale della Regione Puglia e in particolare si è confrontata l'area con le eventuali zone sottoposte a vincolo idrogeologico. Come emerge dalla sovrapposizione del parco Fotovoltaico nella figura seguente, l'area non ricade all'interno di tale vincolo. Solamente parte del tratto di cavidotto sarà realizzato su strada a valenza paesaggistica, ma come meglio si esporrà all'interno della Relazione Paesaggistica, l'intervento sarà completamente interrato, così da non intaccare l'ambiente dal punto do vista paesaggistico.

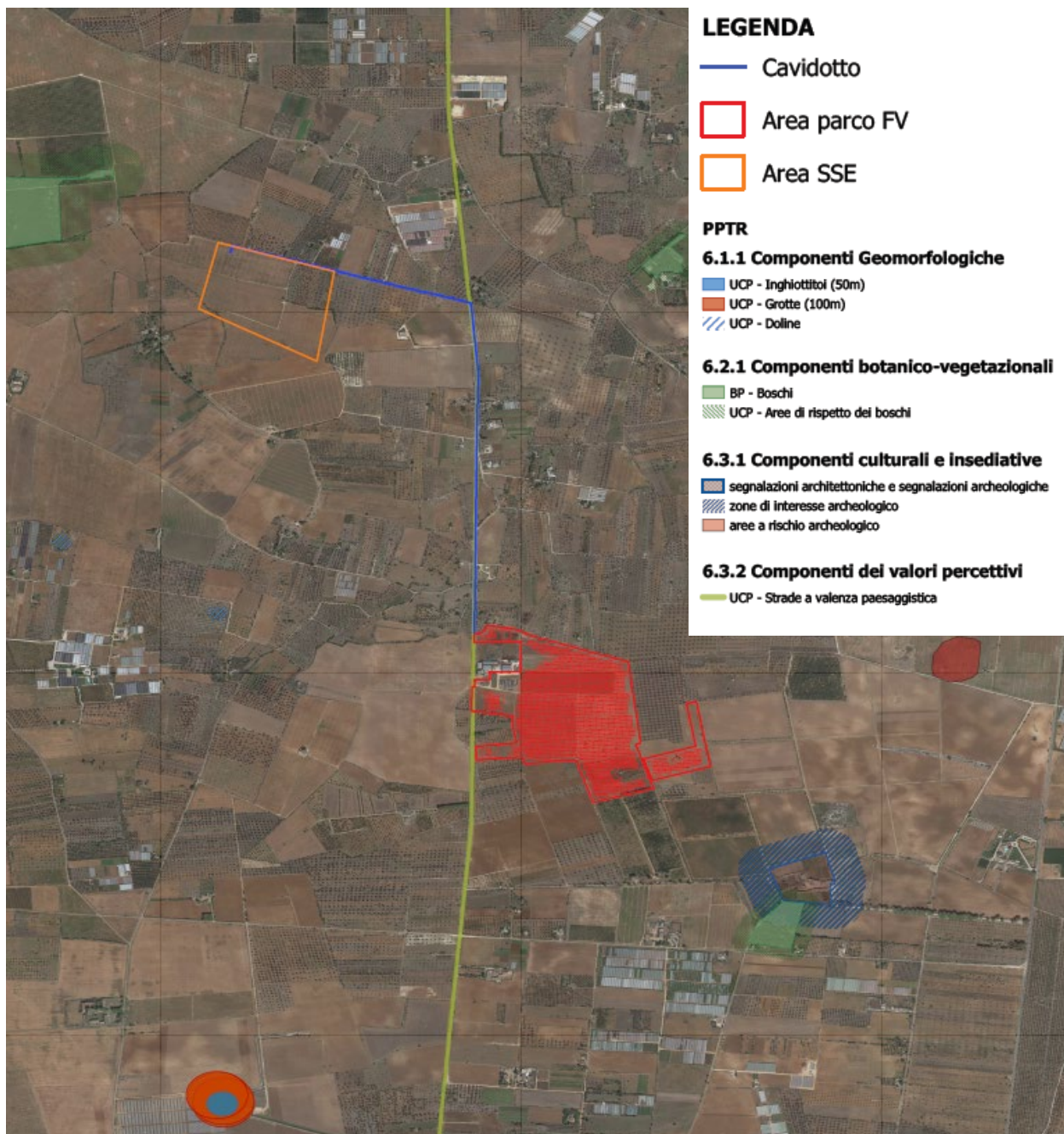



Figura 13 : Sovrapposizione del layout di impianto con il PPTR della Regione Puglia

	<p>Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE)</p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b>  <b>DICEMBRE 2022</b>  <b>Pag. 20 di 73</b></p>
---	---	---

#### 4 ANALISI STATO DI FATTO E PROGETTO

Il progetto prevede la realizzazione di un campo agrivoltaico della potenza complessiva di circa 19.578 MWp, la centrale di produzione agrivoltaica verrà realizzata su di un terreno, e sarà costituito da moduli fotovoltaici, suddivisi in stringhe, ciascuna delle quali formata da moduli fotovoltaici collegati in serie. I moduli fotovoltaici saranno installati su delle strutture, ancorate al terreno.

L'impianto nel suo complesso sarà suddiviso in due sezioni indipendenti; ogni sezione sarà costituita da inverter di campo, cabine di trasformazione BT/MT. L'area di intervento che interessa il posizionamento dei pannelli si estende complessivamente per circa 28 ettari ed è individuato catastalmente come segue.


##### Particelle Catastali Impianto Fotovoltaico:

Foglio 43, Particelle: 345 – 39 – 121 – 70 – 71 – 75

Foglio 55, Particelle: 46 – 334 – 579 – 578 – 330 – 707 – 708 – 359

L'impianto fotovoltaico verrà realizzato per lotti e prevede i seguenti elementi:

- Strutture di supporto dei moduli con altezza indicativa da terra di 2,1 m;
- 30120 moduli monocristallini di tipo Canadian Solar CS7N-650MS o similare da 650 Wp per una potenza complessiva di 19,578 MWp;
- N. 2 stazioni di trasformazione di elevazione BT/AT della potenza di 10000 kVA. Sarà a singolo secondario con tensione di 690V ed avrà una tensione al primario di 36kV;
- N. 4 inverter da 4700 kVA (potenza nominale a 40°C), realizzato su skid e idoneo al posizionamento esterno.;
- N. 1 Cabina di consegna nella parte Nord del campo fotovoltaico;
- Viabilità interna al parco per le operazioni di costruzione e manutenzione dell'impianto e per il passaggio dei cavidotti interrati in AT;
- Aree di stoccaggio materiali posizionate in diversi punti del parco, le cui caratteristiche (dimensioni, localizzazione, accessi, etc.) verranno decise in fase di progettazione esecutiva;

	<p>Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE)</p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b>  <b>DICEMBRE 2022</b>  <b>Pag. 21 di 73</b></p>
---	---	---

- Cavidotto interrato in AT (36kV) di collegamento tra le cabine di consegna e la stazione di rete. I cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità di 1,0÷1,2 m. Tutti i cavi verranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata. La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale di risulta e di riporto;
- Rete telematica di monitoraggio interna per il controllo dell'impianto mediante trasmissione dati via modem o tramite comune linea telefonica.

Il parco fotovoltaico, mediante un cavidotto interrato della lunghezza di circa 2,2 km uscente dalla cabina di impianto, sarà collegato in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN da inserire in entra-esce sulla linea RTN a 380 kV "Erchie 380 – Galatina 380". Il Gestore di Rete competente territorialmente è TERNA S.p.A..

Gran parte il cavidotto di collegamento tra il campo fotovoltaico e la stazione utente si sviluppa su strada, in particolare su strada provinciale (SP 115) e un breve tratto su strada adiacente al parco.

Si riporta di seguito il layout dell'impianto con l'indicazione su ortofoto del layout dei pannelli, della recinzione di delimitazione dell'area, la suddivisione del parco in due campi, l'identificazione in planimetria della viabilità interna e delle power station interne al campo.



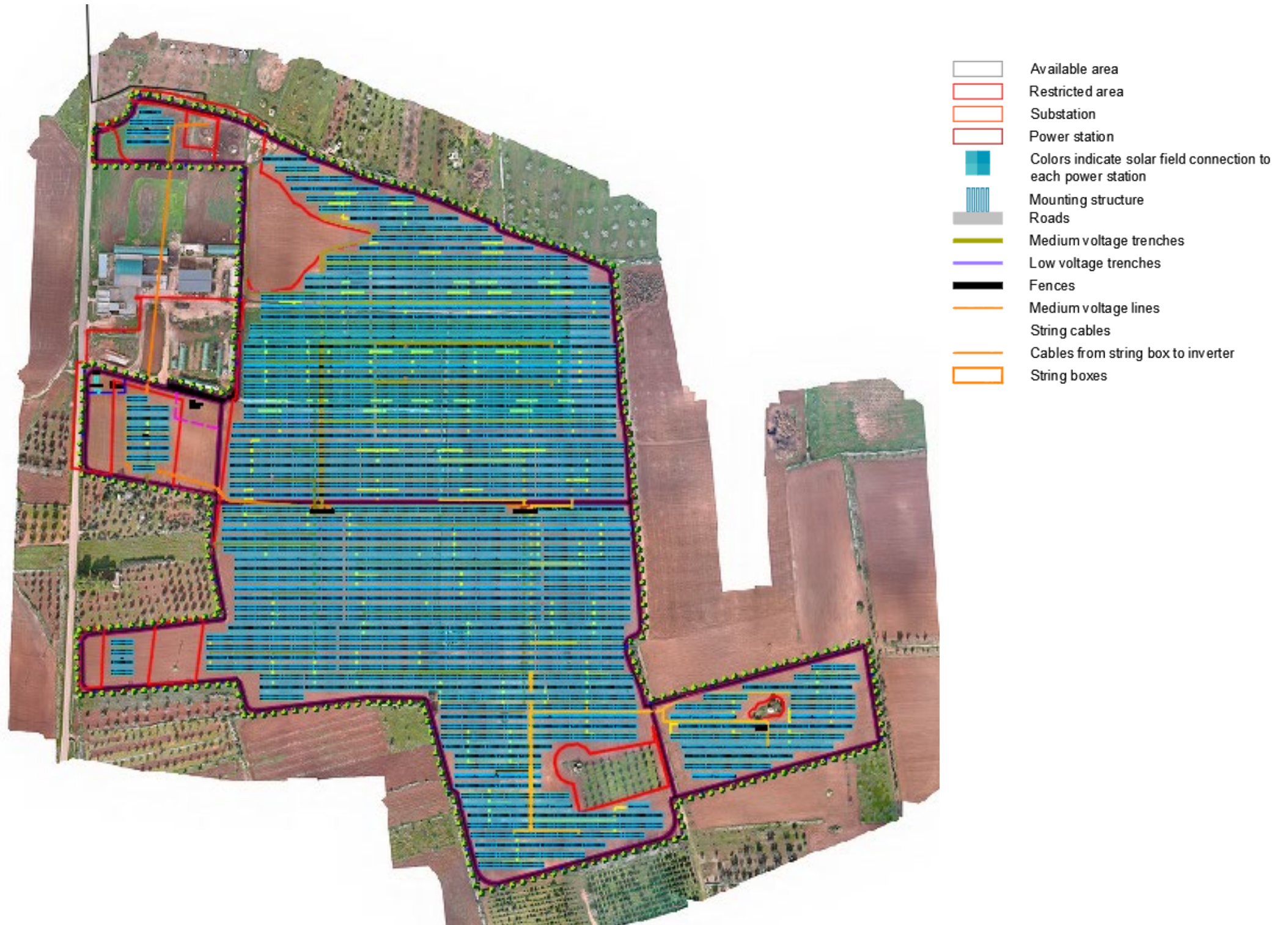


Figura 14 : Layout di impianto su ortofoto



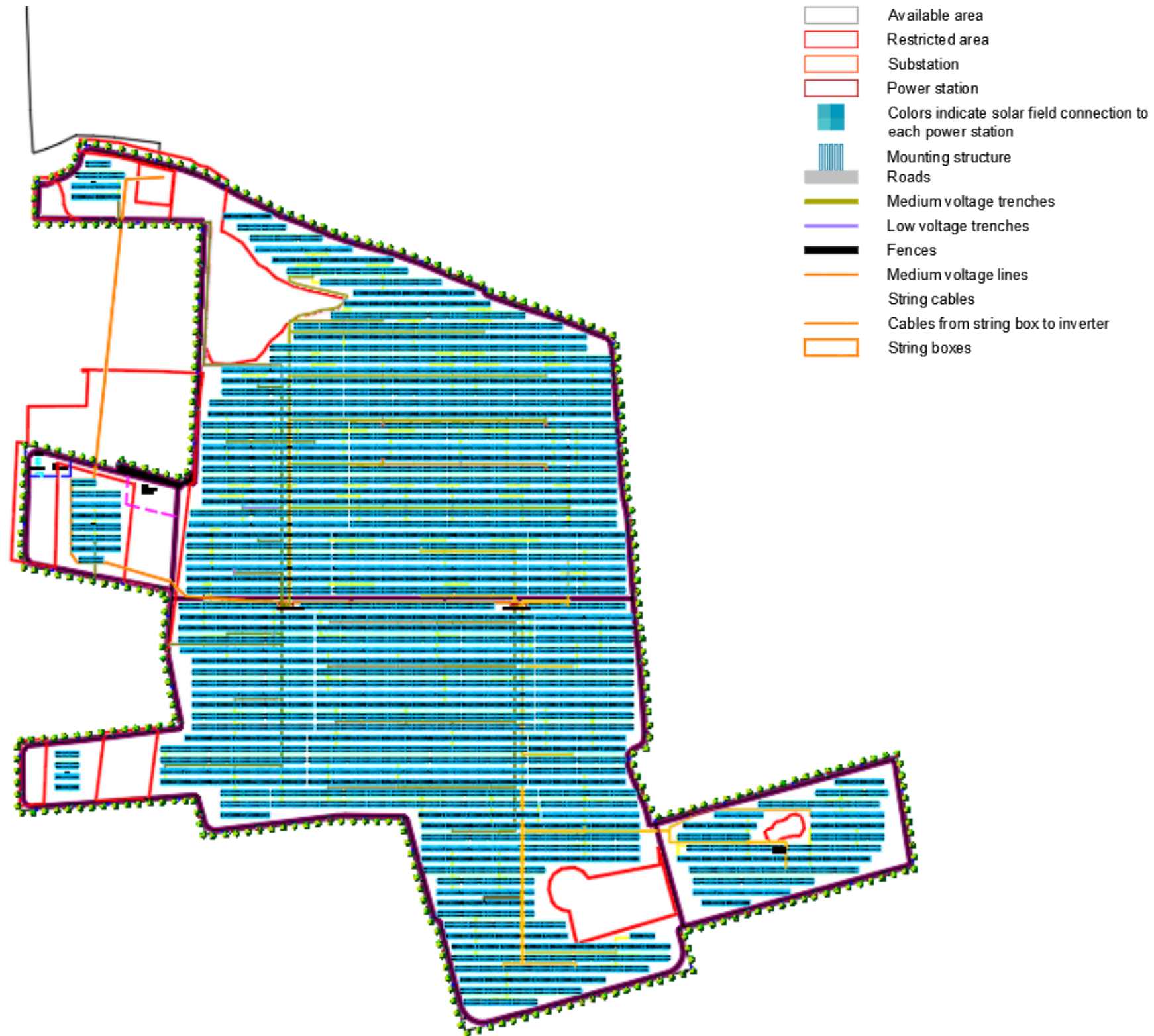
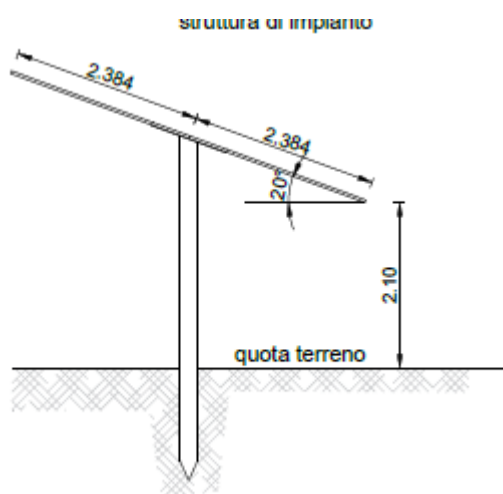


Figura 15 -Layout di impianto



**Figura 16 : Dettaglio della sezione della struttura.**


Di seguito parte della documentazione fotografica che rappresenta lo stato di fatto dei luoghi.









	<p>Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE)</p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b>  <b>DICEMBRE 2022</b>  Pag. 27 di 73</p>
---	---	--




L'area di interesse è posta a quota di circa 30 m s.l.m. su un territorio prevalentemente pianeggiante. La morfologia restituisce una configurazione della superficie topografica piatta e monotona priva di elementi morfologici significativi. L'idrografia superficiale è rappresentata da deboli solchi erosivi, testimonianza di temporanee linee potenziali di deflusso superficiale delle acque meteoriche.

All'interno dell'area parco è ubicato un pozzo per acqua con coordinate UTM 34 X=246949,565 Y= 4457574,309 della profondità di circa 40 m, con livello di falda statico a 34 mt;

Dal punto di vista idrogeologico si ha che la falda profonda soggiace circa 34 m il piano campagna e l'andamento delle isopieze mostra come in corrispondenza dell'area di interesse i carichi idraulici risultano dell'ordine compreso tra 1,8 m s.l.m.m. e 2.0 m s.l.m.m. con direzione di moto della falda da est verso ovest.



	<p>Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE)</p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b>  <b>DICEMBRE 2022</b>  <b>Pag. 28 di 73</b></p>
---	---	---



**Figura 17 - Ubicazione pozzo esistente**

## 5 ANALISI GEOMORFOLOGICA


La base per un'analisi idrologica di dettaglio è rappresentata dalla definizione delle principali caratteristiche morfologiche dei bacini idrografici di riferimento.

L'analisi geomorfologica, pertanto, precede la fase di analisi in quanto consente la delimitazione dei bacini idrografici sulla base di dati cartografici e topografici disponibili.

Mediante i software Qgis 3.18.3 e Grass 7.8.5 sono state condotte le analisi morfologiche e morfometriche dei bacini individuati in base alle sezioni di chiusura.

### 5.1 Digital Terrain Model

Per la definizione del modello digitale del terreno dei territori idrograficamente afferenti ai canali oggetto di studio sono stati utilizzati i dati ufficiali disponibili sul portale cartografico della Regione Puglia.

	Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE) <b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>DICEMBRE 2022</b> <b>Pag. 29 di 73</b>
---	--	--

Il modello digitale di elevazione (anche noto come DEM, dall'inglese Digital Elevation Model) utilizzato rappresenta la distribuzione delle quote del territorio in formato digitale. Il modello digitale di elevazione utilizzato è in formato raster associando a ciascun pixel l'attributo relativo alla quota assoluta.

## 5.2 Slope Model

Una volta disponibile il DEM, utilizzando la procedura di calcolo descritta nel seguito è stato possibile ottenere un modello distribuito delle pendenze sul quale sono stati applicati successivamente gli algoritmi che hanno consentito di ottenere le informazioni idrauliche del territorio.

Concettualmente la pendenza identifica la massima variazione nel valore di quota di una cella del grigliato rispetto alle celle circostanti.

Uno dei possibili risultati di questo calcolo può essere una matrice di valori che esprime la pendenza in percentuale oppure in gradi.

In pratica l'algoritmo utilizzato esegue una media quadratica della massima variazione di quota nelle quattro direzioni del piano parallele al grigliato considerando le otto celle che contornano la cella in questione.

## 5.3 Flow Accumulation

Dallo Slope Model con un opportuno algoritmo, gestito sempre in ambiente GIS, è stato possibile ricavare la griglia delle direzioni di flusso.

Questa griglia contiene in ogni cella il valore codificato della direzione di massima pendenza tra la cella stessa e le celle circostanti.

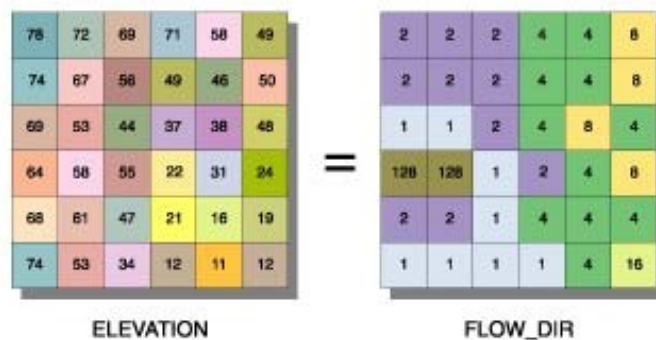
Al numero che compare in ogni cella della griglia è associato univocamente una direzione cartesiana secondo lo schema seguente:

1	Est	2	Sud-Est
4	Sud	8	Sud-Ovest

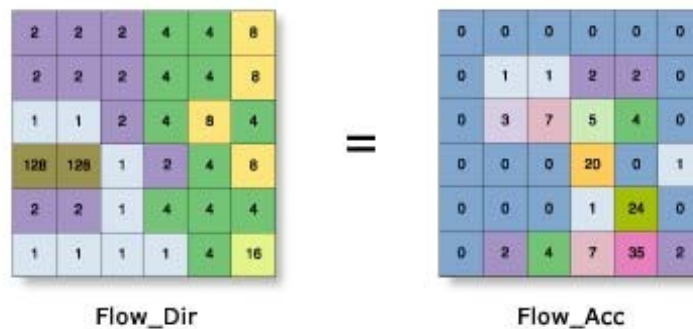
16	Ovest	32	Nord-Ovest
64	Nord	128	Nord-Est

Di seguito è riportato un esempio di una rappresentazione del passaggio dal DEM ad una griglia costituita dalle direzioni preferenziali dei flussi.

Definita la griglia delle direzioni di flusso un algoritmo gestito in ambiente GIS conta il numero di celle tributarie di ogni singola cella e ne attribuisce il valore alla corrispondente cella in una nuova griglia denominata di accumulo così rappresentata:



Definita la griglia delle direzioni di flusso un algoritmo gestito in ambiente GIS conta il numero di celle tributarie di ogni singola cella e ne attribuisce il valore alla corrispondente cella in una nuova griglia denominata di accumulo così rappresentata:



Grazie alla generazione della griglia di accumulo è possibile successivamente stabilire un numero minimo di celle tributarie e definire in questo modo la linea di compluvio naturale.

Queste tecniche, come si è anticipato, consentono la perimetrazione di un *bacino idrografico* oltre che la determinazione di tutti i parametri morfometrici di esso caratteristici.



#### 5.4 Perimetrazione dei bacini idrografici

Un Bacino Idrografico può essere considerato come una porzione di territorio capace di convogliare naturalmente e far defluire attraverso una sezione idraulica comunemente detta "sezione di chiusura" l'acqua precipitata sulla stessa.

La sezione di chiusura è rappresentata dal punto più depresso della linea di drenaggio naturale.

Grazie ai processi di analisi precedentemente esposti è stato possibile individuare i bacini idrografici gravanti l'area di studio, le cui caratteristiche morfometriche sono riportate nelle tabelle riportate nei paragrafi successivi. Un maggiore approfondimento sulle caratteristiche dei bacini idrografici, sui dati morfometrici e gli idrogrammi di piena si rimanda all'Appendice A che completa la presente relazione.

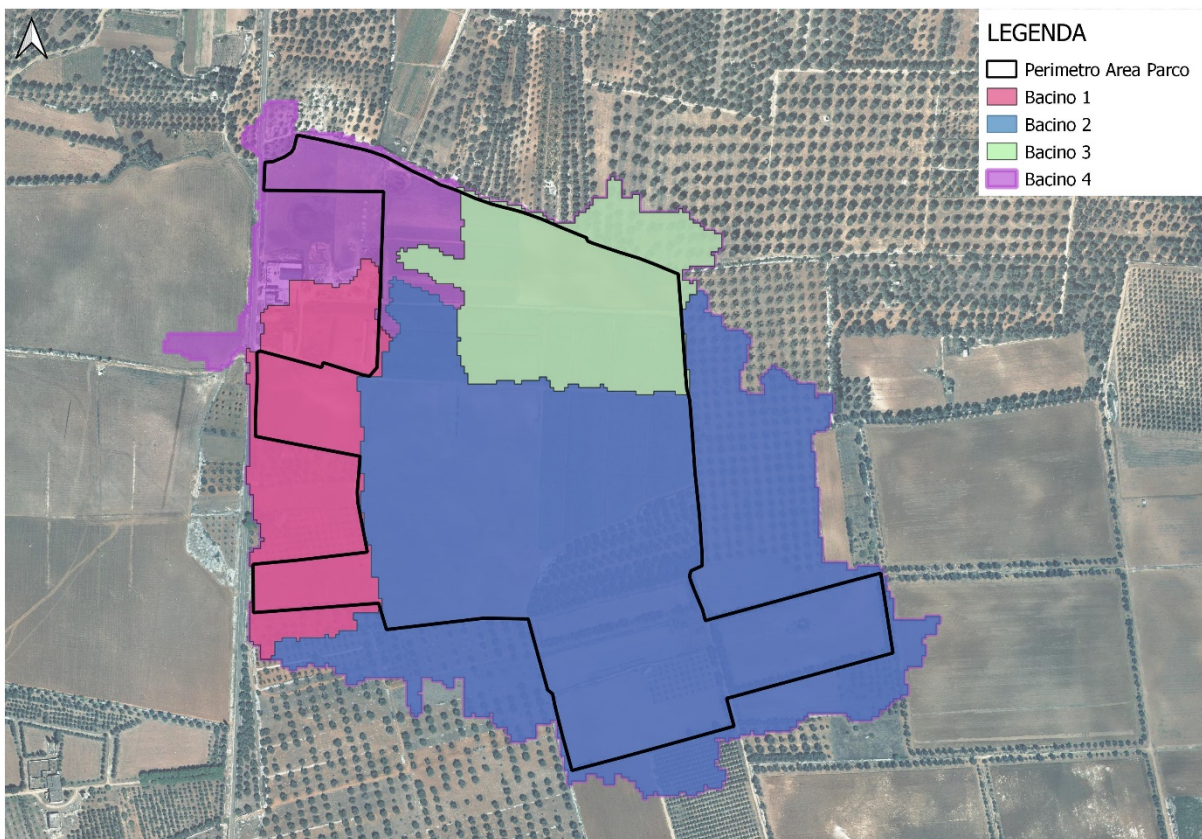



Figura 18 : Perimetrazione dei bacini idrografici



	Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE) <b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA:</b> <b>DICEMBRE 2022</b> <b>Pag. 32 di 73</b>
---	--	--

## 6 ANALISI IDROLOGICA

### 6.1 Curve di Possibilità Pluviometrica

Lo scopo dell'analisi idrologica è stata la valutazione delle portate di piena per prefissati tempi di ritorno (30, 200 e 500 anni).

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 centro-meridionale".

Il modello statistico utilizzato fa riferimento alla distribuzione TCEV (Rossi et al., 1984) con regionalizzazione di tipo gerarchico (Fiorentino et al., 1987).


Per l'individuazione delle regioni omogenee di primo e secondo livello si è fatto ricorso a generazioni sintetiche Montecarlo in grado di riprodurre la struttura correlativa delle serie osservate (Gabriele e Liritano, 1994).

L'utilizzo della TCEV ha consentito di ricostruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, mediante il quale è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria (primo livello di regionalizzazione), e sotto-regioni in cui risulta costante anche il coefficiente di variazione (secondo livello di regionalizzazione).

La curva di distribuzione di probabilità corrisponde alla curva di crescita, che ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della TCEV legati al coefficiente di asimmetria e al coefficiente di variazione.

Pertanto, fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata, all'interno della zona pluviometrica omogenea, previamente identificata, al secondo livello di regionalizzazione, è possibile esprimere la relazione tra il tempo di ritorno T ed il fattore di crescita  $K_T$ , ritenendo trascurabile la sua variabilità con la durata. Dove il fattore  $K_T$  è espresso mediante la formula:

$$K_T = \frac{P_{d,T}}{X_T}$$

	<p>Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE)</p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b>  <b>DICEMBRE 2022</b>  Pag. 33 di 73</p>
---	---	--

Con il terzo livello di regionalizzazione viene analizzata la variabilità spaziale del parametro di posizione delle serie storiche in relazione a fattori locali; in particolare si ricercano eventuali legami esistenti tra i valori medi dei massimi annuali delle piogge di diversa durata ed i parametri geografici significativi (ad esempio la quota sul livello del mare) delle diverse località, consentendo in definitiva di proporre la stima dei valori medi dei massimi annuali di precipitazione anche in siti sprovvisti di stazioni di misura o con serie storica di lunghezza ridotta.

Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica, per ogni sito è possibile legare il valore medio  $X_t$  dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata  $t$  alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$X_t = at^n$$

essendo "a" ed "n" i parametri caratteristici della curva di probabilità pluviometrica.

In definitiva il territorio di competenza della regione Puglia è stato suddiviso in 6 aree pluviometriche omogenee, per ognuna delle quali è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica sulla base delle seguenti equazioni:

Zona 1:	$X(t,z) = 28.66 t^{(0.000503z+0.720/3.178)}$
Zona 2:	$X(t, z) = 22.23 t^{0.247}$
Zona 3:	$X(t,z) = 25.325 t^{(0.696+0.000531z) / 3.178}$
Zona 4:	$X(t, z) = 24.70 t^{0.256}$
Zona 5:	$X(t,z) = 28.2 t^{(0.628+0.0002z) / 3.178}$
Zona 6:	$X(t,z) = 33.7 t^{(0.488+0.0022z) / 3.178}$

ove

**t** = durata della precipitazione;

**z** = altezza media del bacino considerato.



**Figura 19 : Aree pluviometriche omogenee VAPI Regione Puglia**

Noto il valore di  $X_t$  è possibile ricavare il valore della pioggia massima per prefissato tempo di ritorno a partire dalla conoscenza del fattore probabilistico di crescita  $K_T$ .

Per la valutazione del fattore di crescita si è utilizzata la seguente relazione:

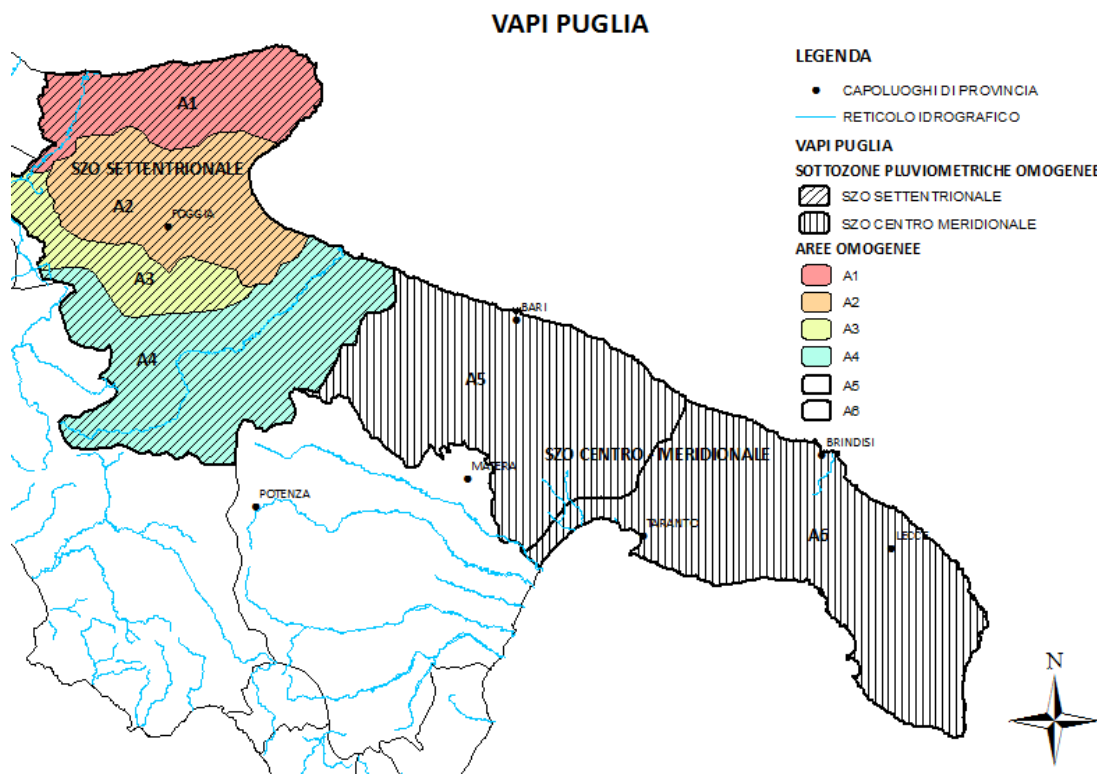
$$K_T = a + b \ln T$$

Dove  $a$  e  $b$  sono due parametri che variano in funzione della zona considerata e per la Puglia centro – meridionale (zone 5, 6), in riferimento ai parametri statistici, relativi alla legge del fattore di crescita, si fa riferimento alla seguente tabella

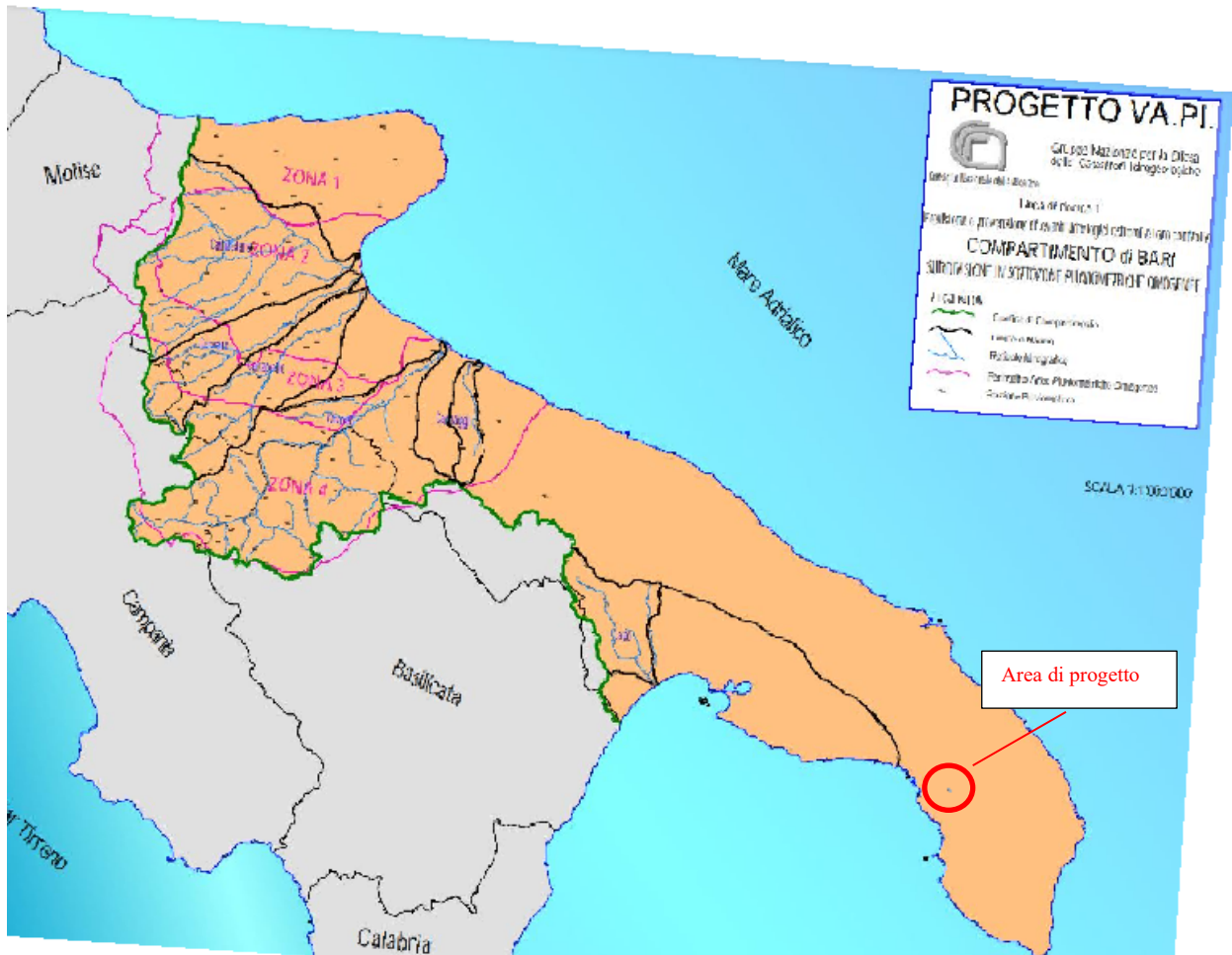
<b>Zona omogenea</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
Puglia centro - meridionale	0.1599	0.5166

**Tabella 1: parametri a e b per area pluviometrica omogenea**





**Figura 20 : Suddivisione in Sottozone omogenee pluviometriche della Puglia Settentrionale**




**Figura 21 : Zona VAPI in cui ricade l'impianto**

L'applicazione della metodologia VAPI all'area oggetto di studio, determinati tutti i parametri necessari, ha portato alla determinazione delle curve di probabilità pluviometrica.

Ai fini della determinazione delle Curve di Possibilità Climatica, attraverso lo studio statistico del DEM, si determinano la quota media sul livello del mare del bacino.

I valori assunti dal fattore di crescita calcolati per i tempi di ritorno 30, 200 e 500 anni e per entrambi i bacini sono riportati nella tabella sottostante.

<b>TEMPO DI RITORNO</b>	<b>KT</b>
30 anni	1.92
200 anni	2.90
500 anni	3.37

	<p>Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE)</p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b>  <b>DICEMBRE 2022</b>  <b>Pag. 37 di 73</b></p>
---	---	---

**Tabella 2: Valore del fattore di crescita KT**

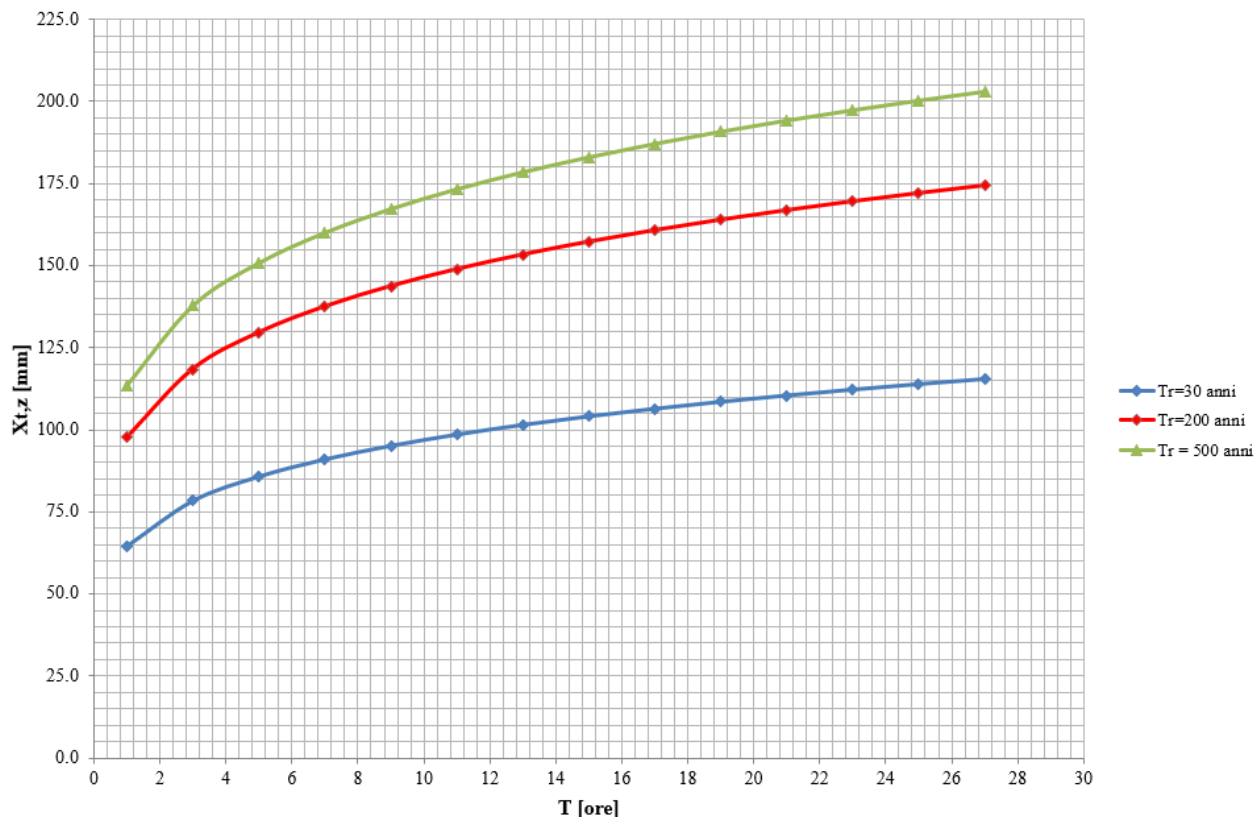
Si riportano nel seguito le rappresentazioni grafiche delle curve di possibilità pluviometrica e le loro equazioni in funzione del tempo di pioggia.

In particolare sono stati ricavati per il valore da attribuire all'altezza media dei bacini i seguenti dati:

- bacino 1:  $z_{media} = 32.63$  m s.l.m.
- bacino 2:  $z_{media} = 33.06$  m s.l.m.
- bacino 3:  $z_{media} = 32.49$  m s.l.m.
- bacino 4:  $z_{media} = 32.73$  m s.l.m.

Per un maggior dettaglio relativo ad ogni singolo bacino individuato si rimanda all'Appendice A alla presente relazione.






**Figura 22 : Curva di possibilità pluviometrica Bacino 1**

## 6.2 Massimizzazione delle portate di piena col metodo SCS

Per la determinazione degli eventi di piena si applicano modelli idrologici afflussi-deflussi basati sulle caratteristiche del bacino in forma globale.

Il metodo Numero di Curva (CN), sviluppato dal Soil Conservation Service (SCS) del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti<sup>1</sup>, viene considerato come uno dei più importanti modelli non deterministici utilizzabile per la stima dei deflussi superficiali tanto

<sup>1</sup> SOIL CONSERVATION SERVICE, (1972) *National Engineering Handbook*, section 4, Hydrology, U.S. Department of Agriculture, Washington D.C., U.S.A.

	<p>Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE)</p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b>  <b>DICEMBRE 2022</b>  Pag. 39 di 73</p>
---	---	--

da essere inserito in modelli di tipo distribuito di previsione dei deflussi (Borselli et.al,1989).

Il metodo del Numero di Curva permette di determinare il deflusso diretto o pioggia efficace ( $P_e$ ) cioè la frazione della pioggia totale ( $P$ ) che direttamente e in maniera preponderante contribuisce alla formazione dell'evento di piena.

Per il calcolo della pioggia efficace, il metodo SCS propone le seguenti equazioni:

$$P_e = \frac{P_n^2}{P_n + S} \qquad P_n = P - IA \qquad IA = k_{ia} \cdot S$$

dove:

$P$  = pioggia totale [mm]

$P_e$  = pioggia efficace o deflusso diretto [mm],

$P_n$  = la pioggia netta [mm],

$S$  = capacità idrica massima del suolo o volume specifico di saturazione [mm],

$IA$  = perdite iniziali [mm],

$k_{ia}$  = coefficiente di perdite iniziali.

Per la determinazione del volume di piena il metodo si fonda sull'ipotesi che sia sempre valida la seguente relazione:

$$\frac{V}{P_n} = \frac{W}{S}$$

In cui i termini sono espressi in millimetri e si è indicato con  $V$  il volume di deflusso e con  $W$  l'invaso del suolo, cioè il volume idrico effettivamente immagazzinato nel suolo.

Tenendo conto che le perdite iniziali possono essere correlate all'invaso massimo del suolo mediante la seguente relazione:

$$I_a = 0.2 S$$

e che la precipitazione netta  $P_n$  si ripartisce completamente tra il volume di deflusso superficiale e l'invaso del suolo:

$$P_n = V + W$$

sostituendo il valore di W ricavato da quest'ultima nella prima relazione, tenendo conto dell'espressione della pioggia netta e del valore delle perdite iniziali, si perviene alla seguente relazione:

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

L'applicazione di tale relazione presuppone, oltre alla conoscenza della precipitazione totale P, la stima del massimo invaso S del suolo che, teoricamente, può assumere tutti i valori positivi compresi tra zero (suolo perfettamente impermeabile) e infinito (nessuna formazione di deflusso).

La valutazione di S viene condotta mediante la seguente relazione:

$$S = 25.4 \left( \frac{100}{CN} - 10 \right)$$


in cui figura in parametro CN, denominato *Curve Number*, che assume valori compresi tra 100 e 0.

Per quanto riguarda l'influenza dello stato di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico, l'SCS individua tre classi, AMC I, AMC II e AMC III, caratterizzate da differenti condizioni iniziali (AMC=Antecedent Moisture Condition) a seconda del valore assunto dall'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'eventometeorico. L'attribuzione della classe AMC si basa sui criteri riportati nella tabella seguente.

Classe AMC	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	< 12.7 mm	<35.5 mm
II	12.7-28.0 mm	35.5-53.3 mm
III	>28.0 mm	>53.3 mm

**Tabella 3: Attribuzione della classe AMC**



	<p>Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE)</p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b>  <b>DICEMBRE 2022</b>  <b>Pag. 41 di 73</b></p>
---	---	---

I valori nella tabella precedente si riferiscono ad una condizione media di umidità del terreno all'inizio della precipitazione (classe II). Il CN così individuato può essere adattato a diverse condizioni di umidità attraverso le seguenti formule di conversione:

$$CN(I) = \frac{CN(II)}{2.3 - 0.013 CN(II)} \qquad CN(III) = \frac{CN(II)}{0.43 + 0.0057CN(II)}$$


Mentre nella tabella seguente viene riportata la classificazione in classi delle caratteristiche idrologiche dei suoli.

Tipo di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in superficie.

**Tabella 4: Classificazione dei tipi idrologici di suolo secondo il metodo SCS-CN**

Nell'ambito delle differenti classi di permeabilità così individuate, attraverso un calcolo ponderale basato sui dati acquisiti dalla carta dell'uso del suolo, si distinguono e si individuano le classi di CN per ogni sottobacino analizzato.

Nel caso in esame, ogni sottobacino scolante è stato analizzato suddividendo l'intera superficie, in base al tipo e all'uso del suolo, in zone omogenee caratterizzate dal medesimo valore del parametro stesso: si ottengono così varie sub-aree isoparametriche la cui somma fornisce la superficie complessiva del sottobacino. Per ogni sottobacino è stato ricavato poi un valore medio del parametro CN, ottenuto come "media pesata" dei valori singoli

	<p>Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE)</p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b>  <b>DICEMBRE 2022</b>  Pag. 42 di 73</p>
---	---	--

imposti sulle i-esime sub-aree:  $CN = p_1CN_1 + p_2CN_2 + \dots + p_nCN_n$  dove  $p_1, p_2, \dots, p_n$  sono le percentuali dell'area totale del bacino caratterizzate da un valore del parametro rispettivamente pari a  $CN_1, CN_2, \dots, CN_n$ . La determinazione del CN per il sito in oggetto è meglio descritta nell'Appendice A correlata alla seguente relazione.

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

$$FI = 3,0 + ,000636CN \text{ valida per } 20 \leq CN \leq 95$$

$$FIII = 3 ,4212 - ,11999\log CN$$

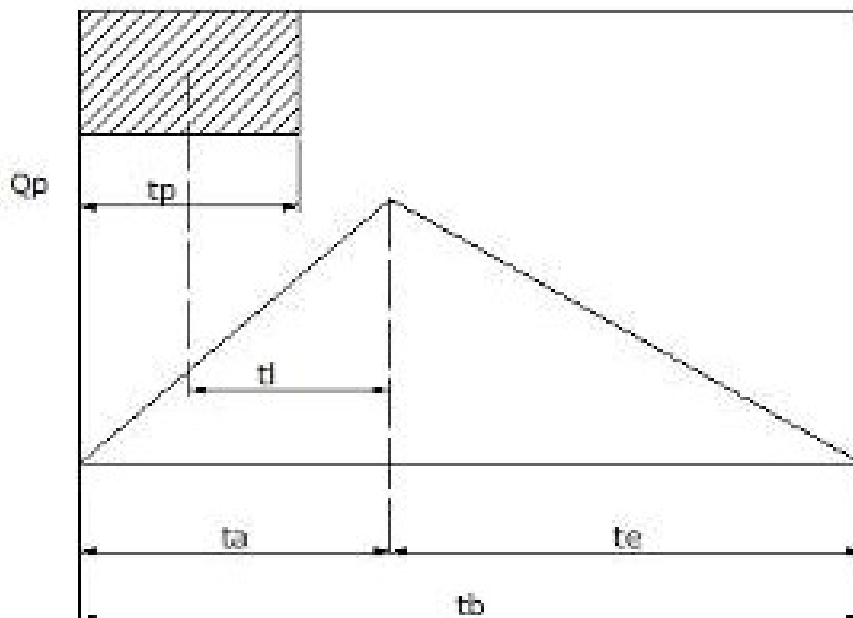
Valori del parametro CN (adimensionale)	← Tipo idrologico Suolo →			
	A	B	C	D
↓ Tipologia di Uso del Territorio				
Coltivazioni, in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
Coltivazioni, in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno da pascolo: cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
Boschi, in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
Boschi e foreste, in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti con manto erboso superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
Spazi aperti con manto erboso compreso tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
Spazi aperti con manto erboso inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
Zone industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Zone commerciali e industriali (area imperm. 85%)	89	92	94	95
Zone residenziali, lotti fino a 500 m <sup>2</sup> (area imperm. 65%)	77	85	90	92
Zone residenziali, lotti di 500+1000 m <sup>2</sup> (area imperm. 38%)	61	75	83	87
Zone residenziali, lotti di 1000+1500 m <sup>2</sup> (area imperm. 30%)	57	72	81	86
Zone residenziali, lotti di 1500+2000 m <sup>2</sup> (area imperm. 25%)	54	70	80	85
Zone residenziali, lotti di 2000+5000 m <sup>2</sup> (area imperm. 20%)	51	68	79	84
Zone residenziali, lotti di 5000+10000 m <sup>2</sup> (area imperm. 12%)	46	65	77	82
Parcheggi, tetti, autostrade, ....	98	98	98	98
Strade pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
Strade con letto in ghiaia	76	85	89	91
Strade battute in terra	72	82	87	89

Tabella 5: Valori di "Curve Number (CN)" in funzione delle diverse tipologie di uso del suolo: *Handbook of Hydrology D.R. Maidment, 1992*



L'individuazione, delle aree omogenee per destinazione d'uso e condizione idrica è stata svolta in ambiente GIS, intersecando gli shapefile di uso del suolo e permeabilità dell'area oggetto di studio.

La portata al colmo di piena corrisponde alla massima portata generata da una precipitazione di durata critica tale da mettere in crisi la rete idrografica e dipende fortemente dall'estensione del bacino. Questa circostanza è una logica conseguenza del fenomeno di trasferimento che impone che ogni particella liquida che cade in un punto del bacino deve seguire un suo percorso per giungere alla sezione di chiusura, impiegando, a parità di velocità di trasferimento, un tempo tanto maggiore quanto più lungo è il percorso da effettuare.



**Figura 23 : Idrogramma di Mockus**

Per il calcolo della portata al colmo con il metodo SCS, si è considerato un idrogramma approssimato di forma triangolare (Mockus), che ha una fase crescente di durata  $t_a$  ed una fase di esaurimento di durata  $t_e$ , il cui volume ha la seguente espressione:

$$\text{Vol} = \frac{Q_p}{2} (t_a + t_e) = \frac{Q_p t_b}{2}$$

Dove  $t_b$  è il tempo di durata dell'evento di piena ed è rappresentato dalla relazione seguente:

$$t_b = 2.67t_a$$

Il tempo  $t_a$ , relativo alla fase crescente dell'evento di piena, è legato al tempo  $t_p$  ed a  $t_L$  dalla

$$t_a = 0,5t_p + t_L$$

Mentre il tempo di ritardo, espresso in ore, nella formula di Mockus è definito dalla

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

in cui  $s$  è la pendenza del bacino espressa in %,  $L$  è la lunghezza dell'asta principale espressa in km e  $CN$  è il "curve number" medio del bacino.


Poiché la precipitazione critica per il bacino è quella avente una durata pari al tempo di corrivazione, la durata dell'evento meteorico di riferimento  $t_p$  viene imposta pari a  $t_c$  mentre il tempo di corrivazione è correlato al tempo di ritardo attraverso la seguente relazione:

$$\frac{t_L}{t_c} = 0,6$$

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva delle portate calcolate per ogni bacino perimetrato.

ID Bacino	$Q_{TR=30}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{TR=200}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{TR=500}$ (m <sup>3</sup> /s)
Bacino 1	0.09	0.4	0.6
Bacino 2	0.71	1.93	2.64
Bacino 3	0.35	0.97	1.34
Bacino 4	0.54	1.74	2.47

**Tabella 6: Portate dei bacini individuati**

	<p>Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE)</p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b>  <b>DICEMBRE 2022</b>  Pag. 46 di 73</p>
---	---	--

## 7 ANALISI IDRAULICA

L'analisi idraulica è stata realizzata considerando la situazione attuale di stato di fatto e si è utilizzato un modello di simulazione monodimensionale in moto permanente.

### 7.1 Simulazione idraulica

L'analisi è stata realizzata con un modello monodimensionale, con il software di simulazione idraulica HEC-RAS 6.1. Il software è stato sviluppato presso l'Hydrologic Engineering Center, dall'United States Army Corps of Engineers. Si sono costruiti i profili di corrente in moto permanente lungo il sistema idrografico di interesse, sono state considerate le portate con periodo di ritorno T di 30, 200, 500 anni calcolate come specificato nell'analisi idrologica.

Le sezioni trasversali, ove possibile, sono state estrapolate dal Modello Digitale del Terreno ottenuto dal rilievo con drone effettuato sull'area parco.

Lo schema geometrico del modello idraulico è riportato nelle figure seguenti.



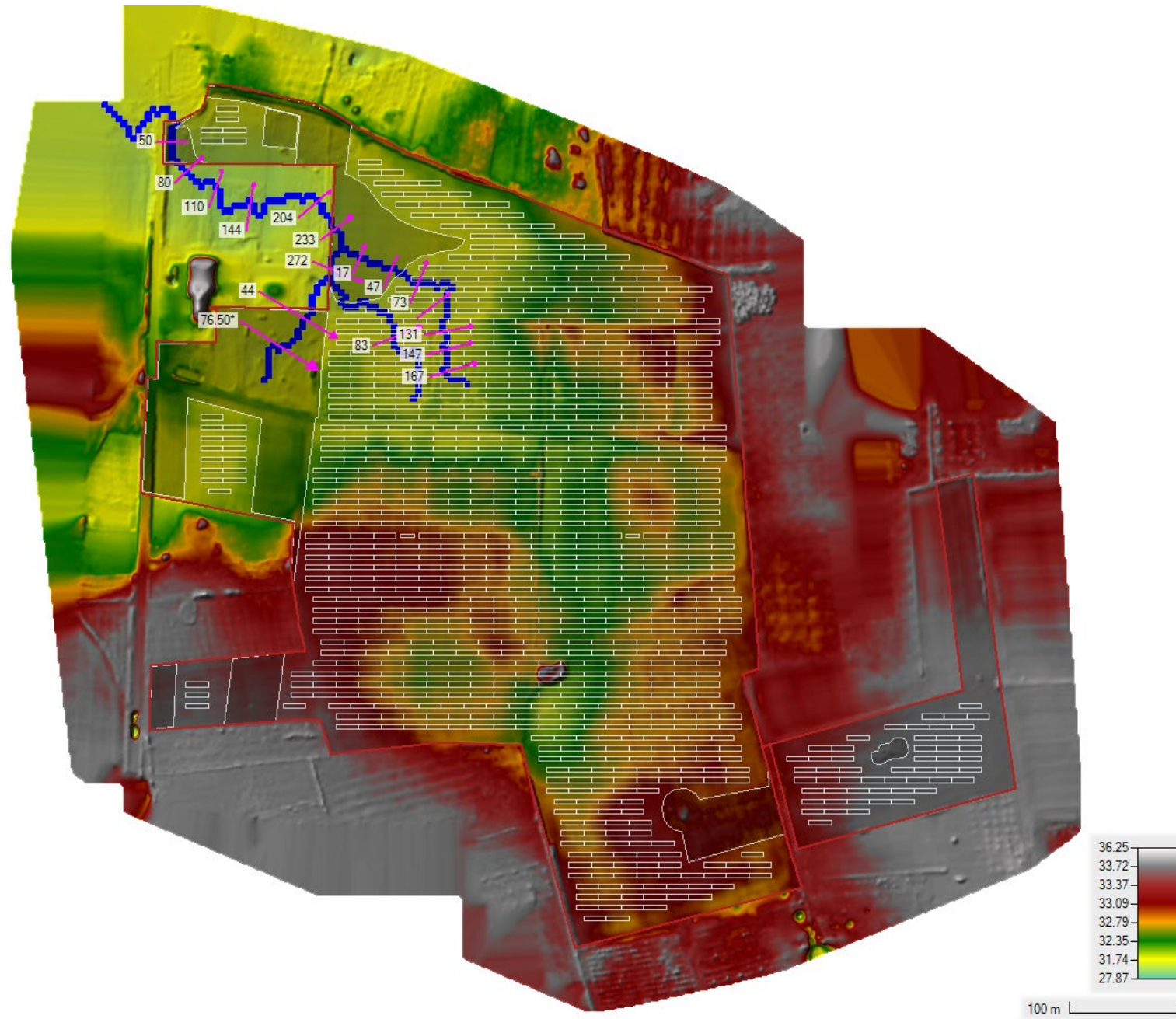


Figura 24 : Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D - terrain



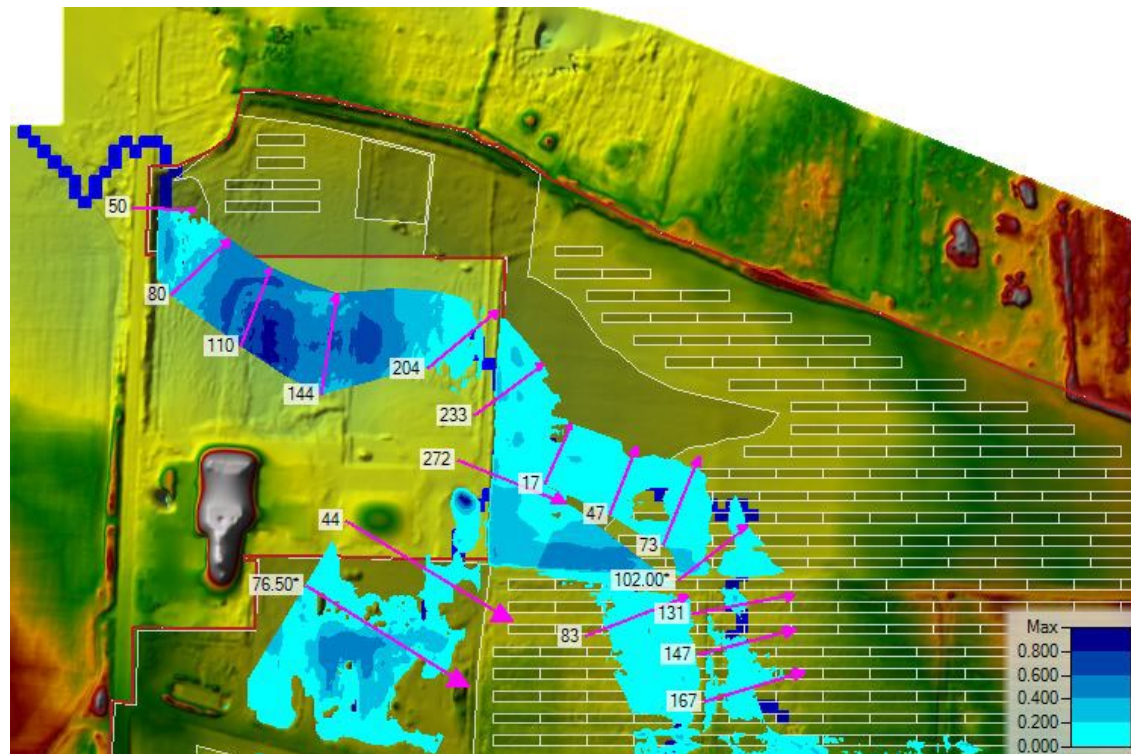


**Figura 25 : Mappa delle aree inondabili TR= 30 anni, TR=200 anni, TR= 500 anni**

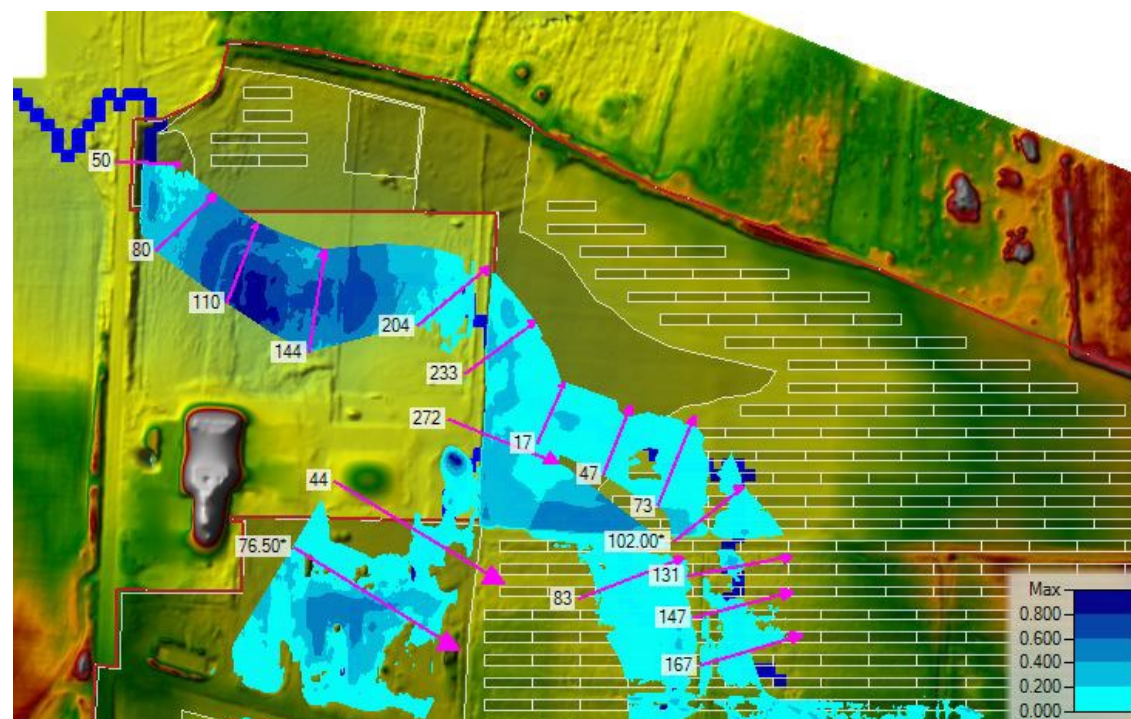




**Figura 26 : Area inondabile TR= 30 anni e valore dei tiranti idrici**




**Figura 27 : Area inondabile TR= 200 anni e valore dei tiranti idrici**



**Figura 28 : Area inondabile TR= 500 anni e valore dei tiranti idrici**



	<p>Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE)</p> <p style="text-align: center;"><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p style="text-align: right;"><b>DATA:</b> <b>DICEMBRE 2022</b> <b>Pag. 50 di 73</b></p>
---	---	--

## 8 REGIMENTAZIONI ACQUE SUPERFICIALI

Sulla base del modello geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area sono state progettate le opere di sistemazione idrogeologica in modo da migliorare la stabilità del complesso opera terreno.

Le opere previste in progetto e che verranno di seguito illustrate sono compatibili con l'attuale assetto geologico e geomorfologico dell'area e miglioreranno la stabilità del versante e delle strutture presenti.

Nell'ambito del presente paragrafo si approfondirà l'intervento finalizzato all'allontanamento delle acque superficiali attraverso dei drenaggi.

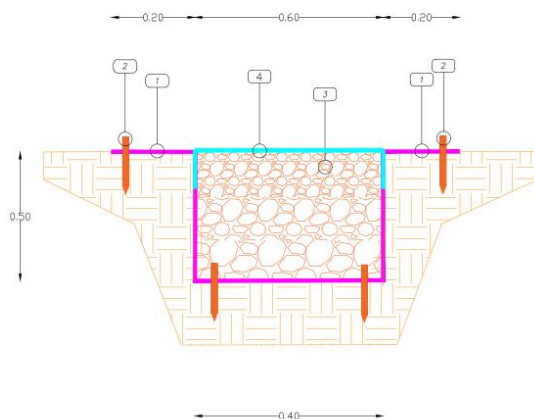
Il sistema drenante in progetto è costituito da linee di intercettazione parallele di lunghezza variabile, le quali corrono parallele lungo la direttrice E-W.

La funzione di queste è quella di convogliare il deflusso d'acqua tra i pannelli verso gli impluvi naturali esistenti e le cunette previste lungo la viabilità interna e perimetrale. Le pendenze delle canalette seguono la morfologia del versante.

Nell'ambito della regimentazione delle acque superficiali in fase di esecuzione verrà data particolare attenzione alla sistemazione dei ricettori finali.

Le canalette superficiali saranno del tipo riportato nella figura seguente, con base minore pari a 0.40, profondità 0.50 m e base maggiore pari a 0.60 m.

## PARTICOLARE CANALETTI SUPERFICIALI



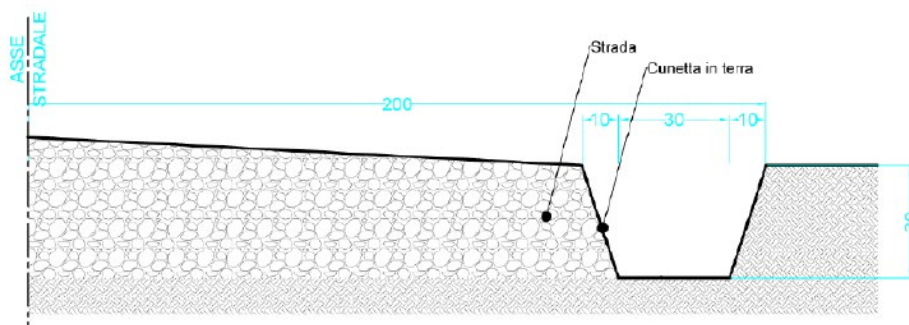
### LEGENDA

- 1 Geomembrana rinforzata, tipo HarpoCover 240
- 2 Picchetti in ferro Ø8 e lunghezza (min. 25 cm)
- 3 Materiale arido pezzatura da 15mm a 50 mm.
- 4 Tessuto non tessuto 150 g/m<sup>2</sup>  
Permeabilità verticale non inferiore a 100 l/m<sup>2</sup>/sec

**Figura 29 : Particolare canalette per il drenaggio superficiale**

Lo scavo verrà rivestito da membrana impermeabile e riempito da pietrame grossolano per consentire rapidamente il deflusso verso le sezioni di recapito. La Geomembrana impermeabile rinforzata, ha la funzione di barriera polimerica geosintetica per usi in costruzione di bacini e dighe, costruzione di canali, barriere ai fluidi nella costruzione di gallerie e strutture interrato associate, costruzione di siti di smaltimento per rifiuti liquidi, stazioni di trasferimento o contenimento secondario, costruzione di discariche e siti di stoccaggio di rifiuti solidi, barriere per infrastrutture di trasporto, dovrà essere costituita da un geotessile tessuto in polietilene ad alta densità (HDPE), rivestito con un triplo strato di polietilene a bassa densità (LDPE); la geomembrana dovrà essere di colore verde, per un migliore inserimento ambientale.

Il tessuto permeabile invece è costituito da polipropilene con permeabilità verticale non inferiore a 100 l/m<sup>2</sup>/sec. Il pietrame grossolano sarà eseguito con la posa di con ghiaia di fiume o pietrisco di cava lavati, di pezzatura mista da mm 15 a mm 40/50. Le caratteristiche granulometriche dei materiali forniti e posti in opera devono essere opportunamente certificati con relativa analisi granulometrica.



**Figura 30 : Cunetta in terra**

Gli interventi da realizzarsi nell'area in esame sono stati sviluppati secondo due differenti linee di obiettivi:


- mantenimento delle condizioni di "equilibrio idrogeologico" preesistenti alla realizzazione del parco fotovoltaico;
- regimazione e controllo delle acque che defluiscono lungo la viabilità del parco fotovoltaico, attraverso la realizzazione di una adeguata rete di canalette superficiali;

Il tracciato delle opere di regimazione è definito a partire dal layout dell'impianto, individuando le vie preferenziali di deflusso, le caratteristiche plano-altimetriche delle aree. Le acque defluenti dall'area di impianto verranno raccolte ed allontanate dalle opere idrauliche descritte in progetto.

## 9 CONCLUSIONI

Nello studio su esposto e nell'elaborato allegato Appendice B si è proceduto alla verifica di dettaglio dello stato di fatto valutando per le aste fluviali le aree di pericolosità.

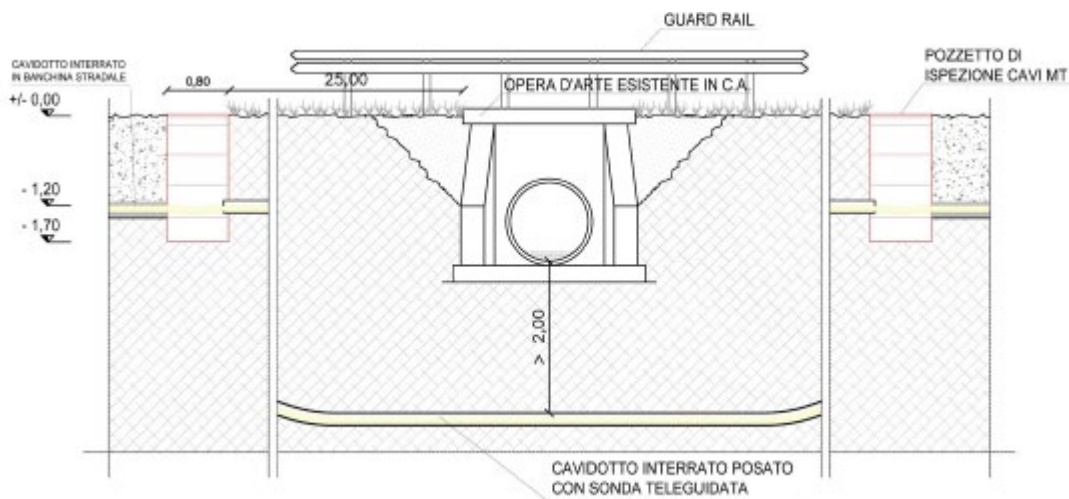
Per quanto riguarda il cavidotto e l'area parco, opere previste in progetto ed interferenti con il reticolo idrico, si conclude, alla luce dei risultati delle simulazioni idrauliche, restituite graficamente nell'Appendice B, che:

	<p>Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE)</p> <p align="center"><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p align="right"><b>DATA:</b> DICEMBRE 2022 Pag. 53 di 73</p>
---	--	---

- L'area del parco fotovoltaico si sviluppa nelle aree limitrofe a zone mappate a potenziale rischio alluvione e, pertanto, è stata condotta l'analisi mediante modellazione idraulica con software Hec-Ras, condotta a mezzo software per i periodi di ritorno considerati di 30, 200 e 500 anni.
- Il parco agrivoltaico non ricade in area posta a vincolo idrogeologico ma a vantaggio di sicurezza, è stata condotta l'analisi morfologica e idrologica superficiale con software GRASS 7.8.5 (Geographic Resources Analysis Support System).
- L'area del parco in cui è prevista la collocazione dei pannelli, non interferisce con aree a rischio alluvione, ma spingendo comunque l'analisi idrologica e idraulica all'interno di tutto il parco, si ha che anche per gli eventi oggetto di verifica vi sono delle zone inondate che interessano l'area destinata al posizionamento dei pannelli. In questo caso i livelli idrici raggiunti sono minimi e dell'ordine, in media, dei 0.30 m con dei picchi massimi di 0.80 cm in zone in cui non vi è ubicazione dei pannelli e per questo non rappresentano un rischio per l'opera in progetto. Infatti, le strutture dei pannelli sono rialzate da suolo e sono posizionate su strutture che non costituiscono ostacolo al deflusso idrico, non recando cambiamenti al normale deflusso delle acque.
- La conduzione ad uso agricolo dei terreni dell'area di studio, lascia inalterata l'attuale permeabilità del suolo e inoltre, data la natura pinneggiante dell'ara, il progetto non prevede il rimodellamento della morfologia del terreno che non produrrà un'alterazione del normale deflusso delle acque meteoriche.
- Per quanto riguardo il cavidotto saranno adottate tutte le cautele nello scavo e nel ripristino con la chiusura dello scavo, durante la fase di realizzazione, immediata dopo la posa del cavo.

Nel tratto di interferenza con gli attraversamenti la soluzione progettuale prevede la risoluzione dell'interferenza a mezzo TOC (Trivellazione Orizzontale Controllata), pertanto anche nelle condizioni peggiori, collegate a tempi di ritorno pari a duecento anni, gli effetti a cui sono soggetti i corsi d'acqua, che interferiscono con il cavidotto, non avranno ripercussioni sugli elementi di progetto interferenti.






**Figura 31 : Sezione cavidotto interrato eseguito mediante TOC**

## APPENDICE A

BACINO 1																
PARAMETRI MORFOMETRICI																
VERSANTE															ASTA PRINCIPALE	
Superficie		quote				pendenze				SCS				$\phi$	lunghezza	pendenza media
		min	max	range	media	min	max	range	media	CN <sub>II</sub>	CN <sub>III</sub>	S <sub>II</sub>	S <sub>III</sub>			
mq	kmq	m.s.l.m.	m.s.l.m.	m.s.l.m.	m.s.l.m.	%	%	%	%						km	m/m
58290.02	0.06	30.10	35.91	5.80	32.63	0.04	53.56	53.52	3.46	62.00	79.14	155.68	66.94	0.01	0.343	1.69%

	a	n	t <sub>i</sub> [ore]	t <sub>p</sub> =t <sub>c</sub> [ore]	t <sub>a</sub> [ore]	h(t <sub>c</sub> )	V[mm]	Q <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]
T30	64.60	0.176	0.19	0.32	0.35	52.90	2.67	0.09
T200	97.63	0.176				79.94	11.65	0.40
T500	113.58	0.176				93.00	17.59	0.60

	<p>Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE)</p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b> <b>DICEMBRE 2022</b> <b>Pag. 57 di 73</b></p>
---	---	---




---

EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza  
[info@egmproject.it](mailto:info@egmproject.it) - [egmproject@pec.it](mailto:egmproject@pec.it)





	<p>Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE)</p> <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b></p>	<p><b>DATA:</b> <b>DICEMBRE 2022</b> <b>Pag. 58 di 73</b></p>
---	---	---



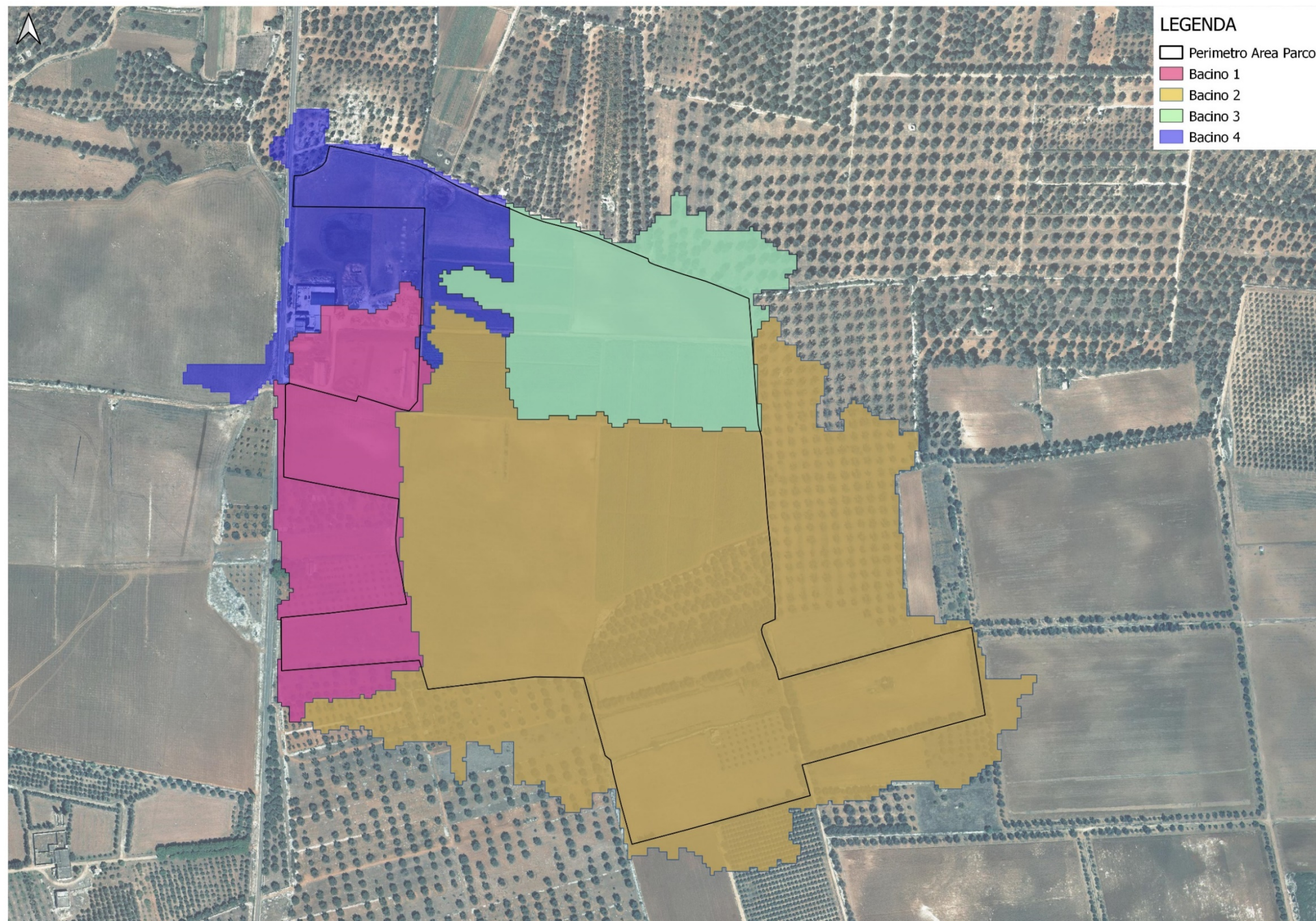
EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza  
[info@egmproject.it](mailto:info@egmproject.it) - [egmproject@pec.it](mailto:egmproject@pec.it)



BACINO 4																
PARAMETRI MORFOMETRICI																
VERSANTE															ASTA PRINCIPALE	
Superficie		quote				pendenze				SCS				$\phi$	lunghezza	pendenza media
		min	max	range	media	min	max	range	media	CN <sub>II</sub>	CN <sub>III</sub>	S <sub>II</sub>	S <sub>III</sub>			
mq	kmq	m.s.l.m.	m.s.l.m.	m.s.l.m.	m.s.l.m.	%	%	%	%						km	m/m
428199.86	0.43	27.94	36.21	8.27	32.73	0.00	57.25	57.25	2.94	62.98	79.83	149.29	64.19	0.04	1.278	0.65%

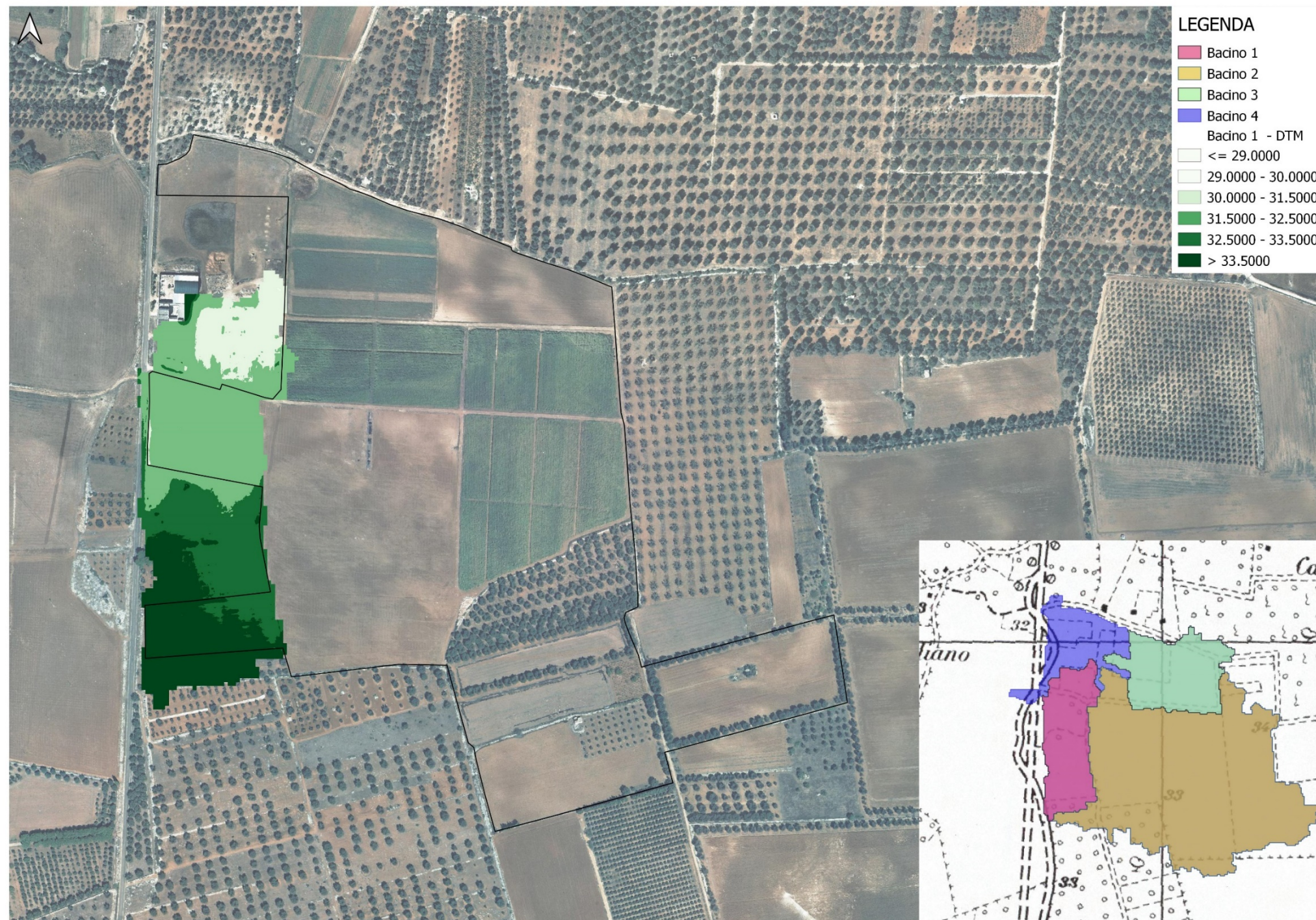
	a	n	t <sub>i</sub> [ore]	t <sub>p</sub> =t <sub>c</sub> [ore]	t <sub>a</sub> [ore]	h(t <sub>c</sub> )	V [mm]	Q <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]
T30	64.60	0.176	0.59	0.98	1.07	64.34	6.47	0.54
T200	97.63	0.176				97.23	20.95	1.74
T500	113.58	0.176				113.12	29.81	2.47





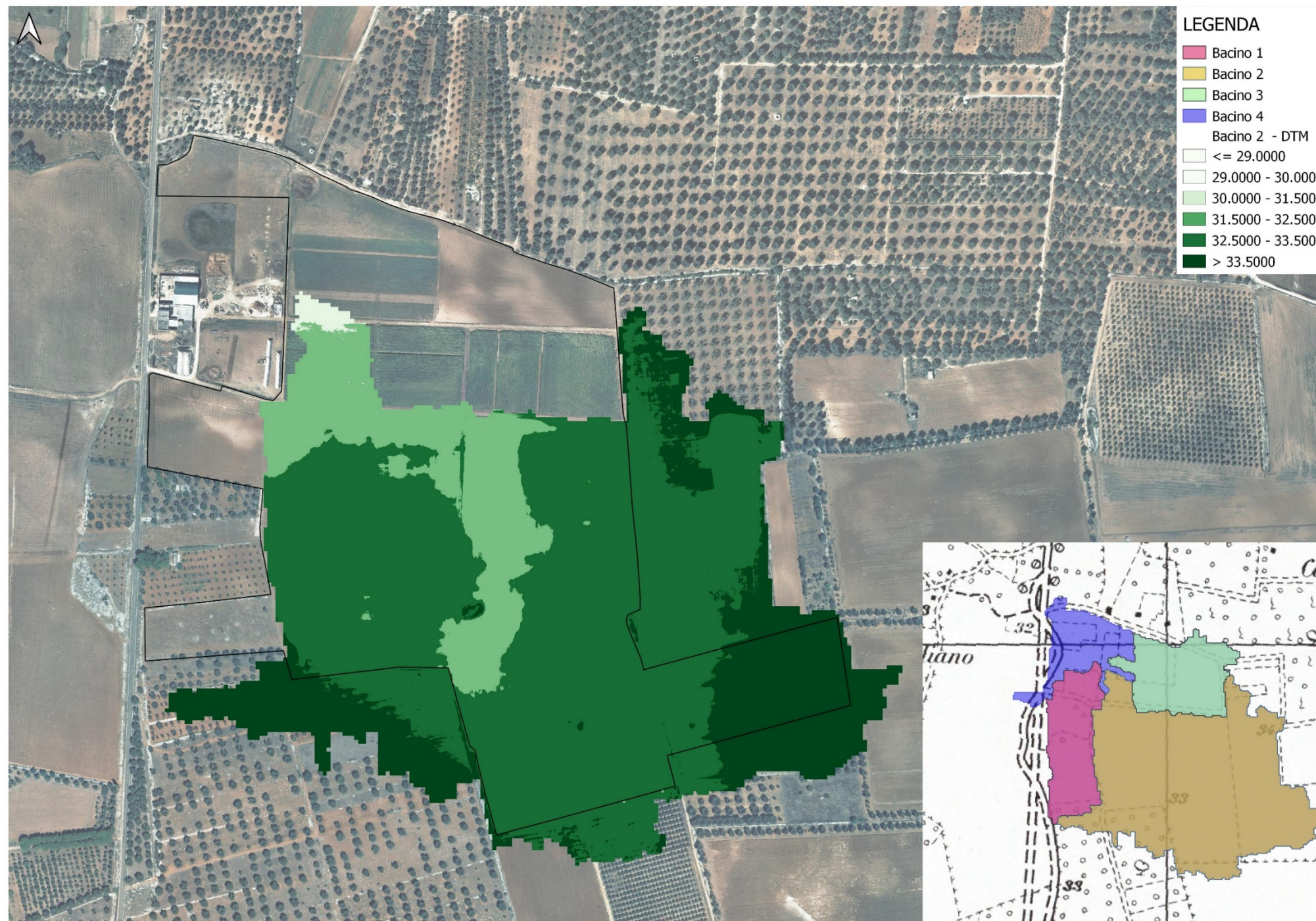
Perimetrazione bacini idrografici





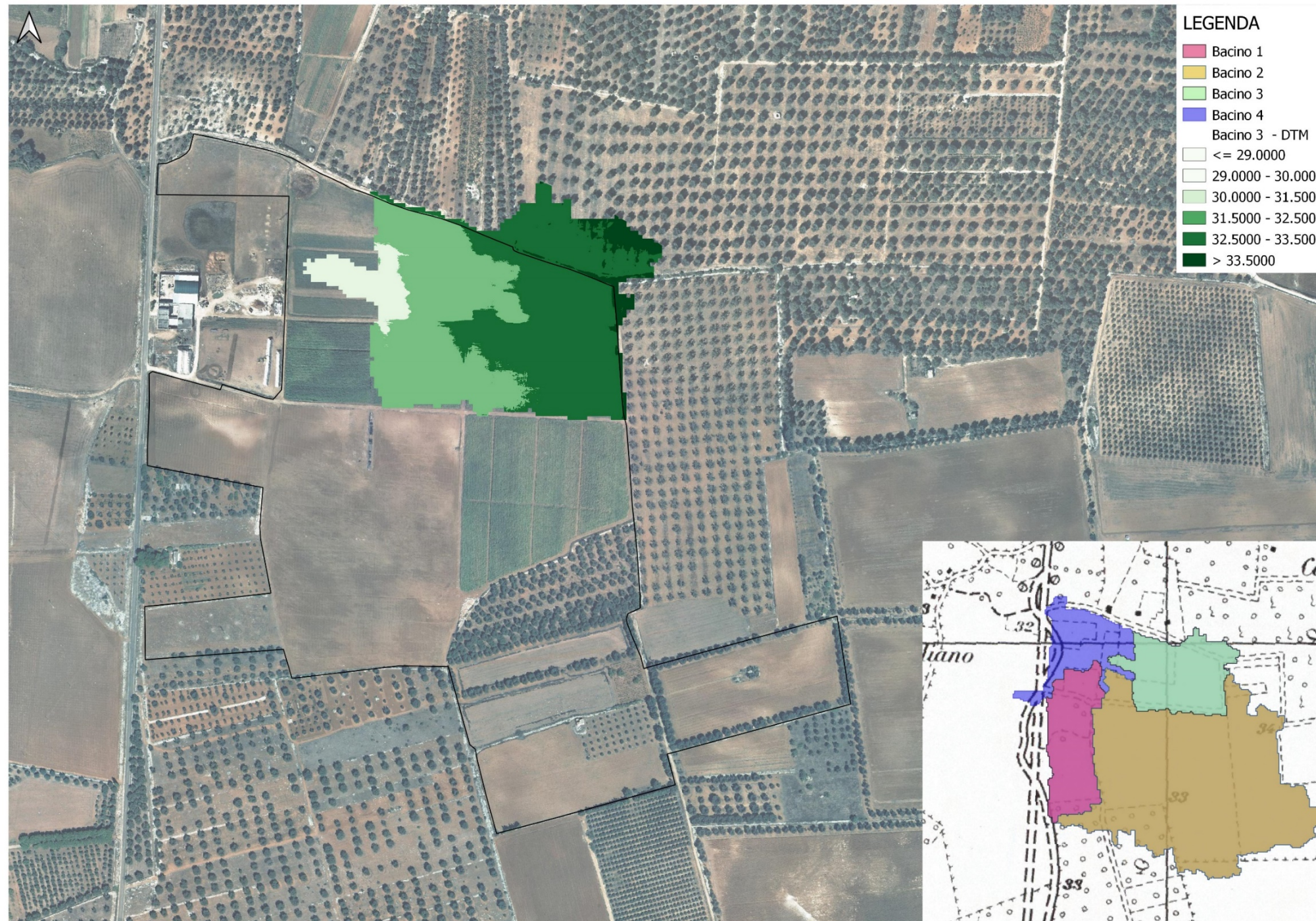
Bacino 1 – DTM





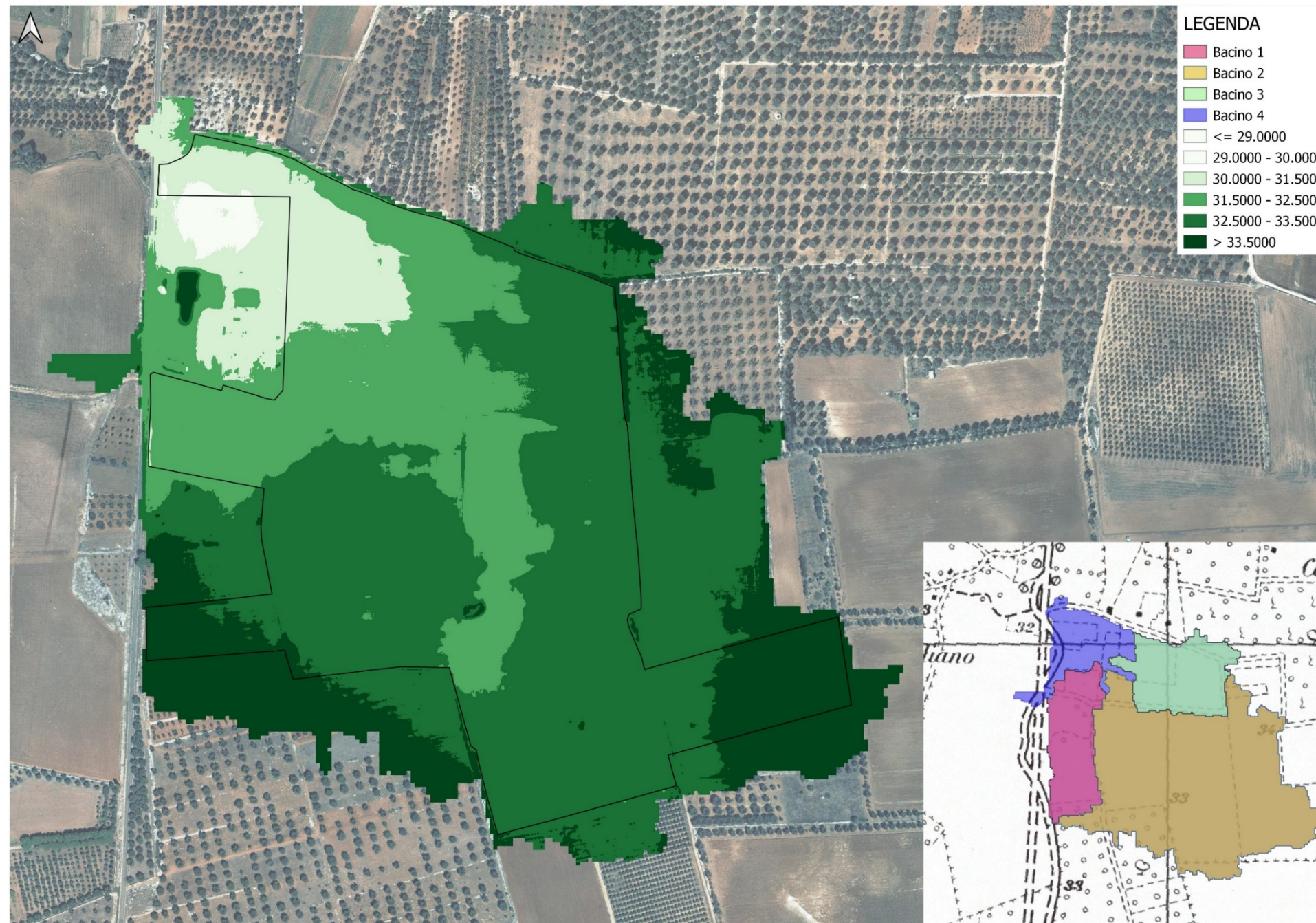
**Bacino 2 – DTM**





**Bacino 3 – DTM**





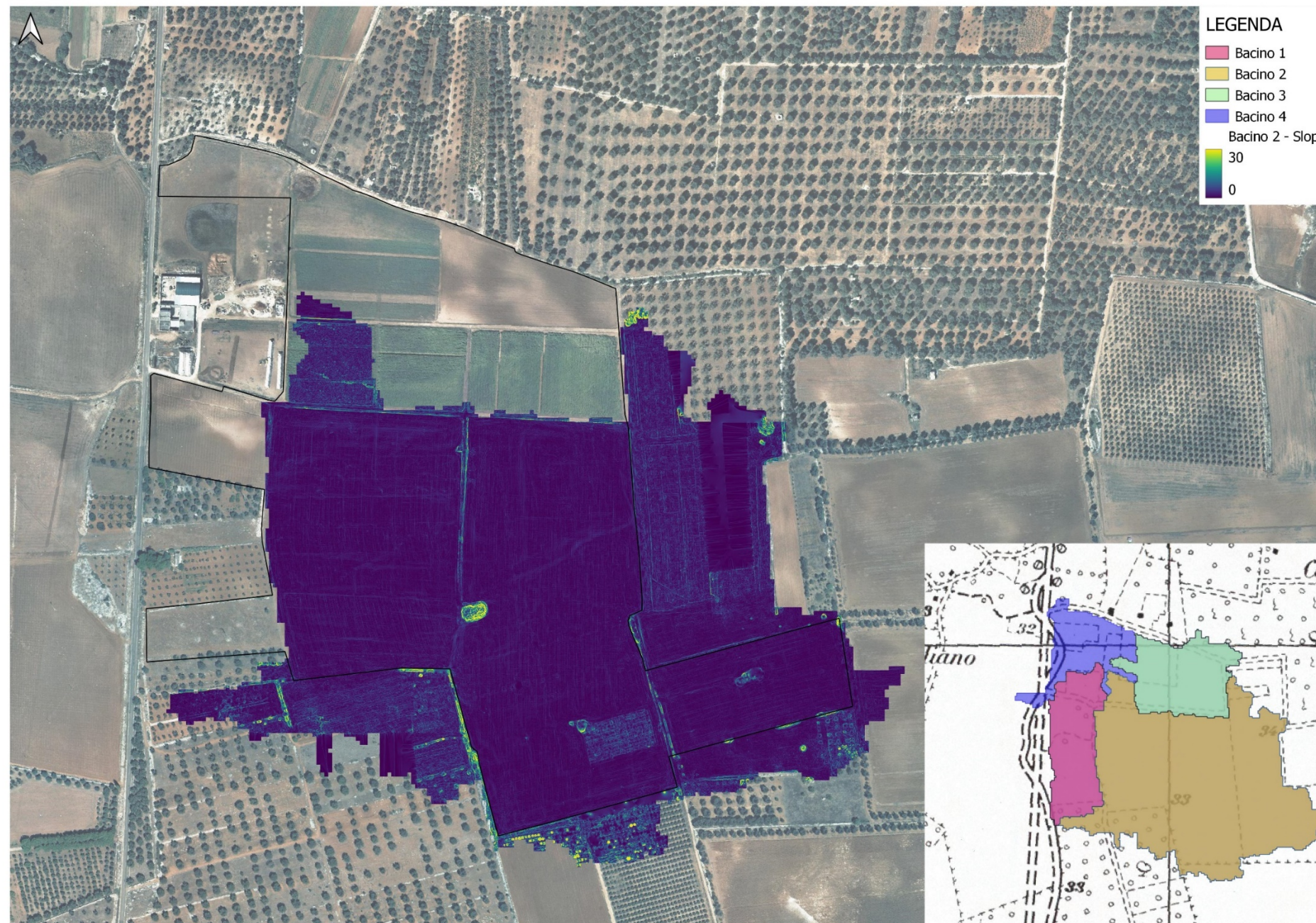
Bacino 4- DTM





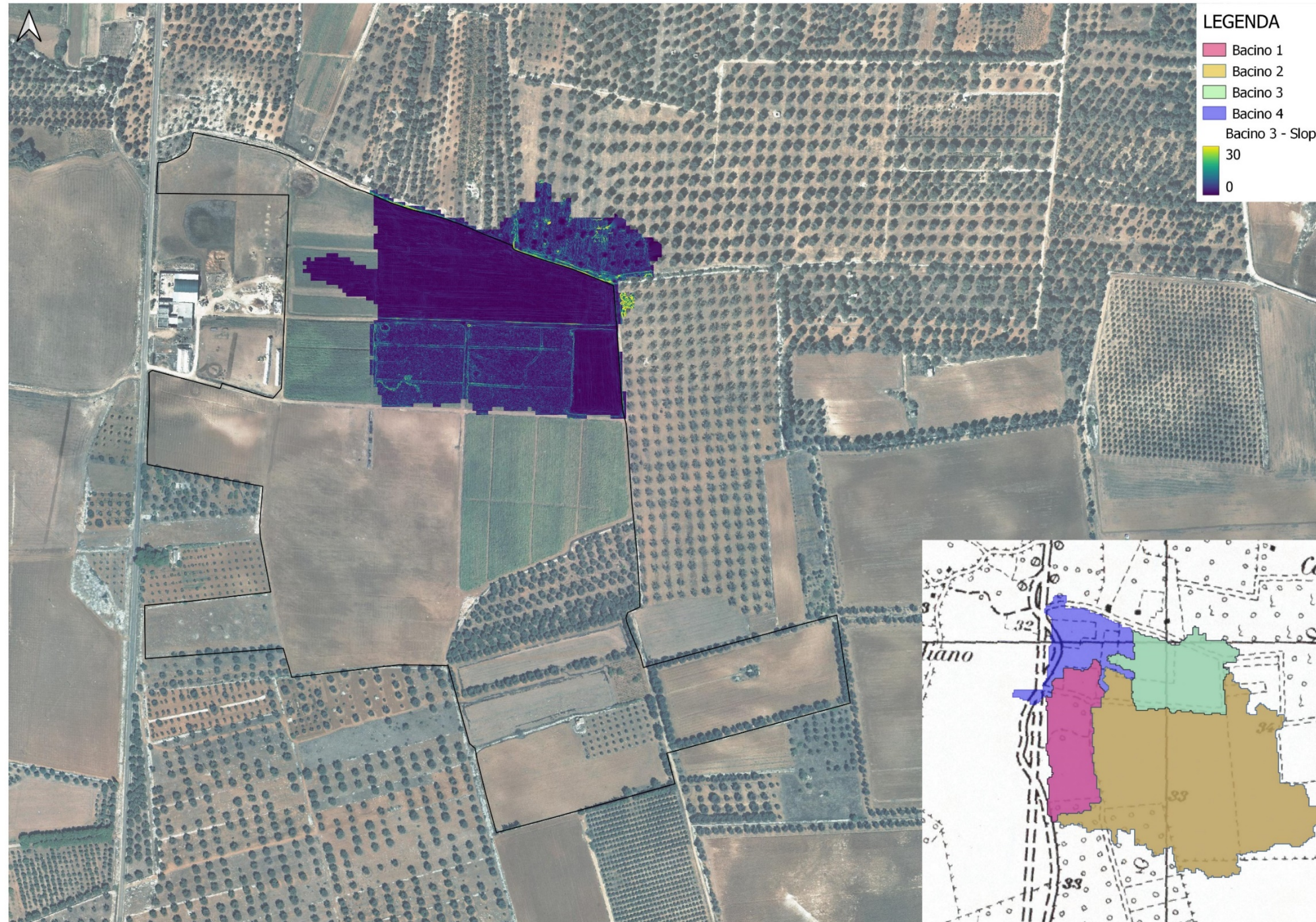


**Bacino 1 – SLOPE**



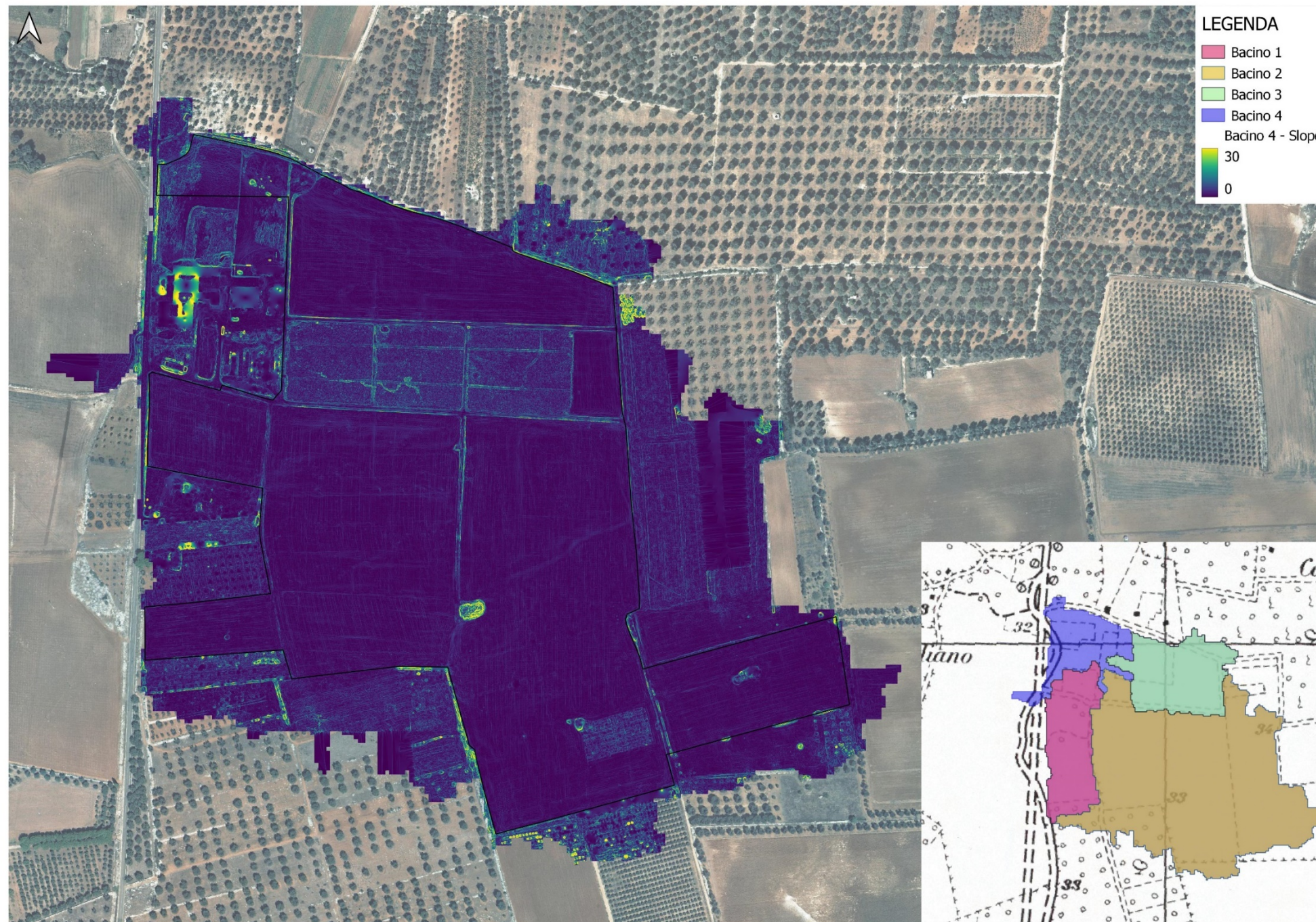
**Bacino 2 -SLOPE**





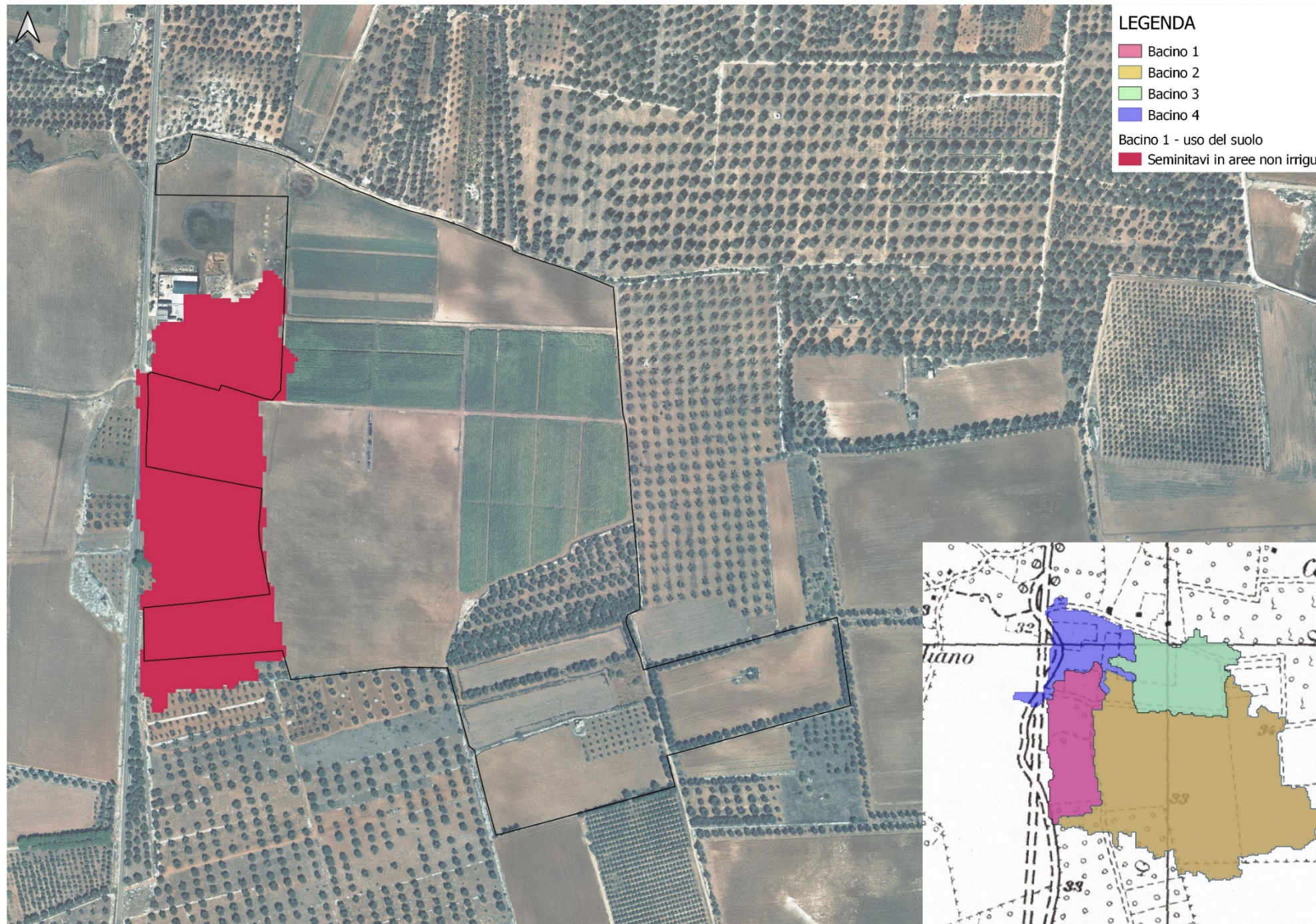
**Bacino 3 – SLOPE**





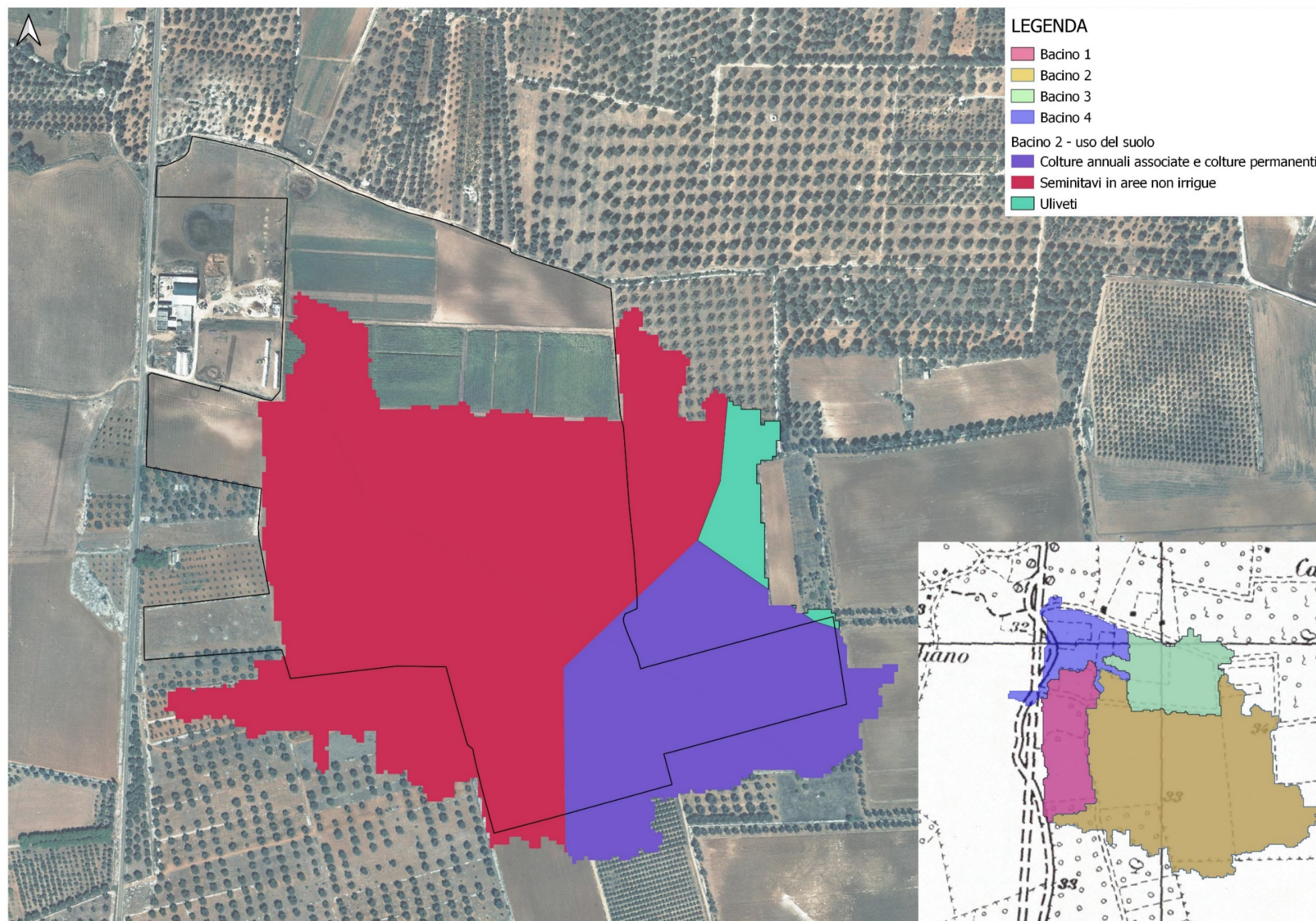
Bacino 4 – SLOPE





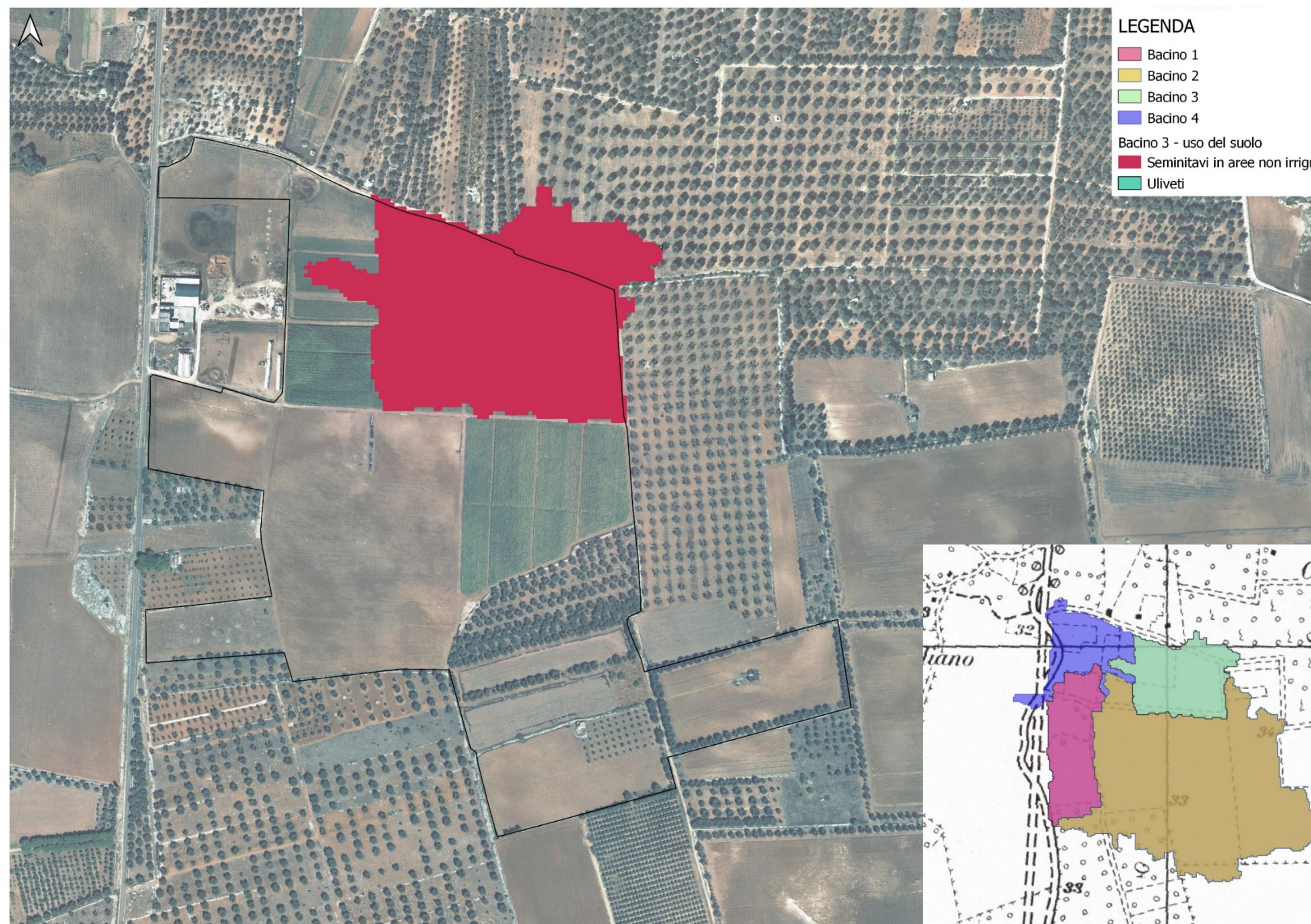
**Bacino 1 – USO DEL SUOLO**





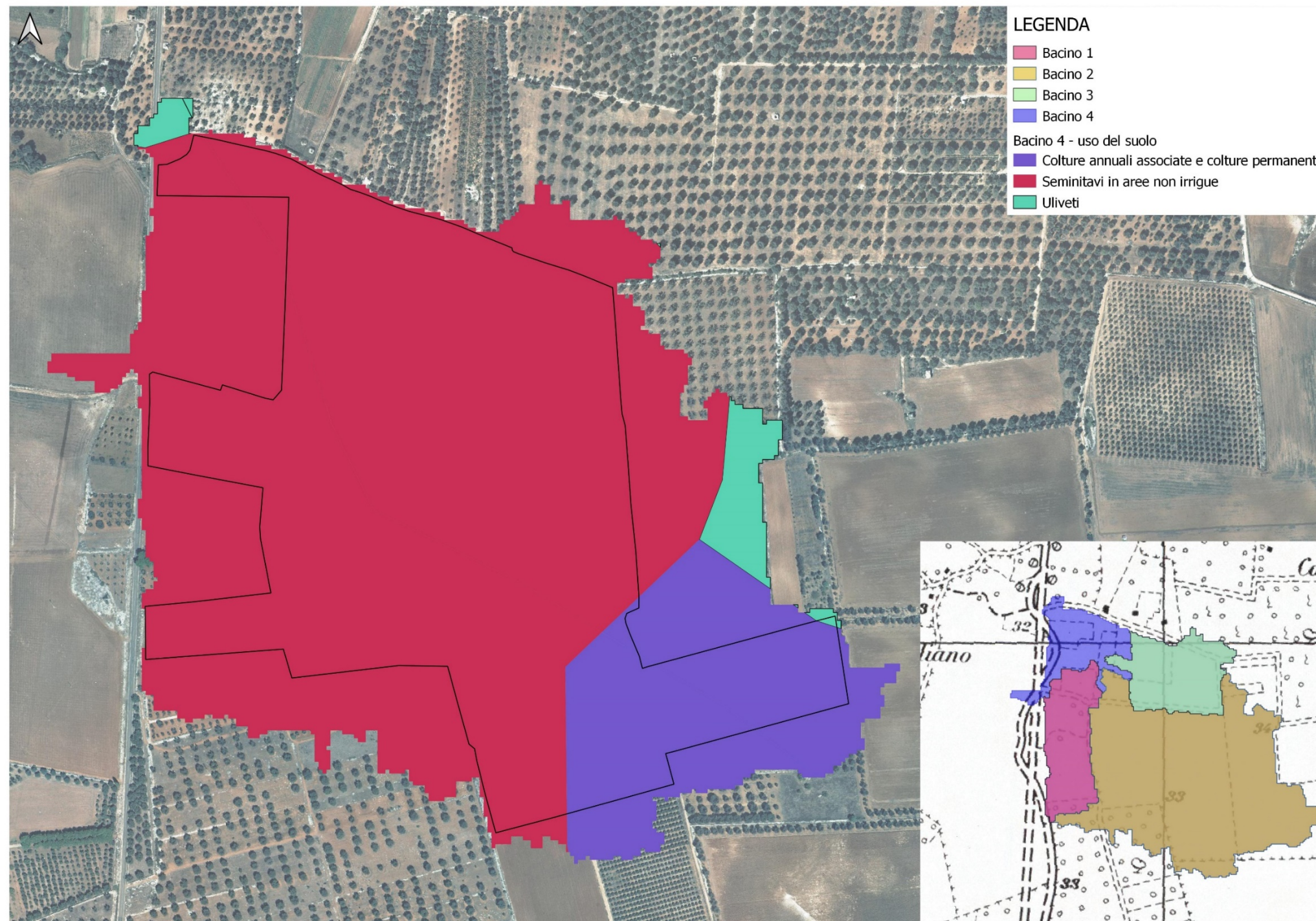
**Bacino 2 – USO DEL SUOLO**





**Bacino 3 – USO DEL SUOLO**





Bacino 4 - USO DEL SUOLO



## APPENDICE B