

Comuni di Orta Nova e di Ortona
Provincia di Foggia, Regione Puglia

ARNG SOLAR I S.R.L.



Viale Giorgio Ribotta, 21 Eurosky Tower - Interno 0B3

ROMA (RM), 00144

PEC: arngsolar@pec.it

Impianto Agrivoltaico "ORTA NOVA 36.5"

ON-36.5_24_REV01 – RELAZIONE IDRAULICA

IL TECNICO	IL PROPONENTE
INGEGNERE	ARNG SOLAR I S.R.L. Sede legale: Viale Giorgio Ribotta, 21 Eurosky Tower - Interno 0B3 ROMA (RM), 00144 PEC: arngsolar@pec.it Numero REA RM - 1673665 P.IVA 02328180688
<p>Luca GIANANTONIO Ordine Ingegneri della Provincia di Taranto - n. 2703 lucagiana74@gmail.com</p> 	
RESPONSABILE TECNICO BELL FIX PLUS SRL	
<p>Cosimo TOTARO Ordine Ingegneri della Provincia di Brindisi - n. 1718 elettrico@bellfixplus.it</p> 	

LUGLIO 2024

Sommario

1.	PREMESSA.....	3
2.	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE.....	4
3.	SITO DI INSTALLAZIONE.....	12
4.	DESCRIZIONE DEL SISTEMA IDRAULICO.....	18
5.	ANALISI IDRAULICA.....	22

1. PREMESSA

Il sottoscritto Ing. Luca GIANANTONIO, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Taranto al numero 2703, ha ricevuto l'incarico per la redazione delle relazioni idrologica e idraulica in riferimento al Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "ORTA NOVA 36.5" della potenza di 47.880,00 kWp, in agro di Orta Nova nella Provincia di Foggia, realizzato con moduli fotovoltaici in silicio monocristallino, con una potenza di picco di 600Wp.

La Società Proponente intende realizzare tale impianto "agrivoltaico", ponendosi come obiettivo la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile coerentemente agli indirizzi stabiliti in ambito nazionale e internazionale volti alla riduzione delle emissioni dei gas serra ed alla promozione di un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato italiano e comunitario.

La vendita dell'energia prodotta dall'impianto agrivoltaico sarà regolata da criteri di "market parity", ossia avrà gli stessi costi, se non più bassi, dell'energia prodotta dalle fonti tradizionali (petrolio, gas, carbone).

Ai sensi dell'art. 12 del D.Lgs. n. 387/2003 l'opera, rientrante negli "impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili", autorizzata tramite procedimento unico regionale, è dichiarata di pubblica utilità, indifferibile ed urgente.

Gli impianti "agrivoltaici" sono sostanzialmente degli impianti fotovoltaici che consentono di preservare la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale sul sito di installazione, garantendo, al contempo, una buona produzione energetica da fonti rinnovabili.

L'obiettivo della società Proponente è quello di rendere fattibile e realistico il binomio tra energia rinnovabile e produzione agricola e quindi di valorizzazione del terreno individuato.

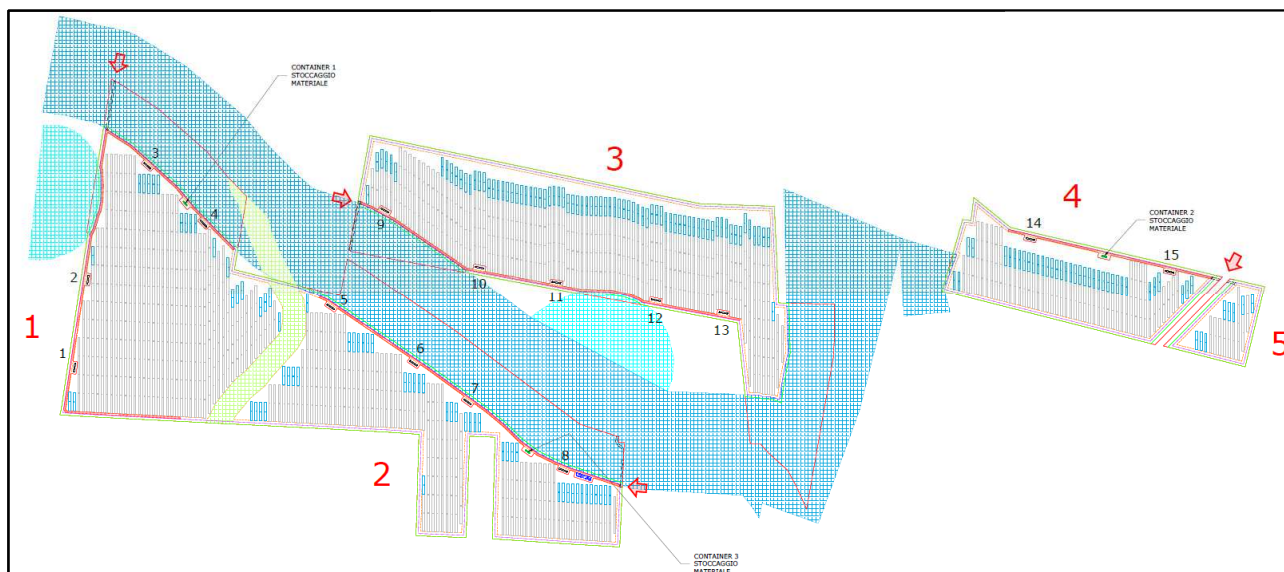
I punti focali del progetto "agrivoltaico" sono:

- 1) Mitigazione dell'impianto con una fascia perimetrale produttiva (oliveto intensivo).
- 2) Piantumazione di filari di lavanda o di lavandino tra i trackers.
- 3) Apicoltura.

La presente relazione ha per obiettivo la descrizione del regime idraulico che caratterizza il territorio in cui si inserisce il sito di intervento; il fine della indagine è di valutare le interferenze tra opere in progetto e deflussi idrici superficiali di origine meteoriche, per scongiurare alterazioni del sistema idraulico non accettabili.

2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE

L'impianto fotovoltaico in oggetto, di potenza in DC di 47.880,00 kWp e potenza di immissione massima pari a 36.500,00 kW, è costituito da 15 sottocampi (15 cabine di trasformazione AT/BT) divisi su cinque siti di installazione localizzati nei pressi della medesima area avente raggio di circa 1.300 metri, come riportato nell'immagine sottostante.



L'impianto sarà realizzato con 571 strutture (tracker) in configurazione 2x60 e 188 strutture (tracker) in configurazione 2x30 moduli in verticale con pitch=10,10 m. In totale saranno installati 79.800 moduli fotovoltaici monocristallini della potenza di 600 W.

I moduli fotovoltaici sono posizionati su tracker, con l'asse di rotazione disposta in direzione nord-sud, distanziati di 10,10 m (rispetto all'asse di rotazione) l'uno dall'altro.

I tracker saranno fissati al terreno tramite pali infissi direttamente "battuti" nel terreno. Questa tipologia di struttura evita in generale l'esecuzione di opere di calcestruzzo e faciliterà enormemente sia la costruzione che la dismissione dell'impianto a fine vita, diminuendo drasticamente le modifiche subite dal suolo.

Le stringhe fotovoltaiche, derivanti dal collegamento dei moduli, saranno da 30 moduli; il collegamento elettrico tra i vari moduli avverrà direttamente sotto le strutture con cavi esterni graffiati alle stesse. Le stringhe saranno disposte secondo file parallele e collegate direttamente a ciascun ingresso degli inverter distribuiti multistringa.

L'energia viene convertita negli inverter, trasformando la tensione da 1500Vcc (continua) a 800 Vca (alternata) e viene trasportata, con linee indipendenti per ciascun inverter, per mezzo di cavi BT a 800 V direttamente interrati alle cabine di trasformazione BT/AT che innalzano la tensione da 800 V a 36kV.

Ciascun inverter verrà collegato al quadro di parallelo inverter, collocato nello scomparto di bassa tensione nelle cabine di trasformazione nel locale, equipaggiato con dispositivi di generatore (interruttori automatici di tipo magnetotermico o elettronici a controllo di massima corrente e cortocircuito) per ciascuna linea inverter e un interruttore automatico generale di tipo magnetotermico per mezzo del quale verrà effettuato il collegamento con l'avvolgimento BT del trasformatore BT/AT.

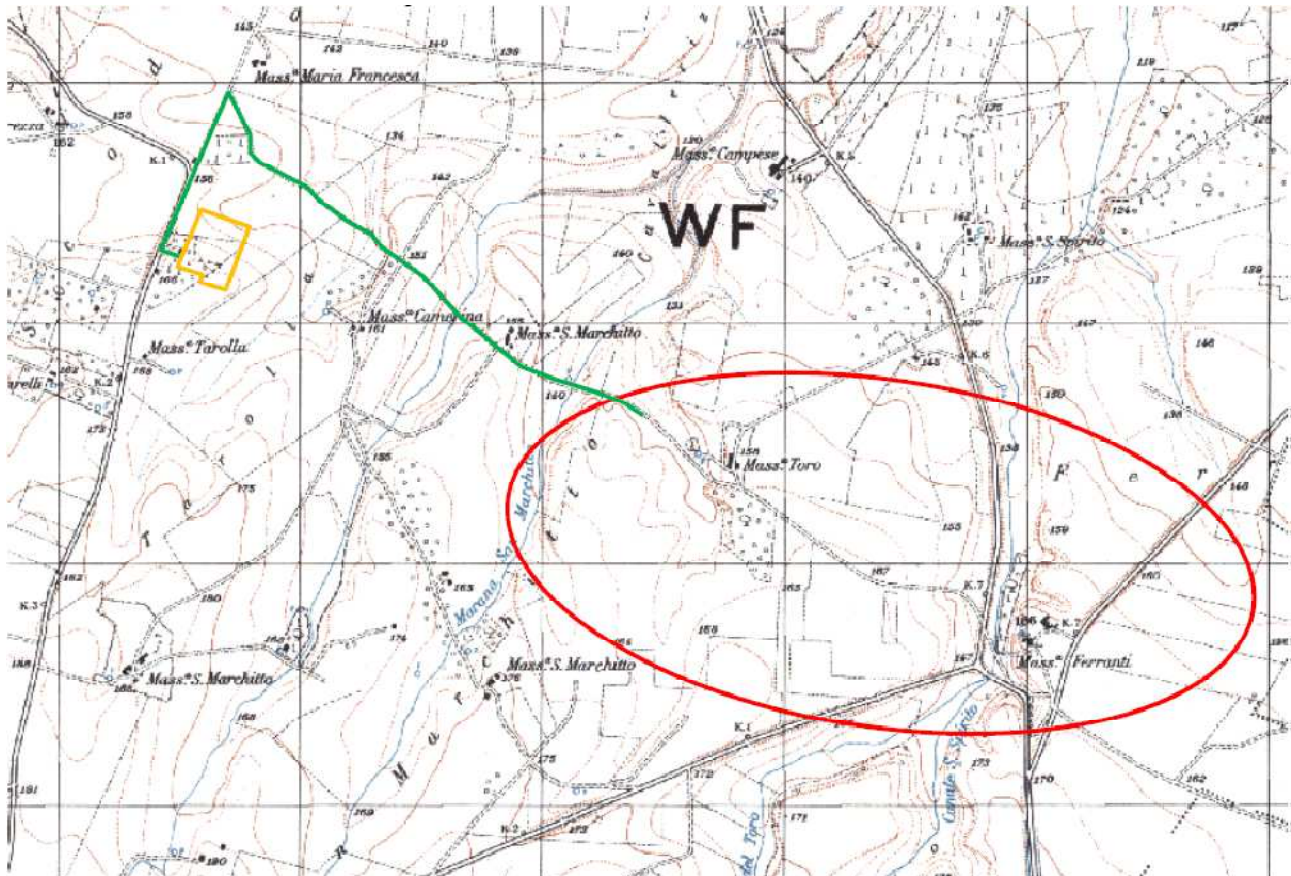
Le cabine di trasformazione sono della tipologia plug-and-play, pre-assemblate in fabbrica, trasportabile in sito pronte per essere installate e rappresentano una soluzione funzionale con un considerevole risparmio di tempo e di costi, dal momento che vengono fornite in campo già assemblate sia meccanicamente che elettricamente, nonché rapidità e facilità nella fase di smontaggio a fine vita utile dell'impianto.




All'interno di ciascuna cabina di trasformazione è predisposto un quadro elettrico di alta tensione, cella di arrivo linea e cella di protezione con un interruttore automatico con protezione 50, 51 e 51N per la protezione dei montanti di alta tensione di alimentazione dei trasformatori, un sezionatore di linea sottocarico interbloccato con un sezionatore di terra, eventuali gruppi di misura dell'energia prodotta, un trasformatore per i servizi ausiliari.

Sarà realizzato un impianto di terra per la protezione dai contatti indiretti e sovratensione impulsiva al quale saranno collegate tutte le strutture metalliche di sostegno e le armature dei prefabbricati oltre che tutte le masse dei componenti elettrici di classe I. L'impianto fotovoltaico così descritto sarà dotato di sistema di monitoraggio e controllo, impianto di illuminazione perimetrale e area cabine, impianto antintrusione (videosorveglianza, allarme e gestione accessi).

Le varie cabine di trasformazione BT/AT saranno raggruppate in dorsali AT che confluiranno nella cabina di ricezione di campo, per mezzo di linee elettriche in cavo interrato elettrificate a 36 kV.

La STMG (C.P. 202102241) prevede che l'impianto verrà collegato in antenna a 36 kV su una futura Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN a 150/36 kV da collegare con due nuovi elettrodotti RTN a 150 kV a una futura SE RTN a 380/150 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN 380 kV "Deliceto – Foggia".



 UBICAZIONE DEL SITO OGGETTO DI STUDIO  CAVIDOTTO  FUTURA SE

Inquadramento su IGM con indicazione del cavidotto di collegamento

Dati caratteristiche tecniche generali:

La centrale fotovoltaica avrà le seguenti caratteristiche generali:

- potenza fotovoltaica di 47.880,00 kWp
- potenza apparente inverter prevista (@ 40°C) di 47.940,00 kVA
- potenza nominale disponibile (immiss. in rete) pari a 36.500,00 kW
- produzione annua stimata: 79.596 MWh
- superficie totale sito (area recinzione): 67,9 ettari
- superficie occupata dall'impianto FV: 27,7 ettari
- viabilità interna al campo: 15.800 mq
- moduli FV (superficie netta): 238.334 mq
- cabine: 1.036 mq
- basamenti (pali ill. e videosorveglianza): 32 mq
- drenaggi: 4.438 mq
- superficie mitigazione a verde (oliveto intensivo): ~17.569 mq

Dati caratteristiche tecniche elettromeccaniche:

Il generatore fotovoltaico nella sua totalità tra i due siti sarà costituito da:

- n. 79.800 moduli fotovoltaici Trina Solar TSM-DEG20C.20 da 600 W;
- n.571 tracker da 2x60 e n.188 tracker da 2x30 moduli in verticale con le seguenti caratteristiche dimensionali:
 - ancoraggio a terra con pali infissi direttamente "battuti" nel terreno;
 - altezza minima da terra dei moduli 60 cm;
 - altezza massima da terra dei moduli 4,50 m;
 - pitch 10,10 m
 - tilt $\pm 60^\circ$
 - azimut 0°
- n. 235 inverter HUAWEI SUN2000-215KTL che possono lavorare in conformità alle prescrizioni presenti del Codice di Rete, configurati con configurazione: 235 inverter con 30 stringhe in serie.

Nell'impianto saranno inoltre presenti complessivamente:

- n. 15 cabine di trasformazione: trattasi di cabine prefabbricate, oppure container delle stesse dimensioni, ciascuna con volumetria lorda complessiva pari a 19200x2900x2440 mm (W x H x D), così composte:
 - vano quadri BT;
 - vano trasformatore BT/BT per i servizi ausiliari 10-30 kVA;
 - trasformatore AT/BT (installato all'aperto);
 - vano quadri AT.
- n. 1 cabina di ricezione AT sezionamento e controllo: cabina prefabbricata avente volumetria lorda complessiva pari a 33000x4000x6500 mm (W x H x D), al loro interno saranno installati:
 - Locale Distribuzione con quadro di distribuzione di alta tensione, trasformatore ausiliario AT/BT e quadro per i servizi ausiliari della centrale;
 - Locale Monitoraggio e Controllo con la componentistica dei sistemi ausiliari e monitoraggio.
- n. 3 cabine di stoccaggio materiale: cabina prefabbricata avente volumetria lorda complessiva pari a 12200x2440x2600 mm (W x H x D).
- rete elettrica interna in alta tensione 36 kV per il collegamento tra le varie cabine di trasformazione e le cabine di ricezione
- rete elettrica interna a 1500V tra i moduli fotovoltaici e gli inverter;
- rete elettrica interna a 800V tra gli inverter e le cabine di trasformazione;

- impianto di terra (posizionato lungo le trincee dei cavi di potenza) e maglia di terra delle cabine.

Dati caratteristiche tecniche civili:

Tutte le opere civili necessarie alla corretta collocazione degli elementi dell'impianto e al fine di garantire la fruibilità in termini di operazione e mantenimento dell'impianto nell'arco della sua vita utile:

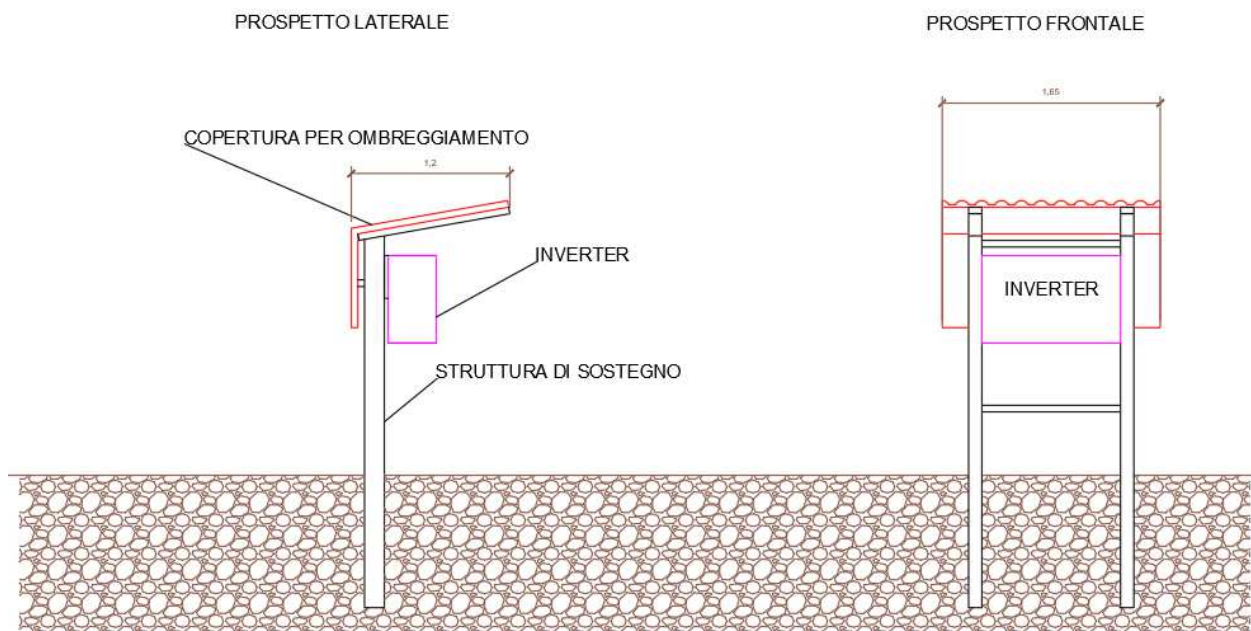
- recinzione perimetrale a maglia metallica plastificata pari a ca. 2,25 ml dal terreno con circa 15 cm come misura di mitigazione ambientale, con pali a T infissi 60 cm;
- viabilità interna al parco larghezza di 3,5 metri realizzata con un materiale misto cava di cava o riciclato spessore ca. 30-50cm;
- minima regolarizzazione del piano di posa dei componenti dell'impianto fotovoltaico (strutture e cabinati) in ogni caso con quote inferiori a 1 metro al fine di non introdurre alterazioni della naturale pendenza del terreno;
- scavi a sezione ampia per la realizzazione della fondazione delle cabine elettriche e della viabilità interna e a sezione ristretta per la realizzazione delle trincee dei cavidotti AT, BT e ausiliari, in ogni caso fino a 1,2 metri all'interno delle aree recintate;
- canalizzazioni all'ingresso delle cabine, cavi inverter e cabine, cavi perimetrali per i sistemi ausiliari;
- basamenti dei cabinati (cabine di trasformazione BT/AT e cabine di ricezione) e plinti di fondazione delle palificazioni per illuminazione, videosorveglianza perimetrale e recinzione;
- pozzetti per le canalizzazioni perimetrali e gli accessi nelle cabine di trasformazione;
- opere di piantumazione officinale del terreno e piantumazione fascia arborea di protezione e separazione;
- eventuali drenaggi in canali aperti a sezione ristretta, a protezione della viabilità interna e delle cabine, nel caso si riscontrassero basse capacità drenanti delle aree della viabilità interna o delle aree di installazione delle cabine.

Dati caratteristiche tecniche sistemi ausiliari:

I sistemi ausiliari che saranno realizzati sono:

- sistema di controllo e monitoraggio impianto fotovoltaico;
- sistema antintrusione lungo l'anello perimetrale ed in prossimità dei punti di accesso e cabine, costituito da un sistema di videosorveglianza con telecamere fisse poste su pali in acciaio, da un sistema di allarme a barriere microonde (RX-TX di circa 60 m) con centralina di gestione degli accessi;

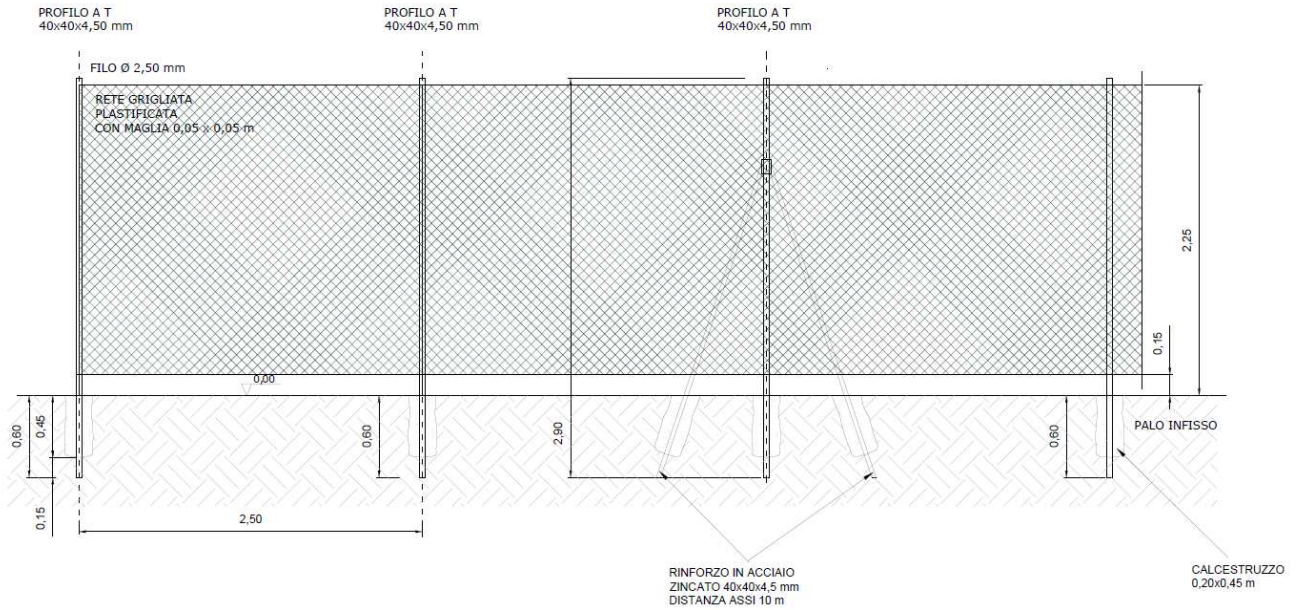
- sistema di illuminazione con fari LED 50W con riflettore con ottica antinquinamento luminoso posti su pali in acciaio, altezza 3-5 m, lungo l'anello perimetrale ed in prossimità dei punti di accesso e cabine;
- rete elettrica interna a bassa tensione per l'alimentazione dei servizi ausiliari di centrale (illuminazione perimetrale, controllo, etc.).
- rete telematica interna per la trasmissione dei dati del campo fotovoltaico;
- rete idrica per l'irrigazione della fascia produttiva di mitigazione perimetrale.



Tipico struttura supporto inverter

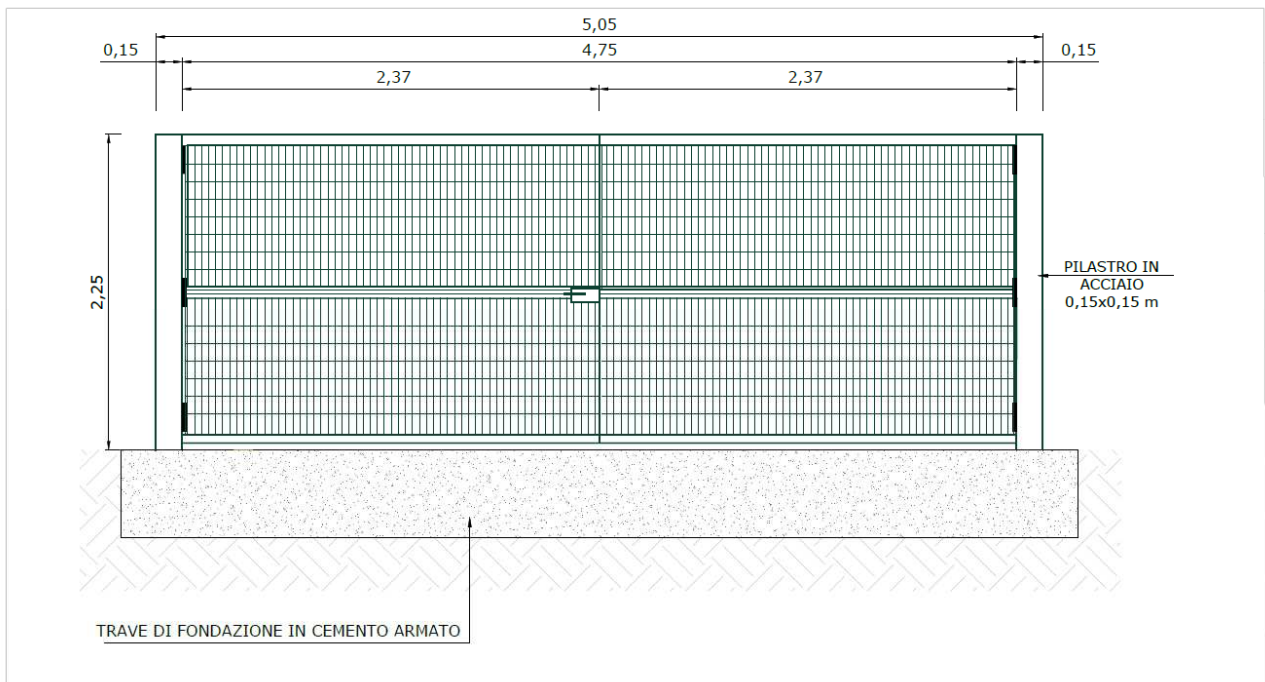


cabina di stoccaggio materiale

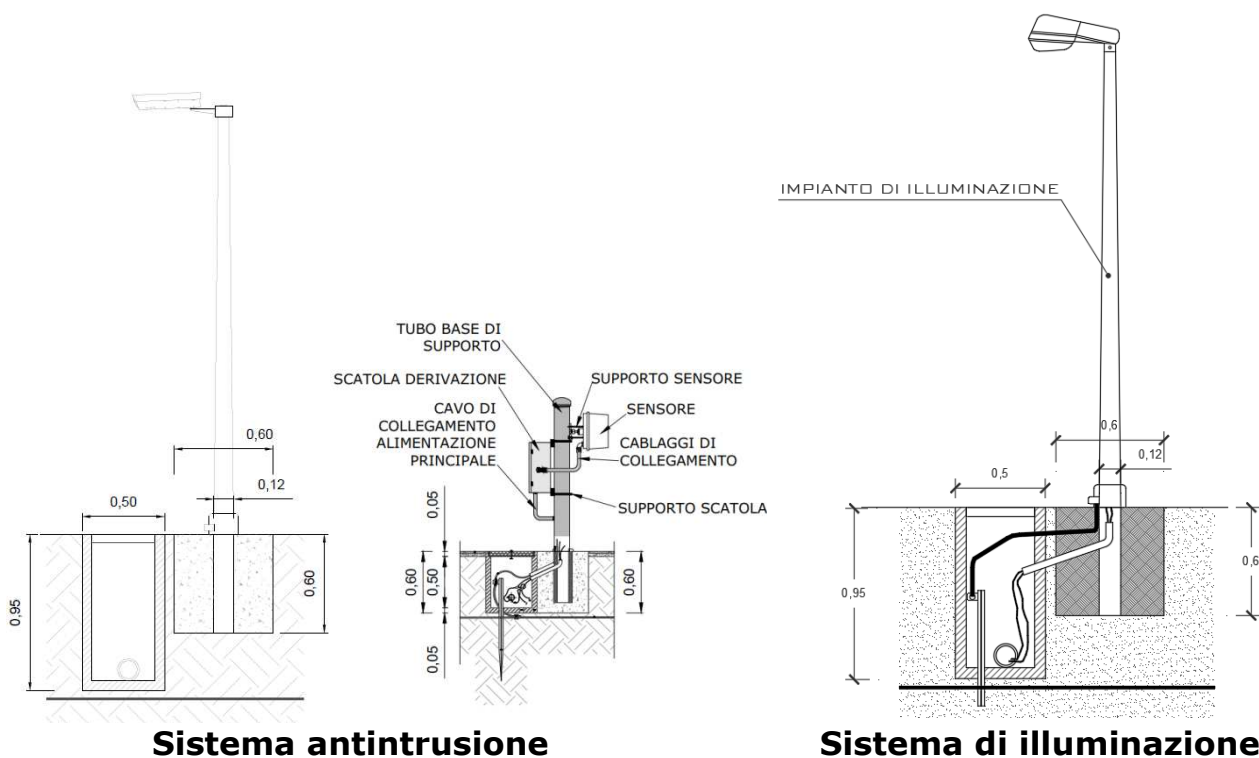
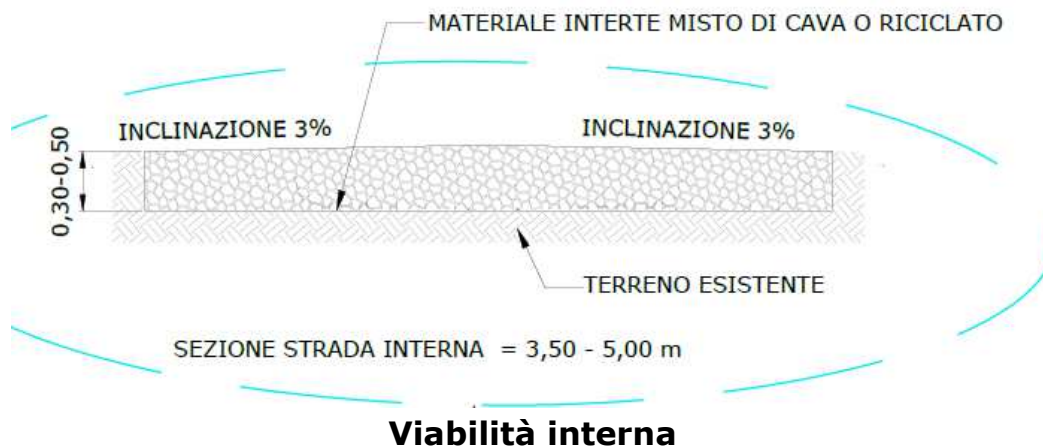


Recinzione perimetrale

CANCELLO
 NON IN SCALA



Cancello a doppia anta



Saranno eseguite due tipologie di scavi:

- gli scavi a sezione ampia per la realizzazione della fondazione delle cabine elettriche e della viabilità interna;
- gli scavi a sezione ristretta per la realizzazione delle trincee dei cavidotti AT, BT e ausiliari.

Entrambe le tipologie saranno eseguite con mezzi meccanici o, qualora particolari condizioni lo richiedano, a mano, evitando scoscendimenti e franamenti e, per gli scavi dei cavidotti, evitando che le acque scorrenti sulla superficie del terreno si riversino nei cavi.

In particolare:

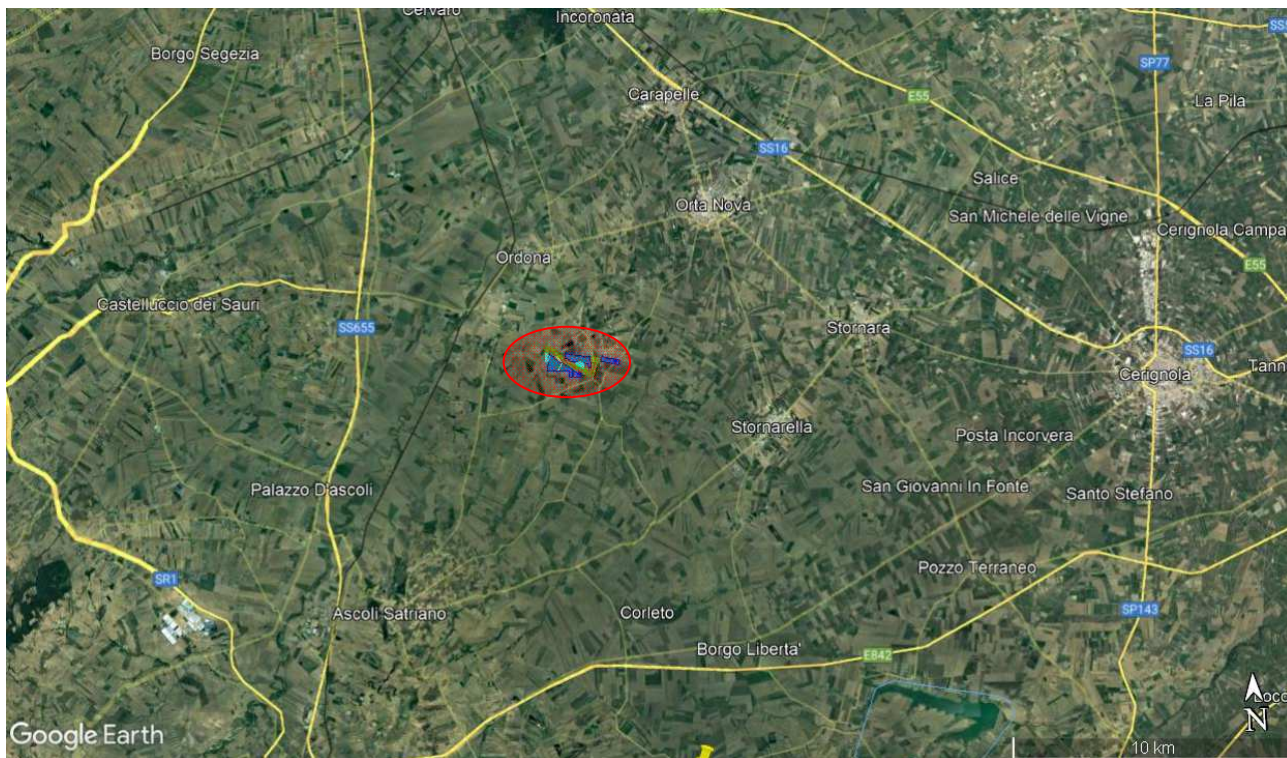
- gli scavi per la fondazione delle cabine si estenderanno fino ad una profondità di ca. 80 cm;
- gli scavi quelli per la realizzazione della viabilità interna saranno eseguiti mediante scotico del terreno fino alla profondità di ca. 30-50 cm.
- gli scavi per la realizzazione dei cavidotti avranno profondità variabile in genere tra 0,50 m e 1,40 m;

Il rinterro dei cavi e cavidotti, a seguito della posa degli stessi, avverrà su un letto di materiale permeabile arido (sabbia o pietrisco minuto) su fondo perfettamente spianato e privo di sassi e spuntoni di roccia, e riempimento con materiale permeabile arido o terra proveniente da scavi o da cava, con elementi di pezzatura non superiori a 30 mm, eseguito per strati successivi di circa 30 cm accuratamente costipati.

3. SITO DI INSTALLAZIONE

Il sito individuato per la installazione dei sistemi agrivoltaici di progetto appartiene, come detto, al territorio comunale di Orta Nova in provincia di Foggia, ad una distanza dall'area cittadina di circa 6 km in direzione S/W ed a circa 9 Km a N/E del centro abitato di Ascoli Satriano. Le cinque aree di impianto dei sistemi fotovoltaici ricadono in prossimità della intersezione tra le strade provinciali numero 85, 86, 87 e 92, su lotti estesamente dedicati alla attività agricola (prevalentemente uliveti o coltivazioni di specie erbacee):

Il territorio presenta i tipici caratteri collinari, una morfologia decisamente varia in cui i vasti campi coltivati risultano "spianati" dalla attività agricola ma disposti su piani più o meno ondulati e spesso scoscesi. L'urbanizzazione dell'area è pressoché nulla se si fa eccezione per le strade, qualche masseria e alcune torri per la produzione di energia eolica disposte in genere lungo le "creste"; ne deriva un territorio che presenta pochi ostacoli al deflusso delle acque meteoriche in scorrimento superficiale, le quali tendono piuttosto velocemente al convogliamento lungo le linee di impluvio; gli impluvi naturali, data la morfologia del piano campagna, evidenziano spesso il proprio percorso principale nel tragitto di fossi e canali in terra che restano in secca fintanto che non piove, per poi essere interessati da regimi torrentizi in occasione di eventi piovosi più o meno intensi, fino a consentire valori di trasporto idrico anche elevati. Risultano frequenti i dislivelli, anche dell'ordine di metri, tra i letti di tali fossi e le porzioni di lotti agricoli disposte a poche decine di metri da essi.



Impluvio naturale intersecante la S.P. 86 in prossimità delle aree di impianto



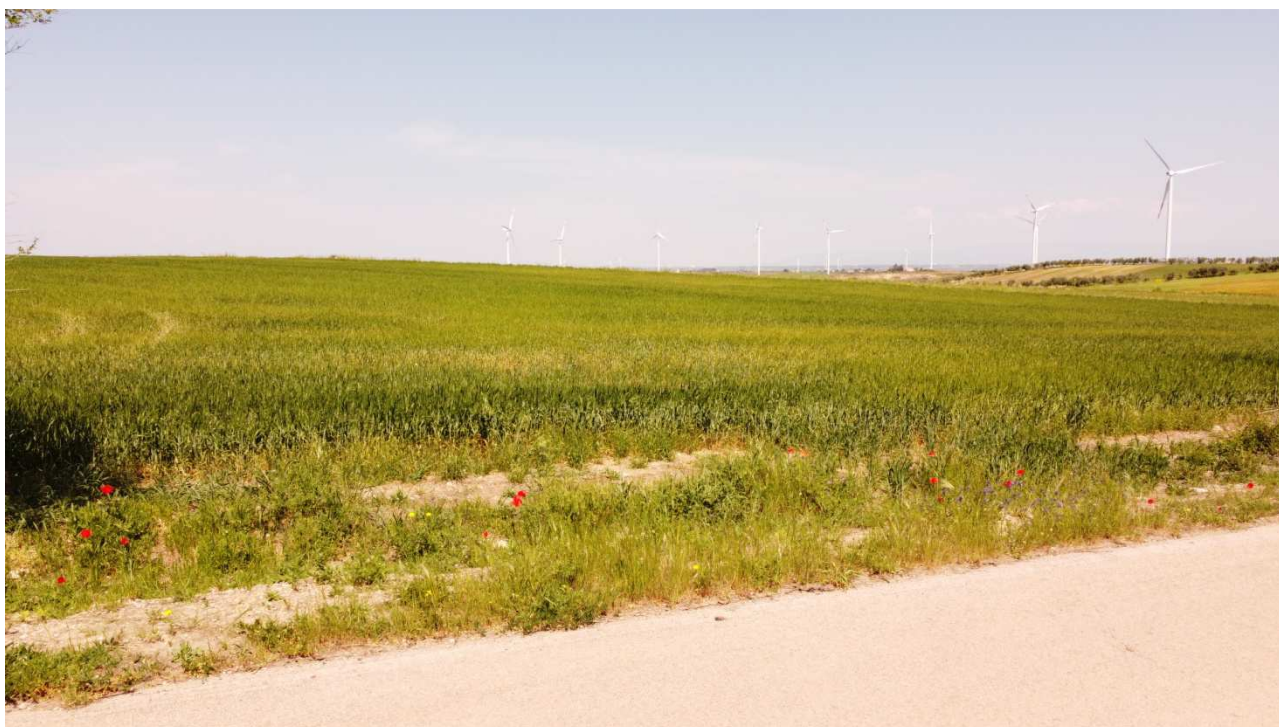
Layout di impianto

Di seguito si riportano alcune foto aeree del sito in cui è prevista la installazione delle opere, scattate da drone in occasione delle attività di rilievo topografico propedeutiche al progetto:





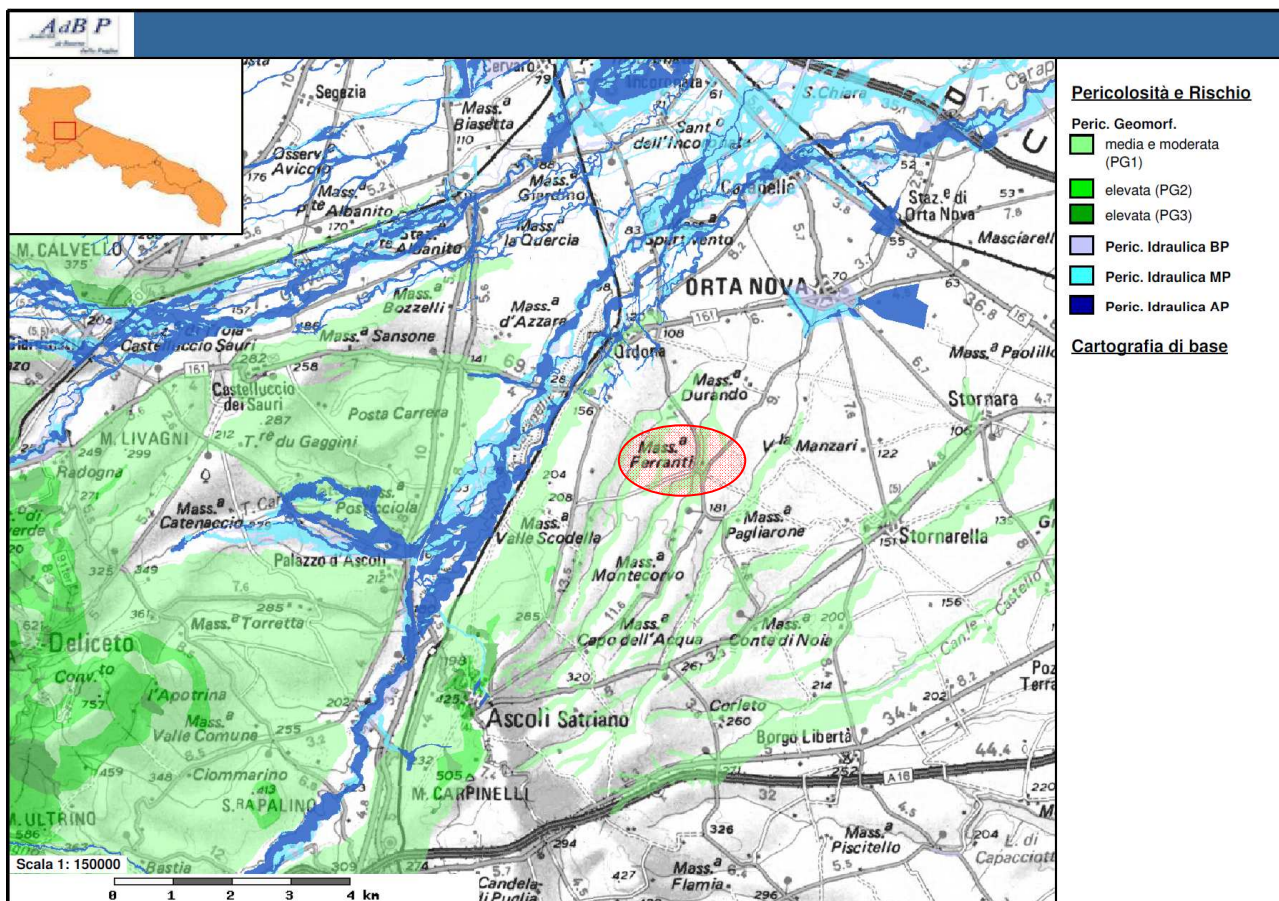




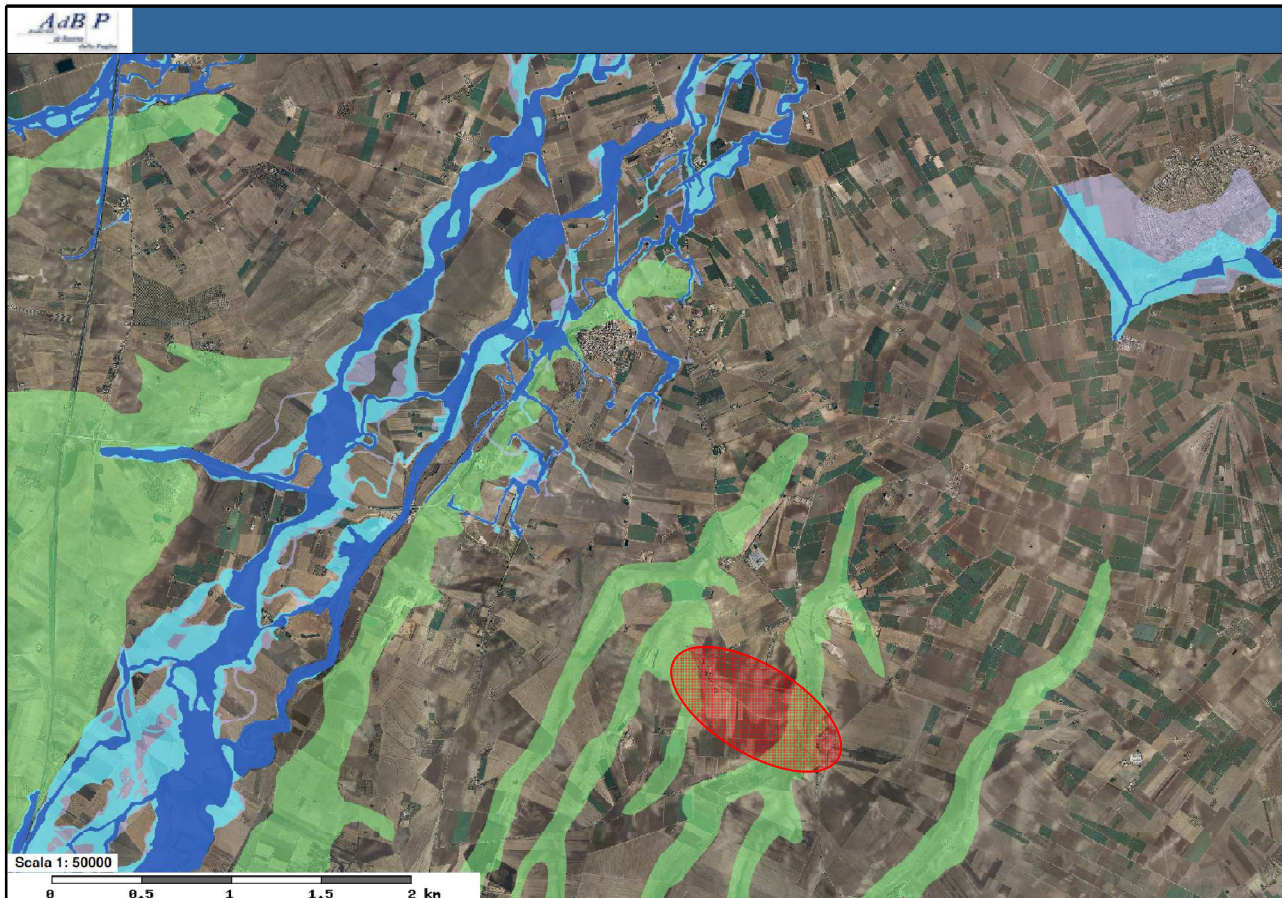
4. DESCRIZIONE DEL SISTEMA IDRAULICO

Il sito oggetto di studio presenta un fitto sistema di linee di impluvio e displuvio, molto articolato e con tragitti "sinuosi" in ragione della altimetria varia. Gli impluvi risultano diretti lungo la direttrice prevalente che va da Sud-Ovest a Nord-Est e recapitano le acque di deflusso superficiale in impluvi di ordine maggiore; le linee di impluvio naturale contermini l'area di impianto hanno recapito finale nel Torrente Carapelle.

Le aree di progetto **non risultano gravate da perimetrazioni a pericolosità idraulica** individuate nel Piano di Assetto Idrogeologico però **intersecano una perimetrazione per pericolosità geomorfologica** (moderata), come risulta dalle seguenti immagini desunte dal portale della AdB DAM:

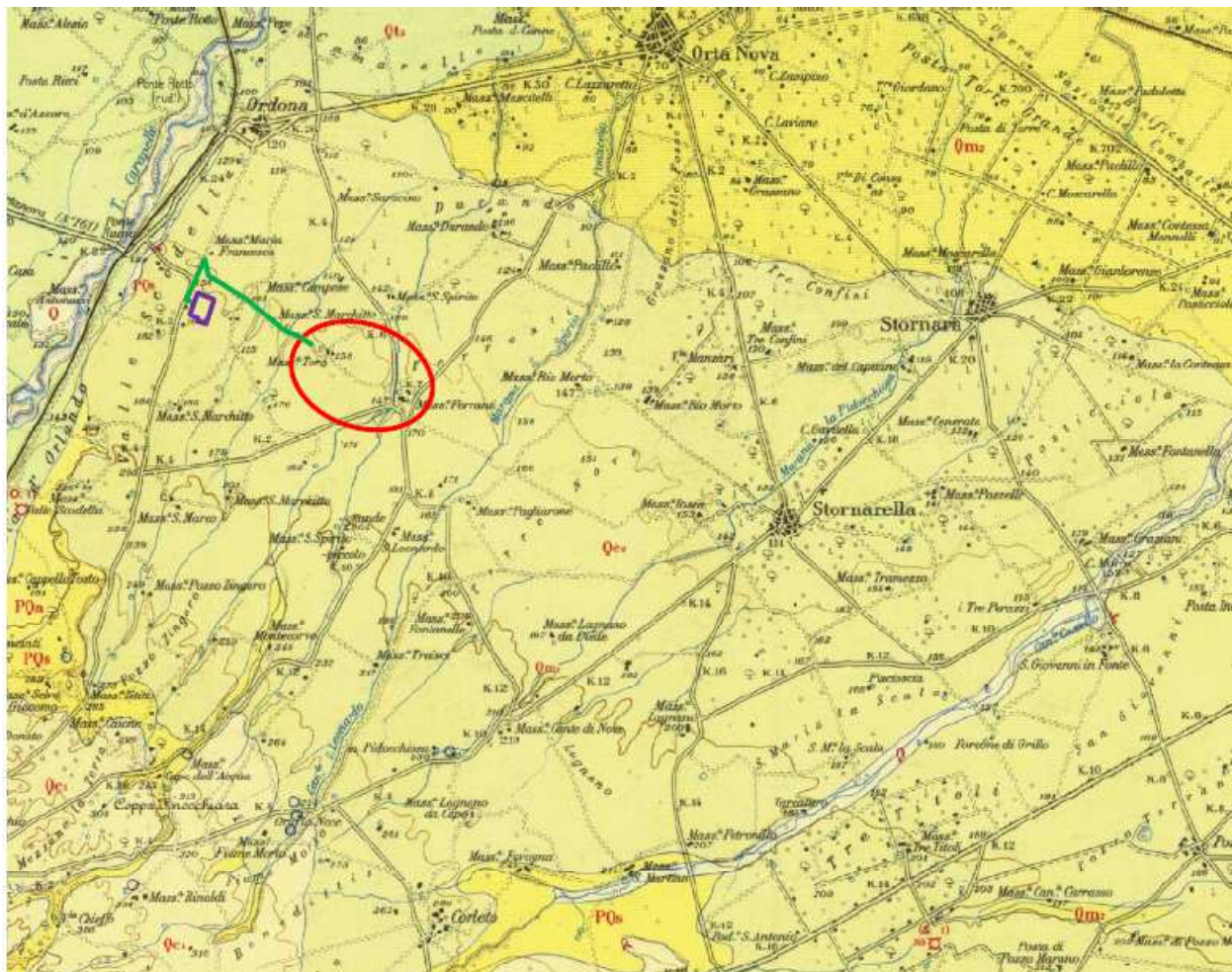


Individuazione dell'area oggetto di impianti agrivoltaici in progetto



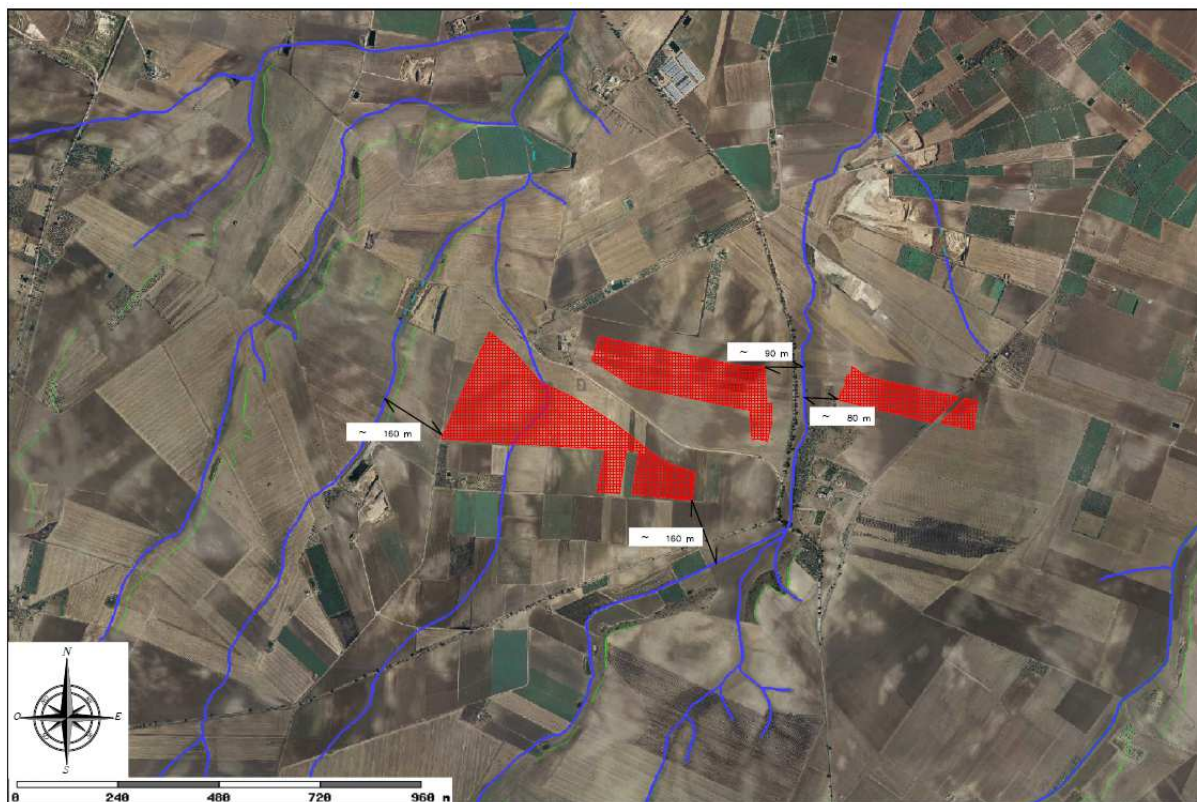
Per quanto riguarda, invece, la interferenza tra aree di impianto e reticolo idrografico caratteristico del territorio, si rileva che il layout di progetto prevede installazioni limitrofe ovvero intersecanti alcune aste riportate nella Carta Idrogeomorfologica regionale; in particolare si individua un impluvio il cui percorso "costeggia" prima la S.P. 92 e, più a valle, vede la S.P. 86 sempre in sinistra idraulica, mostrando una distanza minima dal perimetro dei lotti di progetto pari a circa 80 metri; inoltre si individua un secondo tronco di asta idrografica che interseca le porzioni di area di progetto disposte più ad Ovest; sono presenti altre aste in sito ma distano più di 150 metri dalle recinzioni perimetrali dei campi FV.

Il cavidotto di collegamento degli impianti alla nuova cabina SE di futura realizzazione intersecano, inoltre, il reticolo idrografico naturale che caratterizza il sito. Di seguito una immagine su carta geologica degli interventi in oggetto:



L'opera di collegamento degli impianti FV in cavidotto interrato alla cabina SE verrà posata lungo la viabilità esistente rispettando la prerogativa della posa in modalità "TOC" (Trivellazione Orizzontale Controllata) in corrispondenza di ogni attraversamento di impluvio naturale, dato che i ponticelli stradali di attraversamento dei canali non prevedono un franco di sicurezza minimo sufficiente al passaggio di correnti di piena meteorica critica previsto dalla normativa

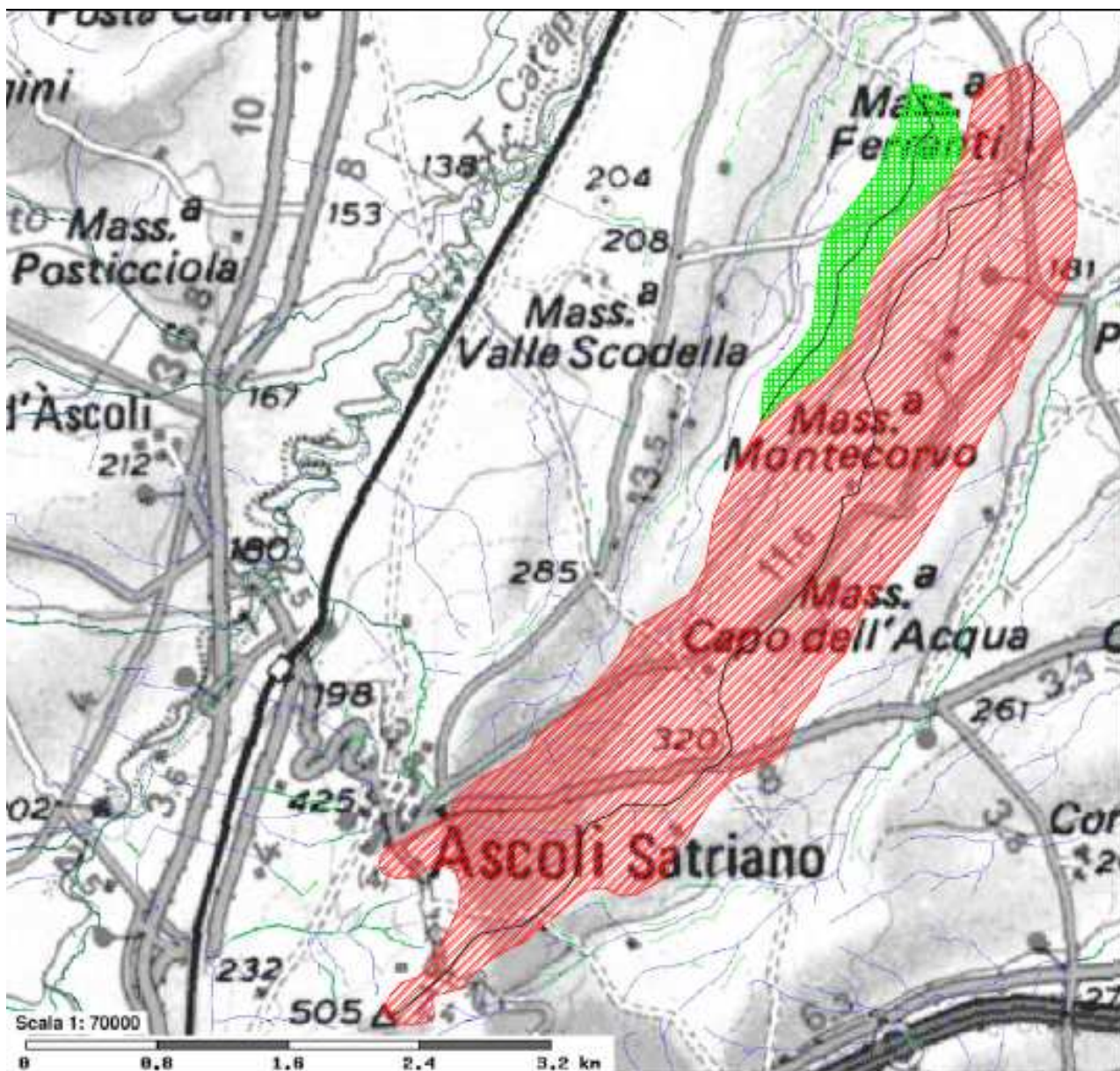
Nella pagina seguente si riporta uno stralcio della cartografia IGM 1:250000 con la individuazione dei reticoli idrografici ricavati dalla Carta Idrogeomorfologica ed un secondo stralcio, su base ortofoto ed a scala maggiore, dove è possibile apprezzare la interferenza tra le aree di progetto ed il reticolo stesso; nel secondo stralcio sono state individuate le distanze approssimative che dividono, in pianta, le recinzioni perimetrali dei lotti interessati dalle installazioni ed i percorsi principali dei tronchi di impluvio interferenti:



5. ANALISI IDRAULICA

Nella presente indagine si è provveduto ad analizzare nel dettaglio il regime idraulico dei due tronchi di impluvio il cui tragitto interseca ovvero scorre limitrofo ai lotti che accoglieranno le installazioni progettuali; in una prima fase si è provveduto alla caratterizzazione dei due micro bacini idrografici afferenti i due tronchi d'asta suddetti; successivamente si è provveduto al calcolo dei valori di massima portata di piena interessanti i due tronchi, in occasione di eventi meteorici caratterizzati da tempi di ritorno pari rispettivamente a 30, 200 e 500 anni.

Di seguito si riporta l'immagine cartografica dei due micro bacini scolanti individuati analizzando l'andamento morfologico ed altimetrico del sito:



Considerando il tronco di asta idrografica disposto più ad Ovest, tra i due analizzati in questa sede, si riportano di seguito le caratteristiche morfometriche utili al calcolo della portata di punta di piena meteorica:

Superficie bacino:	0,66 Km²
Lunghezza percorso idraulic. Più lungo:	2,45 Km
Quota massima s.l.m.:	217 m
Quota minima s.l.m. (sezione chiusura):	141 m
Pendenza media asta principale:	3,1% (0,031)

Per quanto riguarda il secondo dei due micro bacini scolanti, le caratteristiche morfometriche sono:

Superficie bacino:	6,43 Km²
Lunghezza percorso idraulic. Più lungo:	7,93 Km
Quota massima s.l.m.:	380 m
Quota minima s.l.m. (sezione chiusura):	140 m
Pendenza media asta principale:	3,0% (0,030)

La determinazione delle portate di piena è stata effettuata utilizzando il metodo razionale che si avvale di considerazioni sulle caratteristiche del bacino imbrifero e delle precipitazioni critiche.

Il metodo razionale si basa sulla seguente formula:

$$Q_p = 0,28 * C * i * A$$

in cui:

- Q_p: portata di progetto [m³/s]
- C: coefficiente di afflusso [adim]
- i: intensità di pioggia [mm/h]
- A: superficie del bacino [km²]

Di seguito viene descritto come sono stati calcolati i vari parametri richiesti dalla formula razionale.

Si definisce "**coefficiente d'afflusso**" **C** il rapporto tra il volume totale transitato nella sezione di controllo e il volume totale di pioggia P precipitato nel bacino sotteso durante l'evento meteorico.

$$C = \frac{Q_t}{P}$$

I valori del coefficiente d'afflusso possono essere molto diversi a seconda della diversa natura del sottosuolo, della ricopertura vegetale o delle azioni antropiche sul territorio.

<i>Tetti impermeabili</i>	<i>0,70-0,95</i>
<i>Pavimentazione di asfalto in buono stato</i>	<i>0,85-0,90</i>
<i>Pavimenti di pietra o laterizio con connessioni cementate</i>	<i>0,75-0,85</i>
<i>Pavimentazione a macadam</i>	<i>0,25-0,60</i>
<i>Strade e viali con ghiaietto</i>	<i>0,15-0,30</i>
<i>Superfici non pavimentate, piazzali ferroviari</i>	<i>0,10-0,30</i>
<i>Parchi, giardini, prati</i>	<i>0,05-0,25</i>
<i>Aree boschive e foreste</i>	<i>0,01-0,20</i>

Valori del coefficiente di afflusso C secondo Kuichling.

Come riportato su numerosi testi di studio o sul manuale di Ingegneria Civile e ambientale, il coefficiente di infiltrazione tiene conto del fatto che la superficie su cui cade la pioggia non è impermeabile, per cui parte dell'acqua precipitata vi si infiltra e non partecipa al deflusso superficiale. Nel "Il dimensionamento idraulico delle Fognature Urbane" del Prof. Ignazio Mantica, si propone per il calcolo di tale coefficiente la valutazione della media ponderata di "fattori di impermeabilità empirici" caratteristici dei tipi di terreno di cui è costituito il bacino. A tal fine vengono forniti valori tabellati per i tipi elementari di superficie caratteristica:

ELEMENTI ANALITICI

<i>Tetti, terrazze, pavimentazioni</i>	<i>0,90 – 0,80</i>
<i>Lastricati ben connessi</i>	<i>0,80 – 0,70</i>
<i>Lastricati ordinari</i>	<i>0,70 – 0,50</i>
<i>Macadam selciati</i>	<i>0,60 – 0,40</i>
<i>Superfici battute</i>	<i>0,30 – 0,15</i>
<i>Superfici non battute, parchi, boschi, giardini, terre non coltivate</i>	<i>0,10 – 0,00</i>

ELEMENTI GLOBALI

<i>Costruzioni dense (centri cittadini)</i>	<i>0,80 – 0,70</i>
<i>Costruzioni spaziate (semintensive)</i>	<i>0,60 – 0,50</i>
<i>Zone a villini</i>	<i>0,35 – 0,25</i>
<i>Aree non edificate</i>	<i>0,20 – 0,15</i>
<i>Giardini, parchi e boschi</i>	<i>0,10 – 0,00</i>

Il Manuale di Ingegneria Civile e ambientale (edizione Zanichelli / ESAC) propone dei valori tabellati per coefficienti di afflusso legati alla diversa natura delle superfici.

<u>Tipo di suolo</u>	Copertura del bacino		
	Coltivi	Pascoli	Boschi
Molto permeabile sabbioso o ghiaioso	0,20	0,15	0,10
Mediamente permeabili; medio impasto o simili	0,40	0,35	0,30
Poco permeabili; fortemente argillosi; poco profondi sopra roccia impermeabile	0,50	0,45	0,40

Nel presente caso di studio i micro bacino scolanti sono costituiti esclusivamente da aree agricole. Il piano campagna è collinare, praticamente privo di ostacoli naturali o artificiali. La copertura vegetale del terreno dipende essenzialmente dai cicli di coltivazione e nei sopralluoghi in sito si è potuto riscontrare una certa omogeneità dei terreni coltivati e una assenza pressoché totale di aree incolte. Nella valutazione della portata di progetto, tenuta in considerazione la tipologia di territorio, la situazione planoaltimetrica che lo contraddistingue, il grado di permeabilità del tipo di superfici incontrate, la tipologia di regime di deflusso superficiale che è plausibile attendere in caso di pioggia intensa, si è ritenuto sufficientemente cautelativo considerare, per il coefficiente di afflusso, un valore numerico pari a:

$$C = 0,3$$

Il tempo di corrivazione T_c è il tempo teoricamente richiesto ad una goccia d'acqua per giungere dal punto idraulicamente più distante del bacino fino alla sezione di chiusura e dipende essenzialmente dalle caratteristiche morfometriche dello stesso.

E' possibile calcolare il tempo di corrivazione come media dei valori ottenuti da numerose formule di calcolo ben note in letteratura e generalmente di origine empirica. Nel caso in esame si è scelto di calcolare il tempo di corrivazione sulla scorta delle seguenti formule di calcolo ben note in letteratura: Formule di Pezzoli, di Pasini, di Ventura ed il metodo California Culvert Practice, ritenute adeguate a valutare la corrivazione di piccoli bacini. Operando la media aritmetica dei valori di calcolo, si ottengono i seguenti tempi di corrivazione rispettivamente per il primo microbacino (ovvero quello di dimensioni decisamente minori tra i due) e per il secondo:

$$T'_c = 0.65 \text{ ore}$$

$$T''c = 1.99 \text{ ore}$$

Inserendo il valore di T_c nelle equazioni della curva di probabilità pluviometrica calcolate in sede di relazione idrologica (si è fatto riferimento al valore di altitudine media s.l.m. del secondo

microbacino scolante essendo più significativo per le dimensioni maggiori dello stesso), si possono ottenere le altezze di pioggia nonché le intensità relative a eventi meteorici di breve durata per i tempi di ritorno presi in considerazione nell'indagine e, quindi, calcolare i rispettivi valori di punta massima di portata dell'onda di piena, sempre rispettivamente al primo tronco di asta idrografica disposto più ad Ovest e di dimensioni minori e, quindi, per il secondo tronco dislocato più ad Est ed afferente ad un bacino scolante più esteso:

Tronco di asta idrografica n° 1:

$$i_{30} = 61.46 \text{ mm/h}$$

$$i_{200} = 92.83 \text{ mm/h}$$

$$i_{500} = 107.89 \text{ mm/h}$$

$$Q_{30} = 3.41 \text{ mc/s}$$

$$Q_{200} = 5.15 \text{ mc/s}$$

$$Q_{500} = 5.98 \text{ mc/s}$$

Tronco di asta idrografica n° 2:

$$i_{30} = 33.44 \text{ mm/h}$$

$$i_{200} = 50.5 \text{ mm/h}$$

$$i_{500} = 58.7 \text{ mm/h}$$

$$Q_{30} = 18.06 \text{ mc/s}$$

$$Q_{200} = 27.28 \text{ mc/s}$$

$$Q_{500} = 31.70 \text{ mc/s}$$

Come visto in precedenza, gli impluvi indagati appartengono ad un reticolo idrografico che presenta una pendenza media longitudinale del percorso idraulico principale pari a circa il 3%; in occasione di eventi meteorici intensi è facile attendere regimi di deflusso dal carattere torrentizio. Per quanto riguarda l'impluvio disposto ad Est tra i due indagati in questa sede, i calcoli della massima portata di piena conducono a valori delle punte cinquecentennali di poco inferiori a 6 mc/sec; considerando cautelativamente una pendenza media dei versanti di sponda laterale del tronco pari al 4% (i valori desumibili dai rilievi topografici risultano più elevati nella realtà), è possibile valutare, in questa fase preliminare, una corrente idrica di piena cinquecentennale caratterizzata dalle seguenti condizioni di moto uniforme:

H=	100	cm	(Altezza sezione)
b=	0	cm	(Base minore sezione)
B=	5000	cm	(Base maggiore)
<i>Angolo</i>	87.7538774	gradi	
<i>Area=</i>	25.00	m ²	
Pendenza	3	%	
K	40	Coefficiente di scabrezza di Gauckler - Strickler	
Portata di progetto	5.98	mc/sec	

H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico (ml)	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
5.00	255.14	0.06	0.02	0.0377	0.5920
10.00	510.29	0.25	0.05	0.2396	0.9398
15.00	765.43	0.57	0.07	0.7064	1.2315
20.00	1020.58	1.02	0.10	1.5214	1.4919
25.00	1275.72	1.59	0.12	2.7585	1.7312
30.00	1530.87	2.29	0.15	4.4856	1.9549
35.00	1786.01	3.12	0.17	6.7662	2.1665
40.00	2041.16	4.08	0.20	9.6603	2.3682
45.00	2296.30	5.16	0.22	13.2250	2.5616
50.00	2551.44	6.37	0.25	17.5153	2.7481
55.00	2806.59	7.71	0.27	22.5838	2.9283
60.00	3061.73	9.18	0.30	28.4818	3.1032
65.00	3316.88	10.77	0.32	35.2587	3.2733
70.00	3572.02	12.49	0.35	42.9627	3.4391
75.00	3827.17	14.34	0.37	51.6409	3.6010
80.00	4082.31	16.32	0.40	61.3390	3.7593
85.00	4337.46	18.42	0.42	72.1020	3.9143
90.00	4592.60	20.65	0.45	83.9738	4.0664
95.00	4847.74	23.01	0.47	96.9974	4.2156
100.00	5102.89	25.49	0.50	111.2151	4.3623

La portata di progetto defluisce con i seguenti dati

H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico (ml)	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
33.42	1705.21	2.847	0.167	5.980	2.101

In definitiva la piena cinquecentennale determina, in condizioni di moto uniforme, un deflusso idrico concentrato lungo il tronco di asta che interessa una fascia di territorio di larghezza complessiva pari a circa 15/20 metri, con un fronte d'onda che ha altezza di pelo libero pari a 33,4 cm e velocità di scorrimento superiore a 2 m/sec.

Parimenti, per il secondo dei due tronchi di impluvio indagati, la piena cinquecentennale, sempre ipotizzando la corrente idrica in moto uniforme, determina un deflusso concentrato interessante una fascia di territorio ampia complessivamente 35 m circa, fluente con velocità superiore a 3 m/sec e altezza di pelo libero di circa 62 cm:

H=	100	cm	(Altezza sezione)
b=	0	cm	(Base minore sezione)
B=	5000	cm	(Base maggiore)
<i>Angolo</i>	87.7538774	gradi	
<i>Area=</i>	25.00	mq	
Pendenza	3	%	
K	40	Coefficiente di scabrezza di Gauckler - Strickler	
Portata di progetto	31.7	mc/sec	

H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico (ml)	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
5.00	255.14	0.06	0.02	0.0377	0.5920
10.00	510.29	0.25	0.05	0.2396	0.9398
15.00	765.43	0.57	0.07	0.7064	1.2315
20.00	1020.58	1.02	0.10	1.5214	1.4919
25.00	1275.72	1.59	0.12	2.7585	1.7312
30.00	1530.87	2.29	0.15	4.4856	1.9549
35.00	1786.01	3.12	0.17	6.7662	2.1665
40.00	2041.16	4.08	0.20	9.6603	2.3682
45.00	2296.30	5.16	0.22	13.2250	2.5616
50.00	2551.44	6.37	0.25	17.5153	2.7481
55.00	2806.59	7.71	0.27	22.5838	2.9283
60.00	3061.73	9.18	0.30	28.4818	3.1032
65.00	3316.88	10.77	0.32	35.2587	3.2733
70.00	3572.02	12.49	0.35	42.9627	3.4391
75.00	3827.17	14.34	0.37	51.6409	3.6010
80.00	4082.31	16.32	0.40	61.3390	3.7593
85.00	4337.46	18.42	0.42	72.1020	3.9143
90.00	4592.60	20.65	0.45	83.9738	4.0664
95.00	4847.74	23.01	0.47	96.9974	4.2156
100.00	5102.89	25.49	0.50	111.2151	4.3623

La portata di progetto defluisce con i seguenti dati

H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico (ml)	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
62.46	3187.15	9.945	0.312	31.700	3.187

Ovviamente le condizioni di deflusso diventano meno gravose in termini di aree soggette ad allagamento, laddove si considerino le piene duecentennali piuttosto che quelle trentennali.

Considerando la configurazione planimetrica di progetto, tali considerazioni conducono alla asserzione che anche in occasione di eventi meteorici particolarmente critici, la morfologia del territorio induce i deflussi concentrati ad interessare aree libere da opere di impianto che, pertanto, non costituiscono interferenze con gli stessi e non rischiano di alterare il regime idraulico del territorio.

In ogni caso la tipologia di opere previste e le modalità di esecuzione delle stesse comporta una alterazione molto limitata del piano campagna, trattandosi di opere "puntuali" ovvero di scarsissima superficie planimetria occupata. Il piano campagna non subirà alterazioni significative a seguito della realizzazione di viabilità di campo ovvero di interrimento di cavidotti; le recinzioni perimetrali risultano da realizzare con montanti infissi nel terreno, in rete metallica a maglia larga, prive di cordoli o altri elementi costruttivi fuori terra che possano alterare i regimi di deflusso superficiale; i tracker non costituiscono ostacoli significativi al deflusso; gli scavi saranno realizzati e ripristinati alla configurazione ante operam; tutto ciò conforta, in questa fase di indagine, sul rischio di interferenze che possano peggiorare la condizione di sicurezza idraulica associabile al territorio.

Taranto, li 22/07/2024

Il Tecnico
Ing. Luca GIANANTONIO