

REGIONE SICILIA

Libero Consorzio Comunale di Enna

COMUNE DI PIAZZA ARMERINA



01	EMISSIONE PER ENTI ESTERNI	22/12/23	NASTASI M.	BELFIORE G.	DI MARI C
00	EMISSIONE PER COMMENTI	07/12/23	NASTASI M.	BELFIORE G.	DI MARI C
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.

Committente:

DS ITALIA 9 S.r.l.

Via del Plebiscito, 112, 00186 ROMA (RM)
Partiva I.V.A. 16380491007 – P.E.C.: dsitalia9@legalmail.it

DSIT9

DVP SOLAR
EVERWOOD GROUP

Società di Progettazione:



Ingegneria & Innovazione

Via Jonica, 16 – Loc. Belvedere 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409
Web: www.antexgroup.it e-mail: info@antexgroup.it

Progetto:

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "PIAZZA ARMERINA"

Progettista/Resp. Tecnico:

ANTONINO
SIGNORELLO
21.12.2023
10:50:34 della Provincia di Catania
GMT+01:00 n° 6105 sez. A

Elaborato:

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Geologo:

MILKO
NASTASI
20.12.2023
10:50:37
GMT+00:00
Dott. Geol. Milko Nastasi
Ordine Regionale
dei Geologi di Sicilia
n° 3139 sez. A

Scala:

NA

Nome DIS/FILE:

C22006S05-PD-RT-02-01

Allegato:

1/1

F.to:

A4

Livello:

DEFINITIVO

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.
È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.



Documento informatico firmato digitalmente
ai sensi dell'art. 24 D. Lgs. 82/2005 e ss.mm.ii.

Indice

1. PREMESSA.....	3
2. FASI DI LAVORO	3
3. ASPETTI GEOGRAFICI E MORFOLOGICI.....	4
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	6
5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E IDROLOGICO.....	9
6. CONSIDERAZIONI IDRAULICHE E IDROLOGICHE	11
6.1 STUDIO IDROLOGICO E CALCOLO DELLA PORTATA DI PROGETTO.....	11
6.2 STUDIO IDRAULICO	17
Impluvio 1:.....	18
Impluvio 2:.....	20
7. CONSIDERAZIONI SULLA CARTOGRAFIA PAI.....	23
8. POSA DEL CAVIDOTTO	23
9. OPERE IDRAULICHE	24
CONCLUSIONI	27

Indice delle figure

Figura 1 - Corografia della zona in scala 1:25000.....	4
Figura 2 - Mappa dei vari comuni interessati dall'impianto in progetto	5
Figura 3 - Modello 3d dell'area con litologia e area d'impianto in evidenza	8
Figura 4 - Ubicazione dell'area rispetto agli impluvi presenti	12
Figura 5 - Mappa di allegamento impluvio 1 per Tempo di ritorno 200 anni.....	18
Figura 6 - Sezioni trasversali significative dell'impluvio 1.....	20
Figura 5 - Mappa di allegamento impluvio 1 per Tempo di ritorno 200 anni.....	21
Figura 8 - Sezioni trasversali significative dell'impluvio 2.....	22

Allegati alla relazione:

- All. 1 - Corografia, scala 1:25000;
All. 2 - Carta idrografica, 1:10000.

1. PREMESSA

Per conto della società proponente, DS Italia 9 S.r.l., la società Antex Group S.r.l. ha redatto il progetto definitivo relativo alla realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare, denominato **Impianto Agrivoltaico "Piazza Armerina"** da realizzarsi nel territorio del Comune di Piazza Armerina, appartenente al Libero Consorzio Comunale di Enna. Il progetto prevede l'installazione di n. 80.108 moduli fotovoltaici da 690 Wp ciascuno, su strutture fisse, per una potenza complessiva pari a 55.274 kWp. Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete elettrica nazionale tramite la posa di un cavidotto interrato su strade esistenti e la realizzazione di una nuova cabina utente per la consegna collegata in antenna a 36 kV con una nuova stazione di trasformazione a 150/36 kV della RTN da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 150 kV "Nicoletti – Valguarnera", che dovrà essere collegata, tramite due nuovi elettrodotti RTN a 150 kV, con una futura SE RTN 380/150 kV da inserire sul futuro elettrodotto RTN a 380 kV "Chiaramonte Gulfi -Ciminna" previsto nel Piano di Sviluppo Terna.

Le attività di progettazione definitiva e di studio di impatto ambientale sono state sviluppate dalla società di ingegneria Antex Group Srl. Antex Group Srl è una società che fornisce servizi globali di consulenza e management ad Aziende private ed Enti pubblici che intendono realizzare opere ed investimenti su scala nazionale ed internazionale.

È costituita da selezionati e qualificati professionisti uniti dalla comune esperienza professionale nell'ambito delle consulenze ingegneristiche, tecniche, ambientali, gestionali, legali e di finanza agevolata e pone a fondamento delle attività, quale elemento essenziale della propria esistenza come unità economica organizzata ed a garanzia di un futuro sviluppo, i principi della qualità, come espressi dalle norme ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001 nelle loro ultime edizioni.

2. FASI DI LAVORO

Al fine di verificare le condizioni idrologiche e idrauliche dell'area e degli immediati dintorni, è stato redatto uno studio idrologico e idraulico analizzando i dati degli ultimi 20 anni di annali idrologici della Sicilia.

-Le norme, alla quale si è fatto riferimento sono elencate di seguito:

- *Piano di tutela delle acque secondo Ordinanza n. 333 del 24/12/2008;*
- *le linee guida edite dall'A.R.T.A. nell'ambito del Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.);*
- *Norme di Attuazione del P.A.I. (Aggornate con Delibera G.R. n. 17/14 del 26 aprile 2006).*

3. ASPETTI GEOGRAFICI E MORFOLOGICI

Al fine di verificare la fattibilità del progetto in esame e definire al meglio il modello geologico in fase di progetto definitivo, è stato eseguito uno studio geologico, geomorfologico e idrogeologico delle aree in esame, spinte fino ad un intorno utile a definire le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni interessati.

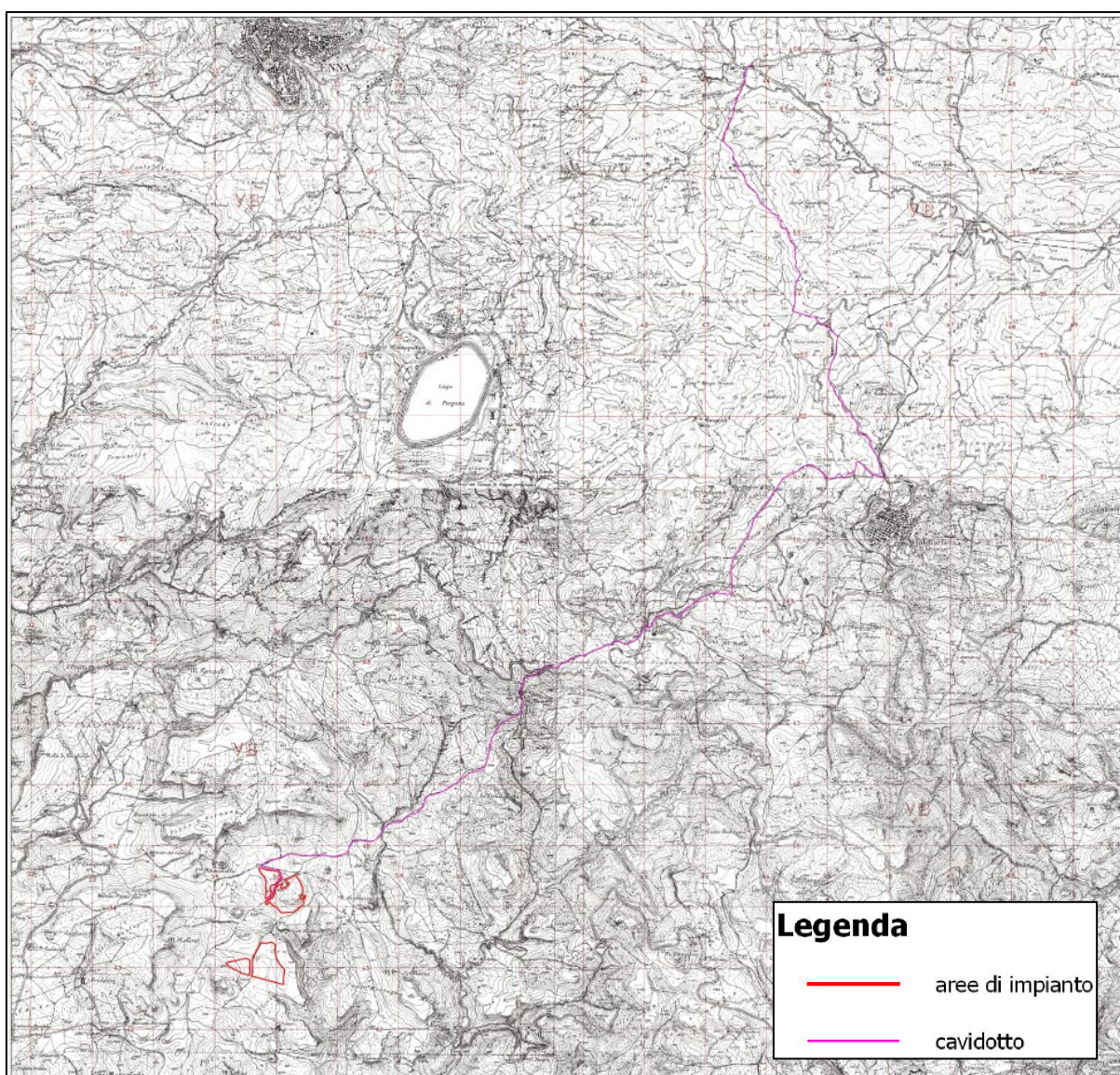


Figura 1 - Corografia della zona in scala 1:25000

L'area sulla quale è in progetto l'impianto fotovoltaico ricade nel Foglio 268 II NO Friddani.

Le quote relative all'impianto vanno dai 584 ai 514 m.s.l.m. e si trova a NO di Piazza Armerina e NE di Barranfranca in prossimità della strada Consortile Geracello Ramursura Sant'Antonio.

L'area di intervento è individuata sulla cartografia tecnica della Regione Sicilia in scala 1:10000, più precisamente all'interno delle CTR n° 621160 e 631120 all'interno del territorio di territorio comunale di Piazza Armerina, mentre la connessione sarà ubicata nel comune di Enna.

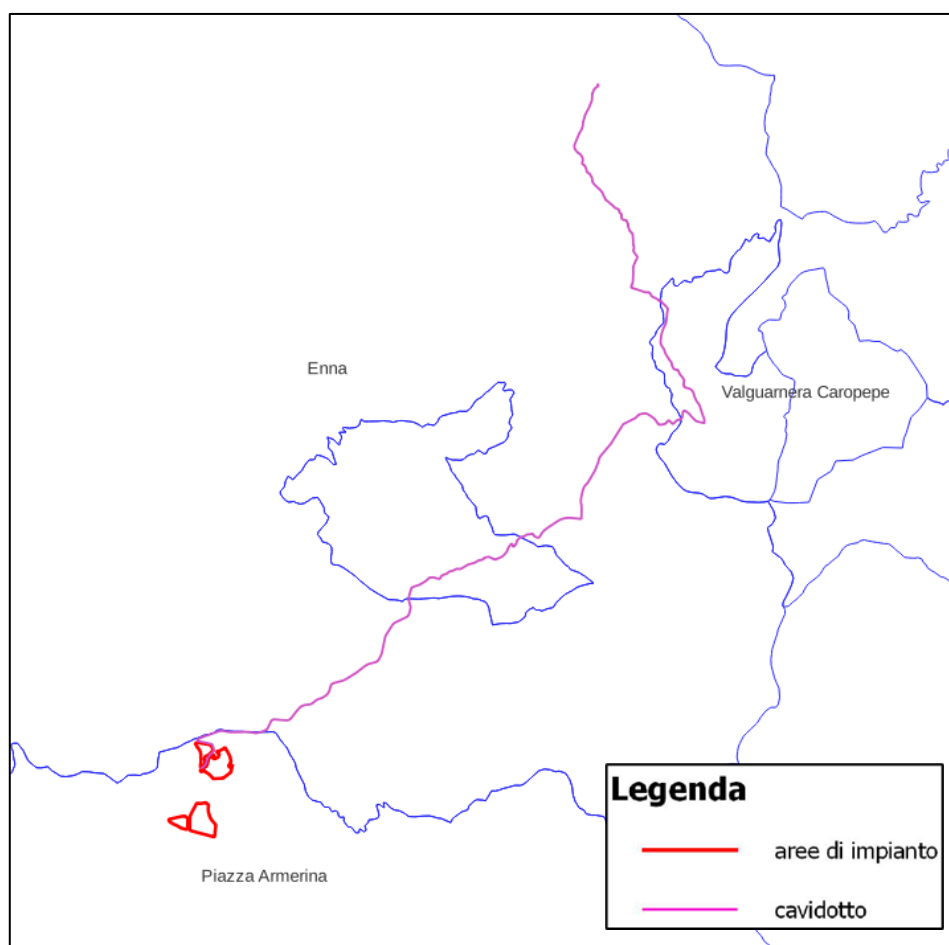


Figura 2 - Mappa dei vari comuni interessati dall'impianto in progetto

La morfologia dell'area in oggetto è in stretta relazione con la natura dei terreni affioranti e con le vicissitudini tettoniche che, nel tempo, l'hanno interessata.

Ci troviamo in un contesto collinare, di natura per lo più argillosa, con diversi impluvi che attraversano i versanti dai quali scorrono le acque piovane che vanno poi a finire nei torrenti vicini.

L'area è situata perlopiù su un versante digradante verso E con una pendenza media intorno al 10-15%, si presenta molto frastagliato

I fenomeni che possono generarsi sono quelli di erosione di tipo interrill che viene identificata come quella forma di erosione che offre il maggior contributo al processo di degradazione del suolo.

Il processo fisico che la determina nasce quindi dalla combinazione di due sottoprocessi, ossia distacco e trasporto ad opera dell'azione impattante della goccia sul suolo (splash erosion) e trasporto di sedimento ad opera del sottile strato di acqua (lama d'acqua) sul terreno (sheet erosion). Le precipitazioni sono pertanto da identificarsi quale principale fattore di innesco dell'erosione idrica causando il distacco di particelle di terreno.

La concomitanza di una serie di fattori tra cui in particolare la scarsa pendenza del sito, il rapido ripristino del manto erboso, la diminuzione dell'energia di impatto degli scrosci piovosi al suolo dovuta all'effetto coprente dei moduli, ecc. ..., consentirà di arginare questi fenomeni erosivi.

L'impatto per sottrazione di suolo viene considerato poco significativo in quanto l'unica sottrazione di terreno si ha dall'infissione dei pali nel terreno che sostengono i moduli.

Una volta posati i moduli, l'area sotto i pannelli resta libera e subisce un processo di rinaturalizzazione spontanea che porta in breve al ripristino del soprassuolo originario, temporaneamente alterato dalle fasi di cantiere.

Alla dismissione dell'impianto, lo sfilamento dei pali di supporto garantisce l'immediato ritorno alle condizioni ante opera del terreno. Gli impatti in fase di cantiere si limitano al calpestio del cotico erboso superficiale da parte dei mezzi, che sono previsti di capienza massima 40 t (autocarri per la consegna dei pannelli).

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'odierna configurazione geologica del Mediterraneo centrale è dominata dall'Orogene Appenninico-Maghrebide il quale costituisce la dorsale montuosa che dall'Appennino meridionale, attraverso l'Arco calabro-peloritano e la Sicilia, prosegue oltre il Canale di Sicilia verso le coste del Maghreb in Africa settentrionale. Questa struttura fortemente arcuata è legata ai processi d'indentazione del blocco pelagiano (TAPPONNIER, 1977; BEN-AVRAHAM et alii, 1990), che hanno causato i processi di rifting nel bacino tirrenico lungo la sutura tra il blocco sardo-corso e quello apulo. La conseguente estrusione laterale dell'Arco Calabro verso il dominio ionico è stata favorita dalla rotazione antioraria del settore appenninico e oraria di quello siciliano (OLDOW et alii, 1990; CHANNEL et alii, 1990; CHANNEL, 1992; SCHEEPERS et alii, 1993). L'evoluzione della catena e la migrazione dei thrust

lungo il settore di catena siciliano sono stati spesso correlati a rotazioni orarie determinate con metodi paleomagnetici (CHANNEL et alii, 1990; GRASSO et alii, 1987; OLDOW et alii, 1990; SPERANZA et alii, 1999; 2003).

In Sicilia centro-orientale affiora una parte dell'Orogene Appenninico-Maghrebide. Questo costituisce un segmento delle catene perimediteranee la cui evoluzione è il risultato di una serie di processi legati alla convergenza tra Africa ed Europa nell'intervallo Cretacico superiore-Quaternario. I processi di convergenza tra i due blocchi principali, complicati dall'interposizione di microplacche continentali (ALVAREZ, 1976; OGNIBEN, 1985; GUERRERA et alii, 1993), sarebbero stati marcati da una prima subduzione, nel Cretacico superiore-Eocene, di litosfera oceanica tetidea al di sotto della placca africana (dominio australpino) o di una placca mesomediterranea (calabride), con conseguente collisione continentale nell'Eocene-Oligocene e formazione di una catena eo-alpina Europa-vergente (HACCARD et alii, 1972; AMODIO-MORELLI et alii, 1976; BOCCALETTI et alii, 1977; TORTORICI, 1983). Successivamente, nel Paleogene-Miocene inferiore, si sarebbe verificata una seconda subduzione di litosfera assottigliata di pertinenza africana al di sotto del margine europeo e/o calabride, seguita da processi collisionali con conseguente formazione della catena appenninico-maghrebide Africa-vergente e, nel Neogene-Quaternario, dall'apertura del bacino tirrenico al retro (MOSTARDINI & MERLINI, 1986; CELLO et alii, 1989; ROURE et alii, 1990; MONACO et alii, 1998; CATALANO et alii, 2004a). In questo contesto i principali elementi strutturali che caratterizzano il sistema orogenico della catena appenninico-maghrebide sono costituiti da un dominio di avampaese, un dominio di catena ed infine dal dominio tirrenico.

Gruppo di Geracello

Il gruppo di Geracello comprende una successione argillosa-sabbioso-arenacea che poggia in discordanza sui depositi miocenici rappresentati dalla formazione Terravecchia, dal Tripoli e dal gruppo Gessoso-solfifera, e su quelli pliocenici costituiti dai Trubi e dai sedimenti della formazione di Enna. Esso corrisponde al ciclo sedimentario del Gelasiano-Calabriano (RODA, 1968) ed è costituito da due unità litostratigrafiche, le argille marnose di Geracello alla base, passanti con rapporti di eteropia latero-verticale, alle sabbie di Lannari, facies regressiva di chiusura del ciclo.

Argille marnose di Geracello (GER)

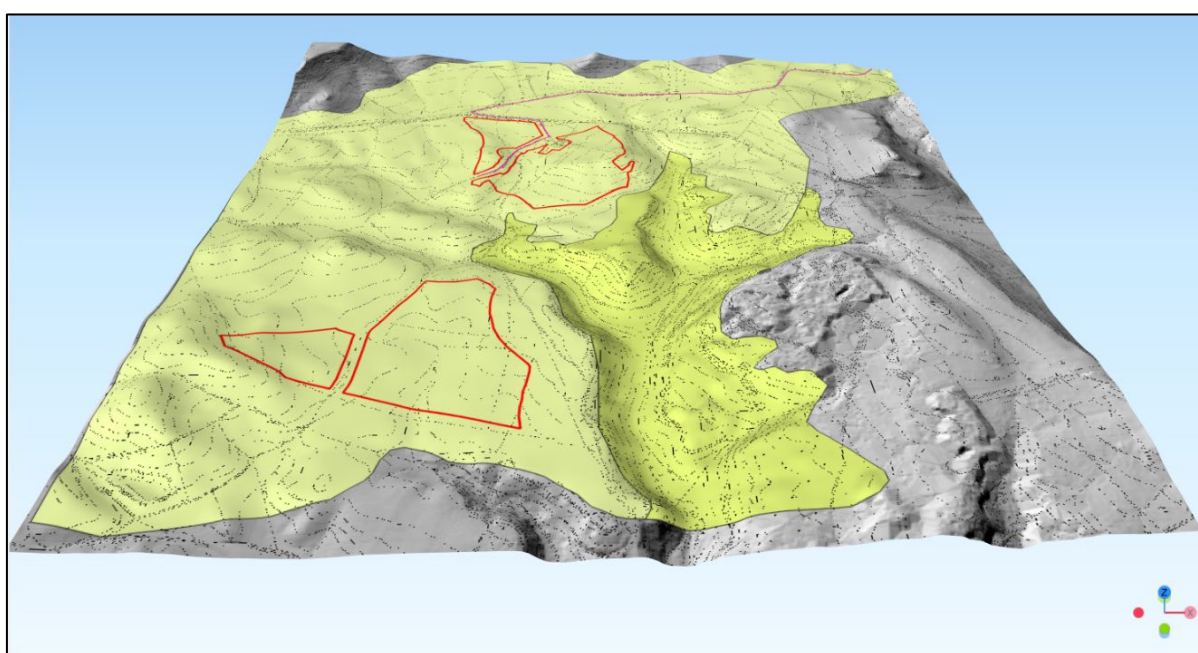
I sedimenti di questa formazione (RODA, 1968) affiorano prevalentemente nelle zone meridionali del Foglio "Caltanissetta-Enna", occupando il nucleo delle maggiori sinclinali come quella dell'area di Caltanissetta e del F. Salso. Essa è costituita da una monotona sequenza di argille marnoso-siltose, di colore da grigio-azzurre a grigio-giallastre, contenenti talora rari livelli centimetrici di sabbie giallastre

a granulometria fine. La base di questa successione pelitica è talora marcata da un intervallo (GERa), potente fino a circa 70-80 metri, costituito da argille sabbiose e sabbie argillose contenenti frequenti intercalazioni lenticolari di banchi di sabbie ed arenarie, caratterizzate talora da stratificazione incrociata a basso angolo. Nelle porzioni basali, sono a tratti presenti livelli calcarenitici e intercalazioni lentiformi decimetriche di conglomerati poligenici. Talora i livelli argillosi contengono orizzonti ricchi in macrofauna costituita da prevalenti lamellibranchi e gasteropodi, tra cui si riconoscono *Natica* sp., *Turritella* sp. *Cardium* sp. e *Venus* sp.

Trubi

La successione pelagica dei Trubi (DEL FRATI, 2007) poggia con contatto discordante sui sedimenti del gruppo Gessoso Solifera affiorando al nucleo delle maggiori sinclinali e trovando le migliori esposizioni nei pressi della città di Enna e nell'area di Pietraperzia.

Si tratta di un'alternanza di marne calcaree e calcari marnosi bianchi a foraminiferi planctonici organizzati in strati decimetrici generalmente intensamente fratturati.



Legenda

- aree di impianto
- ARGILLE MARNOSE DI GERACELLO: La base della successione pelitica è talora marcata da un intervallo (GERa) potente fino a circa 70-80 metri costituita da argille- sabbiose e sabbie argillose contenenti frequenti intercalazioni lenticolari di sabbie
- cavidotto
- ARGILLE MARNOSE DI GERACELLO: Monotona successione di argille marnose e siltose di colore grigio-azzurro, talora biancastro, a stratificazione in genere indistinta, contenenti a volte sporadici livelli centimetrici di sabbie grigio-giallastre.
- TRUBI: alternanza di marne calcaree e calcari marnosi bianchi a foraminiferi planctonici organizzati in strati decimetrici generalmente intensamente fratturati
- FORMAZIONE TERRAUECCHIA: Marni argillose ed argille marnoso-siltose di colore da grigio-azzurro a bruno con intercalazioni lenticolari di banchi di sabbie quarzose ed arenarie contenenti livelli conglomeratici eterometrici.

Figura 3 - Modello 3d dell'area con litologia e area d'impianto in evidenza

Formazione terravecchia

I sedimenti di questa formazione attribuibili in parte alla formazione Terravecchia (SCHMIDT DI FRIEDBERG, 1962) e in parte alla formazione Licata (OGNIBEN, 1954), affiorano prevalentemente nelle zone settentrionali del Foglio "Caltanissetta-Enna", nell'area compresa tra S. Caterina Villarmosa a ovest e Calascibetta Enna ad est, e al nucleo delle anticlinali dell'area di Caltanissetta. Essa è costituita da una monotona sequenza di marne argillose grigio-azzurre o brune con intercalazioni di strati o banchi di sabbie quarzose giallastre con livelli conglomeratici, potenti fino ad alcune decine di metri, che diventano prevalenti nell'intervallo sommitale (TRVa). La formazione è caratterizzata da notevole variabilità di facies e di spessori, la cui distribuzione permette di individuare sia le zone di margine che quelle depocentrali degli originari bacini localizzati nelle depressioni strutturali tra i principali fronti di accavallamento. I conglomerati presentano clasti eterometrici da piatti a sferici, arrotondati, di natura sia sedimentaria che cristallina di vario grado metamorfico.

La facies dei conglomerati suggerisce una deposizione in sistemi fluviali anastomizzati, con larghi settori di non deposizione dovuti a by-pass di materiale fluviale (BUTLER & GRASSO, 1993).

Nelle porzioni meridionali del Foglio "Caltanissetta-Enna", al nucleo delle anticlinali che caratterizzano l'area tra Caltanissetta e Pietraperzia, ai sedimenti marnosi della Formazione Terravecchia si intercalano potenti orizzonti di argille brecciate (TRVb). Questi corpi, interpretati come il risultato di scivolamenti gravitativi (olistostromi) di masse argillose (OGNIBEN, 1954) o, secondo le interpretazioni più recenti, il prodotto di processi di mud-diapirism (MONACO & TORTORICI, 1996; CATALANO et alii, 2002), sono costituiti da una matrice argillosa con tessitura da brecciata a cataclastica, contenente frammenti angolosi di argille e marne provenienti sia dalle sottostanti argille brune numidiche e dalle successioni sicilidi, sia dalle stesse marne della formazione Terravecchia.

5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E IDROLOGICO

I fattori che condizionano la circolazione idrica sotterranea sono molteplici, ma tutti riconducibili alle caratteristiche idrologiche dei terreni; queste ultime sono stimate in fase di rilevamento in maniera qualitativa.

Com'è noto le proprietà idrogeologiche dei terreni valutabili qualitativamente durante le fasi di rilevamento di campagna sono: il tipo di permeabilità, identificabile nella natura genetica dei meati (primaria o per porosità, e secondaria o per fessurazione, ed il grado di permeabilità relativa definibile in prima analisi attraverso le categorie elevato, medio, scarso e impermeabile a cui sono associabili ampi

intervalli di variazione del valore della conducibilità idraulica, (Civita, 1973; Bureau of Reclamation, 1985; Celico, 1988). Oltre alle caratteristiche di permeabilità dei litotipi risultano di grande interesse idrogeologico anche le struttura e le geometrie superficiali e sepolte.

Dal punto di vista idrografico sono stati individuati, oltre agli impluvi presenti sul geoportale e sulla CTR, altri impluvi osservati sia in campo che da DTM a 2m della Regione Sicilia dai quali è stato eseguito uno studio idraulico descritto nella relazione idrologica e idraulica.

Dal punto di vista della "permeabilità", cioè dell'attitudine che hanno le rocce nel lasciarsi attraversare dalle acque di infiltrazione efficace, si possono distinguere vari tipi di rocce:

- rocce impermeabili, nelle quali non hanno luogo percettibili movimenti d'acqua per mancanza di meati sufficientemente ampi attraverso i quali possono passare, in condizioni naturali di pressione, le acque di infiltrazione;
- rocce permeabili, nelle quali l'acqua di infiltrazione può muoversi o attraverso i meati esistenti fra i granuli che compongono la struttura della roccia (permeabilità per porosità e/o primaria), o attraverso le fessure e fratture che interrompono la compagine della roccia (permeabilità per fessurazione e fratturazione e/o secondaria).

Inoltre, in alcuni litotipi si manifesta una permeabilità "mista", dovuta al fatto che rocce aventi una permeabilità primaria, sottoposte a particolari genesi, acquistano anche quella secondaria.

Le formazioni litologiche affioranti nell'area rilevata, in base alle loro caratteristiche strutturali ed al loro rapporto con le acque di precipitazione, sono state classificate in una scala di permeabilità basata sulle seguenti classi:

1. rocce permeabili
2. rocce a permeabilità media per porosità;
3. rocce impermeabili;

L'impianto sorgerà su terreni per lo più argillosi, per cui la si può dire che i terreni sono impermeabili.

Per quanto riguarda l'impatto operato dall'impianto sul regime idraulico ed idrologico dell'area, anche in relazione al deflusso delle acque meteoriche, in aggiunta a quanto già asserito, si può considerare quanto segue:

- L'area di progetto risulta ben stabilizzata, con riferimento al rapporto fra suolo e acque meteoriche: nel tempo non è stata sede né di erosioni e colamenti, né di allagamenti o impaludamenti temporanei a seguito di eventi meteorici intensi.
- La superficie del campo fotovoltaico resterà permeabile e allo stato naturale; pertanto, il regime di infiltrazione non verrà alterato.

- Si eviterà la compattazione diffusa e il formarsi di sentieramenti, che possono fungere da percorsi di deflusso preferenziale per l'acqua.
- Per quanto concerne la quantità delle acque, dal punto di vista dell'idrografia di superficie il progetto può quindi essere inserito nell'attuale contesto idrologico senza provocare alcuna mutazione nei deflussi dei canali esistenti.
- La presenza del campo fotovoltaico non interferisce con i normali processi di infiltrazione, accumulo e scorrimento superficiale delle acque meteoriche.

6. CONSIDERAZIONI IDRAULICHE E IDROLOGICHE

Nell'area oggetto di studio sono presenti diversi impluvi che saranno oggetto di studio idrologico e idraulico. Per tale ragione, sono state impiegate relazioni della letteratura di settore per ottenere le portate di progetto ed eseguite modellazioni idrauliche per valutare le aree inondabili mediante software Hec-Ras.

6.1 STUDIO IDROLOGICO E CALCOLO DELLA PORTATA DI PROGETTO

I bacini idrografici individuati per ciascuno degli impluvi studiati, sono riportati nella Figura seguente.

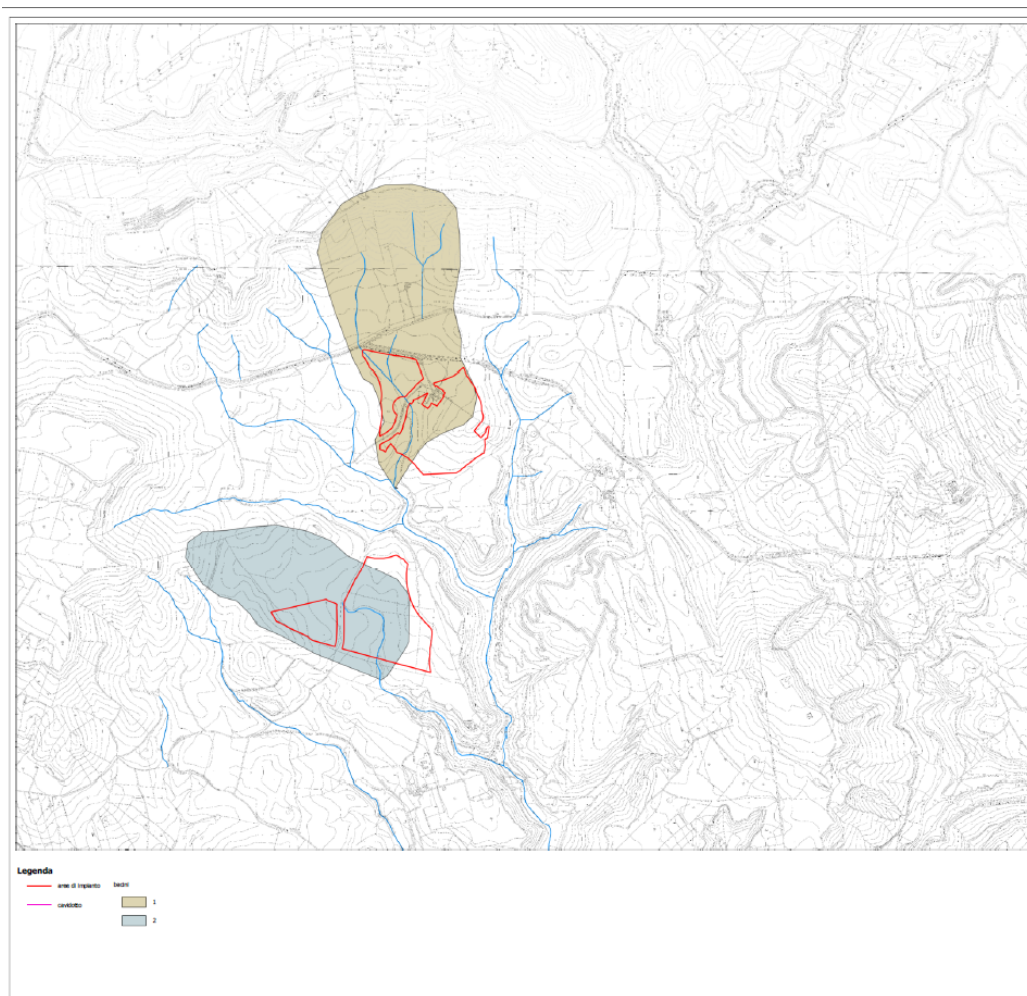


Figura 4 - Ubicazione dell'area rispetto agli impluvi presenti

Per quanto concerne lo studio idrologico, sono stati considerati i dati di pioggia intensa di durata 1, 3, 6, 12 e 24 ore, misurati nella stazione pluviografica di Piazza Armerina.

I massimi annuali di piogge, estratti dagli annali idrologici, sono stati oggetto di uno studio statistico con lo scopo di ottenere le curve di probabilità pluviometrica, per tempi di ritorno pari a 200 anni.

Di seguito vengono riportati i massimi annuali di pioggia misurati nella stazione pluviografica di Piazza Armerina, i valori di media e scarto quadratico medio.

Tabella 1 – Elenco dati pluviometrici stazione di Piazza Armerina

Anno	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
2017	35.00	35.20	41.20	52.10	69.20
2016	30.00	41.80	41.80	48.50	77.40
2015	56.80	59.60	59.80	59.80	59.80
2014	13.30	40.50	65.00	83.00	137.40
2013	34.20	36.00	36.60	53.00	74.60
2012	13.00	35.60	53.00	80.00	117.00
2011	32.00	35.00	51.60	64.60	78.60
2010	41.60	43.80	54.40	87.00	113.00
2009	42.00	67.00	67.20	67.20	67.20
2008	16.00	25.40	40.20	58.40	91.00
2007	35.80	38.80	60.00	103.00	154.20
2006	11.40	16.00	22.60	23.60	28.60
2005	16.60	22.40	30.40	46.80	50.00
2004	19.80	22.00	23.00	32.20	45.20
2003	12.60	34.00	52.40	57.80	65.40
2002	25.40	30.20	34.20	47.80	61.80
2001	41.00	78.40	89.60	156.60	177.80
2000	32.60	48.40	81.60	86.60	98.80
1999	37.80	66.20	102.00	123.00	138.40
1998	14.40	19.60	30.60	40.60	74.20
1997	15.20	31.00	50.20	72.40	104.40
1996	15.00	26.40	35.20	44.00	46.60
1995	30.20	30.80	39.80	45.60	47.80
1994	29.20	64.60	71.00	71.20	75.00
1993	16.80	30.80	31.60	50.00	53.00
1992	20.00	42.60	70.60	94.20	160.20
1991	24.00	33.60	45.00	48.80	51.00
1990	17.60	30.20	36.40	41.00	50.40
1989	23.20	25.60	29.00	57.40	80.40
1988	60.00	77.20	83.80	85.40	91.00
1987	40.00	47.80	47.80	48.80	59.20
1986	26.20	33.00	34.00	34.00	34.20
1985	28.20	30.20	41.00	46.60	69.00
1984	31.00	57.00	63.40	74.60	95.80
1983	14.20	25.40	37.00	68.00	115.20
1982	24.60	32.20	35.00	35.20	35.40
1981	18.00	30.40	30.40	31.40	37.00
1980	18.00	35.00	56.00	79.80	90.80
1979	36.00	36.40	36.40	36.40	36.60
1978	93.00	106.00	109.20	195.60	225.40
1977	21.00	37.00	37.40	37.60	44.00
1976	35.20	55.00	55.00	55.00	81.00
1975	36.00	36.00	38.20	39.00	57.00
1974	28.40	30.60	52.40	77.40	119.00
1973	39.40	40.60	52.60	52.60	61.40
1972	35.20	38.40	38.40	38.40	38.40
1971	30.60	36.20	36.20	36.20	36.40
1970	40.00	62.00	75.20	80.60	84.40
1969	12.80	30.60	48.40	66.60	113.60
1968	13.00	26.40	52.20	85.00	117.00
1967	40.60	64.60	78.00	78.00	79.60
1966	25.40	36.00	57.00	90.40	98.20

Tabella 2 – media e deviazione standard dei dati pluviometrici nella Tabella precedente

	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
$\mu(h_t)$	28.71	40.79	50.98	65.03	82.33
$\sigma(h_t)$	14.66	17.39	19.64	31.36	40.85

Nello specifico, è stato raccolto un campione di oltre 20 anni di osservazioni di piogge di massima intensità e adattata una curva parametrica di probabilità definita dalla legge di Gumbel, riportata di seguito.

$$p(x) = \alpha \cdot e^{-\alpha \cdot (x-u)} - e^{-\alpha \cdot (x-u)}$$

Ottenuti i parametri della funzione di Gumbel (α e u), adattati al campione a disposizione, sono state costruite le curve di probabilità pluviometrica (con parametri α ed n) per durata di pioggia comprese tra 1 e 24 ore, mediante metodo tradizionale.

I parametri di Gumbel e le equazioni di potenza delle curve di probabilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno sono riportate di seguito.

RELAZIONI DI GUMBEL

$$\alpha = \frac{1,283}{\sigma(x)}$$

$$u = \mu(x) - 0,45 \cdot \sigma(x)$$

Dove $\sigma(x)$ rappresenta lo scarto quadratico medio del campione di dati pluviometrici.

Tabella 3 – Parametri distribuzione di Gumbel adattata ai dati pluviometrici della stazione di Piazza Armerina

	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
α	0.09	0.07	0.07	0.04	0.03
β	22.12	32.96	42.14	50.92	63.95

CURVA DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

$$h = a t^n$$

Tabella 4 – Legge di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno da 10 a 200 anni

Tr	LEGGE DI PIOGGIA $h = a \times t^n$	
10 anni	→	$h=45.535 \times t^{0.3316}$
30 anni	→	$h=57.073 \times t^{0.3316}$
50 anni	→	$h=62.337 \times t^{0.3317}$
100 anni	→	$h=69.435 \times t^{0.3317}$
200 anni	→	$h=76.506 \times t^{0.3317}$

Considerato, tuttavia, che gli eventi di pioggia brevi seguono dinamiche meteorologiche differenti dagli eventi di pioggia di lunga durata, la curva di probabilità pluviometrica, costruita con riferimento alle piogge aventi durata compresa tra 1 e 24 ore, non può essere estrapolata per valori della durata t inferiore ad un'ora.

È stato però dimostrato che il rapporto tra l'altezza di pioggia $h_{t,T}$ con t minore di 60 minuti, e l'altezza di pioggia $h_{60,T}$ di durata pari a 60 minuti e pari tempo di ritorno T è relativamente poco dipendente dalla località e dipendente solo dalla durata t espressa in minuti. Il legame funzionale, per la regione Sicilia, può essere pertanto espresso nella forma seguente, utilizzando la formula di Ferreri-Ferro, in cui il coefficiente s è stato opportunamente calibrato da Ferro e Bagarello (*"Rainfall depth-duration relationship for South Italy", 1996*).

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60}\right)^{0.386}$$

Per questo studio, l'altezza di pioggia critica di durata inferiore all'ora è stata calcolata con riferimento ai tempi di corrivazione dei bacini idrografici selezionati per gli impluvi da studiare.

Il tempo di corrivazione è stato calcolato mediante le seguenti formule:

- **Formula di Giandotti**

$$tc = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{Hm - H0}} \quad \text{Eq. 1}$$

- **Formula di Kirpich**

$$tc = 0.066 \frac{L^{0.77}}{i^{0.385}} \quad \text{Eq. 2}$$

- **Formula di Pezzoli**

$$tc = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i}} \quad \text{Eq. 3}$$

dove la pendenza i dell'asta principale, espressa in %, deve essere divisa per 100.

Si riportano di seguito le geometrie di entrambi i bacini studiati.

Tabella 5 – Geometria del bacino idrografico relativo all'impluvio 1

CARATTERISTICHE BACINO E ASTA FLUVIALE	VALORE	U.M.
Area del bacino (S)	1.04	km ²
Quota massima del bacino (Hmax)	751	m s.l.m.
Quota minima del bacino (H0)	503	m s.l.m.
Quota media del bacino (Hm)	627	m s.l.m.
Lunghezza dell'asta principale	1.55	km
Quota minima dell'asta principale	503	m
Quota massima dell'asta principale	601	m
Pendenza media dell'asta principale	6.32	%

Tabella 6 – Geometria del bacino idrografico relativo all'impluvio 2

CARATTERISTICHE BACINO E ASTA FLUVIALE	VALORE	U.M.
Area del bacino (S)	0.72	km ²
Quota massima del bacino (Hmax)	624	m s.l.m.
Quota minima del bacino (H0)	507	m s.l.m.
Quota media del bacino (Hm)	565.5	m s.l.m.
Lunghezza dell'asta principale	0.64	km
Quota minima dell'asta principale	507	m
Quota massima dell'asta principale	540	m
Pendenza media dell'asta principale	5.17	%

Considerato che entrambi i bacini risultano essere inferiori ai 10 km², per il proseguo dei calcoli è stato adottato il tempo di corrivazione calcolato tramite la formula di Kirpich.

I risultati dei tempi di corrivazione per i due sono riportati di seguito:

- Bacino 1: tempo di corrivazione $t_{c1} = 0.268$ ore = 16 minuti
- Bacino 2: tempo di corrivazione $t_{c2} = 0.146$ ore = 8 minuti

Il calcolo della portata è stato effettuato successivamente attraverso il metodo razionale basato sull'ipotesi che l'idrogramma di piena venga approssimato ad un triangolo. Viene inoltre assunta l'ipotesi che la durata t_p della precipitazione di progetto P sia pari al tempo di corrivazione t_c . All'istante t_c , quando tutta la superficie del bacino concorre alla produzione del deflusso alla sezione di chiusura, la precipitazione cessa e la portata inizia a diminuire. Quindi anche t_a , (tempo di accumulo o di concentrazione) risulta esattamente uguale a t_c e t_p .

La formula per la portata di progetto Q_p espressa in m³/s è dunque definita come segue:

$$Q_p = \frac{CPA}{3.6t_c}$$

dove C è il coefficiente di deflusso adimensionale, P risulta essere la precipitazione critica espressa in mm, calcolata mediante la formula di Ferro Bagarello, A è la superficie del bacino idrografico espressa in km² e t_c il tempo di corrivazione espresso in ore.

Il risultato della portata di picco con tempo di ritorno 200 anni per entrambi i bacini è riportato nelle tabelle seguenti.

Tabella 7 – Portata di picco per tempo di ritorno 200 anni relativa all'impluvio 1

CALCOLO PORTATA DI PROGETTO CON TURAZZA		
tc scelto	0.268	ore
c	0.4	
h(tc,T)	46.01	mm
Qp	19.854	m³/s

Tabella 8 – Portata di picco per tempo di ritorno 200 anni relativa all'impluvio 2

CALCOLO PORTATA DI PROGETTO CON TURAZZA		
tc scelto	0.146	ore
c	0.4	
h(tc,T)	36.41	mm
Qp	19.943	m³/s

6.2 STUDIO IDRAULICO

Ottenute le portate di progetto per gli impluvi 1 e 2, considerate correnti lineari, è stata effettuata una modellazione idraulica con riferimento ad uno schema unidimensionale, tramite software HEC-RAS. Sviluppato dalla US Army Corps of Engineers, HEC-RAS è un software gratuito che permette di effettuare calcoli idraulici di moto a pelo libero, trasporto solido e qualità delle acque.

Il codice di calcolo è in costante evoluzione dalla fine degli anni '90 e l'attuale versione 5 presenta anche un'interfaccia GIS (RAS MAPPER) che permette la gestione e visualizzazione dei risultati del calcolo idraulico mono e bidimensionale sulla base di un modello digitale del terreno dell'area di indagine o su immagine satellitare.

Per il lavoro in oggetto, è stato dapprima caricato il DEM della regione Sicilia quindi generato il terrain tramite RAS MAPPER.

Successivamente, sono stati creati i dati geometrici (Geometric Data) formati da Rivers, Bank Lines, Flow Path e Cross Section ed impostate le condizioni al contorno del flusso in moto permanente (Steady Flow Data).

Questi dati di input sono stati incrociati nell'analisi di moto permanente (Steady Flow Analysis), impostando come regime di moto il caso misto.

I risultati ottenuti da quest'analisi sono mostrati di seguito.

Impluvio 1:

Per l'impluvio 1, considerata la portata di punta pari a 19.85 m³/s, per tempo di ritorno Tr di 200 anni, e condizioni al contorno di moto uniforme a monte e valle per pendenza del fondo alveo 5%, i tiranti idrici ottenuti dalla simulazione idraulica variano fino a 1.32 m ca.

L'area inondabile e le altezze idriche sono rappresentate graficamente nella Figura successiva.



Figura 5 – Mappa di allagamento impluvio 1 per Tempo di ritorno 200 anni

Il tabulato di calcolo del profilo idrico nell'impluvio 1 è mostrato nella Tabella seguente.

Tabella 9 – Tabulato di calcolo del profilo idraulico dell'impluvio 1 per tempo di ritorno 200 anni

HEC-RAS Plan: amerina_200 River: Impluvio1 Reach: Reach 2 Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Max Chl Dpth (m)	Crit W.S. (m)	Crit Depth (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 2	874	PF 1	8.80	549.96	550.35	1.18	550.40	0.44	550.53	0.050055	1.90	4.63	19.57	1.25
Reach 2	846.00	PF 1	8.80	548.55	549.04	1.51	549.07	0.52	549.17	0.046059	1.60	5.62	33.80	1.16
Reach 2	818.00	PF 1	8.80	546.77	547.48	1.91	547.61	0.83	547.83	0.047498	2.61	3.37	8.37	1.31
Reach 2	790	PF 1	8.80	545.40	546.02	2.01	546.13	0.73	546.39	0.054956	2.69	3.27	8.65	1.40
Reach 2	763.00	PF 1	8.80	544.92	545.95	3.01	545.95	1.03	545.95	0.000054	0.09	49.74	79.24	0.04
Reach 2	736.00	PF 1	8.80	544.04	544.37	2.17	544.37	0.32	544.45	0.015568	0.65	7.25	45.43	0.61
Reach 2	709	PF 1	8.80	543.11	543.73	1.81	543.73	0.62	543.86	0.030545	1.58	5.60	22.15	0.99
Reach 2	682.25	PF 1	8.80	541.62	541.97	0.36	542.10	0.49	542.35	0.128205	2.71	3.25	16.33	1.94
Reach 2	655.50	PF 1	8.80	540.82	540.97	0.31	540.98	0.16	541.05	0.024645	0.68	7.01	58.05	0.74
Reach 2	628.75	PF 1	8.80	539.53	539.65	0.28	539.74	0.21	539.98	0.099316	1.32	3.86	35.09	1.47
Reach 2	602	PF 1	8.80	538.49	538.78	0.46	538.82	0.33	538.98	0.021453	0.91	4.69	19.45	0.75
Reach 2	579.33	PF 1	8.80	537.33	537.87	0.54	537.87	0.54	537.96	0.015419	0.73	8.03	48.48	0.63
Reach 2	556.67	PF 1	8.80	536.90	537.41	0.51	537.41	0.51	537.44	0.006845	0.60	12.08	63.71	0.44
Reach 2	534	PF 1	8.80	536.35	536.86	0.51	536.91	0.56	537.02	0.097124	1.80	4.90	37.00	1.58
Reach 2	506.00	PF 1	8.80	534.66	534.96	0.32	535.02	0.35	535.14	0.039778	1.34	4.95	28.77	1.05
Reach 2	478.00	PF 1	8.80	532.69	533.09	0.40	533.20	0.50	533.44	0.073640	2.63	3.34	11.55	1.56
Reach 2	450.00	PF 1	8.80	531.16	531.59	0.43	531.63	0.47	531.79	0.046035	1.96	4.48	16.91	1.22
Reach 2	422	PF 1	8.80	529.85	530.31	0.52	530.34	0.49	530.47	0.047471	1.81	4.87	21.25	1.21
Reach 2	396.60	PF 1	8.80	527.72	528.25	0.52	528.41	0.69	528.76	0.098814	3.15	2.79	9.13	1.82
Reach 2	371.20	PF 1	8.80	526.11	526.60	0.49	526.65	0.54	526.81	0.056177	2.05	4.29	17.58	1.33
Reach 2	345.80	PF 1	8.80	524.78	525.32	0.54	525.37	0.59	525.51	0.046597	1.94	4.54	17.61	1.22
Reach 2	320.40	PF 1	8.80	523.57	524.07	0.50	524.13	0.56	524.35	0.044593	2.31	3.80	10.90	1.25
Reach 2	295	PF 1	8.80	521.84	522.49	0.65	522.59	0.75	522.80	0.086867	2.47	3.56	15.26	1.63
Reach 2	265.25	PF 1	8.80	519.37	519.84	0.46	519.91	0.54	520.11	0.093463	2.30	3.83	19.40	1.65
Reach 2	235.50	PF 1	8.80	517.03	517.58	0.54	517.70	0.67	517.94	0.057353	2.69	3.27	9.00	1.42
Reach 2	205.75	PF 1	8.80	514.65	515.14	0.49	515.23	0.57	515.43	0.132883	2.37	3.71	23.37	1.90
Reach 2	176	PF 1	8.80	511.57	512.33	0.76	512.49	0.92	512.87	0.059022	3.24	2.72	5.57	1.48
Reach 2	149.33	PF 1	8.80	509.97	510.95	0.99	511.08	1.11	511.41	0.049293	2.99	2.94	5.89	1.35
Reach 2	122.67	PF 1	8.80	509.39	510.10	0.71	510.10	0.72	510.27	0.032428	1.82	4.83	15.58	1.05
Reach 2	96	PF 1	8.80	508.36	508.89	0.53	508.89	0.53	509.01	0.031289	1.55	5.67	22.76	0.99
Reach 2	70.333	PF 1	8.80	506.46	506.72	0.26	506.85	0.39	507.20	0.256704	3.07	2.87	20.12	2.60
Reach 2	44.667	PF 1	8.80	504.84	505.45	0.61	505.45	0.61	505.58	0.030057	1.63	5.40	19.53	0.99
Reach 2	19	PF 1	8.80	504.00	504.33	0.33	504.39	0.39	504.55	0.055149	2.07	4.26	17.01	1.32

Di seguito il riepilogo dei dati ottenuti dalla simulazione:

- Q = total flow in cross section
Min Ch. El. = minimum channel elevation
W. S. Elev. = calculated water surface from energy equation
Max Chl Dpth. = Maximum channel depth
Crit. W.S. = Critical water surface elevation. (Water surface corresponding to the minimum energy on the energy versus depth curve)
E.G. elev. = Energy gradeline for given WSEL
E.G. Slope = Slope of the energy grade line at a cross section
Vel chnl = Average velocity of flow in main channel
Flow area = total area of cross section active flow
Top Width = top width of the wetted cross section
Froude = Froude number

Di seguito sono riportate le sezioni trasversali maggiormente significative per l'impluvio 1.

Nello specifico, vengono indicate le sezioni di monte e di valle e due sezioni intermedie.

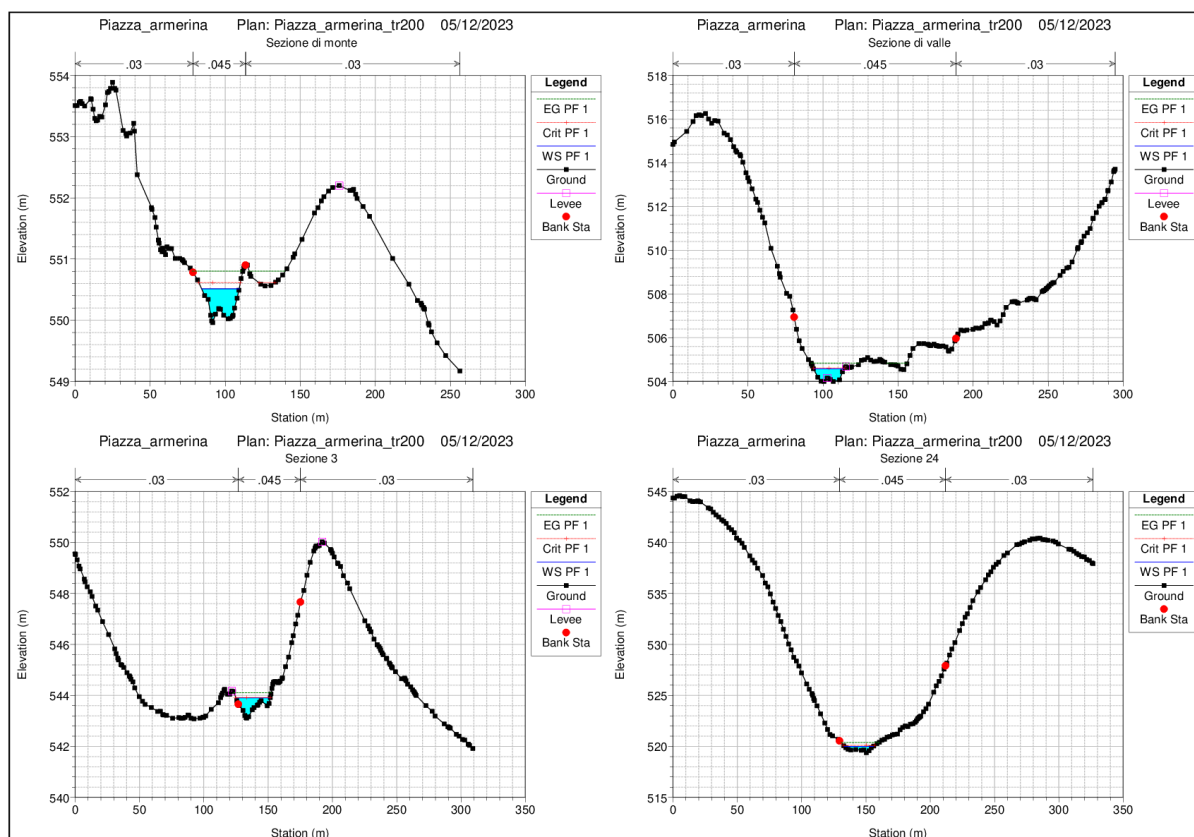


Figura 6 – Sezioni trasversali significative dell'impluvio 1

Impluvio 2:

Per l'impluvio 2, considerata la portata di punta pari a 19.94 m³/s, per tempo di ritorno Tr di 200 anni, e condizioni al contorno di moto uniforme a monte per pendenza del fondo alveo 3% e a valle con pendenza 1.6%, i tiranti idrici ottenuti dalla simulazione idraulica variano fino a 0.893 m ca.

L'area inondabile e le altezze idriche sono rappresentate graficamente nella Figura successiva.



Figura 7 – Mappa di allegamento impluvio 1 per Tempo di ritorno 200 anni

Il tabulato di calcolo del profilo idrico nell'impluvio 1 è mostrato nella Tabella seguente.

Tabella 10 – Tabulato di calcolo del profilo idraulico dell'impluvio 2 per tempo di ritorno 200 anni

HEC-RAS Plan: armerina_200 River: Impluvio 2 Reach: Reach 1 Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Max Chl Dpth (m)	Crit W.S. (m)	Crit Depth (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	640	PF 1	19.94	522.00	522.53	0.53	522.53	0.53	522.66	0.030949	1.64	12.19	45.01	1.00
Reach 1	632.00	PF 1	19.94	521.77	522.26	0.49	522.27	0.50	522.40	0.035899	1.68	11.88	47.17	1.07
Reach 1	624.00	PF 1	19.94	521.42	521.79	0.37	521.85	0.43	522.01	0.065399	2.08	9.56	43.02	1.41
Reach 1	616	PF 1	19.94	521.06	521.75	0.69	521.59	0.53	521.80	0.008557	1.00	19.87	58.21	0.55
Reach 1	606.44	PF 1	19.94	521.04	521.67	0.63	521.56	0.52	521.71	0.009282	0.98	20.77	75.90	0.56
Reach 1	596.88	PF 1	19.94	520.97	521.56	0.59	521.49	0.52	521.62	0.010576	1.07	19.15	70.64	0.60
Reach 1	587.31	PF 1	19.94	520.97	521.47	0.50	521.37	0.41	521.52	0.008523	0.96	20.41	70.02	0.54
Reach 1	577.75	PF 1	19.94	520.86	521.37	0.51	521.28	0.42	521.42	0.009686	1.03	19.43	66.69	0.58
Reach 1	539.50	PF 1	19.94	520.30	520.84	0.54	520.83	0.52	520.91	0.016260	1.23	17.31	88.75	0.73
Reach 1	501.25	PF 1	19.94	519.41	519.88	0.47	519.88	0.47	520.03	0.030373	1.71	11.66	40.22	1.01
Reach 1	463	PF 1	19.94	518.33	518.86	0.53	518.83	0.50	518.95	0.014401	1.38	14.96	62.02	0.72
Reach 1	416.00	PF 1	19.94	517.79	518.32	0.53			518.40	0.012468	1.21	16.58	50.76	0.66
Reach 1	369.00	PF 1	19.94	517.15	517.61	0.55	517.61	0.46	517.75	0.013202	1.07	13.76	44.66	0.66
Reach 1	322.00	PF 1	19.94	515.95	516.81	0.86	516.75	0.79	516.90	0.010566	1.41	15.17	52.89	0.65
Reach 1	275	PF 1	19.94	515.71	516.35	0.64	516.22	0.51	516.42	0.010838	1.24	16.10	41.04	0.63
Reach 1	234.67	PF 1	19.94	515.12	515.82	0.70	515.73	0.61	515.93	0.013870	1.44	13.84	33.82	0.72
Reach 1	194.33	PF 1	19.94	514.40	515.22	0.82	515.14	0.74	515.34	0.015318	1.50	13.28	32.80	0.75
Reach 1	154	PF 1	19.94	513.66	514.34	0.67	514.34	0.67	514.49	0.029336	1.75	11.42	36.68	1.00
Reach 1	126.33	PF 1	19.94	513.14	513.94	0.79	513.77	0.62	514.01	0.008596	1.22	16.29	35.52	0.58
Reach 1	98.67	PF 1	19.94	512.75	513.49	0.74	513.47	0.72	513.63	0.024010	1.70	11.75	33.92	0.92
Reach 1	71	PF 1	19.94	512.30	512.98	0.67	512.89	0.59	513.09	0.016012	1.48	13.47	35.22	0.76

Di seguito il riepilogo dei dati ottenuti dalla simulazione:

Q = total flow in cross section

Min Ch. El. = minimum channel elevation

W. S. Elev. = calculated water surface from energy equation

Max Chl Dpth. = Maximum channel depth

Crit. W.S. = Critical water surface elevation. (Water surface corresponding to the minimum energy on the energy versus depth curve)

E.G. elev. = Energy gradeline for given WSEL

E.G. Slope = Slope of the energy grade line at a cross section

Vel chnl = Average velocity of flow in main channel

Flow area = total area of cross section active flow

Top Width = top width of the wetted cross section

Froude = Froude number

Di seguito sono riportate le sezioni trasversali maggiormente significative per l'impluvio 2. Nello specifico, vengono indicate le sezioni di monte e di valle e due sezioni intermedie.

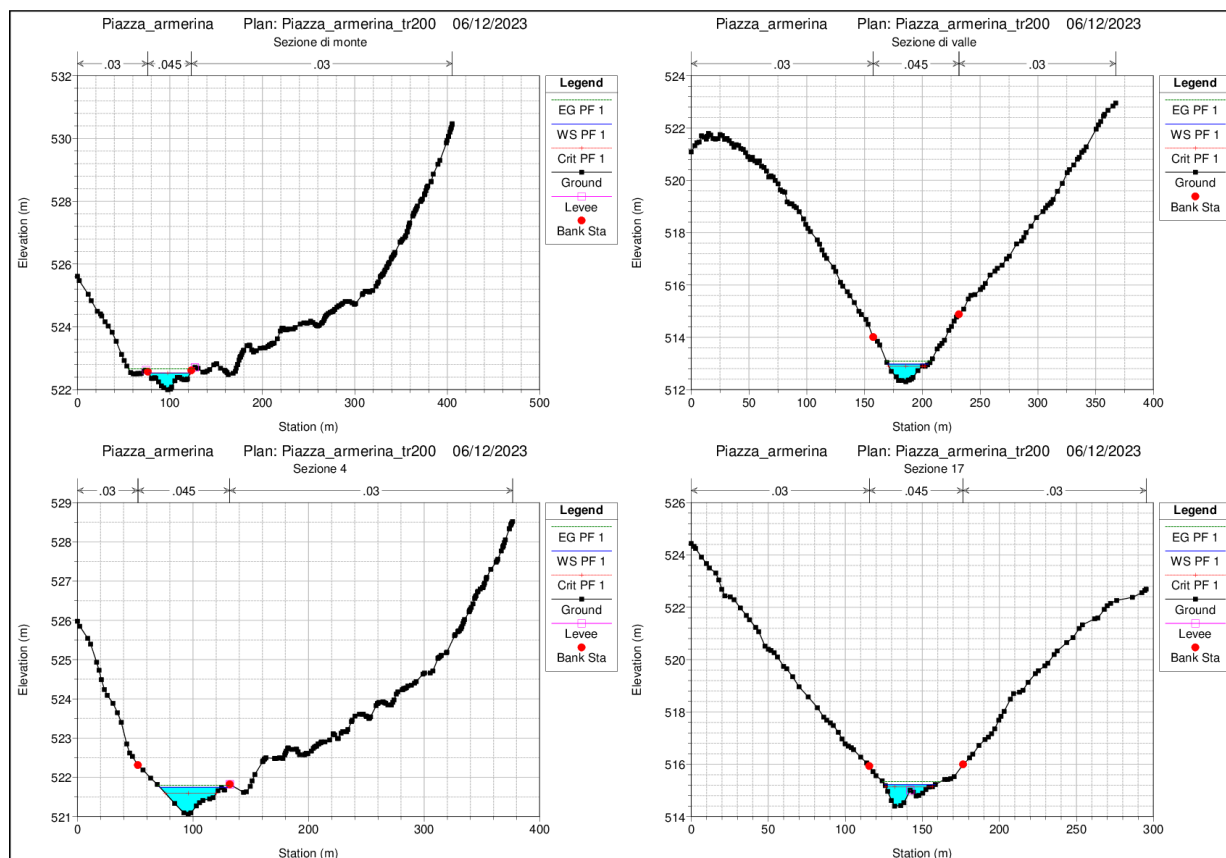


Figura 8 – Sezioni trasversali significative dell'impluvio 2

Q = total flow in cross section

Min Ch. El. = minimum channel elevation

W. S. Elev. = calculated water surface from energy equation

Crit. W.S. = Critical water surface elevation. (Water surface corresponding to the minimum energy on the energy versus depth curve)

E.G. elev. = Energy gradeline for given WSEL

E.G. Slope = Slope of the energy grade line at a cross section

Vel chnl = Average velocity of flow in main channel

Flow area = total area of cross section active flow

Top Width = top width of the wetted cross section

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO "PIAZZA ARMERINA" RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA	 Ingegneria & Innovazione		
		22/12/2023	REV: 01	Pag.23

7. CONSIDERAZIONI SULLA CARTOGRAFIA PAI

Per quanto riguarda la cartografia PAI, l'area ricade all'interno del Bacino Idrografico del Fiume Gela e area territoriale tra il bacino del Fiume Gela e il bacino del Fiume Acate (077).

Il tracciato del cavidotto in progetto ricade all'interno del Bacino Idrografico del Fiume Simeto (094). Come si può vedere dalla cartografia allegata alla relazione geologica C22016S05-PD-RT-03-01-RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA, l'area dove sorgerà l'impianto risulta sgombra da qualsiasi area perimetrata.

8. POSA DEL CAVIDOTTO

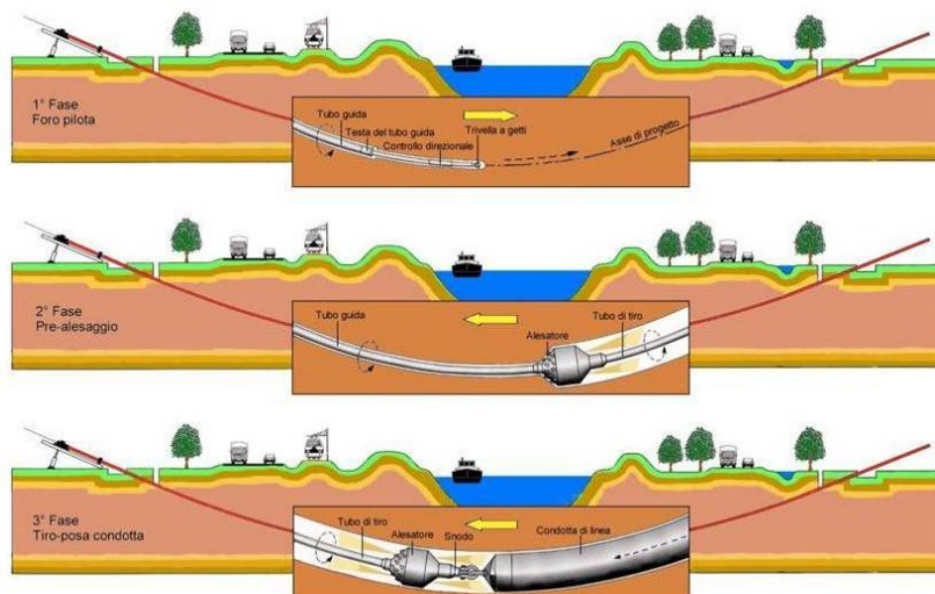
Come già spiegato nei paragrafi precedenti, il tracciato del cavidotto di collegamento con la sottostazione elettrica, interseca in diversi punti il reticolo idrografico riportato nell'allegato 2. L'attraversamento può avvenire, superando una infrastruttura idraulica (tombino, ponte ecc..) oppure "a raso" dove esiste un leggero avvallamento lungo la strada di servizio.

Per tutti gli attraversamenti vale il comune denominatore: tutela delle infrastrutture idrauliche esistenti senza alterare la morfologia del reticolo attuale.

Per questo motivo, si anticipa che:

- il cavidotto viene normalmente interrato lungo la viabilità di servizio ad una profondità di circa 0.90 – 1 m utilizzando lo stesso materiale di scavo per il rinterro (verificando la trincea alle forze di erosione massime);
- nel caso di attraversamento di infrastruttura idraulica, oltre alla possibilità di staffare il cavidotto sui ponti o di interrare il cavidotto lungo la viabilità o su terreno, ove necessario si ricorrerà alla tecnologia NO DIG (TOC o con spingitubo) garantendo un franco di sicurezza di circa 20 – 30 cm dalla fondazione del tombino;

Principali fasi di perforazione



- oppure discostandosi dalla sede stradale verso valle del tombino e attraversare il reticolo con spingitubo ad una profondità di -1,50 - 2 m garantendo la resistenza del rinterro alle azioni di trascinamento delle piene (che saranno verificate in seguito). Una volta attraversato il reticolo il cavo sarà posato in sede stradale sempre alla profondità di -1,50 - 2 m.

La verifica dell'erosione della trincea di rinterro viene effettuata in base alle forze di trascinamento generate dalla piena nel caso più gravoso. Una volta verificato il rinterro della trincea descritto in progetto nelle condizioni peggiorative, questo viene steso, a vantaggio di sicurezza, a tutti gli attraversamenti.

La profondità di 1,50 - 2 m ci mette in sicurezza anche per quanto riguarda l'erosione del letto fluviale, in quanto l'erosione è molto lenta a causa degli apporti sedimentari durante eventi di piena e soprattutto per la natura litologica dei terreni in loco.

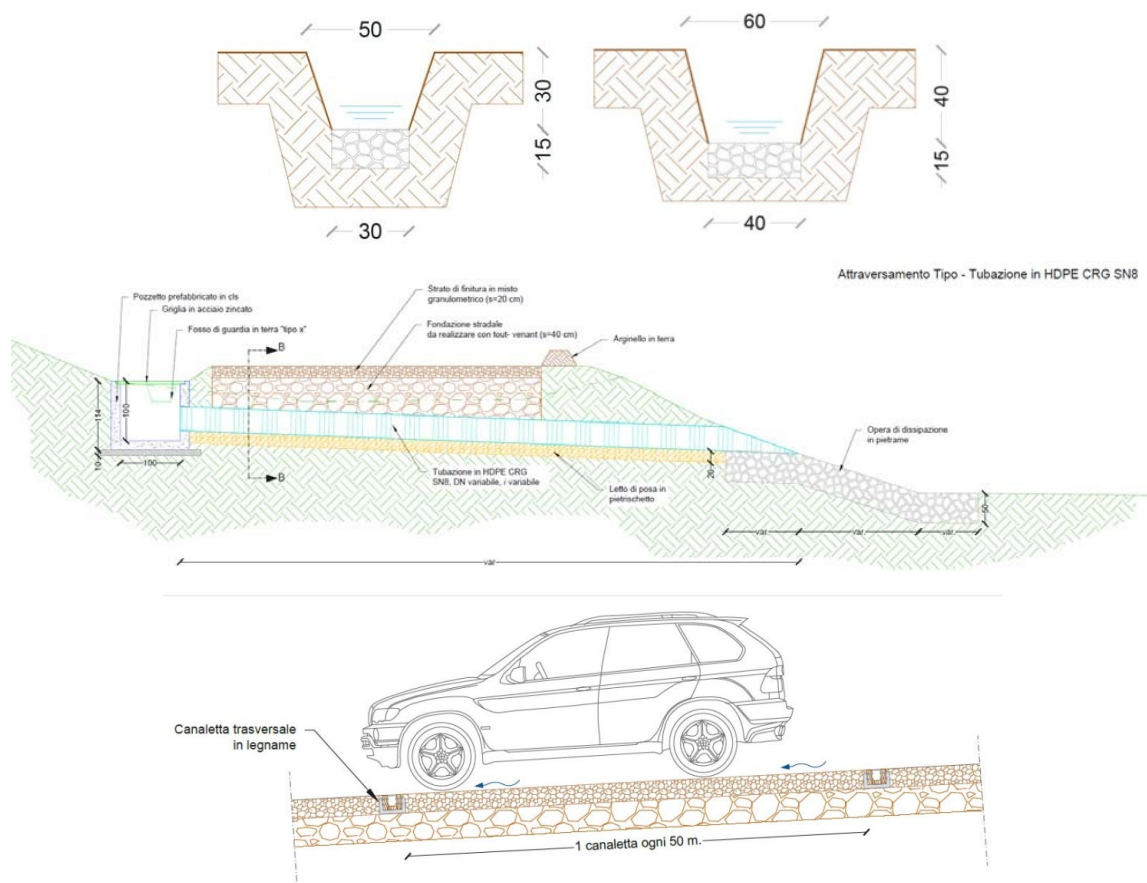
9. OPERE IDRAULICHE

La durabilità delle strade e del parco è garantita da un efficace sistema idraulico di allontanamento e drenaggio delle acque meteoriche.

La viabilità esistente sarà interessata da un'analisi dello stato di consistenza delle opere idrauliche già presenti: laddove necessario, tali opere idrauliche verranno ripristinate e/o riprogettate per garantire la

corretta raccolta ed allontanamento delle acque defluenti dalla sede stradale, dalle piazzole o dalle superfici circostanti.

In fase di progetto esecutivo, così come per le opere di bioingegneria, saranno scelte le opere migliori per il drenaggio delle acque meteoriche, come ad esempio:



Vie preferenziali di drenaggio:

Le litologie presenti hanno una permeabilità medio bassa e le acque che ruscellano si incanalano nelle incisioni presenti permettendo così un buon deflusso delle acque, generando fenomeni di erosione incanalata, soprattutto quando si verificano piogge di una certa intensità.

Per garantire l'invarianza idraulica e un deflusso più regolare delle acque una volta costruito l'impianto. È consigliabile costruire dei canali di scolo per allontanare le acque più velocemente lungo gli impluvi presenti.

In merito all'invarianza idraulica è importante sottolineare che, nel progetto in oggetto si prevede di impermeabilizzare solo ed esclusivamente le aree di sedime delle opere di fondazione delle

apparecchiature elettromeccaniche e le aree riservate ai locali dalle opere di connessione alla rete; inoltre va sottolineato che la viabilità interna all'impianto non verrà asfaltata o comunque impermeabilizzata. Inoltre è previsto l'inerbimento tra i filari costituiti dalle strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici, che consentirà di mantenere inalterate le caratteristiche di permeabilità del terreno; quindi l'inerbimento e la manutenzione della superficie di impatto dell'acqua nonché la limitazione della superficie captante e dell'accelerazione delle particelle d'acqua, consentirà di arginare sia il fenomeno dello (splash erosion) e trasporto di sedimento ad opera del sottile strato di acqua (lama d'acqua) sul terreno (sheet erosion). Dalle considerazioni sin qui esposte, i previsti lavori per la realizzazione di quanto in progetto, non porteranno alcuna modifica al deflusso superficiale delle acque meteoriche né alcuna interferenza con l'assetto idrogeologico delle acque di circolazione profonda.

Si può concludere pertanto che, non si ravvede la possibilità del manifestarsi di condizioni di pericolosità idraulica con effetti diretti sia sui manufatti che sulle aree interessate dalle opere sia sui corpi recettori posti a valle del progetto. Pertanto, vista la sostanziale assenza di modifiche geomorfologiche, la mancanza di modifica delle aree dei bacini scolanti e l'inalterata permeabilità delle aree oggetto di installazione dei pannelli fotovoltaici, si può concludere che il progetto garantisce un risultato di invarianza idraulica sui recettori naturali posti a valle delle opere.

CONCLUSIONI

Lo studio idraulico è stato redatto ai fini di individuare eventuali zone di allagamento, dovuto a forti piogge, che possano recare danni all'impianto in progetto.

Dal punto di vista idrologico sono presenti delle incisioni all'interno dell'area di progetto, dai quali è stato fatto lo studio idraulico con software hec-ras per conoscere le altezze del tirante idraulico e sapere se in quelle aree è possibile installare dei moduli come descritto al (par. 6.2).

Dalle analisi eseguite si può vedere che ci sono aree dove il battente idraulico arriva fino a 1,32 m sopra il p.c. nel bacino 1 e fino a 0,87 nel bacino 2, queste aree sono perlopiù delle depressioni all'interno delle incisioni, per il resto sono altezze intorno ai 30-50 cm.

È comunque consigliabile mantenersi fuori dalle aree che risultano allagate, anche se i moduli potrebbero essere installati ad un'altezza superiori all'altezza massima del tirante idraulico.

I dati utilizzati per i calcoli sono stati ottenuti dal calcolo delle portate di massima piena per assegnati tempi di ritorno con il metodo razionale (cap.6.1).

$$Q_p = \frac{CPA}{3.6t_c}$$

Dal punto di vista della pericolosità idraulica non sono presenti aree perimetrate.

In merito all'invarianza idraulica è importante sottolineare che, nel progetto in oggetto si prevede di impermeabilizzare solo ed esclusivamente le aree di sedime delle opere di fondazione delle apparecchiature elettromeccaniche e le aree riservate ai locali dalle opere di connessione alla rete; inoltre va sottolineato che la viabilità interna all'impianto non verrà asfaltata o comunque impermeabilizzata.

Inoltre è previsto l'inerbimento tra i filari costituiti dalle strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici, che consentirà di mantenere inalterate le caratteristiche di permeabilità del terreno; quindi l'inerbimento e la manutenzione della superficie di impatto dell'acqua nonché la limitazione della superficie captante e dell'accelerazione delle particelle d'acqua, consentirà di arginare sia il fenomeno dello splash erosion che quello dello sheet erosion connessi alla installazione dei pannelli fotovoltaici.

Dalle considerazioni sin qui esposte, i previsti lavori per la realizzazione di quanto in progetto, non porteranno alcuna modifica al deflusso superficiale delle acque meteoriche né alcuna interferenza con l'assetto idrogeologico delle acque di circolazione profonda.

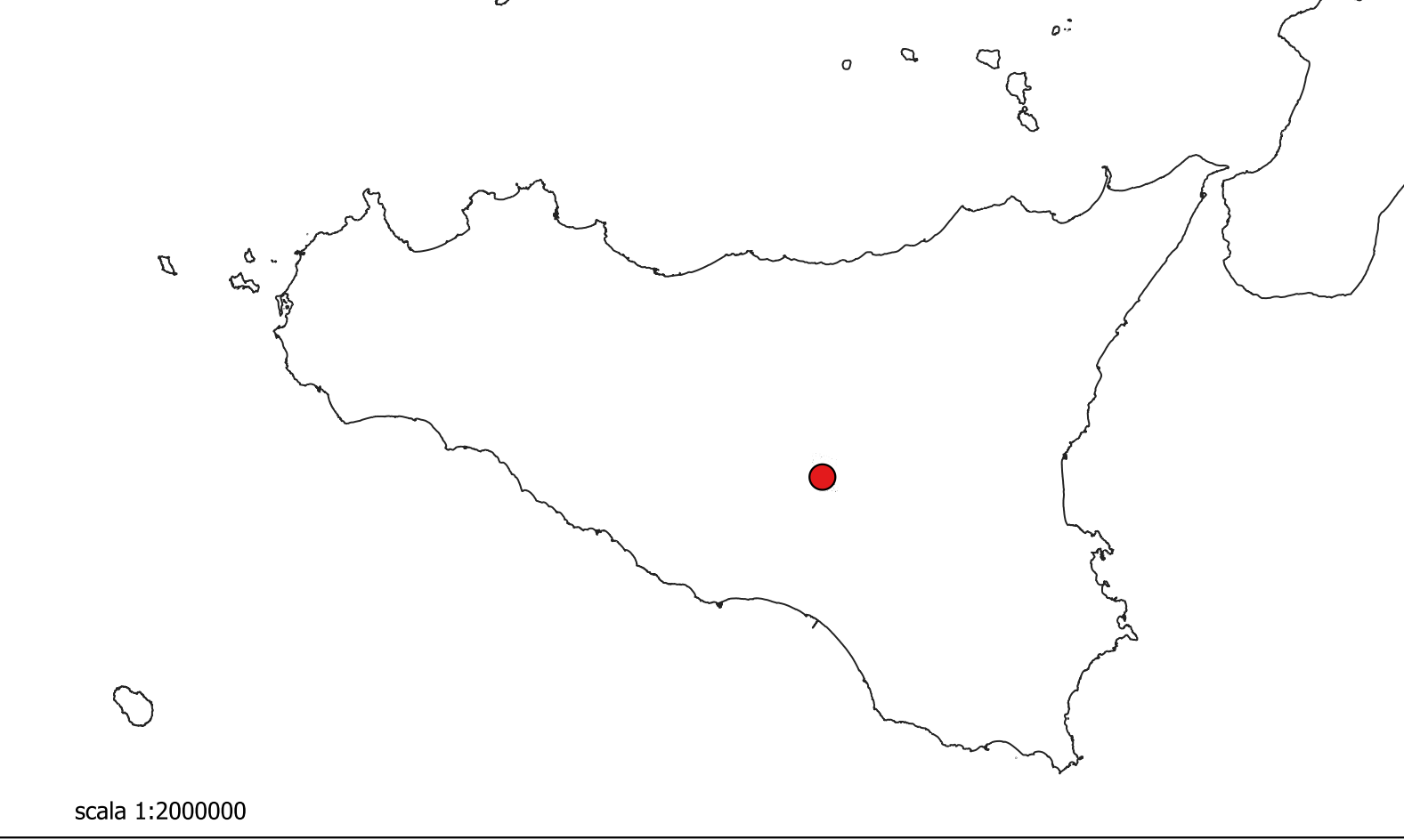
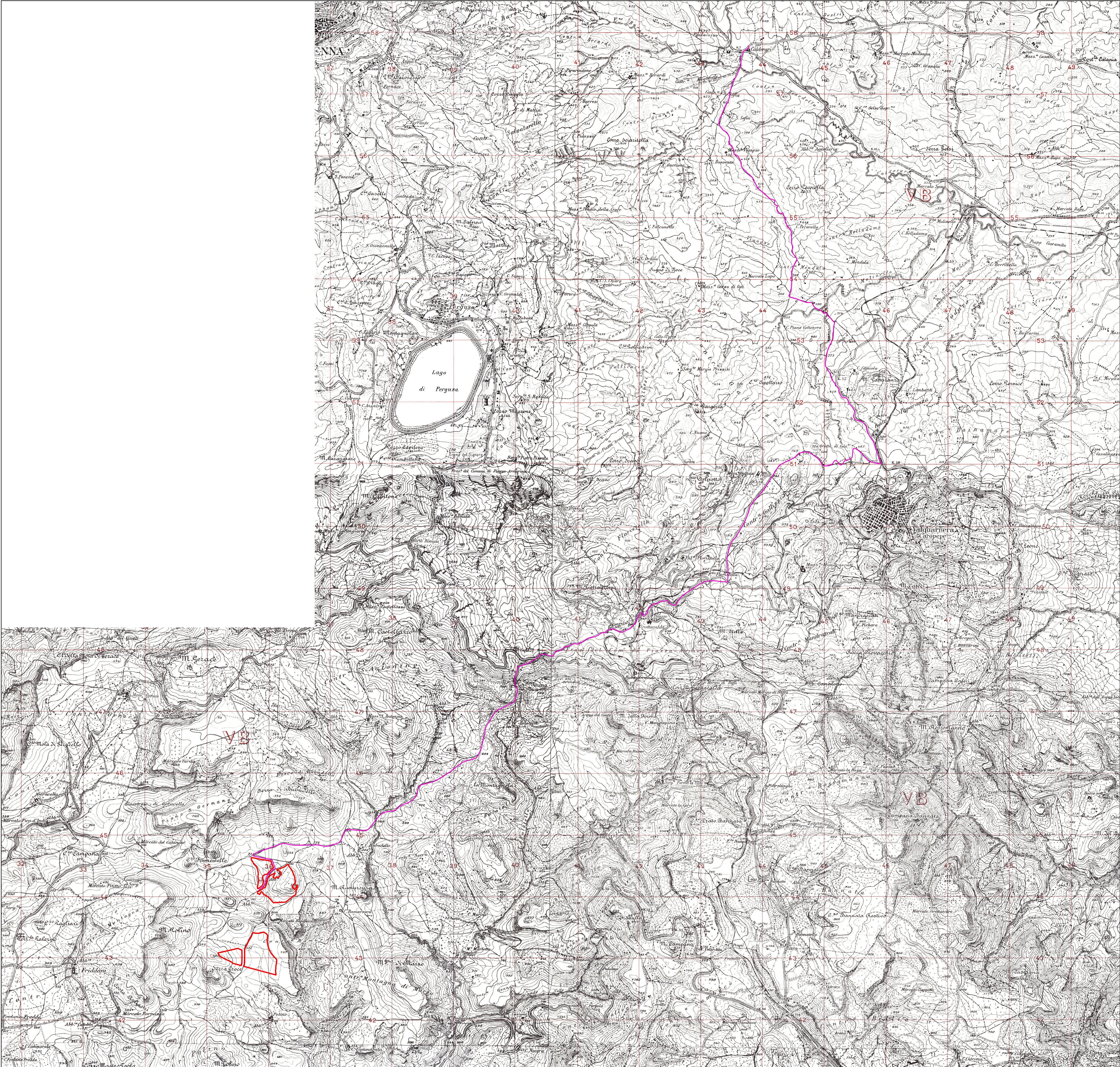
E' chiaro che ove si presentino aree allagabili da studio idraulico si dovrà intervenire, in fase esecutiva, alla risagomatura dell'impluvio in modo da incanalare le acque e allontanarle, aumentando la superficie utile all'installazione dei pannelli.

Si può concludere pertanto che, non si ravvede la possibilità del manifestarsi di condizioni di pericolosità idraulica con effetti diretti sia sui manufatti che sulle aree interessate dalle opere sia sui corpi recettori posti a valle del progetto.

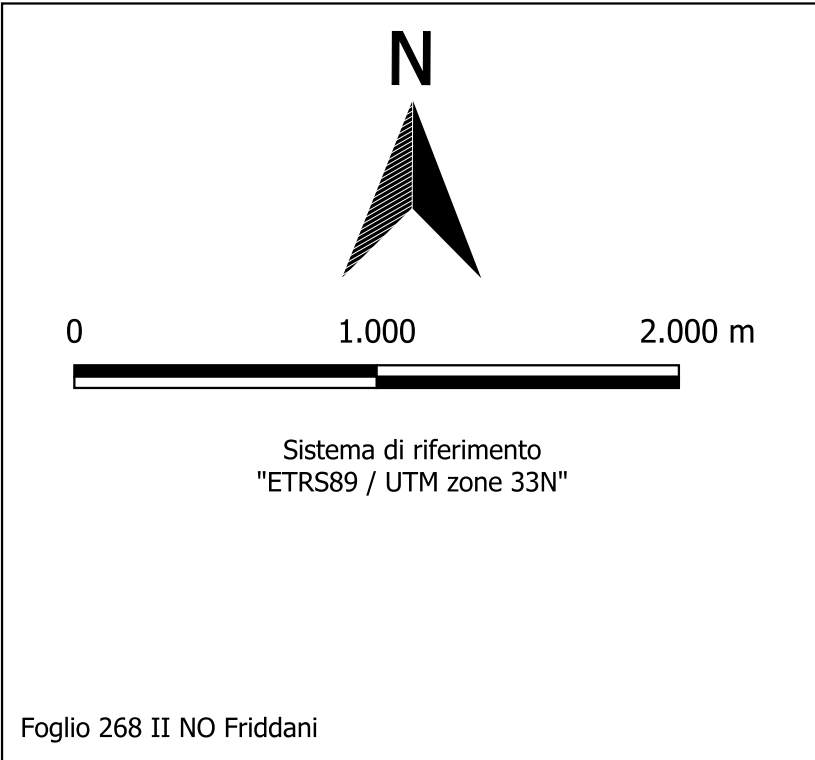
Pertanto, vista la sostanziale assenza di modifiche geomorfologiche, la mancanza di modifica delle aree dei bacini scolanti e l'inalterata permeabilità delle aree oggetto di installazione dei pannelli fotovoltaici, si può concludere che il progetto garantisce un risultato di invarianza idraulica sui recettori naturali posti a valle delle opere.

IL GEOLOGO

Dott. Milko Nastasi



scala 1:2000000

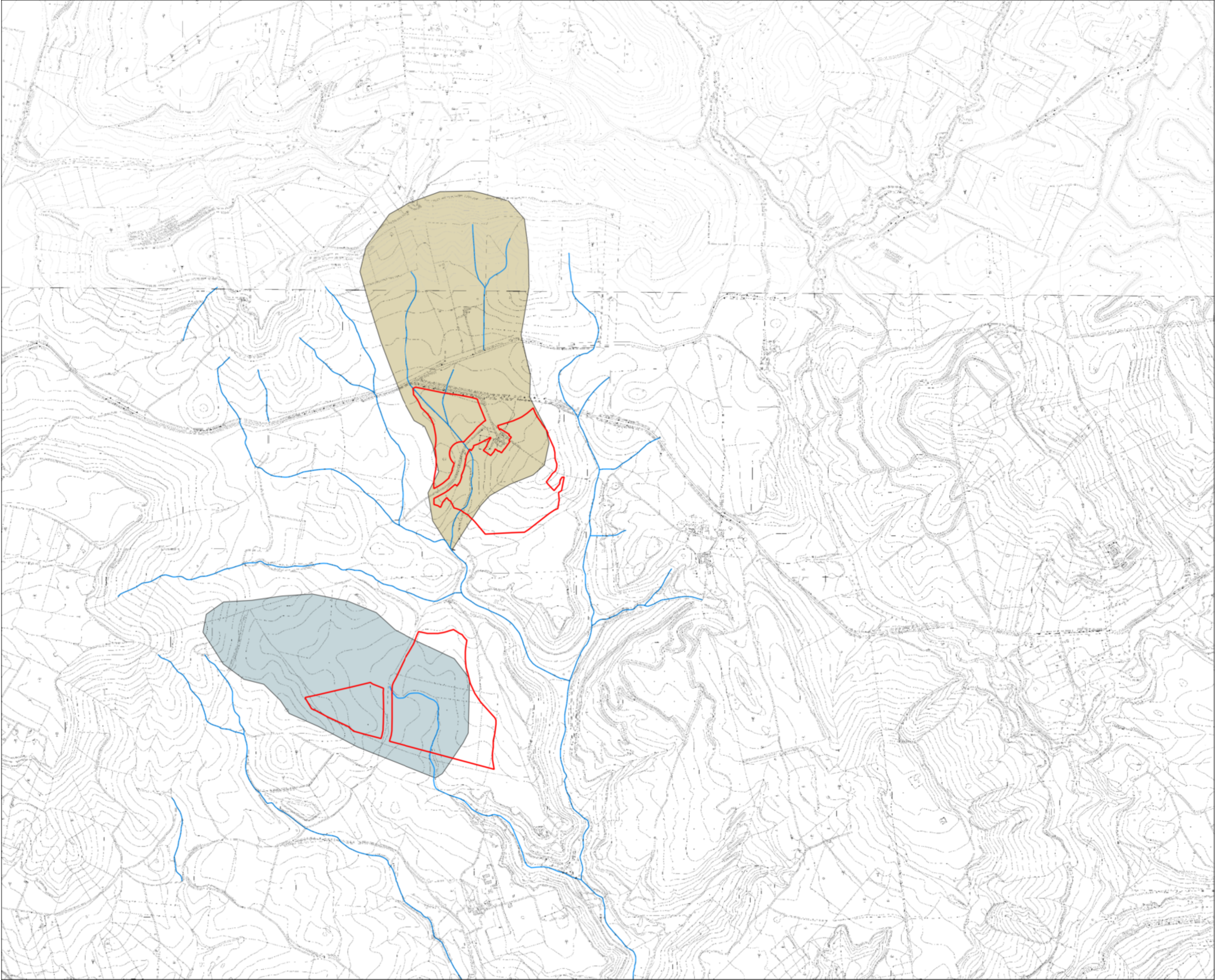


REGIONE SICILIA
Libero Consorzio Comunale di Enna

COMUNE DI PIAZZA ARMERINA



committente: DS ITALIA 9 S.r.l. Via del Plebiscito, 112, 00186 ROMA (RM) Partita I.V.A. 16380491007 - P.E.C.: dsitalia9@legalmail.it				 	
Società di Progettazione: 				<i>Ingegneria & Innovazione</i>	
Progetto: IMPIANTO AGRIVOLTAICO "PIAZZA ARMERINA"				Livello: DEFINITIVO	
Elaborato: COROGRAFIA				Il geologo	
Scala: 1:30000	Nome DIS/FILE:	Allegato: 1	F.to: A1		



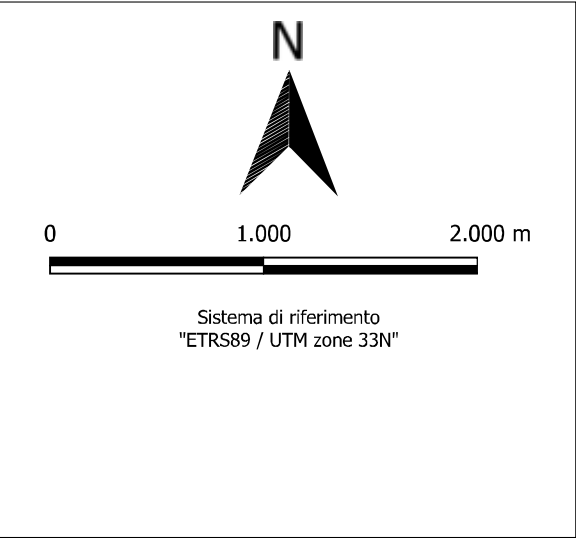
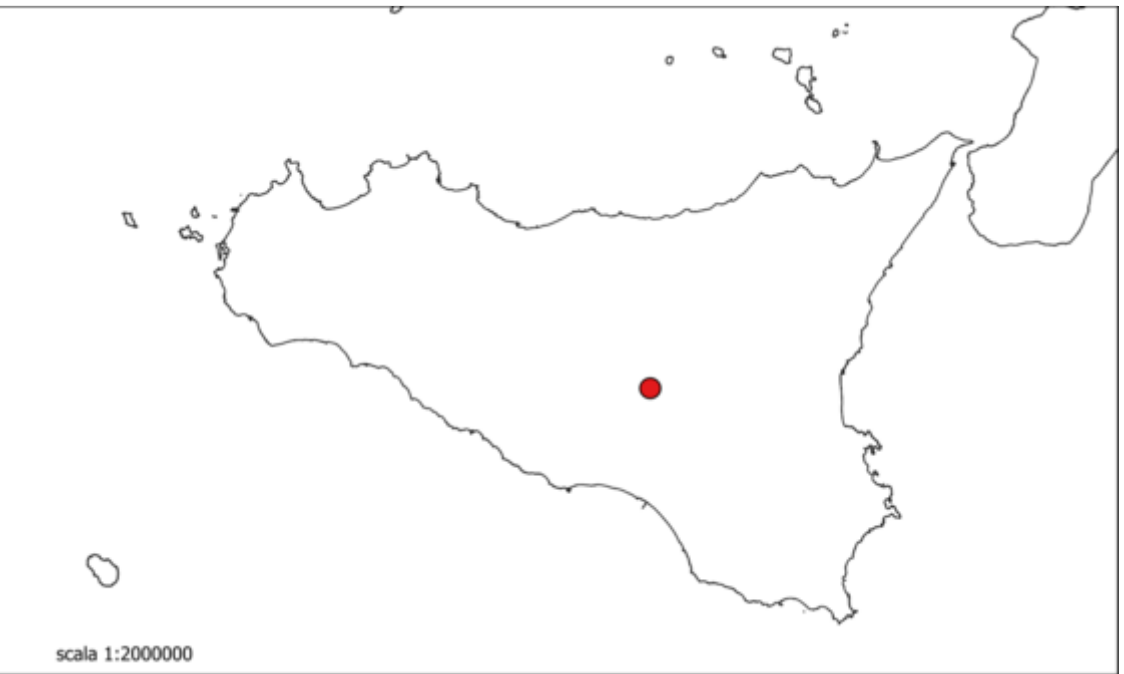
aree di impianto

cavidotto

bacini

1

2



REGIONE SICILIA

Libero Consorzio Comunale di Enna

COMUNE DI PIAZZA ARMERINA

committente:

DS ITALIA 9 S.r.l.

Via del Plebiscito, 112, 00186 ROMA (RM)

Partita I.V.A. 16380491007 - P.E.C.: dsitalia9@legalmail.it

DSIT9

JVP SOLAR

Società di Progettazione:

Antex

group

Via Jonica, 16 - Loc. Belvedere - 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409 Web: www.antesgroup.it e-mail: info@antesgroup.it

Ingegneria & Innovazione

Progetto:

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "PIAZZA ARMERINA"

Livello:

DEFINITIVO

Elaborato:

CARTA IDROGRAFICA

Il geologo

Scala:

1:10000

Nome DIS/FILE:

Allegato:

2

F.to:

A2