

21_30_PV_9PE_RMC_AU_B2PL_11_00	FEBBRAIO 2022	RELAZIONE IDROLOGICA - IDROGRAFICA	Ing. Salvatore Castaldo	Arch. Paola Pastore	Ing. Martina Romeo
N. ELABORATO	DATA EMISSIONE	DESCRIZIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO

OGGETTO:

Progetto dell'impianto agro-fotovoltaico denominato "Impianto Agro-Fotovoltaico Giumenta" della potenza di 116,027,10 kWp da realizzare nel comune di Ramacca (CT)

TITOLO:

RS06REL0015A0
B2. STUDIO GEOLOGICO
Relazione idrologica - idrografica

COMMITTENTE:



9PIU' ENERGIA s.r.l.
Via Aldo Moro, 28
25043 Breno (BS)



direttore tecnico
Ing. MARTINA ROMEO

Sede Legale: Via carnazza, 81
95030 Tremestieri Etneo (CT)
cell. 340.0844798
erreduengineering@gmail.com
P.IVA: 05760710870



NOME FILE
21_30_PV_9PE_RMC_AU_B2PL_11_00

SOSTITUISCE:

SOSTITUITO DA:

CARTA:
A4

SCALA:
1/25.000

ELAB.
11

PREMESSA

Il Sottoscritto Ing. Salvatore Castaldo, iscritto all'ordine degli Ingegneri della Provincia di Agrigento al n. 1258 ha eseguito uno studio Idrologico ed idraulico a supporto del progetto definitivo di un impianto agri-fotovoltaico di potenza di picco di 116.027,10 kWp.

1

Nello specifico, il presente studio prevede l'individuazione e la determinazione, delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche ed idrologiche di una cospicua porzione del territorio in studio allo scopo di prevedere, qualora occorressero, tutte le opere di compensazione idraulica necessarie a soddisfare il principio dell'invarianza idraulica (DGR n. 2948/2009).

L'obiettivo prefissato è stato quello di raccogliere tutte le informazioni, geologiche, idrogeologiche, idrologiche, geomorfologiche e pluviometriche, utili a valutare l'impatto che la realizzazione dell'impianto fotovoltaico in progetto, avrebbe sugli equilibri dinamici del territorio in relazione al principio dell'invarianza idraulica (DGR n. 2948/2009).

A tal fine, qualora le risultanze del presente studio ne evidenziassero la necessità, verrà valutata la possibilità di progettare dei sistemi di drenaggio per compensare le eccedenze di portata determinata dalla parziale alterazione degli equilibri ante operam.

Pertanto, in prima fase il lavoro è stato impostato eseguendo vari sopralluoghi valutando una zona più vasta rispetto a quella direttamente interessata dal progetto per sviluppare un modello idrogeologico l.s..

L'interesse è inoltre, anche quello di definire l'habitus geomorfologico e le condizioni di stabilità dei versanti e sullo stato degli agenti morfogenetici attivi,

concentrando la nostra attenzione sulle condizioni dell'assetto idrogeologico dell'area in studio.

In estrema sintesi, per definire quanto sopra, lo studio è stato sviluppato nelle seguenti fasi:

2

- ❖ Studio geomorfologico generale, volto a definire forme e processi dei luoghi, ed indispensabile per ottenere un quadro idrologico dell'area;
- ❖ Studio Geolitologico di campagna, effettuato al fine di rilevare la natura delle unità geolitologiche affioranti, interpretare i contatti e le caratteristiche idrogeologiche; tale fase operativa è stata sviluppata sia attraverso il rilevamento geologico in loco, sia attraverso la consultazione della letteratura Geologica;
- ❖ Studio idrogeologico per definire la natura idrogeologica delle rocce affioranti e gli afflussi per il calcolo delle portate massime; tale fase operativa, è stata condotta attraverso sopralluoghi e ricerche di dati pluviometrici pubblicati negli annali idrogeologici (Regione Sicilia);
- ❖ Studio idrologico ed idraulico
- ❖ Realizzazione di carte tematiche usufruendo delle metodologie GIS;
- ❖ Elaborazione e restituzione di tutte le informazioni idrologiche ed idrogeologiche utili alla progettazione;

1 RIFERIMENTI NORMATIVI

1.1 NORMATIVA NAZIONALE

D.L. n°152 del 3 aprile 2006 e successive modifiche: "Norme in materia ambientale" che recepisce anche le disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole "a seguito delle disposizioni correttive ed integrative di cui al decreto legislativo 18 agosto 2000, n.258". Ferme restando le disposizioni di cui al Capo VII del regio decreto 25 luglio 1904, n. 523, al fine di assicurare il mantenimento o il ripristino della vegetazione spontanea nella fascia immediatamente adiacente i corpi idrici, con funzioni di filtro per i solidi sospesi e gli inquinanti di origine diffusa, di stabilizzazione delle sponde e di conservazione della biodiversità da contemperarsi con le esigenze di funzionalità dell'alveo, entro un anno dalla data di entrata in vigore del presente decreto, le regioni disciplinano gli interventi di trasformazione e di gestione del suolo e del soprassuolo previsti nella fascia di almeno 10 metri dalla sponda di fiumi, laghi, stagni e lagune comunque vietando la copertura dei corsi d'acqua, che non sia imposta da ragioni di tutela della pubblica incolumità e la realizzazione di impianti di smaltimento dei rifiuti.

3

1.2 NORMATIVA REGIONALE

Norme di Attuazione a supporto della "Direttiva 2007/60/CE" dell'Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Sicilia: relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni, si dispone di un quadro di riferimento per la

gestione dei fenomeni alluvionali con la redazione del "Piano di Gestione del Rischio Alluvioni" (PGRA).

Il PGRA persegue l'obiettivo, così come previsto nell'art. 1 comma 1 della "Direttiva 2007/60/CE", di ridurre le conseguenze negative per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali derivanti dalle stesse alluvioni anche al fine dello sviluppo sostenibile della comunità. Il PGRA è redatto ai sensi dell'art. 7 del D.Lgs 49/2010 nell'ambito delle attività di pianificazione di cui agli artt. 65, 66, 67 e 68 del D. Lgs. 152/2006.

Il comma 2 dell'art. 5, del PGRA, stabilisce che i Comuni, nella stesura o aggiornamento dei piani urbanistici generali o attuativi, debbano in ogni caso rispettare il principio di invarianza idraulica e possibilmente anche il principio di invarianza idrologica, anche mediante l'applicazione dei principi e dei metodi del drenaggio urbano sostenibile.

L'invarianza idraulica è definibile come "il principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate o di nuova urbanizzazione nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione".

Il concetto di invarianza idraulica deve essere distinto dalla invarianza idrologica e drenaggio urbano sostenibile.

Nel caso dell'invarianza idrologica, la stessa è definibile come il principio in base al quale sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate 5 di 30 nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione".

Per quanto riguarda il drenaggio urbano sostenibile esso va inteso come un sistema di gestione delle acque meteoriche urbane, costituito da un insieme di strategie, tecnologie e buone pratiche volte a ridurre i fenomeni di allagamento urbano, a contenere gli apporti di acque meteoriche ai corpi idrici ricettori mediante il controllo "alla sorgente" delle acque meteoriche, e a ridurre il degrado qualitativo delle acque.

5

D.D.G. n. 102 del 23-06-2021: nel quadro delle "Linee guida per gli standard di qualità urbana ed ambientale e per il sistema delle dotazioni territoriali" previste all'art. 51 della legge regionale 13 agosto 2020, n. 19, costituisce il riferimento tecnico e normativo per l'applicazione del "principio di invarianza idrologica e idraulica" nell'ambito dei piani particolareggiati attuativi del Piano Urbanistico Generale (PUG) nonché dei regolamenti edilizi dei Comuni siciliani 'impermeabilizzazione del territorio rappresenta la principale causa di degrado del suolo, in quanto comporta un rischio accresciuto di inondazioni, accelera i cambiamenti climatici, minaccia la biodiversità, provoca la perdita di fertilità nei terreni agricoli e contribuisce alla progressiva distruzione del paesaggio, soprattutto quello rurale.

La presente norma, attraverso l'applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica, intende razionalizzare il deflusso delle acque meteoriche verso le reti di drenaggio (naturali e artificiali) e ridurre il rischio idraulico nel territorio. L'invarianza idraulica ed idrologica, definite al successivo articolo 2, rappresentano dunque gli obiettivi da raggiungere per mantenere invariato il bilancio idraulico e idrologico di un territorio in trasformazione, a causa della perdita di permeabilità, e per scongiurare il rischio di inondazione a valle e/o nei dintorni delle aree trasformate. Il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrologica è già richiesto dai principali strumenti di pianificazione

regionale, di Distretto e di bacino idrografico, del settore delle acque e protezione idrogeologica del territorio, quali il Piano di Gestione del Distretto Idrografico, il Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) ed il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), a cui si rimanda per gli approfondimenti sui rispettivi campi di applicazione.

6

Quale principale misura da incentivare per il contrasto all'impermeabilizzazione dei suoli, dovrà essere considerata, in prima istanza, la possibilità di ridurre il consumo di suolo nelle aree di trasformazione privilegiando, ad esempio, lo sviluppo di un'edilizia in verticale, qualora compatibile con i vincoli paesaggistici e sismici, migliorando le condizioni di permeabilità superficiale e prescrivendo, quale ulteriore misura di compensazione, la conversione di suoli abbandonati da rigenerare e riqualificare in aree a verde "permeabili" all'interno dello stesso bacino di drenaggio. Appurata la reale necessità delle aree in trasformazione (da permeabili a impermeabili), si procederà alla verifica della possibilità di raccolta delle acque piovane (da tetti, piazzali, aree/canali di scolo) da riutilizzare nella stessa area, tenendo conto dei reali fabbisogni idrici, degli adeguati trattamenti necessari e dei vincoli per gli usi compatibili (irrigazione, antincendio, pulizia aree esterne, ecc.). Le soluzioni di drenaggio urbano sostenibili e di ritenzione naturale delle acque, quali l'infiltrazione nel suolo, la laminazione e lo scarico in corpo idrico superficiale, suolo o fognatura, andranno dunque studiate solo a seguito delle precedenti verifiche (limitazione delle aree impermeabili e riuso locale). Per ognuna delle soluzioni progettuali proposte, dovrà anche essere elaborato un piano di manutenzione delle opere (idrauliche e agro-forestali).

1.3 PIANO DI BACINO

- ❖ *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana o P.A.I.*
- ❖ *Con il Piano per l'Assetto Idrogeologico viene avviata, nella Regione Siciliana, la pianificazione di bacino, intesa come lo strumento fondamentale della politica di assetto territoriale delineata dalla legge 183/89, della quale ne costituisce il primo stralcio tematico e funzionale. Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, di seguito denominato Piano Stralcio o Piano o P.A.I., redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio siciliano. Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:*
- ❖ *la funzione conoscitiva, che comprende lo studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico, nonché della ricognizione delle previsioni degli strumenti urbanistici e dei vincoli idrogeologici e paesaggistici;*
- ❖ *la funzione normativa e prescrittiva, destinata alle attività connesse alla tutela del territorio e delle acque fino alla valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico e alla conseguente attività di vincolo in regime sia straordinario che ordinario;*
- ❖ *la funzione programmatica, che fornisce le possibili metodologie d'intervento finalizzate alla mitigazione del rischio, determina l'impegno finanziario occorrente e la distribuzione temporale degli interventi.*
- ❖ *a finalità sostanziale del P.A.I. è pervenire ad un assetto idrogeologico del territorio che minimizzi il livello del rischio connesso ad identificati eventi*

naturali estremi, incidendo, direttamente o indirettamente, sulle variabili Pericolosità, Vulnerabilità e Valore Esposto.

- ❖ *Il riferimento territoriale del P.A.I. è la Regione Sicilia che costituisce un unico bacino di rilievo regionale. La Sicilia, estesa complessivamente 25.707 kmq, è stata suddivisa in 102 bacini idrografici e aree territoriali intermedie, oltre alle isole minori. Per ogni bacino idrografico è stato realizzato un piano stralcio. I piani sono pubblicati singolarmente, nel caso dei bacini idrografici di maggiore estensione e le isole minori, o raggruppando i bacini idrografici meno estesi e le aree territoriali intermedie.*
- ❖ *Con il Piano per l'Assetto Idrogeologico viene avviata, nella Regione Siciliana, la pianificazione di bacino, intesa come lo strumento fondamentale della politica di assetto territoriale delineata dalla legge 183/89, della quale ne costituisce il primo stralcio tematico e funzionale.*
- ❖ *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana o P.A.I. "Bacino idrografico del fiume Magazzolo ed Area Territoriale tra il Bacino del fiume Platani ed il fiume Magazzolo (062).*
- ❖ *La Regione Siciliana – Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente, dopo il Piano Straordinario per l'Assetto Idrogeologico, approvato con decreto del 4 luglio 2000, si è dotata del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), quale frutto di una costante interlocuzione con le Amministrazioni locali e, più in generale, gli altri soggetti interlocutori della pianificazione di bacino, per ascoltare le esigenze del territorio nelle sue diverse espressioni. Il Piano è suscettibile di aggiornamento a seguito di variazioni succedutesi nel tempo o a nuovi studi che dimostrino un diverso assetto del territorio, così come indicato nelle Norme di Attuazione.*
- ❖ *Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino Idrografico del Fiume Magazzolo ed Area Territoriale tra il Bacino del Fiume Platani ed il Fiume*

Magazzolo (062) è stato adottato dalla Regione Sicilia con Decreto del Presidente della Regione n. 277 del 02/07/2007 pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Regione Siciliana n. 39 del 30/08/2007.

- ❖ *D.S.G. 55 del 07/08/2019 Atto di indirizzo finalizzato all'emissione dell'Autorizzazione Idraulica Unica;*
- ❖ *D.S.G. 68 del 12/09/2019 di modifica ed integrazione al D.S.G. 55 del 07/08/2019 Atto di indirizzo finalizzato all'emissione dell'Autorizzazione Idraulica Unica;*
- ❖ *Direttiva del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia, prot. 5750 del 17/09/2019;*
- ❖ *D.S.G. 118 del 11/11/2019 di modifica ed integrazione al D.S.G. 68 del 12/09/2019 e al D.S.G. 55 del 07/08/2019 Atto di indirizzo finalizzato all'emissione dell'Autorizzazione Idraulica Unica.*

2 METODOLOGIA DI LAVORO

Come già riportato, la presente relazione di compatibilità idraulica, analizza l'ammissibilità degli interventi considerando le interferenze tra il reticolo idrografico, i dissesti idraulici ad esso connessi, e le destinazioni o trasformazioni d'uso del suolo collegate all'attuazione del Piano di Assetto del Territorio.

10

Lo studio delle trasformazioni in previsione inizia con una accurata caratterizzazione delle criticità idrauliche del territorio, coinvolgendo dapprima tutte le fonti istituzionali possibili (Genio Civile, Consorzi di Bonifica, Servizi Forestali Regionali, tecnici comunali).

Successivamente, passando dal generale al dettaglio, è stata verificata la reale possibilità di trasformazione dell'area.

A tal scopo è stato svolto sul posto un sopralluogo atto ad individuare la trama e le particolarità morfologiche ed idrogeologiche a beneficio di un più ampio quadro di conoscenze per indirizzare con maggiore grado di attenzione e attendibilità, le scelte di fattibilità e le misure compensative.

L'intento delle analisi idrauliche che si svolgono per la predisposizione di una compatibilità idraulica di un Piano di Assetto del Territorio ha il duplice scopo di esaminare da un lato la vulnerabilità idraulica, idrogeologica e geomorfologica del territorio, dall'altro la necessità di garantire che la trasformazione non modifichi il regime idrologico esistente ed i tempi di corrivazione alla rete, fenomeni che potrebbero aggravare o addirittura pregiudicare la capacità di smaltimento del sistema fognario e della rete idrografica e di bonifica.

L'analisi si sofferma dapprima sull'assetto geomorfologico ed idraulico del territorio, per individuare le aree soggette ad allagamento, pericolosità idraulica o ristagno idrico.

In un secondo momento si sposta l'attenzione sulle aree di trasformazione destinate all'edificazione dalla pianificazione territoriale in oggetto.

Lo screening da compiere si prefigge il mantenimento di adeguati livelli di sicurezza idraulica per i territori contermini affinché la trasformazione non pregiudichi livelli di equilibrio già raggiunti.

11

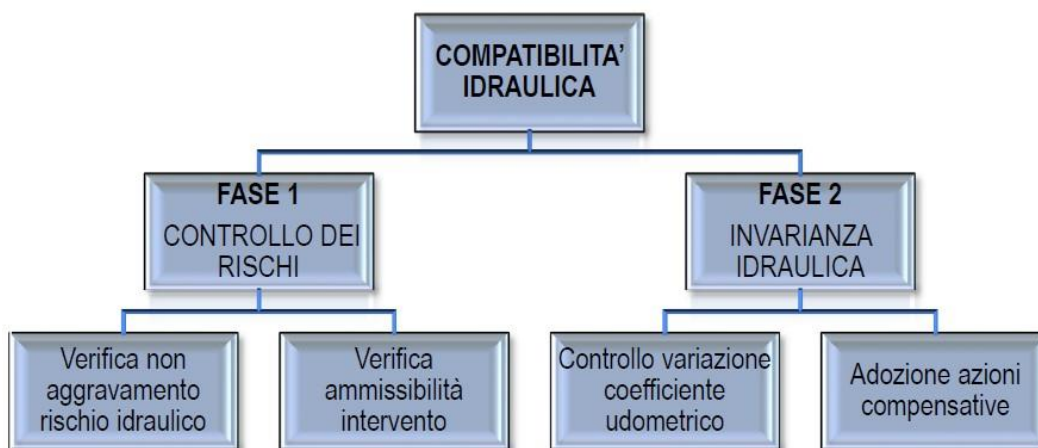
Infine l'attenzione si sposta di nuovo verso la verifica dell'invarianza idraulica del territorio rispetto alle trasformazioni previste.

Per trasformazione del territorio in invarianza idraulica, s'intende la variazione di destinazione d'uso o di morfologia costruttiva di un'area che non provochi un aggravio della portata di piena o una variazione sostanziale dei tempi di corrivazione al corpo idrico che riceve i deflussi superficiali originati dalla stessa.

L'approccio si delinea dalla semplice osservazione che la trasformazione di vaste aree verdi lasceranno il posto a edifici civili, strade, complessi industriali e commerciali o come nel nostro caso, all'installazione di campi fotovoltaici; con questo cambiamento, maggiori volumi d'acqua dovuti alle precipitazioni meteoriche, andranno ad appesantire le reti idrografiche esistenti determinando, nei casi di sofferenza più critici, stagnazione o allagamenti superficiali.

Uno scopo fondamentale dello studio di compatibilità idraulica è quindi quello di far sì che le valutazioni urbanistiche, sin dalla fase della loro formazione, tengano conto dell'attitudine dei luoghi ad accogliere la nuova edificazione, considerando le interferenze che queste hanno con i dissesti idraulici presenti e potenziali, nonché le possibili alterazioni del regime idraulico che le nuove destinazioni o trasformazioni di uso del suolo possono venire a determinare.

In estrema sintesi, lo studio di compatibilità idraulica si articola in due fasi principali con due sotto-fasi ciascuna, come viene graficamente descritto nello schema seguente:



Nella fase 1 si esegue il controllo dei rischi, valutando che non venga aggravato l'esistente livello di rischio idraulico e verificando l'ammissibilità dell'intervento, considerando le interferenze fra i dissesti idraulici presenti e le destinazioni o previsioni d'uso del suolo.

Nella fase 2 si verifica l'invarianza idraulica a seguito dell'impermeabilizzazione del territorio (aree di trasformabilità, infrastrutture, ecc.) e procedendo alla definizione delle eventuali azioni compensative per mantenere invariato il grado di sicurezza nel tempo, anche in termini di perdita della capacità di regolazione delle piene e di interferenze fra i dissesti idraulici presenti e le destinazioni o previsioni d'uso del suolo.

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO

I campi fotovoltaici saranno realizzati a nord-ovest del centro abitato di Ramacca e si sviluppano in due MACRO-AREE distribuite su più fogli di mappa.



13

La prima macro-area è localizzata in contrada "Giumenta", confina ad est con la SP 182 ed è attraversata da una strada comunale che partendo dalla SP 182 arriva alla SS 288, in corrispondenza della seconda area; è estesa circa 250 ha e l'area che verrà messa a disposizione per la realizzazione dell'impianto agri-fotovoltaico sarà di circa Ha 156 interessando i fogli di mappa 75-82-83 del Comune di Ramacca.

Il territorio è tipicamente collinare, con diversi impluvi; i principali saranno rispettati come recettori, i minori potranno essere oggetto di regolamentazione idraulica.

Nei territori oggetto dell'intervento sono presenti dei laghetti collinari, che si inseriscono benissimo in un contesto di sviluppo di impianto Agro- fotovoltaico.

In catasto tale area ricade:

foglio 75	Particelle 8 – 9 – 82 – 83
Foglio 82	Particelle 13 – 19 – 54 – 56 – 65 – 66 – 67 – 97
Foglio 83	Particelle 17 - 20 -115 – 116 – 117 – 119 - 120 - 176

14

La seconda area è localizzata sulla SS 288 Ramacca- Castel di Iudica, si presenta leggermente declive e interessa i fogli 87- 88 del Comune di Ramacca su una superficie di circa Ha 40; l'area è prevalentemente irrigua



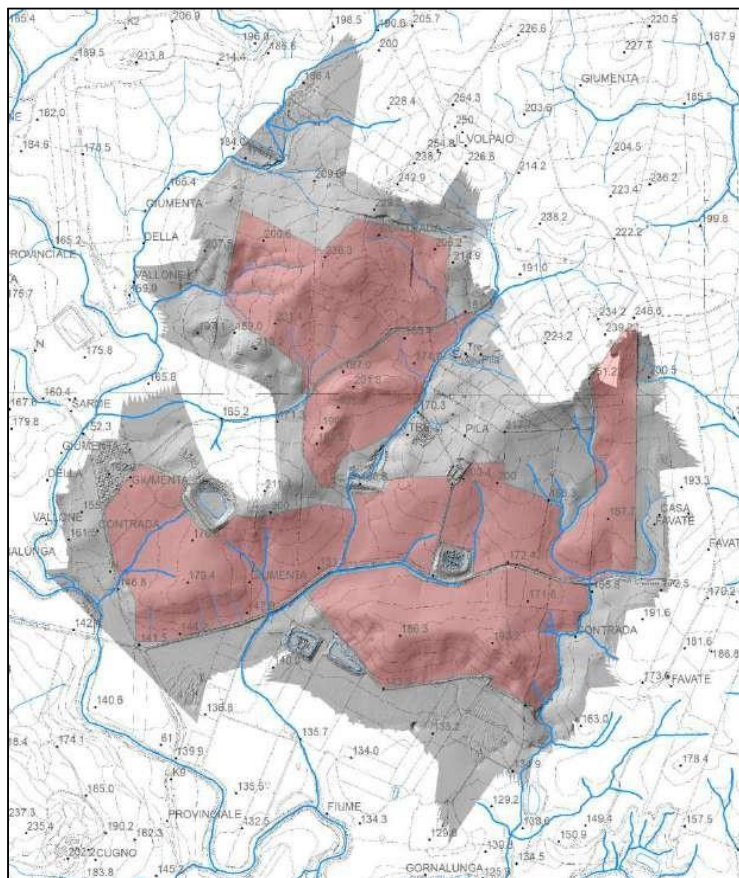
Progetto dell'impianto agri-fotovoltaico denominato "Impianto Agri-Fotovoltaico Giumenta" della potenza complessiva di 116.027,10 kWp da realizzare nel Comune di Ramacca (CT).

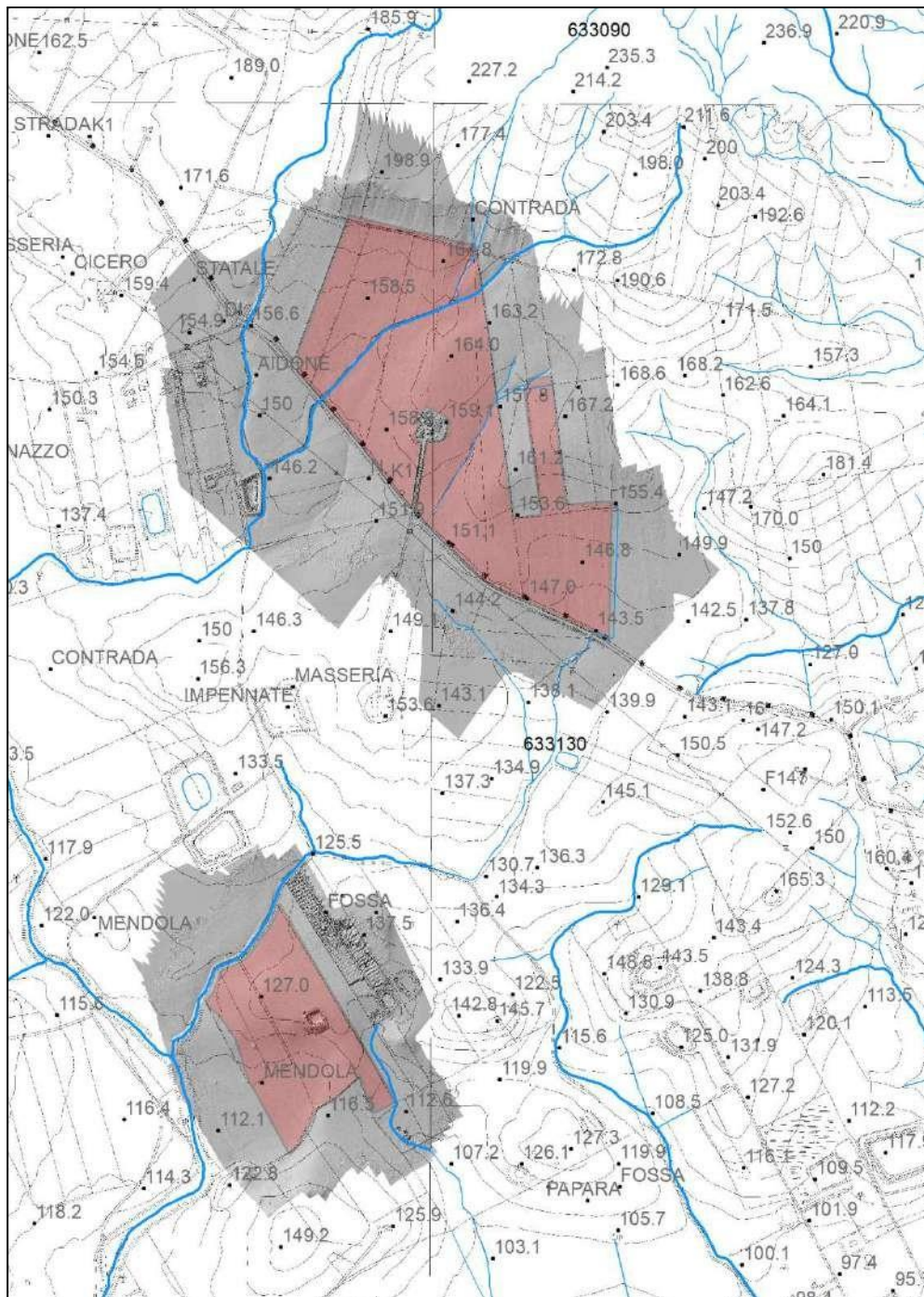
Foglio 87	Particelle 22 - 23 – 56 – 57 – 58 - 59
Foglio 88	Particelle 58 – 59 – 82 – 145 -146 – 147 – 149 – 150

Campo	Superficie occupata dall'impianto (ha)
1	156
2	40

15)

La Macro Area 1 si presenta con morfologie ondulate in corrispondenza degli affioramenti più consistenti e più blande verso la piana alluvionale del Fiume Gornalunga.





In un contesto generale la fisiografia dell'area ricalca fedelmente la litologia del substrato ed è il prodotto dell'interazione dei fattori strutturali, climatici e dello stadio raggiunto dai cicli morfogenetici che si sono succeduti nel tempo. I terreni offrono resistenze diversificate all'azione degli agenti esogeni in funzione dei litotipi, pertanto

le forme che ne derivano si presentano disomogenee, talvolta arrotondate, talvolta smussate e i declivi si presentano sia aspri, sia estremamente addolciti.

L'area di studio in un contesto geomorfologico generale ricade all'interno del bacino idrografico del fiume Simeto, che si estende per una superficie di circa 4.030 km².

17

Esso è costituito da una vasta gamma di morfologie che ne caratterizzano l'identità e ciò è reso possibile dalla presenza di diverse litologie che il Simeto e i suoi affluenti attraversano, modellando di conseguenza il paesaggio.

In particolare nella porzione settentrionale prevalgono forme e aspre e accidentate condizionate dalla presenza di affioramenti arenaceo-conglomeratici e quarzarenitici che costituiscono, maggiormente, il gruppo montuoso dei Nebrodi.

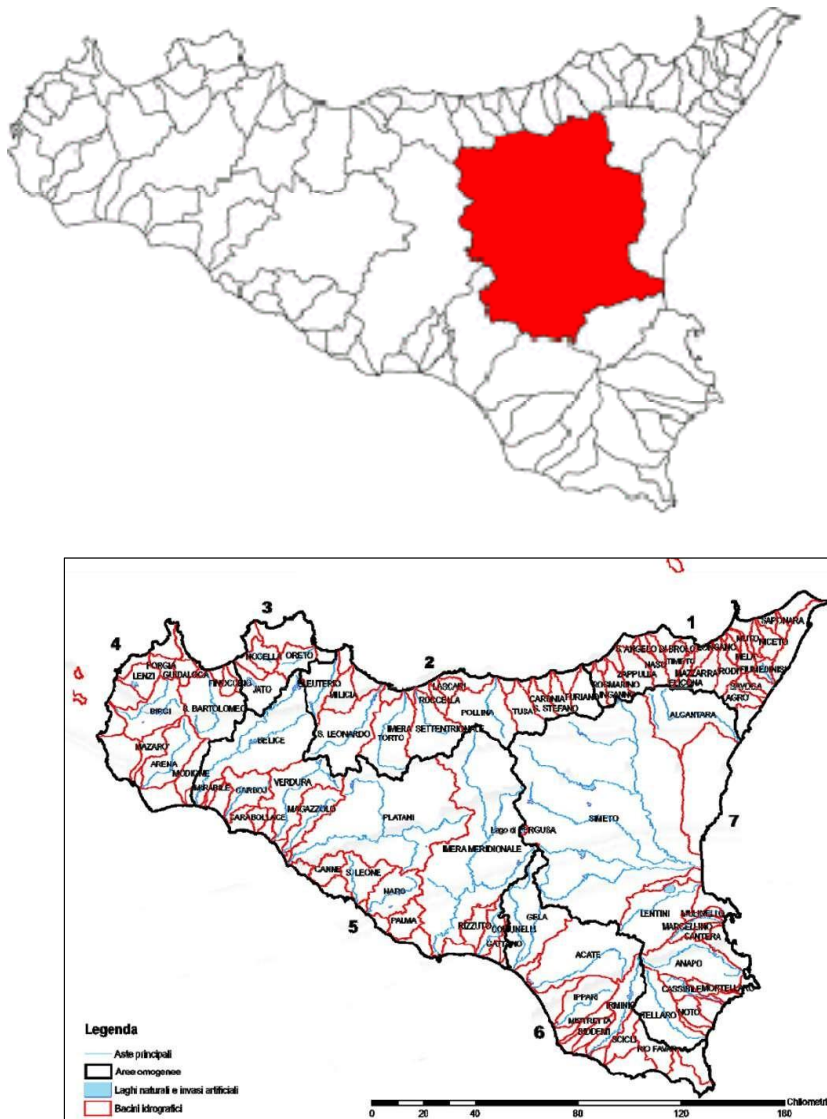
Ad Ovest ed a Sud-Ovest sono presenti i Monti Erei, essi si contraddistinguono per la loro natura arenacea e calcarenitico-sabbiosa, in tal caso prevale una morfologia collinare in cui l'erosione, dipendente dall'assetto tettonico strutturale di cui è costituita l'area, ne determina dei rilievi tabulari (mesas) e monoclinali (cuestas).

Nella porzione centro-meridionale dell'area in esame sono presenti terreni post orogenici plastici ed arenacei che possono essere erosi facilmente, come ad esempio quelli appartenenti alla serie Gessoso-Solfifera.

Da ciò ne deriva un paesaggio collinare dalle forme addolcite che vengono interrotte bruscamente da piccoli rilievi isolati, come guglie e pinnacoli, costituiti invece da litotipi più resistenti alla disgregazione fisica e alterazione chimica. Il settore orientale è interessato dalla presenza del rilievo vulcanico dell'Etna; la morfologia è caratterizzata da pendii non molto accentuati che, in presenza di colate recenti, assumono un aspetto più aspro.

Infine il settore sud-orientale, in cui ricade l'area di studio, presenta una morfologia pianeggiante in corrispondenza della Piana di Catania.

Dal punto di vista idrografico il grande Bacino del Simeto è il prodotto della confluenza, per quanto riguarda il suo primo tratto più a monte, di 3 torrenti (Torrente Cutò, Fiume Martello e Torrente Saracena) che hanno origine nella parte meridionale dei Nebrodi, tali torrenti confluiscono nel fiume Simeto in corrispondenza della pianura di Maniace.



È stata infine condotta una analisi vincolistica relativa al Piano per l'assetto idrogeologico sia per gli aspetti di natura geomorfologica (dissesti) sia per gli aspetti di natura idraulica.

Per quanto attiene i dissesti, è stato possibile verificare come nelle aree di progetto, non siano presenti dissesti (Tavola GEO 1).

19

Per quanto attiene alla pericolosità idraulica (Tavola GEO2), le opere in progetto ricadono esternamente alle aree a pericolosità ad eccezione del cavidotto AT150 kV che attraversa il corso del Fiume Gornalunga, collegando gli impianti con la stazione posta a sud.

Lo stesso cavidotto sarà realizzato lungo la s.p. 73 che, in corrispondenza dell'attraversamento con il fiume Gornalunga (area golenale), presenta un rischio idraulico R4, come verificabile nella Cartografia allegata alla Relazione Geologica di Progetto.

4 INQUADRAMENTO LITOLOGICO

Dal punto di vista geostrutturale l'area in studio è caratterizzata da una serie di Thrust (accavallamenti-ricoprimenti tettonici), Sud vergenti, che pongono a contatto Unità stratigrafiche distinte, alterandone la posizione stratigrafica originaria.

20

Le messe in posto di questi Thrust e, comunque, le azioni essenzialmente compressive che hanno determinato la struttura oggi visibile, si sono verificate in fasi successive dal Burdigliano al Pleistocene e, in particolare: nel Tortoniano inferiore, nel Messiniano superiore, nel Pliocene medio e nel Pleistocene inferiore.

Le Unità stratigrafiche coinvolte nei movimenti compressivi sopra indicati e, in parte, affioranti anche nell'area in studio, sono, dalla più antica alla più recente:

- ❖ Unità di M. Iudica
- ❖ Flysch Numidico
- ❖ Complesso Sicilide
- ❖ Depositi del Quaternario

5 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO

Per un approfondimento delle caratteristiche dei litotipi che interessano l'area in studio, si rimanda alla Relazione Geologica a corredo del progetto.

Le caratteristiche idrogeologiche di un territorio sono, quasi sempre, legate alla natura dei terreni in esso affioranti o, in casi più rari, a quelle dei terreni in esso presenti anche se solo in profondità.

Sono stati distinti i terreni in funzione del grado di permeabilità.

I terreni a permeabilità molto elevata, presentano un interesse limitato dal punto di vista idrogeologico.

Per primi, occorrerebbe considerare gli accumuli di detrito variamente sparsi sul territorio, essenzialmente ai piedi delle quote più elevate.

Concettualmente potrebbero costituire un buon acquifero ma in pratica la loro modesta estensione areale, il trascurabile spessore, che raramente supera il metro, e il costante drenaggio che subiscono lungo le pendici su cui poggiano consentono loro solo di generare qualche piccola sorgente temporanea, al loro margine inferiore, sorgente che scompare durante la stagione secca.

Le quarzareniti numidiche si presentano in lenti più o meno estese in profondità ma molto modestamente in affioramento. Allo stato originario sono prive di permeabilità ma ne acquistano una notevole per fratturazione e una più modesta per porosità nella parte di sabbione generato dal loro disfacimento per alterazione.

Come acquifero sono prive di interesse anche se possono generare piccolissime sorgenti temporanee.

I terreni a permeabilità elevata, sono acquiferi di vero grande interesse le alluvioni di ogni tipo presenti: attuali, recenti e terrazzate.

L'acquifero da esse costituito contiene una falda freatica a profondità modesta.

La base dell'acquifero è data, sempre, dall'acquiclude argilloso, volta a volta costituito dalle argille Numidiche, dalle Marne verdi, dalle Argille della F.ne Terravecchia o dalla Argille azzurre pleistoceniche.

22

Le coperture sabbiose preesistenti sono state abrase dall'erosione.

Lungo le incisioni, che hanno modellato l'odierna idrografia, nel tempo, risalendo da valle verso monte, i depositi alluvionali hanno colmato le depressioni costituendo ampi pianori lievemente convergenti verso Est e Sud Est.

Modifiche del livello eustatico hanno prodotto nuove fasi erosive e nuove fasi deposizionali che ora è possibile individuare: alluvioni terrazzate su diversi livelli, alluvioni recenti direttamente ai bordi degli attuali alvei fluviali e alluvioni attuali costituenti il letto di detti corsi d'acqua.

Le acque della falda freatica, contenuta negli acquiferi alluvionali, sono condizionate, nel loro moto verso valle (linee di flusso) a seguire l'andamento delle vecchie, originali, incisioni che l'erosione aveva praticato sulle argille di fondo, anche quando queste incisioni non coincidono più con l'attuale corso degli alvei fluviali soprastanti, epigenetici.

Lo spessore degli acquiferi varia, gradualmente, aumentando da monte verso valle, da pochi metri a circa un massimo di un centinaio di metri.

L'alimentazione è sia dovuta alle piogge (diretta), che al ruscellamento proveniente dalle pendici circostanti e dalle parti alte dei bacini di dominio.

La mancanza di sorgenti perenni rende tale alimentazione periodica e ciò determina il formarsi di una curva di esaurimento tanto più accentuata nelle aree

periferiche di minor spessore dell'acquifero, con variazioni negative del livello piezometrico statico molto più pronunciate.

La permeabilità di questi acquiferi periferici, convergenti verso valle a formare un unico acquifero di pianura, è variabile risultando compresa tra 10^{-2} e 10^{-1} cm/s con punte locali minori anche di 10^{-4} cm/s, là ove la percentuale di argilla contenuta nel terreno è preponderante.

6 EFFETTI DELLA POSA IN OPERA DEI PANNELLI SUL BILANCIO DI EROSIONE DEL SUOLO

L'erosione del suolo consiste nel fenomeno di asportazione del materiale che costituisce lo strato superficiale del terreno da parte dell'acqua e del vento attraverso azioni meccaniche e chimiche.

Dal punto di vista scientifico e tecnico viene fatta una ulteriore distinzione a livello di scala spaziale: al concetto di erosione del suolo (soil erosion) appena definito si aggiunge quello di perdita di suolo (soil loss) e di produzione di sedimento (sediment yield).

Si parla di erosione quando si fa propriamente riferimento al fenomeno locale di distacco e movimento del materiale (microscala), di perdita di suolo se ci si riferisce alla quantità totale di materiale asportata da un campo, da un pendio o da un versante (mesoscala), di produzione di sedimento quando si considera la quantità di materiale che passa attraverso la sezione di chiusura di un bacino (macroscala).

La presenza di una "scabrezza" intesa sia in senso più stretto a livello di superficie (microscala), sia in senso più generale (ostacoli di varie dimensioni come case, alberi, cespugli, etc.), riduce di molto quest'azione e quindi i fenomeni erosivi.

Di conseguenza i terreni più facilmente soggetti a questo tipo di erosione sono i terreni poco coesivi con scarsa copertura (terreni desertici, pianure alluvionali, coste) presenti nell'area in studio.

L'azione erosiva dell'acqua è prodotta sia dallo scorrimento superficiale (runoff), sia dall'impatto delle gocce sul terreno (rainsplash).

In questo capitolo ci soffermeremo sulle variazioni delle condizioni di equilibrio dinamico del suolo in seguito all'installazione del campo fotovoltaico oggetto di intervento, in termini di erosione del suolo; in particolare si analizzeranno gli scenari

connessi all'influenza sugli equilibri raggiunti (qualora vi fossero) valutando infine la possibilità di predisporre interventi volti a alla mitigazione di eventuali compensazioni a favore dei processi erosivi.

6.1 CENNI SULLA MECCANICA DELL'EROSIONE

Al fine di potere sviluppare le considerazioni sopra accennate, risulta utile riportare alcune brevi considerazioni afferenti alla meccanica dell'erosione dei suoli.

Tale fenomeno fisico consiste di due fasi, la prima di distacco dal suolo del materiale, la seconda di trasporto dello stesso.

I due processi sono dovuti all'azione dell'acqua e del vento. Quando l'energia disponibile per il trasporto non è più sufficiente interviene una terza fase, complementare, che è quella di deposito.

Nel nostro caso specifico, considerando i fattori climatici caratteristici dell'area in studio (vedi Capitolo clima), la morfologia dell'area in studio (vedi capitolo geomorfologia) e soprattutto la tipologia dell'intervento proposto, prenderemo in considerazione esclusivamente l'erosione dovuta alla pioggia.

6.1.1 Distacco

Di fondamentale importanza nelle valutazioni in essere, riveste il processo che determina un distacco del suolo ad opera delle acque di pioggia, comunemente chiamata "splash erosion".

Tale azione è la causa principale del distacco, mentre contribuisce solo minimamente al trasporto.

La pioggia che colpisce il terreno possiede una quantità di moto che può provocare direttamente il distacco delle particelle spostandole anche di qualche

centimetro (in quantità inversamente proporzionale alla coesività del suolo) o che comunque, ne indebolisce la struttura rendendo più facile il distacco da parte delle piogge successive.

La componente del vettore quantità di moto parallela al terreno viene completamente trasferita alla superficie del terreno, mentre solo una piccola parte della componente normale al terreno viene trasmessa.

26

La rimanente parte viene dissipata nell'effetto di "rimbalzo" dovuto all'elasticità dell'urto.

La componente normale dà conto dell'effetto di compattazione del suolo, che si osserva nei primi mm di spessore (da 0.1 a 3 mm) mentre la componente tangenziale è la responsabile dell'effetto di dispersione laterale delle particelle (prevalentemente verso valle).

Considerando l'energia cinetica richiesta per il distacco di una determinata massa di sedimento in seguito all'impatto delle gocce, si nota che esiste una relazione tra granulometria e energia necessaria al distacco.

Misure sperimentali hanno mostrato che l'energia cinetica specifica (Jm^{-2}) necessaria per distaccare un kg di sedimento dal terreno assume il valore minimo se il terreno è costituito da particelle con granulometria compresa tra 0.06 e 0.25 mm.

Per particelle di diametro inferiore aumenta la resistenza dovuta alle forze di superficie di legame chimico (soprattutto in presenza di argilla); per i diametri superiori la resistenza è dovuta essenzialmente alle forze di massa.

Osservando la Carta litologica allegata alla Relazione Geologica in progetto, ne risulta che, sulla scorta delle considerazioni avanzate, i suoli più vulnerabili sono sia

quelli composte dal Flysch Numidico (Argille brune con intercalazioni quarzarenitiche) che i suoli afferenti le alluvioni quaternarie.

A seconda dello spessore dello strato d'acqua che può ricoprire il terreno si possono avere effetti di protezione o di incremento dell'erosione dovuto all'impatto delle gocce.

27

Per piccoli spessori (molto più piccoli del diametro delle gocce) si ha un effetto di amplificazione dell'azione delle gocce, causato dalla turbolenza che l'impatto impartisce all'acqua.

All'aumentare dello spessore dell'acqua, viene raggiunta una profondità "critica", oltre la quale l'erosione decresce in modo esponenziale, perché la maggior parte dell'energia viene dissipata nell'acqua e non provoca effetti sulla superficie del suolo.

Esperimenti di laboratorio mostrano che la profondità critica può variare approssimativamente dal diametro della goccia ad $1/5$, $1/3$ di tale diametro in funzione della natura del suolo.

6.1.2 Trasporto

Per quanto riguarda gli agenti fisici di trasporto si deve distinguere tra quelli che agiscono in modo distribuito e che producono la rimozione di uno spessore di materiale in modo quasi uniforme su un'area di dimensioni anche notevoli e quelli che concentrano la loro azione in "canali" con caratteristiche diverse, e quindi agiscono su aree limitate in larghezza ma che si possono estendere notevolmente in lunghezza.

Del primo gruppo fanno parte l'impatto della pioggia, lo scorrimento superficiale quando avviene sotto forma di moto piano (sheet flow) caratterizzato da un tirante molto piccolo rispetto alle altre due dimensioni, e l'azione del vento.

Questi agenti sono in grado di muovere o di trascinare soltanto le particelle più fini inglobandole.

Del secondo gruppo fanno parte tutte le correnti canalizzate (dimensione prevalente nella direzione del moto).

Queste vanno dai rigagnoli (rills) di piccole dimensioni, che hanno spesso carattere temporaneo e possono essere facilmente eliminate dagli eventi naturali o dalla lavorazione del terreno, a quelle di dimensioni più grandi a carattere permanente, come le gole erosive (gullies), i torrenti e i fiumi.

Se si considera il fenomeno erosivo dovuto all'azione dell'acqua su di un versante si può notare che nella parte alta, al di sotto della cima del rilievo, per una certa distanza non si ha praticamente trasporto.

Infatti lo scorrimento superficiale, che si manifesta soltanto dopo che il terreno è stato saturato (o per un'intensità di pioggia superiore alla velocità d'infiltrazione del terreno) e dopo che sono state riempite le depressioni superficiali, diventa erosivo soltanto ad una certa distanza dall'inizio del pendio.

È necessario infatti che la portata raggiunga un livello di soglia che dipende dalla pendenza del terreno e dalla copertura vegetale.

Siccome queste non sono mai uniformi è praticamente impossibile che si verifichi un vero moto piano, ma il moto ha solo mediamente le caratteristiche di un moto piano. Di conseguenza anche il fenomeno erosivo sarà solo mediamente uniforme e si potranno verificare una successione di zone di erosione e di zone di deposito. Il fenomeno resta comunque un fenomeno distribuito.

Il passaggio dall'erosione distribuita all'erosione incanalata avviene quando la velocità media di scorrimento superficiale eccede la velocità critica di attrito

necessaria perché l'erosione non sia più selettiva per quanto riguarda la dimensione delle particelle, cosicché sia le particelle più fini, sia quelle di maggior dimensione, possono essere inglobate e trascinate via dalla corrente. In questo modo vengono scavate le incisioni nel terreno.

La formazione delle piccole canalizzazioni (rills) è quindi legata ad una "distanza critica" che dipende dalla pendenza del terreno, dalla sua natura e dalle condizioni in cui si trova la superficie. Infatti la presenza di componenti trasversali nel moto piano, dovuti all'irregolarità del terreno, ed il progressivo aumento del numero di Reynolds (turbolenza) e del numero di Froude conseguente all'aumento di portata che si verifica procedendo verso valle, fa sì che ad una certa distanza dall'inizio dello scorrimento superficiale la corrente tenda a concentrarsi, aumentando la sua azione erosiva.

Il fenomeno della canalizzazione si estende poi da valle verso monte.

La gola erosiva (gully) è un'incisione permanente di pendenza notevole e piuttosto instabile (si può modificare notevolmente durante gli eventi piovosi) interessata dalla corrente soltanto durante le piogge (se si escludono piccoli apporti dalla falda).

Le gole erosive si possono formare sia come sviluppo dell'erosione incanalata (rills), sia direttamente, se le pendenze sono notevoli, in conseguenza di una variazione dell'afflusso meteorico o della copertura vegetale.

Rispetto ai corsi d'acqua "stabili" che presentano, da monte a valle, un profilo concavo verso l'alto con una graduale diminuzione della pendenza, le gole erosive sono caratterizzate da un profilo longitudinale che presenta una successione di tratti a forte e debole pendenza con brusche variazioni: non è raro incontrare brevi tratti in contropendenza.

La larghezza delle gole erosive è normalmente piccola rispetto alla profondità.

Sono caratterizzate da un forte trasporto solido associato a erosione locale (prevalente nella parte di monte a maggiore pendenza) e la loro instabilità sia trasversale che longitudinale rende difficile il loro studio.

30

La presenza di gole erosive è sempre associata ad un processo di erosione accelerata e quindi ad instabilità dei versanti.

Chiariti gli aspetti fondamentali della meccanica dell'erosione dei suoli, si cercherà adesso di valutare quali effetti possano provocare le modifiche sugli equilibri che il suolo dell'area in studio possa subire in seguito all'installazione del campo fotovoltaico in progetto.

Un prezioso e determinante contributo, ci viene fornito dall'equazione universale dell'erosione del suolo (U.S.L.E.) equazione più ampiamente utilizzata nell'analisi per condizioni generali come quelle dell'area in studio.

$$E = R K L S C P$$

- ❖ E = quantità di terreno erosa (dimensionale)
- ❖ R = fattore di erosività della pioggia (dimensionale)
- ❖ K = fattore di erodibilità del suolo (dimensionale)
- ❖ L = fattore di lunghezza (adimensionale)
- ❖ S = fattore di pendenza (adimensionale)
- ❖ C = fattore di coltivazione (adimensionale) o di copertura... inserire che questo fattore diminuisce al crescere della copertura
- ❖ P = fattore (adimensionale) di pratica colturale e/o antierosiva o di copertura (N.B: diminuisce all'aumentare della superficie coperta)

Per sviluppare le considerazioni sugli effetti che l'installazione dei pannelli fotovoltaici provocano sul suolo, ci soffermeremo solamente sulla valutazione dei parametri R e P, tralasciando tutti gli altri fattori che resterebbero in linea di massima immutati nel passaggio di condizioni tra ante e post operam.

Il fattore R "Erosività della pioggia" è solitamente definito come combinazione di due caratteristiche della pioggia "K e t" ovvero energia cinetica totale della pioggia e I30, massima intensità dello scroscio di 30 minuti.

Il prodotto di queste grandezze dà conto dell'effetto combinato dell'impatto delle gocce e della turbolenza (introdotta nello scorrimento superficiale) sul trasporto delle particelle solide.

Supponendo la perdita di energia cinetica della pioggia ma anche della sua intensità a causa dell'impatto (parziale) con la superficie del pannello fotovoltaico prima che questa cada sul suolo (il modulo fotovoltaico attutirebbe l'impatto) ne conviene che anche il fattore R sarà relativamente più basso nelle condizioni descritte nel post intervento così come per il fattore P.

Ne conviene dunque che nelle condizioni analizzate dal post intervento l'intera quantità di terreno erosa "E", diminuirebbe considerevolmente con benefici non indifferenti in termini di protezione del suolo.

Naturalmente, se da un lato sono evidenti i benefici in termini di alterazione degli equilibri di erosione e trasporto dall'altro la parziale copertura comporta delle valutazioni in termini di invarianza idraulica mirate ad una valutazione delle criticità conseguenti agli aumenti dei volumi di deflusso superficiale.

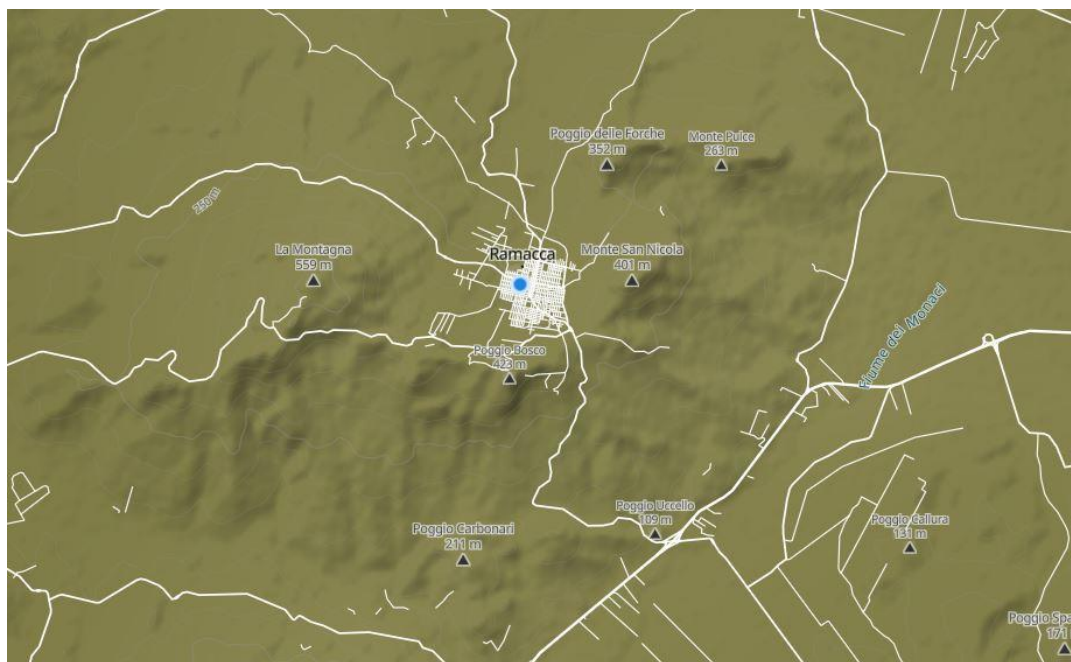
Tali valutazioni, come già anticipato nella fase introduttiva della presente Relazione, verranno affrontate nei capitoli seguenti.

7 CENNI DI CLIMATOLOGIA

Gli apporti idrici più importanti che concorrono ad alimentare sia i deflussi superficiali che quelli sotterranei sono normalmente quelli direttamente legati alle precipitazioni atmosferiche.

La fonte istituzionale di informazioni è l'Ufficio Idrografico della Regione Siciliana che pubblica, negli "Annali Idrologici", i dati riscontrati nelle stazioni di sua pertinenza a cui si aggiungono i dati riassuntivi contenuti nell'Atlante Climatologico, redatto dall'Assessorato Agricoltura e Foreste della Regione Siciliana.

Per le indagini di tipo pluviometrico e termometrico si sono acquisiti i dati dagli annali idrologici relativi ad un periodo che va dal 1990 al 2016 per quanto concerne i dati pluviometrici della Stazione "Ramacca", posta a 270 metri s.l.m. coordinate geografiche 37.39° N 14.69° E.

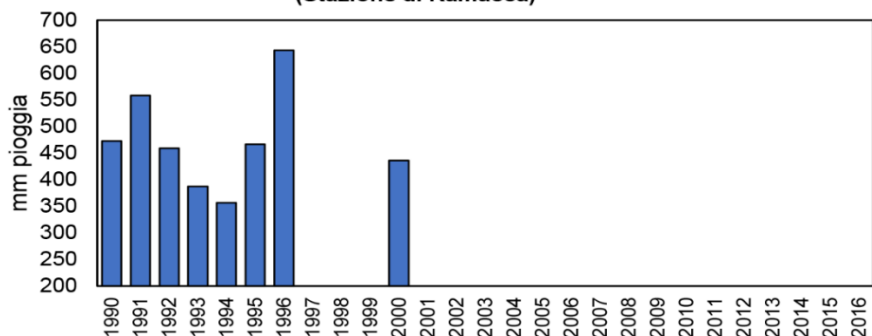


Progetto dell'impianto agri-fotovoltaico denominato "Impianto Agri-Fotovoltaico Giumenta" della potenza complessiva di 116.027,10 kWp da realizzare nel Comune di Ramacca (CT).

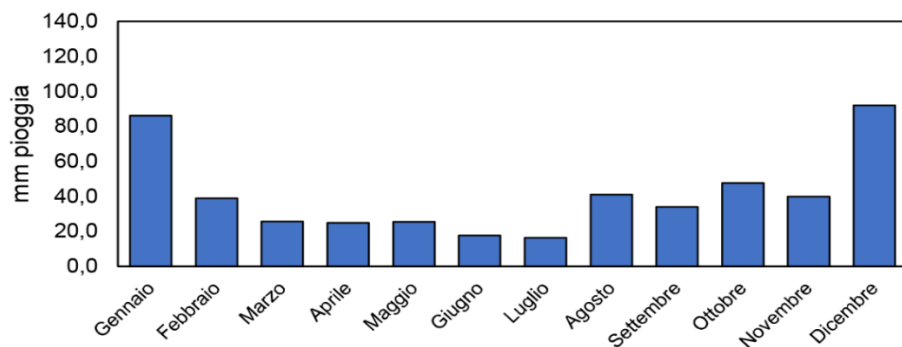
Piogge mensili cumulate - Stazione di Ramacca													
Anno	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Totale annuo
1990	7,0	2,4	3,2	45,4	43,4	3,6	3,0	114,8	17,0	48,6	48,0	136,0	472,4
1991	55,2	78,4	26,2	32,6	12,6	16,8		23,2	86,0	72,6	40,0	115,0	558,6
1992	179,4	7,2	10,4	16,8	52,6	20,2	18,8	9,2	13,8	18,2	1,4	111,2	459,2
1993	34,6	40,8	32,2	18,8	39,4			1,6	19,8	49,2	117,2	33,6	387,2
1994	63,4	27,4	0,2	38,0	1,6	21,0	30,2	26,4	14,4	69,6	40,6	23,4	356,2
1995	50,6	6,6	33,6	13,0	25,8			98,0	36,4	3,2	42,2	157,2	466,6
1996	166,2	141,8	95,8	8,0	22,0	42,8	14,0	14,4	14,6	52,8	4,6	66,4	643,4
1997								dati non presenti					
1998								dati non presenti					
1999								dati non presenti					
2000	133,2	7,4	3,0	27,2	6,6	1,8			69,8	67,6	25,4	93,6	435,6
2001								dati non presenti					
2002								dati non presenti					
2003								dati non presenti					
2004								dati non presenti					
2005								dati non presenti					
2006								dati non presenti					
2007								dati non presenti					
2008								dati non presenti					
2009								dati non presenti					
2010								dati non presenti					
2011								dati non presenti					
2012								dati non presenti					
2013								dati non presenti					
2014								dati non presenti					
2015								dati non presenti					
2016								dati non presenti					
Medie	86,2	39,0	25,6	25,0	25,5	17,7	16,5	41,1	34,0	47,7	39,9	92,1	472,4

33

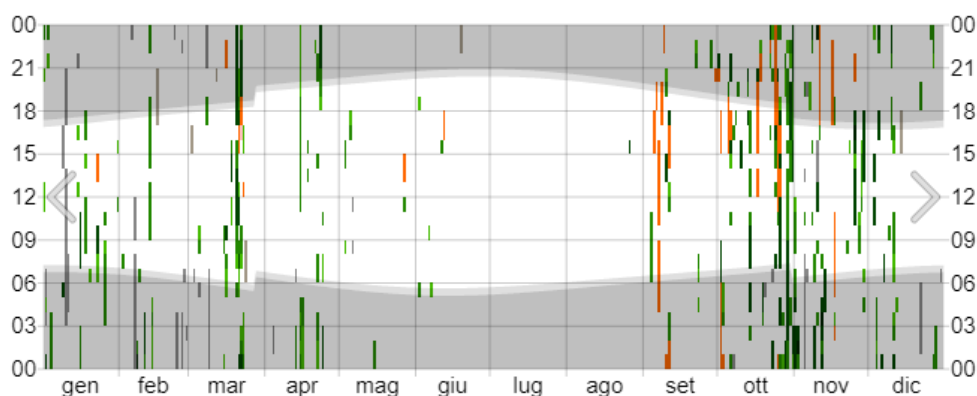
Precipitazioni totali annue
(Stazione di Ramacca)



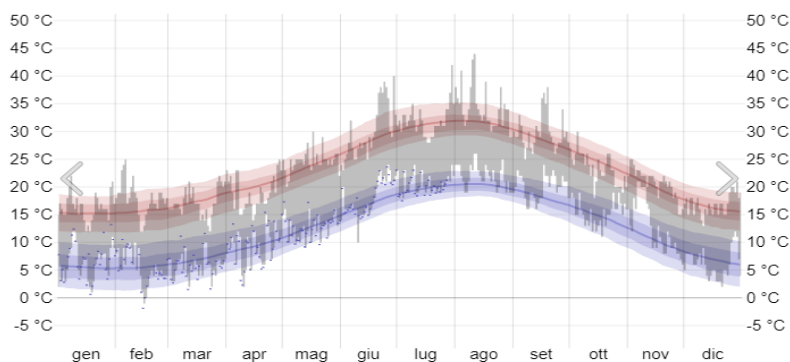
Precipitazioni medie mensili
(Stazione di Ramacca)



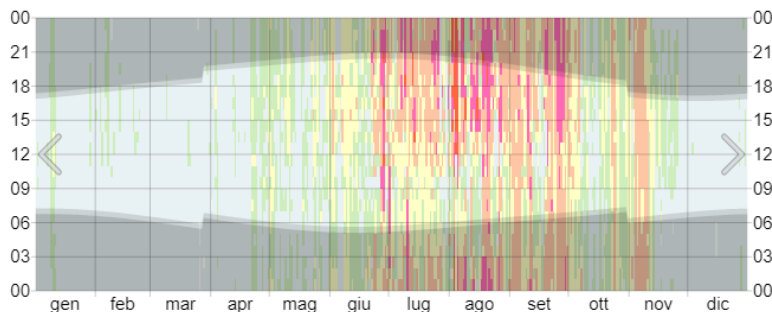
L'area studiata è caratterizzata da un clima di tipo Temperato Mediterraneo con cicli di piovosità molto bassa e cicli di piovosità intensa, con tempi di ritorno ciclici di circa 10 anni; attualmente, come consultabile dai vari grafici afferenti alle misure per l'anno 2021, dopo un decennio di basse piovosità si riscontra nuovamente un incremento delle stesse.



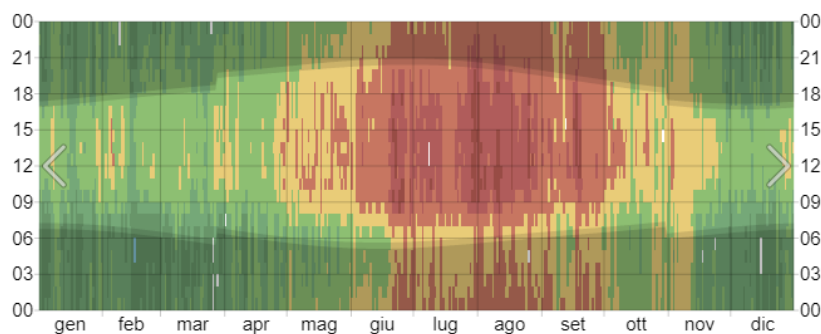
Condizioni meteo osservate nel 2021



Dati storici della temperatura a 2021



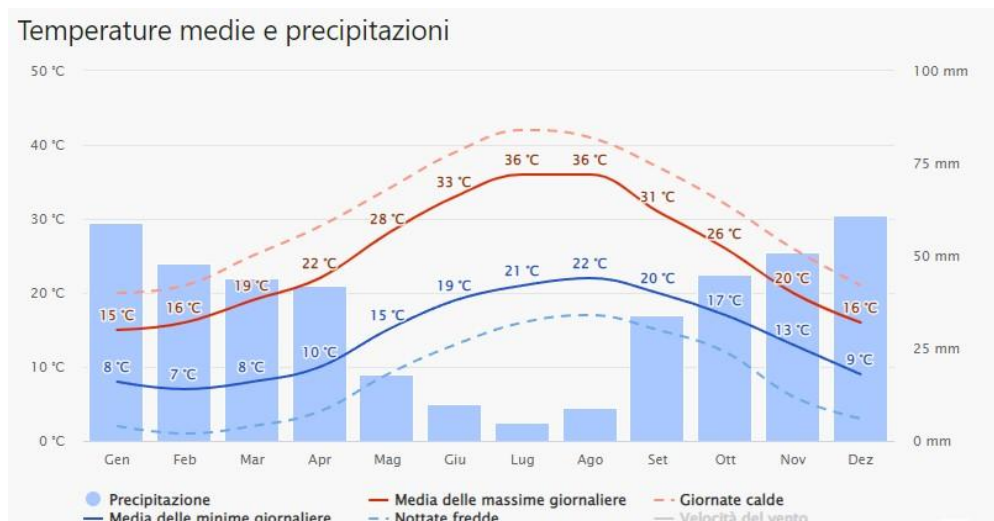
Livelli di comfort umidità nel 2021



Temperatura oraria nel 2021

Le temperature medie più elevate si registrano nei mesi di luglio ed agosto mentre le più basse si hanno nel bimestre gennaio-febbraio.

Considerando i dati termometrici rilevati nel periodo del trentennio e confrontando i valori relativi alle medie mensili ed annuali, si evidenzia un andamento termico del territorio in studio piuttosto regolare, con valori medi sempre inferiori ai 30 °C come consultabile dal grafico delle misure "2021" in seguito allegato.



8 STUDIO IDROLOGICO

La prima parte dello studio idrologico, riguarda l'estrapolazione di tutte le caratteristiche idrologiche afferenti ai sottobacini in cui ricadono le aree in progetto (Tav. 2 e 3) al fine di ottenere le informazioni utili al calcolo dell'invarianza idraulica; nello specifico si procederà innanzitutto all'individuazione dei massimi deflussi che si possono verificare, conseguentemente ad un evento meteorico di notevole entità considerando i coefficienti di deflusso ante operam.

36

A tale scopo è stato applicato il metodo della corrivazione relativamente ad eventi piovosi con tempo di ritorno T pari a 30 e 50 anni.

8.1 ANALISI STATISTICA DELLE PIOGGE DI BREVE DURATA ($T=1-24$ ORE) MEDIANTE LA LEGGE DI DISTRIBUZIONE DI GUMBEL

La legge di distribuzione di probabilità di Gumbel, consente di valutare la corretta frequenza probabile di un evento, a partire dal campione di dimensione N disponibile.

Nel caso specifico si è utilizzato un range di campioni (N) relativi alla stazione pluviometrica di Ramacca pari a 25.

La serie storica esaminata sottende un periodo di osservazione che va dal 1990 al 2015. Gli anni non indicati nelle tabelle di seguito riportate, denotano un mancato rilevamento della stazione in esame.

La legge di Gumbel, individua la distribuzione di probabilità teorica che meglio si adatta al campione empirico in esame.

I dati utilizzati in questa analisi sono i massimi annuali delle altezze di pioggia di assegnata durata (1-3-6-12-24) ore; trattandosi di massimi annuali la pratica più diffusa è l'adozione della prima legge del valore estremo (EV1) o legge di Gumbel.

La funzione di probabilità di Gumbel ha la seguente legge:

37

$$P(h_t) = \exp[-\exp(-a(h_t - u))]$$

in cui $P(h_t)$ è la probabilità di non superamento della variabile idrologica h_t , α ed u sono i due parametri della legge di Gumbel.

$$\alpha = \frac{1,283}{\sigma(h_t)} \quad u - \frac{0,5772}{\alpha} = u(h_t) - 0,45\sigma(h_t)$$

I parametri α ed u sono legati alla media $u(h_t)$ della variabile h_t dalle seguenti relazioni:

Si definisce tempo di ritorno (T) di una variabile idrologica (h_t) il numero di anni T in cui la variabile idrologica è raggiunta o superata mediamente una sola volta. La probabilità di superamento della variabile h_t è pari a $1 - P(h_t)$ ed è legata al tempo di ritorno dalla seguente relazione:

$$1 - P(h_t) = \frac{1}{T}$$

da cui si deduce molto semplicemente

$$P(h_t) = \frac{T-1}{T}$$

Dalla formula precedente si ricava, infine, la seguente espressione per $h_{t,T}$:

$$h_{t,T} = u - \frac{1}{a} \ln \ln = u(h_t) - \sigma(h_t) \left[0,45 + 0,78 \ln \ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]$$

38

Mediante la relazione sopraindicata, per ciascuna durata t (1,3,6 e 24 ore) e per fissati valori del tempo di ritorno T è possibile stimare la h_t , T .

Nel caso della sistemazione del bacino in esame che, come vedremo, è la somma di più sottobacini, si sono utilizzati valori per T di 30 e 50 anni.

Gli andamenti delle curve possono essere rappresentati da una equazione monomia del tipo:

$$h_{t,T} = \alpha t^n$$

L'andamento delle curve elaborato, è esposto nelle successive tabelle.

Stazione di Ramacca						Note
PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA' (mm)						
Anno	1h	3h	6h	12h	24h	
1990	34,8	44,4	48,0	49,4	60,2	
1991						<i>dati non presenti</i>
1992						<i>dati non presenti</i>
1993	17,8	33,0	47,6	56,4	62,0	
1994	29,2	35,6	37,0	48,4	48,4	
1995						<i>dati non presenti</i>

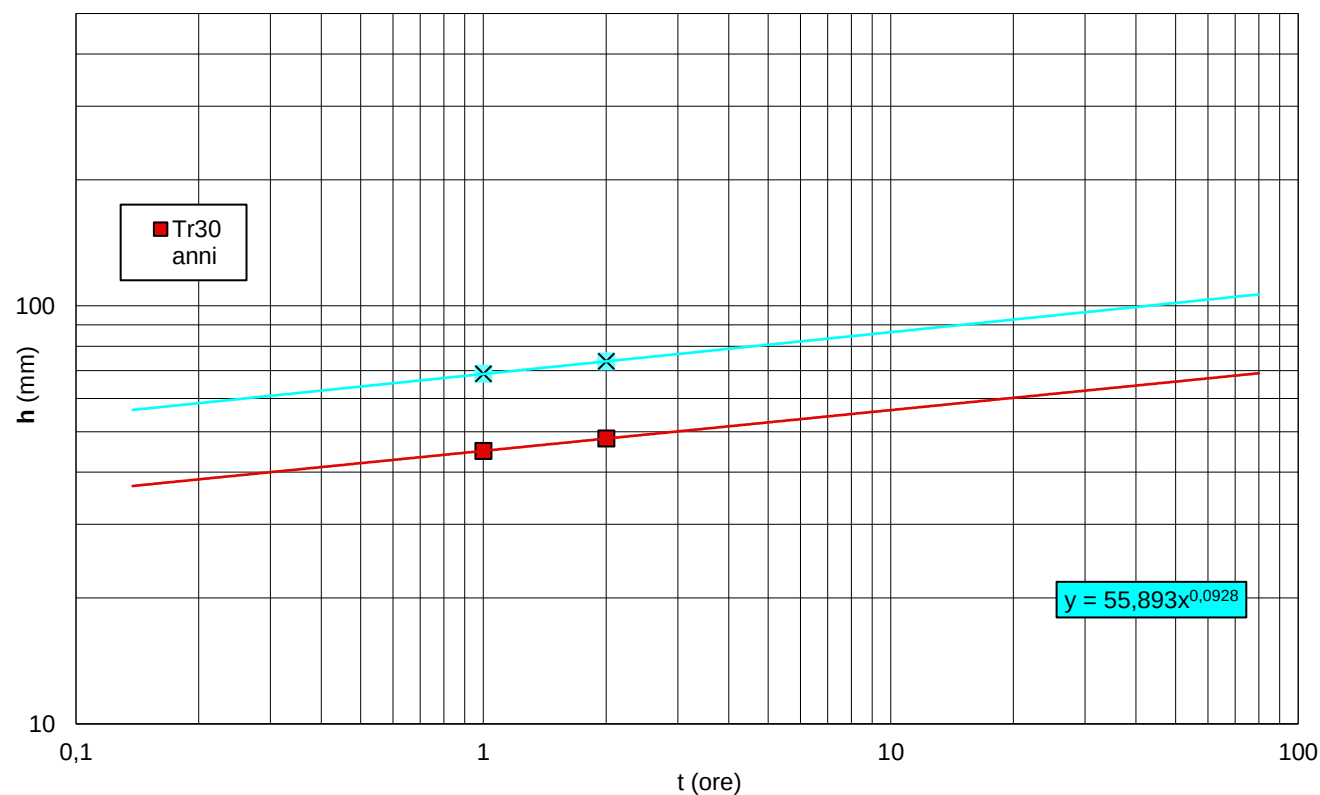
Progetto dell'impianto agri-fotovoltaico denominato "Impianto Agri-Fotovoltaico Giumenta" della potenza complessiva di 116.027,10 kWp da realizzare nel Comune di Ramacca (CT).

1996	28,0	28,0	32,0	44,0	48,8		
1997						dati non presenti	
1998						dati non presenti	
1999	22,8	25,0	26,2	39,0	56,8		
2000	48,6	48,6	48,6	48,6	61,0		
2001						dati non presenti	
2002						dati non presenti	
2003						dati non presenti	
2004						dati non presenti	
2005						dati non presenti	
2006						dati non presenti	
2007						dati non presenti	
2008						dati non presenti	
2009						dati non presenti	
2010						dati non presenti	
2011						dati non presenti	
2012						dati non presenti	
2013						dati non presenti	
2014						dati non presenti	
2015						dati non presenti	
						dati non presenti	
$\mu(ht)$	30,2	35,8	39,9	47,6	56,2		
$\sigma(ht)$	10,7	9,2	9,6	5,8	6,1		

ANALISI STATISTICA DEI DATI PLUVIOGRAFICI						
Metodo di Gumbel o Prima legge del valore estremo EV1						
$\mu(h_t)$ è la media delle precipitazioni di massima intensità;						
$\sigma(h_t)$ è la deviazione standard delle precipitazioni di massima intensità						
α_t e u_t sono parametri da stimare assoggettando ciascuna delle serie storiche al modello probabilistico di Gumbel						
N campione = 13		t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
$\mu(h_t)$		30,20	35,77	39,90	47,63	56,20
$\sigma(h_t)$		10,72	9,20	9,58	5,82	6,14
$\alpha_t = 1,283/\sigma(h_t)$		0,12	0,14	0,13	0,22	0,21
$u_t = \mu(h_t) - 0,45\sigma(h_t)$		25,38	31,63	35,59	45,02	53,44
Tabella 2		Altezze massime di pioggia regolarizzate (mm)				
Tempo di ritorno (T)		t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
10 anni	$h_t =$	44,17	47,76	52,40	55,22	64,21
30 anni	$h_t =$	53,64	55,89	60,86	60,36	69,64
50 anni	$h_t =$	57,97	59,60	64,73	62,71	72,12
100 anni	$h_t =$	63,80	64,61	69,94	65,87	75,46
200 anni	$h_t =$	69,61	69,60	75,14	69,03	78,79

$$h_t = u(h_t) - \frac{1}{\alpha(h_t)} \ln \ln \left(\frac{T}{T-1} \right)$$

Curve di probabilità pluviometrica - Leggi di pioggia



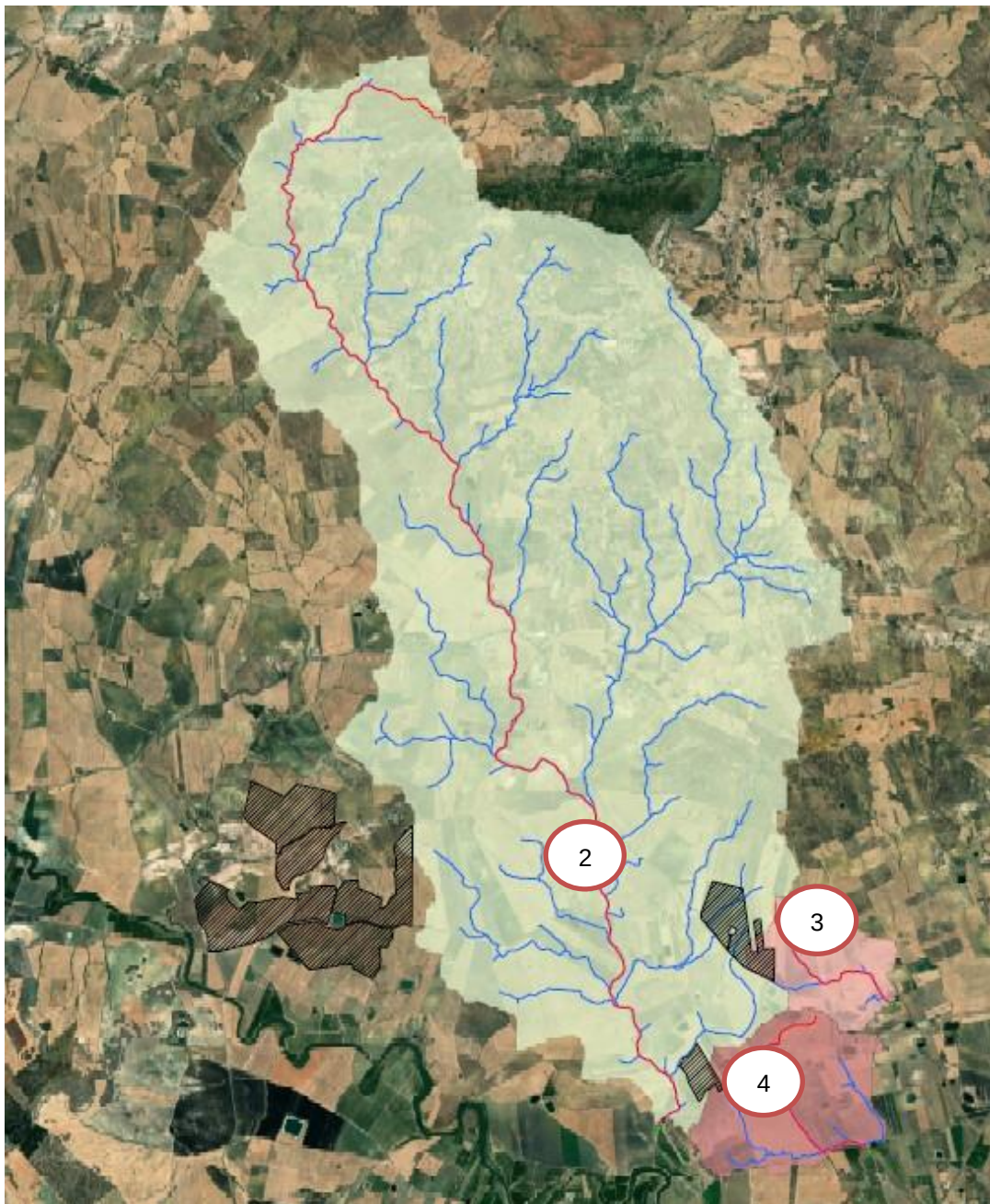
41

$$h=at^n$$

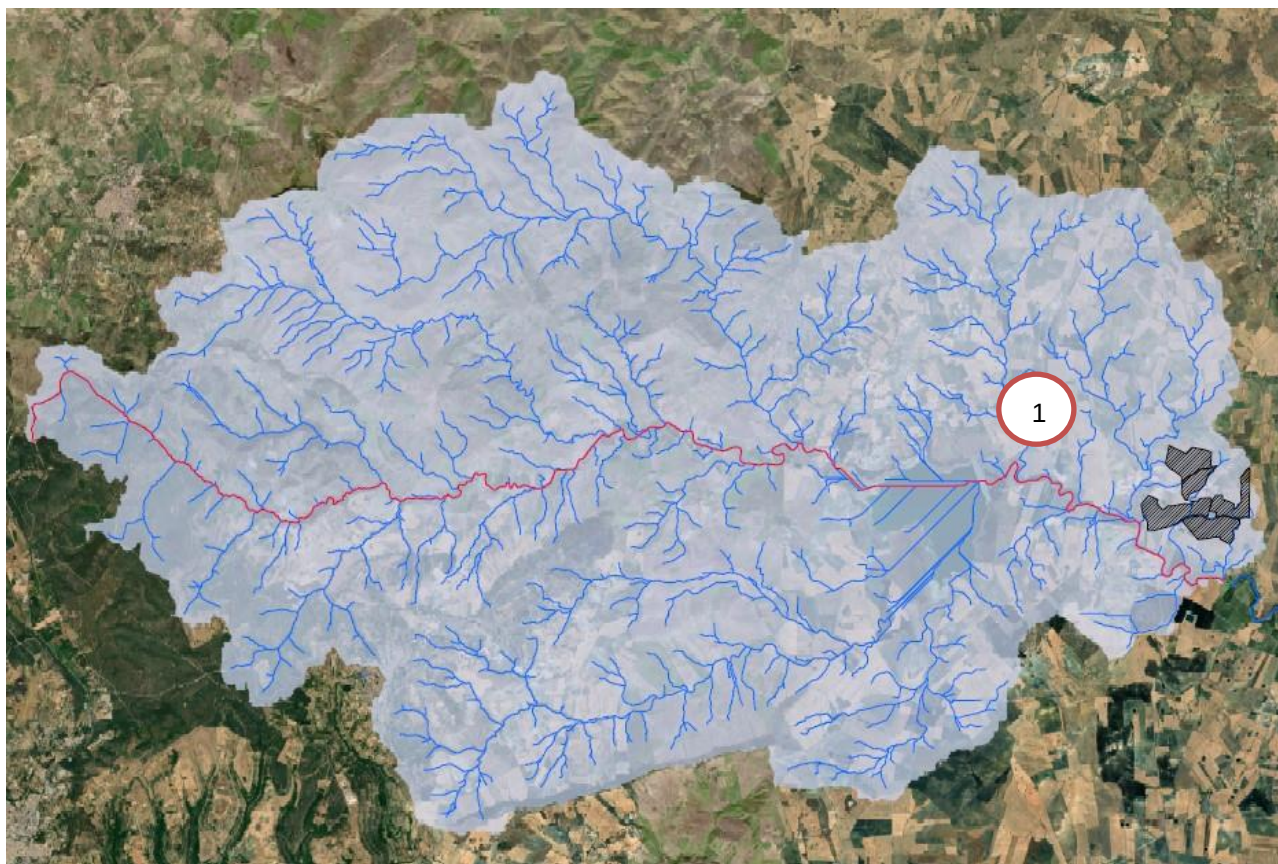
8.1 DETERMINAZIONE DEI VALORI DI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO

come si evince dalle figure successive, tratte dalla **Tavola 2 e 3** allegate alla presente relazione, ciascuna macro Area individuata nei Paragrafi precedenti, non ricade interamente all'interno di un unico bacino; in altri casi in un bacino, ricadono porzioni di due macro aree differenti. La macro area 2 ricade infatti in tre sottobacini differenti e nello specifico nei sottobacini 2, 3, e 4

42



Nel sottobacino 2 ricade anche una piccolissima porzione della macroarea 1 la cui quasi totalità, è individuabile all'interno del Sottobacino 1.



Si riporta di seguito una tabella riepilogativa delle superfici urbanizzate per ciascun Sotto Bacino interessato:

Sotto Bacino	Superficie da Macro Area 1	Superficie da Macro Area 2	Totale
1	153 ha		153 ha
2	3 ha	32,183 ha	35,183 ha
3	-	6,99 ha	1,12 ha
4		1,12 ha	1,12 ha

Il coefficiente di deflusso, nell'ambito di un bacino idrografico, esprime il rapporto fra deflussi (volume d'acqua defluito alla sezione di chiusura del bacino) e afflussi (precipitazioni).

Il suo valore è in genere compreso tra 0 e 1, è nullo nel caso di bacini che non diano origine a deflussi superficiali.

44

Nell'area, in relazione alle specifiche superfici con caratteristiche di permeabilità diverse possiamo esprimere un coefficiente ϕ ragguagliato, il dettaglio del calcolo del coefficiente di afflusso medio è indicato nella fornisce il risultato applicando la formula:

$$\phi_m = (\sum S_n \times \phi_n) / \sum S_n$$

I valori dei coefficienti di deflusso ϕ utilizzati, sono stati restituiti dalla metodologia GIS che ha permesso una ricostruzione fedele e zelante dei vari coefficienti in funzione della tipologia di uso del suolo di terreno, così come richiesto nell'allegato 2 del D.D.G. n. 102 del 23-06-2021.

Tale calcolo dei valori di coefficienti deflusso ϕ è stato utilizzato per ottenere i valori nelle condizioni ante e post operam.

Per quanto concerne le superfici di progetto in cui verranno collocate i moduli fotovoltaici, in via del tutto cautelativa, nella valutazione del principio di Invarianza Idraulica, e dunque nel calcolo dei volumi eccedenti di acqua superficiale post operam, da compensare attraverso l'utilizzo dei sistemi di laminazione (trincee drenanti, nel nostro caso), è stato adottato un valore di coefficiente di deflusso ϕ pari ad 1 (Superfici

Impermeabili) nonostante appare palese, per le considerazioni fatte nel Capitolo 6, che l'intervento non comporta di fatto una impermeabilizzazione del suolo.

I risultati vengono proposti nella seguente tabella seguente:

Sotto Bacino	φ_m Ante Operam	φ_m Post Operam
1	0,2444	0,2502
2	0,2462	0,25460
3	0,2288	0,2842
4	0,2237	0,2258

8.1 ANALISI E CALCOLO DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA

Il metodo utilizzato si prefigge la stima del volume d'invaso necessario per garantire l'invarianza idraulica ricalcando il procedimento esposto nel testo "Sistemi di fognatura Manuale di progettazione" (CSDU – HOEPLI, Milano, 1997) nonché le linee guida indicate nell'allegato 2 del D.D.G. n. 102 del 23-06-2021: nel quadro delle "Linee guida per gli standard di qualità urbana ed ambientale e per il sistema delle dotazioni territoriali" previste all'art. 51 della legge regionale 13 agosto 2020, n. 19.

Attraverso l'applicazione del principio di invarianza idraulica e idrogeologica, così come previsto dalla regolamentazione regionale, l'obiettivo è il totale annullamento delle portate di acque meteoriche uscenti dal sito.

Ciò è possibile attraverso la progettazione-verifica di idonee strutture di Invaso e Dispersione (SID) dei Volumi acque "eccedenti".

La risposta idrologica del sistema è quindi estremamente semplificata trascurando tutti i processi di trasformazione afflussi-deflussi (Routing): permane unicamente la determinazione della precipitazione efficace (separazione dei deflussi) ottenuta con il metodo del coefficiente di afflusso.

Tale ipotesi semplicistica implica che le portate in ingresso al sistema di invaso siano sovrastimate e di conseguenza, nel caso si riesca a garantire la costanza della portata massima allo scarico, anche i volumi di laminazione risulteranno sovrastimanti e cautelativi.

Come, vedremo più avanti, tale sovrastima è determinabile avendo attribuito, nel paragrafo precedente, il valore di 1 al coefficiente di deflusso delle superfici oggetto di intervento.

La procedura si basa sulla sola curva di possibilità pluviometrica, sulle caratteristiche di permeabilità della superficie tributaria e sulla portata massima, supposta costante, che si vuole avere allo scarico del sistema.

Nello specifico, l'analisi delle condizioni idrauliche e idrogeologiche dell'area e la verifica delle condizioni di invaso, con il metodo delle sole piogge, hanno condotto alla progettazione di sei trincee drenanti nelle zone di intervento (vedi Capitolo 9).

In particolare, le acque di dilavamento in eccedenza a seguito della trasformazione delle aree saranno intercettate da sistemi disperdenti a trincea integrati da idonei accumuli di laminazione realizzati sfruttando la morfologia del terreno.

Nel caso di evento critico, calcolato con tempi di ritorno di 50 anni (così come indicato nell'allegato 2 del D.D.G. n. 102 del 23-06-202 nel quadro delle *"Linee guida per gli standard di qualità urbana ed ambientale e per il sistema delle dotazioni territoriali"* previste all'art. 51 della legge regionale 13 agosto 2020, n. 19) la realizzazione di tali sistemi di dispersione consente di garantire un franco minimo.

Il metodo e le equazioni applicate riguardano la formulazione classica (italiana) a due parametri (a, n) della curva di possibilità pluviometrica:

$$h = a \cdot t^n$$

47

dove h è l'altezza di pioggia (mm) corrispondente a un evento di durata t.

Da queste posizioni deriva che il volume di pioggia entrante nel sistema di invaso in conseguenza ad un evento pluviometrico di durata t si può esprimere:

$$V_{IN} = S \cdot \varphi \cdot h(t) = S \cdot \varphi \cdot a \cdot t^n$$

Dove φ è il coefficiente di afflusso e S la superficie del bacino drenato a monte del sistema di invaso.

Il volume in uscita dal sistema nello stesso intervallo t di tempo sarà invece:

$$V_{OUT} = Q_{IMP} \cdot t = S \cdot u_{IMP} \cdot$$

Dove Q_{IMP} e u_{IMP} sono rispettivamente la portata e il coefficiente udometrico imposti allo scarico.

Il volume invasato al tempo t sarà allora dato dalla differenza dei volumi in ingresso e in uscita dal sistema:

$$V = V_{IN} - V_{OUT} = S \cdot \varphi \cdot a \cdot t^n - Q_{IMP} \cdot t$$

Si tratta ora di trovare la durata di pioggia tcr che massimizza il volume invasato V_{max} derivando l'espressione precedente. Analiticamente la condizione di massimo è così espressa:

$$t_{cr} = \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

e quindi il volume da assegnare al sistema di invaso sarà:

48

$$V_{max} = S \cdot \phi \cdot a \cdot \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_{IMP} \cdot \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Quanto sopra esposto è dunque riprodotto in una tabella riepilogativa dei parametri utilizzati e dei dati ottenuti:

ANTE OPERAM										
S. Bacino	S (km2)	S (ha)	h(t)	ϕ	a	n	QIMP (m³/s)	tcr (min)	tcr (h)	Vmax (m³)
1	216,567	21656,70	57,966	0,2444	55,89	0,09	4,331	96,901	1,615	2803,693
2	33,541	3354,10	57,966	0,2463	55,89	0,09	0,671	97,716	1,629	437,135
3	1,012	101,20	57,966	0,2288	55,89	0,09	0,020	90,115	1,502	12,363
4	2,092	209,20	57,966	0,2238	55,89	0,09	0,042	87,920	1,465	25,058

POST OPERAM								
S. Bacino	S (km2)	S (ha)	h(t)	ϕ	a	n	QIMP (m³/s)	Vmax (m³)
1	8,841	884,100	48,122	0,2084	68,70	0,100	0,177	117,651
2	1,921	192,100	48,122	0,3290	68,70	0,100	0,038	38,164
3	1,214	121,400	48,122	0,3343	68,70	0,100	0,024	24,457
4	81,603	8160,300	48,122	0,2021	68,70	0,100	1,632	1057,007

I risultati del volume di afflusso meteorico da smaltire attraverso la realizzazione di opere compensative di tipo "trincea drenante" sono riportati nella tabella seguente:

Sottobacino	$V_{\max}^{\text{Ante Operam}}$	$V_{\max}^{\text{Post Operam}}$	$V_{\max}^{\text{Da compensare}}$
1	2803,69 m ³	2823,92 m ³	20,23 m ³
2	437,14 m ³	452,00 m ³	14,87 m ³
3	12,36 m ³	15,04 m ³	2,68 m ³
4	25,06 m ³	25,35 m ³	0,29 m ³

9 CARATTERISTICHE TECNICHE E VERIFICA DEL SISTEMA DI DISPERSIONE

Nella scelta del sistema di vaso-laminazione sarà necessario tenere conto che tali opere dovranno garantire le portate di dispersione ed un volume di accumulo pari almeno a tale valore.

50

Nel presente caso, come detto, l'obiettivo è il totale annullamento delle portate di acque meteoriche in eccedenza a seguito delle modifiche di permeabilità effettuate indirettamente sui siti senza alcun aggravamento idraulico ai terreni posti a valle e pertanto, considerando la conformazione morfologica delle aree in studio nonché i volumi da stoccare, si è optato per l'utilizzo di trincee drenanti con pannelli di tipo Gabbiodren

9.1 CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE TRINCEE DRENANTI CON PANNELLI DI TIPO GABBIODREN

La realizzazione di trincee drenanti a gravità è una tecnica utilizzata nel drenaggio, nel consolidamento dei terreni e nella stabilizzazione di frane superficiali fino a 7-8 metri di profondità.

Lo scopo di un intervento con trincee drenanti è quello di realizzare all'interno del terreno una linea a forte permeabilità attraverso la quale far convergere ed allontanare le acque circolanti.

In virtù della differenza di pressione esistente all'interfaccia tra trincea drenante e mezzo geologico in posto, si innesca un moto di filtrazione che porta all'abbattimento delle sovrappressioni neutre e alla diminuzione del tenore di acqua nel terreno.

La riduzione delle pressioni interstiziali comporta il consolidamento e il miglioramento delle caratteristiche geotecniche dei terreni.

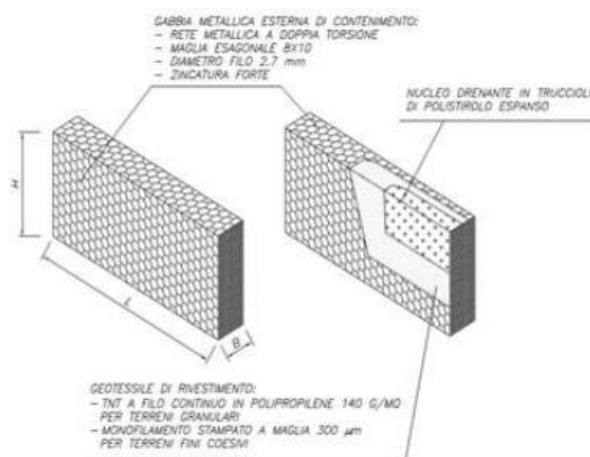


Figura 1: Particolare del sistema - Assemblaggio a piè d'opera delle trincee drenanti

L'utilizzo di trincee drenanti trova largo impiego anche in agricoltura ed edilizia a protezione di abitati e insediamenti industriali.

L'utilizzo in agricoltura si è rivelato particolarmente efficace nei vigneti e nei frutteti dove consente di mantenere stabili e drenati i terreni assicurando lo smaltimento delle acque meteoriche e mantenendo il suolo in condizioni idonee al transito dei mezzi agricoli. In tutti questi contesti l'utilizzo dei pannelli assicura il minor impegno economico, logistico e ambientale, evitando la mobilitazione e lo stoccaggio di pesanti carichi di inerti.

I pannelli drenanti possono essere impiegati in numerosi interventi di drenaggio in alternativa al classico sistema ghiaia+tubo+tessuto non tessuto delle trincee tradizionali.

Ogni pannello prefabbricato è costituito da uno scatolare metallico esterno di filo di acciaio zincato in maglia metallica esagonale che avvolge un geotessile di rivestimento, a sua volta contenente trucioli di resina sintetica di polistirolo espanso, imputrescibile e chimicamente inerte all'acqua. Al nucleo in polistirolo è affidata la funzione drenante. Alla base dei pannelli drenanti può essere applicata una guaina in polietilene avente la funzione di favorire lo smaltimento delle acque drenate.



Figura 2 Fasi di lavorazione durante la posa - Avanzamento dello scavo durante la posa

L'impiego di pannelli drenanti prefabbricati offre molteplici vantaggi:

- ❖ riduzione dei volumi e dei pesi trasportati rispetto ai materiali inerti utilizzati per le tradizionali trincee drenanti consente lavorazioni anche su aree instabili o inaccessibili
- ❖ grande facilità di movimentazione grazie alla leggerezza dei pannelli (trasportabili manualmente Legge 494/96)
- ❖ massima sicurezza in cantiere in quanto i pannelli sono assemblati fuori scavo e calati in trincea dall'esterno, senza la necessità che gli operai effettuino lavorazioni in scavo

- ❖ alleggerimento dei versanti in dissesto grazie all'inserimento di materiale del peso <35 kg per metro cubo grande velocità di posa in opera elevata flessibilità e modularità del sistema che permette la realizzazione di drenaggi con configurazioni variabili.

9.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE

- ❖ scavo della trincea con larghezza di sezione strettamente necessaria alla posa dei pannelli che nel nostro caso sarà appena superiore alla larghezza e alla profondità del modulo (1,00 m x 0,30 m);
- ❖ assemblaggio della fila di elementi a bordo scavo mediante giunzione dei singoli pannelli prefabbricati;
- ❖ posa all'interno della trincea mediante semplice spinta o con l'ausilio dei mezzi d'opera, avendo cura di mantenere l'estremità della striscia al di fuori dello scavo per consentire la giunzioni di ulteriori pannelli;
- ❖ rinterro della trincea con i materiali di risulta dello scavo;

9.3 DIMENSIONAMENTO DELLE TRINCEE DRENANTI

Come già asserito nei paragrafi precedenti, per la progettazione-verifica delle trincee di dispersione dei volumi di acque meteoriche eccedenti, ci si è basati sulla applicazione della equazione di continuità alle precipitazioni di forte intensità definite dalle CPP:

$$V_c = \Delta V = V_p - V_a$$

dove:

- ❖ $V_c = \Delta V$ = volume da compensare e da prevedere in fase di progettazione del SID cumulato al tempo t ;
- ❖ V_p = volume di acqua post operam riconducibile al punto di chiusura del Bacino n ;
- ❖ V_a = volume di acqua ante operam riconducibile al punto di chiusura del Bacino n .

54

Nel presente caso, come detto, l'obiettivo è il totale annullamento delle portate di acque meteoriche in eccedenza a seguito delle modifiche di permeabilità effettuate indirettamente sui siti senza alcun aggravamento idraulico ai terreni posti a valle.

I sistemi di invaso-laminazione (nel nostro caso le trincee drenanti) dovranno pertanto garantire le portate di dispersione ed un volume di accumulo pari almeno al valore di ΔV .

Si rammenta che per il presente dimensionamento, è stato considerato in fase di calcolo delle portate un tempo di ritorno di 50 anni (così come stabilito nell'allegato 2 del D.D.G. n. 102 del 23-06-2021: nel quadro delle "Linee guida per gli standard di qualità urbana ed ambientale e per il sistema delle dotazioni territoriali").

Il sistema di pannelli di tipo Gabbiodren, garantisce un alto indice dei vuoti (3 volte superiore a quella di un dreno tradizionale) tuttavia, in via assolutamente cautelativa, il volume dei vuoti del materiale di riempimento in fase di progettazione e dimensionamento, sarà considerato in linea con i valori standard utilizzati per le trincee drenanti di tipo tradizionale e ovvero del 30%.

Di seguito si riporta la tabella di calcolo con le relative caratteristiche geometriche e nomenclatura di riferimento:

Progetto dell'impianto agri-fotovoltaico denominato "Impianto Agri-Fotovoltaico Giumenta" della potenza complessiva di 116.027,10 kWp da realizzare nel Comune di Ramacca (CT).

Sottobacino	Volume Lordo della trincea (ΔV)	Volume utile al calcolo (al netto degli inerti)	Altezza	Larghezza	Lunghezza	Denominazione Trincea
1	20,23 m ³	70 m ³	1,00 m	0,30 m	75 m	1 a
					105 m	1 b
					40 m	1 c
2	14,87 m ³	45 m ³	1,00 m	0,30 m	150 m	2
3	2,68 m ³	10 m ³	1,00 m	0,30 m	33 m	3
4	0,29 m ³	5 m ³	1,00 m	0,30 m	15 m	4

55

L'ubicazione delle trincee drenanti ed i particolari costruttivi sono consultabili negli elaborati RS06AEG0008A0 e RS06AEG0011A0 allegate alla presente relazione.