

Alta Capital 15 S.r.l.
 Corso Galileo Ferraris, 22
 10121 Torino (TO)
 P.Iva 12662180012
 PEC altacapital15.pec@maildoc.it

Progettista

ID&A
 Industrial
 Designers &
 Architects

Industrial Designers and Architects S.r.l.
 via Cadore, 45
 20038 Seregno (MB)
 p.iva 07242770969
 PEC ideaplan@pec.it mail info@ideaplan.biz



Progetto per la realizzazione dell'Impianto agrivoltaico integrato ecocompatibile "Barriera Noce" da 50 MWp a Caltanissetta 93100 (CL).

Elaborati del Progetto Definitivo

Relazione Tecnica idraulica

Revisione

n.	data	aggiornamenti
1		
2		
3		

Elenco Elab.

RS 06 REL

0012 A0

nome file

testata alta capital 15.dwg

	data	nome	firma
redatto	03.05.2022	Vitalizio	
verificato	03.05.2022	Falzone	
approvato	03.05.2022	Speciale	

DATA 03.05.2022

SOMMARIO

1 - PREMESSA	2
2 - LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO	3
3 - STRUMENTO URBANISTICO VIGENTE E RELATIVE NORME DI ATTUAZIONE	6
4 - CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	9
5 - IDROLOGIA E VERIFICA IDRAULICA	9
6 - INTERVENTI DI PROTEZIONE SPONDALE BASATE SU TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA.	16
7 - GENERALITÀ SULLE OPERE DI PROGETTO	19
8 - VASCHE DI PRIMA PIOGGIA E REGIMAZIONE ACQUE METEORICHE	25
9 - EFFETTI INDOTTI DAL PROGETTO COMPLESSIVO.....	28
10 - CONCLUSIONI	34

1- PREMESSA

Il presente studio idrologico, relativamente al "progetto di realizzazione di un impianto Agrivoltaico Integrato Ecocompatibile a terra, della potenza di 50 MWp connesso alla RNT, da realizzarsi su più lotti di terreno limitrofi e contigui, ricadenti nel Comune di Caltanissetta.

L'impianto, denominato "*Impianto Agrivoltaico Integrato Ecocompatibile BARRIERA NOCE*", classificato come "Impianto non integrato" è di tipo agrivoltaico integrato ecocompatibile, verrà realizzato a terra nel territorio comunale di Caltanissetta (CL) nei terreni regolarmente censiti al Catasto, come si evince da Piano Particellare allegato. L'impianto è di tipo grid-connected e la modalità di connessione è in "Trifase in ALTA TENSIONE 36 kV". I sottocampi, raggruppati tramite collegamento in tubo interrato in AT 36 kV, saranno connessi con la configurazione in entra ed esci e faranno capo ad una Cabina di Raccolta da dove si dipartirà il cavo in AT a 36 kV che si andrà a collegare in antenna 36 kV con la sezione 36 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150/36 kV della RTN, da inserire in entra – esce sul futuro elettrodotto RTN a 380 kV della RTN "Chiaromonte Gulfi – Ciminna", previsto nel Piano di Sviluppo Terna, cui raccordare la rete AT afferente alla SE RTN di Caltanissetta.

La potenza dell'impianto sarà pari a 50 MWp. La produzione stimata di circa 99.080 MWh di energia annua, deriva da 85.700 moduli posizionati su trackers del tipo monocristallino monofacciale 615 W JINKO SOLAR TIGER NEO – N TYPE 78HL4, occupanti una superficie massima di circa 239.558 m² che si avrà considerando la proiezione in pianta dei moduli fotovoltaici montati su strutture fisse e la proiezione massima dei moduli fotovoltaici sui tracker, ovvero quando l'angolo di rotazione del tracker sarà zero ($\varphi=0$).

Il presente Studio è redatto a corredo dell'istanza presentata dalla ALTA CAPITAL 15 s.r.l. per l'attivazione del Procedimento Unico Autorizzatorio Regionale così come normato dall'art. 27 bis del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. (in particolare D. Lgs. 104/2017).

La società committente ha disposto allo scrivente progettista di allontanare la realizzazione dei pannelli ad un'adistanza superiore a quella di rispetto imposta delle aree di Tutela del PTP della Provincia di Palermo, nonché di considerare e valutare l'eventualità di realizzare, quali opere di mitigazione, interventi di protezione delle sponde sia dei corsi d'acqua che degli specchi d'acqua basate su tecniche di ingegneria naturalistica'.

A tale scopo è stata condotta un'indagine preliminare, avente lo scopo di definire le caratteristiche idrogeologiche e idrologiche generali ed è stata condotta attraverso le seguenti fasi di studio:

1. rilevamento di campagna, al fine di ricostruire le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche generali;
2. raccolta ed interpretazione di notizie bibliografiche e dati oggettivi pluviometrici;
3. analisi e sintesi dei dati ricavati;
4. studio delle tecniche di difesa spondale;
5. analisi delle essenze arboree e arbustive per la riforestazione
6. opere di drenaggio, captazione e allontanamento delle acque meteoriche.

2. – LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO

I terreni, sui quali sarà costruito l'impianto agrivoltaico in progetto, ricadono nel territorio comunale di Caltanissetta (CL) a circa 1,66 km a Sud-Est del comune di Santa Caterina Villarmosa (CL), in una zona occupata da terreni agricoli distante da agglomerati residenziali. Il sito è ubicato a circa 9,41 km a Sud-Ovest di Villarosa (CL), a circa 10,84 km a Sud-Est di Resuttano (CL), a circa 11,92 km a Sud-Est di Marianopoli (CL), a circa 8,48 km a Nord di Caltanissetta (CL), a circa 10 km a Nord-Est di San Cataldo (CL) e a circa 19 km ad Ovest di Enna (EN). Il sito risulta accessibile dalla viabilità locale, costituita da strade statali, provinciali, comunali e vicinali. Nello specifico l'area destinata al futuro campo agrivoltaico si trova ad Est dalla Strada Statale n° 112 bis, a Nord dalla Strada Statale n.121 e ad Ovest dalla Strada Provinciale n.44.

PARTICELLE			Qualità	Superficie Totale Catastale in m ²
Comune	Foglio	Part.		
CALTANISSETTA (CL)	24	18	SEMINATIVO	92000
			PASCOLO	37800
		275	SEMINATIVO	357119
			ULIVETO	927
		277	PASCOLO	80366
			SEMINATIVO	30889
		289	PASCOLO	1591
			PASCOLO ARB	7943
		290	SEMINATIVO	41427
		291	SEMINATIVO	1380
		292	SEMINATIVO	33060
			PASCOLO	236039
		293	SEMINATIVO	57809
		294	SEMINATIVO	1902
Superficie Totale Catastale in m²			70050	
			1050302	

I terreni interessati dal progetto sono iscritti in un rettangolo che, nel sistema di coordinate UTM (Universale Trasversa di Mercatore), è indicato con precisione dai vertici superiore sinistro ed inferiore destro, mentre nel sistema di coordinate geografiche è individuato da uno span di latitudine e di longitudine:

LOWER LEFT LATITUDE = 37° 34'6.63"N

LOWER LEFT LONGITUDE = 14° 2'38.68"E

UPPER RIGHT LATITUDE = 37° 34'57.63"N

UPPER RIGHT LONGITUDE = 14° 3'57.60"E.

Tali terreni non sono oggetto di vincolo naturalistico poiché non ricadono né in zona SIC/ZSC né in zona ZPS, secondo quanto si rileva dal Piano di Gestione Siti di Importanza comunitaria, Rete Natura 2000, Regione Sicilia.

Di seguito si enumerano in una tabella le zone SIC/ZSC e ZPS più vicine ma situate al di fuori dell'impianto agrivoltaico, riportando il codice del sito, la tipologia, il nome del sito, la distanza e l'orientamento rispetto al campo in progetto:

CODICE DEL SITO	TIPOLOGIA DI SITO	NOME DEL SITO	DISTANZA DAL CAMPO AGRIVOLTAICO	ORIENTAMENTO RISPETTO AL CAMPO AGRIVOLTAICO
ITA050002	ZSC	Torrente Vaccarizzo (Tratto terminale)	3,2 km	Nord-Est
ITA060004	ZSC	Monte Altesina	20,5 km	Nord-Est
ITA060013	ZSC	Serre di M.Cannarella	12,6 km	Sud-Est
ITA060002	ZPS	Lago di Pergusa	21,5 km	Sud-Est
ITA060012	ZSC	Boschi di Piazza Armerina	27,2 km	Sud-Est
ITA050004	ZSC	Monte Capodarso e Valle del Fiume Imera Meridionale	8,8 km	Sud-Est
ITA050003	ZSC	Lago Soprano	19,5 km	Sud-Ovest
ITA050005	ZSC	Lago Sfondato	8 km	Ovest
ITA020015	ZSC	Complesso Calanchivo di Castellana Sicula	20,5 km	Nord-Ovest
ITA020050	ZPS	Parco delle Madonie	22,2 km	Nord

Per effettuare una localizzazione univoca dei terreni sui quali insiste il campo agrivoltaico, di seguito si riportano le cartografie riguardanti:

- localizzazione del campo agrivoltaico su ortofoto (figura 1);
- localizzazione del campo agrivoltaico su CTR (figura 2);
- localizzazione del campo agrivoltaico su IGM (figura 3).

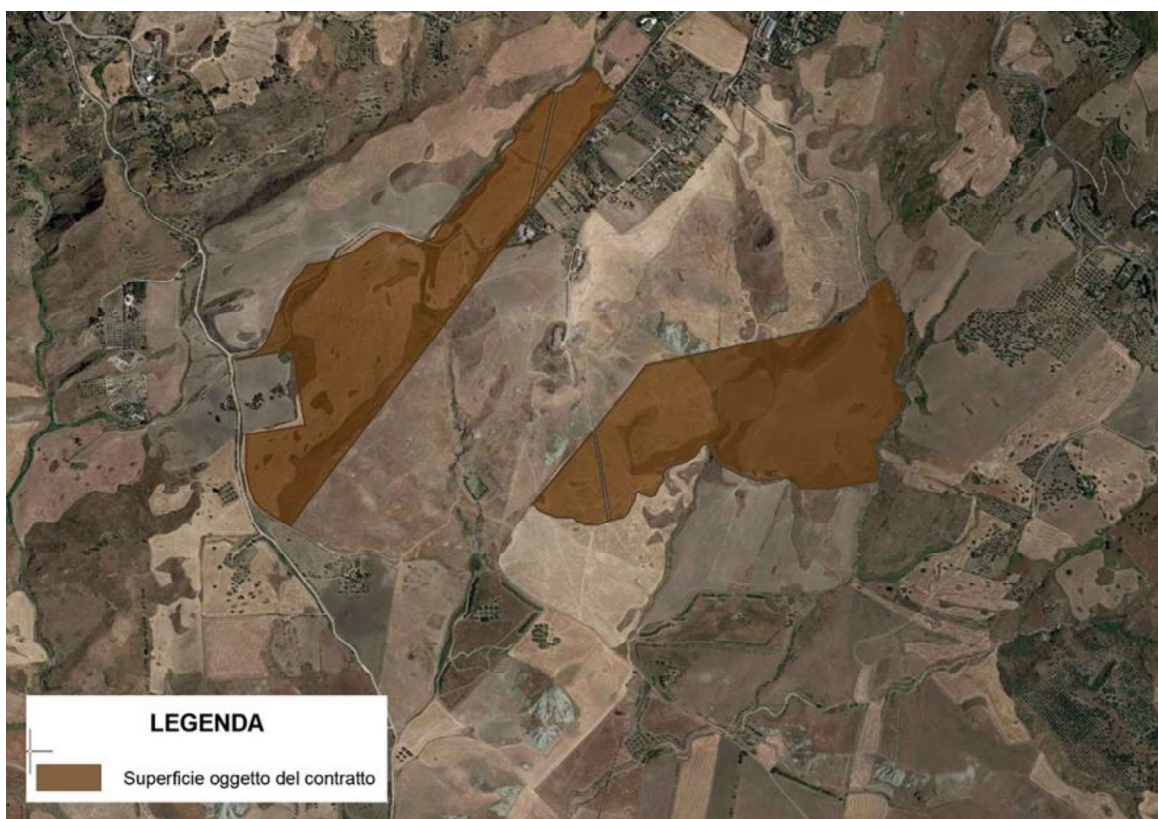


Figura 1 - Inquadramento dell'impianto su ortofoto

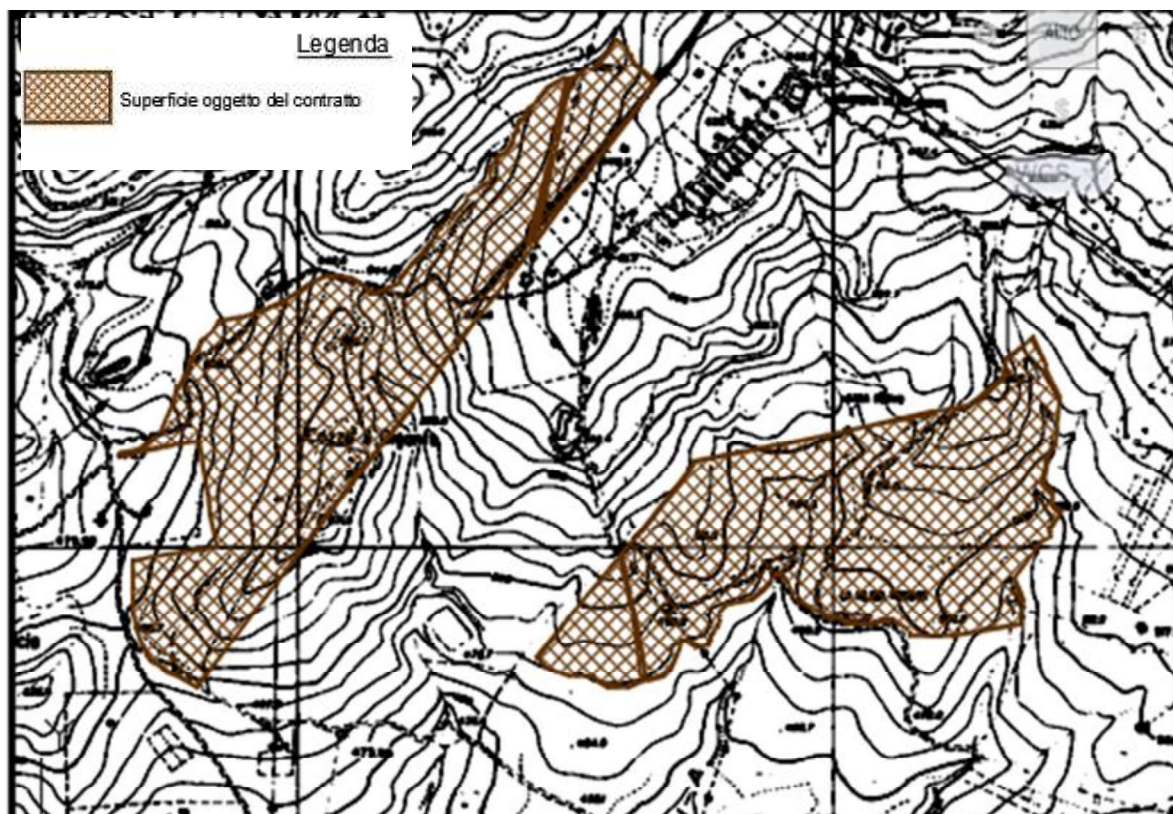


Figura 2 - Inquadramento dell'impianto su CTR

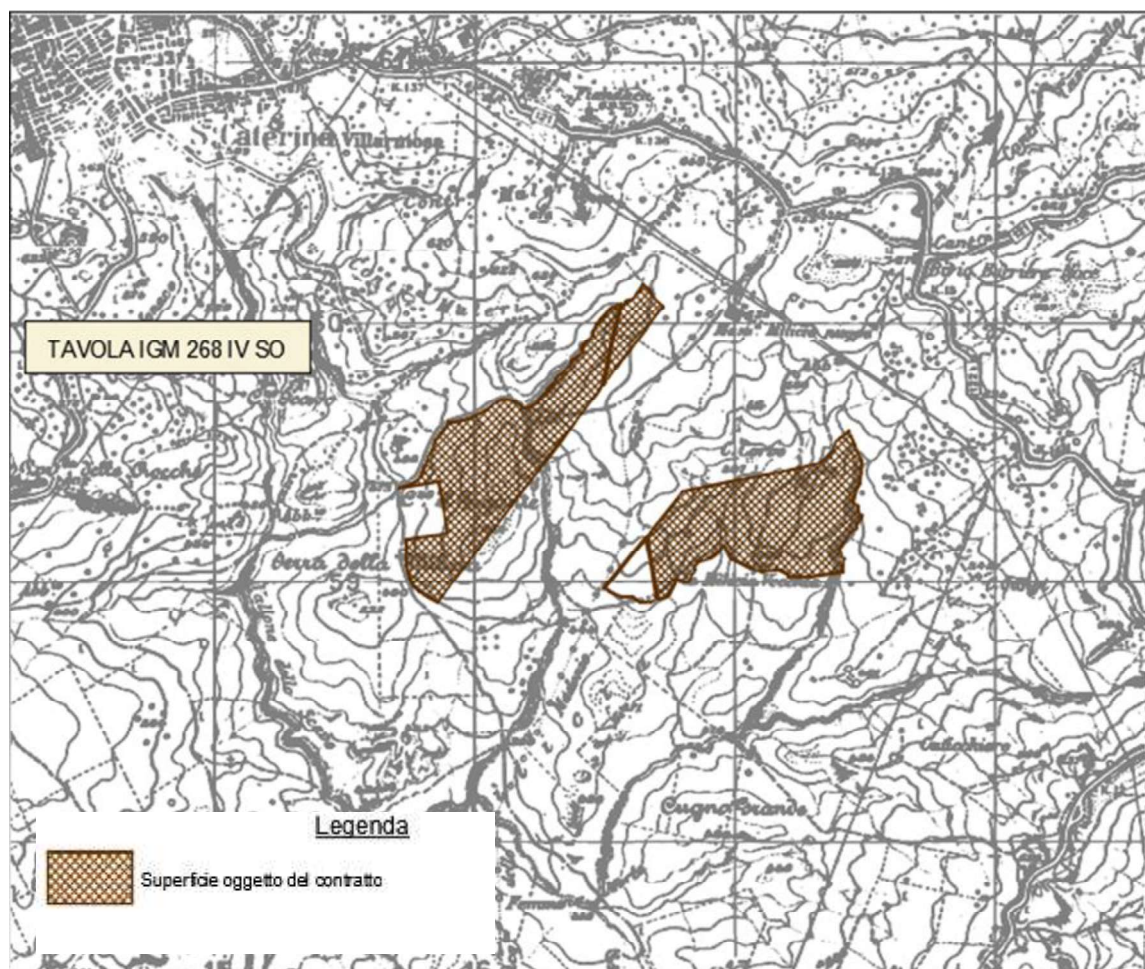


Figura 3 - Inquadramento dell'impianto su IGM

3 - STRUMENTO URBANISTICO VIGENTE E RELATIVE NORME DI ATTUAZIONE

Dalla consultazione del Certificato di Destinazione Urbanistica, Protocollo N.0129532/2020 del 17/12/2020, rilasciato dal Comune di Caltanissetta, si evince che i terreni su cui insiste il progetto hanno una destinazione d'uso agricola "E", secondo quanto è rilevato dall'esame degli elaborati della Variante Generale di Revisione del Piano Regolatore Generale (PRG) del Comune di Caltanissetta (CL), adeguata alle Prescrizioni del **Decreto Dirigenziale n.570 del 19/07/2005** dell'Assessorato Regionale al Territorio e Ambiente, che è stato oggetto di presa d'atto con **Deliberazione Consiliare n.11 del 23/04/2007**, da cui risulta che i terreni del Foglio 24, destinati al futuro impianto:

- limitatamente alle particelle 67-285-286-288 (in parte) -413 (in parte), **ricadono in zona E2-Verde agricolo dei feudi**;
- limitatamente alle particelle 288 (in parte) -413 (in parte) **ricadono in zona E4-Zone agricole di tutela delle incisioni torrentizie**;
- la zona **E2** e la zona **E4** sono normate rispettivamente dagli artt. 39 e 41 e 39-44, delle Norme di Attuazione della Variante Generale di Revisione del P.R.G.;
- riguardo alle suddette particelle 67-285-286-288 (in parte) -413 (in parte), del Foglio n. 24, queste

- ricadono nel Paesaggio Locale n.5 VALLE DEL SALITO senza livello di tutela** del Piano Paesaggistico della Provincia di Caltanissetta, approvato con Decreto Assessoriale n. 1858 del 02/07/2015 dell'Assessorato Regionale dei Beni Culturali e dell'Identità Siciliana, pubblicato sul supplemento ordinario della G.U.R.S. n.31 del 31/07/2015;
- limitatamente alle particelle 288 (in parte) - 413 (in parte), queste **ricadono nel Paesaggio Locale n.5 Valle del Salito con livello di tutela 3** del Piano Paesaggistico della Provincia di Caltanissetta, approvato con Decreto Assessoriale n. 1858 del 02/07/2015 dell'Assessorato Regionale dei Beni Culturali e dell'Identità Siciliana, pubblicato sul supplemento ordinario della G.U.R.S. n.31 del 31/07/2015;
 - le suddette particelle 67 – 285 – 286 – 288 – 413 del Foglio 24 **sono sottoposte a Vincolo Idrogeologico e pertanto sono soggette** alle limitazioni derivanti dal **Regio Decreto Legislativo "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani" n. 3267 del 30/12/1923 e s.m.i.**;
 - limitatamente alle particelle 67 (in parte) – 286 (in parte), i terreni **ricadono** in parte in zona a Pericolosità **P1** ed in parte in zona a Pericolosità **P3**, sulla base di quanto si evince dal P.A.I. – Fiume Platani, approvato con Decreto dell'Assessorato Regionale al Territorio e Ambiente n.87 del 27/03/2007, secondo il disposto dell'articolo 8 Capitolo I- "Assetto Geomorfologico" – disciplina delle aree a pericolosità geomorfologica secondo le relative Norme di Attuazione;
 - limitatamente alla particella 286 (in parte) del Foglio 24, tali terreni **ricadono** in zona a Pericolosità **P2**, sulla base di quanto si evince dal P.A.I. – Fiume Platani, approvato con decreto dell'Assessorato Regionale al Territorio e Ambiente n. 87 del 27/03/2007, secondo il disposto dell'articolo 8 Capitolo I - "Assetto Geomorfologico" - disciplina delle aree a pericolosità geomorfologica secondo le relative Norme di Attuazione;
 - ai sensi del **D.P.R.S. n.109 del 15/04/2015**, è stata istituita una fascia di rispetto di 20 m intorno alle zone a **Pericolosità P3 e P4**, con limitazioni d'uso equivalenti ai siti di attenzione, in cui in parte **ricadono** le particelle 67 e 286 del Foglio 24.

È d'uopo puntualizzare inoltre che, secondo quanto si rileva dal Piano Regolatore Generale del Comune di Caltanissetta, adeguato al D.Dir. n. 570 del 19 Luglio 2005, Tav.P1 "Il territorio comunale zonizzazione c-631010", i terreni su cui insiste il progetto rientrano in zona E2 verde agricolo dei feudi, fatta eccezione per un'esigua porzione di territorio ricadente in zona E4-Zone agricole di tutela delle incisioni torrentizie. Il territorio del campo agrivoltaico:

- **non** rientra in zone residenziali: zona A e B- la città esistente: A3 –centri storici delle campagne; A4- Complessi edilizi isolati e ville storiche; A5-Manufatti e fabbricati rurali di interesse storico-documentativo; B4-Edilizia esistente villaggio Santa Barbara; Br-Ambiti di edilizia rurale esistente e da completare; zone C-Aree di espansione: C1 ambiti di edilizia rada da completare; C2-Ambiti di edilizia rada; C3-Ambiti di edilizia Residenziale Pubblica; Cr-Zone di espansione dei borghi rurali;
- **non** rientra in zone produttive: zone D: D1- zone commerciali e produttive esistenti e da completare;

D1V- Area commerciali conseguente a procedimento di variante ai sensi dell'art.37 del L.R. n.10/2000; D2-Zone per l'industria e l'artigianato; D3 zone commerciali; D4 Zone della centralità territoriale; D5-Zone fieristiche; DPI-Piano integrato; D.ASI-Aree normate dal Piano Regolatore dell'Area di Sviluppo Industriale;

- **non** rientra nel perimetro di aree normate dal PRG dell'A.S.I.-approvato con Decreto n.670 del 07/06/2006;
- **non** rientra in aree in cui sono presenti Attrezzature e Servizi di interesse locale e generale: F1-attrezzature sanitarie ed ospedaliere; F2 Parchi pubblici urbani e territoriali; F3 Attrezzature per l'istruzione; F4 Nodi intermodali; F5 Attrezzature ed impianti ferroviari; F6 Attrezzature cimiteriali; F7 impianti tecnologici; F8 Attrezzature commerciali ed amministrative; F9 Attrezzature militari; F10 Attrezzature giudiziarie e carcerarie; F11 Attrezzature ed impianti per lo sport; F12 Attrezzature culturali, museali ed istituzioni universitarie; F13 Attrezzature socio-assistenziali; F14 Attrezzature religiose; F15 Attrezzature per la protezione civile;
- **rientra** omogeneamente in zona E2 verde agricolo dei feudi con un'esigua porzione di territori ricadente in zona E4 zone agricole di tutela delle incisioni torrentizie;
- **non** rientra in zona E3.1 Aree boscate; E3.2 Aree artificialmente rimboschite; E5 zone agricole di tutela geomorfologica; E6 zone agricole di interesse archeologico; E7 aree di verde privato; non rientra in zone in cui sono presenti parchi territoriali agricoli: EF 1 Parco territoriale agricolo forestale; EF2 Parchi territoriali agricoli archeologici; EF3 Parchi territoriali agricolo del monte Sabbucina; EF5 Parco territoriale agrivoltaico naturalistico;
- **non** rientra in Parchi e riserve: EP verde a parco; EPRA –zona A di Riserva naturale; EPRB-Zona B di Riserva Naturale;
- **non** rientra in zone di verde stradale;
- **non** sono presenti aree di attenzione e vincoli: non è presente rischio geomorfologico; non sono presenti aree a rischio idraulico; non sono presenti vincoli archeologici diretti e indiretti;
- **non** rientra in fasce di rispetto: FR1 limite della fascia di rispetto dei complessi boscati; FR2 limite della fascia di rispetto delle aree artificialmente rimboschite; FR3 limite della fascia di rispetto di pozzo idropotabili; FR4 limite della fascia di arretramento inedificabile di impianti ed infrastrutture;
- **non** sono presenti Siti di Interesse Comunitario;
- **non** sono presenti borghi e masserie.

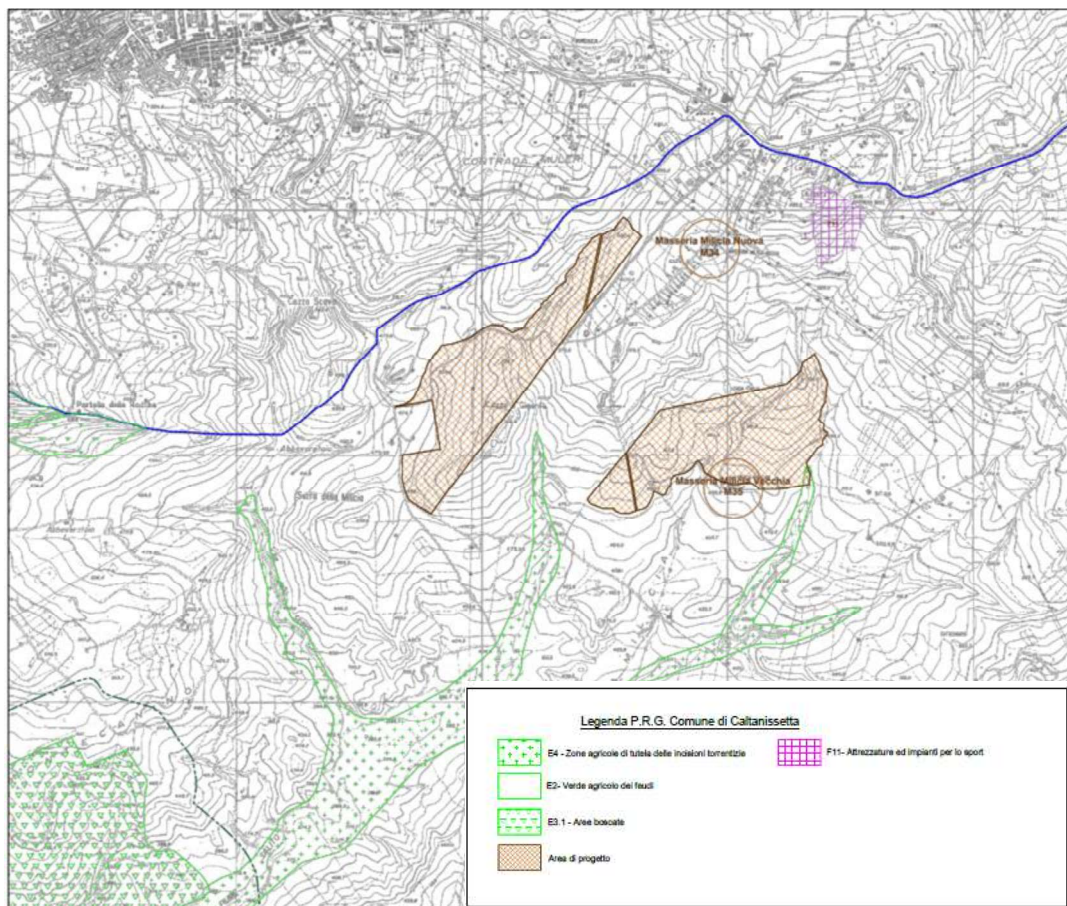


Figura 4 – Localizzazione dell’area d’impianto su stralcio del Piano Regolatore Generale del comune di Caltanissetta

Le aree sottoposte a vincolo di rispetto si dividono nelle seguenti categorie:

- vincolo paesaggistico
- vincolo cimiteriale
- vincolo di rispetto stradale
- vincolo di rispetto di elettrodotti ed acquedotti
- vincolo idrogeologico e da Piano di Assetto Idrogeologico
- vincolo di rispetto per impianti di depurazione.

Si evidenzia inoltre che:

- ai sensi dell’art. 12, comma 1, del D. Lgs. 387/03, sono considerati di pubblica utilità, indifferibili ed urgenti le opere, comprese quelle connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione ed esercizio, per la realizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili
- ai sensi dell’art. 12, comma 7, del D. Lgs. 387/03, gli impianti fotovoltaici possono essere ubicati anche in zone classificate come agricole dai vigenti strumenti urbanistici.

4-CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

Dal punto di vista geologico, osservando un areale più ampio rispetto a quello di progetto, questo è

costituito da rocce sedimentarie di diversa natura ed età, che vanno dal Miocene al Messiniano.

Il vasto areale interessato dal progetto risulta essere costituito dalle seguenti litologie:

- a prevalente **componente argillosa**, afferenti alle argille marnose della "Formazione di Cattolica" e della "Formazione Terravecchia";
- termini conglomeratici, afferenti alla "Formazione Terravecchia";
- e termini **gessosi litoidi**, "Formazione di Cattolica".

Per i litotipi interessati dalle opere, oltre ad una breve descrizione degli stessi, si riportano i principali parametri geotecnici, ai fini puramente indicativi per una stima di massima.

Formazione di Pasquasia

La Formazione di Pasquasia è costituita da marne argillose ed argille sabbiose grigio scure con intercalazioni di sabbie fini, contenenti cristalli di gesso. La stessa, nella sua porzione superiore si chiude con un'alternanza di banchi di gesso balatino e gesso selenitico con marne argillose.

In genere i singoli cristalli non presentano impurità, mentre tracce argillose sono evidenti fra i geminati come riempimento d'eventuali spazi lasciati fra un membro e l'altro durante la sedimentazione del gesso. I gessi selenitici sono sempre disposti in strati dello spessore singolo di oltre mezzo metro e si presentano frequentemente in potenti banchi. Oltre ai gessi a grossi cristalli, si trovano frequentemente anche strati di gesso cristallino ad individui medi e piccoli. I gessi balatini devono il loro nome al termine "balata" che significa forma o tavola o stecca: essi rappresentano una roccia ben conosciuta e ampiamente trattata in letteratura.

Dal punto di vista litotecnico si distinguono, pertanto, due differenti unità:

Unità gessosa;

Unità argillo-marnosa.

Litofacies conglomeratica della Formazione Terravecchia

Tali terreni sono costituiti da conglomerati poligenici con clasti arrotondati. Gli elementi si presentano variamente cementati. I clasti sono generalmente embricati, hanno dimensioni variabili da pochi centimetri a circa un metro e sono immersi in una matrice sabbiosa generalmente abbondante. Verso la sommità aumentano le intercalazioni di sabbia ed i ciottoli sono sempre di dimensioni inferiori e sempre meno embricati, fino a passare ad una zona costituita da arenarie con sporadiche intercalazioni argillose.

Litofacies argillo-marnose della Formazione Terravecchia

Si tratta d'argille, argille sabbiose o marnose di colore grigio-verdastro, spesso con cristalli di gesso e con intercalazioni di sottili livelli sabbiosi che ne evidenziano la stratificazione. Dal punto di vista mineralogico sono costituite da un'impalcatura di granuli sabbiosi in cui prevalgono gesso, calcite, dolomite, pirite, ossidi di ferro, mentre la frazione argillosa è costituita da caolinite, illite, montmorillonite e scarsa clorite.

Esse contengono una microfauna studiata da Selli (1960) e D'Onofrio (1964) che ha permesso di riferire l'età della Formazione al Tortoniano superiore per la presenza di Globorotalia scitula ventriosa, Nonion soldanii, Valvulineria saulcii, Anomalina flinti, Bolivina dentellata miltinensis, Cassidulina laevigata e dal punto di vista batimetrico, ad una zona epibatiale.

Per i litotipi interessati dalle opere, come da tabella sotto riportata, si forniscono i principali parametri geotecnici, puramente indicativi per una stima di massima, desunta da bibliografia altresì incrociata con dati provenienti da indagini eseguite su medesime litologie.

Per la caratterizzazione geotecnica puntuale utile al dimensionamento delle opere di fondazione e all'idoneo approfondimento dell'ancoraggio dei pannelli, si dovrà predisporre un piano di indagine geognostica e sismica.

DEPOSITI ARGILLOSI					
LITOTIPO	PROFONDITÀ P.C. (M)	PESO UNITÀ DI VOLUME (T/M ³)	PESO UNITÀ DI VOLUME SATURO (T/M ³)	COESIONE NON DRENATA CU (KG/CM ²)	ANGOLO D'ATTRITO (°)
SUOLO AGRARIO	0,0 - 1,0/1,5	1,60	1,85	0,10	14
ARGILLE ALTERATE	1,0/1,5 - 5,0/6,0	1,80	1,88	0,30	18
ARGILLE INTEGRE	DA 5,0/6,0	1,85	1,90	1,00	20
UNITÀ LITOIDI GESSOSE CON INTERCALAZIONI MARNOSO ARGILLOSE					
LITOTIPO	PROFONDITÀ P.C. (M)	PESO UNITÀ DI VOLUME (T/M ³)	PESO UNITÀ DI VOLUME SATURO (T/M ³)	COESIONE NON DRENATA CU (KG/CM ²)	ANGOLO D'ATTRITO (°)
GESSI FRATTURATI	DA 0,0	1,90	2,00	1,50	28
IL GESSO E' UNA ROCCIA LAPIDEA TENERA. GENERALMENTE PRESENTA VALORI DELLA RESISTENZA COMPRESIONE SEMPLICE DELL'ORDINE DI 10.000 – 40.000 KPA , PER LA ROCCIA INTEGRA (JAPPELLI E AL.) E DI 3.000 KPA PER QUELLA INTERESSATA DA FRATTURE (DISTURBATA).					

Per ciò che concerne l'assetto tettonico-strutturale possiamo dire che nell'area di interesse è possibile distinguere almeno tre principali fasi tettoniche.

- La prima, riconducibile alla messa in posto delle argille mioceniche pre-tortoniane, caratterizzata dal trasporto in falda di enormi masse argillose provenienti da bacini più settentrionali. In seguito alle forti compressioni tettoniche, ed al trasporto, le argille hanno acquistato la caratteristica scagliettatura. Questo evento tettonico, di età Oligo-miocenica, ha avuto carattere regionale ed ha permesso la formazione dei bacini evaporitici.
- La seconda fase tettonica, ha provocato sollevamenti, piegamenti e smembramenti, con locali fenomeni di scorrimento interno, formando strutture a pieghe e faglie.
- L'ultima fase, che ha portato all'emersione generale dell'area, si è avuta nel Plio-Pleistocene e ha generato sollevamenti e basculamenti dei terreni depositati. Tale stress, con diversi picchi, ha piegato significativamente i Trubi, mentre nei depositi terrigeni sovrastanti (Complesso argilloso-arenaceo del Pliocene medio-superiore) si sono formate strutture monoclinali e sinclinali ad ampio raggio di curvatura.

L'area presenta il tipico carattere collinare del bacino solfifero, con depositi a comportamento differente: rigido per i gessi messiniani e tenero e coesivo relativamente ai depositi marnosi ed argillosi.

Tale tipo di litologie conferiscono al paesaggio un aspetto morfologico vario, con valli incise e brusche ed aspre rotture di pendenza in corrispondenza degli affioramenti gessosi.

Nei versanti argillosi le pendenze risultano comprese tra 8° lungo i versanti con accentuazione delle stesse in prossimità delle aste impluviali, dove le pendenze superano i 15°. Più accentuate risultano i versanti Gessosi presenti, che interrompono l'uniformità del paesaggio con isolate e sporadiche rotture di pendenza, per via del carattere litoide dei depositi messiniani.

Si riscontra ad Este e sud-Est di Cozzo il Gigante un impluvio di primo ordine, ben marcato dalla forma a V, il quale che determina forme di erosione di fondo e conseguenti fenomeni di instabilità, lungo lo stesso per fenomeni di scalzamento. Nel contempo tali incisioni garantiscono il regolare deflusso delle acque.

Come da Carta Geomorfologica, nell'area di progetto, in corrispondenza delle litologie argillose, si sono riconosciuti "*fenomeni gravitativi superficiali*", in corrispondenza delle zone di impluvio, poco marcate. Si tratta per lo più di fenomeni di *soliflusso* e di *colamento superficiale*, e/o la combinazione di più dinamiche. Da un punto di vista meccanico, tali dinamiche possono essere assimilate ad un colamento lento che coinvolge le porzioni più superficiali delle litologie presenti, rese fluide e molto viscoso dal contenuto in acqua e su porzioni di pendio pendii di modesta acclività. I colamenti superficiali, presentano tratti più riconoscibili, con superficie di rottura e corpo di facilmente distinguibili.

Si sono inoltre riconosciute "*aree soggette ad erosione diffusa*", sino a "*forme similari a calanchi*". Tali forme sono legate ad una forte concentrazione dei deflussi, che provocano assieme alla rapida asportazione dei depositi colluviali, l'arretramento del versante ed evolvere a Calanchi. Tali forme si instaurano sui terreni argillosi e morfologicamente presentano valli ripide, molto incise separate da creste. Nelle aree ad erosione diffusa, in particolar modo lungo l'impluvio ben marcato presente ad Est del Cozzo il Gigante, si segnalano fenomeni di instabilità, dovuti ai fenomeni di scalzamento al piede per approfondimento fluviale.

Nelle aree contrassegnate da fenomeni gravitativi superficiali, dovranno essere condotte analisi geognostiche, al fine di individuare le superfici di scivolamento attive o potenziali e stabilire l'idonea profondità dell'infissione degli ancoraggi dei pannelli. Tale prassi, per via della natura argillosa dei terreni e consigliata per tutto il sito.

Qualora esigenze di progetto dovessero prevedere la messa in opera di pannelli, nelle aree contrassegnate da "*fenomeni gravitativi superficiali*" e "*aree soggette ad erosione diffusa*", si dovranno condurre analisi geognostiche e di monitoraggio puntuale, al fine di individuare eventuali superfici di scivolamento e stabilire l'idonea profondità dell'infissione degli ancoraggi dei pannelli.

Tale approccio, per via della natura argillosa dei terreni e della morfologia, è consigliato per tutto il sito e per tutte le tipologie di opere.

Il drenaggio superficiale è buono, favorito dalla presenza di una rete impluviale di tipo sub-dendritico, con deflusso predominante delle acque in direzione Sud. Il regime fluviale è di tipo torrentizio; secchi per quasi tutto l'anno ed in occasione di precipitazioni intense possono generare un discreto deflusso ed originare

limitate forme di erosione.

La tipologia dei pannelli mediante pali infissi non comporta modificazione del deflusso naturale delle acque, non prevedendo impermeabilizzazioni dovute alle fondazioni; la dinamica di questa tipologia di impianti è legata allo scorrimento dell'acqua piovana lungo i pannelli e conseguente ricaduta della stessa nel terreno alla base di questi. Allo scopo di favorire una maggiore velocità di deflusso delle acque e limiterà gli effetti deleteri dovuti alla saturazione dei terreni e fenomeni di ruscellamento concentrato, nelle vie del naturale deflusso delle acque e di accumulo delle acque di scolo dei pannelli, la messa in opera di drenaggio superficiale costituiti da canali rivestiti con "stuoia" o "feltro ed immessi altresì negli impluvi presenti.

5 – IDROLOGIA E VERIFICA IDRAULICA

Per via della presenza di un'asta impluviale al fine di prevedere attraversamenti di cavidotti sono state condotte le verifiche idrauliche con la stima delle portate di piena.

Le verifiche sono state effettuate, nella prima fase, dall'acquisizione dei dati di pioggia forniti "dall'osservatorio acque Regione Sicilia", per l'intervallo temporale 1928 al 2012, relativi alla stazione pluviometrica di Caltanissetta. Mediante metodo di Gumbel, si sono ottenute le altezze critiche di pioggia e la curva probabilistica per diversi tempi di ritorno (10, 30, 50, 100, 200 anni).

Anno	INTERVALLO DI ORE				
	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)
1928	17,80	18,00	18,00	18,00	24,20
1931	27,00	40,00	45,60	57,80	106,60
1932	17,60	39,00	47,40	67,00	103,20
1934	40,00	51,00	51,40	51,60	51,80
1935	11,00	28,60	50,80	77,40	98,00
1940	30,80	45,00	58,00	60,80	72,40
1941	26,40	39,20	71,00	107,80	114,60
1943	52,20	70,20	70,20	83,20	109,40
1944	15,00	19,00	24,00	34,20	34,20
1945	27,20	32,20	32,20	33,00	42,60
1946	34,00	41,40	62,00	74,40	92,00
1947	40,00	48,00	48,20	48,20	48,20
1951	30,00	64,00	88,80	105,20	145,40
1953	61,60	61,60	61,60	61,60	61,60
1954	26,60	26,60	42,20	49,80	50,40
1955	52,00	56,00	56,00	56,40	57,20
1956	18,60	22,20	34,40	34,60	40,40
1957	22,60	25,20	25,40	32,30	42,00
1969	44,40	68,60	72,20	72,20	73,20
1970	20,60	31,80	37,00	37,00	37,00
1973	20,20	40,40	52,20	57,40	99,20
1974	20,00	24,60	26,80	34,60	48,40
1975	16,00	24,40	33,60	33,60	35,60
1976	63,00	68,00	68,00	77,00	105,40
1977	49,00	49,00	49,20	49,20	49,20
1978	7,00	14,60	21,20	24,60	25,40
1979	34,80	38,20	38,60	38,60	43,80

1980	26,40	28,40	28,40	28,40	38,40
1981	15,20	18,40	22,00	25,20	33,80
1982	61,60	85,80	86,40	86,40	91,40
1983	32,20	32,20	39,60	42,00	49,80
1984	19,80	25,60	45,20	69,60	73,20
1985	25,40	42,80	56,40	78,20	93,20
1986	12,20	14,20	14,20	14,20	18,20
1988	47,80	48,00	59,40	103,40	125,80
1989	12,40	12,40	20,00	29,80	45,20
1990	21,80	22,20	24,00	25,40	26,80
1991	75,00	94,00	162,00	207,80	221,80
1993	40,00	54,60	55,20	81,40	96,00
1994	46,60	47,40	47,40	47,40	47,40
1996	90,80	94,20	94,20	94,40	94,60
1997	55,60	99,80	100,80	102,80	102,80
1998	12,60	23,00	35,40	40,60	40,60
1999	24,40	24,40	24,40	25,00	38,60
2000	59,40	85,60	86,20	86,20	86,20
2001	13,80	25,00	32,80	33,60	39,60
2002	23,6	25,20	26,20	29,60	35,20
2003	59,00	61,20	65,00	66,80	94,40
2004	50,60	53,60	58,40	61,60	69,80
2005	71,00	79,20	88,80	100,80	108,80
2007	16,00	22,60	26,00	28,00	28,80
2008	34,20	50,80	61,60	77,60	85,20
2009	52,00	58,00	58,00	59,40	65,40
2011	42,80	42,80	42,80	42,80	42,80
2012	36,00	43,00	43,00	45,00	61,60

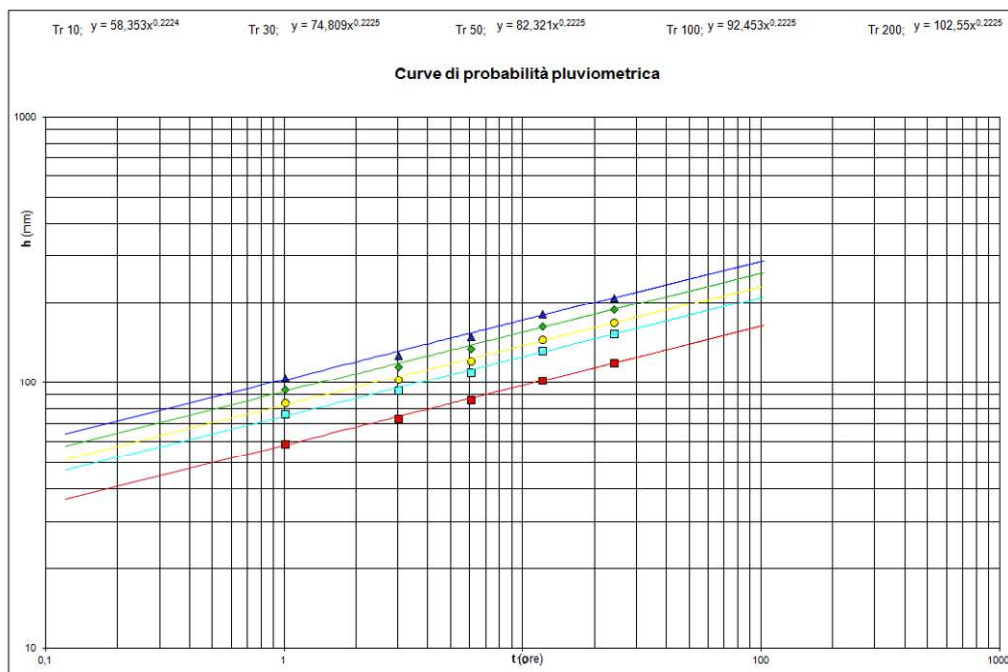
Tabella 1 – Precipitazioni di massima intensità registrate dai pluviografi

N =	19	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
$\mu(h_t)$		34,09	43,41	50,88	58,92	69,17
$\sigma(h_t)$		19,26	22,86	26,85	33,31	38,16
$\alpha_t = 1,283/\sigma(h_t)$		0,07	0,06	0,05	0,04	0,03
$u_t = \mu(h_t) - 0,45\sigma(h_t)$		25,43	33,12	38,80	43,93	52,00

Tabella 2 - Valori per ciascuna durata t, della media $m(h_t)$, dello scarto quadratico medio $s(h_t)$ e dei due parametri α_t e u_t della legge di Gumbel (prima legge del valore estremo "EV1")

Tr		t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
10 anni	hmax =	59,20	73,22	85,90	102,35	118,94
30 anni	hmax =	76,22	93,43	109,63	131,80	152,66
50 anni	hmax =	83,99	102,65	120,46	145,23	168,06
100 anni	hmax =	94,47	115,09	135,07	163,36	188,83
200 anni	hmax =	104,91	127,49	149,63	181,42	209,52

Tabella 3 - Altezze massime di pioggia regolarizzate (mm)



La scelta delle sezioni di verifica è stata fatta considerando i potenziali attraversamenti, costituiti da stradelle di servizio e cavidotti.

È stato individuato un bacino idrografico, relativamente all'asta impluviale che corre in direzione Nord Sud, ad Est del Cozzo il Gigante.

La verifica è stata eseguita laddove è attesa la massima portata di deflusso.

Il tempo di corrivazione t_c , considerazione della tipologia dei bacini, di tipo collinare e la modesta estensione degli stessi, si è ritenuto opportuno applicarne la formula di Kirpik, Pezzoli e Wat-Chow.

$$t_c = 0.02221 \left(\frac{L}{\sqrt{P}} \right)^{0.8}$$

dove:

L, in metri è la lunghezza dell'asta principale, scelta valutando il percorso idraulicamente più lungo;

P è la pendenza media dell'asta principale espresso in m/m.

Per calcoli delle portate di deflusso, si è considerato, un coefficiente di deflusso $\phi = 0,40$, in considerazione dell'orografia media dell'area e per terreni argillosi.

Al fine di fornire i parametri utili per il dimensionamento delle opere di attraversamento lungo le aste impluviali, ed altresì per le opere di smaltimento delle acque lungo le stesse, sono state determinate le Q_{max} (portate le piena/colmo) attese per diversi tempi di ritorno.

$$Q = \frac{\phi \cdot h'_{Tc} \cdot A}{3.6 \cdot Tc}$$

con :

- ϕ = coefficiente di deflusso
- $h'_{(t,T)}$ = altezza critica di pioggia con tempi di ritorno (mm)
- S = superficie del bacino (km²)
- t_c = tempo di corrivazione (ore)
- 3,6 = fattore di conversione che permette di ottenere la Q_{max} in m³/sec

Ai fini del calcolo dell'invarianza, si fornisce, in questa sede il coefficiente di deflusso. Questo è stato ottenuto mediante il metodo del Kennessey, che tiene conto delle pendenze, delle caratteristiche di permeabilità dei terreni, della vegetazione e dalle condizioni climatiche dell'area. Di seguito si riporta la tabella con i coefficienti adottati ed il coefficiente di deflusso delle condizioni iniziali del sito.

ANTE OPERAM TERRENO NATURALE					
COEFFICIENTE	VALORE	COEFF. TABELLA	INCIDENZA	COEFF. CALCOL.	COEFF. ADOTTATO
Ca - acclività	> 35 %	0,22	30,00%	0,066	0,054
	10 - 35 %	0,12	40,00%	0,048	
	3,5 - 10 %	0,01	20,00%	0,002	
	< 3,5 %	0,00	10,00%	0,000	
COEFFICIENTE	VALORE	COEFF. TABELLA	INCIDENZA	COEFF. CALCOL.	COEFF. ADOTTATO
Cp - permeabilità	molto bassa	0,21	50,00%	0,105	0,180
	mediocre	0,12	35,00%	0,042	
	buona	0,06	0,00%	0,000	
	elevata	0,03	15,00%	0,005	
COEFFICIENTE	VALORE	COEFF. TABELLA	INCIDENZA	COEFF. CALCOL.	COEFF. ADOTTATO
Cv - vegetazione	roccia	0,26	15,00%	0,039	0,170
	pascolo	0,17	25,00%	0,043	
	coltivo	0,07	60,00%	0,042	
	bosco	0,03	0,00%	0,000	
COEFFICIENTE DI DEFLUSSO				Cd	0,391

In definitiva l'area, nel suo complesso risulta avere una permeabilità da mediocre a scarsa (Cd= 0,40), ma il drenaggio delle acque è garantito dal ruscellamento superficiale, testimoniato da una rete impluviale di tipo dentritico, lungo impluvi ben marcati, con regime torrentizio che ne garantisce il deflusso naturale. Non si segnala presenza di falda idrica apprezzabile e una modesta circolazione idrica può instaurarsi al contatto tra il livello alterato ed il livello integro dei terreni in posto.

6 - INTERVENTI DI PROTEZIONE SPONDALE BASATE SU TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA.

Le considerazioni espone nei paragrafi precedenti hanno avuto lo scopo di definire le caratteristiche geomorfologiche e idrogeologiche generali, le quali possono così riassumersi:

- Dal punto di vista geologico, osservando un areale più ampio rispetto il sito interessato dai lavori, questo è costituito da rocce sedimentarie afferenti al Tortoniano. Nell'area oggetto del progetto sono presenti la litofacies arenaceo-sabbiosa, nella porzione meridionale e la litofacies argillo-marnosa nella fascia Nord.
- Dal punto di vista geomorfologico, osservando l'areale impegnato ed il contorno significativo, ciò che appare è la tipica morfologia di tipo selettivo, caratterizzata nel suo insieme da più paesaggi, quali: rilievi collinari argillosi, tagliati da valli a V o a fondo piatto per sovralluvionamento, con versanti vallivi degradati da soliflusso, movimenti in massa e processi di dilavamento e ampie

spianate situate alla sommità dei rilievi o lungo i versanti, queste ultime riconducibili a processi di spianamento (che hanno comportato l'esistenza di glacis di erosione in rocce tenere) o a fenomeni di deposizione/erosione laterale dei corsi d'acqua (che hanno prodotto superfici terrazzate fluviali); sporadici rilievi strutturali, situati in coincidenza degli affioramenti di rocce "dure" o in corrispondenza delle aree dove vengono a contatto rocce "dure" e rocce "tenere", contraddistinte dalla presenza dei livelli calcarei e/o arenacei.

- Nell'area impegnata, in corrispondenza dei versanti argillosi, si sono stati individuati differenti fenomeni gravitativi. Si segnala la presenza, nella fascia Nord-Ovest, di dinamiche di colamento; così come osservato nel P.A.I. (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico), in tali aree si è riconosciuto uno stato di attività dei fenomeni suddetti, di tipo attivo ed inattivo. Sono state riconosciute, inoltre, delle aree soggette a fenomeni gravitativi superficiali.
- I fenomeni suddetti, scaturiscono principalmente per erosione delle sponde lungo le aste impluviali e scalzamento al piede dei versanti o lungo le vie preferenziali di scorrimento delle acque superficiali, per via della saturazione dei terreni e rammollimento degli stessi, in corrispondenza dei livelli più alterati.
- Per la messa in opera di pannelli, laddove sono stati individuati i fenomeni gravitativi, si dovranno condurre analisi geognostiche e di monitoraggio puntuale, al fine di individuare le superfici di scivolamento, ed operare laddove è possibile interventi di mitigazione e di stabilizzazione opportuni, allo scopo di stabilire l'idonea profondità dell'infissione degli ancoraggi dei pannelli. Si dovranno, inoltre, effettuare le verifiche di stabilità, post-operam, con i relativi carichi antropici.
- Per via della predominanza di litologie caratterizzate da scarsa/nulla permeabilità, il drenaggio delle acque è garantito dal ruscellamento superficiale, testimoniato da una rete impluviale di tipo dendritico, lungo impluvi ben marcati, con regime torrentizio che garantisce il deflusso naturale delle acque. Non si segnala la presenza di falda idrica apprezzabile e una modesta circolazione idrica può instaurarsi al contatto tra il livello alterato ed il livello integro dei terreni in posto.
- Il progetto prevede opere di attraversamento, costituite da stradelle di servizio e cavidotti, a tale scopo, sono state effettuate le verifiche idrauliche, utili per il dimensionamento degli stessi attraversamenti ed altresì le opere idrauliche di canalizzazione delle acque superficiali.
- Nell'areale insiste un invaso artificiale. Per tale opera, in previsione della rimozione, si dovrà operare nella nuova superficie, con interventi di canalizzazione, secondo l'originario deflusso delle acque. Per gli interventi si potrà prevedere la realizzazione di interventi idraulici, consistenti in scavi a sezione trapezoidale, con messa in opera di gabbionate, sia sul fondo dello scavo che lungo le scarpate. Al fine di evitare fenomeni erosivi di asportazione delle gabbionate, nei tratti di intervento, si ritiene opportuno prevedere pendenze non superiori a 4°.

Per quanto esposto, risulta evidente che nell'area oggetto d'intervento dovranno essere effettuati degli interventi di rinaturalizzazione.

Pertanto è doveroso introdurre qui, in premessa, la definizione di rinaturalizzazione, che consiste nella

ricostituzione degli habitat propri del corso d'acqua, agendo sul piano morfologico, sulle caratteristiche di alveo e sponde e sulle tipologie vegetazionali presenti. Volendo dare una sintetica definizione, si può dire che *"l'ingegneria naturalistica è una disciplina tecnico-scientifica che studia le modalità di utilizzo, come materiali da costruzione, di piante viventi, di parti di piante o addirittura di biocenosi vegetali, spesso in unione con materiali non viventi, come pietrame, terra, legname, acciaio"* (Schiechtl).

Si tenta di valorizzare l'effetto stabilizzante che alcune specie vegetali sono in grado di esercitare sul suolo. Così, ad esempio, una specie dotata di apparato radicale ben sviluppato può assolvere funzioni di consolidamento del terreno, contribuendo contemporaneamente ad un miglioramento del drenaggio; una specie a chioma ampia può contribuire alla riduzione dell'effetto della pioggia battente su suoli facilmente erodibili se nudi; cespugli ben radicati e con ramificazione buona possono essere abbinati ad opere di difesa spondale come elementi protettivi e nel contempo con funzione di rallentamento della corrente. L'adozione di queste tipologie consente un migliore inserimento degli interventi riducendone l'impatto naturalistico ed estetico-paesaggistico. Inoltre il carattere fortemente interdisciplinare della materia consente di fornire risposte ad ampio spettro e con effetto multifunzionale. A seconda del modo e del tipo di costruzione, possono assumere importanza primaria gli effetti riportati di seguito (da Schiechtl-Stern, modificata):

- *Tecnico*: Protezione dell'area della sponda da erosione superficiale, causata dalla corrente, dalle precipitazioni, dal vento e dal gelo. Aumento di stabilità delle sponde per la creazione di un sistema fibrorinforzato terreno-radice e per l'effetto drenante delle piante.

- *Ecologico*: Bilanciamento degli estremi di temperatura e di umidità nello strato aereo vicino al terreno e con ciò creazione di condizioni favorevoli allo sviluppo della vegetazione. Miglioramento del bilancio idrico del terreno (drenaggio o immagazzinamento) tramite l'intercettazione, l'evaporazione, l'evapotraspirazione e la capacità di immagazzinamento. Preparazione del terreno e formazione di humus a seguito della caduta e della decomposizione dei resti vegetali. Con ciò in sintesi, ovvero miglioramento della flora e della fauna del terreno e del contenuto di sostanza trofica. Creazione di macro e micro ambienti naturali divenuti ormai rari, nuovi biotopi per animali e piante, possibilità di affermazione di cenosi autoctone;

- *Economico*: Diminuzione delle spese di costruzione e di manutenzione;

- *Estetico-Paesaggistico*: Inserimento delle costruzioni e delle opere nel paesaggio. Recupero delle aree paesaggisticamente degradate.

I principi e le tecniche dell'ingegneria naturalistica possono essere applicati lungo i corsi d'acqua, nelle zone umide e sui versanti adiacenti ai corsi d'acqua con le seguenti finalità:

Corsi d'acqua: gli interventi possono riguardare il consolidamento delle sponde, con relativo rinverdimento; azioni per limitare il trasporto solido per rallentare la corrente; costruzione di briglie e pennelli; creazione di rampe di risalita per agevolare la presenza dell'ittiofauna.

Zone umide: realizzazione di ambienti idonei alla sosta ed alla riproduzione degli animali.

Versanti: consolidamento ed inerbimento di pendici, sistemazione di frane.

Gli interventi sui corsi d'acqua possono essere classificati secondo un criterio funzionale (funzione svolta

dall'opera) riferito a due diversi livelli:

1. interventi di regimazione e sistemazione fluviale dedicati ai corsi d'acqua principali;
2. interventi di regimazione, di correzione dell'alveo e di stabilizzazione dei versanti (sistemazioni idraulico-forestali) dedicati ai torrenti ed ai bacini montani o collinari.

Gli interventi di mitigazione dell'impatto ambientale o di rinaturalizzazione realizzati con tecniche di ingegneria naturalistica trovano applicazione ad entrambi i succitati livelli e possono essere utilizzati in abbinamento alle tecniche tradizionali o da soli. Nel nostro specifico caso si è scelto di agire su entrambi i livelli secondo solo tecniche naturalistiche, cioè senza la previsione di briglie in cemento armato o gabbionate con reti metalliche.

7 - GENERALITÀ SULLE OPERE DI PROGETTO

Il reticolo idrografico di ognuno dei quattro Bacini è stato suddiviso, secondo la gerarchia di Horton-Stralher in rami di livello 1, 2 e 3, a sua volta suddivisibili in diverse parti elementari: il bacino tributario e l'asta principale in un caso; ancora il bacino, il canale di scarico e il cono di deiezione in un altro. Le parti elementari svolgono diverse funzioni: la raccolta delle acque e la produzione, per erosione o dissesti, del materiale lapideo; l'adduzione e il trasporto; nel secondo caso, il deposito del materiale stesso. Il bacino può avere varia forma: partendo all'origine da una sorta di anfiteatro, può svilupparsi lungo la valle con l'asta principale alimentata dai versanti; oppure limitarsi alla prima parte e, con un tratto relativamente breve il canale di scarico, espandersi in un piano a minore pendenza nel cono di deiezione. Lo sbocco può avvenire in un corso d'acqua di maggiore importanza, che possa assicurare il trasporto del materiale a valle fino in mare. Le opere di sistemazione di un bacino completo possono riguardare quindi il bacino tributario, l'asta e il cono di deiezione. Gli interventi qui previsti riguardano le aste e si prefiggono la loro stabilizzazione e quella delle sponde e gli interventi nel bacino mirano a ridurre i fenomeni erosivi, specie quelli localizzati; gli interventi nel bacino sono principalmente: seminazione di essenze adeguate, opere di drenaggio, soglie, piccole briglie, muri di sostegno. Le piccole briglie e i muri di sostegno sono qui previsti con interventi naturalistici.

La stabilizzazione dell'asta si attua con:

- soglie di fondo che fissano la sezione dell'alveo;
- briglie che, introducendo salti di fondo, diminuiscono per tratti la pendenza e quindi la capacità erosiva della corrente, e stabilizzano allo stesso tempo le sponde con la creazione di un ripetto al piede;
- i muri di sponda, le scogliere longitudinali ed eventualmente i pennelli evitano l'erosione delle sponde;
- i cunettoni, cioè canali a forte pendenza con sezione ristretta e rivestiti relativamente profondi sono impiegati per evitare l'erosione del fondo ed delle sponde, ma anche per assicurare velocità elevate e quindi, con portate modeste, il trasporto di materiali.

7.1 Strutture di base

Per strutture di base si intendono, qui, quelle strutture che vengono utilizzate in maniera ricorrente in vari tipi di sistemazioni. Queste ultime raramente si realizzano con un unico tipo di opera, ma risultano da una combinazione di strutture alcune delle quali possono, per la frequenza con cui sono impiegate, essere considerate delle strutture di "base". Le strutture di base sono:

- muri di sponda;
- briglie e opere accessorie;
- rivestimenti.

I rivestimenti sono strutture per la protezione dall'erosione senza alcuna funzione di sostegno. Caratterizzate dall'aver uno spessore trascurabile rispetto alle altre due dimensioni possono essere permeabili o impermeabili, rigide, flessibili o realizzate con materiali sciolti. Queste opere richiedono una progettazione attenta alle condizioni idrodinamiche che possono determinare sollecitazioni eccessive sulla struttura e processi di escavazione in grado di causare scalzamento o aggiramento delle opere. I rivestimenti vengono utilizzati sia sulle sponde che sul fondo degli alvei ed hanno un'influenza sul regime della corrente che è essenzialmente legata alla variazione della scabrezza in funzione del materiale di cui sono costituiti. Per limitare l'impatto ambientale per le modifiche che possono apportare alla permeabilità all'acqua e alla vegetazione e per le modifiche che apportano agli habitat sia acquatici che terrestri, si agirà combinando materiali inerti e materiali vivi secondo appunto le tecniche dell'ingegneria naturalistica. I rivestimenti, infatti, grazie al loro spessore ridotto offrono ottime opportunità di inserimento ambientale. Sia che si tratti di materiali organici o meno, risulta abbastanza semplice combinarli con la vegetazione e garantire il mantenimento della permeabilità delle sponde. A differenza dei materiali inorganici quelli a base naturale debbono essere necessariamente abbinati a materiali vivi poiché degradandosi non offrono protezione a lungo termine.

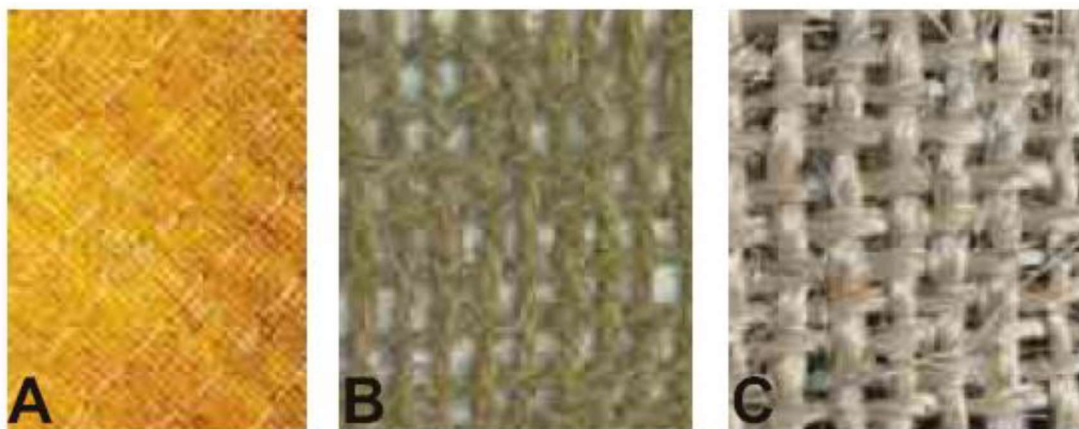


Figura 5 - A) BIOSTUOIA IN FIBRE DI COCCO: LE FIBRE SONO INTRAPPOLATE TRA DUE RETINE POLIOLEFINICHE CHE HANNO LA DOPPIA FUNZIONE DI IMPEDIRE LA DISPERSIONE DEL COCCO E DI CONFERIRE MAGGIORE RESISTENZA MECCANICA AL GEOSINTETICO. GENERALMENTE LE RETINE SONO FOTODEGRADABILI, IN MODO DA SCOMPARIRE UNA VOLTA ESAURITASÌ LA FUNZIONE PROTETTIVA DELLA BIOSTUOIA.
B) GEOTEXTILE IN FIBRE DI COCCO. UN MATERIALE CARATTERIZZATO DA UNA ELEVATA CURABILITÀ E DA UNA BUONA RESISTENZA MECCANICA.
C) GEOTEXTILE IN AGAVE, HA UNA RESISTENZA MECCANICA SUPERIORE RISPETTO AL COCCO MA POSSIÈDE UNA DURABILITÀ INFERIORE.



Figura 6 - A sinistra - geostuoia tridimensionale in fibred di polipropilene. A destra geotetridimensionale rinforzata con unarete metallica a doppia torsione amaglie esagonali.

La vegetazione può essere combinata alla parte inerte del rivestimento in varieforme:

- Talee
- Piante a radice nuda
- Piante in vaso
- Rizomi
- Per seme
- Inerbimenti con stuoie, reti e biostuoie.

Le biostuoie sono costituite da fibre di natura vegetale tenute assieme da retine poliolefiniche o a loro volta a base organica. Data la natura biodegradabile sono usate solo sopra il livello dell'acqua e sono caratterizzate da una resistenza alle tensioni di trascinamento poco significativa e sono da considerarsi unicamente una protezione rispetto al ruscellamento ed all'impatto delle gocce di pioggia, azione desiderata nel nostro caso.

Il rinforzo degli apparati radicali (Turf-reinforcement) è un rivestimento flessibile in cui il materiale inerte viene compenetrato dalle radici delle piante erbacee e ne costituisce il rinforzo permanente; rappresenta un sistema combinato molto efficace, in grado di incrementare notevolmente la resistenza alle tensioni di trascinamento delle piante erbacee. Si ottiene mediante la posa di una geostuoia tridimensionale costituita da filamenti di materiali sintetici (polietilene ad alta densità, poliammide, polipropilene o altro), aggrovigliati in modo da formare uno strato molto deformabile dello spessore di 10-20 mm, caratterizzato da un indice dei vuoti molto elevato (> 90%).

Il rinforzo rende più resistente il geosintetico, conferendo gli una maggiore capacità di consolidamento superficiale del terreno se abbinato ad idonee chiodature con picchetti lunghi.

Il sistema di rivestimento spondale delle aste di bacino, costituito dal materiale combinato con le piante, avrà così una resistenza alle tensioni di trascinamento molto più alta rispetto a quella delle pianteda sole. Per

l'individuazione dei materiali più idonei si usano degli abachi che consentono di determinare le tensioniammissibili di tali sistemi sia in presenza di vegetazione che non ed in relazione alla durata dell'evento di piena (vedi dati pluviometrici raccolti nei capitoli precedenti).



Figura 7 - Sponde di una fiumara rivestite con geostuoia tridimensionale rinforzata erinverdita.

7.2 Messa a dimora di talee

Si realizza mediante infissione nel terreno o nelle fessure tra massi di una scogliera di talee legnose e/o ramaglie di specie vegetali con capacità di propagazione vegetativa.

Le piante più usate per questa tecnica sono certamente isalici, ma questi non sono adatti ai nostri ambienti. In ambiente mediterraneo, in alternativa, si utilizzano il ligustro, l'oleandro e letamerici, specie quest'ultima resistente a condizioni alterne di forte aridità e presenza di sali nel terreno.

Questa tecnica ha un effetto consolidante che è tanto più marcato quanto maggiore è la profondità cui vengono infisse le talee che assolvono anche a una funzione di drenaggio, dovuto ad assorbimento e traspirazione del materiale vivo impiegato.

La piantagione di talee verrà qui utilizzata per la rivegetazione e stabilizzazione delle superfici spondali di neoformazione e svolgerà una azione inizialmente puntuale e di bassa efficacia ma estesa e coprente dopo lo sviluppo (6 mesi-1/2 anni). Questa tecnica si addice a sponde a pendenza limitata come nel caso e sul suo substrato non litoide e non particolarmente serico; infatti essa non può essere invece applicata in presenza di regimi torrentizi con correnti e trasporto solido particolarmente elevati.

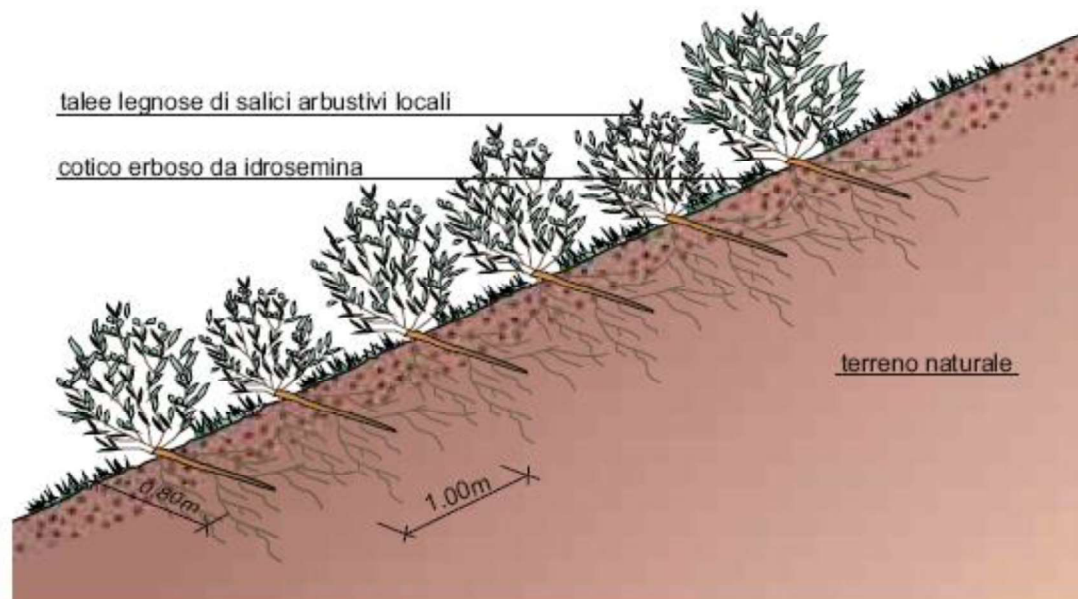


Figura 8 - La sezione mostrala disposizione delle piante nella messa a dimora di talee. Il terreno deve consentire l'infissione per almeno 50-80 cm le talee debbono essere inclinate leggermente sull'orizzontale.

La messa a dimora di talee andrà eseguita nel periodo di riposo vegetativo e come tutti gli interventi con materiali vivi richiederà della manutenzione: saltuarie potature di irrobustimento e sfoltimento per evitare popolamenti monospecifici. La messa a dimora di talee si effettua impiegando getti non ramificati, di 2 o più anni, $d= 1-5$ cm, $L = 0,50 - 0,80$ m, di piante legnose e in genere arbustive con capacità di propagazione legnosa; per le tamerici vengono usate di preferenza le ramaglie in fronda mentre la talea vera e propria ha minori capacità di rigetto. Le talee vengono infisse nel terreno lasciandole sporgere al massimo per un quarto della loro lunghezza e comunque non più di 10-15 cm. La densità di impianto in genere varia tra 2 e 10 talee per mq a seconda delle necessità di consolidamento.

Macro categorie	CATEGORIE	TIPI	VARIANTI	Distribuzione
		13.2 fruticeti ad <i>Astragalus nebrodensis</i> e <i>Prunus</i> sp. pl., e <i>Juniperus hemisphaerica</i>		Madonie
		13.3 formazioni pioniere a <i>Genista aetnensis</i>		Etna
	14 macchie e garighe degli ambienti mesici e/o caldo-aridi	14.1 macchie a leccio	14.1.1 macchia a leccio con <i>Fraxinus ornus</i> , <i>Rhamnus alaternus</i> , <i>Phillyrea latifolia</i> e <i>Pistacia terebinthus</i> (su vulcaniti)	Pendici dei Monti Iblei, Sicani, Madonie e Monti di Palermo.
			14.1.2 macchia a leccio con <i>Viburnum tinus</i> e <i>Laurus nobilis</i> (su carbonatico)	Pendici dei versanti costieri della Sicilia N-Occ.
			14.1.3 macchia a leccio con <i>Phillyrea latifolia</i> , <i>Celtis</i> sp. pl., <i>Fraxinus ornus</i> , <i>Rhamnus alaternus</i> , <i>Pistacia terebinthus</i> (su vulcaniti)	Pendici dei Monti Iblei ed Etna
		14.2 macchie di alberi ed arbusti sclerofilici dei substrati acidofili	14.2.1 macchie dei substrati acidofili con <i>Quercus suber</i> , <i>Arbutus unedo</i> , <i>Erica arborea</i> e <i>multiflora</i> , <i>Cistus</i> sp.pl., <i>Olea europea</i> var. <i>sylvestris</i> , <i>Calicotome infesta</i> , <i>Myrtus communis</i> , <i>Genista</i> sp.pl., <i>Spartium junceum</i>	Habitat potenziali dei querceti sempreverdi e caducifogli termofili
			14.2.2 macchie dei substrati acidofili con <i>Zelkova sicula</i>	Buocheri (SR) (M. Iblei)
		14.3 macchie a olivastro (<i>Olea europea</i> var. <i>sylvestris</i>)	14.3.1 macchia a olivastro con <i>Quercus suber</i> e <i>Quercus pubescens</i> s. l.	Monti Iblei, pendici rocciose carbonatiche, versanti mammosi argillosi degli ambienti caldi della Sicilia, Agrigentino
			14.3.2 macchie a olivastro con <i>Euphorbia dendroidea</i> , <i>Pistacia lentiscus</i> , <i>Myrtus communis</i> , <i>Anagyris foetida</i>	Vegetazione termoxericadelle pendici rocciose carbonatiche
			14.3.3 facies ad <i>Artemisia arborescens</i>	Versanti mammosi argillosi degli ambienti caldi della Sicilia
			14.3.4 facies a <i>Phlomis fruticosa</i>	Iblei, Agrigentino

Tabella 28.A del Piano Forestale Regionale - Tipi forestali e preforestali siciliani (La Mantia et al.)

7.3 Piantagione di arbusti

Consiste nella messa a dimora di giovani arbusti autoctoni di produzione vivaistica in zolla o in vasetto. Generalmente le piante utilizzate sono a comportamento pioniero appartenenti agli stadi corrispondenti della serie dinamica potenziale naturale del sito. Questa tecnica ha una funzione consolidante: con il tempo si forma un fitto reticolo radicale di protezione dall'erosione; la piantagione di arbusti inoltre contribuisce ad aumentare la biodiversità, grazie anche all'instaurarsi di un ambiente idoneo ad ospitare numerose specie animali. Questa tecnica è adatta a superfici a bassa pendenza con presenza di suolo organico e può essere abbinata alle stuoie e ai rivestimenti.

Le piante, di altezza minima compresa tra 0,30 e 0,80 m e accompagnate da certificazione di origine del seme o materiale da propagazione, come disposto anche dalla Regione Siciliana, vengono poste a dimora in buche di dimensioni prossime a quelle dell'apparato radicale o della zolla avendo cura, se necessario, di apportare terreno vegetale, fibra organica, fertilizzanti ed ammendanti. Le piante possono essere disposte in ragione di 1 esemplare ogni 3-20 mq. Le piante a radice nuda potranno essere trapiantate solo durante il periodo di riposo vegetativo, mentre per quelle in zolla, contenitore o fitocella il trapianto potrà essere effettuato anche in altri periodi tenendo conto delle stagionalità locali e con esclusione dei periodi di estrema aridità estiva o gelo invernale.

Con riferimento alla Tabella 28C del Piano Forestale Regionale - Formazioni riparie, saranno previste le piantumazioni di talle e arbusti di macchie a leccio tipici della Sicilia occidentale, Asparago spinoso, Sommacco tripartito, Rosmarino e Timo arbustivo.

8 - VASCHE DI PRIMA PIOGGIA E REGIMAZIONE ACQUE METEORICHE

Nel Parco agrivoltaico di progetto sono previste delle aree non permeabili in corrispondenza delle strutture del deposito e della control room.

Il calcolo qui condotto è riferito al dimensionamento dei manufatti necessari al trattamento delle acque di prima pioggia dei piazzali in calcestruzzo che si intendono realizzare per alloggiare, all'aperto, tutte le apparecchiature elettromeccaniche ed elettroniche necessarie.

Il trattamento delle acque di prima pioggia in Italia è disciplinato dalle rispettive norme regionali. Poiché la Regione Sicilia non ha ancora emanato una specifica norma al riguardo, ci si è attenuti alla normativa della Regione Lombardia, ed in particolare alla legge del 24 marzo 2006 n° 4, relativa alla "Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne" in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n°26 (BURL del 28 marzo 2006 n° 13, 1° suppl. ord.) la quale prevede:

“Art. 3 (acque di prima pioggia e di lavaggio soggette a regolamentazione).

La formazione, il convogliamento, la separazione, la raccolta, il trattamento e lo scarico delle acque di prima pioggia sono soggetti alle disposizioni del presente regolamento qualora tali acque provengano:

a) da superfici scolanti di estensione superiore a 2000 mq, calcolata escludendo le coperture e le aree a

verde, costituenti pertinenze di edifici ed installazioni in cui si svolgono le seguenti attività: industria petrolifera, industrie chimiche, trattamento e rivestimenti dei metalli, concia e tintura delle pelli e del cuoio, produzione della pasta carta (della carta e cartone), produzione di pneumatici, aziende tessili che eseguono stampa tintura e finissaggio di fibre tessili, produzione di calcestruzzo, aree intermodali, autofficine, carrozzerie;

...

Art. 5 (sistemi di raccolta e convogliamento delle acque di prima pioggia e di lavaggio).

1) ...

2) Le acque di prima pioggia e le acque di lavaggio, che siano da recapitare in corpo d'acqua superficiale ovvero sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, devono essere avviate ad apposite vasche di raccolta a perfetta tenuta, dimensionate in modo da trattenere complessivamente non meno di 50 mc per ettaro di superficie scolante (di seguito vasche di prima pioggia).

3) Alle acque meteoriche di dilavamento deve essere destinata una apposita rete di raccolta e convogliamento, munita, nei casi di cui al comma 2, di un sistema di alimentazione delle vasche di prima pioggia che le escluda automaticamente a riempimento avvenuto; la rete deve essere dimensionata sulla base degli eventi meteorici di breve durata e di elevata intensità caratteristici di ogni zona, e comunque quanto meno assumendo che l'evento si verifichi in quindici minuti e che il coefficiente di afflusso alla rete sia pari a 1 per la superficie scolante e a 0,3 per quelle permeabili di qualsiasi tipo ad esse contigue, escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo."

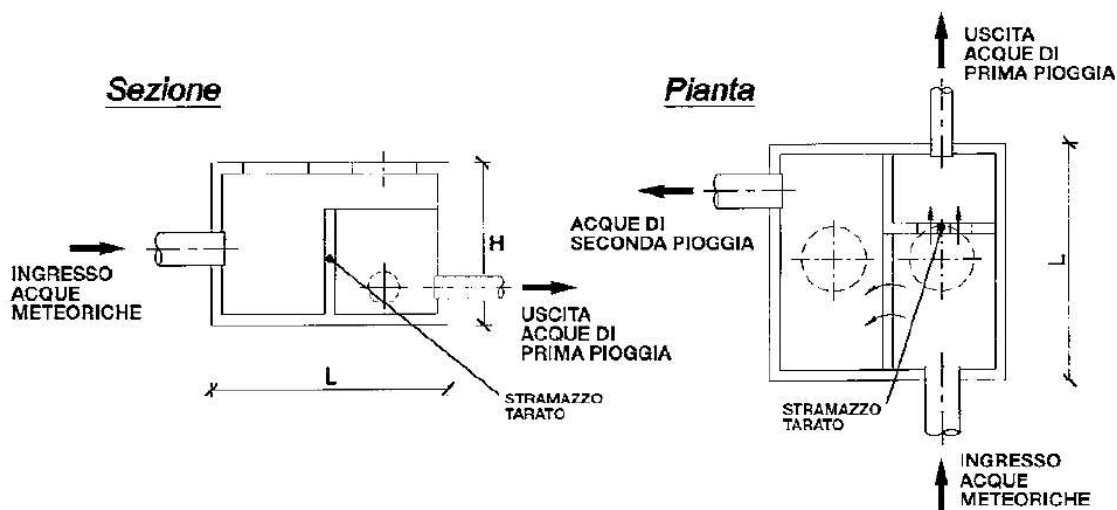
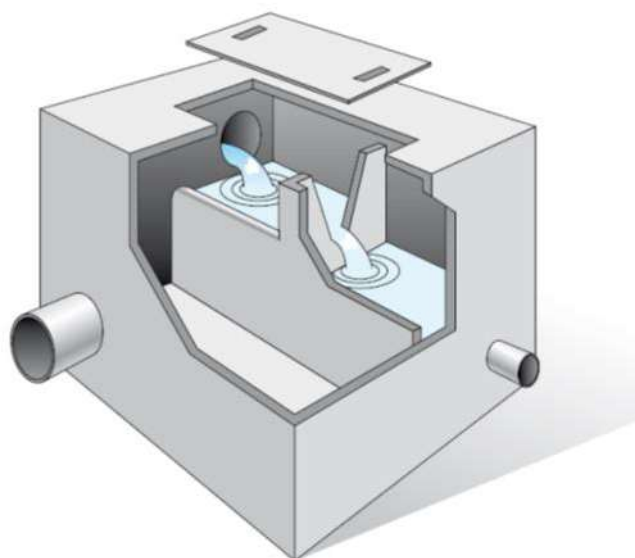
Sulla base di quanto sopra esposto, sono stati effettuati i calcoli di progetto del complesso dei manufatti destinati al trattamento delle acque di prima pioggia, nella fattispecie costituiti da:

- vasca di prima pioggia, dotata di scarico di piena;
- disoleatore.

8.1 Dimensionamento dei manufatti

Per quanto riguarda la contiguità delle due superfici impermeabili, viste le ridotte dimensioni, si prevede una sola vasca di trattamento di prima pioggia del tipo rappresentate nelle immagini sotto riportate.

Si prevede quindi la collocazione di scolmatori monoblocco parallelepipedici per acque di prima pioggia costituiti da una vasca monoblocco parallelepipedica in calcestruzzo armato ad alta resistenza per assicurare una assenza totale di perdite e di infiltrazioni nel terreno, con copertura completamente carrabile e chiusini di ispezione in calcestruzzo. Tali vasche sono state dimensionate con coefficiente di afflusso pari a 1, cioè il coefficiente per le superfici coperte, lastricate o impermeabilizzate. Le acque di prima pioggia il cui inquinamento è dato dalle sabbie, dagli olii e da idrocarburi, vengono separate dalle successive acque di pioggia il cui inquinamento è pressoché irrilevante, da uno stramazzone tarato tipo "Cipolletti", studiato secondo il "coefficiente udometrico" che confronta il "coefficiente di afflusso orario" tenuto conto di una precipitazione di pioggia pari a 15 minuti sull'area del bacino e il "coefficiente di ritardo" che tiene conto dell'area del bacino stesso, della pendenza della rete e dell'invaso.



La portata di acqua piovana riportata nel Capitolo 4 è di 120.17 mm/h (max1995) e di 120,40 mm/h a 50 anni. Prevedendo la massima intensità in un'ora pari a 5 volte la media oraria, si prenderà come portata di punta $P_x = 0.59$ l/s che prevede delle vasche di dimensioni:

$L_1 \times L_2$ in pianta = 130 x 130 cm con profondità $H = 150$ cm.

8.3 Caratteristiche costruttive

Il trattamento delle acque di prima pioggia prevede un sistema di grigliatura grossolana, dissabbiatura e disoleatura. Le acque di prima pioggia verranno convogliate tramite un pozzetto di by-pass (separatore acque di prima pioggia dalle acque di seconda pioggia) in apposite vasche dette "Impianti di prima pioggia".

Il sistema di trattamento prevede tre fasi distinte:

1. Separare tramite un pozzetto scolmatore le prime acque meteoriche, che risultano inquinate, dalle seconde.
2. Accumulare temporaneamente le prime acque meteoriche molto inquinate perché dilavano le strade ed i piazzali, per permettere, durante il loro temporaneo stoccaggio, sedimentazione delle sostanze

solide;

3. Convogliare le acque temporaneamente stoccate ad una unità di trattamento per la separazione degli idrocarburi.

Nella pratica corrente, le acque di prima pioggia vengono separate da quelle successive (seconda pioggia) e rilanciate all'unità di trattamento (disoleatori) tramite un bacino accumulo interrato di capacità tale da contenere tutta la quantità di acque meteoriche di dilavamento risultante dai primi 5 mm di pioggia caduta sulla superficie scolante di pertinenza dell'impianto.

Il bacino è preceduto da un pozzetto separatore che contiene al proprio interno uno stramazzo su cui sfiorano le acque di seconda pioggia dal momento in cui il pelo libero dell'acqua nel bacino raggiunge il livello della soglia dello stramazzo.

Nel bacino sarà installata una pompa di svuotamento che verrà attivata automaticamente dal quadro elettrico tramite un microprocessore che elabora il segnale di una sonda rivelatrice di pioggia installata sulla condotta di immissione del pozzetto. Alla fine della precipitazione, la sonda invia un segnale al quadro elettrico il quale avvia la pompa di rilancio dopo un intervallo di tempo pari a 96 h meno il tempo di svuotamento previsto.

Se durante tale intervallo inizia una nuova precipitazione, la sonda riazzerà il tempo di attesa. Una volta svuotato il bacino, l'interruttore di livello disattiva la pompa e il sistema si rimette in posizione di attesa. I disegni tecnici della vasca di prima pioggia sono riportati negli allegati grafici progettuali.

9 – EFFETTI INDOTTI DAL PROGETTO COMPLESSIVO

L'assetto idrogeologico dell'area considerata è caratterizzato da terreni argillosi e poco assorbenti. L'azione di protezione e salvaguardia della qualità delle acque sotterranee viene svolta quindi dai sistemi vegetali e si esplica attraverso i seguenti meccanismi:

- conservazione del suolo e suo effetto depurante sulle acque;
- aumento della capacità di infiltrazione dell'acqua nel suolo;
- riduzione della velocità media di scorrimento delle acque meteoriche ed incremento dei volumi d'acqua trattenuti dal suolo.

La funzione di salvaguardia esercitata dalla futura copertura vegetale della riforestazione dipenderà dalla densità, dalla struttura e dall'età delle cenosi vegetali. Occorre però precisare che il potere di intercettazione della pioggia da parte dei boschi aumenta con l'età ma fino ad un valore soglia oltre il quale esso diminuisce.

Nell'azione di salvaguardia messa in atto, un contributo importante verrà dato anche dal sottobosco e dalla lettiera che formano uno schermo protettivo e filtrante nonché dalle tipologie vegetali. I suoli forestali dotati di alta porosità favoriscono l'infiltrazione anche per merito dell'attività biologica delle piante arboree e di tutti gli organismi vegetali e animali che sono parte integrante dell'ecosistema.

Le attività antropiche nei siti, in particolare le pratiche agricole, hanno sottratto spazi considerevoli allo sviluppo naturale della vegetazione che svolge, con maggiore efficacia di altre coperture, la funzione

protettiva delle acque. Per quanto detto, il sito di progetto, nella sua maggiore estensione, si trova in un'area mappata come a protezione minima da parte del soprassuolo vegetale, a causa della conduzione agricola dei terreni, in una zona classificata come a vulnerabilità bassa, dovuta alla presenza di depositi prevalentemente limo-argillosi.

L'erosione idrica dei suoli rappresenta ad oggi un problema di primaria importanza poiché può causare ingenti danni di natura ambientale ed economica. Per tale ragione sempre più numerosi sono gli stati che rivolgono una particolare attenzione al tema della difesa del suolo e del territorio.

Nell'ambito del panorama normativo italiano è da segnalare in particolare la Legge n° 183 del 18 maggio 1989, oggi assorbita dalla D.lgs n° 152/06 s.m.i. (Nuovo Codice dell'Ambiente) riguardante i piani di bacino e volta a predisporre le opportune misure di prevenzione dei fenomeni di dissesto geomorfologico.

L'European Soil Bureau ha pubblicato nel 1999 dei dati relativi al rischio di erosione idrica su scala comunitaria (Van der Kniff et al., 1999) dai quali emerge una situazione piuttosto critica per il nostro paese: la maggior parte del territorio italiano (quasi il 77%) è considerato a rischio di erosione accelerata a causa della notevole energia di rilievo e dell'erodibilità dei suoli.

Le cause che contribuiscono ad accelerare il fenomeno dell'erosione idrica sono essenzialmente ascrivibili a:

- uso di pratiche agricole inadeguate tra cui ad esempio l'eccessivo sbriciolamento dello strato superficiale del suolo effettuato per la preparazione dei letti di semina, nonché l'impoverimento della materia organica e inorganica contenuta nel suolo a seguito dell'eccessivo sfruttamento agricolo;
- riduzione delle colture protettive del suolo a vantaggio di quelle economicamente più redditizie;
- abbandono delle vecchie sistemazioni idraulico-agrarie non sostituite da nuove opere;
- cambiamenti climatici in atto su scala globale tra cui in particolare l'aumento del potere erosivo delle piogge che presentano sempre più il carattere di scrosci con elevata energia.

La valutazione qualitativa e quantitativa del processo erosivo è quindi fondamentale per cercare di impostare una corretta gestione del territorio finalizzata ad arginare un tale fenomeno.

Esistono numerosi modelli messi a punto per la valutazione dell'erosione del suolo riconducibili a tre principali categorie: modelli qualitativi, semiquantitativi e quantitativi.

Negli ultimi cinquant'anni molti studi sono stati condotti sull'evolversi del processo erosivo partendo dalla piccola scala sino alla scala globale. Un'ampia varietà di modelli è stata inoltre adottata sia per la raccolta che per l'estrapolazione di dati sebbene la loro accuratezza e affidabilità lascino ancora molto a desiderare.

Nella letteratura tecnica più recente si ritrova tuttavia un cospicuo numero di lavori sui fenomeni di erosione idrica con lo scopo di investigare le dinamiche alla base del processo erosivo di tipo interrill e rill.

Tali studi, utilizzando esperienze di laboratorio e di campo, valutano la dipendenza di tali processi dall'intensità della pioggia, dalla morfologia del suolo, dal suo grado di saturazione, nonché dalla scala geometrica di studio.

L'erosione di tipo interrill, in particolare, è identificata come quella forma di erosione che offre il maggior contributo al processo di degradazione del suolo. Essa si rende evidente quando uno scorrimento di tipo

diffuso interessa il suolo. Il processo fisico che la determina nasce quindi dalla combinazione di due processi, 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 (sheeterosion).

Le precipitazioni sono pertanto da identificarsi quale principale fattore di innesco dell'erosione idrica causando il distacco di particelle di terreno.

L'erosività intrinseca della pioggia è correlata ad una serie di sue caratteristiche (durata, distribuzione del diametro delle gocce, intensità e distanza temporale tra eventi consecutivi ecc...) che concorrono alla caratterizzazione di due parametri base quali l'energia cinetica e la quantità di moto proprie della precipitazione stessa.

Il distacco delle particelle di terreno dovuto in primis all'azione battente della pioggia è inoltre funzione non solo delle caratteristiche intrinseche dello stesso evento meteorico, ma anche della pendenza e della natura del terreno interessato, nonché dell'altezza del tirante idrico.

Una volta distaccatesi dal suolo per l'azione battente della pioggia, le particelle di terreno sono suscettibili di trasporto per azione dello strato d'acqua superficiale (lama d'acqua) in movimento.

Molti studi hanno mostrato un differente comportamento in termini percentuali delle due componenti erosive: pioggia e ruscellamento superficiale.

Si è infatti evidenziata una predominanza dell'azione erosiva della pioggia rispetto al ruscellamento per pendenze superiori al 9%, mentre al di sotto di tale valore il comportamento si inverte. I risultati di dette considerazioni sono stati riassunti nel grafico successivo.

Per quanto riguarda l'impianto in progetto, l'instaurarsi di fenomeni di erosione idrica localizzati all'interno dell'area di progetto a seguito di eventi piovosi sarà di fatto nullo. 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 sia il fenomeno dello splash erosion che quello dello sheeterosion.

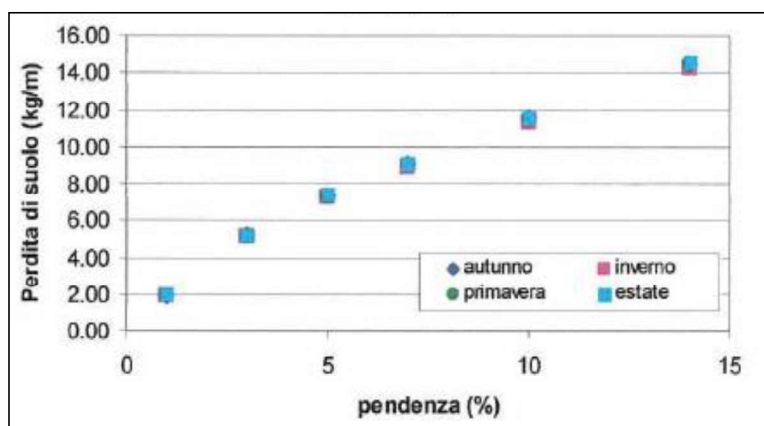


FIGURA 9 -ANDAMENTO STAGIONALE DELLA PERDITA DI SUOLO PER EROSIONE IN FUNZIONE DELLA PENDENZA

Assumendo in via conservativa che il rapporto di copertura dei moduli rispetto al terreno sia pari al 40%,

è chiaro che sulla porzione di terreno sottostante il lato più basso dei moduli sarà riversato lo stesso volume di acqua intercettato dall'intera superficie dei moduli stessi, ma in maniera concentrata.

Ciò nonostante, alla luce delle seguenti considerazioni, tale apparente concentrazione della forza erosiva non comporterà di fatto alcuna accelerazione della degradazione strutturale del suolo:

- l'esigua altezza dei moduli dal piano di calpestio fa sì che l'acqua piovana, in particolare nel caso del sistema fisso come quello di progetto, seppure raccolta dalla loro superficie e concentrata su una ridotta porzione di terreno, cadrà al suolo possedendo un'energia cinetica molto inferiore rispetto a quella della medesima massa d'acqua impattante in maniera distribuita sull'intera superficie di proiezione del modulo alla velocità limite in caduta libera di una goccia d'acqua;
- lo strato erbaceo del soprassuolo offre un'efficiente protezione del terreno trattenendone le particelle a livello dell'apparato radicale, attenuando ulteriormente la forza impattante delle gocce d'acqua a livello dell'apparato fogliare ed evitando il formarsi di vie preferenziali di accumulo e/o di deflusso dell'acqua al di sotto le stringhe. Un riscontro oggettivo delle considerazioni sopra esposte ci viene fornito da un recente studio italiano (Balacco et al. 2006 "Indagini preliminari sul ruolo svolto dall'infiltrazione nei processi erosivi di interrill" XXX° Convegno di idraulica e costruzioni idrauliche);
- le pendenze naturali del terreno di progetto, che non verranno modificate, e la presenza di linee di impluvio assicurano un efficiente drenaggio delle acque piovane per ruscellamento lungo le pendenze naturali. Inoltre la pendenza uniforme del terreno verso gli impluvi limitrofi, garantisce che le acque meteoriche defluiscano in esso in maniera uniforme sotto forma di lama d'acqua piuttosto che di singoli rivoli localizzati. Dagli impluvi presenti sarà pertanto lasciata libera una fascia di larghezza opportuna per evitare interferenze con la funzione idraulica svolta;
- la maggior parte dell'area interessata dalle installazioni di progetto è poco inclinata e pertanto l'energia dell'eventuale strato idrico superficiale non sarà tale da vincere, da un lato i fenomeni di coesione del terreno, e dall'altro il potere di trattenimento da parte degli apparati radicali della vegetazione, evitando così l'insorgere di fenomeni di trasporto solido (sheeterosion).

A sostegno di quanto sin qui argomentato, si riporta di seguito una foto di un impianto realizzato con tecnologia simile dell'impianto in esame e installato su terreni argilloso-sabbiosi come quelli in oggetto:

La foto è stata scattata nel mese di marzo dopo una serie ripetuta di eventi piovosi significativi e mostra chiaramente l'assenza di fenomeni di erosione superficiale anche in presenza di copertura erbosa appena sfalciata. L'area di progetto risulta infatti ben stabilizzata e nel tempo ad oggi non è stata sede né di erosioni e colamenti, né di allagamenti o impaludamenti temporanei a seguito di eventi meteorici intensi.

La superficie interessata dalle installazioni del campo agrivoltaico in progetto resterà pertanto permeabile e sarà soggetta ad un rapido e spontaneo processo di rinverdimento così da non alterare il bilancio idrologico dell'area, ossia, per meglio dire, la presenza del generatore non interferirà con processi di infiltrazione, accumulo e scorrimento superficiale delle acque meteoriche riscontrabili sulla medesima area allo stato ante operam.

Per quanto concerne inoltre l'apporto alla rete idrografica di superficie presente nelle aree limitrofe, la presenza dell'impianto non comporta modifiche dell'assetto attuale, né l'attuazione di interventi di regimazione idraulica e la sua presenza può considerarsi ininfluenza nel determinare cambiamenti delle naturali portate idriche.



Figura 10 -Stato del terreno inerbito sotto i pannelli fotovoltaici

In conclusione, l'analisi del progetto in esame consente di affermare che l'intervento non introduce variazioni di rilievo nella relazione tra gli eventi meteorologici ed il suolo e disincentiva la possibilità che si presentino fenomeni degradativi di tipo erosivo, oggi forse presenti con la coltura a grano non effettuata tutti gli anni per la messa a riposo dei terreni. Gli unici impatti sul suolo derivanti dal progetto in esercizio si concretizzano nella sottrazione per occupazione da parte dei pannelli. I pannelli sono montati su supporti tubolari infissi nel terreno. Tali supporti sorreggono l'insieme dei pannelli assemblati, mantenendoli alti da terra. Inoltre fra le file di pannelli è lasciata libera una fascia di ampia larghezza. Il rapporto di copertura superficiale dei soli pannelli (ingombro in pianta) è inferiore al 40%, riferito all'area catastale.

L'impatto per sottrazione di suolo viene considerato poco significativo in quanto, 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.

In realtà una tale configurazione non sottrae il suolo, ma ne limita parzialmente nello spazio e nel tempo le capacità di uso. Viene chiaramente impedita (in maniera temporanea e reversibile) l'attività agricola durante la vita utile dell'impianto. Resta potenzialmente possibile il pascolo, e i terreni tornano fruibili per tutte quelle specie di piccola e media taglia che risultavano disturbate dalle attività agricole seminatrici di frumento o dalla presenza dell'uomo in generale. Il periodo di inattività culturale del terreno, durante l'esercizio dell'impianto agrivoltaico, permette inoltre di recuperare le caratteristiche di naturale fertilità eventualmente impoverite o perse.

Durante l'esercizio, lo spazio sotto i pannelli resta libero, fruibile e transitabile per animali anche di medie

dimensioni. C'è comunque da aspettarsi che, visto l'ampio contesto rurale in cui si inserisce il progetto, lo spazio sotto i pannelli assuma una minore appetibilità, rispetto ai terreni limitrofi, come luogo per la predazione o la riproduzione, e tenda ad essere evitato. Il terreno sarà lasciato allo stato naturale, e sarà rinverdito naturalmente in poco tempo dopo il cantiere.

La tipologia di supporti scelta si installa per infissione diretta nel terreno, operata da apposite macchine di cantiere, cingolate e compatte, adatte a spazi limitati e terreni anche in pendenza. I supporti non hanno strutture continue di ancoraggio ipogee.

Alla dismissione dell'impianto, lo sfilamento dei pali di supporto garantisce l'immediato ritorno alle condizioni ante operam del terreno.

La recinzione perimetrale verrà realizzata senza cordolo continuo di fondazione. Così facendo si evitano gli sbancamenti e gli scavi.

Gli impatti in fase di cantiere si limiteranno al calpestio del cotico erboso superficiale da parte dei mezzi, che sono previsti di capienza massima 40 t (autocarri per la consegna dei pannelli).

Le alterazioni subite dal soprassuolo per il transito dei mezzi sono immediatamente reversibili alla fine delle lavorazioni, con il naturale rinverdimento della superficie.

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 agrivoltaico resterà permeabile e allo stato naturale, pertanto il regime di infiltrazione non verrà alterato. Durante la fase di cantiere non risulterebbe necessaria alcuna modifica all'assetto idrografico attuale, pertanto si può escludere, sin dal principio, la necessità di opere per la regimazione delle acque, compresa la nuova viabilità perché verrà realizzata in materiali naturali porosi. Si eviterà la compattazione diffusa e il formarsi di sentieramenti, con il drenaggio, la captazione e l'allontanamento delle acque meteoriche, 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 agrivoltaico non interferisce con i normali processi di infiltrazione, accumulo e scorrimento superficiale delle acque meteoriche. Viceversa si ritiene invece interessante evidenziare che l'interruzione di somministrazione di fitofarmaci e concimanti tipici di coltivazioni agrarie si tradurrà in una diminuzione di pressione antropica sulle falde e sui corsi d'acqua.

Entrando in dettaglio, l'analisi del caso presentato consente di affermare che il progetto del parco agrivoltaico non introduce sensibili variazioni nella relazione tra gli eventi meteorologici ed il suolo, inoltre attraverso alcuni pratici accorgimenti, sarà possibile instaurare anche dei meccanismi di tutela del territorio e di preservazione del patrimonio ambientale.

Di seguito si riportano alcuni accorgimenti utili da seguire nella gestione del parco al fine di perseguire

gli obiettivi anzidetti:

1. Mantenere una coltre erbacea sull'interfila dei pannelli con funzionalità antierosiva nei confronti di:
 - erosione da impatto: grazie all'azione mitigante della parte epigea vegetale nei confronti dell'impatto delle gocce d'acqua col suolo;
 - erosione diffusa: a seguito della diminuzione dell'energia cinetica dell'acqua nell'ipotesi di scorrimento superficiale lungo la superficie in occasione di eventi prolungati;
 - incanalamento superficiale: in relazione all'effetto consolidante dell'apparato radicale.
2. Mantenere la pannellatura ad un'altezza adeguata da consentire la crescita di vegetazione erbacea al di sotto del pannello in modo da mantenere una copertura costante in grado di proteggere il suolo e preservarlo dal dilavamento di sostanze nutrienti e dalla mineralizzazione della sostanza organica.

10- CONCLUSIONI

Per quanto esposto e argomentato nella presente relazione idrologica ed alla luce degli interventi di rinaturalizzazione dei luoghi e di difesa spondale del reticolo idrografico, oggetto di progetto, si considera totalmente compatibile l'installazione dell'impianto agrivoltaico in progetto con l'assetto idrogeologico, idrologico e geomorfologico locale.