

Alta Capital 12 S.r.l.
 Via Ettore de Sonnaz, 19
 10121 Torino (TO)
 P.Iva 12531540016
 PEC altacapital12.pec@maildoc.it

Progettista



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 "Bordonaro" da 130 MWp a Gangi 90024 (PA).

Studio di Impatto Ambientale

Relazione tecnica idraulica sulle sistemazioni da eseguire

Revisione

n.	data	aggiornamenti
1		
2		
3		

Elaborato

RS 06 REL

0012 A0

nome file

documento in bordonaro\autorità bacino\rs.06.rel.0012.a.0-relazione tecnica idraulica sulle sistemazioni da eseguire.docx

	data	nome	firma
redatto	19.07.2022	Vitalizio	
verificato	19.07.2022	Falzone	
approvato	20.07.2022	Speciale	

DATA 20.07.2022

SOMMARIO

1 - PREMESSE	2
2 – LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO.....	2
3 - DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	22
4 – STRUMENTO URBANISTICO VIGENTE E NORME DI ATTUAZIONE	28
5 – CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE.....	34
6 – VERIFICHE IDROGEOLOGICHE ED IDRAULICHE	38
7 - INTERVENTI DI PROTEZIONE SPONDALE BASATE SU TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA.	49
8 - REALIZZAZIONE DEGLI INVASI ARTIFICIALI DI LAMINAZIONE	54
9 - VASCHE DI PRIMA PIOGGIA E REGIMAZIONE ACQUE METEORICHE.....	60
10 - TECNICHE DI POSA DEI CAVIDOTTI IN CORRISPONDENZA DEGLI ATTRAVERSAMENTI IDRICI.....	70
11 - CONCLUSIONI.....	76

1 - PREMESSE

La presente Relazione è relativa al progetto di un impianto fotovoltaico di taglia industriale da realizzarsi nel territorio del Comune di Gangi (PA).

L'impianto, denominato IMPIANTO “BORDONARO”, classificato come “Impianto non integrato” e di tipo agrivoltaico, è di tipo grid-connected e la modalità di connessione è in “Trifase in ALTA TENSIONE 150 kV”.

L'impianto in progetto prevede l'installazione a terra, su più lotti di terreno limitrofi ma non contigui, ricadente nel Comune di Gangi (PA) aventi complessivamente superficie impegnata di 2.294.746 m² attualmente a destinazione agricola, di pannelli fotovoltaici (moduli) in silicio monocristallino della potenza unitaria di 615 Wp. I pannelli, in virtù della particolare conformazione morfologica del territorio, saranno montati sia su strutture ad inseguimento (tracker), in configurazione bifilare, asse di rotazione Nord-Sud con inclinazione Est-Ovest compresa tra +/- 45°, sia su strutture fisse, in configurazione bifilare; ogni struttura alloggerà 2 filari tipicamente da 25 moduli.

Il progetto prevede complessivamente 222.844 moduli occupanti una superficie massima di circa 622.918 m², per una potenza complessiva installata di circa 137,05 MWp lato DC, di moduli fotovoltaici, collegati a n. 743 inverter DC/AC da 175 kW di cui n.1 caricato a 150 kW per avere una potenza nominale di picco complessiva del campo lato AC pari a 130 MWp.

Il totale dei pannelli posizionati sarà pari a n. 222.844, di cui:

- 174.760 posizionati su trackers, con asse N-S e tilt +/- 45°. Il pitch sarà di 8,75 m con un corridoio tra i trackers di 3,78 m per il tilt a 0° - Pot. 107,477 MW;
- 48.084 posizionati su strutture fisse, tilt 25°. Il pitch sarà 7,40 m con un corridoio tra le tavole di 3,00 m Pot. 29,57 MW;

2. – LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO

I terreni, sui quali sarà costruito l'impianto agrivoltaico in progetto, ricadono nel territorio comunale di Gangi (PA) e per un'esigua parte nel territorio di Enna (EN), a circa 11,7 km a Sud del centro abitato di Gangi (PA), in una zona occupata da terreni agricoli e distante sia da agglomerati residenziali sia da case sparse.

Il terreno si trova a circa 16,9 km a Sud-Est di Petralia Soprana (PA), a 7,9 km ad Est di Alimena

IMPIANTO AGRIVOLTAICO INTEGRATO ECOCOMPATIBILE "BORDONARO" DA 130,0 MWP – GANGI (PA) ALTA CAPITAL 12 SRL

(PA), a 4 km ad Ovest di Villadoro (EN) e a 17,5 km a Sud-Ovest di Nicosia (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 della Strada Statale 290 ed a Nord-Ovest della Strada Provinciale 32.

Nella cartografia del Catasto Terreni, riportata in figura 1, l'area di impianto è compresa nei Fogli di Mappa Castastale nn. 73, 78, 79, 80 di Gangi (PA) e nel Foglio n. 281 di Enna (EN). Nella Cartografia del Catasto Terreni l'area di impianto è compresa nei Fogli 174-175-200-203-204 del Comune di Butera (CL). Le particelle interessate sono distinte nella tabella sotto riportata, insieme all'estensione dei terreni indicata in m²:

Numero d'ordine	DATI CATASTALI			Superficie Totale Catastale in m ²
	Comune	Foglio	Particella	
1	Enna (EN)	281	149	48858
2		281	34	9750
3		281	35	10673
4		281	39	8290
5		281	53	2780
6		281	57	2094
7		281	98	33360
8	Gangi (PA)	73	92	15031
				4609
9		73	93	16957
				3953
10		73	292	10042
				9941
11		73	43	679
				64
				1497
12		73	46	735
				2470
	6945			
13	73	84	10741	
			64	
14	73	86	8790	
15	73	87	9911	
			9809	
16	Gangi (PA)	78	61	8335
				16545
17		78	62	26190
18		78	63	9765
19		78	68	6000
				20000
				2680

IMPIANTO AGRIVOLTAICO INTEGRATO ECOCOMPATIBILE "BORDONARO" DA 130,0 MWP – GANGI (PA) ALTA CAPITAL 12 SRL

20	Gangi (PA)	78	70	26000
21		78	65	26730
22		78	116	6480
23		78	122	6550
24		78	121	9765
25		78	128	1810
26		78	155	7054
27		78	156	6639
28		78	157	6227
29		78	158	633
30		78	159	868
31		78	160	259
				1200
32		78	186	10817
33		78	187	14783
34		78	188	6323
35		78	189	1257
				1100
36		79	40	7206
				3234
37		79	41	6546
				120
38		79	42	290
39		79	44	1210
40		79	45	924
				156
41		79	76	2735
				665
42		79	77	9320
43		79	78	3365
				275
44	79	86	9322	
			838	
45	79	87	13158	
			1652	
46	79	88	10610	
47	79	89	5086	
			2894	
48	79	159	15244	
49	79	68	13619	
			331	

IMPIANTO AGRIVOLTAICO INTEGRATO ECOCOMPATIBILE "BORDONARO" DA 130,0 MWP – GANGI (PA) ALTA CAPITAL 12 SRL

50		79	71	5346
51		79	198	3470
52		79	199	17462
53		79	65	25580
54		79	46	10300
55		79	79	7097
				6453
56		79	90	23382
				2128
57		79	32	77640
58		79	31	98278
				21522
59		79	119	5191
				999
60		79	243	37351
				3000
61		79	116	16075
				7985
62		79	111	29293
				1077
63		79	115	27460
64		79	84	11850
65		79	98	10581
				2209
66		79	99	9730
67		79	104	53780
				22900
68		79	82	2246
				1723
69		79	81	3502
				418
70		79	80	4109
				1591
71		79	91	6516
				2324
72		79	92	4315

IMPIANTO AGRIVOLTAICO INTEGRATO ECOCOMPATIBILE "BORDONARO" DA 130,0 MWP – GANGI (PA) ALTA CAPITAL 12 SRL

				1235
73	79	93	4272	1008
74	79	47	6825	345
75	79	48	4970	
76	79	49	4479	661
77	79	112	51774	468
78	79	83	4758	9899
79	79	94	8707	2021
80	79	139	723	8707
81	79	140	32888	723
82	79	141	46681	2289
84	79	27	51434	1636
			40596	39244

IMPIANTO AGRIVOLTAICO INTEGRATO ECOCOMPATIBILE "BORDONARO" DA 130,0 MWP – GANGI (PA) ALTA CAPITAL 12 SRL

85	Gangi (PA)	79	129	15840
				26750
86		79	200	14932
87		79	8	78480
88		79	162	23418
89		79	188	21250
90		79	37	10
91		80	78	1143
				107
92		80	79	19970
				7680
93		80	81	43000
				9500
94		80	18	158685
				29985
95		80	14	40413
				1677
96		80	16	46489
				1486
97		80	15	46145
			7235	
98	80	6	52340	
99	80	8	14942	
			17828	
100	80	20	2620	
101	80	65	39712	
			5838	
102	80	67	48090	
103	80	72	4400	
104	80	69	50650	
105	80	73	3260	
106	80	12	1120	

Superficie totale Catastale in m²	2294746
---	----------------

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:

UPPER LEFT X= 427050.97 m E UPPER LEFT Y=4173063.92 m N

LOWER RIGHT X= 432218.28 m E LOWER RIGHT Y= 4169789.22 m N

UPPER LEFT LONGITUDE = 14°10'20.88"E UPPER LEFT LATITUDE = 37°42'6.86"N

LOWER RIGHT LONGITUDE = 4°13'52.98"E LOWER RIGHT LATITUDE = 37°40'22.04"N

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.

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

- sovrapposizione del campo fotovoltaico su ortofoto (figura 2);
- sovrapposizione del campo fotovoltaico su Catastale (figura 3);
- sovrapposizione del campo fotovoltaico su CTR (figura 4);
- sovrapposizione del campo fotovoltaico su IGM (figura 5).



Figura 2 - Inquadramento dell'impianto su ortofoto



Figura 3 - Inquadramento dell'impianto su Catastale

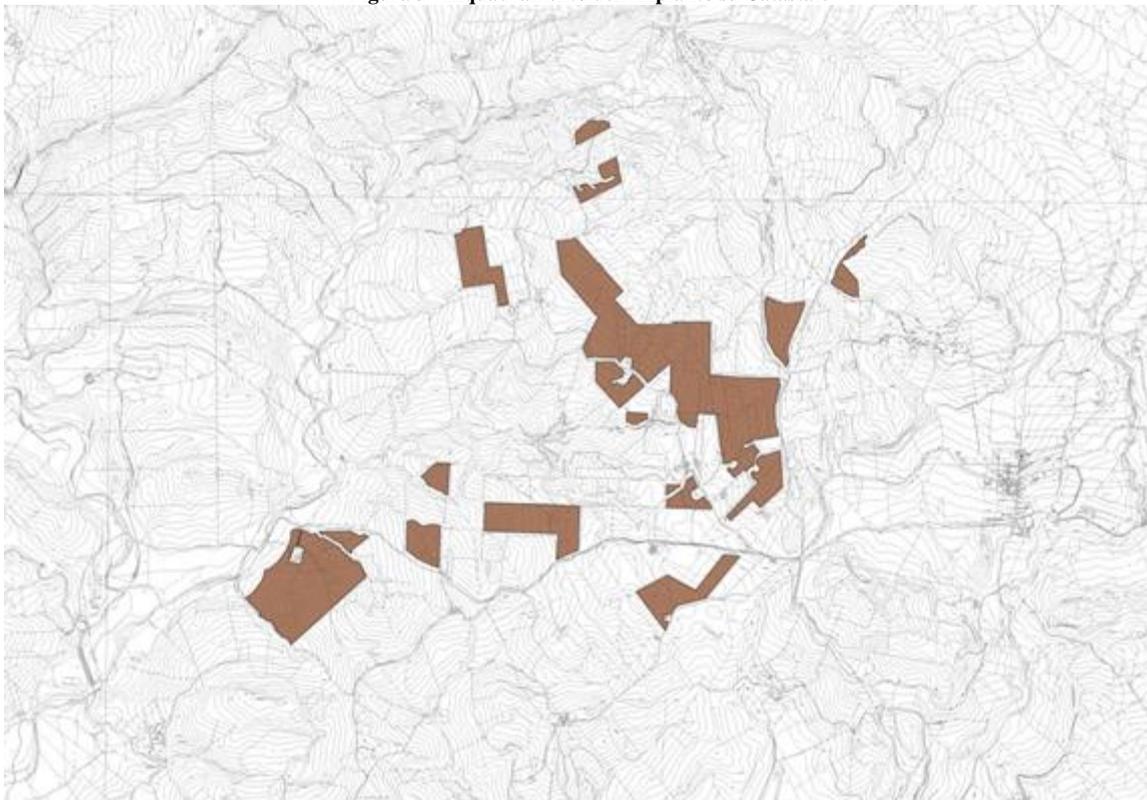


Figura 4 - Inquadramento dell'impianto su CTR

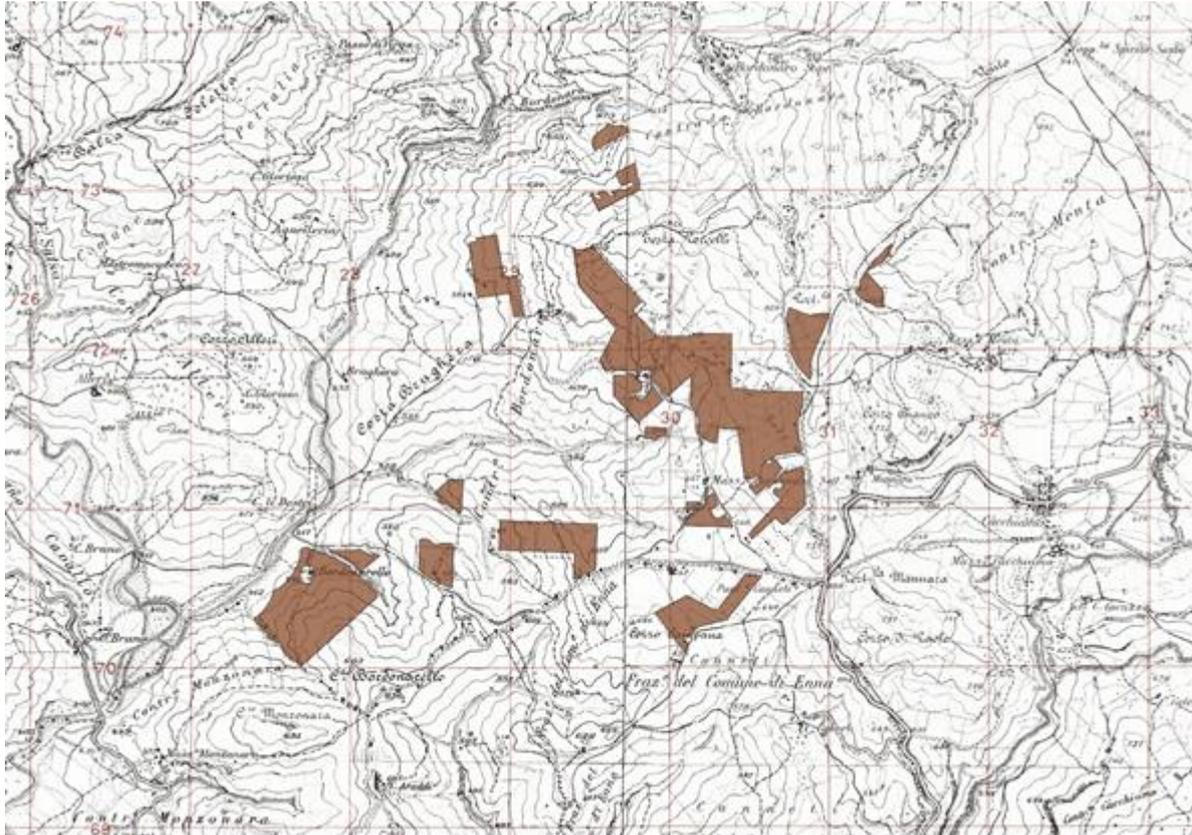


Figura 5 - Inquadramento dell'impianto su IGM

3 – DESCRIZIONE DELL’IMPIANTO

L’impianto, denominato “Impianto Agrivoltaico Integrato Ecocompatibile BORDONARO”, classificato come “Impianto non integrato” e di tipo agrivoltaico integrato ecocompatibile, verrà realizzato a terra nel territorio comunale di al Comune di Gangi (PA) e, per un’esigua porzione, nel territorio afferente al Comune di Enna (EN) 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 150kV”.

La produzione, stimata di 238.994,1 MWh di energia annua, deriva da 222.844 moduli occupanti una superficie massima di circa 622.918 m² su una superficie catastale pari a 2.294.746 m².

Il parco agrivoltaico, oggetto della presente relazione, sarà costituito da:

- n. 36 sottocampi di potenza compresi tra 2000 kWp e 4000 kWp, (identificati con un numero nell’intervallo da 1 a 36 nel layout generale). I 36 sottocampi sono suddivisi in 3 campi aventi rispettivamente le seguenti potenze: “Campo SSE1” di 46,375 MW; “Campo SSE2” di 41,100 MW e “Campo SSE3” di 42,525 MW

Il sottocampo tipo da sarà realizzato da n. 23 inverters da 175 kWac effettivi collegati in parallelo; a ciascun inverter verranno collegati n. 12 stringhe in parallelo da 26 moduli; tutti i moduli saranno da 615 Wp in monocristallino. Gli inverters di ciascun sottocampo, appartenenti alla stessa area, saranno collegati ad un quadro di parallelo posto all’interno di un box cabina di trasformazione, in cui sarà presente un trasformatore in resina (tipicamente da 4000 kVA) 0,8/30 kV/kV che innalzerà la tensione da 800 V a 30 kV.

Tali sottocampi saranno reciprocamente ed elettricamente collegati da un sistema di distribuzione ramificato in MT 30kV in entra ed esci tali da formare due gruppi distinti che si attesteranno ad un proprio trasformatore MT/AT mediante un cavidotto interrato.

Ciascun campo, mediante un cavidotto interrato, farà capo ad una propria cabina di raccolta e trasformazione di utenza MT/AT, avremo quindi n. 2 sottostazioni elettriche di trasformazione così suddivise:

- “SSE 1 - MT/AT ” con n. 1 trasformatore ONAN/ONAF da 50/63 MVA 30/150 kV/kV per il campo “SSE1”;
- “SSE 2 - MT/AT” con n. 1 trasformatore ONAN/ONAF da 50/63 MVA 30/150 kV/kV per il campo “SSE2”;
- SSE 3 - MT/AT di trasformazione e di parallelo “ con n.1 trasformatore ONAN/ONAF da 50/63 MVA 30/150 kV/kV per il campo”SSE3”. A tale sottostazione si collegheranno tramite cavo AT la Sottostazione SSE1 e SSE2.

Dalla SSE 3 Stazione di trasformazione e di parallelo Utente si dipartirà una terna di cavi in AT a 150 kV che si andrà ad attestare ad una sottostazione di consegna Utente e da questa collegata in antenna a 150 kV con la sezione a 150 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150 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.

Per le modalità di scambio di energia fra la rete in AT e l’impianto fotovoltaico, la potenza massima di progetto conferibile in rete pubblica richiesta è pari a 130 MW.

Gli impianti e le opere elettriche da eseguire sono quelli sinteticamente sotto raggruppati:

- Impianto elettrico di ciascun sottocampo agrivoltaico per la produzione di energia elettrica;
- Rete di distribuzione MT in cavo per la connessione dei sottocampi costituenti il parco fotovoltaico;
- Collegamento elettrico MT tra il parco agrivoltaico e la stazione di raccolta, trasformazione e parallelo;
- Collegamento in AT tra Sottostazione Elettrica 1 e la Sottostazione elettrica di trasformazione e parallelo SSE3;

- Collegamento in AT tra Sottostazione Elettrica 2 e la Sottostazione elettrica di trasformazione e parallelo SSE3;
- Collegamento elettrico AT tra la SSE 3 e la sottostazione di consegna utente;
- Collegamento elettrico AT tra la sottostazione Utente e la sottostazione di Terna benestariata.



Figura 4: Esempio di impianto realizzato al suolo, fisso, con pannelli in configurazione bifilare

L'impianto fotovoltaico in progetto prevede l'installazione a terra, su terreno di estensione pari a 2.294.746 m² attualmente a destinazione agricola, di pannelli fotovoltaici (moduli) in silicio monocristallino della potenza unitaria di 615Wp.

I pannelli fotovoltaici hanno dimensioni 2.465 x 1.134 mm, incapsulati in una cornice di alluminio anodizzato dello spessore di 35 mm, per un peso totale di 30,6 kg ognuno.

I trackers, su cui sono montati i pannelli, sono realizzati in acciaio al carbonio galvanizzato, resistente alla corrosione, e sono mossi da un motorino magnetico passo-passo. Le strutture dei trackers sono costituite da pali verticali infissi al suolo e collegati da una trave orizzontale diretta secondo l'asse nord-sud (mozzo) inserita all'interno di cuscinetti appositamente progettati per consentirne la rotazione lungo l'arco solare (asse est-ovest).

Ogni tracker è dotato di un motorino a vite senza fine, che trasmette il moto rotazionale al mozzo. L'altezza al mozzo delle strutture è di 2,26 m dal suolo; l'angolo di rotazione del mozzo è di $\pm 45^\circ$ rispetto all'orizzontale. La motorizzazione del mozzo è alimentata da un kit integrato comprendente un piccolo modulo fotovoltaico dedicato, una batteria di accumulo e non necessita di alimentazione esterna.

Le strutture fisse saranno realizzate con pali in acciaio zincato infissi nel terreno con passo e mutua distanza costanti. La lunghezza dei pali infissi è commisurata alle condizioni di carico specifiche dell'impianto (carichi di neve e vento) e alle caratteristiche di portanza del terreno interessato dall'infissione. La lunghezza del tratto infisso dei pali è stata assunta pari a circa 1,50-1,80 metri.

Ciascun palo sarà equipaggiato con un ritto verticale in acciaio zincato di lunghezza adeguata al fine di consentire la posa di profili metallici diagonali, inclinati sull'orizzontale dell'angolo di tilt di 25° , sui quali posare i binari metallici longitudinali di supporto dei pannelli fotovoltaici. I pannelli saranno ancorati ai binari tramite opportuni morsetti di fissaggio.

Le strutture fisse di supporto dei moduli rispettano le disposizioni prescritte dalle Norme CNR-UNI, circolari ministeriali, etc. riguardanti le azioni dei fenomeni atmosferici e le Norme vigenti riguardanti le sollecitazioni sismiche.

Le strutture fisse che sostengono i moduli fotovoltaici saranno posizionate in file contigue, compatibilmente con le caratteristiche plano-altimetriche puntuali del terreno.

Le strutture fisse a terra, del tipo bifilare, sono inclinate tipicamente a sud con tilt di 25° .

Gli inverters, ABB PVS-175-TL, hanno dimensioni approssimativamente pari a 867 x 1086 x 419 mm e saranno collocati al di sotto dei tavoli dei pannelli su basamento a terra.

Le cabine MT hanno dimensioni approssimate per eccesso di 18,00 x 2,50 x 2,55 m, e sono

costituite da moduli prefabbricati per l'alloggiamento degli arredi di cabina (interruttori, quadri, inverter, trasformatori BT/MT, cavedi).

All'interno del campo agrivoltaico sono presenti tre sottostazioni di trasformazione la SSE 1 – lotto sud che occupa un'area di circa 1500 m², SSE 2 – lotto sud che occupa un'area di circa 2000 m² e la SSE 3 – Lotto Nord di trasformazione e parallelo che occupa un'area di 3600m².

Ai fini dello stoccaggio dei materiali di consumo, ricambi, attrezzi e mezzi d'opera, si è previsto un deposito di 320 mq di forma rettangolare con una tettoia esterna adiacente di 96 mq, attiguo alla *control room* e alloggio custode per complessivi 80 mq.

L'energia prodotta dall'impianto sarà veicolata in uscita dalla stazione utente SSE 3 MT/AT, mediante un cavidotto AT interrato, alla futura sottostazione di trasformazione (SE) 380/150 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.

Dal punto di vista elettrico, l'impianto nel suo complesso è funzionalmente diviso in n.36 blocchi da 2 MWp a 4 MWp di potenza installata.

Ogni blocco, costituito da diversi moduli costituenti le stringhe, è collegato ad un inverter con la funzione di trasformare la corrente continua prodotta dai moduli fotovoltaici in corrente alternata.

I quadri di parallelo in BT di campo sono interni alle cabine MT, nelle quali avviene la trasformazione della corrente alternata da bassa tensione (BT) a media tensione (MT).

Le cabine MT sono a loro volta collegate alla cabina di raccolta di ciascuna stazione di trasformazione e poi ai trasformatori posizionati nelle stazioni utente; trasformatori che ricevono la corrente alternata in MT prodotta dall'impianto fotovoltaico e la trasforma in alta tensione (AT) per essere poi veicolata sulla RTN in altissima tensione (AAT).

I cavidotti delle linee BT e MT e AT sono tutti interni all’impianto fotovoltaico.

I cavidotti BT prevedono delle sezioni di scavo per l’alloggiamento tipicamente di 80 cm di profondità per 40 cm di larghezza.

I cavidotti MT prevedono delle sezioni di scavo per l’alloggiamento di 110 cm di profondità per 70 cm di larghezza.

Il cavidotto AT ha una sezione di scavo di 160 cm per 70 cm.

L’impianto sarà dotato di viabilità interna e perimetrale, accessi carrabili, recinzione perimetrale, sistema di illuminazione e videosorveglianza.

Gli accessi carrabili saranno costituiti da cancelli a due ante in pannellature metalliche, larghi 6 m e montati su pali in acciaio fissati al suolo con plinti di fondazione in cls armato collegati da cordolo.

La recinzione perimetrale sarà realizzata con rete in acciaio zincato plastificata verde alta 1,8 m e sormontata da filo spinato, collegata a pali di acciaio preverniciato verde alti 3,0 m infissi direttamente nel suolo per una profondità di 0,60 m. Al fine di permettere alla piccola fauna presente nella zona di utilizzare l’area di impianto la recinzione perimetrale sarà posta ad un’altezza di 20 cm dal suolo.

La viabilità perimetrale sarà larga circa 3 m, quella interna sarà larga 5 m; entrambi i tipi di viabilità saranno realizzate in battuto e ghiaia (materiale inerte di cava a diversa granulometria). La viabilità di accesso esterno alla stazione utente avrà le stesse caratteristiche di quella perimetrale e interna dell’impianto.

Il sistema di illuminazione e videosorveglianza sarà montato su pali in acciaio zincato fissati al suolo con plinto di fondazione in cls armato. I pali avranno una altezza massima di 3,5 m, saranno dislocati ogni 40 m circa di recinzione e su di essi saranno montati i corpi illuminanti (che si attiveranno in caso di allarme/intrusione) e le videocamere del sistema

di sorveglianza. I cavi di collegamento del sistema saranno alloggiati nello scavo perimetrale già previsto per il passaggio dei cavidotti dell’impianto fotovoltaico.

Nella fase di funzionamento dell’impianto non sono previsti consumi di energia, eccezion fatta per il sistema di illuminazione e videosorveglianza che avrà una sua linea di alimentazione elettrica tradizionale.

Le apparecchiature di conversione dell’energia generata dai moduli (inverter e trasformatori), nonché i moduli stessi, non richiedono fonti di alimentazione elettrica.

Il funzionamento dell’impianto fotovoltaico non richiede ausilio o presenza di personale addetto, tranne per le eventuali operazioni di riparazione guasti o manutenzioni ordinarie e straordinarie.

Con cadenza programmatica sarà necessario provvedere alla pulizia dell’impianto, che consiste in due operazioni essenziali:

- lavaggio dei pannelli fotovoltaici per rimuovere lo sporco naturalmente accumulatosi sulle superfici captanti (trasporto eolico e meteorico);
- gestione della vegetazione presente all’interno dell’area del parco fotovoltaico.

La gestione della vegetazione del campo si articolerà in diverse fasi per garantire indiscutibili benefici ecologici, grazie all’adozione di un approccio sistematico ed impostato su basi agronomiche, secondo criteri di natura agrotecnica, paesaggistica ed ecologica. Inoltre attraverso partnership con affidamento ad aziende zootecniche locali che si occuperanno di coltivare foraggi in regime biologico, cioè senza l’ausilio di fertilizzanti minerali, di diserbanti e di prodotti fitosanitari, in associazione al pascolo, come in avanti descritto.

Nel periodo autunnale si procederà con la semina di essenze foraggere leguminose, eventualmente in associazione con graminacee, relativamente a tutto il terreno tra le file dei pannelli fotovoltaici con dimensioni, altezza da terra dei moduli e distanze tra i pali di

sostegno infissi nel terreno, compatibili con la lavorazione delle macchine agricole già disponibili oggi in commercio.

Le leguminose sono in grado di fissare l’azoto atmosferico (N₂) in N ammoniacale (NH₄⁺) utilizzabile dalle piante; tale caratteristica permette di conferire sostanze minerali nutritive utili allo sviluppo delle piante senza apporto esterno di fertilizzanti di sintesi.

Nel periodo gennaio/marzo, in relazione alle condizioni pedoclimatiche, il prato potrà essere adibito al pascolo senza comprometterne la futura ricrescita, conferendo al contempo un ulteriore supporto di fertilizzante organico naturale proveniente dalle deiezioni animali.

Nel periodo primaverile/estivo, dopo qualche settimana dalla fioritura, attraverso l’ausilio di una falcia condizionatrice frontale, si effettuerà lo sfalcio del cotico erboso e, attraverso l’utilizzo della rotoimballatrice, si provvederà al raccolto del foraggio.

Lo sfalcio successivo alla fioritura, in combinazione all’uso di essenze *pollinator-friendly*, che comprendono la maggior parte delle colture, consente di creare dei corridoi ecologici per gli impollinatori naturali, quali sono le api.

Le operazioni di lavaggio dei pannelli, invece, saranno effettuate con un trattore di piccole dimensioni equipaggiato con una lancia in pressione e una cisterna di acqua demineralizzata. Il trattore passerà sulla viabilità di impianto e laverà i pannelli all’occorrenza. L’azione combinata di acqua demineralizzata e pressione assicurerà una pulizia ottimale delle superfici captanti evitando così sprechi di acqua potabile nonché il ricorso a detersivi e sgrassanti. Tali operazioni di lavaggio costituiranno anche irrigazione dei terreni e grazie alla parziale ombreggiatura durante l’evoluzione solare nella giornata, contribuiranno a una valida lotta alla desertificazione delle aree sin oggi in essere.

Tutte le operazioni di manutenzione e riparazione di natura elettrica saranno effettuate da ditte specializzate, con proprio personale e mezzi, con cadenze programmate o su chiamata del gestore dell’impianto.

5 – CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

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:

- a) rilievi collinari argillosi, tagliati da valli a V, con versanti vallivi degradati da soliflusso, movimenti in massa e processi di dilavamento ed aree a bassa acclività riconducibili a processi di spianamento (che hanno comportato l’esistenza di glacis di erosione in rocce tenere);
- b) 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 rilievi gessosi.

L’area impegnata si sviluppa su quote comprese tra circa 500 e 1000 m s.l.m., e dislocata su diversi areali. Ciò che emerge, dal punto di vista geomorfologico è un modellamento dei versanti legato ad una dinamica controllata dalle acque di ruscellamento. I processi erosivi sui terreni prevalentemente argillosi, per via della scarsa permeabilità genera i principali effetti morfogenetici, dando luogo a valli V incise per erosione di fondo. Si osservano forme afferibili a movimenti lenti superficiali poste principalmente lungo linee di deflusso delle acque superficiali di ruscellamento. Tali fenomeni, coinvolgono lo strato più alterato, di sovente limitato al solo livello areato di suolo, a causa della saturazione dei terreni e rammollimento degli stessi.

Come da Carta Geomorfologica-Idrogeologica, sono state individuate diverse aree contrassegnate da fenomeni gravitativi superficiali; si tratta per lo più di fenomeni di soliflusso, creep e di colamento superficiale. Nelle aree soggette a soliflusso, si riconoscono diffusi lobi per colamento. Tale fenomeno, da un punto di vista meccanico, può essere assimilato ad un colamento lento che coinvolge le porzioni più superficiali delle litologie presenti, rese fluide e molto viscosi 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, ed impostati lungo le linee di deflusso e/o impluvi. Spesso i tratti originari di tali forme risultano essere mascherati dall’aratura dei terreni.

Fenomeni erosivi di incisione e di erosione accelerata, si osservano in corrispondenza degli impluvi

e nel loro contorno significativo; ciò che si determina è un approfondimento delle incisioni, contraddistinte da forma a V. Lungo i versanti prospicienti, i fenomeni erosi di processi di scalzamento ed asportazione di materiale al piede, rappresentano un incipit a degenerazioni gravitative.

In corrispondenza di Bordonarello (lotto Sud-Ovest) e di C.da Menta (lotto Nord-Est), su affioramenti litoidi gessosi e calcarei, si osservano areali campiti come aree soggette a fenomeni di crollo e si originano lungo le scarpate sub verticali.

CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Dal punto di vista idrogeologico l'area di progetto è caratterizzata principalmente da terreni classificati come “Terreni a componente pelitico-argillosa”, con variazioni laterali e verticali, su litologie con apprezzabili valori di permeabilità di tipo gessoso e calcareo. Nel complesso, eccezion fatta di C.da Menta, dove affiorano terreni ad medio-alta permeabilità, i siti presentano mediocri valori di permeabilità.

Il drenaggio superficiale è buono, favorito dalla presenza di una rete impluviale di tipo sub-dendritico, con deflusso predominante delle acque in direzione Sud-Ovest, lungo impluvi ben marcati e confluenti nel Fiume Gangi. Dette aste impluviali presentano regime torrentizio; secchi per quasi tutto l'anno ed in occasione di precipitazioni possono originare limitate forme di erosione. Non si segnala presenza di falda idrica apprezzabile e una modesta circolazione idrica può instaurarsi al contatto tra i livelli litoidi e le litologie argillose, anche con fenomeni di risorgenza.

La zona è caratterizzata da affioramenti con permeabilità variabile e differente per tipologia.

Si è ritenuto opportuno distinguere quattro classi di permeabilità differenti, (Casagrande, Faden) funzione del Coefficiente di permeabilità e del tipo di filtrazione (primaria e secondaria).

AFFIORAMENTI CALCAREI

Sono costituite dal Calcere di Base, sono caratterizzati da buona permeabilità primaria e predominante secondaria.

Permeabilità compresa $10^{-1} > k > 10^{-3}$ cm/s

TERRENI CONGLOMERATICI

Rappresentati dai conglomerati Messiniani, presentano permeabilità apprezzabile. Per porosità primaria con variazioni laterali dei valori di permeabilità.

Permeabilità compresa $10^{-2} > k > 10^{-4}$ cm/s

ALTERNANZA DI MATERIALI PELITICI E GESSOSI

Sono stati annoverati, a tale unità, le argille con intercalazioni di gessoareniti Messiniane. I livelli gessosi presenti sono caratterizzati da buona permeabilità ma che decresce notevolmente nei livelli pelitici, pertanto si è assengato un coefficiente di permeabilità medio basso.

Permeabilità compresa $10^{-4} > k > 10^{-6}$ cm/s

TERRENI A COMPONENTE PELITICO-ARGILLOSA

Si tratta delle marne ed argille gessose messiniane. Risultano, nel complesso, da scarsamente permeabili.

Permeabilità compresa $10^{-6} > k > 10^{-8}$ cm/s

6 - VERIFICHE IDROGEOLOGICHE ED IDRAULICHE**5.1 - DETERMINAZIONE DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA**

Ai fini delle verifiche di opere di attraversamento e per l'invarianza idraulica si forniscono, di seguito, i valori **a** ed **n** delle *curve di possibilità pluviometrica*, ed il *coefficiente di deflusso* φ .

I dati di pioggia, espressi mediante i parametri a ed n della curva probabilistica per diversi tempi di ritorno sono stati acquisiti da fonte "Regione Siciliana", Dipartimento Regionale della Protezione Civile. I dati sono il frutto un'osservazione temporale dal 1924 al 2002. I dati riguardano la Stazione Pluviometrica di Villadoro, per diversi tempi di ritorno (20, 50, 100).

Tr 20		Tr 100		Tr 200	
a Tr 20	n Tr 20	a Tr 100	n Tr 100	a Tr 200	n Tr 200
46,4	0,35	60,8	0,35	66,9	0,35

Tabella 1 - Parametri **a** ed **n** per diversi tempi di ritorno

5.2- COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Il coefficiente di deflusso 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.

ANTE OPERAM -STATO ATTUALE					
COEFFICIENTE	VALORE	COEFF. TABELLA	INCIDENZA	COEFF. CALCOL.	COEFF. ADOTTATO
Ca - acclività	> 35 %	0,22	15.00%	0.033	0,074
	10 - 35 %	0,12	30.00%	0.036	
	3,5 - 10 %	0,01	50.00%	0.005	
	< 3,5 %	0,00	5.00%	0.000	
				100,00%	
COEFFICIENTE	VALORE	COEFF. TABELLA	INCIDENZA	COEFF. CALCOL.	COEFF. ADOTTATO
Cp - permeabilità	molto bassa	0,21	15.00%	0.032	0,108
	mediocre	0,12	50.00%	0.060	
	buona	0,06	20.00%	0.012	
	elevata	0,03	15.00%	0.005	
				100,00%	
COEFFICIENTE	VALORE	COEFF. TABELLA	INCIDENZA	COEFF. CALCOL.	COEFF. ADOTTATO
Cv - vegetazione	roccia	0,26	30.00%	0.078	0,127
	pascolo	0,17	0.00%	0.000	
	coltivo	0,07	70.00%	0.049	
	bosco	0,03	0.00%	0.000	
				100,00%	
COEFFICIENTE DI DEFLUSSO post				Cd	0,309

5.3- VERIFICHE IDRAULICHE

In considerazione del fatto che all'interno dell'area interessata dalle opere verranno attraversamenti mediante stradelle di servizio e cavidotti, si è reso necessario uno studio idraulico puntuale.

Le verifiche sono state eseguite lungo gli impluvi principali, nelle sezioni di chiusura dei bacini considerati, laddove è attesa la massima portata di deflusso, nonché nei sottobacini su sezioni intermedie.

I reticoli idrografici presenti nell'areale sono di tipo di dentritico, caratterizzata da incisioni a carattere torrentizio, con impluvi di primo e secondo ordine (Horton-Strahler). Questi risultano incisi con la tipica forma a V.

Sono stati individuati, sei bacini (V. Carta con ubicazione bacini idrografici), con reticolo costituito da ramificazione dal primo al terzo ordine di superficie compresa tra circa 0,2 e 1 Km²,

Vengono elencate di seguito i bacini idrografici presi in esame:

1. BACINO IDROGRAFICO S1;
2. BACINO IDROGRAFICO S2;
3. BACINO IDROGRAFICO S3;
4. BACINO IDROGRAFICO S4;
5. BACINO IDROGRAFICO S5;
6. BACINO IDROGRAFICO S6.

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.

Per il calcolo della portata massima di piena per assegnati tempi di ritorno si è adottato il Metodo Razionale:

$$Q_c = 0.278 \frac{c h_{(t)} S}{T_c}$$

con : Q_c = Portata di colmo
 $h_{(t,T)}$ = altezza critica di pioggia con tempi di ritorno (mm)
 S = superficie del bacino (km²)
 t_c = tempo di corrivazione (ore)
 c = Coefficiente di deflusso

BACINO IDROGRAFICO S1

CARATTERISTICHE BACINO IDROGRAFICO				PORTATE MASSIME DI PIENA	
PARAMETRO	simbolo	valore	Unità di misura	Deflusso φ 0,30	
Superficie del Bacino	S =	0,65	Km ²	Tr (anni)	Qmax (m ³ /sec)
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	0,5	Km	20	4,044
Altitudine sezione considerata	H0 =	420	m (s.l.m.)	100	5,276
Altitudine media bacino	Hm =	525	m (s.l.m.)	200	5,805
Tempo di corrivazione	Tc	0,48	ore		

BACINO IDROGRAFICO S2

CARATTERISTICHE BACINO IDROGRAFICO				PORTATE MASSIME DI PIENA	
PARAMETRO	simbolo	valore	Unità di misura	Deflusso φ 0,30	
Superficie del Bacino	S =	0,70	Km ²	Tr (anni)	Qmax (m ³ /sec)
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	0,6	Km	20	3,895
Altitudine sezione considerata	H0 =	450	m (s.l.m.)	100	5,082
Altitudine media bacino	Hm =	535	m (s.l.m.)	200	5,592
Tempo di corrivazione	Tc	0,58	ore		

BACINO IDROGRAFICO S3

CARATTERISTICHE BACINO IDROGRAFICO				PORTATE MASSIME DI PIENA	
PARAMETRO	simbolo	valore	Unità di misura	Deflusso φ 0,30	
Superficie del Bacino	S =	1,0	Km ²	Tr (anni)	Q _{max} (m ³ /sec)
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	1,0	Km	20	5,626
Altitudine sezione considerata	H0 =	570	m (s.l.m.)	100	7,340
Altitudine media bacino	Hm =	717,5	m (s.l.m.)	200	8,076
Tempo di corrivazione	Tc	0,57	ore		

BACINO IDROGRAFICO S4

CARATTERISTICHE BACINO IDROGRAFICO				PORTATE MASSIME DI PIENA	
PARAMETRO	simbolo	valore	Unità di misura	Deflusso φ 0,30	
Superficie del Bacino	S =	0,5	Km ²	Tr (anni)	Q _{max} (m ³ /sec)
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	0,7	Km	20	3,450
Altitudine sezione considerata	H0 =	590	m (s.l.m.)	100	4,502
Altitudine media bacino	Hm =	727,5	m (s.l.m.)	200	4,953
Tempo di corrivazione	Tc	0,41	ore		

BACINO IDROGRAFICO S5

CARATTERISTICHE BACINO IDROGRAFICO				PORTATE MASSIME DI PIENA	
PARAMETRO	simbolo	valore	Unità di misura	Deflusso φ 0,30	
Superficie del Bacino	S =	0,18	Km ²	Tr (anni)	Q _{max} (m ³ /sec)
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	0,7	Km	20	1,424
Altitudine sezione considerata	H0 =	600	m (s.l.m.)	100	1,858
Altitudine media bacino	Hm =	705	m (s.l.m.)	200	2,044
Tempo di corrivazione	Tc	0,34	ore		

BACINO IDROGRAFICO S6

CARATTERISTICHE BACINO IDROGRAFICO				PORTATE MASSIME DI PIENA	
PARAMETRO	simbolo	valore	Unità di misura	Deflusso φ 0,50	
Superficie del Bacino	S =	0,35	Km ²	Tr (anni)	Q _{max} (m ³ /sec)
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	0,4	Km	20	2,823
Altitudine sezione considerata	H0 =	550	m (s.l.m.)	100	3,683
Altitudine media bacino	Hm =	680	m (s.l.m.)	200	4,053
Tempo di corrivazione	Tc	0,33	ore		

7 - INTERVENTI DI PROTEZIONE SPONDALE BASATI SU TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Per limitare i fenomeni erosivi nel sito di intervento, la società proponente il progetto ha disposto di mettere in atto due azioni concorrenti: la protezione spondale (intervento di tipo A) e la riforestazione dei bacini idrici (intervento di tipo B), cioè la rinaturalizzazione del sito.

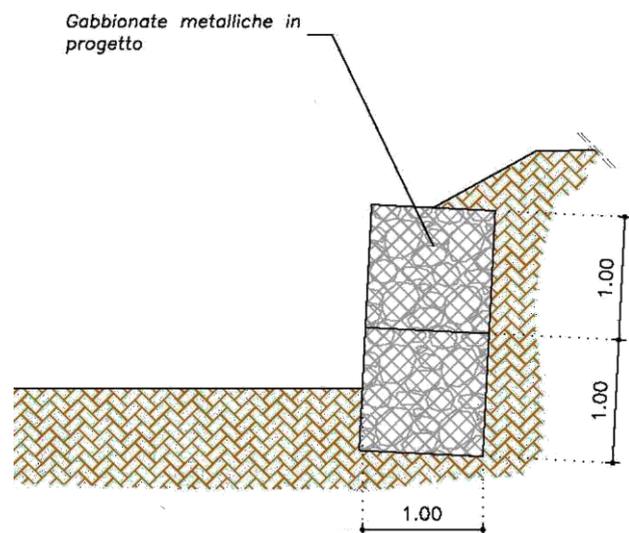
Al fine della cantierabilità e funzionalità del progetto volta a massimizzare la superficie utile dell'impianto, si potrà provvedere mediante interventi di ingegneria naturalistica, per la messa in sicurezza delle zone a rischio idrogeologico e contestualmente orientata alla salvaguardia dell'ambiente, minimizzando, pertanto, l'impatto ambientale.

Gli interventi regimazione delle acque superficiali, unitamente, all'ideale infissione e passo di micropali in acciaio, hanno lo scopo di non aggravare la preesistente condizione geomorfologica ed idrogeologica ed altresì di mitigare le stesse criticità.

Lungo le incisioni principali, allo scopo di mitigare gli effetti erosivi ed i fenomeni di scalzamento che determinano i dissesti sui versanti, si propone la messa in opera, di gabbionate prefabbricate con rete metallica, a maglia esagonale, riempite con pietrame di grossa pezzatura. Nei tratti dove le dimensioni del tratto impluviale risultano più ridotte si opererà con canali in pietrame e/o. Le incisioni presenti si prestano ad interventi del tipo gabbionata, per via di pendenze blande.



FOTO 3- Gabbionate in alveo E Schema tipo Gabbionate



Ciò che si propone è la messa in opera di canalizzazioni superficiali. Queste saranno poste lungo i perimetri di monte del campo ed all'interno dello stesso del campo fotovoltaico, lungo la viabilità

interna. La canalizzazione di monte, a perimetro del campo, con scopo di captare ed allontanare le acque di ruscellamento legate alle precipitazioni ed immesse, nel rispetto dell’equilibrio geomorfologico ed idrogeologico, nelle aste impluviali presenti.

Le canalizzazioni interne al campo, nel rispetto dell’invarianza idraulica, saranno veicolate nelle vasche di laminazione, eccezion fatta per il sottocampo posto a Nord, su litologie sabbiose, dove si opererà con pozzi drenati. Le canalizzazioni saranno, per ridurre l’impatto sul territorio con rivestimenti con stuoia, “feltro o pietrame.

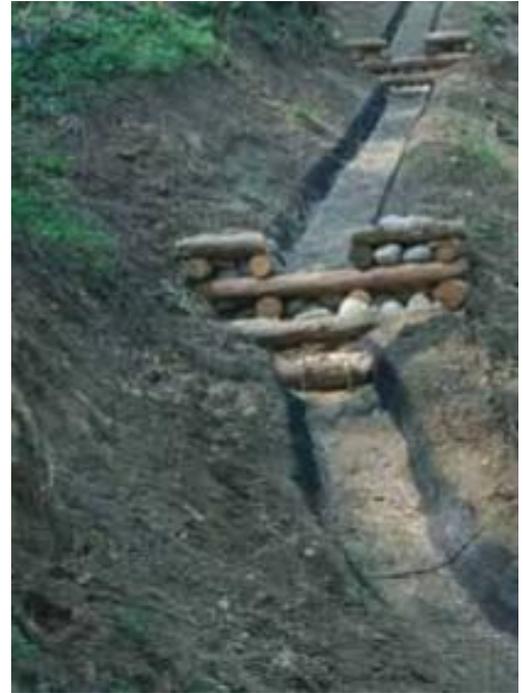


FOTO 4 - Canale con rivestimento in stuoia (dx) ed in pietrame a (sx).

Le canalizzazioni di monte, come detto saranno recapitate nei corpi idrici presenti. Al fine di non arrecare disequilibri al regime geomorfologico, l’immissione avverrà, nella parte terminale mediante materassi di dissipazione.



FOTO 5 - Materasso di dissipazione

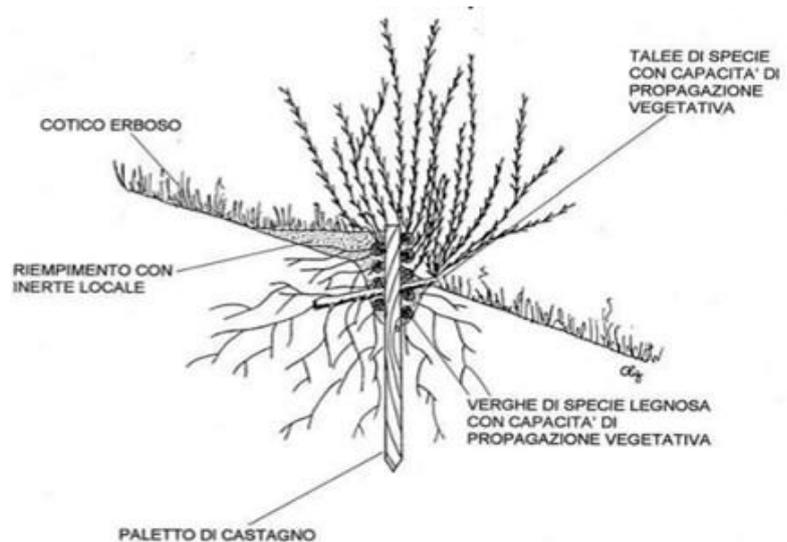
I *materassi di dissipazione*, realizzati nella parte terminale delle canalizzazioni, sono costituiti da rete metallica a doppia torsione e maglie esagonali, riempiti con ciottoli. Presentano uno spessore massimo di 0,30 m e sono suddivisi per mezzo di diaframmi al fine di impedire il movimento dei ciottoli sotto l'azione della corrente idrica. I ciottoli di riempimento dovranno avere dimensioni adeguate, sia per non sfuggire dalle maglie sia per resistere al trascinamento dell'acqua.

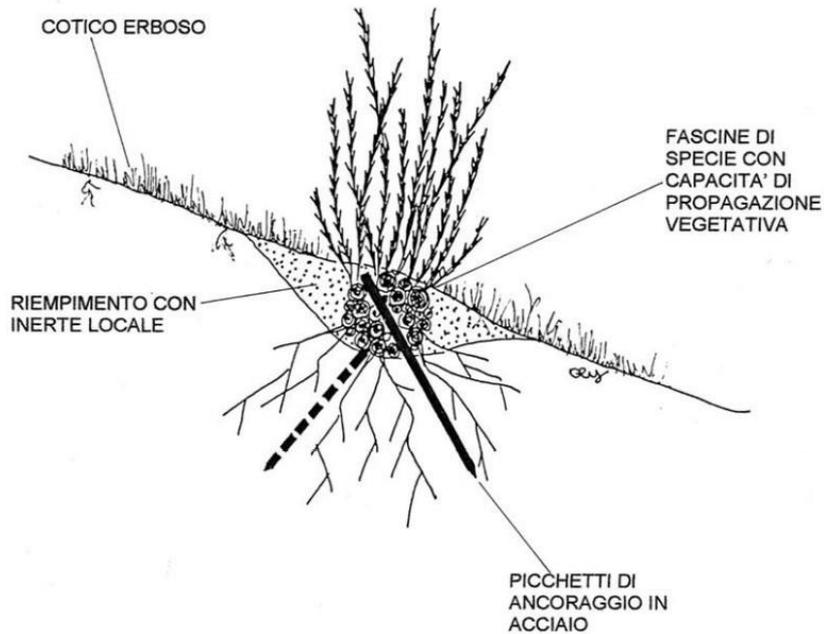
Nei versanti fortemente incisi e soggetti a fenomeni erosivi e movimento della coltre superficiale, si potrà operare con la realizzazione di viminata e/o fascinate, allo scopo di svolgere un consolidamento superficiale ed altresì antierosivo e per mezzo delle piante, ed un immediato effetto di regimazione delle acque meteoriche.

Tali interventi consistono nell'infissione nel terreno di paletti di legno (castagno, larice, salice) o acciaio. Per ottenere la massima efficacia di consolidamento del terreno è necessario eseguire le viminate durante il periodo di riposo vegetativo. L'intervento suddetto svolgerà, inoltre un ruolo. Si può applicare su scarpate con inclinazione massima 40°.

Nelle *Viminate* (immagine a sx) si ha una rapida stabilizzazione sino a 25-30 cm di profondità e immediato contenimento del materiale. L'effetto stabilizzante si ha solamente nel caso di viminate interrate e seminterrate, nelle quali sono ridotti i fenomeni di sottoescavazione e scalzamento.

L'applicazione può avvenire solo in scarpate con inclinazione massima 40°. I materiali utilizzati sono Verghe elastiche di specie legnose, adatte all'intreccio e con capacità di propagazione vegetativa (salici, tamerici), poco ramificate, L min. 1,50 m e ϕ alla base non inferiore ai 2 – 4 cm; paletti in legno di conifere o castagno ϕ 5 ÷ 8 cm, L = 1,00 ÷ 1,50 m; picchetti di ferro ϕ 14 ÷ 16 mm, L 50 cm ÷ 1m; filo di ferro cotto.





Le *Fascinate* rispetto le viminate hanno una rapida e di facile esecuzione. I costi sono contenuti anche per lo scarso movimento di terra. Si applicano su pendii con pendenza non superiore ai 35°, con necessità di drenaggio biotecnico. I materiali utilizzati sono verghe di specie legnose con capacità di propagazione vegetativa (salici, tamerici) \varnothing min. 1 cm e L min. 2.00 m; filo di ferro; paletti di legno \varnothing 5 cm o picchetti in ferro \varnothing 8÷14 mm e L min. 60 cm; terreno di riporto. c) verghe morte di specie legnose \varnothing min. 2 cm e L min. 2,00 m; paletti di legno \varnothing 5 cm o picchetti in ferro \varnothing 8÷14 mm e L min. 60 cm; pietrame.

8 – REALIZZAZIONE DEGLI INVASI ARTIFICIALI DI LAMINAZIONE

Ogni intervento che provoca impermeabilizzazione dei suoli ed aumento della velocità di corrivazione deve essere associato ad azioni correttive volte a mitigarne gli effetti; tali azioni sono da rilevare essenzialmente nella realizzazione di volumi di invaso finalizzati alla laminazione; se la laminazione è attuata in modo da mantenere inalterati i colmi di piena prima e dopo la trasformazione, si parla di invarianza idraulica delle trasformazioni di uso del suolo.

Per trasformazione del territorio ad invarianza idraulica si intende la trasformazione di un'area che non provochi aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa.

Il presente paragrafo della relazione tecnico idraulica descrive le modalità di intervento per la realizzazione degli invasi di laminazione e compensazione per ottenere l'invarianza idraulica e avere un accessorio, ma utilissimo, uso irriguo all'interno dell'area di progetto del campo agrivoltaico Integrato Ecocompatibile “*Bordonaro*” nel territorio del Comune di Gangi (CL).

8.1 Criteri Generali di Progettazione

La progettazione definitiva degli invasi artificiali è basata sui seguenti criteri generali:

- l'ubicazione e la planimetria degli invasi sono state ricavate in seguito ad un'analisi progettuale che ha tenuto in considerazione sia l'aspetto tecnico che quello funzionale legato alla morfologia dei terreni e degli impluvi naturali che, in maniera sussidiaria, alla distribuzione dei volumi irrigui alle aree sottese all'invaso;
- la realizzazione dei volumi di terra risulta in parte in scavo e in parte in rilevato, al fine di impiegare parte del materiale scavato nella costruzione del rilevato arginale, cioè una briglia in terra battuta, riducendo il più possibile l'eccedenza di materiale da dover smaltire o trasportare a discarica;
- realizzazione di argini perimetrali di contenimento idrico, al fine di incrementare i volumi immagazzinabili rispetto alla realizzazione degli invasi solo con scavo;
- la quota di massimo invaso è stata assunta considerando un franco di sicurezza tra il livello idrico di regolazione e la quota massima del rilevato di 1 m;
- la quota di minimo invaso è stata posta a circa 20 cm rispetto al fondo del lago per favorire la sedimentazione delle particelle di terra, evitando l'interrimento dello scarico di fondo;

Il miglioramento dell'efficienza della risorsa idrica è stato conseguito inoltre osservando i seguenti obiettivi:

- 1) L'ubicazione degli invasi è stata definita in funzione della possibilità di approvvigionamento idrico, al di fuori dei prelievi in acque pubbliche, verificando la disponibilità teorica data dal bilancio idrologico del bacino impluviale in direzione dell'invaso di progetto (vedi relazione di invarianza idraulica).
- 2) le precipitazioni che si abbattano sul bacino di carico dell'opera permettono di invasarla completamente, ottenendo un risparmio di risorsa pari al volume dell'invaso in progetto;

4) l'impermeabilizzazione della superficie interna dell'invaso consente di stoccare tutta la risorsa senza perdite per infiltrazione nel terreno.

La soluzione progettuale prevede la realizzazione di n.14 vasche di laminazione con fondo permeabile e sponde in terra, opportunamente sagomate.

Le acque meteoriche saranno raccolte, in una rete interna la quale le scaricherà nelle vasche di laminazione. Il dimensionamento della rete interna sarà eseguito nella eventuale fase esecutiva.

Gli invasi complessivamente dovranno avere capacità minima di **44.170,07 m³**.

Per quanto concerne la determinazione della portata in ingresso, nel caso di studio, si è fatto riferimento ad una sollecitazione meteorica con tempo di ritorno T di 50 anni.

Un ulteriore parametro fissato è la durata dell'evento di pioggia, che assume notevole importanza in tutti quei casi in cui entra in gioco la capacità d'invaso del sistema di infiltrazione.

Nel caso in esame, la durata critica della pioggia t_p , è stata scelta pari a 3 ore in funzione dell'estensione delle aree in esame e delle caratteristiche di permeabilità del sottosuolo.

Considerando la conformazione plani-altimetrica dell'area, si ritiene che l'altezza utile di ciascuna vasca non possa essere superiore a 2,10 m, per tener conto della quota di sbocco, nella vasca, della rete di raccolta interna e della quota di uscita della tubazione di scarico.

Il manufatto di scarico di ciascuna vasca di laminazione sarà costituito da un pozzetto prefabbricato in cui è alloggiato il dispositivo di regolazione dello scarico costituito da uno stramazzo dotato sul fondo da una bocca di taratura opportunamente dimensionata per permettere la portata prevista nei calcoli idraulici.

Lo scarico avverrà, tramite un collettore e l'opera di scarico dovrà prevedere la realizzazione di dispositivi di protezione per evitare l'erosione spondale.

L'organo di controllo del flusso sarà costituito da una tubazione DN355.

Ciò determinerà un tempo di svuotamento di ciascun invaso, pari a circa **6,4 ore** \leq 6,5 ore.

Al fine di mantenere nel tempo l'efficacia del sistema sarà necessario svolgere le seguenti operazioni di manutenzione:

- controllo del funzionamento del sistema di scarico nei corpi recettori almeno 2 volte l'anno;
- verifica periodica, almeno 2 volte l'anno e comunque dopo eventi che hanno provocato l'invaso dei sistemi di raccolta, del funzionamento dei sistemi prima dello scarico nei corpi recettori;
- pulizia semestrale dei canali di scolo e dell'eventuale canaletta di scolo sul fondo della vasca;
- controllo, dopo ogni evento, dello stato del pozzetto in cui è posizionato il manufatto regolatore di scarico e rimozione, quando necessario, del materiale depositato in esso (pulizia della griglia, del fondo pozzetto e della bocca di taratura).

8.2 Descrizione dei lavori previsti in Progetto

La realizzazione di un invaso di laminazione per il controllo dei tempi di corrivazione verso valle e il mantenimento del coefficiente udometrico costante nei valori ante e post operam, deve prevedere un

IMPIANTO AGRIVOLTAICO INTEGRATO ECOCOMPATIBILE "BORDONARO" DA 130,0 MWP – GANGI (PA) ALTA CAPITAL 12 SRL

sistematico svuotamento dello stesso per il mantenimento della capacità di invasatura delle acque meteoriche residue di ruscellamento superficiale, ottenuto come residuo del bilancio idrologico annuo medio per le aree di progetto, caratterizzate da differenti composizioni del substrato, secondo la relazione:

$$R = P - ET - I$$

dove:

R = ruscellamento residuo;

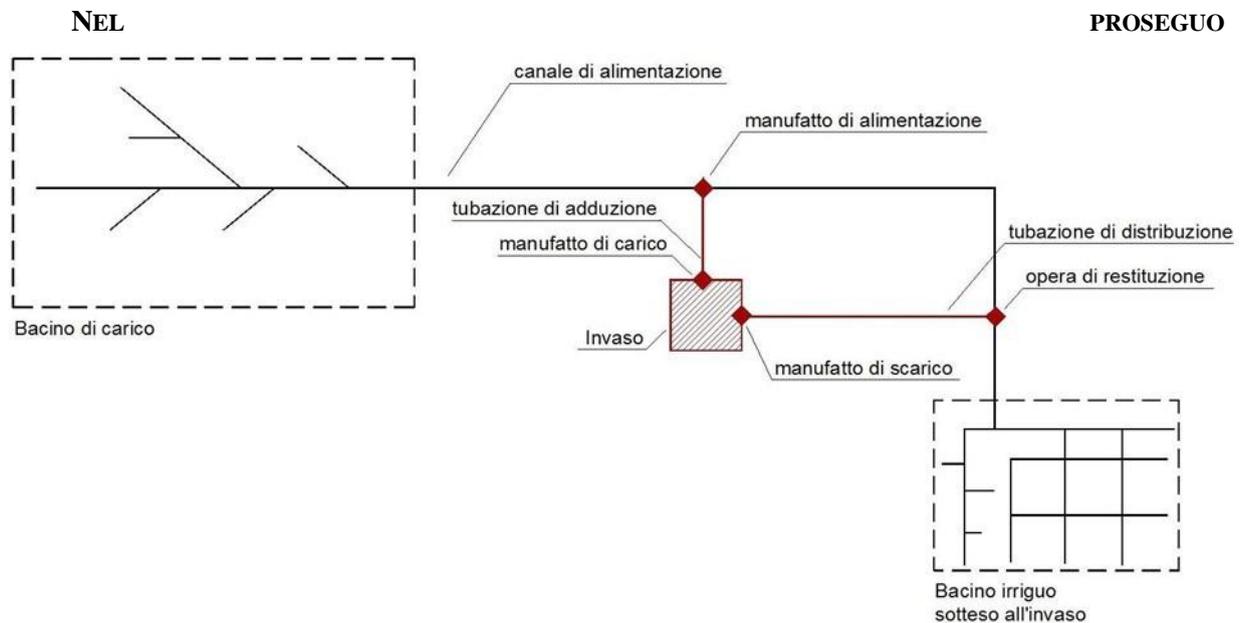
P = Quantitativi d'acqua di precipitazione;

ET = quantitativi d'acqua di evapotraspirazione;

I = quantitativi d'acqua di infiltrazione efficace.

Il valore di R determinerà la quantificazione annua della risorsa idrica immagazzinabile nell'invaso di laminazione e rappresenterà la risorsa utilizzabile per scopi irrigui, con ciò mantenendo l'invaso di compensazione delle portate a capacità di raccolta di sicurezza (vedi i calcoli della relazione geologica e idrogeologica cui si rimanda per la verifica dell'Invarianza Idraulica).

Al contempo, il progetto di realizzazione dell'invaso ad uso irriguo che consente di immagazzinare la risorsa idrica per poterla utilizzare nei periodi di carenza e deficit della risorsa stessa, può essere schematizzato come segue:



Nel proseguo del paragrafo, si tratterà l'invaso di laminazione come invaso ad uso irriguo, per la sua doppia valenza.

Gli elementi progettuali possono essere raggruppati nelle seguenti categorie:

- opere generali;
- invaso;
- rete di distribuzione.

Le opere generali comprendono tutte le attività di preparazione propedeutiche allo svolgimento

dei lavori di realizzazione delle opere in progetto, e consisteranno in:

- sterro del cotico superficiale del terreno per il livellamento della superficie.
Il terreno rimosso avente caratteristiche pedologiche più scadenti sarà temporaneamente accantonato per essere successivamente riutilizzato per le coperture finali delle pendici dell'opera di ritenuta (briglia in terra battuta) e per i livellamenti di raccordo morfologico con il versante.
Il terreno avente migliori caratteristiche pedologiche sarà separato e riutilizzato per i lavori preparatori del piano di impianto nell'area di compensazione vegetazionale con termine.
Il lavoro sarà eseguito con escavatore cingolato.
- riprofilatura delle parti terminali dei fossi defluenti in direzione dell'invaso di ritenuta; il lavoro sarà eseguito con escavatore cingolato di dimensioni più ridotte dotato di benna trapezoidale per lo scavo di fossi.

Completati i lavori preparatori **si procederà allo scavo del bacino dell'invaso** (vasca) ed alla predisposizione della fondazione per l'opera di ritenuta, secondo le seguenti operazioni:

- a) Scavo con escavatore meccanico della vasca. Il piano del fondo vaso dovrà possedere una pendenza (misurata da monte verso valle) non inferiore al 1,5%, allo scopo di permettere uno svuotamento rapido in caso di necessità;
- b) Deposito del materiale in zona limitrofa all'area di intervento; il materiale argilloso sarà riutilizzato per i livellamenti e i raccordi morfologici al termine delle operazioni di riporto;
- c) Scavo con escavatore meccanico dell'alloggiamento delle opere di sbarramento;
- d) Deposito del materiale in zona limitrofa all'area di intervento; il materiale scavato sarà riutilizzato in sito per livellamenti del terreno e riprofilature del versante al termine delle operazioni di riporto;
- e) Realizzazione di idonea rete di drenaggio delle acque meteoriche di tipo provvisoria esternamente al coronamento dello scavo, allo scopo di limitare il ruscellamento superficiale e gli eccessivi accumuli di acqua piovana.

8.3 Realizzazione dell'opera di sbarramento e di drenaggio

L'opera di sbarramento posta a valle dell'invaso è costituita da una briglia in terra battuta opportunamente dimensionata al contenimento della capacità massima dell'invaso e immorsata nel substrato argilloso.

Predisposto il piano di posa (radice) della briglia, si procederà al riporto di argilla in strati di spessore massimo 50 cm opportunamente stesi e compattati con rullo compressore vibrante a zampa di montone (rullo bugnato); la bugnatura del rullo permetterà una interdigitazione degli strati successivi allo scopo di rendere più stabile il corpo della briglia e maggiore il rapporto di compressione dei materiali argillosi utilizzati.

I materiali utilizzati per la realizzazione della briglia saranno lavorati solo se in possesso delle caratteristiche fisico-meccaniche e tipologiche necessari all'ottenimento delle migliori condizioni

statiche.

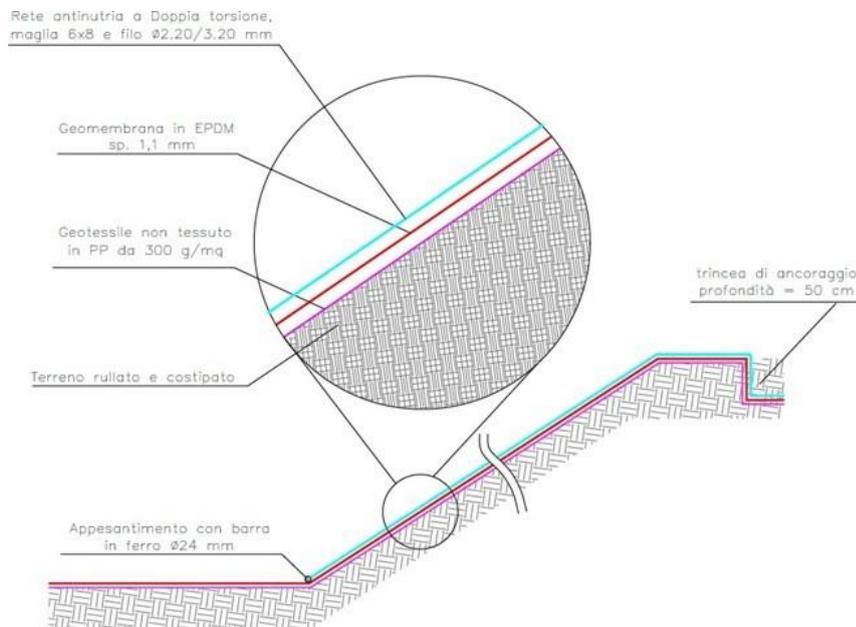
Ultimati i lavori di realizzazione del corpo della briglia in terra battuta, si procederà al riporto di materiale argilloso per la costituzione della vasca di accumulo idrico, procedendo in base alle sezioni di progetto, con rinfranco delle fiancate e del fondo con ulteriori 50 cm di argille opportunamente compattate.

Per evitare fenomeni di filtrazione è stata prevista inoltre l'impermeabilizzazione del fondo e delle banche lato vaso mediante la posa di una geomembrana impermeabile in EPDM.

Nel dettaglio il rivestimento del fondo e della sponda lato bacino di accumulo che è così composto:

- regolarizzazione del fondo scavo;
- impermeabilizzazione mediante posa di geomembrana in EPDM dello spessore di 1,10 mm su uno strato di tessuto non tessuto di massa aerica pari a 300 grammi/mq;
- rete maglia 6 x 8 e filo Φ 2,20/3,20 mm; tale rete rimarrà tesa mediante l'utilizzo di una barra in ferro Φ 24 mm posizionata orizzontalmente nella parte inferiore della rete.

Di seguito è riportato un estratto del pacchetto di impermeabilizzazione da realizzare sul fondo del lago e sulle sponde lato bacino.



Dettaglio impermeabilizzazione

Le verifiche periodiche e le manutenzioni ordinarie dell'invaso dovranno accertare l'integrità dell'impermeabilizzazione del fondo e dei fianchi e provvedere al rinfranco dello strato di argilla compattata ove necessario.

Si procederà quindi alla realizzazione dei fossi perimetrali all'invaso.

I fossi saranno impermeabilizzati al fondo con argilla compattata allo scopo di evitare perdite, erosione delle sponde e sifonamenti delle opere di contenimento.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO INTEGRATO ECOCOMPATIBILE “**BORDONARO**” DA 130,0 MWP – GANGI (PA) ALTA CAPITAL 12 SRL

Le tubazioni di distribuzione che a questo punto verranno posate saranno tutte in PVC o PEAD.

Ultimati i riporti e la posa dei manufatti si procederà alla regolarizzazione delle superfici esterne alla vasca di accumulo con riporto di circa 30 cm di suolo riutilizzando il terreno precedentemente accantonato nella fase preparatoria iniziale. Successivamente le pendici esterne della briglia in terra battuta e delle zone esterne all’invaso saranno rinverdite con semina a spaglio di essenza erbacee autoctone opportunamente selezionate **allo scopo di produrre una corretta integrazione paesaggistica delle opere con il contesto territoriale circostante.**

In ultimo si eseguirà un opportuno livellamento ed una ulteriore rullatura del fondo per la realizzazione della pista di servizio che contorna il perimetro dell’invaso e che permetterà l’accesso per gli interventi di manutenzione ordinaria e se del caso straordinaria.

9 - VASCHE DI PRIMA PIOGGIA E REGIMAZIONE ACQUE METEORICHE

Nel parco agrivoltaico in progetto sono previste delle aree non permeabili sedi delle trasformazioni MT/AT (un piazzale con un trasformatore da 50 MW 30/150kV).

Il calcolo qui condotto è riferito al dimensionamento dei manufatti necessari al trattamento delle acque di prima pioggia del piazzale in calcestruzzo che si intende 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 Dati di Progetto

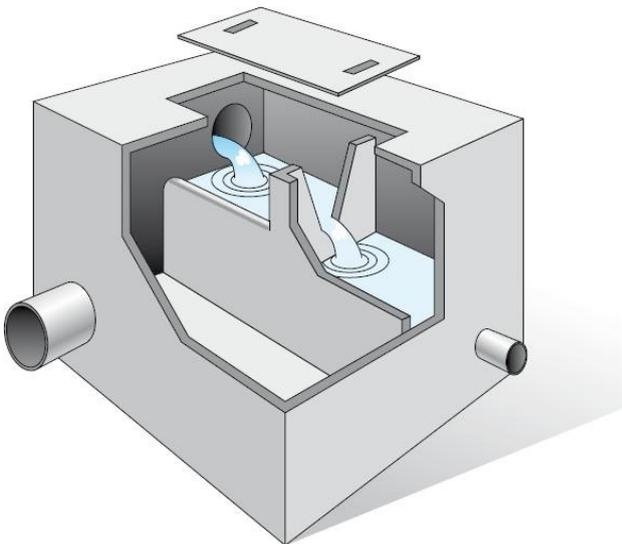
Il dimensionamento di cui sopra è stato effettuato tenendo conto dei dati pluviometrici forniti dal S.I.T.R. (Servizio Idrologico Termografico Regionale).

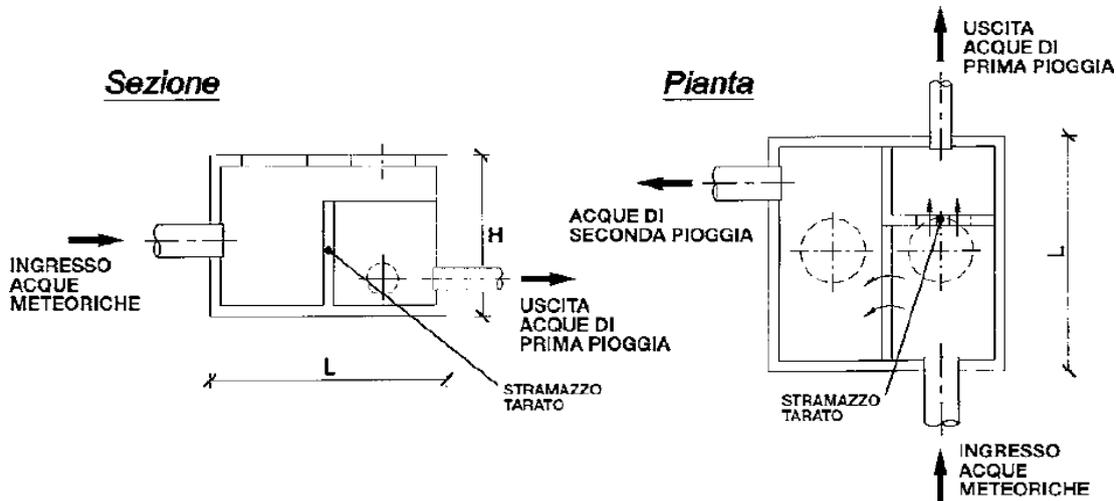
Si riporta qui di seguito il calcolo delle superfici impermeabili di progetto:

Calcolo Superfici Impermeabili			
Descrizione	Estensione (mq)	Coeff.	Sup. impermeabile (mq)
Aree cabine MT, superficie deposito	1857	1	1857
TOTALE	1857		

8.2 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 seguente tipo:





Si prevede quindi la collocazione di scolmatori monoblocco parallelepipedi per acque di prima pioggia costituiti da una vasca monoblocco parallelepipeda 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 stramazzo 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.

Secondo i dati riportati nel Capitolo 4 di determina la portata di acqua piovana massima a 100 anni.

Si valuta quindi la portata di punta $P_x = 0.51$ l/s che prevede delle vasche di dimensioni:

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

Sulla base delle considerazioni precedentemente esposte, il volume complessivo della vasca di laminazione è immediatamente ricavabile come:

$$h \times S = 0.08 \text{ m} \times 4300 \text{ m}^2 = 350 \text{ m}^3$$

Si prevede, dunque, di realizzare un impianto di prima pioggia di potenzialità pari a 350 mc circa.

Per quanto riguarda il disoleatore da abbinare alla vasca di laminazione, esso avrà una capacità di 45 mc.

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 sottoprocessi, ossia distacco e trasporto ad opera dell'azione impattante della goccia sul suolo (splash erosion) e trasporto di sedimento ad opera del sottile strato di acqua (lama d'acqua) sul terreno (sheet erosion).

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

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.

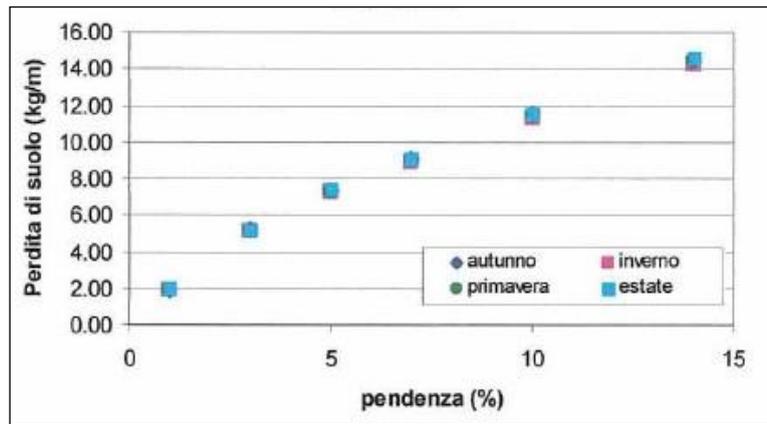


Figura 13 - Andamento stagionale della perdita di suolo per erosione in funzione della pendenza

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 “*sheet erosion*”.

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 il torrente Serpente limitrofo,

IMPIANTO AGRIVOLTAICO INTEGRATO ECOCOMPATIBILE “*BORDONARO*” DA 130,0 MWp – GANGI (PA) ALTA CAPITAL 12 SRL

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 (sheet erosion).

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:



Figura 14 - Stato del terreno inerbito sotto i pannelli fotovoltaici

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 ininfluente nel determinare cambiamenti delle naturali portate idriche.

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 seminative di frumento o dalla presenza dell'uomo in generale. Il periodo di inattività colturale 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, come il lago artificiale Trinità. 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 – TECNICHE DI POSA DEI CAVIDOTTI IN CORRISPONDENZA DEGLI ATTRAVERSAMENTI IDRICI

Dal punto di vista elettrico, l’impianto nel suo complesso è funzionalmente diviso in n. 29 blocchi di cui 28 circa 6,6 MWp di potenza installata e n. 1 da 1 MWp.

I cavidotti delle linee BT e MT e AT sono tutti interni all’impianto agrivoltaico.

I cavidotti BT prevedono delle sezioni di scavo per l’alloggiamento tipicamente di 110 cm di profondità per 40 cm di larghezza.

I cavidotti MT prevedono delle sezioni di scavo per l’alloggiamento di 110 cm di profondità per 70 cm di larghezza.

Il cavidotto AT ha una sezione di scavo di 160 cm per 70 cm.

Il cavidotto verrà posato su un letto di sabbia di almeno 10 cm e ricoperto con altri 10 cm dello stesso materiale a partire dal suo bordo superiore. Il successivo riempimento del cavo sarà effettuato con modalità differenti a seconda del tratto di strada interessata e secondo gli standard realizzativi prescritti dagli standard ENEL.

Si prevede la realizzazione di uno scavo a sezione obbligata. Il materiale da scavo prodotto sarà in pareggio con quanto necessario per il reinterro dei cavidotti. Eventuali piccole quantità in eccesso verranno riutilizzate per il lieve rimodellamento delle superfici.

Al fine di minimizzare le interferenze che potrebbe arrecare la posa in opera dei cavi, in particolare con la viabilità e con i corsi d’acqua, la realizzazione dello scavo verrà eseguita utilizzando tecnologie “no-dig” (letteralmente “senza scavo”) in modo tale da evitare la manomissione del manto superficiale costituito da strade e corsi d’acqua. Allo stesso tempo, l’uso di tali tecnologie, assicura una maggiore efficienza di realizzazione e consente di evitare le conseguenze sull’impatto ambientale che potrebbero invece derivare da uno scavo a cielo aperto. La realizzazione di un tradizionale scavo a cielo aperto causa infatti una maggiore usura del manto stradale, può comportare la necessità di deviare corsi d’acqua o scavare e ripristinare l’alveo con conseguente impatto negativo su flora e fauna.

Al contrario l’impiego di tecnologie “no-dig” permette di eseguire la posa dei cavidotti riducendo al minimo le operazioni di scavo e di conseguenza lo smantellamento superficiale, diminuendo inoltre i volumi del materiale di risulta derivanti dalle operazioni di demolizione. Al contempo le tecniche “no-dig” consentono di ridurre l’inquinamento acustico e l’emissione di polveri nocive.

Per maggiore chiarezza, nel prosieguo della seguente relazione, verranno espone le principali tecniche di attraversamento no-dig con particolare riferimento alla modalità denominata “Horizontal Directional Drilling (HDD)” che, nello specifico, si prevede di impiegare nel progetto in esame.

10 – TECNICHE DI TRIVELLAZIONE NO-DIG

Come precedentemente detto, la posa dei cavidotti per l’impianto fotovoltaico in progetto, denominato “*IMPIANTO FV SICILIA CENTRALE*”, verrà effettuata utilizzando tecnologie di attraversamento in sotterranea, denominate “*no-dig*”, in quanto consentono di evitare lo smantellamento del manto superficiale e di ridurre l’impatto ambientale.

Tra queste tecniche, quelle principalmente adoperate sono:

- Spingitubo;
- Microtunnelling;
- Trivellazione Orizzontale Controllata.

Spingitubo

Come tutte le tecnologie “*no-dig*” quella denominata spingitubo, o pipe jacking, permette la posa in opera di condotte interrato senza eseguire scavi a cielo aperto. Questa metodologia consente di eseguire una trivellazione orizzontale per diametri maggiori rispetto alle altre tecnologie No-dig (compresi tra 219 e 2000 mm) ma a distanze inferiori.

Come schematicamente riportato in figura 6, questo metodo prevede l’utilizzo di un mezzo di perforazione orizzontale che scava un tunnel nel quale vengono spinti, man mano che lo scavo avanza, i singoli conci della condotta.

Nello specifico, la macchina spingitubo è un percussore a massa battente, azionato da idoneo compressore, che riesce ad infiggere nel terreno tronchi di tubazioni in acciaio a fronte aperto, saldati tra loro in modo tale da garantirne la continuità meccanica. A fine spinta, tramite aria compressa o idrospurgo, viene spinta fuori la porzione di terreno rimasta all’interno del tubo.

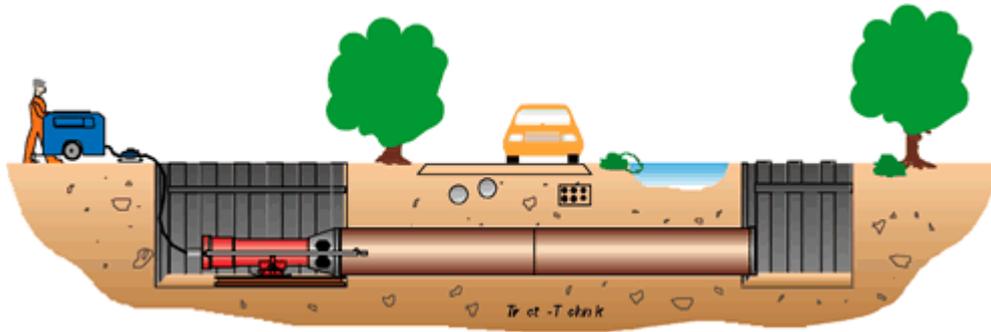


Figura 7 – Schematizzazione della tecnica di scavo in spingitubo

Uno dei limiti della tecnologia spingitubo è la lunghezza di scavo. L'attrito tra terreno e condotta infatti può risultare molto elevato. Motivo per cui la lunghezza massima di scavo dipende dal tipo di terreno e dal diametro di scavo.

La prima operazione che viene eseguita è la costruzione del pozzo di partenza, che funge anche da camera di spinta, e del pozzo di arrivo.

Il pozzo di partenza ha solitamente dimensioni di circa 8 x 6 m, con profondità variabile a seconda della lunghezza dell'attraversamento, considerando un franco di circa 60 cm in profondità per la successiva operazione di saldatura o giunzione dei conchi della condotta.

Nel pozzo d'entrata viene collocata la macchina di perforazione che può funzionare o tramite martinetti idraulici o con martello pneumatico. Il pozzo di partenza deve quindi essere opportunamente dimensionato in modo da garantire la contropinta necessaria alla macchina perforatrice.

Il materiale scavato viene in seguito convogliato in tubi camicia di acciaio, di resistenza adeguata a sopportare la spinta del terreno; da qui il materiale già frantumato viene rimosso tramite una coclea.

1.1 Microtunneling

La tecnica "no-dig" denominata microtunnelling prevede la posa in opera in sotterraneo di condotte rigide mediante perforazione a spinta monitorata e direzionabile. Questa tecnologia permette infatti di avere una libertà di deviazione del 30% rispetto alla livelletta in salita e del 10% in discesa. In genere viene adoperata per l'installazione di condotte che possono raggiungere diametri elevati (3000 mm).

La tecnica di posa “microtunnelling” prevede la realizzazione di un foro tra due pozzi, uno nella zona di partenza, detto pozzo di spinta, e uno nella zona di arrivo, necessari per la manovra degli elementi della tubazione. La perforazione orizzontale avviene per mezzo di un macchinario denominato Micro Tunnel Boring Machine (MTBM).

La MTBM è una macchina fresante che scava a sezione piena per mezzo di una serie di martinetti idraulici interconnessi tra loro in modo tale da garantire la stessa spinta da parte di ciascuno di essi.

La condotta viene dunque inserita in conchi simultaneamente all’avanzamento dello scavo, evitando di incorrere in cedimenti del fronte di scavo.

I materiali di risulta vengono riportati verso la sezione di uscita mediante un meccanismo di smarino meccanico, in cui il materiale frantumato viene trasportato da una coclea verso il pozzo di spinta, oppure tramite un sistema di smarino idraulico in cui il materiale viene allontanato tramite circolazione di fango bentonitico.

La traiettoria dello scavo viene controllata tramite una sorgente laser posta nel pozzo di partenza che rileva posizione e inclinazione della testa fresante. Eventuali correzioni di percorso possono essere effettuate tramite i martinetti idraulici posti sulla testa fresante.

La tecnica di microtunneling permette inoltre di realizzare considerevoli lunghezze di perforazione grazie alla possibilità di inserire una stazione di spinta intermedia, in grado di trasmettere la spinta necessaria all’avanzamento di un certo tratto di condotta, troppo distante dalla sezione di ingresso.

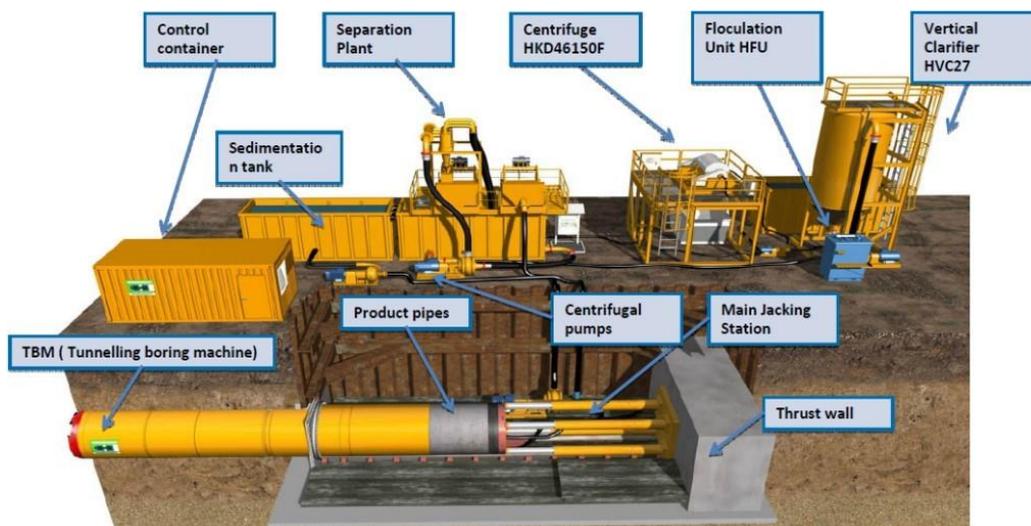


Figura 8 – Schema di funzionamento della tecnologia microtunnelling

Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)

La tecnica di attraversamento “no-dig” utilizzata nel progetto in esame è la Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC) in quanto permette di avere un controllo attivo della traiettoria per la posa in opera del cavidotto e non ha un elevato impatto ambientale. Tale tecnologia permette di eseguire attraversamenti molto lunghi con traiettorie anche curvilinee, senza eseguire scavi a cielo aperto.

Le fasi operative per la posa di una condotta mediante TOC sono essenzialmente tre:

1. esecuzione del foro pilota;
2. alesatura del foro;
3. tiro e posa della tubazione.

➤ Esecuzione del foro pilota

La prima fase di scavo (figura 8) prevede la creazione di un foro pilota mediante l'introduzione, da un pozzo di ingresso, di una “sonda pilota” costituita da una testa perforatrice orientabile e connessa a più aste che vengono guidate nella direzione e alla quota di progetto.

L'avanzamento della testa fresante è coadiuvato da un getto fluido, costituito tipicamente da acqua o fanghi bentonitici, necessari a lubrificare le aste e la testa durante l'avanzamento. Tale fluido, mescolato al materiale di scavo, ripercorre il tragitto indietro e torna ad accumularsi nella sezione di ingresso, dove viene immagazzinato nell'apposita vasca, depurato e riutilizzato.

Nel caso in cui il terreno sia molto compatto lo scavo può essere effettuato “a secco”, ovvero utilizzando un martello demolitore che, durante l'avanzamento, comprime il terreno lungo le pareti del foro. In questo caso si utilizza una miscela lubrificante a base di acqua solo per il raffreddamento dell'utensile di scavo.

La direzione della sonda pilota viene controllata generalmente con onde radio o via cavo, utilizzando uno specifico apparecchio collocato all'interno della testa e in grado di fornire dati puntuali sulla profondità, l'inclinazione e la direzione della sonda sul piano orizzontale.

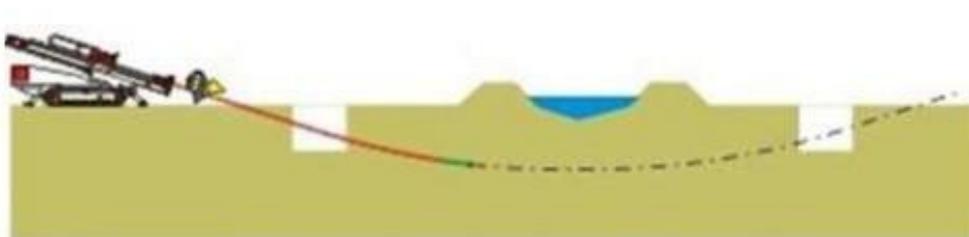


Figura 8 – Prima fase della tecnica di Trivellazione Orizzontale Controllata: esecuzione del foro pilota

➤ Alesatura

Successivamente all'esecuzione del foro pilota, la testa fresante raggiunge un pozzetto d'arrivo dove viene collegata ad un utensile alesatore. Questo ha la funzione di allargare il foro, a partire dalla sezione d'uscita verso la sezione d'entrata, fino ad arrivare ad un diametro di circa il 20-30% in più rispetto al diametro della condotta da posare.

Una volta completata la fase di alesatura, a seconda del tipo di terreno, si può effettuare una fase di tamponamento, in cui viene tirato dalla sezione di uscita verso quella di ingresso un altro alesatore di diametro minore rispetto al primo, continuando a iniettare il fluido (acqua o fango) diretto sta volta verso l'uscita. Questo fluido si miscela con la restante roccia frantumata e sedimento smosso. Tale operazione serve a stabilizzare il foro, oltre che a lubrificare l'alesatore e le aste.

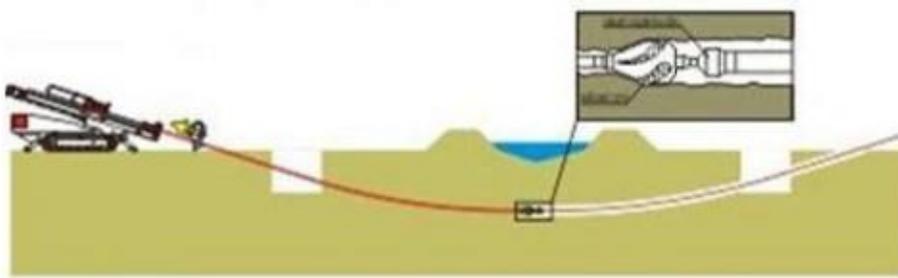


Figura 9 – Seconda fase della tecnica di Trivellazione Orizzontale Controllata: alesatura

➤ Posa in opera della condotta

Le sezioni di condotta vengono saldate presso la sezione di uscita, formando un'unica condotta. A questo punto inizia la fase finale, rappresentata dall'inserimento della condotta nel foro. Come mostrato nella figura seguente, essa viene agganciata dietro l'alesatore e successivamente trainata verso il sito d'entrata fino ad occupare l'intera lunghezza di perforazione.

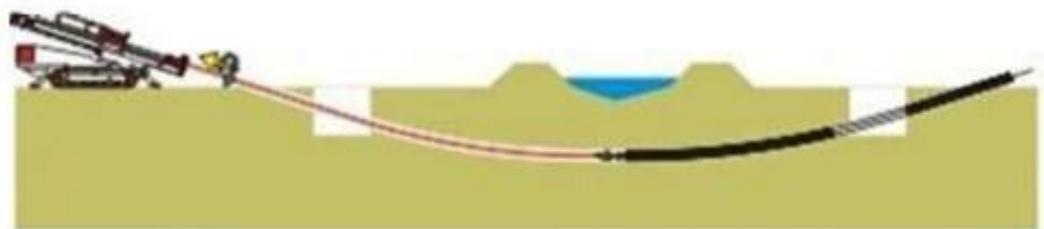


Figura 10 – Fase di Tiro



Figura 11 – Assetto Finale della Tubazione

11 - CONCLUSIONI

Per quanto esposto e argomentato nella presente relazione idraulica ed alla luce degli interventi di rinaturalizzazione dei luoghi e di difesa spondale del reticolo impluviale, si considera totalmente compatibile l’installazione dell’impianto agrivoltaico in progetto da 130,0 MWp, previsto a Gangi (PA) e denominato “*BORDONARO*”, con l’assetto idrogeologico, idrologico e geomorfologico locale.

La posa in opera dei cavidotti relativi all’impianto fotovoltaico in esame verrà eseguita utilizzando tecniche di trivellazione “*no-dig*” al fine di minimizzare le interferenze che questa potrebbe arrecare, specie con gli impluvi ed i corsi d’acqua.

Nello specifico la tecnica che si prevede di utilizzare è quella denominata “Trivellazione Orizzontale Controllata” in quanto permette di eseguire attraversamenti molto lunghi con traiettorie anche curvilinee, senza eseguire scavi a cielo aperto, e consente inoltre di avere un controllo attivo della traiettoria per la posa in opera del cavidotto e non ha un elevato impatto ambientale.

Infine, il rispetto del principio dell’invarianza idraulica secondo cui la trasformazione di un’area deve avvenire senza provocare aggravio della portata di piena del corpo idrico o della rete di drenaggio ricevente i deflussi originati dall’area stessa, sarà garantita mediante il dimensionamento proposto costituito da n.05 vasche di laminazione in bacino di detenzione e organo di regolazione della portata in uscita, che consentirà di non sovraccaricare il sistema di recapito esistente e modificare l’attuale assetto idraulico in condizioni di deflusso di piena.