

REGIONE SICILIA

Libero Consorzio Comunale di Trapani
COMUNI DI TRAPANI, SALEMI, MISILISCEMI E MARSALA

PROGETTO

INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"



PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE



ENGIE Rinnovabili S.p.A.
Viale Giorgio Ribotta, 31
00144 Roma

PROGETTISTA



Hydro Engineering s.s.
di Damiano e Mariano Galbo
via Rossotti, 39
91011 Alcamo (TP) Italy



OGGETTO DELL'ELABORATO

RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA

REV.	DATA	ATTIVITA'	REDATTO	VERIFICATO	APROVATO
0	Dicembre 2022	PRIMA EMISSIONE	MG	VF	MG

CODICE PROGETTISTA		DATA	SCALA	FORMATO	FOGLIO	CODICE COMMITTENTE				
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.						
RST-PD-R0003_R0		Dicembre 2022	-	A4	1di53					

NOME FILE: RST-PD-R0003_Relazione tecnica descrittiva.dwg

ENGIE Rinnovabili S.p.A. si riserva tutti i diritti su questo documento che non può essere riprodotto neppure parzialmente senza la sua autorizzazione scritta.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	2

1.	PREMESSA.....	3
2.	L'IMPIANTO EOLICO ESISTENTE.....	5
3.	UBICAZIONE DELL' IMPIANTO DI INTEGRALE RICOSTRUZIONE.....	8
3.1.	GENERALITA'.....	8
3.2.	RIFERIMENTI CARTOGRAFICI.....	9
4.	L'IMPIANTO EOLICO DI INTEGRALE RICOSTRUZIONE	13
4.1.	GENERALITA'.....	13
4.2.	LAYOUT IMPIANTO.....	14
4.3.	AEROGENERATORI	14
4.4.	POTENZA INSTALLATA E PRODUCIBILITÀ.....	16
4.5.	DESCRIZIONE GENERALE.....	20
5.	INFRASTRUTTURE ED OPERE CIVILI DELL'IMPIANTO DI INTEGRALE RICOSTRUZIONE	22
5.1.	FONDAZIONI AEROGENERATORI	22
5.2.	PIAZZOLE AEROGENERATORI.....	24
5.3.	STRADE DI ACCESSO E VIABILITÀ DI SERVIZIO	29
5.4.	RILEVATI E SOVRASTRUTTURE – BONIFICHE E SOTTOFONDI	32
5.4.1.	RILEVATI ARIDI E SOPRASTRUTTURE PER PIAZZOLE E STRADE.....	32
5.4.2.	SOVRASTRUTTURE PER PIAZZOLE E STRADE.....	32
5.4.3.	SISTEMAZIONE DEL PIANO DI POSA	33
5.4.4.	PAVIMENTAZIONE CON MATERIALE ARIDO	36
5.5.	VERIFICA GEOTECNICA DELLA FONDAZIONE STRADALE	36
5.5.1.	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE STRADE E DELLE PIAZZOLE.....	36
5.5.2.	DIMENSIONAMENTO DI MASSIMA DELLA PAVIMENTAZIONE DI STRADE E PIAZZOLE	36
6.	OPERE DI INGEGNERIA AMBIENTALE.....	38
6.1.	GENERALITÀ.....	38
6.2.	SPECIFICHE TECNICHE DEGLI INTERVENTI.....	42
6.2.1.	OPERE CON FASCINATE.....	42
6.2.2.	PALIZZATE VIVE.....	43
6.2.3.	PALIFICATE VIVE	44
6.2.4.	PALIZZATE VIVE A FORMARE BRIGLIE.....	45
6.2.5.	VIMINATE.....	46
6.2.6.	CUNETTA VIVENTE.....	47
6.2.7.	CANALIZZAZIONI IN PIETRAME E LEGNO.....	48
6.2.8.	IDROSEMINA E RIVESTIMENTI ANTIEROSIVI	49
7.	OPERE IDRAULICHE.....	53

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	3

1. PREMESSA

La società Engie Rinnovabili Spa è proprietaria del parco eolico denominato “*Salemi Trapani*” avente una potenza complessiva di 66,25 MW. La società Hydro Engineering s.s. è stata incaricata di redigere il progetto definitivo relativo all’integrale ricostruzione dell’esistente impianto eolico.

L’impianto eolico oggi in esercizio trova la propria ubicazione nei territori dei Comuni di Salemi, Trapani e Misiliscemi (quest’ultimo istituito nel febbraio del 2021) facenti parte del Libero consorzio comunale di Trapani, ed è costituito da n. 36 aerogeneratori di fornitura Vestas Italia S.r.l., di cui:

- ✓ n. 31 della tipologia V90, in grado di produrre una potenza nominale di 2,00 MW,
- ✓ n. 5 della tipologia V52 capaci di sviluppare una potenza nominale di 0,85 MW;

la potenza complessiva del Parco esistente ammonta, quindi, a 66,25 MW. L’energia prodotta viene convogliata, attraverso apposito elettrodotto interrato in MT a 30 kV, presso la Sotto-Stazione Elettrica di Utente, SSEU, 30/150 kV, ubicata, oggi, in territorio del Comune di Misiliscemi (all’epoca della realizzazione del Parco, la SSEU ricadeva in territorio del Comune di Trapani, Frazione di Fulgatore e per questo motivo era stata denominata SSEU di Fulgatore). L’impianto è entrato in esercizio il 23 novembre del 2009.

Il progetto di integrale ricostruzione consiste nello smantellamento degli aerogeneratori esistenti e nella installazione di n. 18 aerogeneratori, di potenza pari a **7,2 MW** per una potenza complessiva di nuova installazione di **129,6 MW**, di cui:

- ✓ Parco Salemi - n. 10 aerogeneratori saranno serviti da un nuovo elettrodotto interrato in MT da 30 kV, che convoglierà l’energia prodotta presso una nuova SSEU 30/150 kV che sarà realizzata nei pressi della Stazione Elettrica Terna denominata “Partanna 2” (questa nuova SSEU sarà realizzata nel territorio del Comune di Marsala);
- ✓ Parco Trapani - n. 8 aerogeneratori saranno serviti da un nuovo elettrodotto interrato in MT da 30 kV che vettorierà l’energia prodotta presso la esistente SSEU 30/150 kV di Misiliscemi (ex Fulgatore) che non subirà alcun ampliamento.

Completano il progetto di integrale ricostruzione le seguenti opere:

- ✓ ripristino come ante operam di viabilità e piazzole non più necessarie;
- ✓ realizzazione di nuove viabilità e piazzole a servizio dei nuovi aerogeneratori;
- ✓ adeguamenti di viabilità e piazzole esistenti a servizio dei nuovi aerogeneratori.

Lo schema di allacciamento alla RTN prevede che il parco eolico di Salemi venga collegato in

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	4

antenna a 220 kV con la stazione elettrica (SE) a 220 kV della RTN "Partanna 2", inserita in entra - esce sulla linea RTN a 220 kV "Fulgatore - Partanna", previa:

- ✓ realizzazione di un nuovo elettrodotto RTN a 220 kV di collegamento della suddetta stazione con la stazione 220/150 kV di Fulgatore, previo ampliamento della stessa;
- ✓ realizzazione di un nuovo elettrodotto RTN a 220 kV di collegamento della suddetta stazione a 220kV con la stazione 220 kV di Partanna, previo ampliamento della stessa.

Le suddette opere di rete sono riportate nella tavola RST-PD-D0067_R0.

Il seguente documento riporta una descrizione del progetto di integrale ricostruzione del parco eolico di Salemi Trapani. Per i cavidotti e le sottostazioni si rimanda alla relazione elettrica RST-PD-R0009_R0.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	5

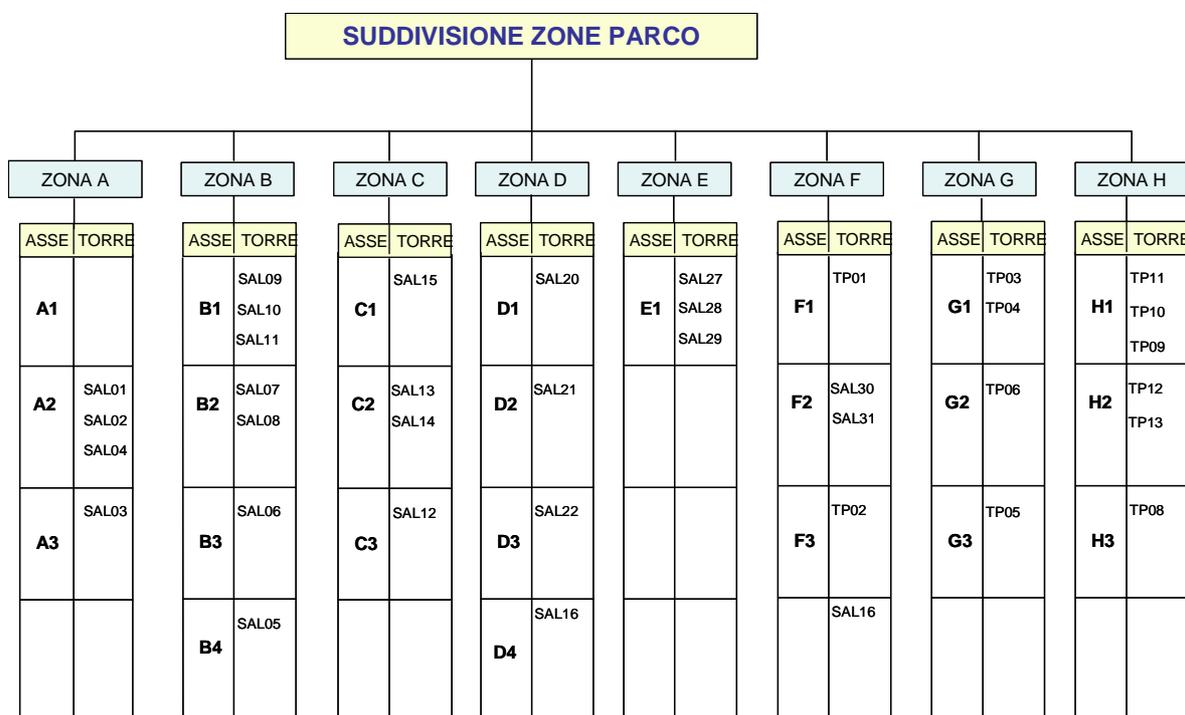
2. L'IMPIANTO EOLICO ESISTENTE

Il parco eolico esistente è composto da n. 5 unità di produzione, costituite da aerogeneratori da 850 kW e da n. 31 unità di produzione, costituite da aerogeneratori da 2000 KW, per una potenza complessiva di 66,25 MW.

Essi sono indipendenti, opportunamente disposti e collegati in relazione alla disposizione dell'impianto, dotati di generatori asincroni trifasi. Ogni generatore è topograficamente, strutturalmente ed elettricamente indipendente dagli altri anche dal punto di vista delle funzioni di controllo e protezione.

Gli aerogeneratori sono collegati fra loro e a loro volta si connettono alla sottostazione di Fulgatore tramite cavidotti interrati.

La nomenclatura e la suddivisione in zone degli aerogeneratori esistenti è la seguente:



Tab. 1 Nomenclatura aerogeneratori esistenti

Nell'attuale layout sono presenti due tipologie di fondazioni:

- Per TP 03-04, un plinto quadrato di lato 12,00 m. su 8 pali ϕ 1000 di lunghezza 7 m;
- Per TP 02-05-06, un plinto quadrato di lato 12,00 su 8 pali ϕ 1000 di lunghezza 18 m.
- Per TP01-08-09-10-11-12-13, plinto esagonale di lato 8.00 m. su 12 pali ϕ 1000 di lunghezza 18,00 m;

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	6

- Per Sal 01-02-04-05-06-10-12-13-14-15-16-20-21-22-27-28-29-30-31: plinto esagonale di lato 8.00 m. su 12 pali ϕ 1000 di lunghezza 18,00 m;
- Per la Sal 03-07-09: plinto esagonale di lato 8.00 m. su 12 pali ϕ 1000 di lunghezza 20 m;
- Per la Sal 11: plinto esagonale di lato 8.00 m. su 12 pali ϕ 1000 di lunghezza 22 m;
- Per la Sal 08: plinto esagonale di lato 8.00 m. su 12 pali ϕ 1000 di lunghezza 25 m.

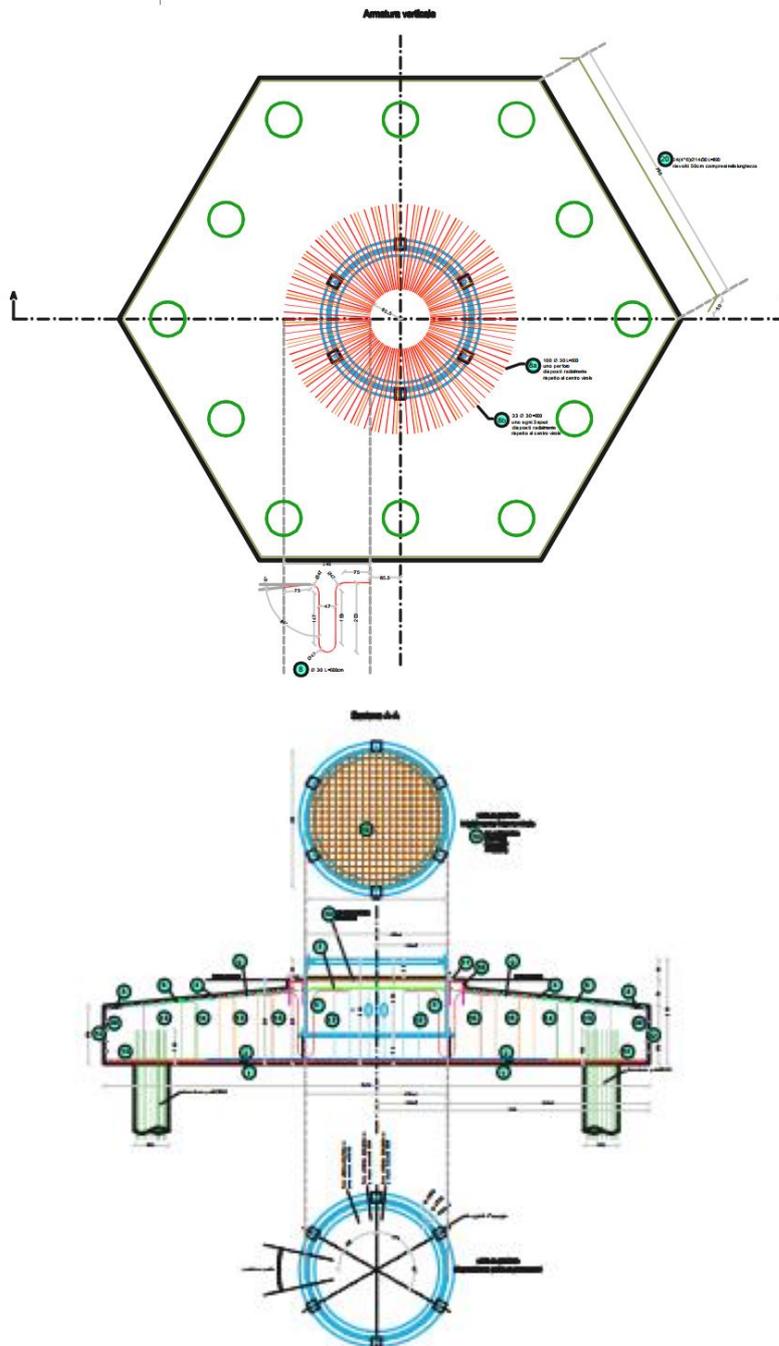


Fig. 2 Fondazioni realizzate per gli aerogeneratori da 2 MW

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	7

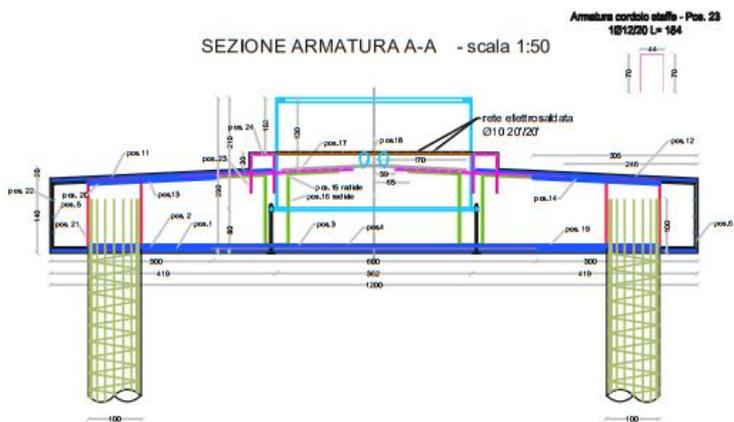
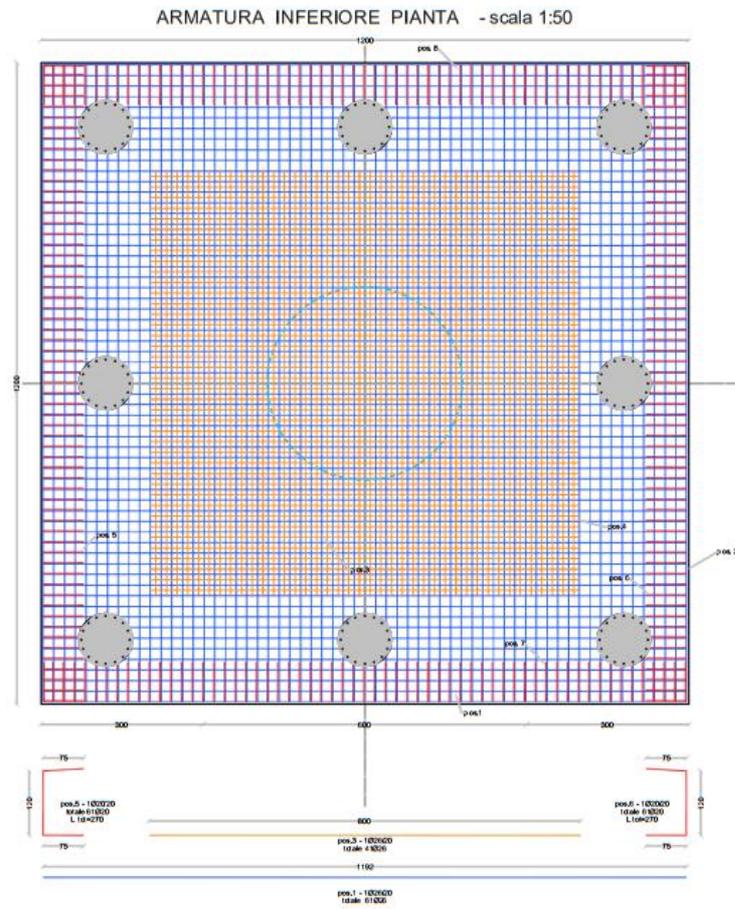


Fig. 3- Fondazioni realizzate per gli aerogeneratori da 0,85 MW

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	8

3. UBICAZIONE DELL' IMPIANTO DI INTEGRALE RICOSTRUZIONE

3.1. GENERALITA'

L'impianto eolico oggetto di integrale ricostruzione ricade nelle medesime porzioni di territorio interessate dall'impianto esistente. Per maggiore chiarezza di quanto affermato, si rinvia all'elaborato avente titolo "Layout di progetto su ortofoto".

Gli aerogeneratori che saranno installati verranno scelti tra diversi fornitori ed in grado di sviluppare ciascuno 7,20 MW di potenza massima, con altezza del mozzo pari al massimo a 115 m e raggio del rotore a lordo fino a 87,50 m. L'altezza dell'aerogeneratore misurata dal piano di imposta sarà, pertanto, al massimo pari a 202,50 m. La struttura di fondazione dell'aerogeneratore sarà di tipo composto da:

- pali di fondazione di diametro non inferiore a 1,00 m, di profondità e in numero da definire nella successiva fase di progettazione esecutiva;
- plinto di fondazione di collegamento tra pali e sostegno dell'aerogeneratore. Il Plinto, interamente interrato, avrà esemplificativamente (le dimensioni finali si potranno avere solo nella successiva fase di progettazione esecutiva) forma troncoconica di diametro massimo circa 21,4 m. All'interno del plinto è annegato un elemento in acciaio denominato anchor cage, cui collegare la prima sezione del sostegno di cui al punto successivo. Le dimensioni sopra riportate sono da interpretarsi come orientative;
- sostegno dell'aerogeneratore costituito da una struttura in acciaio di forma troncoconica, di altezza pari a 115,00 m.

I cavi di potenza saranno interrati lungo strade sterrate e comunali ed andranno a ripercorrere, quasi interamente, lo stesso tracciato oggi interessato dai cavi di potenza dell'impianto attualmente in esercizio.

La scelta procedere con l'iniziativa di integrale ricostruzione dell'impianto esistente discende da una approfondita analisi di producibilità, nonché dall'attenzione che la Società proponente riserva per l'ambiente. Ci si riferisce, in particolare, allo sfruttamento massimo delle aree già interessate la viabilità ed i servizi ausiliari che verranno semplicemente adeguati al passaggio dei mezzi di trasporto eccezionali.

È appena il caso di sottolineare che la società proponente ha nelle sue disponibilità un fabbricato (nei pressi della SAL01) sul quale si vuole intervenire per realizzare un centro divulgativo per la diffusione e la promozione dell'uso di energia da fonte rinnovabile da destinare ad utilizzi extra – scolastici, ed associazioni di categoria, amministrazioni pubbliche, interessati alla promozione ed allo sviluppo di politiche energetiche innovative.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	9

3.2. RIFERIMENTI CARTOGRAFICI

I nuovi aerogeneratori (in numero di diciotto) dell'impianto oggetto di integrale ricostruzione sono denominati con le sigle:

- R-SAL01, 02-04-07-09-010-12-14-16-22-29-30
- R-TP01-03-05-09-11-13

L'area presa in considerazione ricade, come detto, nel territorio dei Comuni di Trapani, Misiliscemi e Salemi e cartograficamente interessa le Tavole I.G.M.:

- Foglio n°248 III Quadrante SE Erice
- Foglio n°248 III Quadrante SO Trapani
- Foglio n°257 I Quadrante NO Ummari
- Foglio n° 257 I Quadrante SO Vita
- Foglio n° 257 II Quadrante NO Salemi
- Foglio n° 257 III Quadrante NE Baglio Chitarra
- Foglio n° 257 III Quadrante NO Paolini
- Foglio n° 257 IV Quadrante NE Dattilo.
- Foglio n°257 IV Quadrante SE Borgo Fazio
- Foglio n° 257 IV Quadrante SO Birgi Novo

Di seguito le coordinate assolute nel sistema UTM 33 WGS84 degli aerogeneratori appartenenti al parco di Salemi ed al parco di Trapani in cui si è suddiviso l'Integrale ricostruzione dell'impianto di Salemi Trapani:

	WTG	E	N
PARCO SALEMI	R-SAL01	300998.10	4187834.80
	R-SAL02	300667.00	4187533.00
	R-SAL04	300145.90	4187323.20
	R-SAL07	298676.00	4187244.80
	R-SAL09	298077.50	4187089.20
	R-SAL10	297599.00	4186797.00
	R-SAL12	299897.00	4189064.00
	R-SAL14	299368.00	4188753.00
	R-SAL16	298042.00	4189109.00
	R-SAL22	297110.00	4188766.00

Tab. 2 Coordinate aerogeneratori nel sistema UTM 33 WGS84 del parco Salemi

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	10

	WTG	E	N
PARCO TRAPANI	R-SAL29	298460.00	4191355.00
	R-SAL30	297556.00	4193557.00
	R-TP01	296976.00	4193383.00
	R-TP03	296400.00	4192973.00
	R-TP05	295917.00	4192805.00
	R-TP09	293280.00	4191248.00
	R-TP11	292775.35	4190734.20
	R-TP13	292313.00	4190788.00

Tab. 3 Coordinate aerogeneratori nel sistema UTM 33 WGS84 del parco Trapani

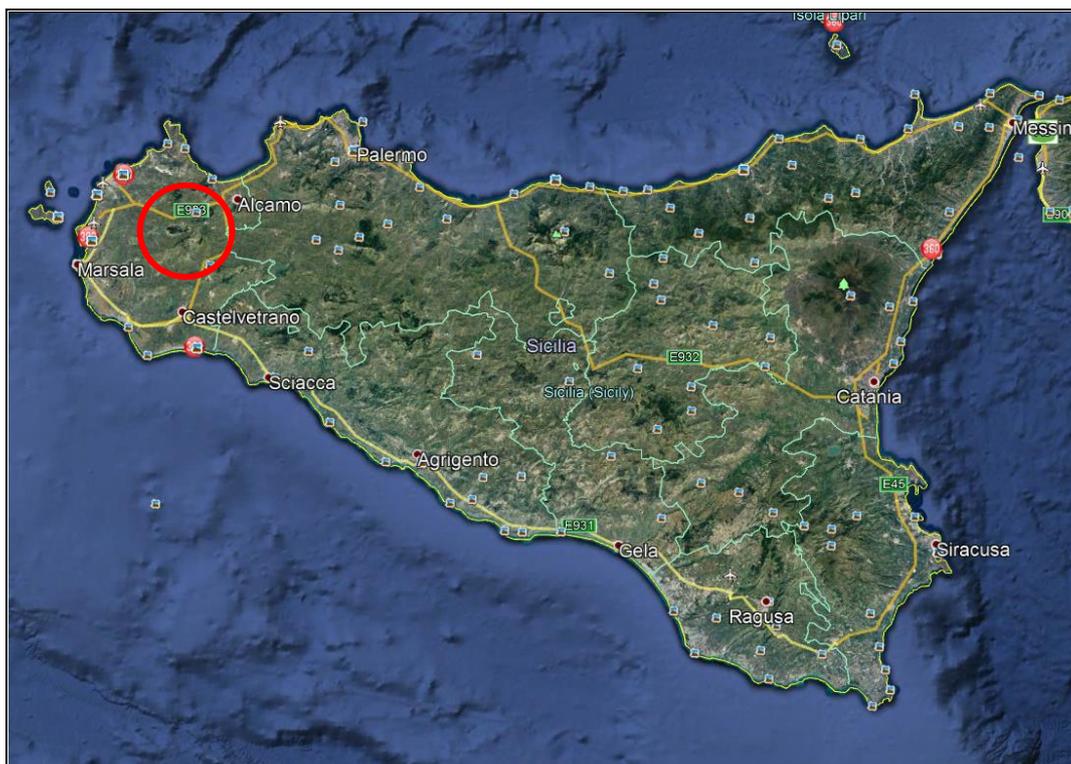


Fig.4 - Ubicazione area di impianto da satellite

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	11

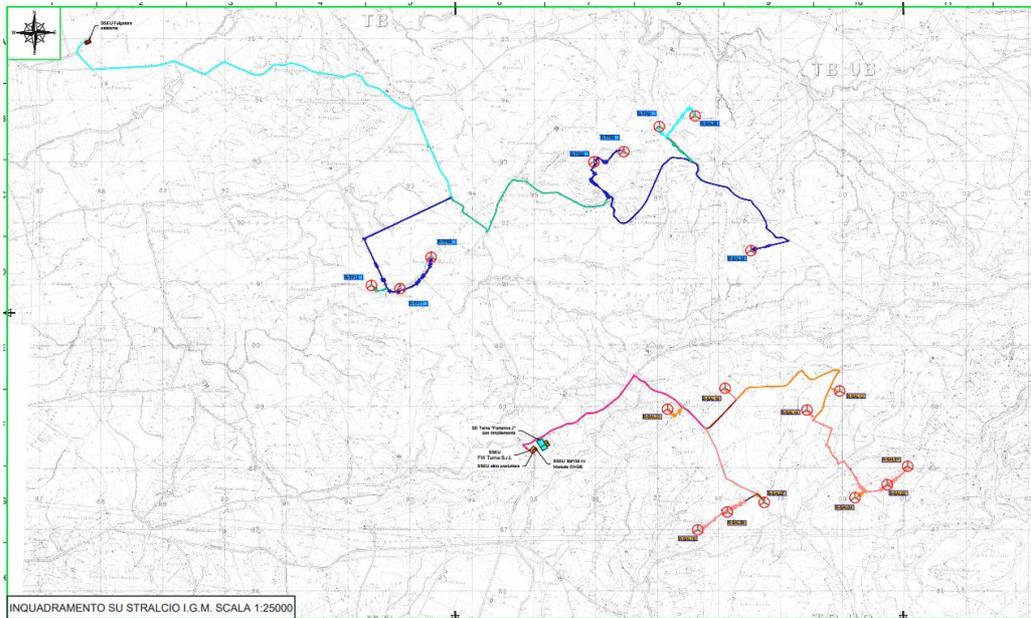


Fig.5- Inquadrimento impianto su IGM 1:25.000

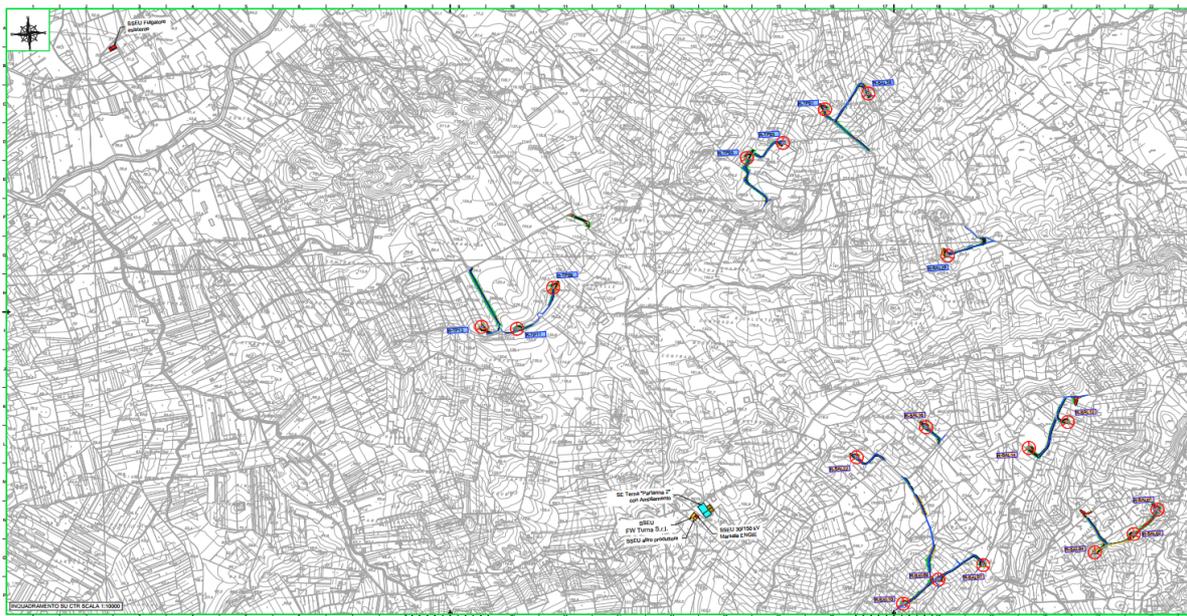


Fig.6- Inquadrimento impianto su CTR 1:10.000

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	12

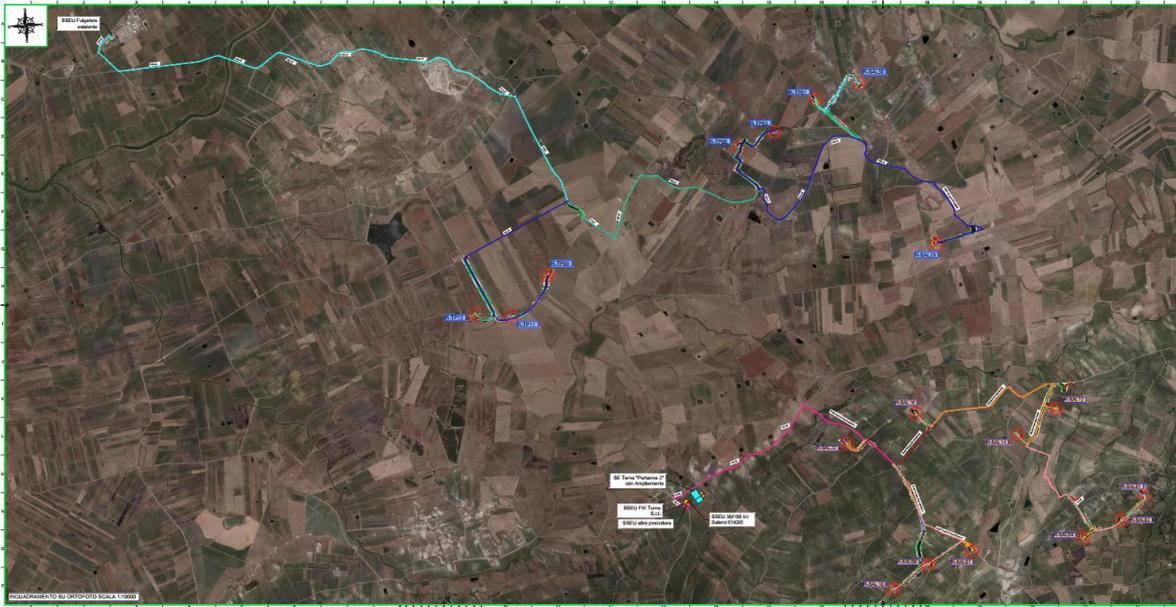


Fig.7- Inquadramento impianto su Ortofoto

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	13

4. L'IMPIANTO EOLICO DI INTEGRALE RICOSTRUZIONE

4.1. GENERALITA'

L'impianto eolico oggetto di integrale ricostruzione è composto da aerogeneratori indipendenti, opportunamente disposti e collegati in relazione all'ubicazione dell'impianto, dotati di generatori asincroni trifasi. Ogni generatore è topograficamente, strutturalmente ed elettricamente indipendente dagli altri anche dal punto di vista delle funzioni di controllo e protezione.

Gli aerogeneratori sono collegati fra loro e a loro volta si connettono alla sottostazione tramite un cavidotto interrato. Nella stessa sottostazione sarà ubicato il sistema di monitoraggio, comando, misura e supervisione (MCM) dell'impianto eolico che consente di valutare in remoto il funzionamento complessivo e le prestazioni dell'impianto ai fini della sua gestione.

All'interno della torre saranno installati:

- *l'arrivo cavo BT (690 V) dal generatore eolico al trasformatore,*
- *il trasformatore MT-BT (0,69/ 30),*
- *il sistema di rifasamento del trasformatore,*
- *la cella MT (30 kV) di arrivo linea e di protezione del trasformatore,*
- *il quadro di BT (690 V) di alimentazione dei servizi ausiliari,*
- *quadro di controllo locale.*

L'impianto Eolico sarà costituito da n° 18 aerogeneratori, ciascuno di potenza massima da 7,20 MW, corrispondenti ad una potenza installata massima di **129,6 MW**.

Per la sua realizzazione sono quindi da prevedersi le seguenti opere ed infrastrutture:

- dismissione delle 36 torri eoliche esistenti;
- opere civili: comprendenti l'esecuzione dei plinti di fondazione delle macchine eoliche, la realizzazione delle piazzole degli aerogeneratori, l'adeguamento/ampliamento della rete viaria esistente nel sito e la realizzazione della viabilità di servizio interna all'impianto;
- opere impiantistiche: comprendenti l'installazione degli aerogeneratori e l'esecuzione dei collegamenti elettrici in cavidotti interrati tra i singoli aerogeneratori, tra gli aerogeneratori e la sottostazione di consegna esistente.

Tutte le opere in conglomerato cementizio armato e quelle a struttura metallica sono state progettate e saranno realizzate secondo quanto prescritto dalle Norme Tecniche vigenti relative alle leggi sopracitate, così pure gli impianti elettrici

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	14

4.2. LAYOUT IMPIANTO

4.3. AEROGENERATORI

L'aerogeneratore è una macchina che sfrutta l'energia cinetica posseduta del vento, per la produzione di energia elettrica, descritta nell'elaborato "*Tipico aerogeneratore RST-PD-D0038_R0*".

Sul mercato esistono diverse tipologie di aerogeneratori, ad asse orizzontale e verticale, con rotore mono, bi o tripala, posto sopra o sottovento. Il tipo di aerogeneratore previsto per l'impianto in oggetto è un aerogeneratore ad asse orizzontale con rotore tripala e una potenza massima di 7,20 MW, le cui caratteristiche principali sono di seguito riportate:

- **rotore tripala a passo variabile**, di diametro massimo fino a 175,00 m, posto sopravento al sostegno, in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro, con mozzo rigido in acciaio;
- **navicella in carpenteria metallica** con carenatura in vetroresina e lamiera, in cui sono collocati il generatore elettrico e le apparecchiature idrauliche ed elettriche di comando e controllo;
- **sostegno tubolare troncoconico in acciaio**, avente altezza fino all'asse del rotore al massimo pari a 115,00 m.

I tronchi di torre sono realizzati da lastre in acciaio laminate, saldate per formare una struttura tubolare troncoconica.

Si tratta di aerogeneratori di tipologia già impiegata estesamente in altri parchi italiani/UE, che consentono il miglior sfruttamento della risorsa vento e che presentano garanzie specifiche dal punto di vista della sicurezza (così come si dimostrerà in vari altri documenti: piano di produzione, studio di gittata etc.);

La turbina è equipaggiata, in accordo alle disposizioni dell'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile), con un sistema di segnalazione notturna per la segnalazione aerea.

La segnalazione notturna consiste nell'utilizzo di una luce rossa da installare sull'estradosso della navicella dell'aerogeneratore.

Le turbine di inizio e fine tratto avranno una segnalazione diurna consistente nella verniciatura della parte estrema della pala con tre bande di colore rosso ciascuna di 6 m per un totale di 18 m.

La navicella è dotata di un sistema antincendio, che consiste di rilevatori di fumo e CO, i quali rivelano gli incendi e attivano un sistema di spegnimento ad acqua atomizzata ad alta pressione nel caso di incendi dei componenti meccanici e a gas inerte (azoto) nel caso di incendi dei componenti elettrici (cabine elettriche e trasformatore). In aggiunta a ciò, il rivestimento della navicella contiene materiali autoestinguenti.

L'aerogeneratore è dotato di un completo sistema antifulmine, in grado di proteggere da danni diretti ed indiretti sia alla struttura (interna ed esterna) che alle persone. Il fulmine viene "catturato" per mezzo di un sistema di conduttori integrati nelle pale del rotore, disposti ogni 5

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	15

metri per tutta la lunghezza della pala. Da questi, la corrente del fulmine è incanalata attraverso un sistema di conduttori a bassa impedenza fino al sistema di messa a terra. La corrente di un eventuale fulmine è scaricata dal rotore e dalla navicella alla torre tramite collettori ad anelli e scaricatori di sovratensioni. La corrente del fulmine è infine scaricata a terra tramite un dispersore di terra. I dispositivi antifulmine previsti sono conformi agli standard della più elevata classe di protezione (Classe I), secondo lo standard internazionale IEC 61024-1.

Generalmente, una moderna turbina eolica entra in funzione a velocità del vento di circa 3-5 m/s e raggiunge la sua potenza nominale a velocità di circa 10-14 m/s. A velocità del vento superiori, il sistema di controllo del passo inizia a funzionare in maniera da limitare la potenza della macchina e da prevenire sovraccarichi al generatore ed agli altri componenti elettromeccanici. A velocità di circa 22-25 m/s il sistema di controllo orienta le pale in maniera tale da mandare lo stallo il rotore e da evitare forti sollecitazioni e danni meccanici e strutturali. L'obiettivo è quello di far funzionare il rotore con il massimo rendimento possibile con velocità del vento comprese tra quella di avviamento e quella nominale, di mantenere costante la potenza nominale all'albero di trasmissione quando la velocità del vento aumenta e di bloccare la macchina in caso di venti estremi. Il moderno sistema di controllo del passo degli aerogeneratori permette di ruotare singolarmente le pale intorno al loro asse principale; questo sistema, in combinazione con i generatori a velocità variabile, ha portato ad un significativo miglioramento del funzionamento e del rendimento degli aerogeneratori.

La frenatura è effettuata regolando l'inclinazione delle pale del rotore ad un angolo di 91°. Ciascuno dei tre dispositivi di regolazione dell'angolo delle pale del rotore è completamente indipendente. In caso di un guasto del sistema di alimentazione, i motori a corrente continua sono alimentati da accumulatori che ruotano con il rotore. L'impiego di motori a corrente continua permette, in caso di emergenza, la connessione in continua degli accumulatori, senza necessità di impiego di inverter. Ciò costituisce un importante fattore di sicurezza, se confrontato coi sistemi pitch, progettati in corrente alternata. La torsione di una sola pala è sufficiente per portare la turbina in un range di velocità nel quale la turbina non può subire danni. Ciò costituisce un triplice sistema ridondante di sicurezza. Nel caso in cui uno dei sistemi primari di sicurezza si guasti, si attiva un disco meccanico di frenatura che arresta il rotore congiuntamente al sistema di registrazione della pala.

I sistemi frenanti sono progettati per una funzione "fail-safe"; ciò significa che, se un qualunque componente del sistema frenante non funziona correttamente o è guasto, immediatamente l'aerogeneratore si porta in condizioni di sicurezza.

Gli aerogeneratori hanno una vita utile di circa 30 anni, al termine dei quali è necessario provvedere al loro smantellamento ed eventualmente alla loro sostituzione con nuovi aerogeneratori.

La fase di decommissioning avverrà con modalità analoghe a quanto descritto per la fase di

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	16

installazione.

Le componenti elettriche (trasformatore, quadri elettrici, ecc) verranno quindi smaltite, in accordo con la direttiva europea (WEEE - Waste of Electrical and Electronic Equipment); le parti in metallo (acciaio e rame) e in plastica rinforzata (GPR) potranno invece essere riciclate.

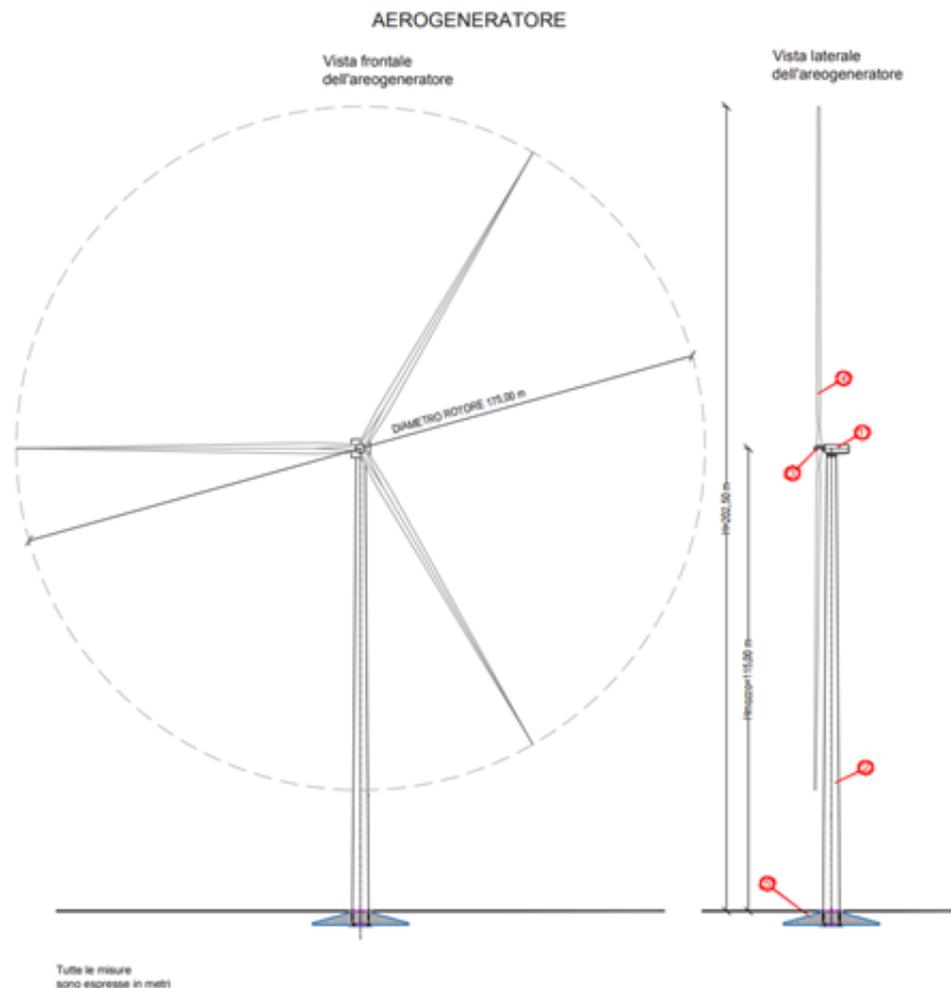


Fig.8 Schema tipo aerogeneratore avente altezza al mozzo pari a 115 m. e diametro rotore massimo di 175 m per un'altezza complessiva fino a 202,50 m

4.4. POTENZA INSTALLATA E PRODUCIBILITÀ

L'area attualmente occupata dal parco eolico, composto da 5 turbine Vestas V52 di potenza unitaria 850KW e 31 turbine Vestas V90 di potenza unitaria 2MW, è localizzata in Provincia di Trapani e delimitata a sud dalla strada statale SS188 e a nord dalla strada di bonifica SB24 ad

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	17

un'altitudine media di 250m slm. Per le nuove macchine che costituiranno il repowering dell'impianto sono state scelte 18 posizioni in prossimità delle turbine oggi in esercizio

In un'area limitrofa al sito è stata effettuata una campagna di misura con una torre anemometrica (ELI1) con le seguenti caratteristiche:

code	altezze e strumenti (m)	Quota s.l.m. (m)	inizio dati	fine dati	X UTM33W GS84	Y UTM33 WGS84
ELI1	94aa 90abt 75a 60a 54b 40a 5tp	284	25/01/ 2018	10/05/2021	295336	4186996

a anemometro, b banderuola, t termometro, p barometro

Tab. 4

Tutti i sensori di velocità (anemometri) sono provvisti di certificato di taratura.

L'orientamento e la dimensione dei supporti della torre seguano le indicazioni contenute nello standard internazionale IEA 1999 Wind monitoring Recommendations, e nello standard internazionale IEC 61400-12 Wind Turbine Power performance testing.

La torre è stata sottoposta a controlli periodici ed è stato redatto un registro delle manutenzioni per tenere traccia di ogni attività intrapresa su di essa.

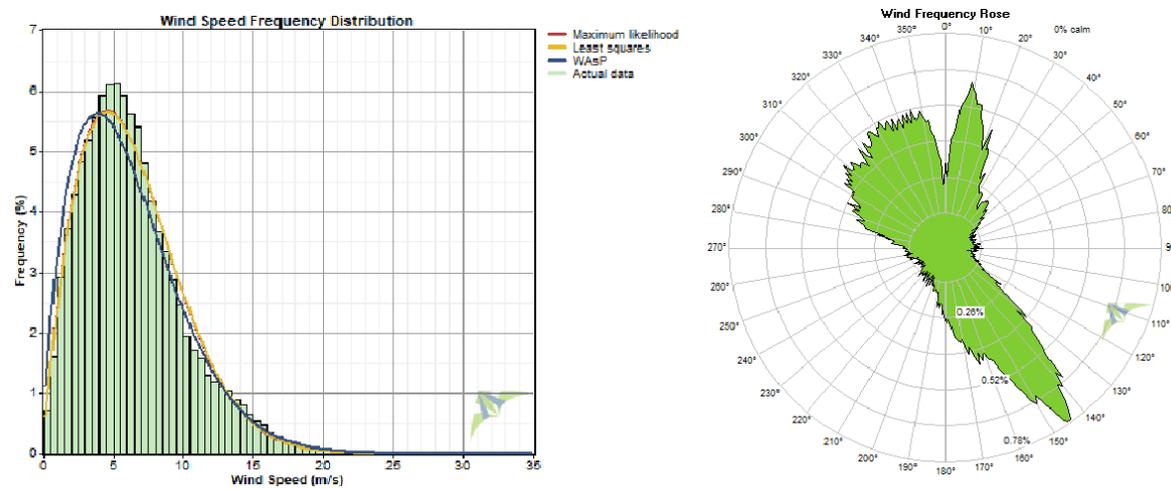


Fig.8

Disponendo sulla torre anemometrica di sensori di velocità a varie altezze, è stato calcolato nel punto della torre anemometrica il coefficiente medio di accrescimento verticale del vento (windshear). Il valore medio di windshear nel punto ELI1 risulta essere pari a 0.1.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	18

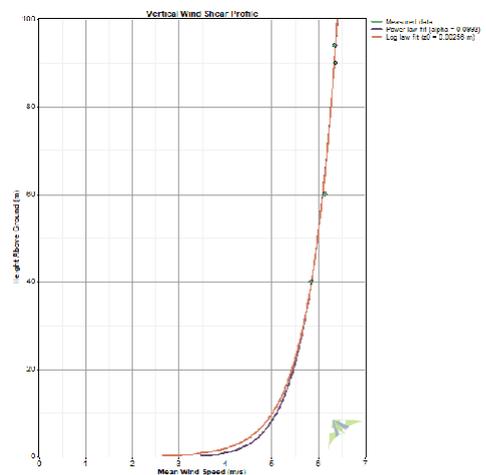


Fig. 9 profilo verticale del vento di ELI1

Nel periodo della campagna di misura di ELI1, in base allo Standard IEC 61400-1 terza edizione (2005), l'intensità della turbolenza media registrata a 15m/s è 8.6%.

I dati della torre anemometrica sono stati confrontati con i dati di funzionamento delle macchine dell'impianto esistente al fine di ottenere una serie storica di dati di vento rappresentativa del lungo periodo. La velocità media di lungo periodo del sito stimata a 94m è di 6.5m/s.

Tra i modelli di aerogeneratori che meglio si adattano alle caratteristiche anemologiche del sito, si è scelto di effettuare la stima di producibilità con il seguente:

Produttore	Modello	Potenza	Diametro rotore (m)	Altezza torre (m)
Vestas	V172 - 7.2	7.2M W	172	115

Tab. 5

Tramite l'utilizzo del software di simulazione fluidodinamica CFD Windsim è stato ricostruito il campo di vento a diverse altezze dal suolo per valutare la produzione al netto degli effetti scia di ciascuno dei modelli qui sopra elencati e studiare eventuali criticità ad esso legate.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	19

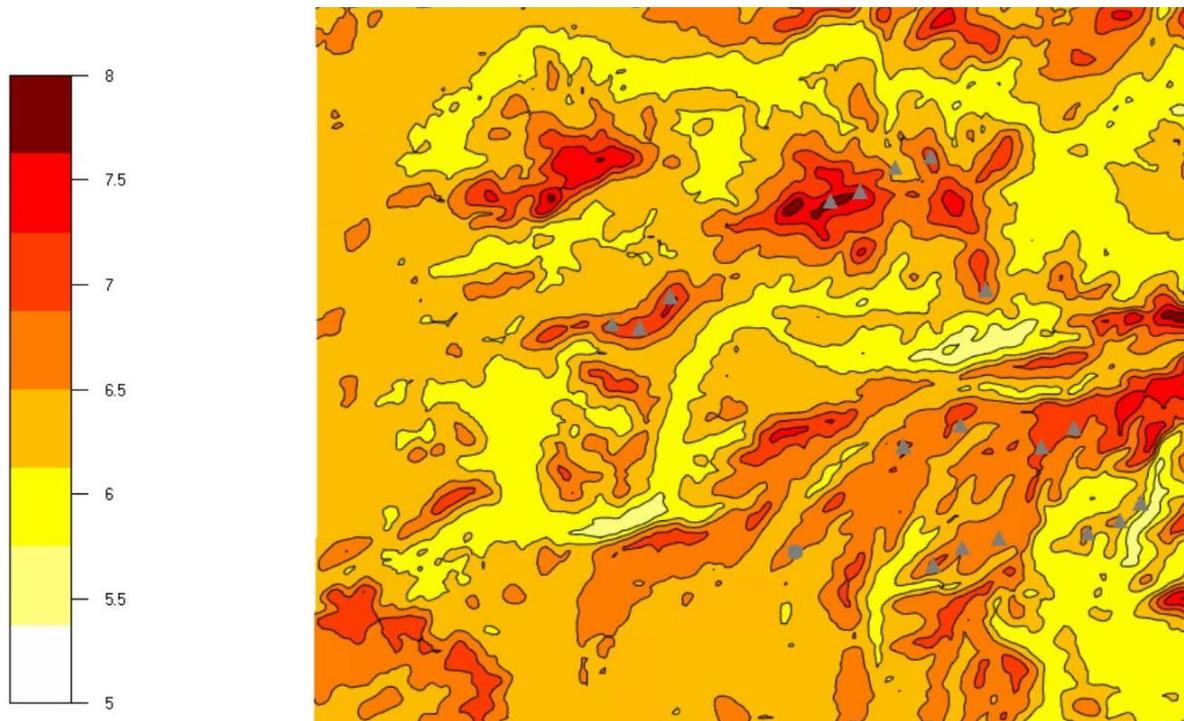


Fig. 10

Il layout proposto localizza le 18 nuove turbine in un'area con una buona ventosità nei pressi di posizioni attualmente occupate dagli aerogeneratori in esercizio.

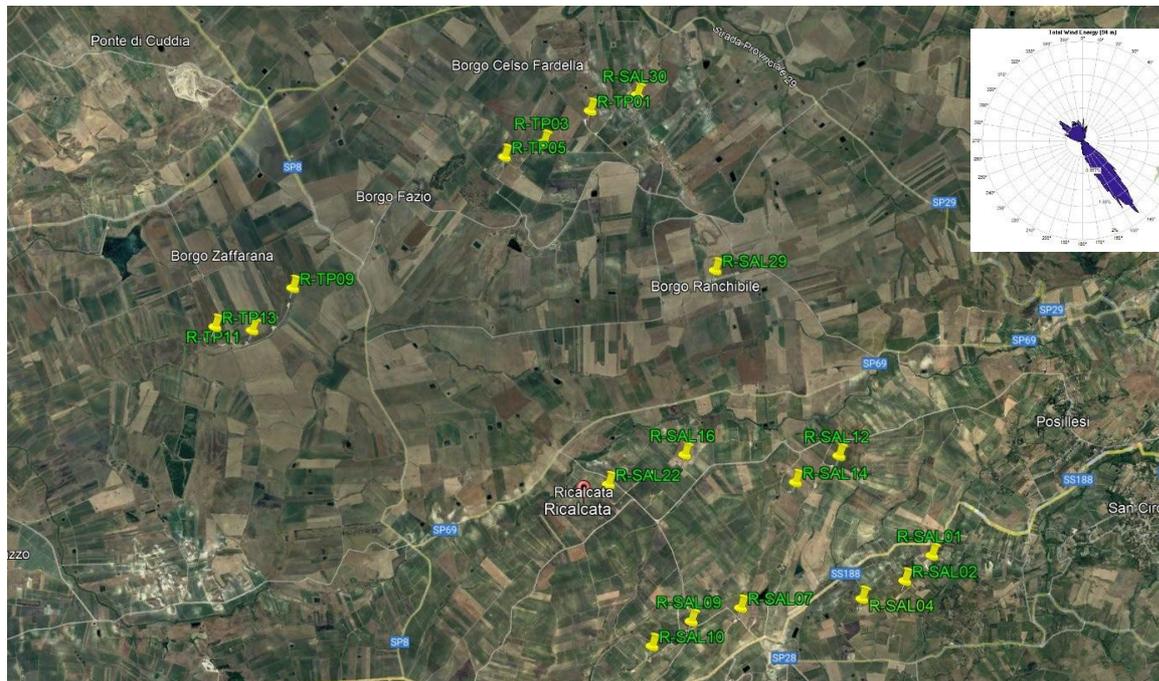


Fig. 11

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	20

L'analisi effettuata tramite le simulazioni svolte con Winsdism non ha evidenziato effetti scia o turbolenze anomale.

Si riportano di seguito le perdite medie stimate per l'intero parco eolico

perdite per effetto scia	3.2%
perdite elettriche	3.0%
perdite per condizioni ambientali	0.2%
disponibilità aerogeneratore	3.5%
Totale	9.9 %

Tab. 6

Le perdite per scia sono state stimate utilizzando Windsim, le perdite elettriche sono state calcolate utilizzando i dati di progetto, la disponibilità degli aerogeneratori è stata desunta dalle prassi di mercato.

Non sono state considerate nel presente studio perdite dovute alla mancata disponibilità della rete elettrica (manutenzione sottostazione, guasti elettrodotto, fuori servizio Terna), degradazioni della curva di potenza negli anni, mentre si sono tenute in considerazione le interazioni con altri parchi eolici in esercizio o in costruzione nelle immediate vicinanze.

Applicando le perdite così stimate alla produzione lorda dell'impianto si ottiene una produzione netta (P50) pari a 350 GWh
 netta (P75_10 anni) 321,20 GWh
 netta (P90_10 anni) 295,4 GWh

4.5. DESCRIZIONE GENERALE

L'impianto eolico oggetto di integrale ricostruzione ricade nelle medesime porzioni di territorio interessate dall'impianto esistente. Per maggiore chiarezza di quanto affermato, si rinvia all'elaborato avente titolo "Layout di progetto su ortofoto".

Gli aerogeneratori che saranno installati verranno scelti tra diversi fornitori ed in grado di sviluppare ciascuno 7,20 MW di potenza massima, con altezza del mozzo pari al massimo a 115 m e raggio del rotore a lordo fino a 87,50 m. L'altezza dell'aerogeneratore misurata dal piano di imposta sarà, pertanto, al massimo pari a 202,50 m. La struttura di fondazione dell'aerogeneratore sarà di tipo composto da:

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	21

- pali di fondazione di diametro non inferiore a 1,00 m, di profondità e in numero da definire nella successiva fase di progettazione esecutiva;
- plinto di fondazione di collegamento tra pali e sostegno dell'aerogeneratore. Il Plinto, interamente interrato, avrà esemplificativamente (le dimensioni finali si potranno avere solo nella successiva fase di progettazione esecutiva) forma troncoconica di diametro massimo 21,4 m e con altezza variabile da 1,60 m a 2,40 m. All'interno del plinto è annegato un elemento in acciaio denominato anchor cage, cui collegare la prima sezione del sostegno di cui al punto successivo. Le dimensioni sopra riportate sono da interpretarsi come orientative;
- sostegno dell'aerogeneratore costituito da una struttura in acciaio di forma troncoconica, di altezza pari a 115,00 m.

I cavi di potenza saranno interrati lungo strade sterrate e comunali

La scelta di intervenire con un integrale ricostruzione dell'impianto esistente discende da una approfondita analisi di producibilità, nonché dall'attenzione che la Società proponente riserva nei riguardi delle problematiche ambientali. Ci si riferisce, in particolare, allo sfruttamento massimo delle aree già interessate dalla presenza del parco eolico esistente, della viabilità e dei servizi ausiliari esistenti, a servizio del parco tuttora in esercizio, che verranno semplicemente adeguati al passaggio dei mezzi di trasporto eccezionali.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	22

5. INFRASTRUTTURE ED OPERE CIVILI DELL'IMPIANTO DI INTEGRALE RICOSTRUZIONE

5.1. FONDAZIONI AEROGENERATORI

Nella attuale fase di progettazione definitiva, si eseguiranno dei calcoli basati sullo studio geologico del dott. Carlo Cibella.

Durante la fase di progettazione esecutiva a seguito di indagini geologiche più approfondite saranno valutate eventuali alternative alle fondazioni indirette.

Come risulta dal calcolo di pre-dimensionamento, la fondazione indiretta proposta sarà costituita da un plinto circolare, di diametro variabile da 20 a 21,50 m e spessore variabile su pali di adeguata lunghezza. All'interno del plinto di fondazione sarà annegata una gabbia di ancoraggio metallica cilindrica dotata di una piastra superiore di ripartizione dei carichi ed una piastra inferiore di ancoraggio. Entrambe le piastre sono dotate di due serie concentriche fori che consentiranno il passaggio di barre filettate ad alta resistenza di diametro 36 mm, che, tramite dadi, garantiscono il corretto collegamento delle due piastre.

A tergo dei lati del manufatto dovrà essere realizzato uno strato di drenaggio dello spessore di 60 cm, munito di tubazione di drenaggio forata per l'allontanamento delle acque dalla fondazione. Nella fondazione, oltre al sistema di ancoraggio della torre, saranno posizionate le tubazioni passacavo in PVC corrugato, nonché gli idonei collegamenti alla rete di terra

Il dimensionamento finale delle fondazioni sarà effettuato sulla base dei parametri geotecnici derivanti dalle prove in sito e di laboratorio su campioni indisturbati prelevati nel corso di appositi sondaggi in fase di progettazione esecutiva.

L'analisi dei terreni e il predimensionamento delle fondazioni (cfr *relazione di predimensionamento delle fondazioni RST-PD-R0006_R0* e *relazione geotecnica/sismica RST-PD-R0005_R0*) suggeriscono l'adozione di una fondazione su pali.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	24

5.2. PIAZZOLE AEROGENERATORI

La fondazione sarà intestata su un terreno di sedime avente idonee caratteristiche geotecniche; essa avrà una superficie in pianta dell'ordine di 350-400 m², dove troveranno collocazione i dispersori di terra e le vie cavi interrato.

La piazzola per un montaggio standard è costituita da un trapezio rettangolo B=61,00 (m); b=30,00(m); h=38,00(m) oltre ad un rettangolo 22,00(m) x 16,00(m) ove sarà allocato l'aerogeneratore e un ulteriore rettangolo 5,00(m) x 88,00(m).

La piazzola per un montaggio "just in time" è costituita da un rettangolo B=57,50 (m); h=21,50(m).

Le singole piazzole a servizio degli aerogeneratori devono svolgere una doppia funzione:

1. Durante le fasi di costruzione permettere lo scarico dei componenti l'aerogeneratore (conci di torre, navicella, pale, etc.), il posizionamento delle gru per il montaggio, il movimento delle stesse con i componenti durante le fasi di assemblaggio e montaggio;
2. Durante le fasi di esercizio permettere la manutenzione ordinaria e straordinaria per tutta la vita utile del parco eolico.

Per le ragioni esposte sopra, per le piazzole a servizio degli aerogeneratori dovrà predisporre lo scotico superficiale, la spianatura, il riporto di materiale vagliato e la compattazione di una superficie, stimata in 50mx30m, tale da garantire una parte destinata come area di scarico dei materiali e una seconda destinata alla movimentazione degli stessi e ai relativi necessari lavori.

A montaggio ultimato, l'area attorno alle macchine (piazzola aerogeneratore) sarà mantenuta piana e sgombra da piantumazioni allo scopo di consentire le operazioni di controllo e/o manutenzione ordinaria e straordinaria delle macchine.

Le altre aree eccedenti la piazzola definitiva e quelle utilizzate temporaneamente per le attività di cantiere, montaggio main components WTG e stoccaggio, saranno ripristinate come ante operam, prevedendo il riporto di terreno vegetale per la successiva eventuale coltivazione.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	25

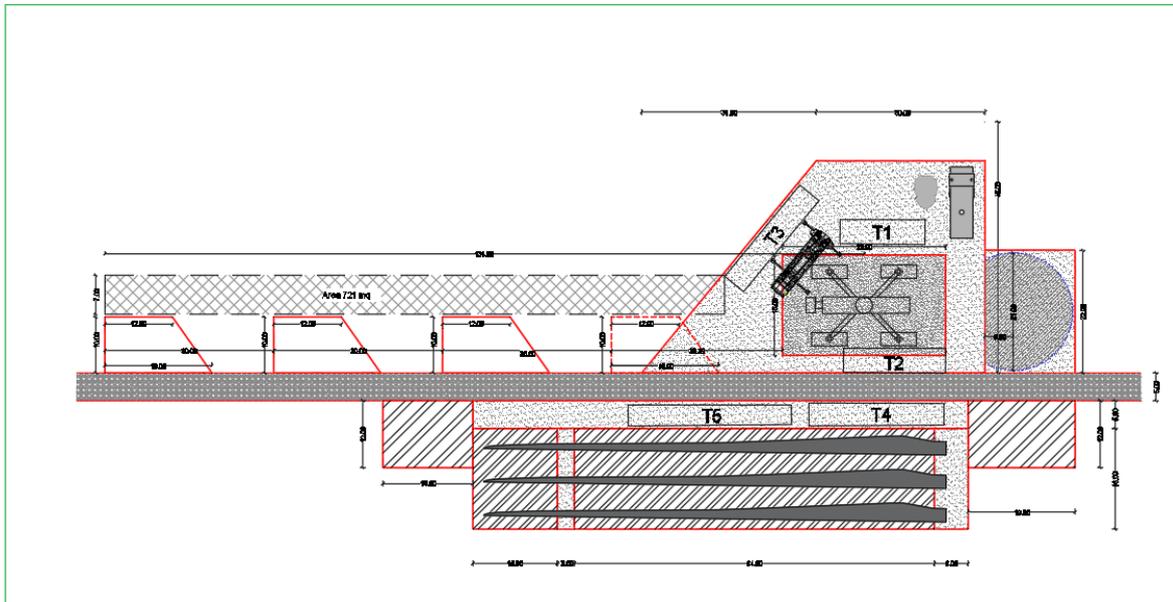


Fig.13 Schema tipo piazzola

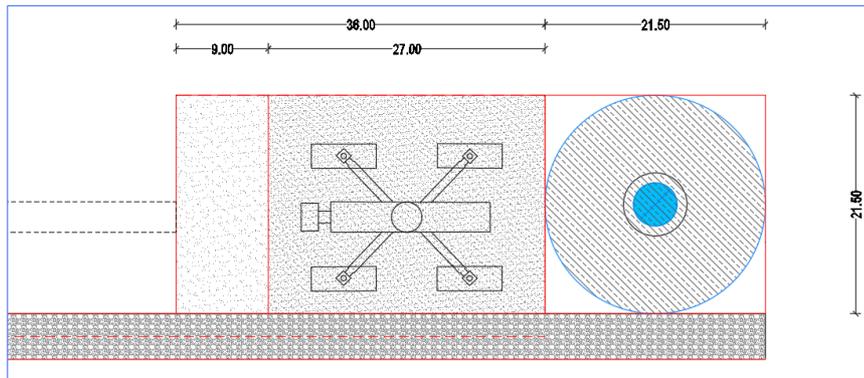


Fig. 14 Schema piazzola "just in time"

L'area interessata dagli aerogeneratori è servita da strade sterrate di dimensioni non adeguate al transito dei mezzi eccezionali in fase di montaggio delle macchine e dedicati in fase di manutenzione dell'impianto, che pertanto necessiteranno di un adeguamento delle loro dimensioni a quanto richiesto dalle specifiche (dimensioni riportate nella tabella precedente). Per questo la sezione stradale, con larghezza di 5,00 m più due banchine laterali di 0,5 m, per una dimensione complessiva pari a 6,00 m, sarà realizzata in massiciata composta da uno strato di fondazione in misto calcareo di 40 cm, eventualmente steso su geotessile disteso alla base del cassonetto stradale a diretto contatto con il terreno, allo scopo di limitare al massimo le

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	26

deformazioni e i cedimenti localizzati; superiormente sarà previsto uno strato di finitura/usura in misto stabilizzato, dello spessore di 20 cm.

Di seguito si riportano le sezioni tipo della pavimentazione stradale necessarie nei tratti di strade da adeguare e ove fosse necessario da realizzare, all'interno dell'area d'impianto:

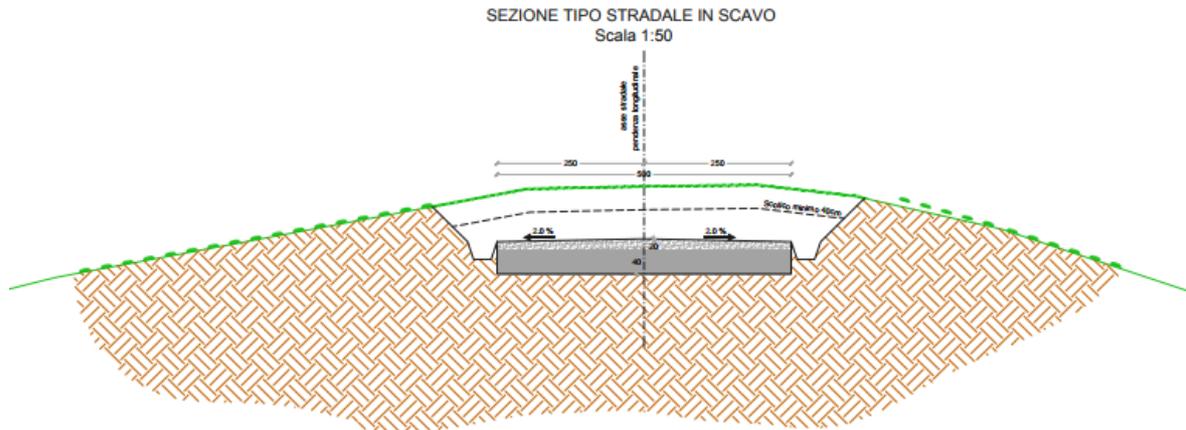


Fig.15

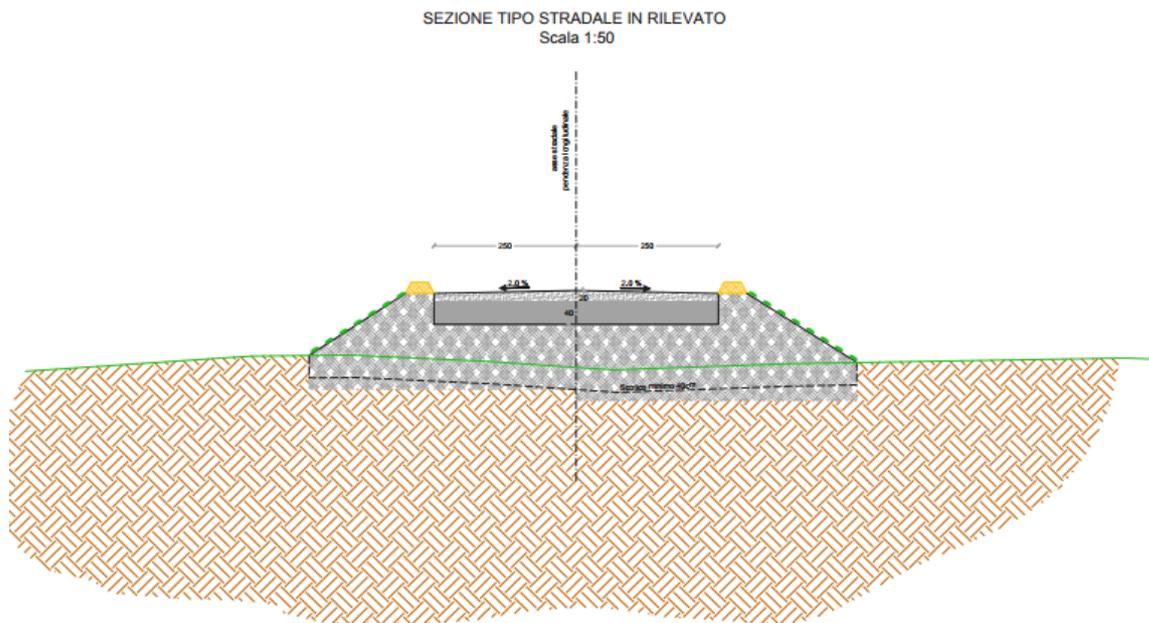


Fig.16

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	27

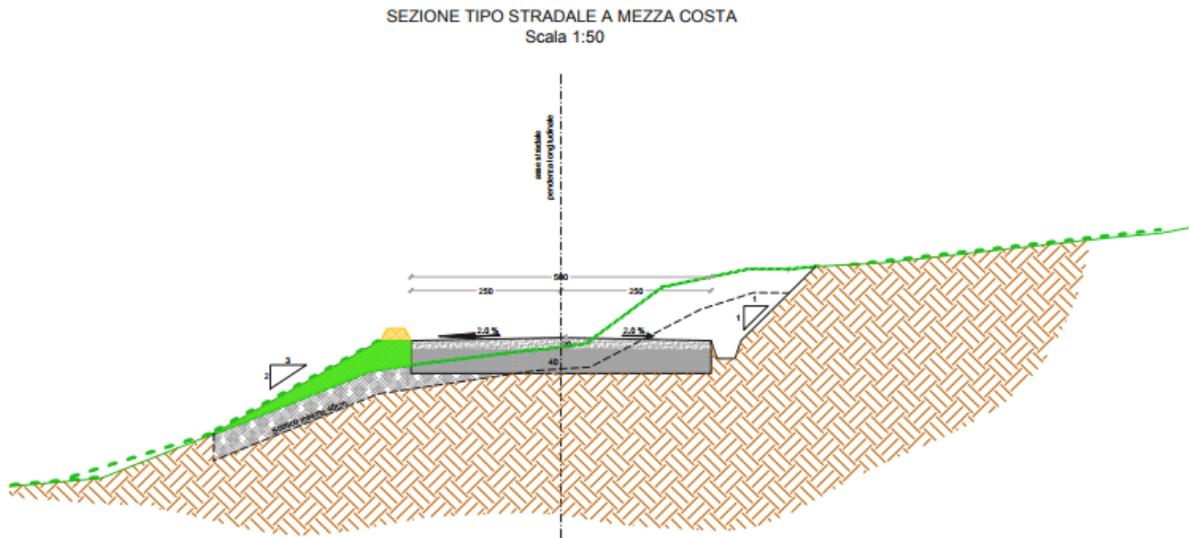


Fig.17

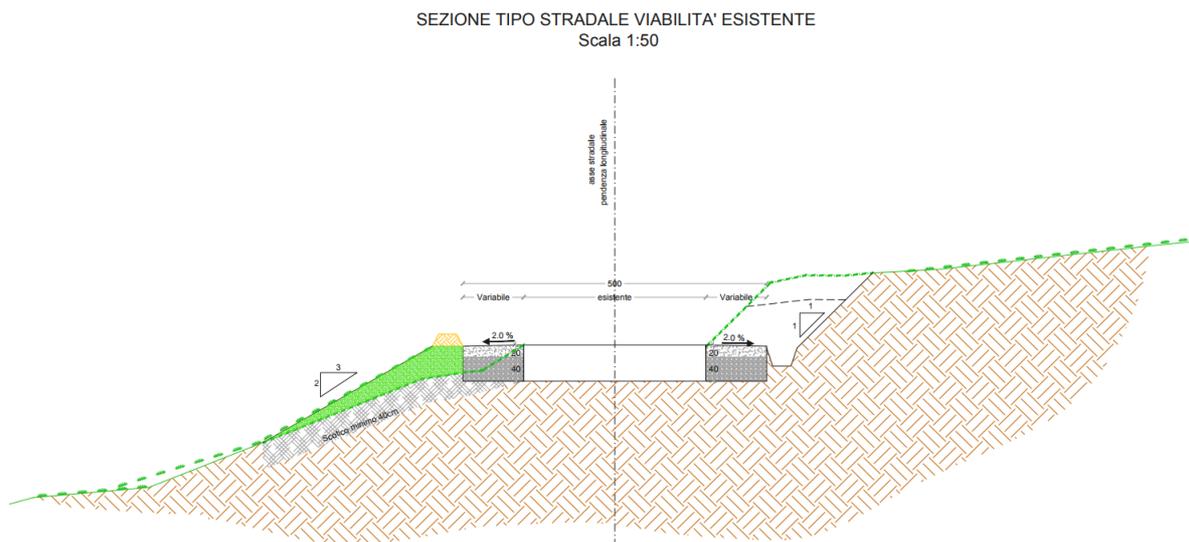


Fig.18

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	28

LEGENDA	
	Misto granulometrico con materiale classificato come "A1" Secondo - UNI CNR 10006:2002 avente dimensione massima non superiore a 30 mm e passante 2 mm compreso fra il 25% e 50%, passante 0,4 mm compreso tra il 15% e il 30%, e passante 0,075 compreso tra il 5% e il 15% (VEDI TABELLA UNI-EN 10006).
	Fondazione stradale eseguita con tout-venant di cava, costituiti da materiali rispondenti alle norme CNR-UNI 10006- classificato A1, inclusi tutti i magisteri occorrenti per portarlo all'umidità ottima, nonché il costipamento fino a raggiungere il 95% della densità AASHO modificata, compreso altresì ogni altro onere per dare il lavoro completo ed eseguito a perfetta regola d'arte. Misurato spessore finito dopo costipamento e per distanza dalle cave fino a 5 km. per strade in ambito extraurbano
	Rilevato/bonifica con materiale appartenente alla classe A1 Secondo - UNI CNR 10006:2002, per la formazione di corpo stradale e sue dipendenze, per colmate specificatamente ordinate ed altre opere consimili, con idonee materie provenienti, a cura e spese dell'impresa, da cave regolarmente autorizzate e site a distanza non superiore ai 5 km dal cantiere, accettate dalla D.L., compreso il trasporto delle materie dalle cave al cantiere, eseguito a strati orizzontali di 30 cm disposti secondo le sagome prescritte, compreso il compattamento del materiale del rilevato eseguito per ogni singolo strato fino a raggiungere una densità superiore a 90% di quella massima ottenuta in laboratorio con la prova AASHO modificata, a carico dell'impresa, per gli strati più bassi ed al 95% per lo strato superiore, di spessore non inferiore a 40 cm, compresa la fornitura dell'acqua occorrente e compresa altresì la formazione dei cigli, delle banchine e delle scarpate, ed ogni altro onere per dare il rilevato compiuto a regola d'arte.
	Misto cementato con inerti di cava pulito avente dimensioni degli elementi di 10 mm, esente da materiale argilloso con aggiunta di 300 Kg di cemento portland 325 per ogni mc di impasto
	Finitura stradale con strato in conglomerato cementizio, tipo idro DRAIN, a base di leganti idraulici cementizi, graniglie selezionate e di additivi sintetici, avente caratteristiche drenanti e traspiranti, con alta percentuale di vuoti, compreso la miscelazione come da scheda tecnica prodotto, e da impastare con sola acqua, in consistenza semiumida. Caratteristiche tecniche Colore Bruno mediante la miscelazione di ossido di ferro bruno tipo - Bayferrox bruno 686 G, (dosato con Kg 5,00 di ossido di ferro per ogni mc di conglomerato cementizio); Diametro max aggregato da 3 a 12 mm; Resistenza a compressione 28 gg (UNI EN 12390-3) ≥ 18 N/mm ² , ottenuta dalla miscelazione di tipologia 3-6 mm 25% e tipologia da 6-12 mm 75%; Massa volumetrica fresco > 1650 Kg/mc; Percentuali di vuoti $> 15\% < 30\%$; Capacità di drenaggio (UNI 12697-40) $5,78 \cdot 10^{-3}$ m/s > 300 mm/min; Area libera superficiale (drenante) 25%; Resistenza a flessione 1,3 MPa. Compreso l'eventuale aggiunta di cemento bianco classe 42,5 in ragione di 6 Kg ogni 100 Kg di prodotto, ed ogni altro onere e magistero per dare l'opera completa e funzionante a perfetta regola d'arte.
	Terreno naturale
	Terreno vegetale
N.B. Tutte le misure sono espresse in cm	

Fig.19

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	29

5.3. STRADE DI ACCESSO E VIABILITÀ DI SERVIZIO

All'interno del parco è presente una significativa rete di viabilità esistente a servizio del parco attualmente in esercizio. Essa sarà utilizzata per accedere ad ognuna delle piattaforme degli aerogeneratori, sia durante la fase di esecuzione delle opere che nella successiva manutenzione del parco eolico e costituiranno peraltro spesso una utile viabilità aperta a tutti per la fruizione del territorio.

Nella definizione del layout dell'impianto è stata sfruttata la viabilità di servizio delle turbine esistenti (strade provinciali, comunali, vicinali, piste, ecc.), onde contenere gli interventi. A tal fine è stata predisposta la progettazione, sulla scorta dei rilievi topografici effettuati, dell'intera viabilità interna al parco eolico interessando quasi esclusivamente strade e piste esistenti da adeguare per il passaggio dei mezzi di trasporto eccezionale dei componenti dei nuovi aerogeneratori. In fase di esecuzione dei tracciati stradali sarà ottimizzato il deflusso delle acque.

La viabilità del parco serve tutti gli aerogeneratori ed è costituita dagli assi viari le cui caratteristiche dimensionali sono riportati nella tabella seguente.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	30

Nome asse	L tot (m)	L strada esistente da adeguare (m)	L strada nuova (m)	Pend. Max.
Asse R-SAL01	393,433	340,000	53,433	11,8%
Asse R-SAL02	1003,674	993,674	100,000	12,1%
Asse giro 1	106,317	0,000	106,317	6,0%
Asse R-SAL04	247,526	140,000	107,256	12,5%
Asse R-SAL07	355,627	355,627	0,000	5,1%
Asse R-SAL09	1934,364	1934,364	0,000	9,6%
Asse R-SAL10	550,792	450,792	100,000	7,9%
Asse R-SAL12	234,561	204,561	30,000	2,3%
Asse R-SAL14	1113,486	930,486	183,000	5,6%
Asse giro 2	112,262	0,000	112,262	0,8%
Asse R-SAL16	412,422	370,000	42,422	8,9%
Asse R-SAL22	593,720	550,000	43,720	5,7%
Asse R-SAL29	715,494	500,000	215,494	14,7%
Asse R-SAL30	805,737	805,737	0,000	15,7%
Asse R-TP01	901,329	850,000	51,329	12,6%
Asse R-TP03	282,430	282,430	0,000	3,3%
Asse R-TP05_1	1136,707	1136,707	0,000	15,6%
Asse R-TP05_2	142,648	142,648	0,000	0,5%
Asse R-TP09	2060,621	1950,621	110,000	12,6%
Asse R-TP11	169,818	69,818	100,000	7,1%
Asse R-TP13	350,788	120,788	130,000	12,2%
Asse By-pass	315,000	0,000	315,000	6,0%
Totali	13938,756	12138,523	1800,233	
%	100,00%	87,10%	12,90%	

Tab.7- Tabella con individuazioni degli assi stradali e relative lunghezze

Complessivamente la lunghezza della viabilità del parco eolico è pari a 13.938,756 m di cui 12.138,523 m, pari al 87,10%, riguardano modifiche a viabilità esistente mentre 1.800,233 m pari al 12,90 % riguardano nuove viabilità; dunque, nel complesso per realizzare 129,60 MW circa di impianto occorrerà realizzare 1.800,233 m di nuove strade sterrate.

Le nuove strade sterrate, ove possibile, saranno realizzate in modo tale da interessare marginalmente i fondi agricoli; essi avranno lunghezze e pendenze delle livellette tali da seguire, per quanto possibile, la morfologia propria del terreno evitando eccessive opere di scavo o riporto. La costruzione delle strade ed il rinnovo di quelle esistenti non sono solo a vantaggio

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	31

del parco eolico ma permettono anche un migliore accesso a chi le utilizza per l'agricoltura e per la pastorizia, nonché per i mezzi antincendio, fondamentali in una zona arida ed a volte soggetta a incendi specie nel periodo estivo. La progettazione della viabilità è stata condotta secondo le specifiche tecniche tipiche dei maggiori fornitori di aerogeneratori con dimensioni e pesi compatibili.

In particolare, le specifiche principali di carattere generale sono di seguito riportate:

Viabilità	
Larghezza carreggiata per $R > R_{min}$	5,00 m
Pendenza trasversale	2% a schiena d'asino
Raggio planimetrico minimo (R_{min})	100 m
Allargamenti per $R < R_{min}$	Caso per caso con simulazione mezzo
Pendenza max livelletta (rettifilo)	18%
Pendenza max livelletta (curva con $R < 120m$)	10%
Pendenza livelletta con traino	>14%
Raccordo verticale minimo convesso	770 m
Raccordo verticale minimo concavo	770 m
Pendenza max livelletta per stazionamento camion	10%
Piazzole	
Dimensioni standard per piazzola intermedia	Per montaggio tradizionale ed aventi le seguenti dimensioni trapezoidali: b mag. 61.00(m), b min 30,00(m), h 38,00(m); più un rettangolo di 88,00 (m) x 5,00 (m) e un ulteriore rettangolo di 16,00 (m) x 22,00 (m) Per montaggio just in time ed aventi le seguenti dimensioni: 57.50(m) x 26.50(m)
Piazzola ausiliari per il montaggio del braccio gru stralciata	
Pendenze max longitudinali	0,5 %

Tab 8 -Specifiche principali di viabilità e piazzole

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	32

La sezione stradale, con larghezza di 5,00 m più due banchine laterali di 0,5 m, sarà realizzata in massiciata composta da uno strato di fondazione in misto calcareo di 40 cm, eventualmente steso su geotessile disteso alla base del cassonetto stradale a diretto contatto con il terreno, allo scopo di limitare al massimo le deformazioni e i cedimenti localizzati; superiormente sarà previsto uno strato di finitura/usura in misto stabilizzato, dello spessore di 20 cm.

5.4. RILEVATI E SOVRASTRUTTURE – BONIFICHE E SOTTOFONDI

Di seguito si riportano le caratteristiche principali dei materiali necessari per la costruzione di strade e piazzole.

5.4.1. Rilevati aridi e soprastrutture per piazzole e strade

L'esecuzione dei corpi di rilevato e delle soprastrutture (ossatura di sottofondo) per strade e per le piazzole di alloggiamento degli aerogeneratori deve avvenire coerentemente ai disegni ed alle prescrizioni di progetto.

È richiesta particolare attenzione nella preliminare "gradonatura" dei piani di posa, nella profilatura esterna dei rilevati e nella conformazione planimetrica delle soprastrutture, specie nelle piazzole.

Ove queste ultime si posano su sottofondo ottenuto mediante scavo di sbancamento, allorché la compattazione del terreno in sito non raggiunge il valore prefissato si deve provvedere alla bonifica del sottofondo stesso mediante sostituzione di materiale, come previsto al successivo punto "*Bonifica dei piani di posa*".

I materiali da utilizzare per la formazione dei rilevati delle strade e, o delle piazzole dovranno appartenere alle categorie A1, A2.1, A2.2, A2.3, A2.4, A.2.5, A3 secondo la classificazione della norma UNI CNR 10006:2002.

L'esecuzione del rilevato può iniziare solo quando il terreno in sito risulta scoticato, gradonato e costipato con uso di rullo compressore adatto alle caratteristiche del terreno; il costipamento può ritenersi sufficiente quando viene raggiunto il valore di capacità portante corrispondente ad un Modulo di deformazione "Md" di almeno 30 N/mm², da determinarsi mediante prove di carico su piastra, con le modalità riportate nel seguito, e con frequenza di una prova ogni 500 m² di area trattata o frazione di essa.

5.4.2. Sovrastrutture per piazzole e strade

Per la formazione della soprastruttura per piazzole e strade si deve utilizzare esclusivamente il misto granulare di cava classificato A1 secondo la classificazione della norma UNI CNR 10006:2002.

L'esecuzione della soprastruttura può avvenire solo quando il relativo piano di posa risulta

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	33

regolarizzato, privo di qualsiasi materiale estraneo, costipato fino ai previsti valori di capacità portante (pari ad un "Md" di almeno 30 N/mm² per piani di sbancamento o bonifica, e pari ad un "Md" di almeno 80 N/mm² per piani ottenuti con rilevato) da determinarsi mediante prove di carico su piastra con la frequenza sopra definita.

Sia nell'esecuzione dei rilevati che delle soprastrutture il materiale deve essere steso a strati di 20-25 cm d'altezza, secondo quanto stabilito nei disegni di progetto, compattati, fino al raggiungimento del 95% della densità AASHO modificata, inclusi tutti i magisteri per portare il materiale all'umidità ottima, tenendo presente che l'ultimo strato costipato consenta il deflusso delle acque meteoriche verso le zone di compluvio, e rifilato secondo progetto.

Il costipamento di ogni strato di materiale deve essere eseguito con adeguato rullo compressore previo eventuale innaffiamento o ventilazione fino all'ottimo di umidità.

Il corpo di materiale può dirsi costipato al raggiungimento del 95% della densità AASHO modificata e comunque quando ai vari livelli viene raggiunto il valore di "Md" pari almeno a quello richiesto, da determinarsi mediante prova di carico su piastra con le modalità di seguito descritte.

Per l'eventuale primo strato della soprastruttura è richiesto un Md di almeno 80 N/mm² mentre per lo strato finale della soprastruttura è richiesto un Md di almeno 100 N/mm².

Il controllo delle compattazioni in genere viene eseguito su ogni strato, mediante una prova di carico su piastra ogni 500 m² di area trattata o frazione di essa, e comunque con almeno n. 4 prove per strato di materiale.

A costipamento avvenuto, se i controlli risultano favorevoli, si dà luogo a procedere allo stendimento ed alla compattazione dello strato successivo.

5.4.3. Sistemazione del piano di posa

Il piano di posa è costituito dall'intera area di appoggio dell'opera in terra ed è rappresentato da un piano ideale al disotto del piano di campagna ad una quota non inferiore a cm 30, che viene raggiunto mediante un opportuno scavo di sbancamento che allontani tutto il terreno vegetale superficiale; lo spessore dello sbancamento dipenderà dalla natura e consistenza dell'ammasso che dovrà rappresentare il sito d'impianto dell'opera.

Qualora, al disotto della coltre vegetale, si rinvenga un ammasso costituito da terreni A1, A3, A2 (secondo la classificazione C.N.R.) sarà sufficiente eseguire la semplice compattazione del piano di posa così che il peso del secco in sito (massa volumica apparente secca nelle unità S.I.) risulti pari al 90% del valore massimo ottenuto in laboratorio nella prova A.A.S.H.T.O. Mod. su un campione del terreno.

Per raggiungere tale grado di addensamento si potrà intervenire, prima dell'operazione di compattazione, modificando l'umidità in sito per modo che questa risulti prossima al valore ottimo rilevabile dalla prova A.A.S.H.T.O. Mod.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	34

Se, invece, tolto il terreno superficiale (50 cm di spessore minimo) l'ammasso risulta costituito da terreni dei gruppi A4, A5, A6, A7 sarà opportuno svolgere una attenta indagine che consenta di proporre la soluzione più idonea alla luce delle risultanze dei rilevamenti geognostici che occorrerà estendere in profondità.

I provvedimenti da prendere possono risultare i seguenti:

- approfondimento dello scavo di sbancamento, fino a profondità non superiori a 1,50 - ;- 2,00 m dal piano di campagna, e sostituzione del terreno in sito con materiale granulare Al (Ala od Alb), A3 od A2, sistemato a strati e compattato così che il peso secco di volume risulti non inferiore al 90% del valore massimo della prova A.A.S.H.T.O. Mod. di laboratorio; si renderà necessario compattare anche il fondo dello scavo mediante rulli a piedi di montone;
- approfondimento dello scavo come sopra indicato completato, dove sono da temere risalite di acque di falda per capillarità, da drenaggi longitudinali con canalette di scolo o tubi drenanti che allontanino le acque raccolte dalla sede stradale;
- sistemazione di fossi di guardia, soprattutto per raccogliere le acque superficiali lato monte, di tombini ed acquedotti in modo che la costruzione della sede stradale non modifichi il regime idrogeologico della zona.

Qualora si rinvenivano strati superficiali di natura torbosa di modesto spessore (non superiore a 2,00 m) è opportuno che l'approfondimento dello scavo risulti tale da eliminare completamente tali strati.

Per spessori elevati di terreni torbosi o limo-argillosi fortemente imbibiti d'acqua, che rappresentano ammassi molto compressibili, occorrerà prendere provvedimenti più impegnativi per accelerare l'assestamento (con pali di sabbia o mediante precompressione statica per mezzo di un sovraccarico) ovvero sostituire l'opera in terra (rilevato) con altra più idonea alla portanza dell'ammasso.

Nei terreni acclivi la sistemazione del piano di posa dovrà essere realizzata a gradoni facendo in modo che la pendenza trasversale dello scavo non superi il 5%; in questo caso risulta sempre necessaria la costruzione lato monte di un fosso di guardia e di un drenaggio longitudinale se si accerta che il livello della falda è superficiale.

Per individuare la natura meccanica dei terreni dell'ammasso si consiglia di eseguire, dapprima, semplici prove di caratterizzazione e di costipamento:

- umidità propria del terreno;
- granulometria;
- limiti ed indici di Atterberg;
- prova di costipamento A.A.S.H.T.O. Mod.

Nei terreni che si giudicano molto compressibili si procederà ad ulteriori accertamenti mediante prove edometriche (su campioni indisturbati) o prove penetrometriche in sito.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	35

Per i terreni granulari di apporto (tipo A1, A3, A2) saranno sufficienti le analisi di caratterizzazione e la prova di costipamento.

I controlli della massa volumica in sito negli strati ricostituiti con materiale granulare idoneo dovranno essere eseguiti ai vari livelli (ciascuno strato non dovrà avere spessore superiore a 30 cm a costipamento avvenuto) ed estesi a tutta la larghezza della fascia interessata.

Ad operazioni di sistemazione ultimate potranno essere ulteriormente controllate la portanza del piano di posa mediante la valutazione del modulo di compressibilità M_e , secondo le norme CNR, eventualmente a doppio ciclo:

- per rilevati fino a 4 m di altezza, il campo delle pressioni si farà variare da 0,5 a 1,5 daN/cm²;
- per rilevati da 4 a 10 m, si adotterà il Δp compreso fra 1,5 e 2,5 daN/cm².

In ogni caso dovrà risultare $M_e \geq 300$ daN/cm².

Durante le operazioni di costipamento dovrà accertarsi l'umidità propria del materiale; non potrà procedersi alla stessa e perciò dovrà attendersi la naturale deumidificazione se il contenuto d'acqua è elevato; si eseguirà, invece, il costipamento previo innaffiamento se il terreno è secco, in modo da ottenere, in ogni caso, una umidità prossima a quella ottima predeterminata in laboratorio (prova A.A.S.H.T.O. Mod.), la quale dovrà risultare sempre inferiore al limite di ritiro.

Prima dell'esecuzione dell'opera dovrà essere predisposto un tratto sperimentale così da accertare, con il materiale che si intende utilizzare e con le macchine disponibili in cantiere, i risultati che si raggiungono in relazione all'umidità, allo spessore ed al numero dei passaggi dei costipatori.

Durante la costruzione ci si dovrà attenere alle esatte forme e dimensioni indicate nei disegni di progetto, e ciascuno strato dovrà presentare una superficie superiore conforme alla sagoma dell'opera finita.

Le scarpate saranno perfettamente profilate e, ove richiesto, saranno rivestite con uno spessore (circa 20 cm) di terra vegetale per favorire l'inerbimento.

Il volume compreso fra il piano di campagna ed il piano di posa del rilevato (definito come il piano posto 30 cm al disotto del precedente) sarà eseguito con lo stesso materiale con cui si completerà il rilevato stesso.

I piani di posa in corrispondenza di piazzole o sedi stradali ottenuti per sbancamento ed atti a ricevere la soprastruttura, allorché il terreno di imposta non raggiunge nella costipazione il valore di M_d pari a 30 N/mm², o i piani di posa dei plinti di fondazione il cui terreno costituente è ritenuto non idoneo a seguito di una prova di carico su piastra, devono essere oggetti di trattamento di "bonifica", mediante sostituzione di uno strato di terreno con equivalente in misto granulare arido proveniente da cava di prestito.

Detto materiale deve avere granulometria "B" (pezzatura max 30 mm) come risulta dalla norma

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	36

CNR-UNI 10006 e deve essere steso a strati e compattato con criteri e modalità già definiti al precedente punto "*Rilevati aridi e soprastrutture per piazzole e strade*".

Nel caso di piazzole e strade, la bonifica può ritenersi accettabile quando a costipamento avvenuto viene raggiunto il valore di capacità portante corrispondente ad un Md di almeno 30 N/mm², da determinarsi mediante prove di carico su piastra - con le modalità già definite in precedenza - con la frequenza di una prova ogni 500 m² di area bonificata, o frazione di essa.

Nel caso di plinti di fondazione, per l'accettazione della bonifica devono essere raggiunti i valori di capacità portante corrispondenti ad un Md di almeno 30 N/mm².

5.4.4. Pavimentazione con materiale arido

Di norma il pacchetto stradale avrà uno spessore complessivo di cm 60 e dovrà essere realizzata con materiale classificato come A1.

I primi 30 cm. a contatto con il terreno naturale, saranno realizzati con materiali provenienti dagli scavi, previa classificazione tipo A1 secondo la classificazione UNI 10006 mentre i rimanenti 30 cm saranno realizzati con misto granulometrico, proveniente da cava, tipo A1 avente dimensioni massima degli inerti pari a 30 mm, rullato fino all'ottenimento di un Md > 100 N/mm².

5.5. VERIFICA GEOTECNICA DELLA FONDAZIONE STRADALE

5.5.1. Caratteristiche geometriche delle strade e delle piazzole

Nel seguente capitolo si riportano le teorie di calcolo ed i risultati ottenuti per il dimensionamento di massima del pacchetto stradale sia della viabilità che delle piazzole. Le caratteristiche geometriche delle strade sterrate progettate sono state dettate da esigenze derivanti dall'ingombro dei mezzi eccezionali di trasporto dei componenti gli aerogeneratori che, quindi, hanno vincolato sia dal punto di vista altimetrico che planimetrico il tracciamento degli assi e delle piazzole di montaggio.

5.5.2. Dimensionamento di massima della pavimentazione di strade e piazzole

Per il dimensionamento di massima della pavimentazione si è fatto riferimento al "*Metodo di progetto della road note 29*", impiegando l'abaco per il calcolo dello spessore della fondazione. Nota la portanza del sottofondo (CBR di progetto) si può calcolare lo spessore della fondazione in funzione del numero di passaggi di assi da 8,2 t.

Il numero di passaggi normalizzati considerato è di 10⁵. La determinazione dello spessore degli strati della pavimentazione flessibile si ottiene utilizzando il numero di passaggi di un asse standard da 8,2 t sulla corsia di progetto durante la vita utile.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	37

Si determina il valore dello spessore della fondazione in funzione del numero dei passaggi e del parametro caratteristico del CBR. A tal fine si usa il seguente abaco:

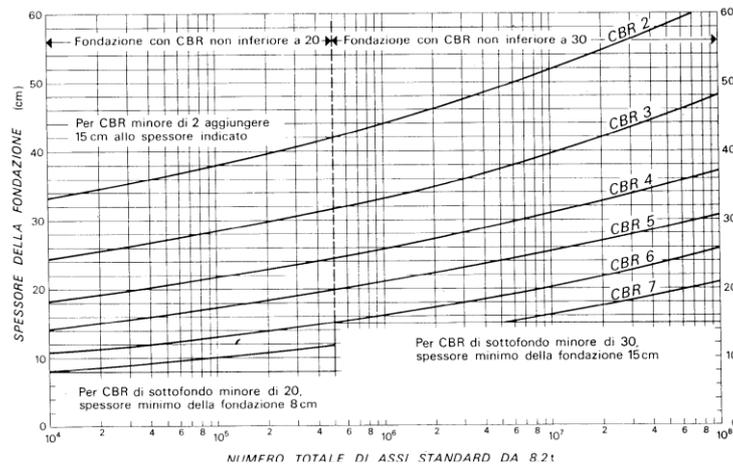


Fig.20 – Diagramma per la determinazione dello spessore dello strato di fondazione

Dall'esame del grafico si evince che, anche nel caso di valori CBR bassi, lo spessore della pavimentazione non supera i 60 cm, valore preso a riferimento dalla progettazione stradale. In fase di esecuzione si faranno apposite prove su piastra per verificare la validità dello spessore di 60 cm preso a riferimento.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	38

6. OPERE DI INGEGNERIA AMBIENTALE

6.1. GENERALITÀ

Tra le specifiche dettate dal Committente dell'opera riveste un ruolo importante la volontà di preservare l'“habitus naturale” mediante l'adozione di tutte le possibili tecniche di bioingegneria ambientale. Tali interventi di ingegneria naturalistica, intrapresi per la salvaguardia del territorio, dovranno avere lo scopo di:

- intercettare i fenomeni di ruscellamento incontrollato che si verificano sui versanti per mancata regimazione delle acque;
- ridurre i fenomeni di erosione e di instabilità dei versanti;
- regimare in modo corretto le acque su strade, piste e sentieri;
- ridurre il più possibile l'impermeabilizzazione dei suoli creando e mantenendo spazi verdi e diffondendo l'impiego della vegetazione nella sistemazione del territorio.

Come evidenziato nei capitoli precedenti le infrastrutture esistenti del parco eolico non subiranno modifiche sostanziali. Le strade e le opere a corredo saranno riutilizzate pressoché per intero. Le opere che subiranno modifiche sono le piazzole di montaggio che necessitano di spazi maggiori delle piazzole precedenti.

E' proprio nella realizzazione delle piazzole che si renderanno necessari in alcuni casi realizzare opere di sostegno dei rilevati quali le terre rinforzate e/o palificate in legno ed opere di contrasto quali gabbionate.

Di seguito alcune immagini relative a tipiche opere di bioingegneria laddove necessarie:



Foto 1 Esempio di opera in terre rinforzate - Fonte HE

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	39



Foto 2 Esempio di opera in gabbioni - Fonte HE

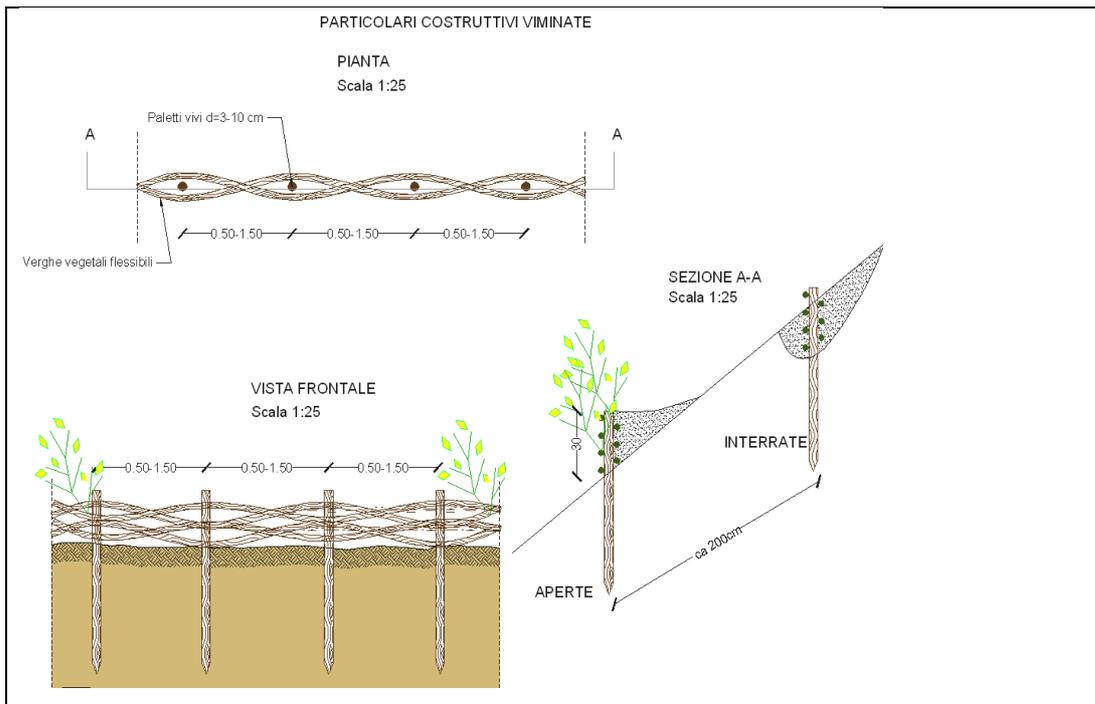
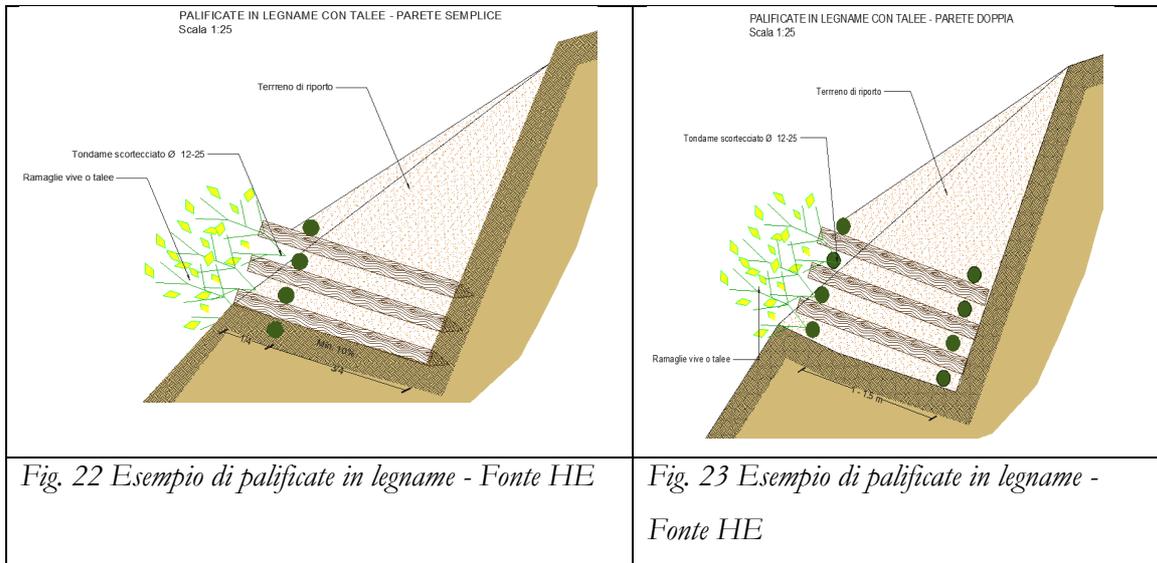


Fig. 21 Esempio di viminate - Fonte HE

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	40



Le immagini che seguono mostrano esempi di inerbimento con il raffronto ante e post intervento:



CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	41



Foto 5 Ante operam - Fonte HE



Foto 6 Post operam Fonte HE



Foto 7 Ante operam - Fonte HE



Foto 8 Post operam Fonte HE



Foto 9 Ante operam - Fonte HE



Foto 10 Post operam Fonte HE

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	42

	
<i>Foto 11 Ante operam - Fonte HE</i>	<i>Foto 12 Post operam Fonte HE</i>
	
<i>Foto 13 Ante operam - Fonte HE</i>	<i>Foto 14 Post operam Fonte HE</i>

6.2. SPECIFICHE TECNICHE DEGLI INTERVENTI

6.2.1. Opere con fascinate

Per preservare il sito da fenomeni di erosione superficiale verranno adottati tecniche utili alla stabilizzazione della porzione più superficiale di suolo.

Tali tecniche si presentano molto elastiche e in grado di adattarsi alle irregolarità del terreno, alla presenza di affioramenti rocciosi, e addirittura a ulteriori movimenti di assestamento del terreno dopo la messa in opera.

In tal modo il consolidamento ed il ripristino delle condizioni ambientali saranno raggiunti impiegando opere relativamente leggere per non sovraccaricare il terreno, e assicurando la massima protezione antierosiva.

Le fascinate sono utili a tali scopi: esse sono la "messa a dimora di fascine vive di specie legnose con capacità di riproduzione vegetativa".

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	43

Le fascinate sono utilizzate negli interventi di sistemazione dei versanti con pendenza non superiore ai 30°-35°; con questo sistema si ottiene il rinverdimento ed il drenaggio superficiale dei pendii mediante la formazione di file di gradoni, disposti parallelamente alle curve di livello, nei quali sono sistemati delle fascine di astoni o ramaglia, possibilmente lunghi e dritti, prelevati da piante legnose con elevata capacità di diffusione vegetativa.

Le fascinate vive comprendono due tipologie costruttive differenziate in base al materiale vegetale impiegato:

- fascinate vive con ramaglia;
- fascinate vive con piantine.

Le fascinate vive con ramaglia comportano un ridotto movimento di terra; la loro realizzazione prevede lo scavo di solchi profondi da 0,3 a 0,5 m ed altrettanto larghi, dove si sistemano orizzontalmente le fascine di ramaglia, prelevate da specie legnose con buona capacità di propagazione vegetativa.

In ogni sezione trasversale della fascina, dovranno essere presenti 5 verghe di almeno 1 cm di diametro, con punti di legatura distanti 70 cm l'uno dall'altro. La costruzione avviene fissando le fascine di ramaglia con paletti in legno vivo (pioppo o salici) o morto (castagno, larice etc) lunghi almeno 60-100 cm e diametro compreso tra 5 e 10 cm, infissi nel terreno attraverso la fascina o a valle di essa. Lo scavo viene quindi ricoperto con un leggero strato di terreno proveniente dagli scavi dei fossi superiori.

Le file di gradoni con le fascine di ramaglia sono eseguite orizzontalmente, secondo le curve di livello o con una leggera inclinazione obliqua rispetto al pendio per aumentare la capacità di deflusso delle acque superficiali e l'efficacia drenante del sistema. La distanza fra file successive si aggira mediamente intorno a 1,5-2 m. Una variante di questo sistema, applicata dove si richiede una maggiore efficacia consolidante dell'intervento, prevede l'associazione delle fascine con viminate.

Nel caso di fascinata viva con piantine radicate di specie arbustive, l'esecuzione dell'intervento comporta alcuni accorgimenti e procedure diverse da quelle della tecnica precedente.

Infatti, le fascine di ramaglia sono più leggere e con un numero inferiore di verghe (3-6), i solchi sono più larghi di circa 10-15 cm e le piantine radicate sono messe a dimora in numero di circa 1-2 esemplari per metro.

Il solco, dopo la messa a dimora delle fascine e delle piantine, è riempito con il terreno, eventualmente ammendato, proveniente dagli scavi.

Le fascinate, come tutti gli altri interventi che impiegano materiali vivi, devono essere realizzate solo durante il periodo di riposo vegetativo.

6.2.2. Palizzate vive

La tecnica della palizzata in legname con talle e/o piantine è un sistema simile alla viminata (di

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	44

cui si parlerà in seguito), che unisce l'impiego di talee con strutture fisse in legno per la stabilizzazione di pendii e scarpate, naturali o artificiali.

Con questo sistema si tende a rinverdire le scarpate attraverso la formazione di piccoli gradoni lineari, sostenuti dalle strutture di legno, che corrono lungo le curve di livello del pendio e dove, a monte, si raccoglie del materiale terroso.

Le piante, una volta che la vegetazione si sarà sviluppata, garantiranno un consolidamento del terreno con l'apparato radicale e una resistenza all'erosione superficiale, con la loro parte epigea.

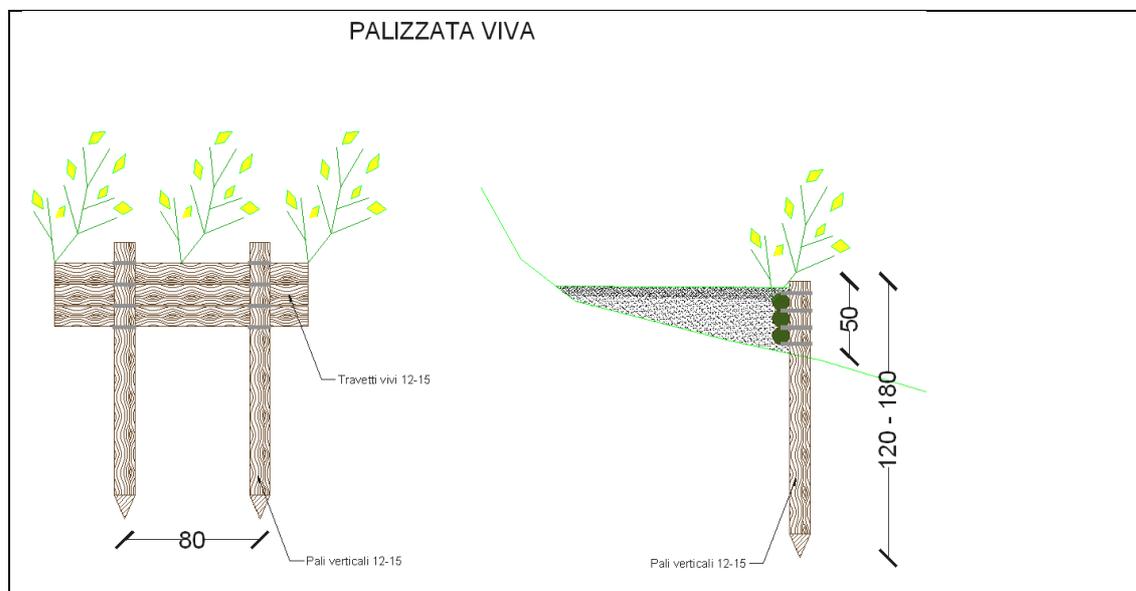


Fig. 24 Palizzata viva

6.2.3. Palificate vive

Le palificate vive con talee e/o piantine sono impiegate con successo negli interventi di stabilizzazione di pendii e scarpate, naturali o artificiali.

Questo sistema favorisce il rinverdimento di pendii attraverso la formazione di strutture fisse in legname, che hanno la funzione di formare delle piccole gradonate a monte delle quali si raccoglie il terreno.

In questo modo si crea, lungo le curve di livello, una struttura più resistente delle viminate, in cui si interrano dei fitti "pettini" di talee e/o piantine radicate. Lo sviluppo dell'apparato radicale garantisce il consolidamento del terreno, mentre la parte aerea contribuisce a contenere l'erosione superficiale.

In funzione delle modalità costruttive si distinguono palificate vive in legname o con piantine a parete semplice o doppia.

Nel caso di palificata a parete semplice, i tronchi longitudinali sono disposti su un'unica fila orizzontale esterna, mentre i tronchi trasversali appoggiano con la parte terminale nella parete dello scavo.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	45

Il limite di impiego delle palificate vive è dato essenzialmente dall'entità delle spinte del terreno che possono verificarsi e dal non elevato peso dell'opera; al tempo stesso, un vantaggio è costituito dal fatto che esse non risentono di variazioni anche significative dell'assetto del piano di posa e non gravano di ulteriori sovraccarichi il versante oggetto di sistemazione, particolarmente quando sono poste nelle posizioni più alte del versante stesso.

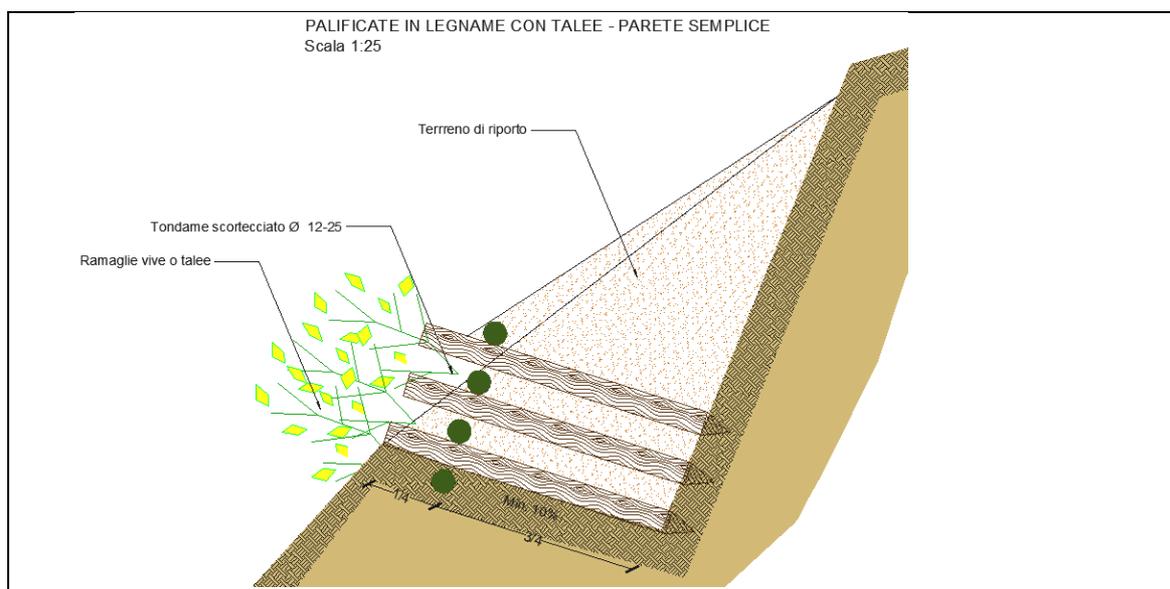


Fig. 25 Palificate in legname con talee parete semplice

6.2.4. Palizzate vive a formare briglie

È possibile combinare le palizzate vive con briglie in legname, ottenendo particolari opere idrauliche in grado di garantire, la stabilizzazione e la correzione del profilo del fondo (cioè della linea che individua l'andamento altimetrico del fondo) negli impluvi impluvi, riducendo la pendenza media del corso d'acqua con l'inserimento di salti per rallentare la corrente; la trattenuta di materiale solido o legnoso trasportato dalle acque.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	46

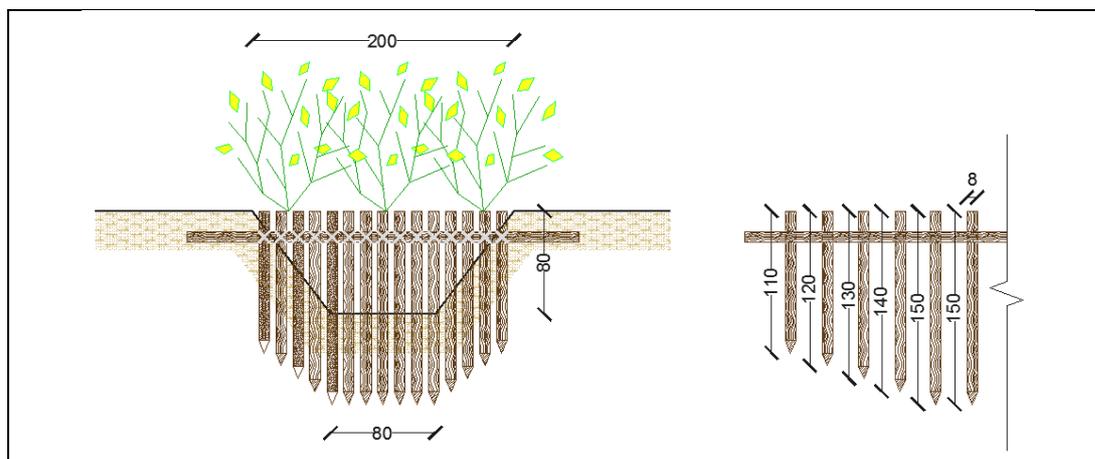


Fig. 26 Palizzate vive a formare briglie

Le briglie vengono predisponendo un cassone di contenimento mediante incastellatura di pali in legno scortecciato, idoneo e durabile di latifoglia; hanno in genere una tipica sagoma a trapezio rovesciato, con la parte centrale ribassata rispetto alle parti laterali, per convogliare il deflusso delle acque da monte a valle del salto. Presentano buona adattabilità agli assestamenti dovuti a movimenti delle sponde e possono essere messe in opera anche in luoghi di difficile accesso.

6.2.5. Vimate

Le vimate hanno la funzione di consolidamento superficiale per mezzo delle piante ed un immediato effetto di regimazione delle acque meteoriche. Questo sistema comporta una tecnica mista tra materiali vivi (astoni e talee) e materiali morti.

La viminata è costituita da paletti di legno (castagno, larice, salice etc) del diametro da 4 a 8 cm, della lunghezza di 100 cm, infissi nel terreno per 70 cm, con un interasse di circa 100 cm.

I paletti vengono quindi intrecciati con verghe flessibili e tenaci di specie legnose dotate di capacità di propagazione vegetativa. Ogni paio di verghe va spinto in basso dopo aver eseguito l'intreccio.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	47

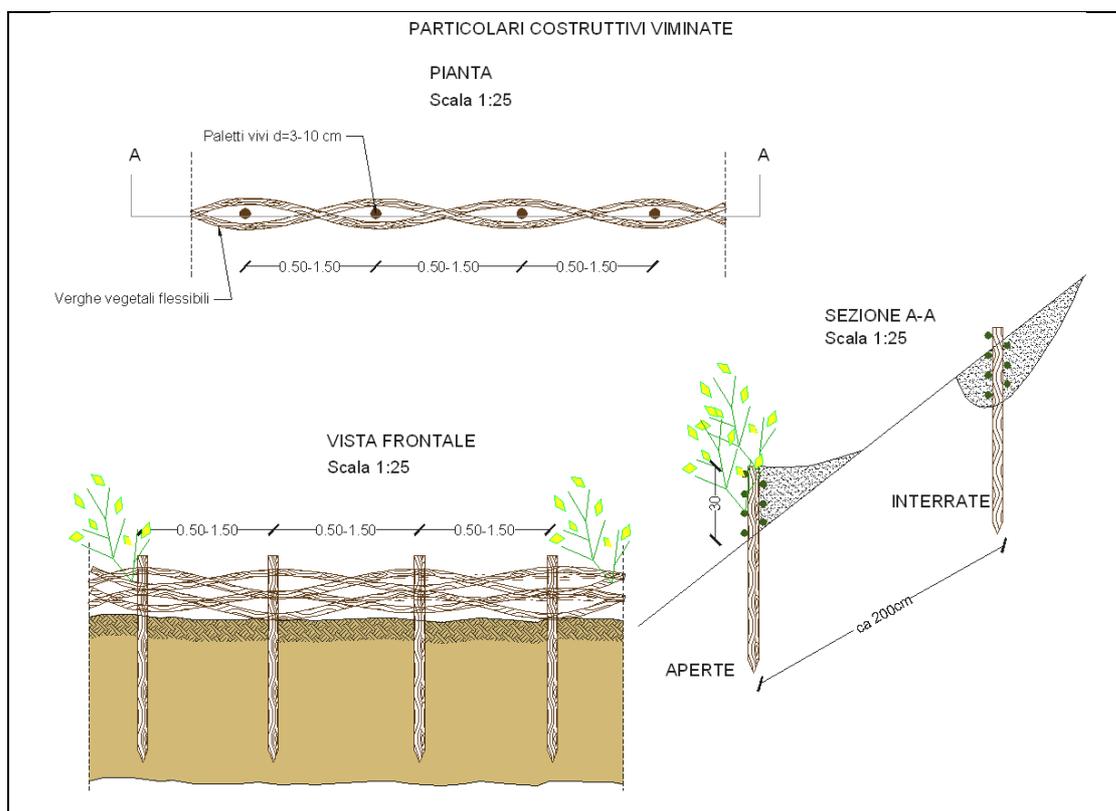


Fig. 27 Particolari costruttivi viminate

Vanno collocate da 3 a 8 verghe una sopra l'altra. Al posto delle verghe possono venir fissati ai pali anche intrecci di verghe preconfezionate.

I paletti non devono sporgere più di 5 cm sopra l'intreccio e devono essere conficcati nel terreno almeno per due terzi della loro lunghezza.

La disposizione delle viminate sul pendio può avvenire su file parallele distanti da 1,5 a 3 metri, oppure come viminate diagonali a forma di rombo. Quest'ultima trova applicazione solo per la ritenuta della terra vegetale, altrimenti essa rappresenta un rincaro ingiustificato.

Materiale da costruzione: (i) rami elastici, poco o non ramificati, di specie legnose dotate di capacità di propagazione vegetativa che si possono intrecciare bene, della lunghezza minima di 120 cm oppure intrecci preconfezionati costituiti da tali rami; (ii) picchetti in legno o aste in acciaio, della lunghezza di cm 100; (iii) paletti vivi in legno o paletti di legno oppure aste d'acciaio, inferiori a 100 cm.

6.2.6. Cunetta vivente

Le cunette sono di norma pensate in terra. È però importante sottolineare che nei tratti di maggiore pendenza l'acqua può destabilizzare la cunetta e con essa la strada. Pertanto, si suggerisce l'adozione di cosiddette cunette viventi, maggiormente resistenti all'azione erosiva dell'acqua.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	48

Sarà la fase cantieristica ed anche osservazionale ad indicare i tratti ove è opportuno realizzare le cunette "vive" al posto delle cunette in terra.

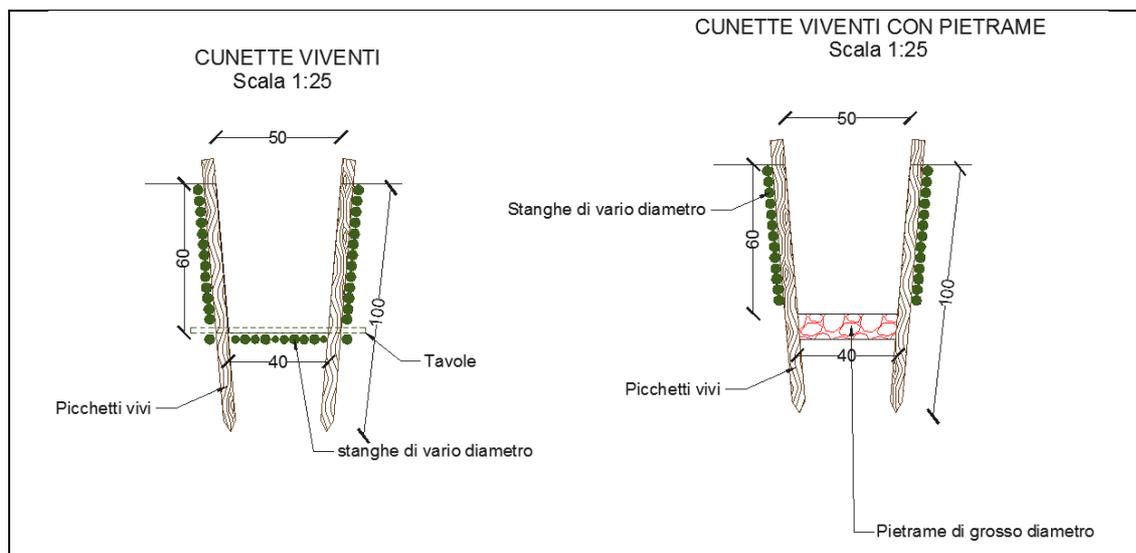


Fig. 28 Cunette viventi

Esecuzione del lavoro: in un fosso a sezione trapezoidale vengono sistemati sul letto e sulle pareti del fosso, uno accanto all'altro, dei rami o delle stanghe vive in modo serrato, tenendoli fermi con pali vivi infissi nel terreno, ad intervalli da 2 a 4 m per mezzo di sagome in legno preparate in precedenza, oppure ad intervalli da 0,5 fino ad 1 m (uno dall'altro) posti lungo le pareti del fosso. Nel caso di portata idrica permanente si può consolidare il letto e la parte inferiore della parete del fosso con tavoloni.

6.2.7. Canalizzazioni in pietrame e legno

Nei casi di piccoli impluvi naturali che intercettano la viabilità di progetto causando spesso solchi ed erosione puntuale, si può prevedere la costruzione di canalizzazioni in legname e pietrame, di sezione trapezia avente lo scopo di convogliare le acque nei punti di recapito.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	49

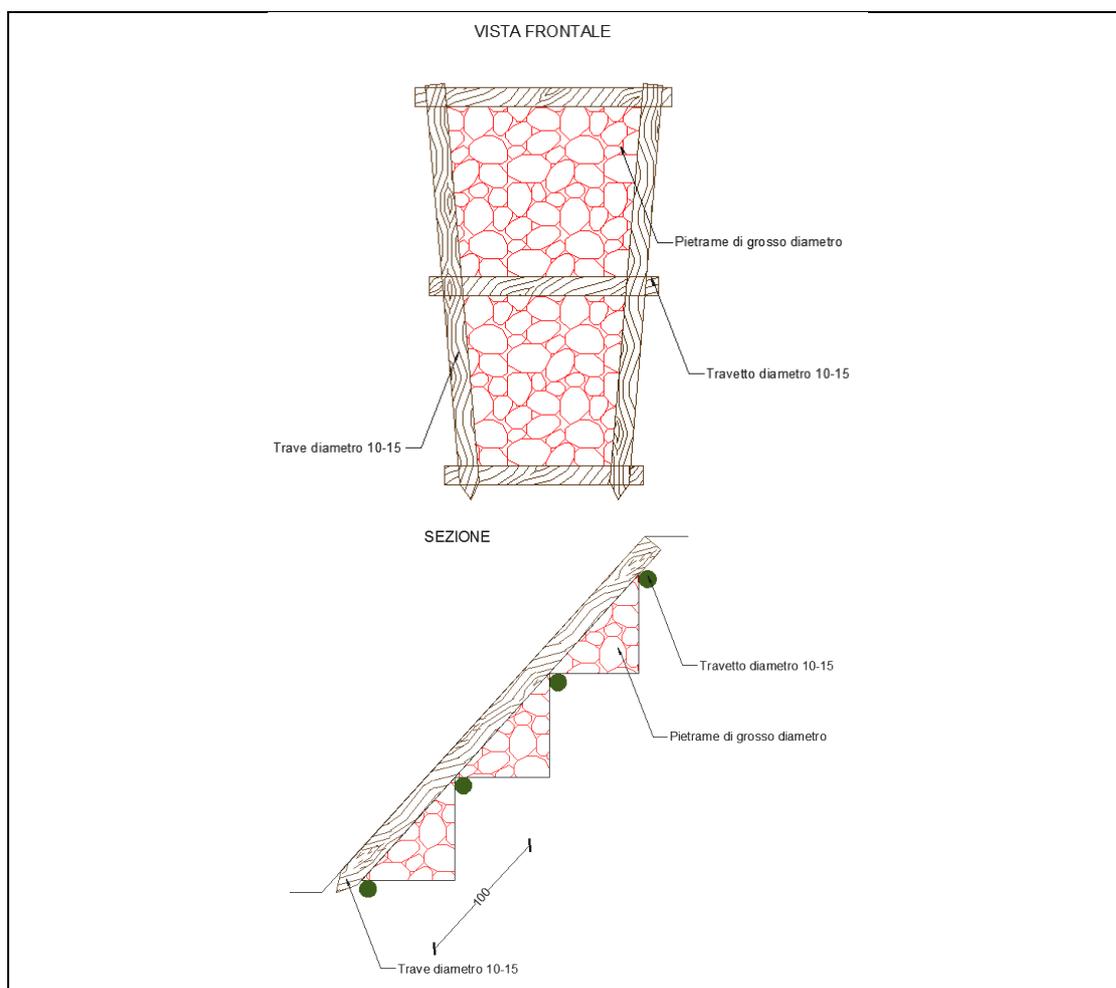


Fig. 29 Canalizzazioni in pietrame e legno

6.2.8. Idrosemina e rivestimenti antiersivi

Le tecniche con idrosemina sono impiegate soprattutto nelle situazioni in cui il terreno si trova completamente denudato e privo di copertura organica con ripristini vegetazionali che consentano di generare in tempi brevi un manto vegetale di protezione.

L'inerbimento ed il consolidamento mediante idrosemina consistono nello spruzzare ad alta pressione, sul terreno preventivamente preparato, una soluzione di acqua, semi, collante ed altri eventuali componenti.

La possibilità di variare in molti modi la composizione delle miscele, rende l'idrosemina adatta alla soluzione di quasi tutti i problemi di rinverdimento.

L'efficacia di questo sistema sarà però assicurata generalmente solo se esso verrà utilizzato in abbinamento ad altre tecniche sia di protezione che di regimazione delle acque meteoriche. Questa tecnica è adatta a coprire grandi e medie superfici anche a elevata pendenza e scarpate con scarsa copertura.

Un componente spesso presente nelle idrosemine è il mulch, termine con cui ci si riferisce a

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	50

tutti quei materiali che, aggiunti alla miscela, conferiscono una maggiore resistenza meccanica e capacità di ritenzione idrica. In relazione alla composizione della miscela si distingue tra idrosemina di base e idrosemina con mulch.

Le modalità operative dell'idrosemina di base sono così sintetizzabili:

- Preparazione del letto di semina con eventuale eliminazione dei ciottoli presenti tramite rastrellatura.
- Distribuzione mediante l'impiego di motopompe volumetriche (non devono danneggiare i semi), dotate di agitatore meccanico che garantisca l'omogeneità della miscela, montate su mezzi mobili di una particolare miscela base costituita da rapporti variabili di: acqua, miscuglio di sementi di specie erbacee e facoltativamente arbustive idonee alla stazione (35-40 g/mq), fertilizzante organo-minerale bilanciato (150 g/mq), leganti o collanti, sostanze ammendanti, fitoregolatori atti a stimolare la radicazione delle sementi e lo sviluppo della microflora del suolo.

E' adatta su terreni in cui è presente un'abbondante frazione fine e colloidale, ma con inclinazioni non superiori a 20°.

Per quanto riguarda l'idrosemina con mulch, alla miscela base si devono aggiungere fibre di legno o paglia in ragione di non meno di 180 g/mq. Le fibre devono essere per il 20% almeno lunghe 10 mm; nelle situazioni meno gravose il 50% del mulch potrà essere costituito da pasta di cellulosa. Il mulch deve avere caratteristiche chimiche che non siano sfavorevoli alla crescita della vegetazione. Il collante sarà a base naturale ed in quantità non inferiore a 5,5 g/mq.

E' un'idrosemina particolarmente adatta su terreni con le stesse caratteristiche della prima ma con inclinazioni fino a 35° e con presenza di fenomeni erosivi intensi.

Inoltre, in presenza di diffusi fenomeni di erosione superficiale su pendii e/o scarpate naturali o artificiali vengono comunemente applicati rivestimenti antierosivi sintetici o naturali.

I rivestimenti antierosivi sintetici sono realizzati con vari tipi di prodotti sia geosintetici che non. Queste tecniche si possono realizzare con dei prodotti prefabbricati che svolgono una o più funzioni od altrimenti abbinando materiali diversi posti in tempi successivi.

Di seguito si riportano alcuni dei materiali e delle tecniche più comunemente usati:

- *Geostuoie tridimensionali*
- *Geocompositi*
- *Geocelle*

L'impiego di prodotti formati da materiali di sintesi e/o naturali, offre la possibilità di realizzare opere d'ingegneria limitandone notevolmente l'impatto negativo sull'ambiente circostante. Nelle applicazioni antierosive oltre all'azione di protezione meccanica superficiale, possono svolgere funzioni di contenimento e di stabilizzazione corticale; in tal modo questi materiali consentono e favoriscono lo sviluppo di una copertura vegetale stabile in grado di svolgere un'efficace ruolo autonomo di consolidamento superficiale e di rinaturalizzare contesti degradati dalla costruzione

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	51

di opere di ingegneria. Le geostuoie sono costituite da filamenti di materiali sintetici (polietilene ad alta densità, poliammide, polipropilene od altro), aggrovigliati in modo da formare un materassino molto flessibile dello spessore di 10-20 mm.

La forma tipica di una geostuoia consiste in una struttura tridimensionale con un indice dei vuoti molto elevato, mediamente superiore al 90% (idonea al contenimento di terreno vegetale o dell'idrosemina).

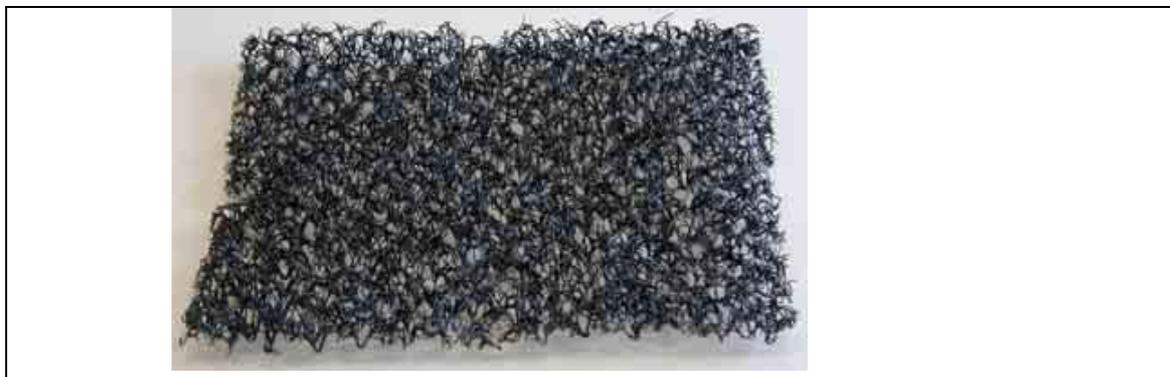


Fig. 30 Esempio di struttura di geostuoia

Le geostuoie sono principalmente impiegate con funzione antierosiva negli interventi di sistemazione idraulico-forestale e di consolidamento di pendii instabili. Sono sempre abbinata a sistemi di raccolta delle acque superficiali ed a materiali vivi; quando è necessario vengono utilizzate come un complemento delle opere di sostegno nell'ambito di sistemazioni più complesse.

Dato l'elevato indice dei vuoti, le geostuoie si prestano molto bene ad essere intasate con miscele di idrosemina piuttosto dense quali quelle dell'"idrosemina a spessore", in tal modo svolgono sia una protezione antierosiva nei confronti del terreno che una funzione di "armatura dell'idrosemina" impedendone il dilavamento anche in situazioni difficili.

Le geocelle sono dei geosintetici a struttura alveolare flessibili, resistenti e leggeri; vengono utilizzate come sistemi di stabilizzazione corticale per impedire lo scivolamento e l'erosione di strati di terreno di riporto su forti pendenze.

La struttura a "nido d'ape" o "alveolare" viene ottenuta per assemblaggio e saldatura di strisce di materiali sintetici con spessori maggiore o uguale a 1,2 mm ed altezza compresa tra 70 e 100 mm. Sono strutture facilmente trasportabili, caratterizzate da un ingombro molto contenuto, rapidità di applicazione ed adatte a diverse situazioni ambientali.

Dopo la posa delle geocelle ed il fissaggio con picchetti si effettua il riempimento con terreno vegetale e successivamente un'idrosemina. Se necessario si deve abbinare una biostuoia od un biotessile qualora vi sia il pericolo di dilavamento da parte delle acque meteoriche; le geocelle hanno aperture piuttosto ampie e sono efficaci nell' impedire lo scivolamento superficiale del

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	52

terreno di riporto mentre non contrastano sufficientemente il ruscellamento e soprattutto l'impatto delle gocce di pioggia.

I rivestimenti antierosivi biodegradabili sono usati, quasi sempre in associazione con idrosemina o con l'impianto di talee e piantine, negli interventi di sistemazione e consolidamento di pendii o scarpate o di altre opere di ingegneria. La loro realizzazione assicura al terreno trattato un controllo dei fenomeni erosivi per il tempo necessario all'attecchimento ed allo sviluppo di un efficace copertura vegetale.

I rivestimenti biodegradabili sono prodotti costituiti in genere da fibre di paglia, cocco, juta, sisal (fibra tessile ricavata dalle foglie di una specie di Agave), trucioli di legno o altre fibre vegetali, caratterizzati da una biodegradabilità pressoché totale che si realizza in un arco di tempo di 1/5 anni, da permeabilità e capacità di ritenzione idrica elevate e da spiccata azione protettiva superficiale del terreno. In funzione del materiale, della struttura e delle tecniche costruttive, possono essere classificati in:

- *Biotessili*
- *Bioreti*
- *Biofeltri*
- *Biostuoie*

I rivestimenti antierosivi rappresentano una soluzione ideale sia dal punto di vista tecnico-funzionale che dal punto di vista dell'inserimento estetico-paesaggistico ed ecologico dell'intervento.

La biodegradabilità e la non tossicità dei materiali utilizzati e la capacità di favorire una rapida copertura vegetale, garantiscono il loro inserimento completo e naturale nell'ambiente circostante.

Questi prodotti hanno trovato recentemente una vasta applicazione in numerosi interventi di sistemazione idraulico-forestale, di consolidamento dei pendii instabili ed in numerose opere di ingegneria tra i quali si menzionano:

- rivestimento di pendii o scarpate naturali ed artificiali per il controllo dell'erosione e la protezione delle sementi dal dilavamento e creazione di condizioni microclimatiche più favorevoli all'attecchimento ed alla crescita della vegetazione;
- rivestimento e protezione delle scarpate e delle sponde fluviali dall'erosione;
- protezione, sostegno e contenimento del terreno seminato per favorire il rinverdimento di opere in terre rinforzate o di altro tipo.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-PD-R0003_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	53

7. OPERE IDRAULICHE

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

La viabilità esistente sarà interessata da un'analisi dello stato di consistenza delle opere idrauliche già presenti: laddove necessario, tali opere idrauliche verranno ripristinate e/o riprogettate per garantire la corretta raccolta ed allontanamento delle acque defluenti dalla sede stradale, dalle piazzole o dalle superfici circostanti.

Le acque defluenti dalla sede stradale, dalle piazzole o dalle superfici circostanti verranno raccolte ed allontanate dalle opere idrauliche in progetto.

La tipologia di strade da realizzarsi permette di affermare che non vi è alcuna modifica apprezzabile dell'equilibrio della circolazione idrica superficiale preesistente. Le opere idrauliche tendono da una parte a garantire l'equilibrio idrico e dall'altra a mantenere agibili le suddette strade.

I fossi di guardia, a sezione trapezoidale, hanno un duplice ruolo di protezione della scarpata lungo la sede stradale e di allontanamento delle acque dalla sede stradale agli impluvi naturali.

Nel primo caso, i fossi di guardia sono posti alla base della scarpata nel caso di sezione stradale in rilevato, mentre sono in testa alla scarpata nel caso di sezione in trincea.

Pur trattandosi di opere idrauliche modeste si è preferito non tralasciare nulla e supportare le scelte progettuali da appositi calcoli idraulici riportati nella apposita *Relazione idrologica e idraulica RST PD R0011*.