



REGIONE SARDEGNA

PROVINCIA DI SASSARI

COMUNE DI TULA

Oggetto:

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO
DELLA POTENZA DI 34,8186 MWp DA UBICARSI NEL TERRITORIO DEL
COMUNE DI TULA
LOCALITÀ MONTE UDULU**

Elaborato :

REL014 - Relazione Sismica

TAVOLA:

REL014

PROPONENTE :

Alter Cinque S.R.L.

Sede
Via della Bufalotta 374, 00139 Roma (RM)



PROGETTAZIONE :



GAMIAN CONSULTING SRL

Sede
Via Gioacchino da Fiore 74
87021 Belvedere Marittimo (CS)

Tecnico
Ing. Gaetano Voccia

Team Tecnico:
Greco Francesco Cairo Stefano
Addino Roberto Martorelli Francesco
Iorio Marco Guerriero Alessandra
Splendore Francesca Sollazzo Lavinia



PAGINE:

10

DATA:

Marzo 2023

REDAZIONE :

Marco Iorio

CONTROLLO :

Greco Francesco

APPROVAZIONE :

Voccia Gaetano

Codice Progetto: F.22.154

Rev.: 00 - Presentazione Istanza VIA e AU

Gamian Consulting Srl si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzato

SPAZIO RISERVATO ALL'ENTE PUBBLICO

1	PREMESSA.....	2
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
3	AZIONE SISMICA.....	5
3.1	STATI LIMITE	7
3.2	SPETTRO DI RISPOSTA.....	8
3.3	METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA.....	9
4	CONSIDERAZIONI FINALI E CONCLUSIONI SULL’AZIONE SISMICA	10

1 PREMESSA

La Alter Cinque S.r.l. intende realizzare nel comune di Tula (SS), in località “Monte Udulu” un impianto agro-fotovoltaico ad inseguimento monoassiale per la produzione di energia elettrica. Il futuro impianto FV_TULA presentato in autorizzazione è composto da:

- Campi agro-fotovoltaici, siti nel comune di Tula (SS), in località Monte Udulu;
- Stazione di consegna Utente, nel comune di Tula (SS);
- Cavidotto di collegamento MT, nel territorio del comune di Tula (SS).

L’impianto si sviluppa su una superficie lorda complessiva di circa 64,0769 Ha (640.769 m²), appartenenti all’area di impianto ricadente nel territorio del comune di Tula (SS). L’impianto in progetto sorgerà sulle particelle catastali n. 45-46-47-49-51-54-59-60-61-63-69-70-71-79-81-87-88-163-164-183-184 del foglio di mappa catastale n. 14 e le particelle n. 110-111-112-113-114-115-116-131-445-448-449 del foglio di mappa n. 15. Le coordinate geografiche (baricentro approssimativo) del sito di impianto e del punto di connessione sono:

Coordinate impianto	Coordinate stazione
Lat: 40.722308°	Lat: 40.767456°
Long: 8.971784°	Long: 8.968401°



Figura 1 - Ubicazione area impianto e punto di connessione (Google Earth)

L’impianto avrà una potenza di 34.818,6 kWp e l’energia prodotta sarà ceduta alla rete elettrica di alta tensione, tramite il collegamento in antenna a 30 kV con una nuova stazione elettrica di trasformazione della RTN a 150/30 kV sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) a 150 kV della RTN denominata “Tula” (previsto da Piano di Sviluppo Terna), previa realizzazione dei seguenti interventi di cui al Piano di Sviluppo di Terna:

- nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV in GIS denominata “Buddusò” da inserire in entra – esce sulla linea RTN a 150 kV “Ozieri – Siniscola 2”;
- nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV denominata “Tempio”;
- nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV denominata “Santa Teresa”;
- nuovo elettrodotto di collegamento della RTN a 150 kV tra le suddette stazioni.

Scopo principale della presente relazione è quello di fornire informazioni circa la sismicità del sito. Il lavoro viene condotto in osservanza alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M 17/01/2018 (NTC 2018). Tutti gli indirizzi normativi considerati per i calcoli preliminari sulle strutture verranno successivamente elencati nell’apposita relazione.

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Lo studio geologico è stato effettuato su un’ampia fascia di territorio circostante il sito strettamente interessato dal progetto. Per la determinazione della stratigrafia e delle annesse caratteristiche geotecniche sono state predisposte delle indagini in sito, mediante prove penetrometriche dinamiche SPT cui si rimanda alla relazione geologica preliminare. Il terreno si presenta di tipo roccioso. In prima approssimazione possiamo dire che il terreno su cui insiste l’impianto è di classe B:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l’utilizzo dell’approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

3 AZIONE SISMICA

L'azione sismica si definisce a partire dalla pericolosità sismica di base del sito interessato, in funzione delle sue caratteristiche morfologiche e stratigrafiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa (A_g) in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dallo spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente, in relazione a probabilità di superamento (P_{vr}) e relativo periodo di riferimento (V_r). I parametri di partenza per definirli sono:

- A_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_{c^*} : valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Da un punto di vista statistico e amministrativo, attualmente il territorio italiano è suddiviso in 4 fasce di pericolosità sismica distinte:

Zona 1 - È la zona più pericolosa. La probabilità che capiti un forte terremoto è alta.

Zona 2 - In questa zona forti terremoti sono possibili.

Zona 3 - In questa zona i forti terremoti sono meno probabili rispetto alla zona 1 e 2.

Zona 4 - È la zona meno pericolosa: la probabilità che capiti un terremoto è molto bassa.

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
1	$a_g > 0.25$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	$a_g \leq 0.05$

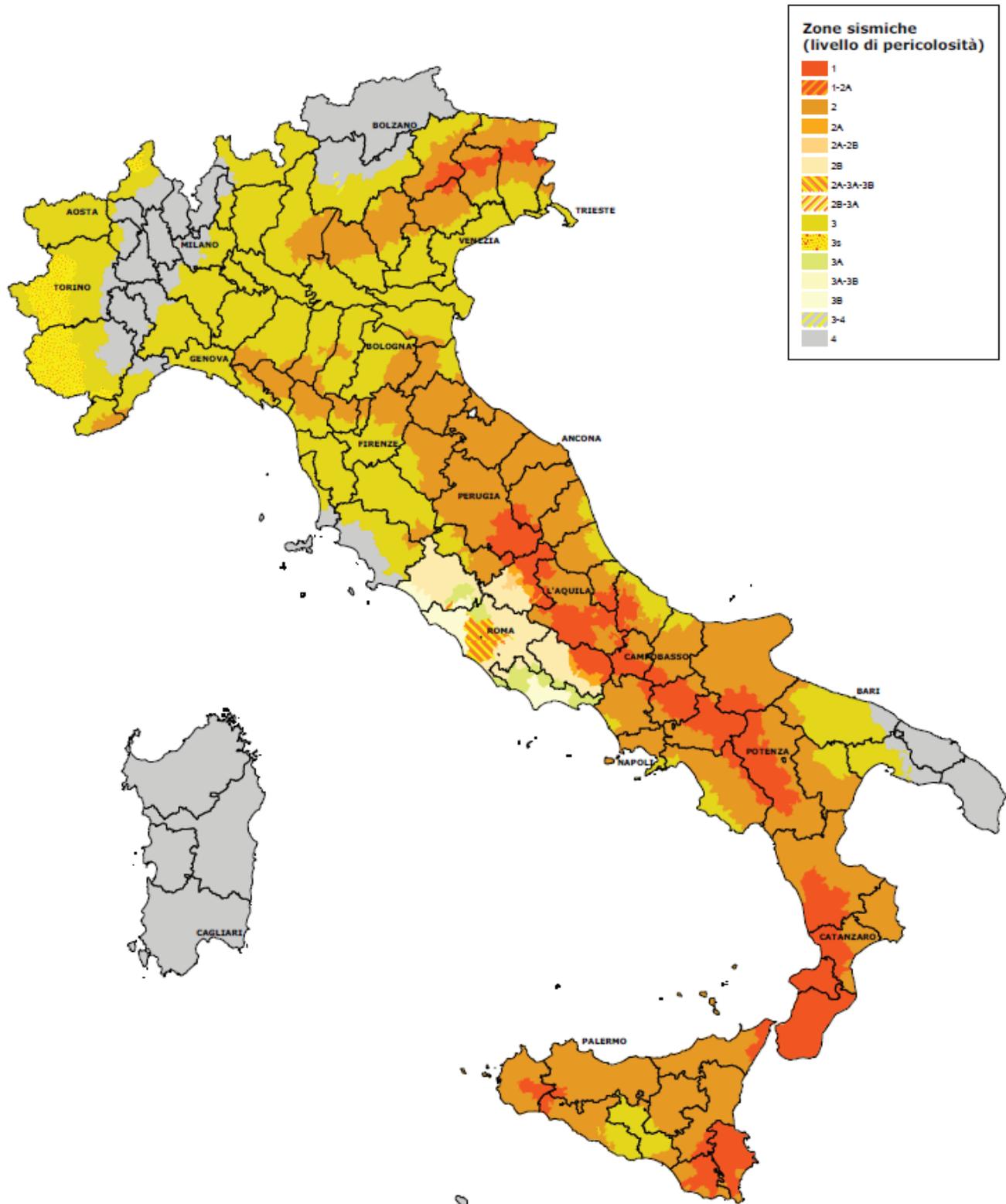


Figura 2 – Zone sismiche d'Italia (Fonte: INGV)

Ai fini della progettazione antisismica, si usa una nuova metodologia che, partendo da quanto appena descritto, ne aumenta il livello di dettaglio, utilizzando una metodologia di calcolo basata su un approccio statistico puntiforme, per cui ogni punto del territorio italiano è caratterizzato da un preciso valore di accelerazione al suolo in funzione del tempo di ritorno. Si conclude quindi che, attualmente, il territorio italiano è suddiviso convenzionalmente in distretti sismici (terrestri o marini), le quali rappresentano delle vere e proprie zone sismogenetiche definite da una specifica denominazione utile a localizzare l'area in cui si verifica l'epicentro di un determinato terremoto. Per questa ragione è considerato il comune interessato dall'impianto, si ottiene quanto segue:

ZONA SISMICA	DESCRIZIONE
4	La probabilità che capiti un terremoto è molto bassa

In particolare, per il sito di nostro interesse, di cui alle coordinate geografiche precedentemente definite in termini di latitudine e longitudine, viene individuato un reticolo e, con esso, i parametri di base, per i diversi stati limite secondo quanto segue:

STATO LIMITE CONSIDERATO	Ag/g	Fo	Tc*
Stato limite di operatività (SLO)	0.186	2.61	0.273
Stato limite di danno (SLD)	0.186	2.61	0.273
Stato limite di salvaguardia della vita (SLV)	0.39197051	2.81906520	0.32178823
Stato limite di collasso (SLC)	0.47962353	2.86954236	0.33681947

3.1 Stati Limite

Il concetto di stato limite viene introdotto in Italia con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008 (NTC 08), diventando il metodo principale di progettazione delle strutture, mentre il calcolo alle tensioni ammissibili veniva ammesso solo in casi particolari. L'entrata in vigore delle NTC 2018 sancisce il completo abbandono delle tensioni ammissibili, per il quale il capitolo 2.7 delle NTC 08 viene totalmente eliminato. Come precedentemente illustrato vi sono quattro stati limite differenti. I primi due della tabella di sopra, (SLO ed SLD) costituiscono gli stati limite d'esercizio, per i quali la progettazione è volta essenzialmente a garantire la funzionalità dell'opera in relazione alle azioni agenti. Gli altri due (SLV e SLC) riguardano gli stati limite ultimi, che si riferiscono a situazioni estreme, correlando l'azione agente con la capacità portante della struttura. La tabella descritta nel precedente paragrafo riceve come input differenti dati che riguardano:

- **Vn (vita nominale dell'opera):** 30 anni, che definisce l'opera di tipo 1, paragonabile dunque a quella di una costruzione temporanea e provvisoria;
- **La classe d'uso:** nel nostro caso si immette CLASSE I in quanto la presenza di persone è soltanto occasionale.

Da qui si ottiene il periodo di riferimento dell'azione sismica pari a 30 anni. Esso si ottiene dalla seguente relazione:

$$V_r = V_n * C_u$$

Dove C_u indica il coefficiente d'uso, il quale si determina secondo quanto segue, in merito alla tabella 2.4 II delle NTC 2018.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_u

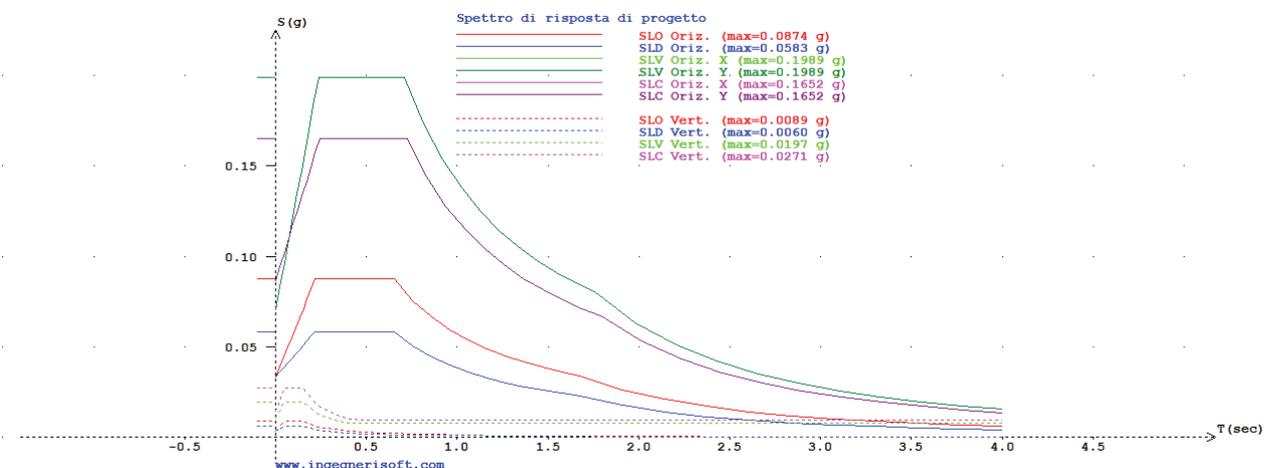
CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

3.2 Spettro di risposta

L'azione sismica è caratterizzata da tre componenti: due di queste sono orizzontali ed una verticale. Esse sono da considerare tra di loro indipendenti per il caso considerato. Le componenti di accelerazione vengono caratterizzate da uno spettro di risposta: esso è un grafico che correla, in base al periodo di oscillazione di una struttura, la risposta che ha la stessa in termini di accelerazione, velocità e spostamento. Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale normalizzata riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore dell'accelerazione massima A_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Da questo si leggono per integrazione sia quello di velocità che quello di spostamento, comunque leggibili. Ad ogni modo, quello di riferimento sarà quello sull'accelerazione. Dallo spettro di risposta elastico, si passerà successivamente ad uno spettro di risposta di progetto, scalando i valori dell'ordinata per un apposito fattore, denominato fattore di comportamento, rappresentativo della duttilità della struttura. Per il caso in oggetto al nostro intervento, non scaleremo tali valori. Questo per le seguenti motivazioni:

- le strutture non sono intelaiate o controventate tali da poter dare una valutazione generale circa la regolarità in pianta e/o in altezza;
- essendo già di per sé la struttura leggera, conseguentemente le azioni sismiche saranno minime, per cui scegliere un comportamento non dissipativo e fattore di comportamento unitario ci consente di non minimizzare ulteriormente tale azione.

Si mostra di seguito lo spettro ottenuto per le azioni orizzontali (non si ricade in un ambito particolare tale per cui andrebbe considerata l'azione verticale, anche perché questa non desta problemi che rientrano nel capitolo 7 delle stesse NTC):



3.3 Metodi di analisi e criteri di verifica

Per ogni stato limite vengono considerati metodi di analisi che si differenziano in:

- Analisi lineare
- Analisi non lineare

Essi si differenziano per i valori limite da attribuire al fattore di comportamento, a seconda dello stato limite preso in esame, con le relative modalità di modellazione dell'azione sismica e l'annesso comportamento strutturale, secondo quanto computato al capitolo 7.3 delle NTC 2018. Con l'analisi lineare viene calcolata la domanda sismica sia nel caso di comportamento dissipativo che non dissipativo. Ad ogni modo, esso dipende dal modello strutturale (noi ci collochiamo nel caso non dissipativo), essa viene determinata riferendosi allo spettro di progetto (nel nostro caso esso coincide con quello elastico). Nell'analisi non lineare, più onerosa da un punto di vista computazionale, si tiene appunto conto anche delle non linearità geometriche e di materiale, tenendo conto anche della riduzione di resistenza e della resistenza residua dei sistemi dissipativi qualora fossero significative. A loro volta, l'analisi lineare (come quella non lineare) si suddivide in:

- Analisi lineare statica
- Analisi lineare dinamica

L'analisi lineare dinamica consiste nel determinare i modi di vibrare di una struttura: in genere ogni struttura ha tanti modi di vibrare quanti sono i gradi di libertà che essa possiede. Sicuramente sono i primi tre modi di vibrare che fanno denotare gli effetti maggiormente significativi. Per ogni modo di vibrare viene successivamente determinata l'azione sismica corrispondente e, in seguito, le varie azioni sismiche vengono combinate tra di loro. L'analisi lineare statica invece, partendo da alcune condizioni che riguardano la tipologia della struttura e il modo di vibrare principale, determina, senza ricorrere a calcoli particolarmente dettagliati, il periodo di vibrazione della struttura e, da esso, in seguito anche alle masse che entrano in gioco, ne calcola il tagliante sismico. Per quanto riguarda le analisi non lineari, anche esse si dividono in statiche e dinamiche, ma sono particolarmente onerose e non restituiscono necessariamente dei risultati migliori di quelle lineari. Per poter ricorrere a questi metodi bisognerebbe ricorrere alla risposta sismica della struttura mediante le integrazioni dell'equazioni del moto o, approssimare la struttura reale ad un sistema strutturale equivalente non lineare (come per l'analisi non lineare statica). L'analisi non lineare dinamica è obbligatoria per i sistemi strutturali che hanno un isolamento alla base, che non rientrano però, nel nostro caso.

4 CONSIDERAZIONI FINALI E CONCLUSIONI SULL’AZIONE SISMICA

Il “tagliante sismico” rappresentativo del terremoto viene rappresentato come una forza assiale. Il sisma in sé rappresenta però un’accelerazione che si manifesta nel terreno tramite le sue onde (P, S, Rayleigh, Love). È da questa accelerazione che si arriva al tagliante stesso, moltiplicando questa per la massa della struttura. Ai sensi delle combinazioni suggerite dalle NTC 2018, le azioni orizzontali e verticali vengono computate insieme, tenendo però conto del fatto che non tutte si manifestano con il loro massimo grado e nello stesso istante. Per quanto riguarda soprattutto le azioni orizzontali e quindi il sisma, dipendendo lo stesso tagliante dalle masse in gioco, come mostra anche l’analisi lineare statica, è evidente che il tagliante agente sulla struttura non è particolarmente elevato. Pertanto, l’azione orizzontale predominante risulta essere quella del vento.