

**COMUNI DI BITTI, ORUNE E BUDDUSO'**  
**PROVINCE DI NUORO E SASSARI**



**STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE PARCO EOLICO "GOMORETTA"**

Elaborato : EP\_GEO\_R002

Scala : -

Data : 18 dicembre 2018

Relazione Previsionale dell'impatto  
dovuto alle vibrazioni

COMMITTENTE :  
Siemens Gamesa Renewable Energy Italy S.p.A.

RESPONSABILE TECNICO COMMESSA :  
Dott. Ing. Gianluca Mercurio

COORDINAMENTO :

*Bm* Studio Tecnico Industriale  
Dott. Ing. **Bruno Manca**



N° REVISIONE	Data revisione	Elaborato	Controllato	Approvato	NOTE
Rev.00	18/12/2018	CA	GMERCURIO	GMERCURIO	A4 (210x297mm)

E' vietata la copia anche parziale del presente elaborato

Gruppo di lavoro : Dott.ssa in Arch. Giorgia Campus  
Dott.ssa Ing. Barbara Dessì  
Dott.ssa in Arch. Elisabetta Zucca



*Cosima Aatzori*

## INDICE

<b>1. PREMESSA E FINALITA' DELLO STUDIO.....</b>	<b>4</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO GENERALE.....</b>	<b>4</b>
<b>4. PROPRIETA' MECCANICHE DEL TERRENO .....</b>	<b>6</b>
4.1. <i>Inquadramento geologico generale.....</i>	<i>6</i>
4.2. <i>Campagna indagini di caratterizzazione geotecnica e sismica.....</i>	<i>8</i>
4.2.1.    MASW 01.....	10
4.2.2.    MASW 02.....	11
4.2.1.    MASW 03.....	12
4.3. <i>Modello geologico di sito 01 (A e B).....</i>	<i>13</i>
4.4. <i>Modello geologico di sito 02.....</i>	<i>13</i>
4.5. <i>Tabella di sintesi delle proprietà di sintesi dei terreni di interesse.....</i>	<i>13</i>
<b>5. PROPAGAZIONE DELLE VIBRAZIONI NEL TERRENO.....</b>	<b>15</b>
<b>6. METODOLOGIA.....</b>	<b>17</b>
<b>7. SORGENTE DI VIBRAZIONI.....</b>	<b>18</b>
7.1. <i>Analisi della fase di cantiere per la costruzione delle opere in progetto.....</i>	<i>18</i>
7.2. <i>Potenziale incremento dei flussi di traffico indotto dal cantiere sulla viabilità locale.....</i>	<i>18</i>
7.3. <i>Modello per il calcolo dell'impatto dovuto alle vibrazioni in fase di cantiere.....</i>	<i>18</i>
<b>8. RECETTORI.....</b>	<b>19</b>
<b>9. VALUTAZIONE DELLA PROPAGAZIONE DELLE VIBRAZIONI.....</b>	<b>20</b>
<b>10. SORGENTI DI VIBRAZIONI.....</b>	<b>20</b>
10.1. <i>Propagazione delle vibrazioni di un rullo compressore.....</i>	<i>21</i>
10.1.1.    Tabella riassuntive delle distanze di sicurezza per un rullo compressore.....	23
10.2. <i>Propagazione delle vibrazioni indotte da una pala cingolata.....</i>	<i>24</i>
10.2.1.    Tabella riassuntive delle distanze di sicurezza per una pala cingolata.....	26
10.3. <i>Propagazione delle vibrazione da un autocarro.....</i>	<i>27</i>
10.3.1.    Tabella riassuntive delle distanze di sicurezza per un autocarro.....	29
10.4. <i>Propagazione delle vibrazione da un escavatore cingolato.....</i>	<i>30</i>
10.4.1.    Tabella riassuntive delle distanze di sicurezza per un escavatore cingolato.....	32
<b>11. CONCLUSIONI.....</b>	<b>33</b>

### INDICE DELLE FIGURE

Figura 3.1- Ubicazione aerogeneratori "Settore 1".....	5
Figura 3.2- Ubicazione aerogeneratori "Settore 2".....	6
Figura 4.1- Stralcio Fg.194 "Ozieri" - Carta Geologica d'Italia,1972.....	7
Figura 4.2- Ubicazione delle indagini geognostiche.....	8

**PROGETTO DEFINITIVO**

Figura 5 - Sistema cartesiano di riferimento per persona sdraiata, in piedi o seduta .....	15
Figura 6 - Curva di ponderazione per un asse generico - UNI 9614 .....	16
Figura 7 - Valori e limiti delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza validi per l'asse z, x e y.....	19
Figura 8 - Spettro di emissione della sorgente di un rullo compressore a 10m dall'asse di cantiere .....	21
Figura 9 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO_01A_1 .....	21
Figura 10 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO_01A_1 .....	21
Figura 11 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO_01B_1 .....	22
Figura 12 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO_02_1 .....	22
Figura 13 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO_01B_2 .....	22
Figura 14 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO_02_2.....	23
Figura 15 - Spettro di emissione della sorgente di una pala cingolata a 10m dall'asse di cantiere .....	24
Figura 16 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO_01A_2 .....	24
Figura 17 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO_01A_1 .....	24
Figura 18- Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO_01B_1 .....	25
Figura 19 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO_02_1 .....	25
Figura 20 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO_01B_2 .....	25
Figura 21 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO_02_2.....	26
Figura 22 - Spettro di emissione della sorgente di un autocarro a 10m dall'asse di cantiere.....	27
Figura 23 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO_01A_2 .....	27
Figura 24 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO_01A_1 .....	27
Figura 25 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO_01B_1 .....	28
Figura 26 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO_02_1 .....	28

**PROGETTO DEFINITIVO**

Figura 27 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO_01B_2 .....	28
Figura 28 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO_02_2 .....	29
Figura 29 - Spettro di emissione della sorgente di un escavatore cingolato a 5m dall'asse di cantiere .....	30
Figura 30 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO_01A_1 .....	30
Figura 31 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO_01A_2 .....	30
Figura 32 - - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO_01B_1 .....	31
Figura 33 - - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO_01B_2 .....	31
Figura 34 - - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO_02_1 .....	31
Figura 35 - - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO_02_2 .....	32

---

**PROGETTO DEFINITIVO****1. PREMESSA E FINALITA' DELLO STUDIO**

La caratterizzazione della qualità dell'ambiente in relazione agli effetti delle vibrazioni deve consentire di individuare e stimare le modifiche e/o le interferenze introdotte dall'intervento proposto e valutarne la compatibilità con gli standard esistenti, in riferimento alla verifica sia del disturbo sull'uomo, sia del danno agli edifici per la salvaguardia del patrimonio architettonico/archeologico.

Il presente documento tecnico riporta le stime dei livelli di vibrazione previste, durante le fasi di cantiere, sui recettori sensibili più vicini alle aree di installazione degli aerogeneratori del Parco Eolico e alla viabilità interessata, nell'ambito della redazione del Progetto Definitivo del Parco Eolico denominato "Gomoretta" dislocato nei territori comunali di Bitti, Orune e Buddusò.

La stima dei livelli di vibrazione attesi presso gli edifici limitrofi all'area di progetto ed il loro confronto con i limiti vibrazionali sono stati eseguiti secondo le prescrizioni, le indicazioni e le modalità contenute nelle normative tecniche vigenti.

**2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

In Italia non esiste ancora una normativa specifica di settore pertanto la presente è redatta facendo riferimento a normativa UNI ed ISO con particolare riferimento a:

- UNI 9614 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo";
- UNI 9916 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni negli edifici";
- ISO 2631/1 e 2631/2 "Evaluation of human exposure to whole-body vibration".

**3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO GENERALE**

L'area che interessa le opere in progetto è situata nel territorio comunale di Bitti tra Punta Gomoretta (852 m s.l.m.) e i rilievi a sud della valle del Rio de Toddunele per il Settore 1 (n. 3 aerogeneratori) mentre nel territorio comunale di Orune si sviluppa il Settore 2 (n.10 aerogeneratori) dal rilievo nei pressi di P.ta Punzurra (824 m s.l.m.) sito in comune di Bitti, e procede secondo una direzione NE lungo i rilievi di Fruncu Sa Capra (842 m s.l.m.), fino a Sa Elena e Serra (814m s.l.m.). La sottostazione elettrica in progetto andrà ubicata in agro di Buddusò, ad est del centro abitato, in prossimità del km 43 della S.S. 389.

L'inquadramento cartografico di riferimento è il seguente:

- Cartografia ufficiale dell'Istituto Geografico Militare I.G.M. Serie 25 **Tav.481 II, Tav. 482 III**
- Carta Tecnica Regionale della Sardegna – scala 1:10000 – **Sez. 481120, 481160, 482090, 482130**

**PROGETTO DEFINITIVO**

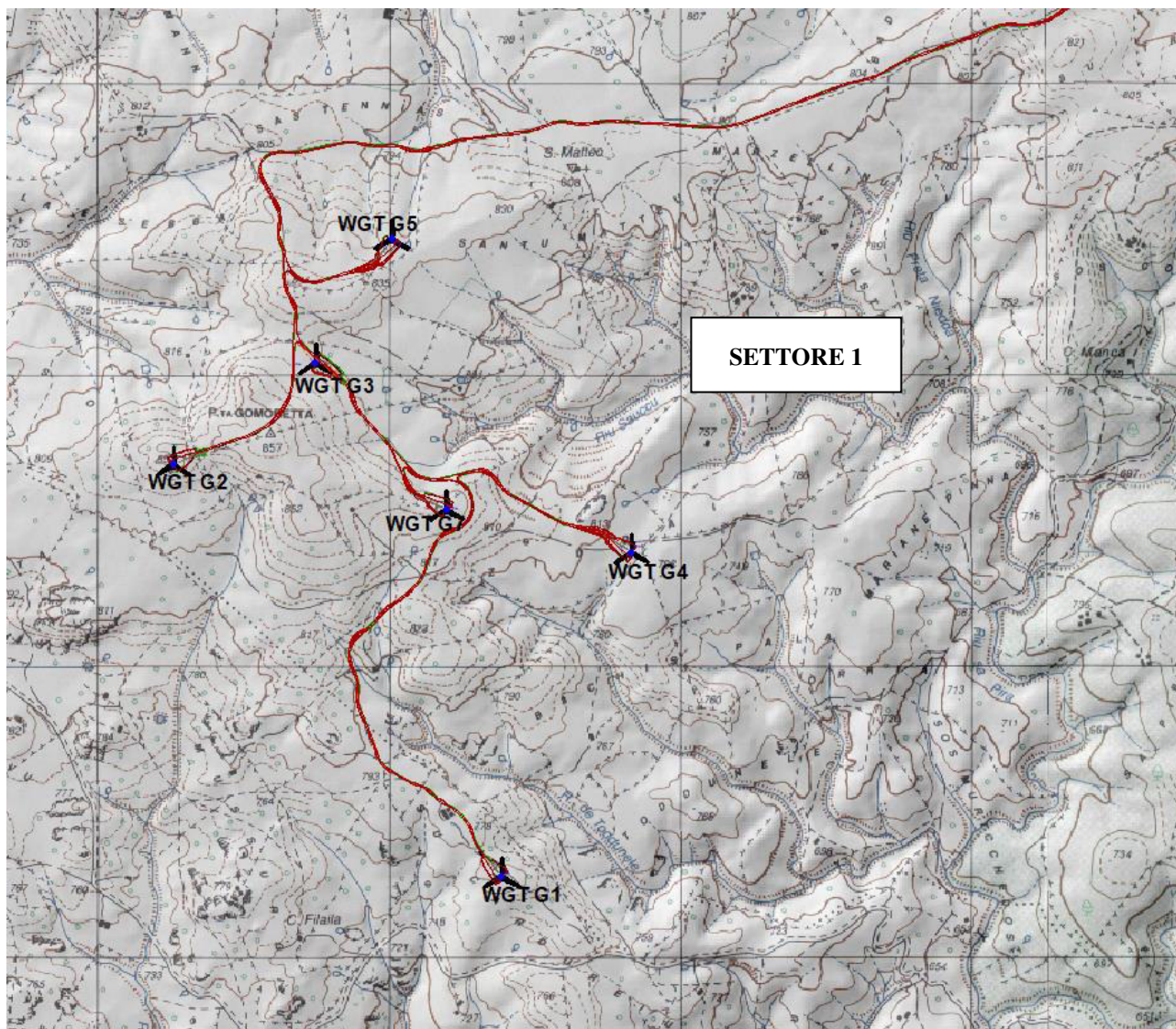


Figura 3.1- Ubicazione aerogeneratori "Settore 1"

Le coordinate dei punti di installazione delle torri eoliche nel sistema di riferimento GAUSS-BOAGA sono:

No. (*)	Easting (m)	Northing (m)	No. (*)	Easting (m)	Northing (m)
WGT G1	1526339	4478097	WGT G8	1532362	4476140
WGT G2	1525211	4479509	WGT G9	1532611	4476480
WGT G3	1525700	4479857	WGT G10	1532974	4477271
WGT G4	1526785	4479208	WGT G11	1533367	4477536
WGT G5	1525961	4480283	WGT G12	1533734	4477832
WGT G6	1534648	4478486	WGT G13	1534509	4477904
WGT G7	1526149	4479355			

**PROGETTO DEFINITIVO**

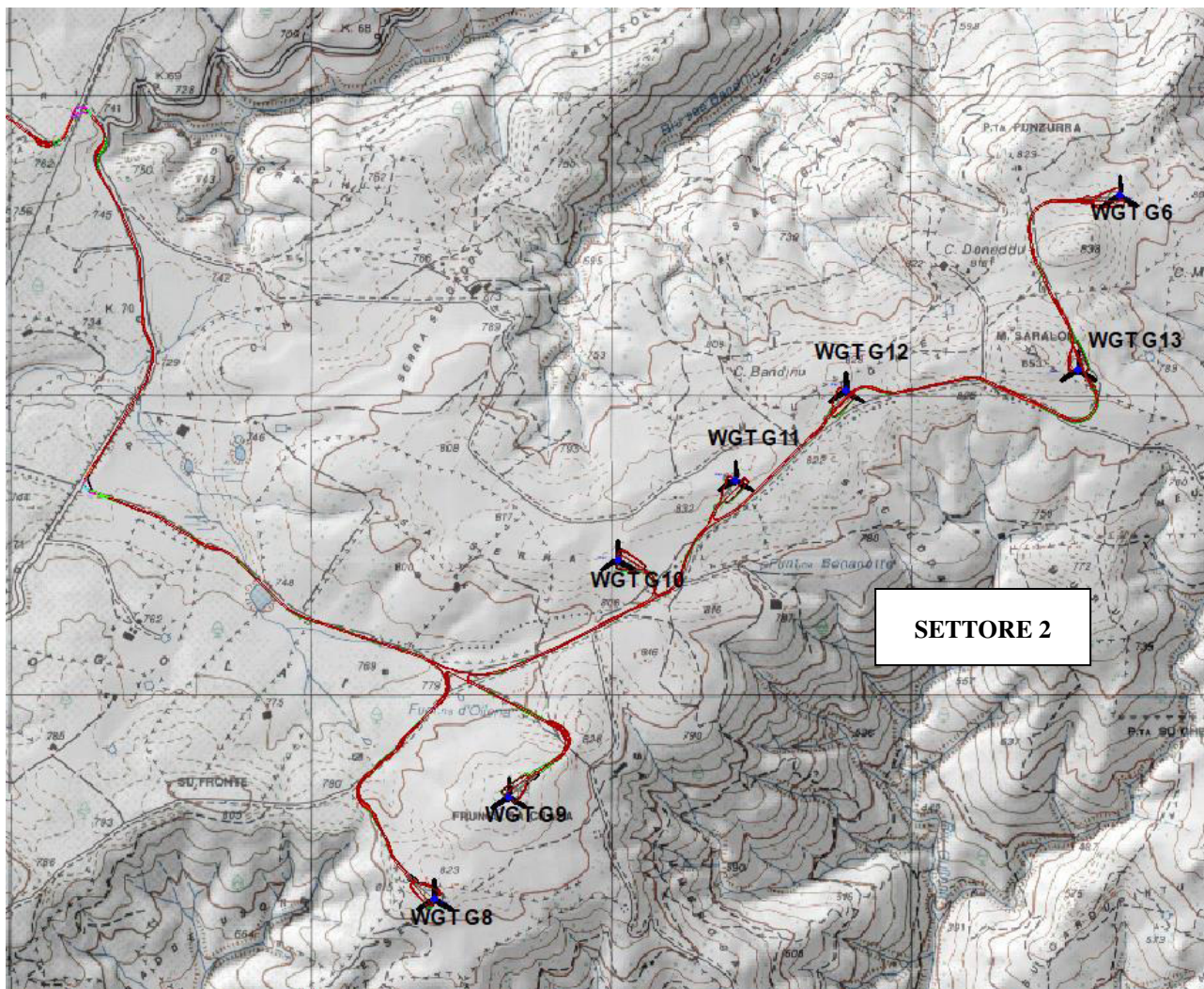


Figura 3.2- Ubicazione aerogeneratori "Settore 2"

#### 4. PROPRIETA' MECCANICHE DEL TERRENO

##### 4.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

<sup>1</sup>L'area oggetto di indagine è costituita in prevalenza da litologie appartenenti al Paleozoico, rappresentate dal complesso metamorfico-sedimentario, dal complesso intrusivo ercinico e dal sistema filoniano tardo-ercinico. Sono attribuibili al Quaternario i depositi in alveo e i detriti di versante.

I termini metamorfici appartengono in scala più ampia al "Complesso metamorfico ercinico prevalentemente in facies anfibolitica"<sup>2</sup>, costituito da una importante, monotona successione terrigena di quarziti, metarenarie e micascisti,

<sup>1</sup> F. Demurtas, 2013 - Studio Geologico e Geotecnico "Parco Eolico Gomoretta"

<sup>2</sup> Carnignani L., Oggiano G., Barca S., Conti P., Eltrudis A., Funedda A., Pasci S. (1992): Note illustrative della Carta Geologica della Sardegna a Scala 1:200.000 - Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato - Roma.

**PROGETTO DEFINITIVO**

rappresentate da più facies a vario grado evolutivo, prevalentemente scistose e polifasiche, riferibili all'Ordoviciano sup.-Siluriano.

All'interno di questo Complesso alcuni Autori<sup>3</sup> distinguono i termini prevalentemente filladici (micascisti a muscovite e biotite), presenti nell'area sud - est in esame, a Nord dell'abitato di Orune (località Fruncu sa Capra), per passare, con un aumento graduale e non definito di cristallinità da SE verso NW, verso termini gneissici con aumento nel contenuto in feldspati (metarenarie quarzoso feldspatiche) in località P.ta Gomoretta.

I termini filladici sono caratterizzati da un colore grigio con toni verde-bruni o rossastri sovrapposti, presentano scistosità per lo più ondulata, rivelando una lineazione tettonica costante e un medio metamorfismo, testimoniato anche dalla abbondanza in biotite. I termini gneissici sono caratterizzati da aspetto e colore variabile, dal grigio, grigio - verde, al bruno - nerastro e presentano tessitura per lo più scistoso piana, in essi sono ampiamente diffuse lenti quarzose.

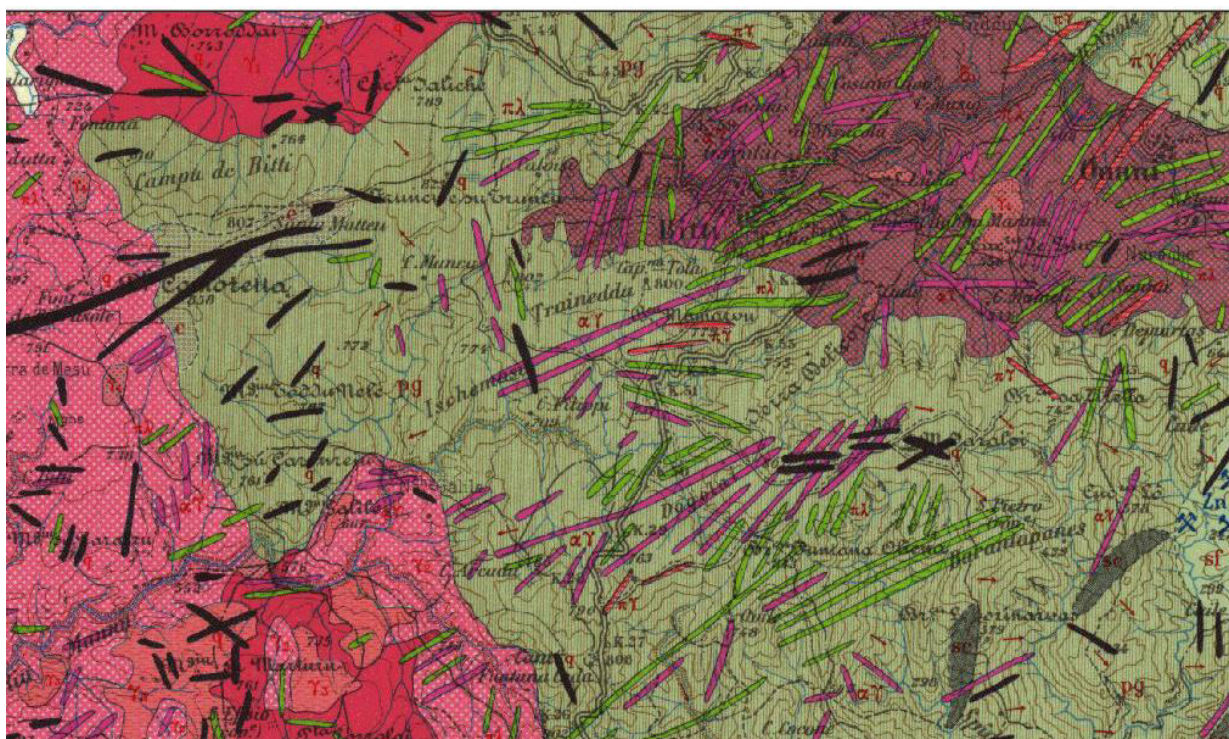


Figura 4.1- Stralcio Fg.194 "Ozieri" - Carta Geologica d'Italia,1972

Le metamorfiti si manifestano intensamente strutturate, sia per via del loro carattere originariamente sedimentario, sia per le azioni di metamorfismo che hanno incrementato la fissilità, sia ancora per l'elevato grado di tettonizzazione.

In tali depositi, si intrudono i prodotti di magmatismo intrusivo quali granodioriti monzogranitiche, biotitiche, a grana medio-grossa, inequigranulari per Kfs biancastri di taglia 8-10 cm; tessitura orientata per flusso magmatico, che caratterizzano l'area a ovest a quella di interesse per il progetto.

Nell'area, il Quaternario è rappresentato da una modesta copertura detritica di versante, costituita dai prodotti di alterazione delle rocce metamorfiche, presente in modo discontinuo lungo i versanti, in particolare nel settore

<sup>3</sup> D'Amico C. (1960) - Relazione sul rilevamento geologico delle Tavole orientali del Quadrante Bitti F° 194 (Ozieri e petrografia delle formazioni rocciose - Boll. Serv. Geol. It. n. 80.



**PROGETTO DEFINITIVO**

meridionale del rilievo Fruncu Sa Capra in corrispondenza delle maggiori pendenze dove spesso l'alta scistosità contribuisce ad accentuare la sfaldabilità della roccia che causa locali smottamenti e il movimento di tali detriti.

Lungo le aste tributarie di primo e secondo ordine sono riconoscibili depositi torrentizi, ove presenti, di modesto spessore, costituiti da ciottoli per lo più spigolosi poco arrotondati, in matrice arenaceo-limosa spesso cementata.

**4.2. CAMPAGNA INDAGINI DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA**

Al fine di definire le caratteristiche geologico-geotecniche dei siti di imposta degli aerogeneratori, in aggiunta alle informazioni contenute nella Relazione Geologica circa l'assetto geologico, idrogeologico e geotecnico di area vasta, nel maggio 2013 è stata realizzata una campagna di indagini in sito con l'intento di indagare nello specifico le condizioni geologiche-idrogeologiche e geotecniche nel volume significativo interessato dalle opere di fondazione degli aerogeneratori.

A tale scopo sono stati realizzati n. 4 sondaggi a carotaggio continuo, mediante sonda cingolata, della profondità di 5 m ciascuno, dei quali n. 2 nel settore 1, e n. 2 nel settore 2. Nella pianificazione delle indagini è stato inoltre ritenuto utile programmare una serie di prove penetrometriche SPT (Standard Penetration Test) lungo i fori di sondaggio

I sondaggi a carotaggio continuo sono stati eseguiti nella seconda decade del mese di maggio 2013, i primi due sono stati eseguiti lungo la strada comunale in località Fruncu sa Capra (settore 2), i restanti lungo la strada in località Gomoretta (settore 1). L'ubicazione dei sondaggi è stata stabilita in modo tale da avere un quadro uniforme dei due settori oggetto di indagine, al fine di avere un quadro geometrico ben definito sull'andamento del basamento lapideo in profondità.

Di seguito viene riportata l'ubicazione delle indagini:

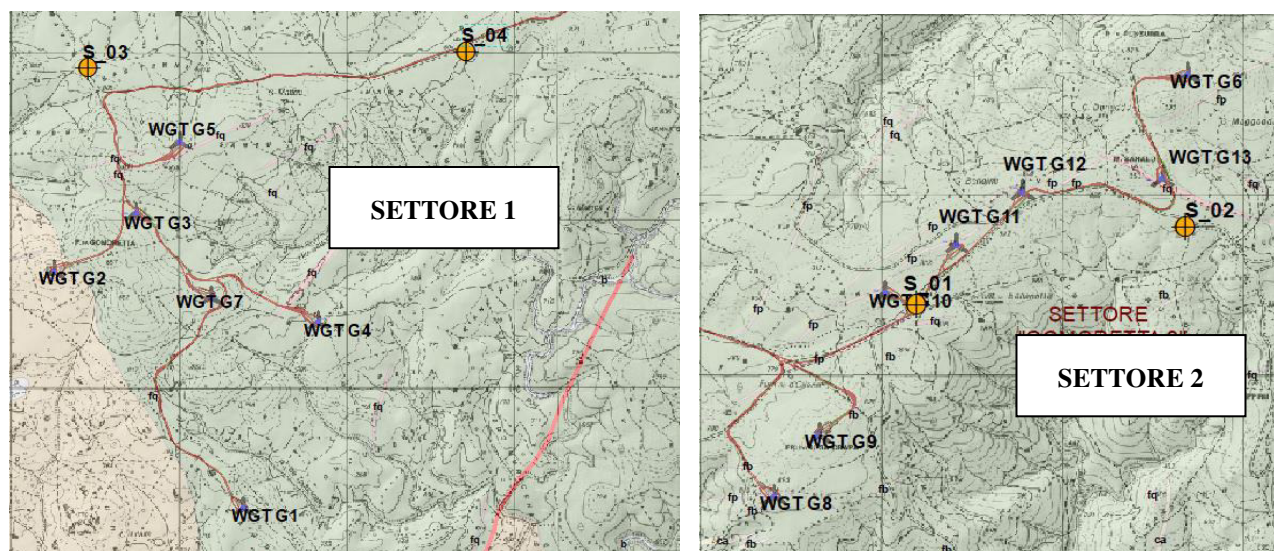


Figura 4.2- Ubicazione delle indagini geognostiche

**PROGETTO DEFINITIVO**

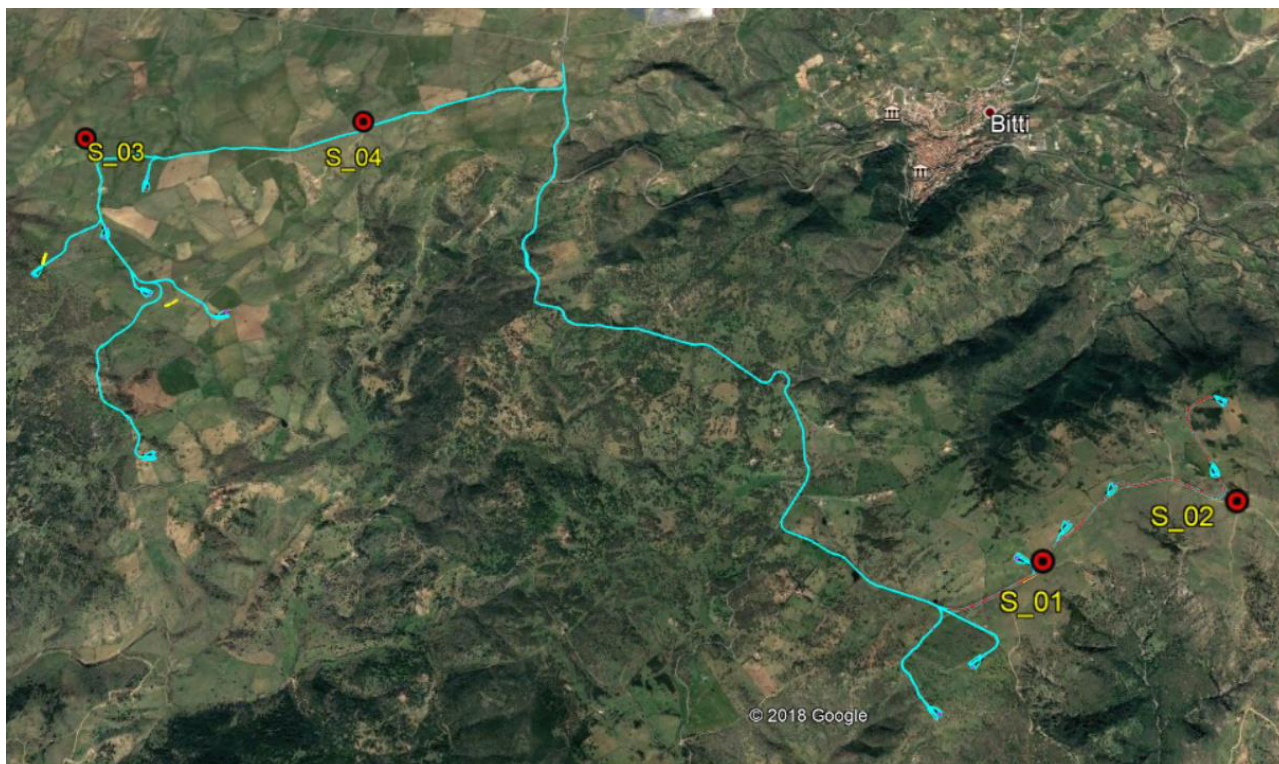
Sondaggio	Località	Coordinate EST (GB)	Coordinata NORD (GB)	Profondità (m)	SPT quota (m da p.c.)	Nspt
S_01	<i>F.na Bonanotte</i>	1533157	4477204	5,00	1,05	27-38-42
S_02	<i>Neulache</i>	1534652	4477643	5,00	0,50	35-48-R
RS_03	<i>Sas Tennias</i>	1525395	4480715	5,00	0,40	42-47-R
S_04	<i>Badde e Terrinu</i>	1525395	4480715	5,00	-	-

Su tutte le verticali, in generale superati i primi 5-10cm di suolo vegetato, si incontra uno strato di roccia alterata dello spessore che varia da 40cm a 100cm per poi passare alla roccia sana. Durante i sondaggi sono state effettuate delle prove penetrometriche standard (SPT) per definire i parametri geotecnici dello strato alterato della roccia.

In questa campagna non sono stati effettuati sondaggi sulle litologie intrusive, di particolare interesse per l'aerogeneratore WGT G1 e WGT G2 . Pertanto per questi si farà riferimento a dati di campagna e di letteratura.

Nel mese di ottobre 2018, è stata realizzata una campagna di indagini integrativa mediante prospezione geofisica finalizzata al miglioramento delle conoscenze finora definite con le precedenti campagne dei litotipi interessati dagli interventi.

La prospezione geofisica è stata realizzata attraverso l'impiego della tecnica della sismica a rifrazione con elaborazione tomografica e della MASW ha permesso di ricostruire con buon grado di precisione l'assetto lito-stratigrafico dell'area in esame e dedurne le caratteristiche sismiche. Sono stati realizzati nr.3 stendimenti come ubicati in figura.



**PROGETTO DEFINITIVO**

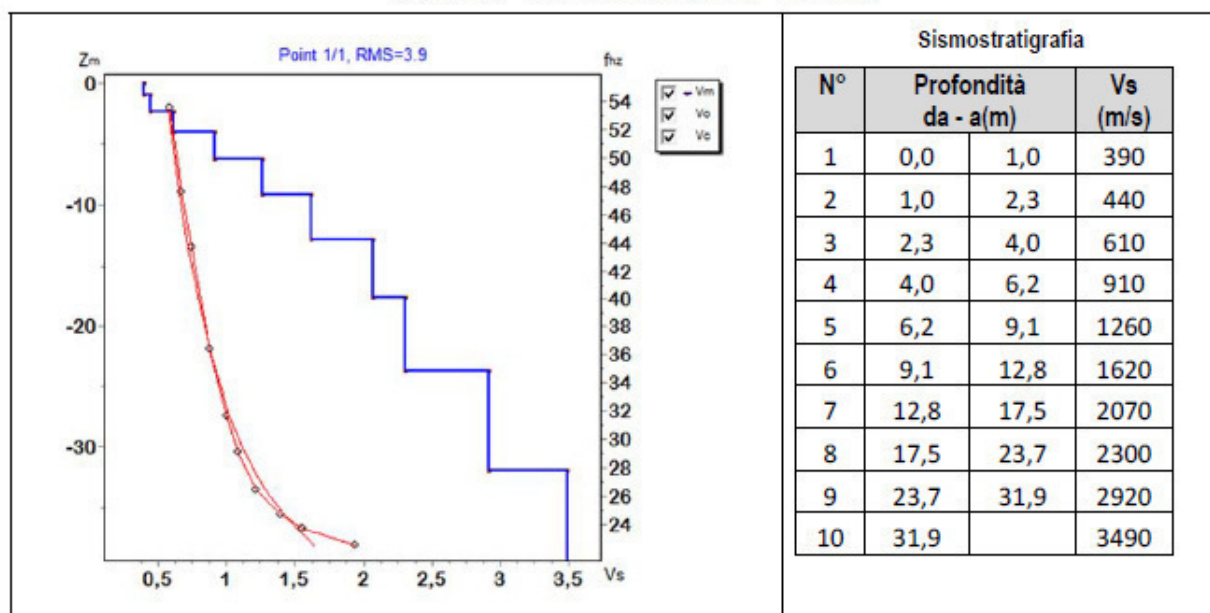
Di seguito si riportano in sintesi le caratteristiche geotecniche stimate e di velocità di propagazione delle onde S e P ottenute attraverso i profili MASW.

**4.2.1. MASW 01**

L'indagine sismica con tecnica MASW ha permesso di ottenere il profilo medio di velocità delle onde di taglio verticali Vs della sezione **M1**, dal quale si possono distinguere i sismostrati di seguito indicati. Si ricorda che si tratta di un profilo medio della velocità di taglio Vs.

Profondità [m sotto il pc]	Descrizione
0 – 4,0	1° sismostrato con Vs tra 390 e 610 m/s, terre e/o rocce scavabili
4,0– 6,2	2° sismostrato con Vs tra 610 e 910 rocce tenere e/o mediamente fratture
6,2 – 12,8	3° sismostrato con Vs tra 910 e 1620 m/s, substrato roccioso integro o poco fratturato
12,8 - 23,7	4° sismostrato con Vs tra 1620 e 2920 m/s , substrato roccioso integro o poco fratturato
>23,7	5° sismostrato con Vs >di 2920 m/s , substrato roccioso integro o poco fratturato

**MASW M1 - PROFILO Vs (Vs eq= 485 m/s)**



La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, Vs,eq (in m/s), definita dall'espressione

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:  
 hi spessore dell'i-esimo strato;  
 Vs,i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;  
 N numero di strati;  
 H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Esaminato il profilo delle Vs si pone come profondità del substrato **4,0 m** (Vs>800 m/s)

La velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio calcolata per il substrato posto a 4.0 m di profondità dal p.c. è pari a:

$$V_{S,eq} = 4.03/0,01072=485 \text{ m/s},,$$

ciò consente di classificare il terreno come **Categoria B-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.

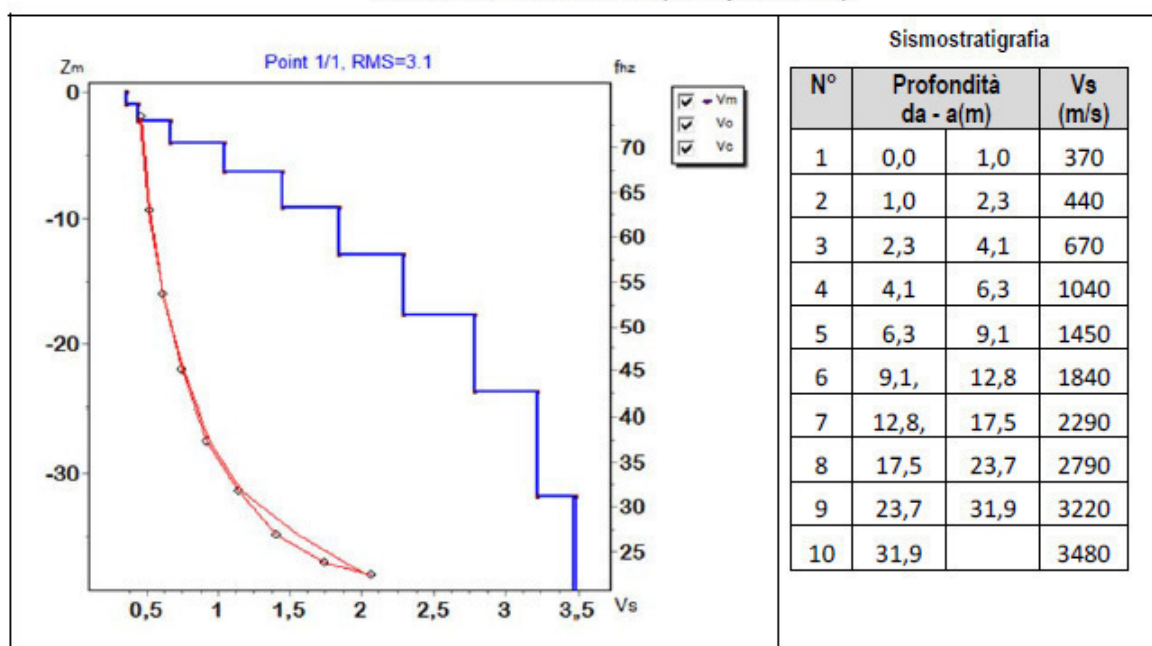
**PROGETTO DEFINITIVO**

4.2.2. MASW 02

L'indagine sismica con tecnica MASW ha permesso di ottenere il profilo medio di velocità delle onde di taglio verticali Vs della sezione M2, dal quale si possono distinguere i sismostrati di seguito indicati. Si ricorda che si tratta di un profilo medio della velocità di taglio Vs.

Profondità [m sotto il pc]	Descrizione
0 - 4,1	1° sismostrato con Vs tra 370 e 670 m/s, terre e/o rocce scavabili
4,1 - 12,8	2° sismostrato con Vs tra 670 e 1840 rocce tenere o mediamente fratturate
12,8 - 23,7	3° sismostrato con Vs tra 1840 e 2790 m/s substrato roccioso integro o poco fratturato
>23,7	4° sismostrato con Vs > 2790 m/s substrato roccioso integro o poco fratturato

**MASW M2 - PROFILO Vs (Vs eq= 490 m/s)**



La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, Vs,eq (in m/s), definita dall'espressione

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

hi spessore dell'i-esimo strato;

Vs,i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Esaminato il profilo delle Vs si pone come profondità del substrato 4,1 m (Vs>800 m/s)

La velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio calcolata per il substrato posto a 4.1 m di profondità dal p.c. è pari a:

$$V_{S,eq} = 4,1/0,008365 = 490 \text{ m/s}$$

ciò consente di classificare il terreno come *Categoria B-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.

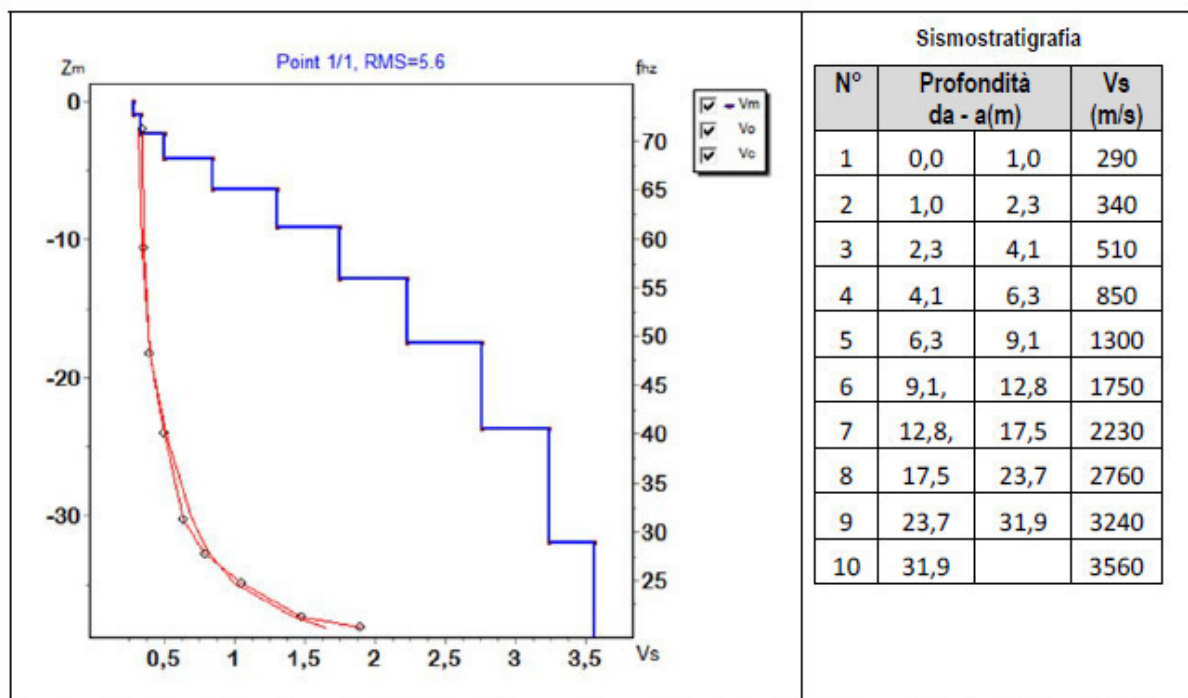
**PROGETTO DEFINITIVO**

4.2.1. MASW 03

L'indagine sismica con tecnica MASW ha permesso di ottenere il profilo medio di velocità delle onde di taglio verticali Vs della sezione M3, dal quale si possono distinguere i sismostrati di seguito indicati. Si ricorda che si tratta di un profilo medio della velocità di taglio Vs.

Profondità [m sotto il pc]	Descrizione
0 – 4,1	1° sismostrato con Vs tra 290 e 510 m/s, terre e/o rocce scavabili
4,1 – 9,1	2° sismostrato con Vs tra 510 e 1300 rocce tenere o mediamente fratturate
9,1 – 23,7	3° sismostrato con Vs tra 1300 e 2760 m/s substrato roccioso integro o poco fratturato
>23,7	4° sismostrato con Vs > 2760 m/s substrato roccioso integro o poco fratturato

**MASW M3 - PROFILO Vs (Vs eq= 373 m/s)**



La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, Vs,eq (in m/s), definita dall'espressione

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:  
 hi spessore dell'i-esimo strato;  
 Vs,i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;  
 N numero di strati;  
 H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Esaminato il profilo delle Vs si pone come profondità del substrato 4,1 m (Vs>800 m/s)

La velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio calcolata per il substrato posto a 4.1 m di profondità dal p.c. è pari a:

$$V_{s,eq} = 4,1/0,010994 = 373 \text{ m/s},$$

ciò consente di classificare il terreno come *Categoria B-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.

**PROGETTO DEFINITIVO**

Sulla base dei dati raccolti è stato quindi possibile definire il modello geologico del sito che viene di seguito riassunto.

Se per il Settore 2 il modello è uniforme, caratterizzato dalla costante presenza del litotipo A (metamorfiti) al quale si appoggia uno strato di spessore variabile di roccia alterata, per il Settore 1 alcune turbine sono impostate su limite di passaggio tra le metamorfite e le rocce intrusive granitoidi. Pertanto, si ritiene di dover distinguere due modelli geologici su cui fare riferimento.

**4.3. MODELLO GEOLOGICO DI SITO 01 (A E B)**

Settore 2 e Settore 1 (WGT G2, WGT G3, WGT G4, WGT G5, WGT G6, WGT G7, WGT G8, WGT G9, WGT G10, WGT G11, WGT G12, WGT G13)

0,15m – 0,50m di spessore LITOTIPO A – suolo più o meno evoluto, con frammenti vegetali, colore bruno

0,30m – 1.30m di spessore LITOTIPO B – alterazione della roccia sottostante metamorfica, in genere sciolta, asciutta, di colore beige costituita da ciottoli a spigoli vivi in matrice limoso sabbiosa.

da profondità variabile da 0,45m a 1,70m da p.c. – LITOTIPO C – roccia metamorfica in posto molto fratturata con fratture da aperte libere a serrate e riempite di materiale argilloso-limoso.

**4.4. MODELLO GEOLOGICO DI SITO 02**

Settore 1 (WGT G1) (da verificare con indagini dirette)

0,30m di spessore LITOTIPO A – suolo più o meno evoluto, sabbioso con frammenti vegetali, colore bruno/beige

0,30m – 1,00m di spessore LITOTIPO B – alterazione della roccia madre sottostante, in genere sciolta, asciutta, di colore beige costituita da ciottoli a spigoli vivi in matrice limoso sabbiosa.

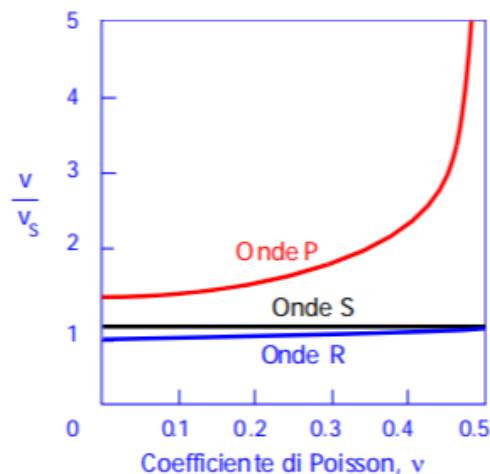
da profondità variabile da 0,45m a 1,70m da p.c. – LITOTIPO D – roccia granitica in posto molto fratturata con fratture da aperte libere a serrate e riempite di materiale argilloso-limoso.

**4.5. TABELLA DI SINTESI DELLE PROPRIETÀ DI SINTESI DEI TERRENI DI INTERESSE**

Di seguito si riporta la stima del valore di  $V_r$  (m/sec) in relazione alla misura di  $V_s$  effettuata mediante l'indagine geofisica tipo MASW correlate come da schema riportato di fianco:

il rapporto  $V_p/V_s$  dipende dal coefficiente di Poisson;

in genere la  $V_r$  è sempre di poco minore della  $V_s$



**PROGETTO DEFINITIVO**

profondità in m (da-a)	Vs (m/sec)	v	Vr (m/sec)
0-1	370	0,35	346,32
1-2,3	440	0,33	410,52
2,3-4,0	670	0,36	627,79
4,0-6,10	1040	0,38	977,6

Modello Geologico 01 A – micacisti e filladi

profondità in m (da-a)	Vs (m/sec)	v	Vr (m/sec)
0-1	290	0,35	271,44
1-2,3	340	0,36	318,58
2,3-4,0	510	0,36	477,87
4,0-6,10	850	0,36	796,45

Modello Geologico 01 B - micacisti e filladi

profondità in m (da-a)	Vs (m/sec)	v	Vr (m/sec)
0-1	390	0,35	365,04
1-2,3	440	0,35	411,84
2,3-4,0	610	0,33	569,13
4,0-6,10	910	0,35	851,76

Modello Geologico 02 - graniti

**PROGETTO DEFINITIVO**

**5. PROPAGAZIONE DELLE VIBRAZIONI NEL TERRENO**

Le caratteristiche dei fenomeni vibratorii che possono interessare un edificio variano in modo sostanziale in funzione della natura della sorgente di eccitazione e delle caratteristiche dinamiche dell'edificio stesso. Per una corretta esecuzione delle misurazioni, premessa necessaria per giungere a descrivere completamente il fenomeno e valutare quindi la possibilità che esso produca danni, è necessario tenere conto dei seguenti

fattori:

- meccanismo di eccitazione e trasmissione;
- durata del fenomeno;
- natura deterministica o aleatoria del fenomeno;
- distribuzione spettrale dell'energia.

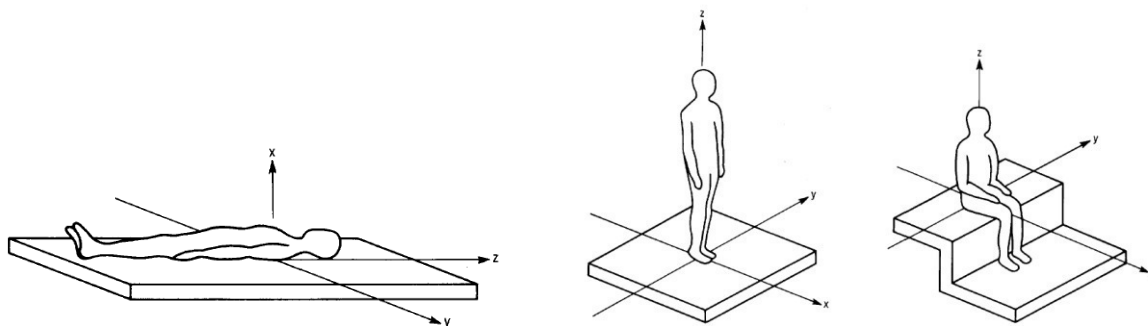
L'energia immessa nel terreno dalla sorgente, quando questa è esterna all'edificio, genera onde "elastiche" che raggiungono la fondazione modificandosi nel loro contenuto spettrale per effetto delle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno attraversato.

Il fenomeno si traduce, nella generalità dei casi, in un'attenuazione dell'intensità del moto, man mano che ci si allontana dalla sorgente, per effetto delle proprietà dissipative del terreno e per un effetto geometrico. Usualmente tale fenomeno è più sensibile per le componenti del moto alle alte frequenze e nei terreni incoerenti e di tipo sciolto e dà quindi luogo ad uno spettro (del moto alla base) caratterizzato da un contenuto spettrale più ricco in basse frequenze.

In alcuni casi, quando si è in presenza di condizioni stratigrafiche particolari, possono verificarsi fenomeni di risonanza che tendono ad amplificare alcuni valori spettrali rispetto ad altri.

Il problema della percezione umana alle vibrazioni in termini di limiti di danno sono trattati negli allegati della norma UNI 9916, e risultano più elevati, a ciascuna frequenza, dei limiti di percezione individuati dalla norma UNI 9614.

A questo proposito, la sensibilità umana è variabile con la frequenza, e dipende dall'asse cartesiano considerato rispetto al riferimento relativo al corpo umano. Le curve di sensibilità umana sono codificate dalla norma tecnica UNI 9614, rispetto ai sistemi di riferimento per persone sdraiate, sedute o in piedi, riportato nelle seguenti figure:



*Figura 3 - Sistema cartesiano di riferimento per persona sdraiata, in piedi o seduta*

Il campo di frequenze considerato è 1÷80 Hz. Al segnale di accelerazione rilevato devono essere applicati per le singole frequenze dei valori di attenuazione (curve di ponderazione) al fine di rendere equivalente la percezione umana alle varie frequenze.



**PROGETTO DEFINITIVO**

Nel caso considerato, tuttavia, la popolazione si troverà esposta indifferentemente su uno dei tre assi, a seconda della giacitura dei soggetti, che è ovviamente non predeterminale e variabile nel corso delle 24 ore. In tali casi, la norma UNI9614 prevede l'impiego di una curva di ponderazione per asse generico (o meglio, per asse non definibile), che è riportata nella seguente figura.

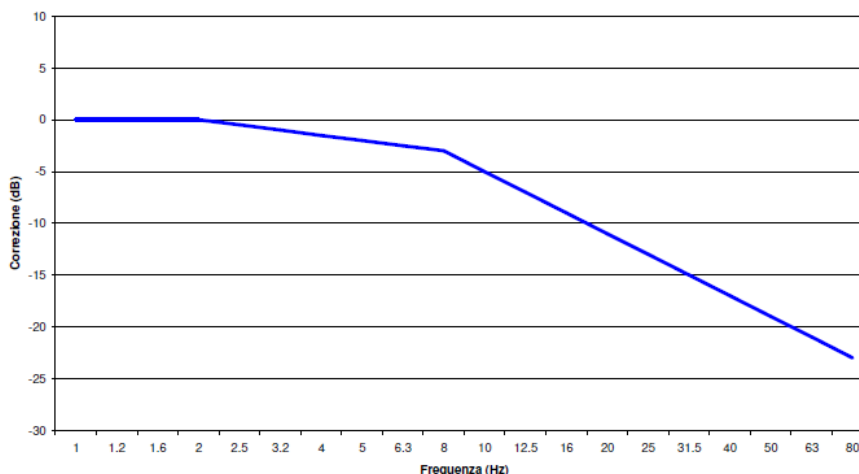


Figura 4 - Curva di ponderazione per un asse generico - UNI 9614

La norma UNI9614 prevede di valutare il livello complessivo di accelerazione ponderata nell'intervallo da 1 ad 80 Hz: se il segnale disturbante è caratterizzato da un'emissione concentrata entro una singola banda di 1/3 di ottava, è sufficiente correggere il valore misurato applicando la correzione riportata in Fig. 3.4 (ad esempio essa vale -19 dB a 50 Hz). Se viceversa lo spettro è continuo ed esteso a più bande, occorre anzitutto calcolare il livello di accelerazione corretto a ciascuna frequenza, indi sommare energeticamente i livelli di accelerazione alle varie frequenze onde ricavare il valore complessivo:

$$L_{acc,w,tot} = 10 \cdot \lg \left[ \sum_i 10^{(L_{acc,i} + C_i)/10} \right]$$

Questa metodica rende tuttavia le cose molto complicate in presenza di fenomeni di propagazione che, come abbiamo visto, producono un'attenuazione con la distanza che dipende fortemente dalla frequenza. Occorre, infatti, effettuare un calcolo separato della propagazione a ciascuna frequenza, e ricalcolare poi, punto per punto, il livello di accelerazione complessiva ponderata.

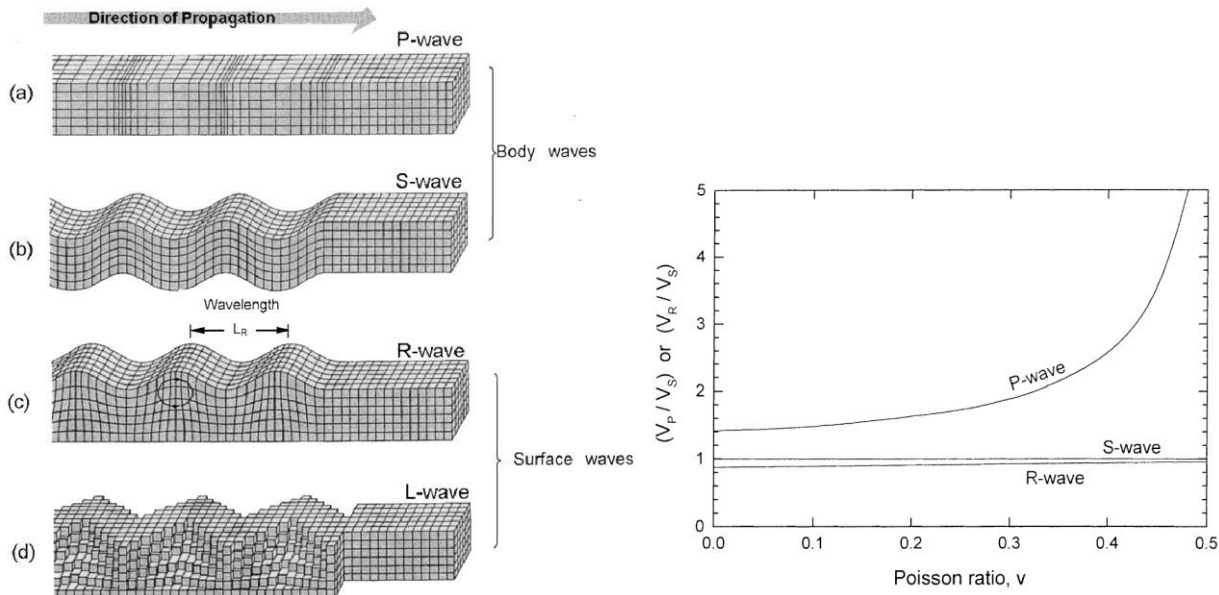
Le vibrazioni si propagano nel terreno circostante, alla zona della sorgente, subendo un'attenuazione dipendente dalla natura del terreno, dalla frequenza del segnale, e dalla distanza fra il punto di eccitazione e quello di valutazione dell'effetto.

Si deve distinguere tra tre tipi principali di onde che trasportano energia vibrazionale:

- a) Onde di compressione (onda P)
- b) Onde di taglio (onda S)
- c) Onde di superficie (orizzontali, onde R, e verticali, onde L)

**PROGETTO DEFINITIVO**

I primi due tipi sono onde di volume ("body-waves"), mentre le onde di superficie, come dice il nome, si propagano sull'interfaccia fra due strati con diverse proprietà meccaniche, principalmente quindi sulla superficie di separazione fra terreno ed aria. La seguente figura mostra schematicamente i diversi tipi di onde.



La velocità di propagazione dei diversi tipi di onde non è la stessa: le onde di compressione (onde P) sono le più veloci, mentre le onde di taglio e di superficie viaggiano con velocità più basse, in dipendenza del valore del modulo di Poisson del terreno. La seguente figura mostra il rapporto fra velocità di propagazione delle onde P ed R riferito alla velocità di propagazione delle onde di superficie S.

**6. METODOLOGIA**

Il modello di propagazione impiegato, valido per tutti tre i tipi di onde considerati (P, S, R) è basato sulla seguente formulazione:

$$a(d, f) = a(d_0, f) \cdot \left(\frac{d_0}{d}\right)^n \cdot e^{-2 \cdot \pi \cdot f \cdot \eta / c \cdot (d-d_0)}$$

In cui  $\eta$  è il fattore di perdita del terreno,  $c$  la velocità di propagazione in m/s,  $f$  la frequenza in Hz,  $d$  la distanza in m e  $d_0$  la distanza di riferimento a cui è noto lo spettro di emissione.

L'esponente  $n$  è funzione della tipologia di sorgente e dalla profondità. Pertanto per sorgenti poste in superficie (es. fondazioni superficiali, scavi poco profondi, etc) si assume  $n=0,5$  e  $n=1$  per sorgenti profonde (fondazioni su pali, perforazioni, etc).

Il fattore di smorzamento o di perdita del terreno  $\eta$  è funzione della natura del terreno ed è in generale pari a 0,01 per sabbie, ghiaie, o simili e 0,1 per gli elementi lapidei.

Tipo di terreno	$\eta$
Roccia	0.01
Sabbia, ghiaia, ciottoli	0.1
Limi, argille	0.2 -0.5

**PROGETTO DEFINITIVO****7. SORGENTE DI VIBRAZIONI****7.1. ANALISI DELLA FASE DI CANTIERE PER LA COSTRUZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO**

Per quantificare in sede di valutazione previsionale il potenziale impatto delle vibrazioni relativo alla fase di costruzione e di installazione dei generatori si fa riferimento ad un programma di massima delle attività di cantiere ed in particolare alle fasi di lavorazione che possono risultare maggiormente gravose sotto il profilo vibratorio perché, ad esempio, comprendono l'impiego di attrezzature e macchinari che devono funzionare all'aperto.

In particolare, la fase di sbancamento preliminare alla erezione delle torri e di getto di calcestruzzo per costituire le platee ed i basamenti delle torri medesime costituiscono potenzialmente la fase di attività più importante, senza sottovalutare quella relativa alla movimentazione di attrezzature e mezzi mediante autocarri che andranno ad incidere sulla viabilità. Si prevede infatti l'impiego di escavatori, dumpers, beton-cars, attrezzi ed utensili manuali. Inoltre, il cantiere può indurre un incremento di traffico stradale sulla viabilità locale.

Tali attività non vengono svolte simultaneamente in tutti i siti di installazione degli aerogeneratori, ma vengono compiute un sito per volta.

Si prevede che le attività saranno svolte unicamente in periodo diurno ed in normale orario lavorativo e, pertanto, **non si fa riferimento al periodo notturno.**

**7.2. POTENZIALE INCREMENTO DEI FLUSSI DI TRAFFICO INDOTTO DAL CANTIERE SULLA VIABILITÀ LOCALE**

Per quanto riguarda il traffico indotto dal cantiere si prevede un flusso di mezzi per il trasporto di materiali, componenti e personale quantificabile in circa 40 transiti/giorno in aggiunta al flusso di traffico locale attualmente presente (poche decine di veicoli/giorno) sulla viabilità di accesso al cantiere.

**7.3. MODELLO PER IL CALCOLO DELL'IMPATTO DOVUTO ALLE VIBRAZIONI IN FASE DI CANTIERE**

Sulla base delle premesse formulate ai due paragrafi precedenti, con riferimento allo spettro di emissione delle macchine operatrici e dell'incremento previsto nei flussi di traffico stradale e di mezzi pesanti, è stato sviluppato un modello di calcolo previsionale dell'impatto della componente vibrazioni calcolo acustico relativo alle attività di costruzione, in prossimità dei possibili ricettori sensibili.

Tali ricettori, sono stati considerati entro un raggio di 1000m dalle aree di cantiere.

Il modello previsionale utilizzato per la valutazione dell'impatto dovuto a vibrazioni nell'area di installazione dell'aerogeneratore comprende:

- Escavatore
- Pala cingolata
- Autocarro
- Rullo vibrante

Gli scenari di calcolo prevedono una elevata contemporaneità nell'utilizzo dei mezzi di cantiere ed un orario di lavoro compreso tra le 8:00 e le 12:00 e poi tra le 13:00 e le 17:00. I mezzi d'opera non si prevedono continuamente

**PROGETTO DEFINITIVO**

attivi bensì operanti per il periodo di attività di un normale cantiere, secondo l'orario sopra citato. Inoltre durante l'orario di cantiere è previsto che i macchinari abbiano delle fermate legate alle necessità produttive.

Si è definita una collocazione di tali macchinari in funzione di diversi aspetti quali: la morfologia del territorio, la viabilità e il previsto posizionamento degli aerogeneratori.

Non è tuttavia possibile escludere il verificarsi di eventuali superamenti temporanei dei limiti differenziali solamente in occasione di specifiche o particolari lavorazioni svolte in vicinanza dei ricettori, ovvero di passaggi di mezzi pesanti lungo la viabilità di accesso prossima ai ricettori. In questi casi si può fare riferimento alla gestione alle attività temporanee in deroga ai limiti massimi di zona.

Lo scenario operativo di progetto per le attività di cantiere analizzato un riferimento per la normale media operatività durante le attività di realizzazione del Parco Eolico.

Si ricorda che la normativa prevede la possibilità di richiedere all'amministrazione comunale eventuali deroghe al rispetto dei limiti normativi vigenti in occasione di eventuali specifiche attività potenzialmente più impattanti purché di durata limitata nel tempo, così come effettivamente avviene per i cantieri edili. Alla luce di questa possibilità si prevede di poter eseguire tali attività ricorrendo eventualmente ad esplicite autorizzazioni in deroga.

## 8. RECETTORI

La norma UNI 9614 (punto 3.3) suddivide gli edifici in base alla loro destinazione d'uso in 4 classi, ipotizzando quindi una differente sensibilità alle vibrazioni:

- aree critiche (per es. camere operatorie ospedaliere, laboratori, locali in cui si svolgono lavori manuali delicati, etc).
- abitazioni;
- uffici;
- fabbriche.

La stessa norma, al punto 5, stabilisce quale soglia di percezione delle vibrazioni i seguenti valori:

- 5 mm/sec<sup>2</sup> (74 dB) per l'asse z;
- 3,6 mm/sec<sup>2</sup> (71 dB) per gli assi x e y.

Ancora la norma UNI, al punto A1 dell'appendice A, ai fini della valutazione del disturbo dovuto a vibrazioni, indica dei limiti per le accelerazioni con riferimento alla tollerabilità a fenomeni vibratorii, per i diversi assi e per le 4 classi di edifici:

Ripettore	a (m/s <sup>2</sup> )	L (dB)	Ricettore	a (m/s <sup>2</sup> )	L (dB)
aree critiche	5.0 10 <sup>-3</sup>	74	aree critiche	3.6 10 <sup>-3</sup>	71
Abitazioni (notte)	7.0 10 <sup>-3</sup>	77	abitazioni (notte)	5.0 10 <sup>-3</sup>	74
Abitazioni (giorno)	10.0 10 <sup>-3</sup>	80	abitazioni (giorno)	7.2 10 <sup>-3</sup>	77
Uffici	20.0 10 <sup>-3</sup>	86	Uffici	14.4 10 <sup>-3</sup>	83
Fabbriche	40.0 10 <sup>-3</sup>	92	Fabbriche	28.8 10 <sup>-3</sup>	89

Figura 5 - Valori e limiti delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza validi per l'asse z, x e y.

**PROGETTO DEFINITIVO**

**9. VALUTAZIONE DELLA PROPAGAZIONE DELLE VIBRAZIONI**

Sulla base dei dati relativi ai singoli modelli geologici rappresentativi del sito di interesse si sono definiti i valori del fattore di smorzamento  $\eta$  e dell'esponente  $n$  di seguito riportati.

Poiché i lavori interesseranno solo gli strati superficiali verranno valutate le vibrazioni prodotte dai mezzi meccanici fino a 2m tenendo conto degli sismostrati rilevati e delle relative velocità  $V_r$  calcolate per ognuno di essi.

Modello Geologico 01 A - micacisti e filladi	profondità in m (da-a)	Vs (m/sec)	v	Vr (m/sec)	$\eta$	n	
	0-1	370	0,35	346,32	0.05	0.5	Mod. GEO_01A_1
	1-2,3	440	0,33	410,52	0.05	0.5	Mod. GEO_01A_2
	2,3-4,0	670	0,36	627,79	0.05	0.5	
	4,0-6,10	1040	0,38	977,6	1	1	

Modello Geologico 01 B - micacisti e filladi	profondità in m (da-a)	Vs (m/sec)	v	Vr (m/sec)	$\eta$	n	
	0-1	290	0,35	271,44	0.05	0.5	Mod. GEO_01B_1
	1-2,3	340	0,36	318,58	0.05	0.5	Mod. GEO_01B_2
	2,3-4,0	510	0,36	477,87	0.05	0.5	
	4,0-6,10	850	0,36	796,45	1	1	

Modello Geologico 02 - graniti	profondità in m (da-a)	Vs (m/sec)	v	Vr (m/sec)	$\eta$	n	
	0-1	390	0,35	365,04	0.05	0.5	Mod. GEO_02_1
	1-2,3	440	0,35	411,84	0.05	0.5	Mod. GEO_02_2
	2,3-4,0	610	0,33	569,13	0.05	0.5	
	4,0-6,10	910	0,35	851,76	1	1	

**10. SORGENTI DI VIBRAZIONI**

Lo spettro di emissione dei macchinari di cantiere e dei mezzi che saranno interessati nelle fasi di cantiere della realizzazione del parco eolico è stato reperito dalla bibliografia specializzata "L.H. Watkins - "Environmental impact of roads and traffic" - Appl. Science Publ., che alle pagine 231-241 riporta una serie di dati sperimentali sull'emissione di vibrazioni da parte di svariati tipi di mezzi.

Dove non specificatamente indicato gli spettri riportati sono stati calcolati ad una distanza di 10m dalla sorgente.

**PROGETTO DEFINITIVO**

10.1. PROPAGAZIONE DELLE VIBRAZIONI DI UN RULLO COMPRESSORE

Vengono di seguito riportati i risultati del modello previsionale descritto per un **rullo compressore** e per i modelli geologici di riferimento di cui al cap.9.

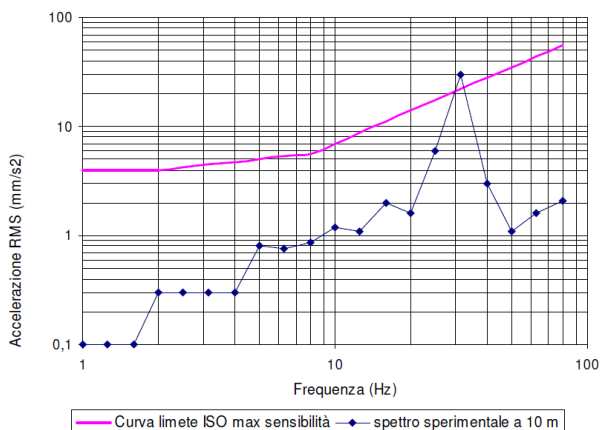


Figura 6 - Spettro di emissione della sorgente di un rullo compressore a 10m dall'asse di cantiere

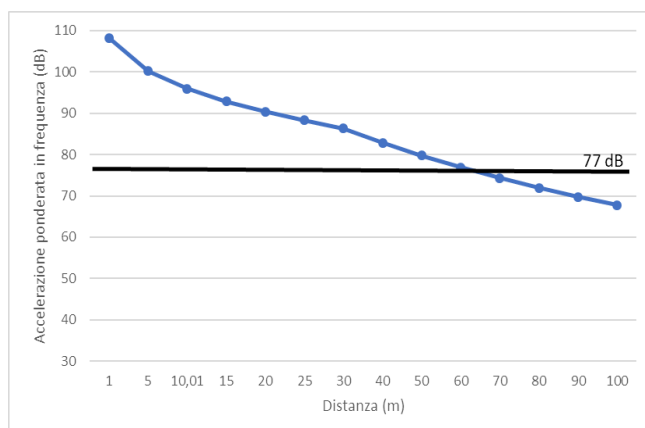
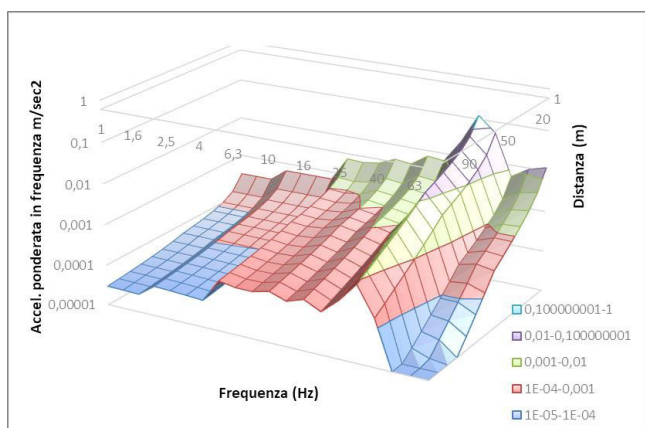


Figura 7 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO\_01A\_1

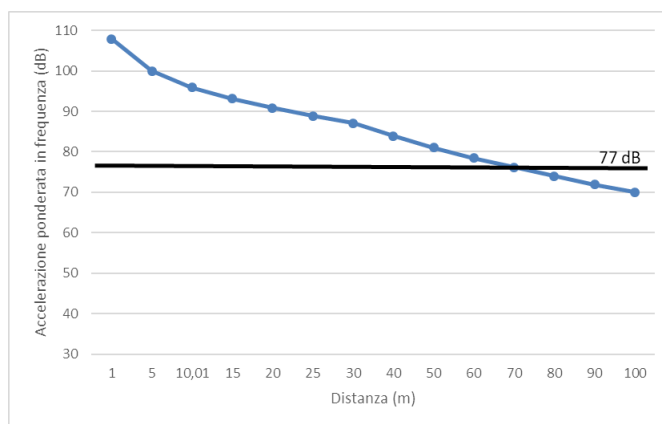
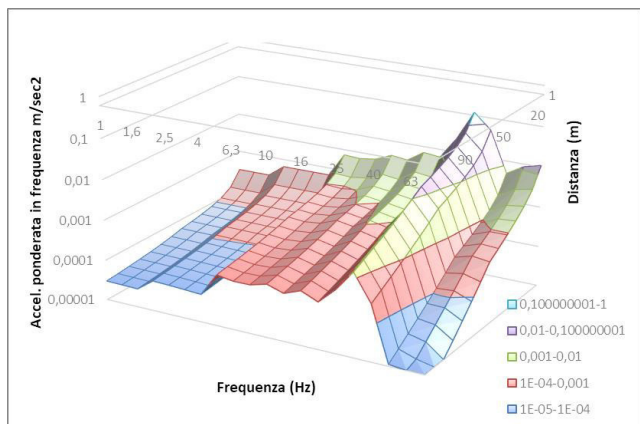


Figura 8 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO\_01A\_1

**PROGETTO DEFINITIVO**

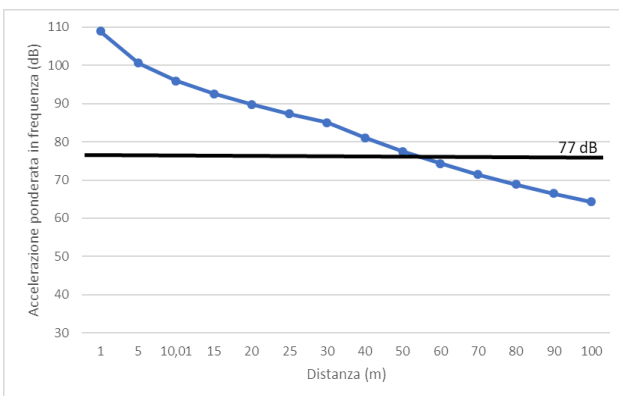
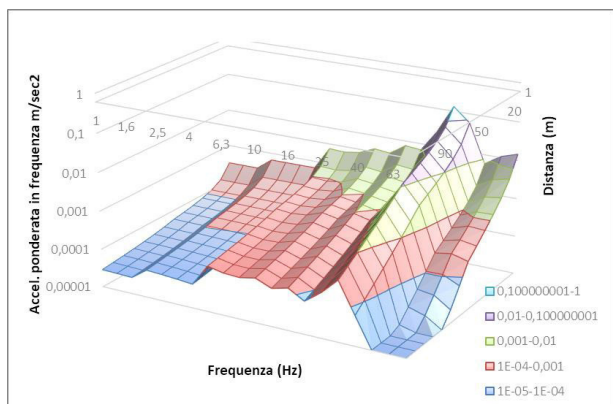


Figura 9 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO\_01B\_1

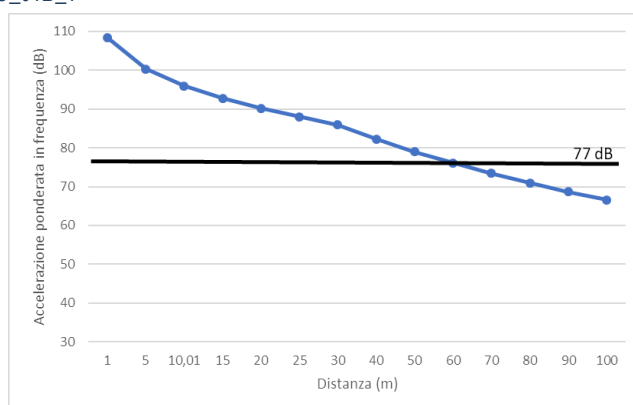
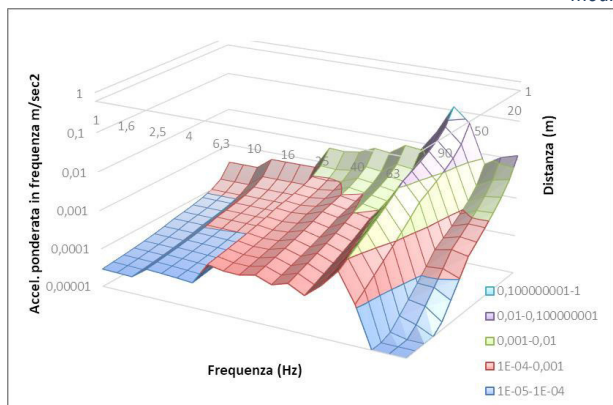


Figura 12 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO\_02\_1

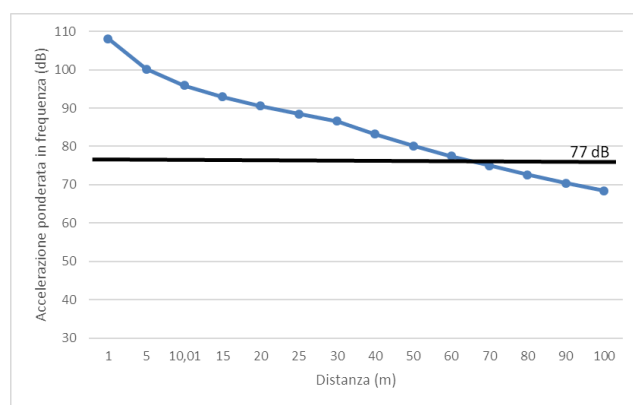
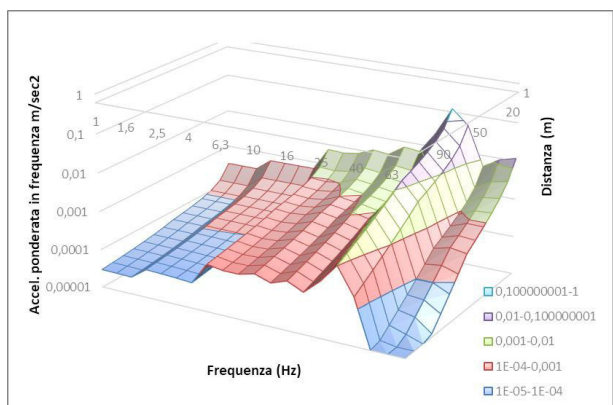


Figura 11 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO\_01B\_2

**PROGETTO DEFINITIVO**

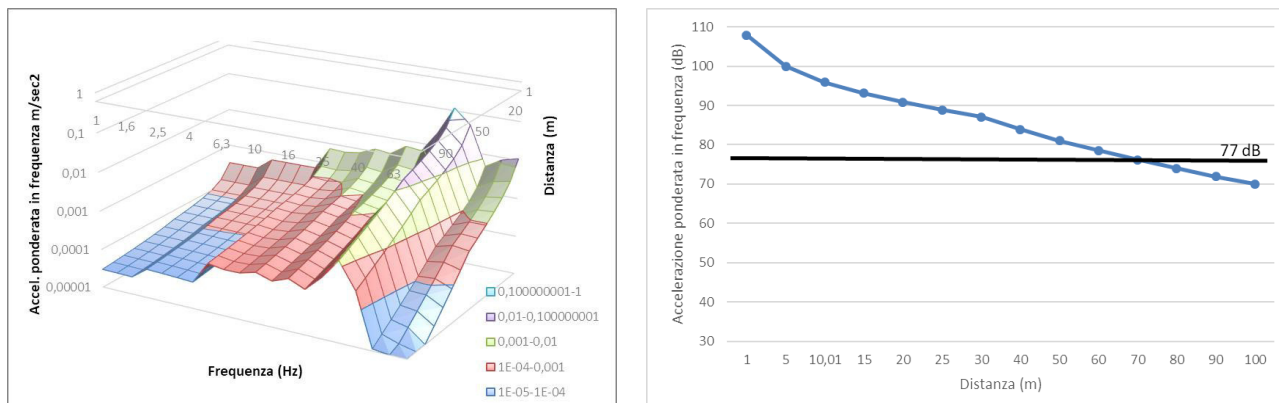


Figura 14 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO\_02\_2

**10.1.1. TABELLA RIASSUNTIVE DELLE DISTANZE DI SICUREZZA PER UN RULLO COMPRESSORE**

profondità in m (da-a)	Vs (m/sec)	v	Vr (m/sec)	$\eta$	n	distanza	
0-1	370	0,35	346,32	0.05	0.5	63	Mod. GEO_01A_1
1-2,3	440	0,33	410,52	0.05	0.5	70	Mod. GEO_01A_2
0-1	290	0,35	271,44	0.05	0.5	55	Mod. GEO_01B_1
1-2,3	340	0,36	318,58	0.05	0.5	60	Mod. GEO_01B_2
0-1	390	0,35	365,04	0.05	0.5	65	Mod. GEO_02_1
1-2,3	440	0,35	411,84	0.05	0.5	70	Mod. GEO_02_2



**PROGETTO DEFINITIVO**

10.2. PROPAGAZIONE DELLE VIBRAZIONI INDOTTE DA UNA PALA CINGOLATA

Vengono di seguito riportati i risultati del modello previsionale descritto per una **pala cingolata** e per i modelli geologici di riferimento di cui al cap.9.

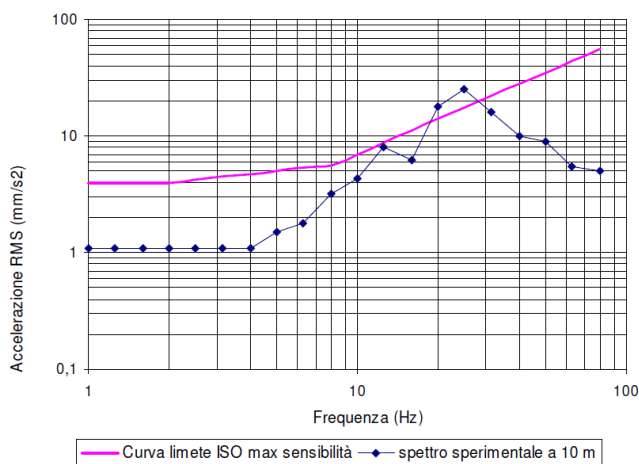


Figura 13 – Spettro di emissione della sorgente di una pala cingolata a 10m dall'asse di cantiere

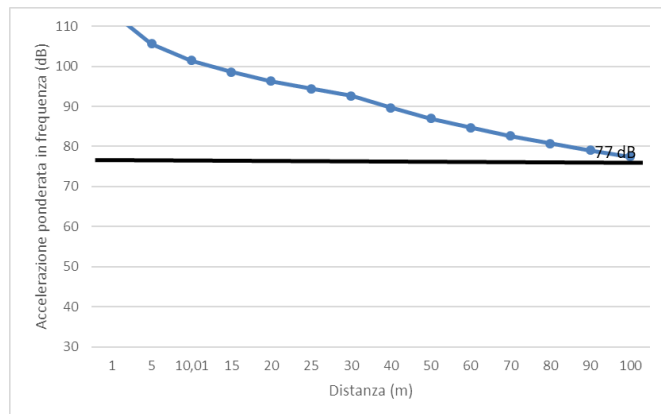
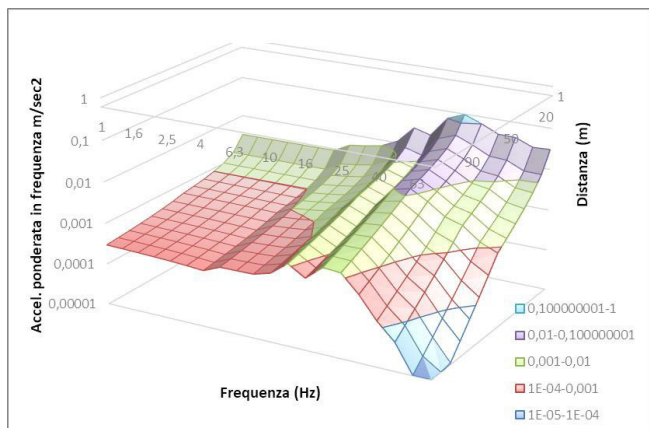


Figura 17 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO\_01A\_1

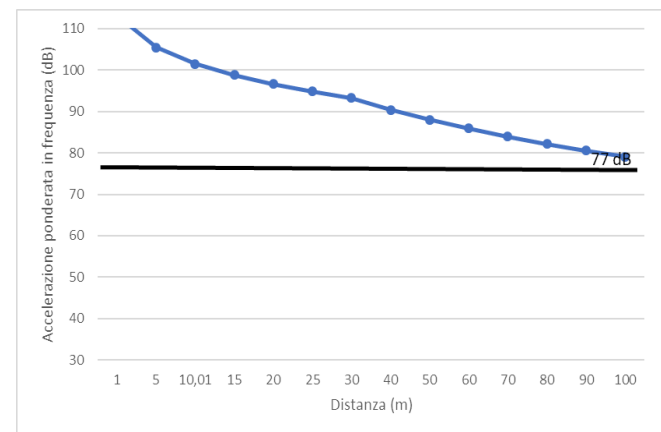
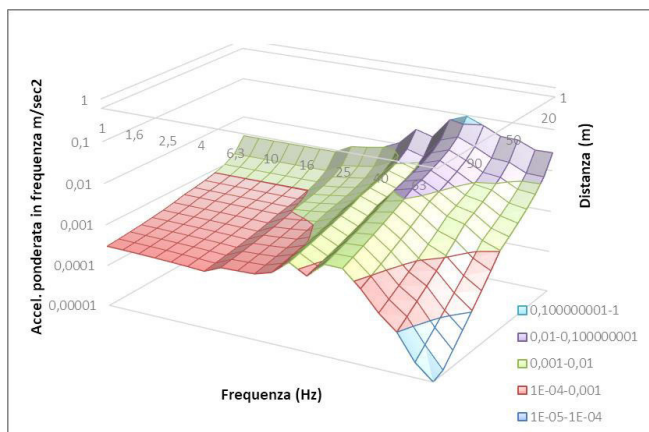


Figura 16 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO\_01A\_2

**PROGETTO DEFINITIVO**

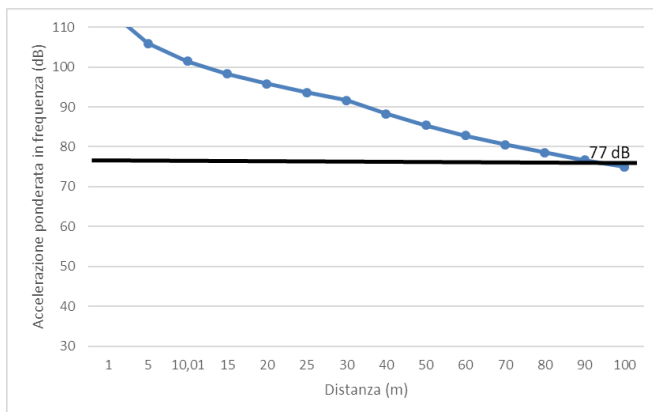
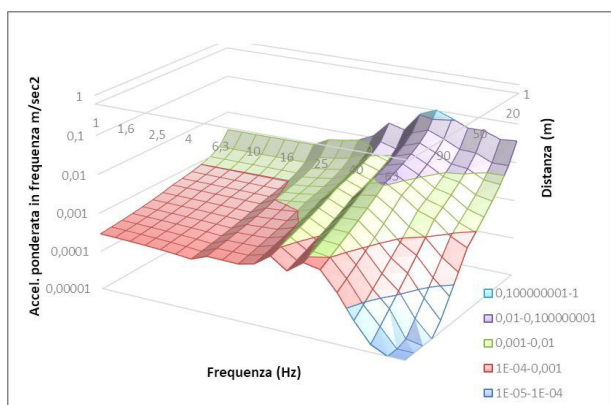


Figura 18- Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO\_01B\_1

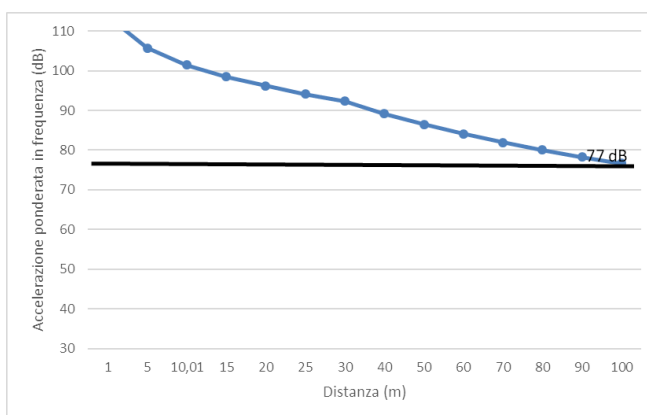
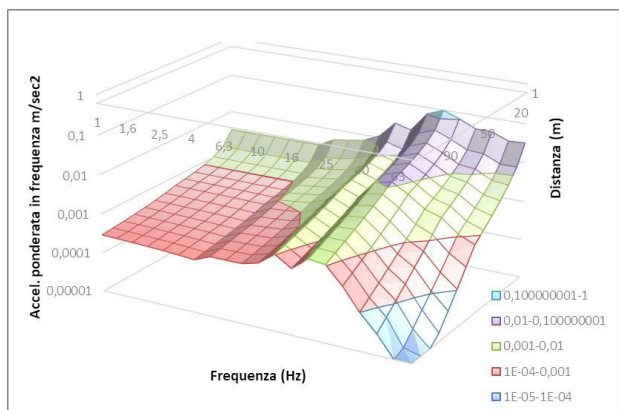


Figura 20 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO\_01B\_2

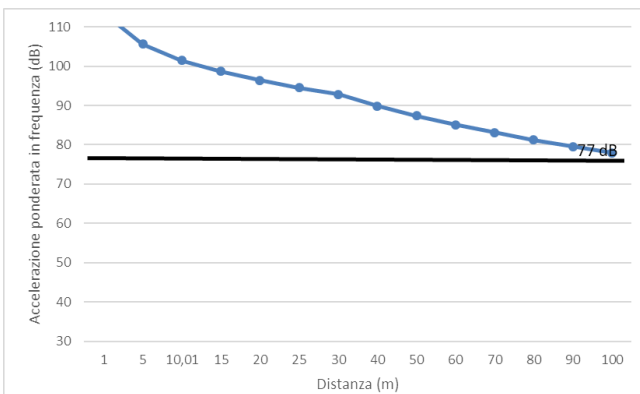
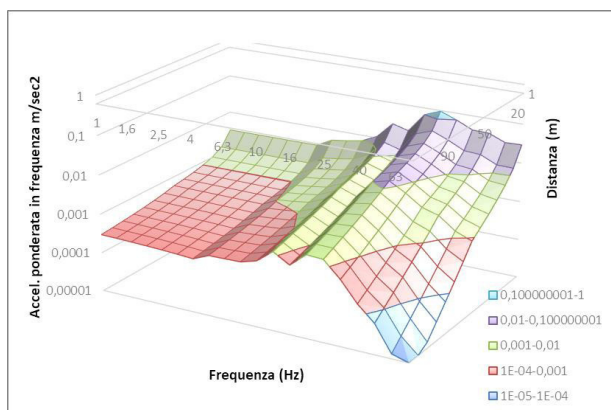


Figura 19 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO\_02\_1

**PROGETTO DEFINITIVO**

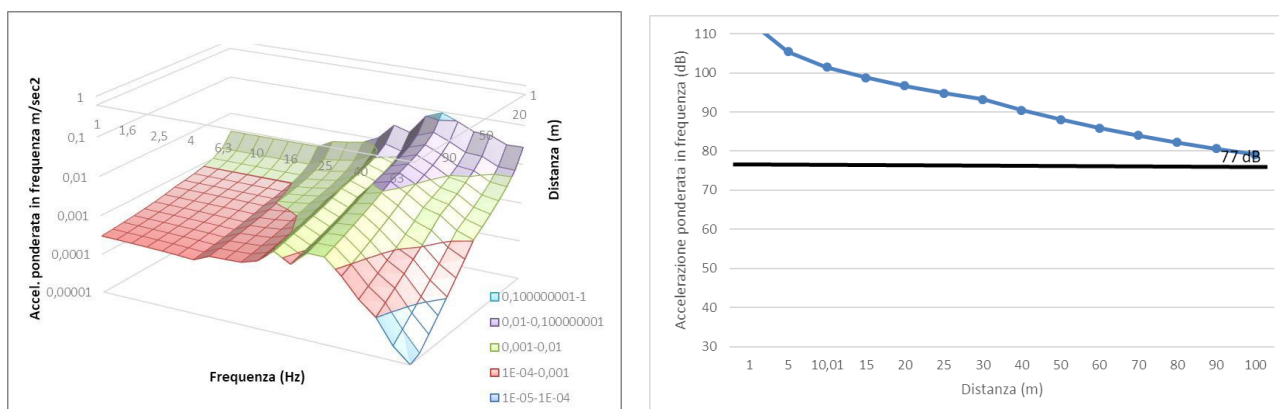


Figura 21 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO\_02\_2

**10.2.1. TABELLA RIASSUNTIVE DELLE DISTANZE DI SICUREZZA PER UNA PALA CINGOLATA**

profondità in m (da-a)	Vs (m/sec)	v	Vr (m/sec)	$\eta$	n	distanza	
0-1	370	0,35	346,32	0.05	0.5	100	Mod. GEO_01A_1
1-2,3	440	0,33	410,52	0.05	0.5	105	Mod. GEO_01A_2
0-1	290	0,35	271,44	0.05	0.5	95	Mod. GEO_01B_1
1-2,3	340	0,36	318,58	0.05	0.5	98	Mod. GEO_01B_2
0-1	390	0,35	365,04	0.05	0.5	97	Mod. GEO_02_1
1-2,3	440	0,35	411,84	0.05	0.5	106	Mod. GEO_02_2

**PROGETTO DEFINITIVO**

10.3. PROPAGAZIONE DELLE VIBRAZIONE DA UN AUTOCARRO

Vengono di seguito riportati i risultati del modello previsionale descritto per un **autocarro** e per i modelli geologici di riferimento di cui al cap.9.

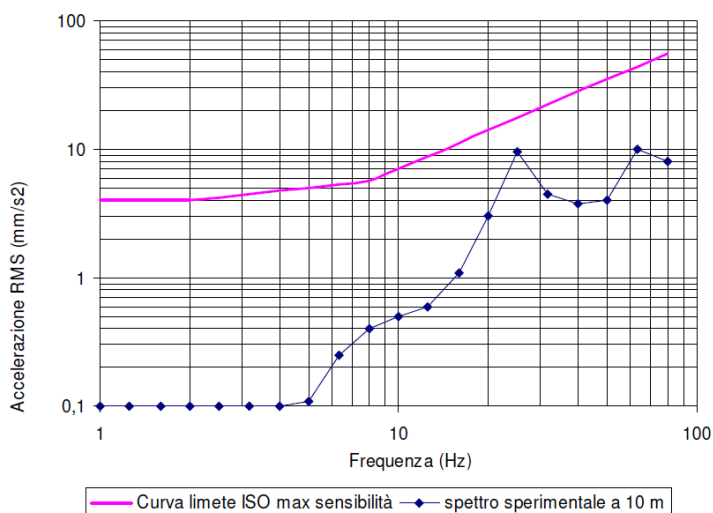


Figura 22 - Spettro di emissione della sorgente di un autocarro a 10m dall'asse di cantiere

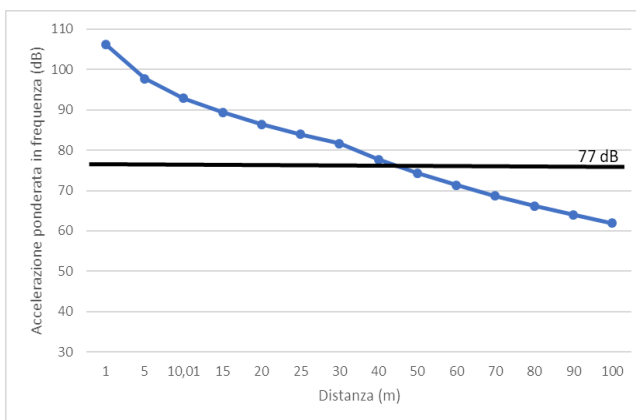
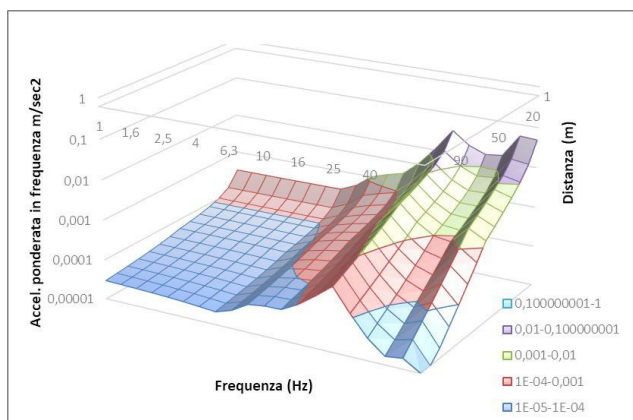


Figura 24 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO\_01A\_1

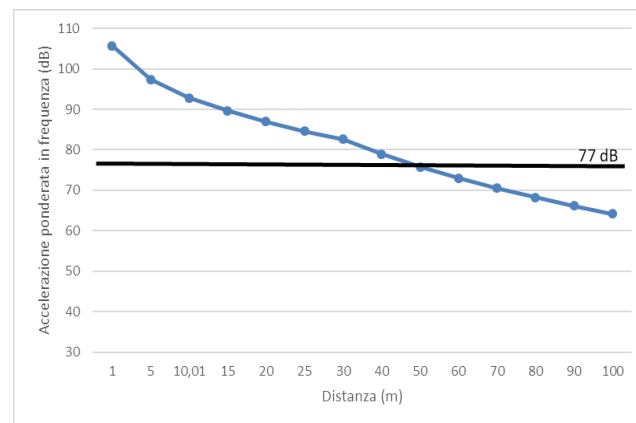
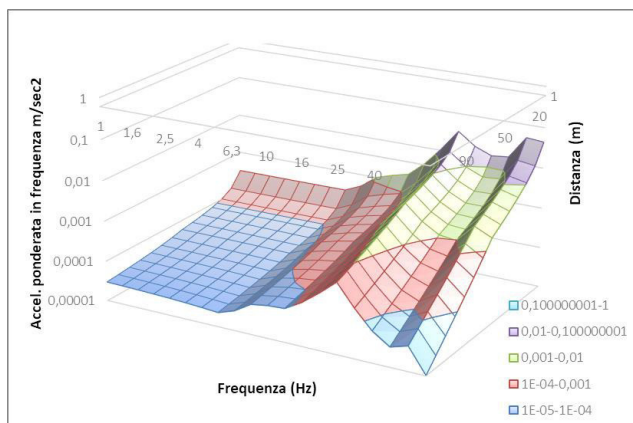


Figura 23 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO\_01A\_2

**PROGETTO DEFINITIVO**

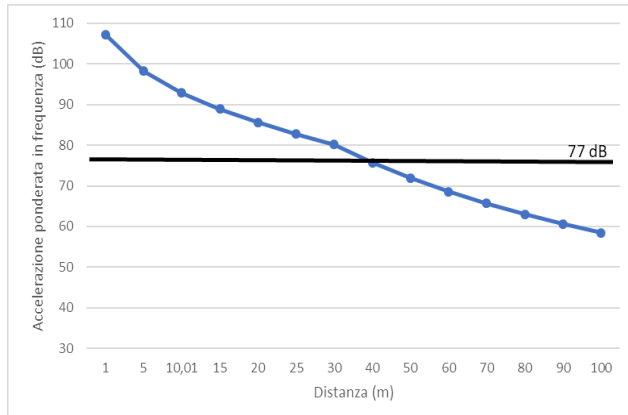
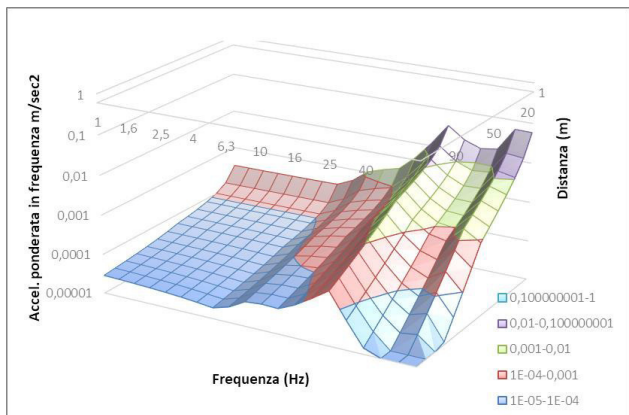


Figura 25 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO\_01B\_1

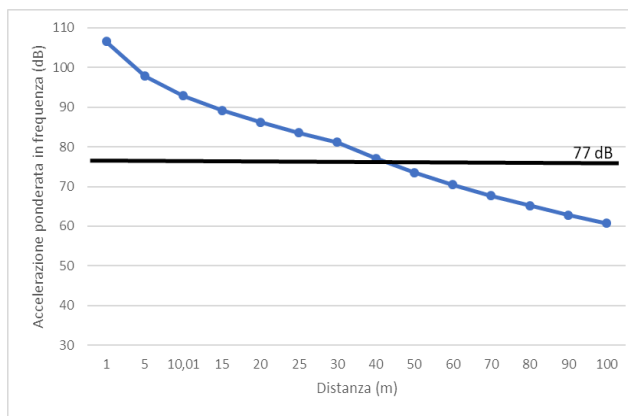
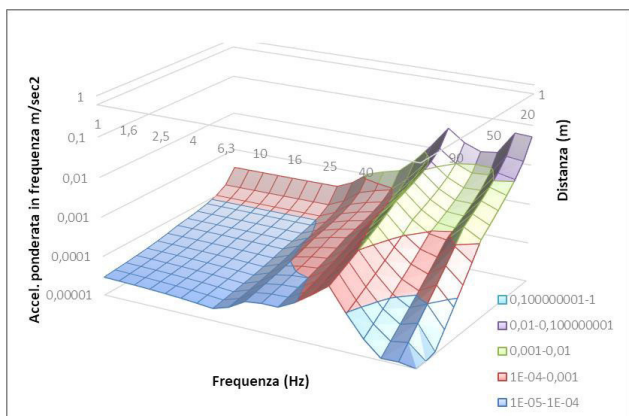


Figura 27 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO\_01B\_2

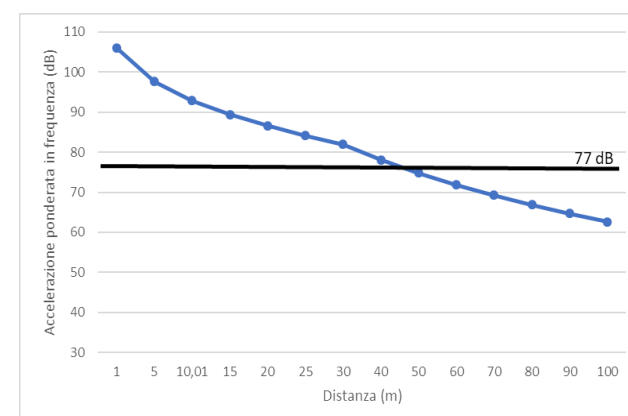
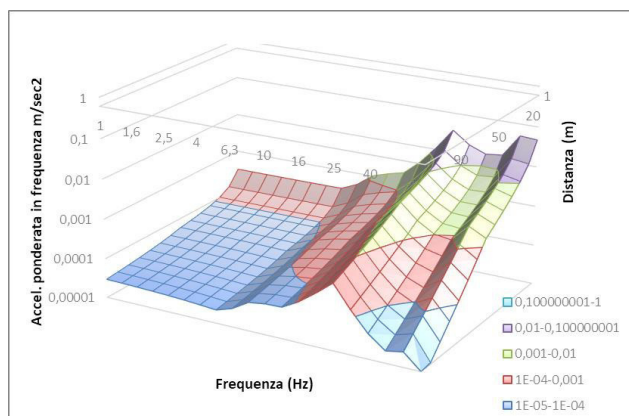


Figura 26 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO\_02\_1

**PROGETTO DEFINITIVO**

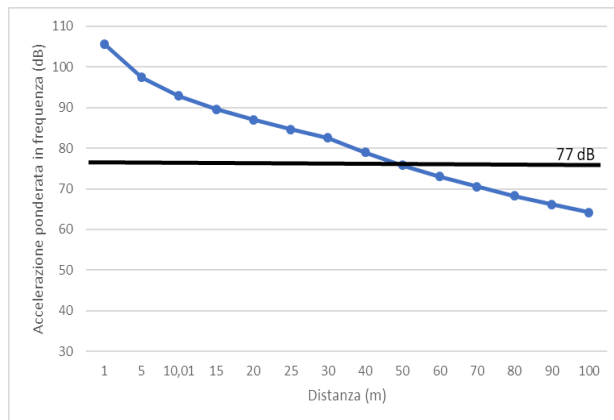
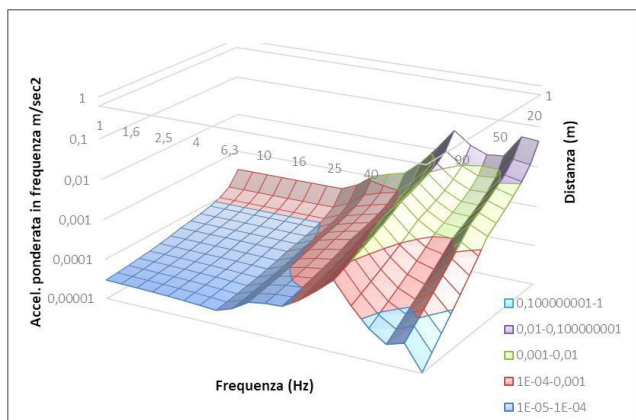


Figura 28 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO\_02\_2

**10.3.1. TABELLA RIASSUNTIVE DELLE DISTANZE DI SICUREZZA PER UN AUTOCARRO**

profondità in m (da-a)	Vs (m/sec)	v	Vr (m/sec)	$\eta$	n	distanza
0-1	370	0,35	346,32	0.05	0.5	44
1-2,3	440	0,33	410,52	0.05	0.5	48

Mod. GEO\_01A\_1

Mod. GEO\_01A\_2

0-1	290	0,35	271,44	0.05	0.5	38
1-2,3	340	0,36	318,58	0.05	0.5	42

Mod. GEO\_01B\_1

Mod. GEO\_01B\_2

0-1	390	0,35	365,04	0.05	0.5	45
1-2,3	440	0,35	411,84	0.05	0.5	50

Mod. GEO\_02\_1

Mod. GEO\_02\_2

**PROGETTO DEFINITIVO**

10.4. PROPAGAZIONE DELLE VIBRAZIONE DA UN ESCAVATORE CINGOLATO

Vengono di seguito riportati i risultati del modello previsionale descritto per un **autocarro** e per i modelli geologici di riferimento di cui al cap.9.

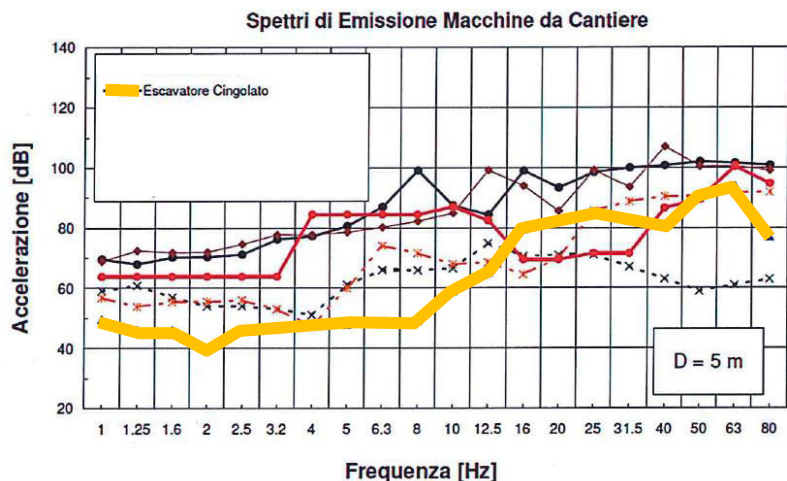


Figura 29 - Spettro di emissione della sorgente di un escavatore cingolato a 5m dall'asse di cantiere

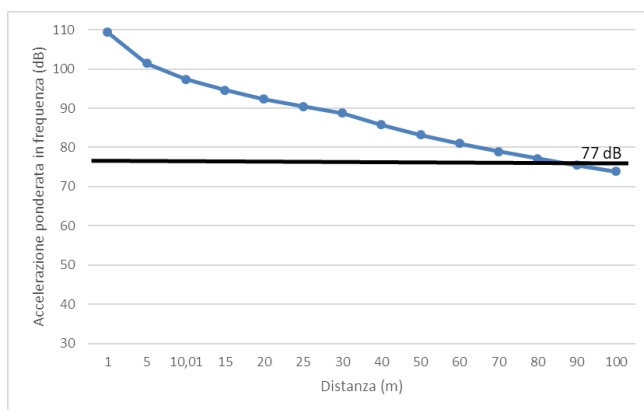
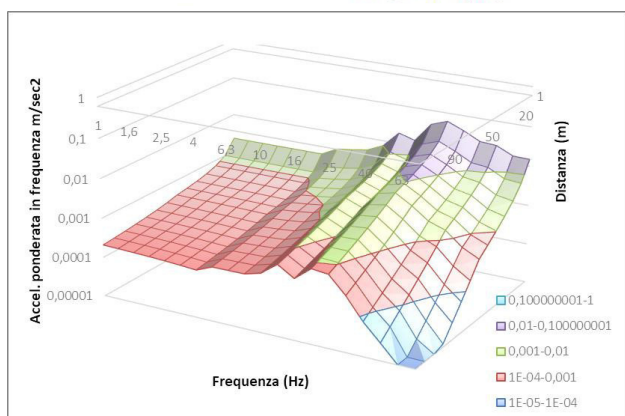


Figura 30 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO\_01A\_1

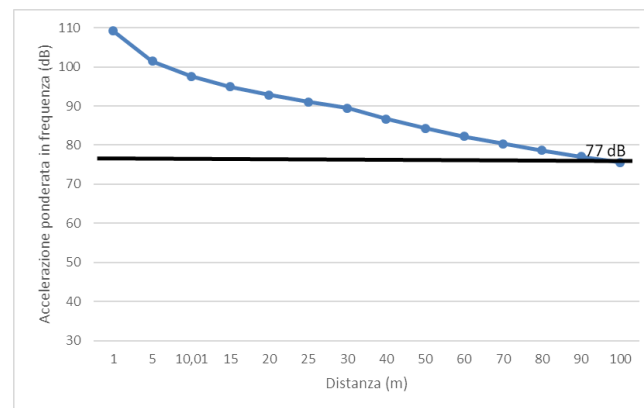
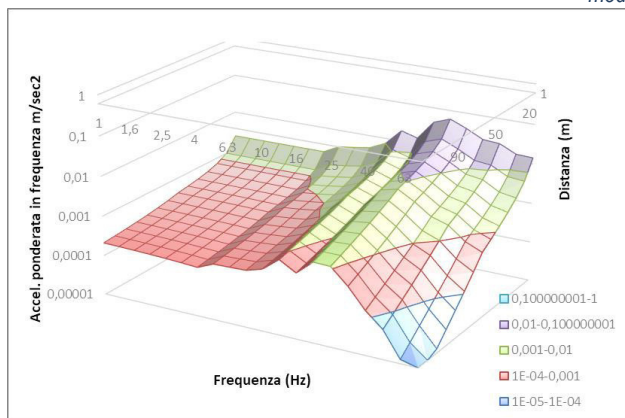


Figura 31 - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO\_01A\_2

**PROGETTO DEFINITIVO**

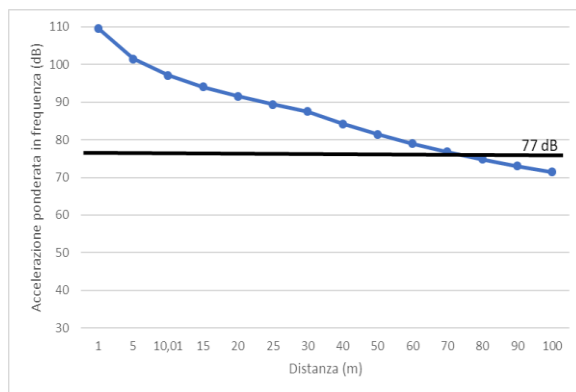
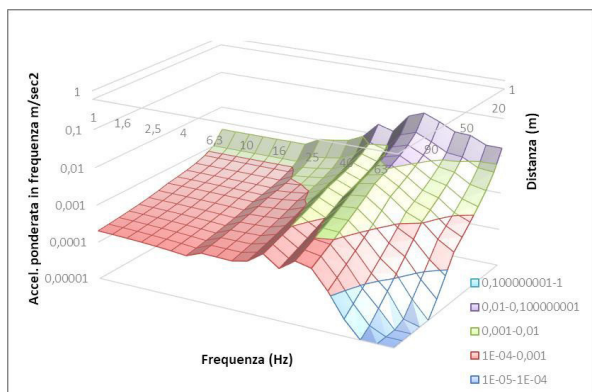


Figura 32 - - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO\_01B\_1

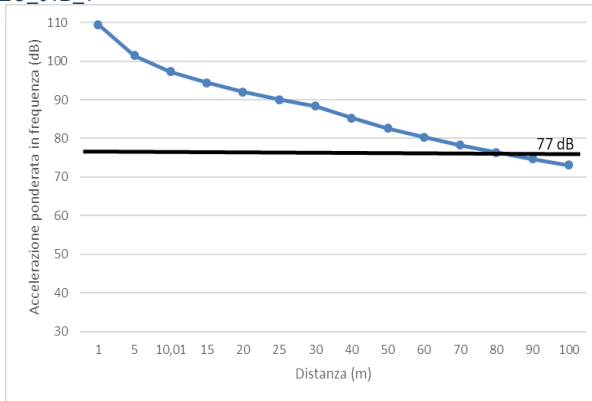
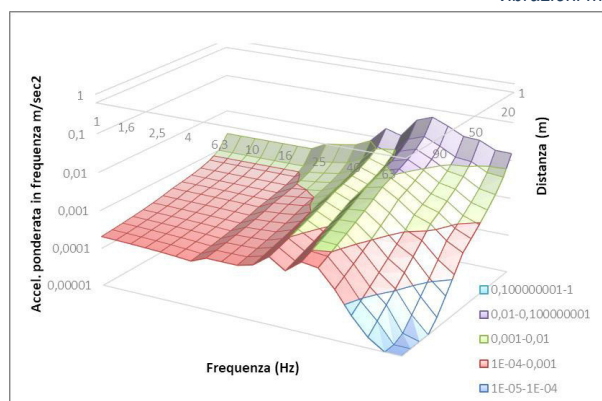


Figura 33 - - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO\_01B\_2

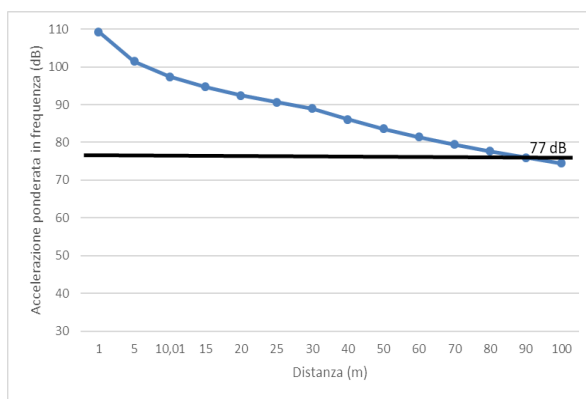
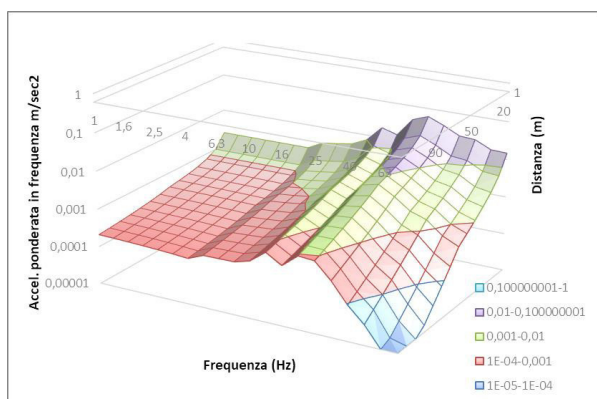


Figura 34 - - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO\_02\_1



**PROGETTO DEFINITIVO**

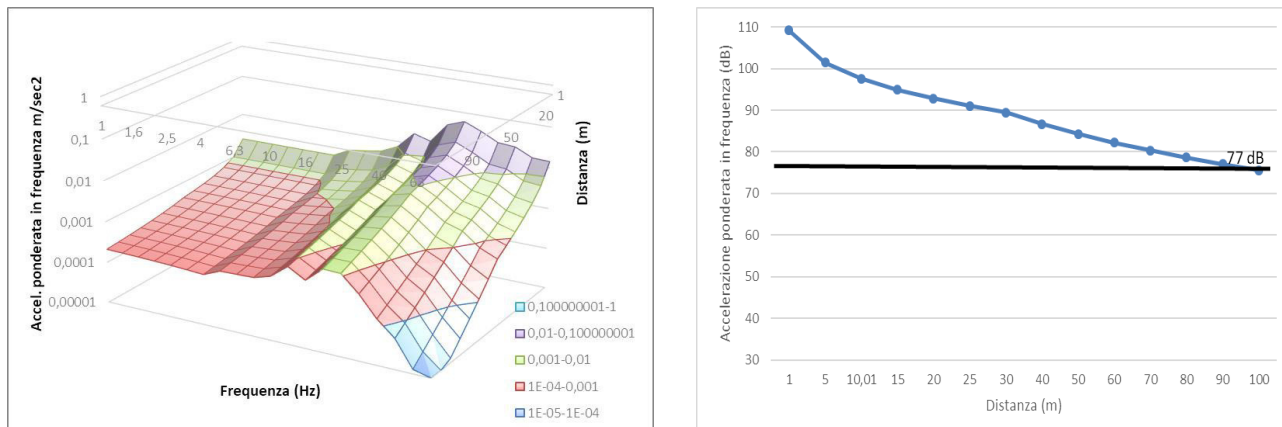


Figura 35 - - Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza e della frequenza e curva di propagazione delle vibrazioni mod.GEO\_02\_2

**10.4.1. TABELLA RIASSUNTIVE DELLE DISTANZE DI SICUREZZA PER UN ESCAVATORE CINGOLATO**

profondità in m (da-a)	Vs (m/sec)	v	Vr (m/sec)	$\eta$	n	distanza
0-1	370	0,35	346,32	0.05	0.5	86
1-2,3	440	0,33	410,52	0.05	0.5	98

Mod. GEO\_01A\_1

Mod. GEO\_01A\_2

0-1	290	0,35	271,44	0.05	0.5	73
1-2,3	340	0,36	318,58	0.05	0.5	82

Mod. GEO\_01B\_1

Mod. GEO\_01B\_2

0-1	390	0,35	365,04	0.05	0.5	90
1-2,3	440	0,35	411,84	0.05	0.5	98

Mod. GEO\_02\_1

Mod. GEO\_02\_2

## 11. CONCLUSIONI

In fase di cantiere, considerando il caso peggiore di operatività della pala cingolata, e con l'applicazione del modello descritto risulta che:

- **Criterio del disturbo:** I livelli estrapolati dall'applicazione del modello nel caso peggiore indicano una distanza di sicurezza compresa tra 97m e 106 m. Tale distanza di sicurezza garantisce presso i ricettori un livello di accelerazione inferiore alla soglia del disturbo.

- **Criterio del danno alle strutture:** assente danno alle strutture di qualsiasi tipo.

Le particolari condizioni al contorno, legate a terreno con struttura a bassa capacità di propagazione delle onde superficiali, permettono di escludere modesti disturbi o percezione delle vibrazioni.

I risultati dell'indagine hanno mostrato che la componente vibrazioni non comporta in generale incompatibilità di alcuna natura con gli standard esistenti né con lo svolgimento dell'attività antropica. Tuttavia tale componente potrebbe richiedere localmente, in fase di cantiere, l'applicazione di misure di mitigazione che verranno valutate all'occorrenza.

Potrebbe pertanto essere necessaria un'attività di monitoraggio e taratura per ogni singola aerostazione in fase di realizzazione delle opere.