

REGIONE BASILICATA

Comuni di Banzi, Palazzo S.Gervasio e Genzano di Lucania (PZ)



Parco Eolico Piano delle Tavole



RUMORE & consigli S.a.s.
Via Derna, 5/a - 43125 PARMA
Tel. 0521.294.819 - 339.142.4557
Email : noisecon@alice.it

Variante non sostanziale

Relazione acustica

DATA : Aprile 2015

AGGIORN. :

SCALA :

VRG WIND 127 Srl



IL Relatore Renzo Vicentini

Referenti: Ing. Fedele Manolo FIORINO
Geom. Michele BENEDETTO

Questo elaborato è di proprietà di Veronagest SpA ed è protetto a termini di legge



RUMORE & consigli S.a.s.
Via Derna, 5/a - 43125 PARMA
Tel. 0521.294.819 - 339.142.4557
Email : noisecon@alice.it

Documento:
1504 - 04

VERONAGEST S.p.A.
PARCO EOLICO
PIANO DELLE TAVOLE
SITO NEI COMUNI DI BANZI, PALAZZO SAN GERVASIO,
GENZANO DI LUCANIA (PZ)
RUMORE NELL'AMBIENTE ESTERNO
VALUTAZIONE PREVISIONALE D'IMPATTO ACUSTICO
PER VARIANTE NON SOSTANZIALE DEL PARCO EOLICO

SOMMARIO.

Ai fini dell'iter procedurale insediativo della variante non sostanziale del parco eolico Piano delle Tavole, sito nei comuni di Banzi, Palazzo, San Gervasio e Genzano di Lucania (PZ), VERONAGEST S.p.A., tramite la sua controllata VRG Wind 127 S.r.l., ha richiesto di effettuare la valutazione previsionale d'impatto acustico, relativa alle emissioni sonore prodotte dagli aerogeneratori durante il loro funzionamento. Detta analisi si rende necessaria in virtù della variante non sostanziale proposta dalla citata società, consistente nel modesto spostamento sul territorio di alcuni aerogeneratori, e nel cambio della loro tipologia. Il progetto originario era stato autorizzato dalla Regione Basilicata nel mese di luglio '14 (DD 552). Rispetto all'analisi precedentemente condotta, si considererà, ora, anche la presenza, e dunque il contributo, del limitrofo parco eolico di proprietà ERG, limitatamente alle macchine che interagiscono con i proposti aerogeneratori VRG Wind 127, rispetto ai ricettori considerati.

I risultati mostrano che i limiti assoluti d'immissione nell'ambiente esterno sono ampiamente rispettati sia nel periodo diurno, sia in quello notturno.

Per quanto concerne il criterio differenziale, non è possibile formulare un giudizio definitivo in quanto, il suo accertamento, richiederebbe la conoscenza delle caratteristiche d'isolamento sonoro dei muri dei singoli fabbricati e della qualità degli infissi. Comunque, una sua valutazione mediante ipotesi cautelative mostra che in periodo notturno, che presenta limiti più restrittivi, i livelli sonori d'immissione all'interno dei fabbricati con finestre sia aperte, sia chiuse, sono inferiori ai limiti di applicabilità del criterio differenziale. In particolare per i ricettori abitati, il giudizio offre ampi margini cautelativi di garanzia.

INDICE

1. PREMESSA E SCOPI.....	4
2. LEGISLAZIONE VIGENTE IN MATERIA DI RUMORE	5
2.1 AMBIENTE ESTERNO. LIMITI ASSOLUTI D'IMMISSIONE DELLE ZONE SEDE DEL PARCO EOLICO.....	5
2.2 AMBIENTE INTERNO. CRITERIO DIFFERENZIALE	5
3. LAYOUT DEL PARCO EOLICO.....	7
3.1 CARATTERISTICHE DEGLI AEROGENERATORI UTILIZZATI	7
3.1.1 POTENZA SONORA DELL'AEROGENERATORE VESTAS V110.....	7
3.2 POTENZA SONORA DELL'AEROGENERATORE VESTAS V100 INSTALLATO NEL PARCO EOLICO ERG	8
3.3 UBICAZIONE DELLE AREE SENSIBILI AL RUMORE	8
4. MODELLI PREVISIONALI DI CALCOLO	12
4.1 METODO SEMPLIFICATO DI CALCOLO DEL LIVELLO SONORO A DISTANZA	12
4.1.1 VELOCITÀ DEL VENTO SU LUNGO PERIODO DETERMINATA DALLO STUDIO ANEMOMETRICO DEL SITO.....	14
4.1.2 DATI UTILIZZATI PER IL CALCOLO	15
5. RISULTATI E DISCUSSIONE	16
5.1 LIVELLO SONORO DI EMISSIONE NEI PUNTI RICETTORI DURANTE IL FUNZIONAMENTO DEGLI AEROGENERATORI.....	16
5.2 CONFRONTO CON I LIMITI DI RUMORE	16
5.2.1 AMBIENTE ESTERNO. LIMITI ASSOLUTI D'IMMISSIONE.....	16
5.2.2 AMBIENTE INTERNO. CRITERIO DIFFERENZIALE	18
6. CONCLUSIONI	20
APPENDICE.....	21



1. PREMESSA E SCOPI

Ai fini dell'iter procedurale insediativo della variante non sostanziale del parco eolico Piano delle Tavole sito nei comuni di Banzi, Palazzo San Gervasio e Genzano di Lucania (PZ), VERONAGEST S.p.A., tramite la sua controllata VRG Wind 127 S.r.l., ha richiesto di effettuare una valutazione previsionale d'impatto acustico, relativa alle emissioni sonore prodotte dagli aerogeneratori durante il loro funzionamento. Detta analisi si rende necessaria in virtù della variante non sostanziale proposta dalla citata società, consistente nel modesto spostamento sul territorio di alcuni aerogeneratori, e nel cambio della loro tipologia. Il progetto originario era stato autorizzato dalla Regione Basilicata nel mese di luglio '14 (DD 552). Il parco eolico in oggetto, così come riproposto, sarà sempre formato da diciotto macchine eoliche ma con modelli Vestas tipo V110 o, in alternativa, Gamesa G114, della medesima potenza unitaria pari a 2 MW, montati su torre alta 95 m. Rispetto all'analisi precedentemente condotta, si considererà, ora, anche la presenza, e dunque il contributo, del limitrofo parco eolico di proprietà ERG, costituito da macchine eoliche Vestas tipo V100, della potenza unitaria pari a 2 MW.

Lo studio considererà:

- l'aerogeneratore Vestas V110 in quanto presenta un'emissione sonora più elevata, anche se di poco, del Gamesa G114;
- solamente le macchine del parco eolico ERG che interagiscono con i proposti aerogeneratori VRG Wind 127, rispetto ai ricettori considerati.



2. LEGISLAZIONE VIGENTE IN MATERIA DI RUMORE

2.1 AMBIENTE ESTERNO. LIMITI ASSOLUTI D'IMMISSIONE DELLE ZONE SEDE DEL PARCO EOLICO

Attualmente i comuni di Banzi, Palazzo San Gervasio e Genzano di Lucania non sono ancora dotati della suddivisione acustica del territorio ai sensi del D.P.C.M. 14.11.1997. In assenza della classificazione, il citato D.P.C.M. prevede, art. 8, comma 1, lettera a), l'applicazione dei limiti transitori del D.P.C.M. 1.3.1991 che all'art. 6 stabilisce:

Art. 6.

1. In attesa della suddivisione del territorio comunale nelle zone di cui alla tabella 1, si applicano per le sorgenti sonore fisse i seguenti limiti di accettabilità:

Zonizzazione	Limite diurno Leq (A)	Limite notturno Leq (A)
Tutto il territorio nazionale	70	60
Zona A (decreto ministeriale n. 1444/68) (*)	65	55
Zona B (decreto ministeriale n. 1444/68) (*)	60	50
Zona industriale	70	70

(*) Zone di cui all'art. 2 del decreto ministeriale 2 aprile 1968, n. 1444

Nota: il D.M. 2 aprile 1968 definisce le zone A e B rispettivamente come:

- A) le parti del territorio interessate da agglomerati urbani che rivestono carattere storico, artistico o di particolare pregio ambientale o da porzioni di essi, comprese le aree circostanti, che possono considerarsi parti integrante, per tali caratteristiche, degli agglomerati stessi;
- B) le parti del territorio totalmente o parzialmente edificate, diverse dalle zone A): si considerano parzialmente edificate le zone in cui la superficie coperta degli edifici esistenti non sia inferiore al 12.5% (un ottavo) della superficie fondiaria della zona e nelle quali la densità territoriale sia superiore a mc/mq 1.5.

Pertanto le zone sede del campo eolico sono da considerare come *Tutto il territorio nazionale*, i cui pertinenti limiti, espressi come L_{Aeq} , sono pari a 70 dB e 60 dB rispettivamente nel periodo diurno e notturno.

2.2 AMBIENTE INTERNO. CRITERIO DIFFERENZIALE

Per valutare il disturbo indotto dalle specifiche sorgenti sonore all'interno degli ambienti abitativi, l'art. 4 del D.P.C.M. 14.11.1997 testualmente recita :

----- OMISSIS -----

Art. 4

Valori limite differenziali di immissione

I valori limite differenziali di immissione, definiti all'art.2, comma 3, lettera b), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, sono 5 dB per il periodo diurno e 3 dB per il periodo notturno, all'interno degli ambienti abitativi.

----- OMISSIS -----

2. Le disposizioni di cui al comma precedente non si applicano nei seguenti casi, in quanto ogni effetto del rumore è da ritenersi trascurabile.



- a) se il rumore misurato a finestre aperte sia inferiore a 50 dB(A) durante il periodo diurno e 40 dB(A) durante il periodo notturno.
- b) se il livello del rumore ambientale misurato a finestre chiuse sia inferiore a 35 dB(A) durante il periodo diurno e 25 dB(A) durante il periodo notturno.

----- OMISSIS -----

All'interno degli ambienti abitativi l'incremento di rumore apportato da una specifica sorgente non può superare il limite di 5 dB in periodo diurno e di 3 dB in periodo notturno. Il limite differenziale di immissione utilizza sempre il L_{Aeq} valutato, però, su un tempo di misura rappresentativo **della specifica sorgente disturbante**; pertanto, è necessario escludere il contributo di tutti i fattori influenzanti, diversi da quello in esame, che originano rumore. Di solito, durante l'esecuzione del rilievo, ciò è realizzato mediante il controllo passivo dei suddetti fattori. La durata della misura deve essere tale da consentire alla sorgente di esercitare compiutamente il suo effetto.



3. LAYOUT DEL PARCO EOLICO

3.1 CARATTERISTICHE DEGLI AEROGENERATORI UTILIZZATI

Il parco eolico Piano delle Tavole sarà costituito da diciotto aerogeneratori Vestas tipo V110 (fig. 1), di potenza unitaria pari a 2 MW, per una potenza nominale totale installata pari a 36 MW; 11 macchine saranno installate nel comune di Banzi, 5 nel comune di Palazzo San Gervasio e le altre 2 nel comune di Genzano di Lucania. La torre di sostegno avrà un'altezza pari a 95 m ⁽¹⁾. Ai fini della valutazione ambientale si devono inoltre considerare anche le macchine Vestas del parco eolico ERG, che interagiscono con i proposti aerogeneratori.

3.1.1 POTENZA SONORA DELL'AEROGENERATORE VESTAS V110

La potenza elettrica erogata dall'aerogeneratore è funzione della velocità del vento al mozzo del rotore; comprensibilmente il rumore emesso è correlato con questo parametro. Il rumore generato ⁽²⁾, espresso in termini di potenza sonora, è riassunto nel seguente prospetto in funzione della velocità del vento all'altezza di 10 m e delle diverse altezze della torre di sostegno dell'aerogeneratore.

Velocità del vento all'altezza di 10 m (ms ⁻¹)	Velocità del vento all'altezza di 95 m (ms ⁻¹)	Livello di potenza sonora L_{WA} dB
3	4.3	96.6
4	5.7	100.3
5	7.2	104.4
6	8.6	107.1
7	10.0	107.3
8	11.5	107.5
9	12.9	107.5
10	14.3	107.5

Nota: la velocità del vento all'altezza del mozzo (95 m) è stata calcolata utilizzando l'algoritmo riportato nel paragrafo 4.1.2.1.

L'esame del prospetto mostra che l'emissione sonora aumenta progressivamente sino ad un valore massimo, L_{WA} , pari a 107.5 dB (raggiunto con una velocità, V_{10} , pari a 8.0 ms⁻¹), per poi stabilizzarsi per velocità del vento superiori.

Lo studio della regressione della velocità del vento a 10 m e la potenza sonora nel campo compreso tra 3.0 ÷ 8.0 ms⁻¹ ⁽³⁾, fornisce il seguente polinomio di 4° ordine:

$$Y = 146.263 - 48.4 * X + 15.87 * X^2 - 2.02 * X^3 + 0.08958 * X^4 \quad (r = 0.9996)$$

¹ Che si può considerare come \cong l'altezza del mozzo del rotore.

² dati forniti dalla casa costruttrice.

³ Per velocità superiori la potenza sonora rimane costante.



ove:

X = velocità del vento all'altezza di 10 m, in ms^{-1} .

Y = livello di potenza sonora in dB ponderato-A.

3.2 POTENZA SONORA DELL'AEROGENERATORE VESTAS V100 INSTALLATO NEL PARCO EOLICO ERG

Per questa macchina le caratteristiche del rumore generato ⁽⁴⁾, espresso in termini di potenza sonora, è fornito per velocità del vento all'altezza del mozzo che è pari a 80 m. Per uniformare i dati con quelli del Vestas V110, la velocità del vento è normalizzata all'altezza di 10 m. I dati sono riassunti nel seguente prospetto.

Velocità del vento all'altezza di 10 m (ms^{-1})	Velocità del vento all'altezza di 80 m (ms^{-1})	Livello di potenza sonora L_{WA} dB
3.6	5	95.0
4.3	6	95.0
5.03	7	97.9
5.75	8	101.2
6.46	9	104.1
7.18	10	106.5
7.9	11	106.5

Nota: in questo caso la velocità del vento all'altezza di 10 m è stata calcolata utilizzando a ritroso l'algoritmo riportato nel paragrafo 4.1.2.1.

L'esame del prospetto mostra che l'emissione sonora per questa macchina, aumenta progressivamente sino ad un valore massimo, L_{WA} , pari a 106.5 dB (raggiunto con una velocità, V_{10} , pari a 7.18 ms^{-1}), per poi stabilizzarsi per velocità del vento superiori.

Lo studio della regressione della velocità del vento a 10 m e la potenza sonora nel campo compreso tra $3.6 \div 7.18 \text{ ms}^{-1}$ ⁽⁵⁾, fornisce il seguente polinomio di 4° ordine:

$$Y = 293.2417 - 146.1486 * X + 38.4965 * X^2 - 4.3037 * X^3 + 0.1772 * X^4 \quad (r = 0.9999)$$

ove:

X = velocità del vento all'altezza di 10 m, in ms^{-1} .

Y = livello di potenza sonora in dB ponderato-A.

3.3 UBICAZIONE DELLE AREE SENSIBILI AL RUMORE

In fig. 2 si riportano le ubicazioni degli aerogeneratori proposti (A_n) ed installati (ERG_n), nonché dei fabbricati d'interesse presenti nell'area del campo eolico,

⁴ dati forniti dalla casa costruttrice.

⁵ Per velocità superiori la potenza sonora rimane costante.



mentre nel seguente prospetto si riportano indicativamente le coordinate piane Gauss Boaga degli aerogeneratori e dei punti ricettori considerati.

WTG	Est	Nord
A1	2.600.739	4.525.093
A2	2.599.308	4.525.662
A3	2.598.325	4.524.627
A4	2.600.048	4.525.511
A5	2.601.451	4.523.124
A6	2.602.251	4.522.638
A7	2.602.381	4.525.922
A8	2.601.766	4.525.313
A9	2.601.426	4.524.961
A10	2.600.552	4.523.652
A11	2.601.957	4.523.862
A12	2.602.556	4.526.224
A13	2.602.705	4.526.536
A14	2.602.545	4.523.366
A15	2.602.856	4.526.855
A16	2.603.390	4.523.024
A17	2.602.115	4.525.658
A18	2.603.019	4.522.471

Fabbricati	Est	Nord
A	2.600.138	4.524.945
B	2.598.809	4.524.565
C	2.599.862	4.524.630
D	2.600.698	4.522.590
E	2.603.854	4.522.380
F	2.604.308	4.522.959
G	2.604.495	4.523.222
H	2.599.521	4.523.606

Si fa presente che non esistono fabbricati abitati o comunque censiti a distanze inferiori a 2.5 volte l'altezza massima degli aerogeneratori (375 m), così come prescritto dal PIEAR della Regione Basilicata, adottato con LR 01/2010, tuttavia, a scopo precauzionale, sono state considerate tutte le costruzioni, ad eccezione dei ruderi e dei fabbricati in avanzato stato di degrado, potenzialmente interessate dall'impatto acustico.

I fabbricati sono prevalentemente adibiti a deposito di materiale ed attrezzi e/o ricovero di macchine agricole. Fanno eccezione i fabbricati E e G che rappresentano abitazioni civili, con annessa attività commerciale (rispettivamente di gommista e lavaggio auto) ed il ricettore B, classificato come civile abitazione ma in palese stato di degrado ed abbandono.

Alcune fotografie dei ricettori sono riportate in Appendice.



V110-2.0 MW™

Facts & figures

POWER REGULATION

Pitch regulated with
variable speed

OPERATING DATA

Rated power	2,000 kW (50/60 Hz)
Cut-in wind speed	3 m/s
Rated wind speed	11.5 m/s
Cut-out wind speed	20 m/s
Wind class	IEC IIIA
Operating temperature range:	standard turbine: -20 °C to 40 °C low temperature turbine: -30 °C to 40 °C

SOUND POWER

Max 107.5 dB*

(Mode 0, 10 m above ground,
hub height 80 m, air density 1.225 kg/m³)

* for further information on noise limits please contact Vestas

ROTOR

Rotor diameter	110 m
Swept area	9,503 m²
Air brake	full blade feathering with 3 pitch cylinders

ELECTRICAL

Frequency	50/60 Hz
Generator type	4-pole (50 Hz)/6-pole (60 Hz) doubly fed generator, slip rings

GEARBOX

Type	two helical stages and one planetary stage
------	---

BLADE DIMENSIONS

Length	54 m
Max. chord	3.9 m

TOWER

Type	tubular steel tower
Hub heights*	95 m and 125 m (50 Hz) 80 m and 95 m (60 Hz)

* Tower heights are preliminary and subject to change

NACELLE DIMENSIONS

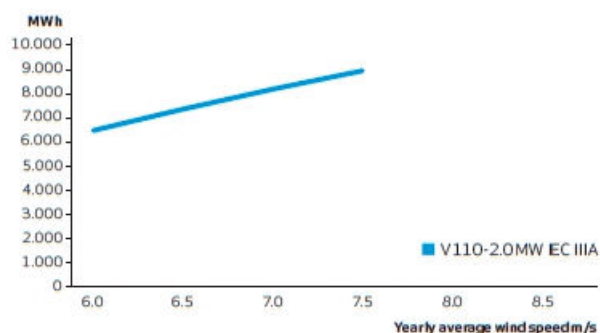
Height for transport	4 m
Height installed (incl. CoolerTop®)	5.4 m
Length	10.4 m
Width	3.5 m

HUB DIMENSIONS

Max. transport height	3.4 m
Max. transport width	4 m
Max. transport length	4.2 m

Max. weight per unit for
transportation 70 metric tonnes

ANNUAL ENERGY PRODUCTION



Assumptions

One wind turbine, 100% availability, 0% losses, k factor = 2,
Standard air density = 1.225, wind speed at hub height

Fig. 1 – Piano delle Tavole – Caratteristiche dell'aerogeneratore Vestas - V110.



RUMORE & consigli S.a.s.
Via Derna, 5/a - 43125 PARMA
Tel. 0521.294.819 - 339.142.4557

RELAZIONE TECNICA

Documento:
1504 - 04
Pag. 11 di 25

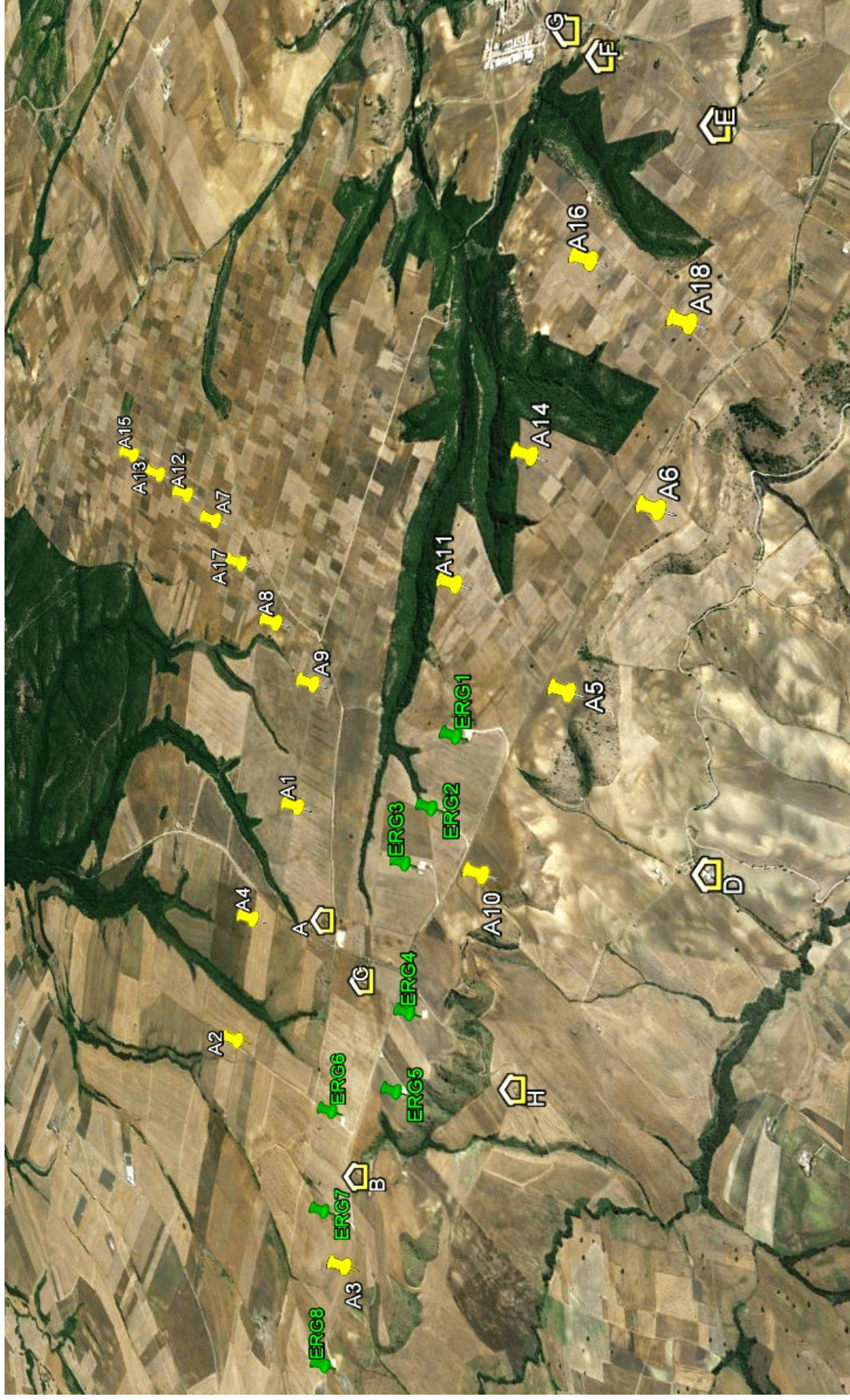


Fig. 2 – Piano delle Tavole - Ubicazione degli aerogeneratori proposti (An) ed installati (ERGN) e dei fabbricati



4. MODELLI PREVISIONALI DI CALCOLO

La descrizione della propagazione sonora delle sorgenti nell'ambiente esterno è molto complessa perché molteplici fattori influiscono sui meccanismi di propagazione e attenuazione del suono. Solamente l'uso dei modelli di calcolo previsionale consente di ottenere valutazioni orientative di un certo affidamento, anche se l'accuratezza del risultato dipende, soprattutto, dalla validità dei dati d'ingresso. Se questi descrivono in modo abbastanza corretto le caratteristiche acustiche delle sorgenti, del terreno, delle condizioni meteorologiche ecc. il calcolo fornirà valori di una certa attendibilità, in caso contrario l'errore della determinazione sarà notevole. Poiché i diversi fattori agiscono diversamente sulle frequenze presenti nel rumore, i dati d'ingresso delle sorgenti acustiche devono essere forniti in termini di potenza sonora per banda di 1/1 ottava o 1/3 d'ottava. I calcoli sono quindi effettuati in termini spettrali; il livello sonoro in dB ponderato-A, nel punto ricevitore, viene quindi calcolato dallo spettro attenuato presente nel punto considerato.

Per il parco eolico oggetto della valutazione previsionale, il livello sonoro, L_p , a distanza, è fornito dall'equazione:

$$L_p = \sum_{\text{all sources}}^{\log} (L_w + DI - k_1 - k_2 - k_3 - k_4 - k_5 - k_6)$$

ove

L_w = livello di potenza sonora della singola sorgente per banda di 1/1 o 1/3 d'ottava.

DI = indice di direttività della sorgente.

k_1 = attenuazione per divergenza geometrica.

k_2 = assorbimento atmosferico.

k_3 = attenuazione del terreno.

k_4 = attenuazione dovuta alle condizioni meteorologiche.

k_5 = correzione per l'altezza della sorgente rispetto al suolo.

k_6 = schermo delle barriere.

Una volta applicata l'equazione d'interesse **per ciascuna sorgente**, si determina il livello di pressione sonora $[L_p(r)]_S$ alla distanza r considerata. Il livello sonoro totale è ottenuto sommando i singoli contributi in termini energetici:

$$[L_p]_{totale} = 10 \log_{10} \left(\sum_{\text{all sources}, S} 10^{[L_p(r)]_S / 10} \right)$$

4.1 METODO SEMPLIFICATO DI CALCOLO DEL LIVELLO SONORO A DISTANZA

Per valutazioni orientative, il livello sonoro a distanza nell'ambiente esterno può essere calcolato mediante gli algoritmi che descrivono la propagazione sonora nella loro formulazione semplificata, considerando le sorgenti sonore come sorgenti puntiformi. Queste ultime possiedono le seguenti caratteristiche:

- le dimensioni di tutte le sorgenti sono piccole rispetto alla distanza sorgente-ricevitore;
- le medesime condizioni di propagazione sussistono per tutte le porzioni



della sorgente;

- le sorgenti puntiformi sono, di solito, incoerenti tra loro.

Le sorgenti sonore che non soddisfano i requisiti sopra esposti devono essere approssimate da parecchie sorgenti più piccole, ciascuna delle quali deve però rispettare i suddetti criteri. Tipiche sorgenti puntiformi includono pezzi individuali di macchine meccaniche, una sirena, uno scaricatore confinato in una particolare area, una porzione di tubazione ecc..

L'equazione che lega il livello di potenza sonora L_w , al livello sonoro L_p alla distanza sorgente-ricevitore r è:

$$L_p(r) = L_w - 20 \log_{10} \frac{r}{1\text{m}} - 10 \log_{10} \frac{\Omega}{4\pi} - 11 + A_{\text{comb,rcv}} + DI_\theta$$

dove:

Ω = angolo solido della sorgente (sferico, emisferico, $\frac{1}{4}$ di sfera, cilindrico).

$A_{\text{comb,rcv}}$ = attenuazione combinata di tutti i più importanti meccanismi di propagazione fra sorgente e ricevitore.

DI_θ = indice di direttività della sorgente nella direzione del ricevitore.

Il termine $A_{\text{comb,rcv}}$ è la somma dei fattori $k_1 \div k_6$ precedentemente illustrati che, nella generalità dei casi, forniscono un eccesso di attenuazione; quindi la mancata considerazione di questo termine (0 dB) fornisce valori sovrastimati e perciò cautelativi.

Se il termine DI_θ non è conosciuto, esso può essere posto uguale a 0. In questo modo si considera la sorgente omnidirezionale. È comprensibile però che se la sorgente presenta spiccate caratteristiche di direttività, l'errore di calcolo potrebbe anche essere rilevante. Da osservare che all'atto pratico è già difficile disporre di dati sufficientemente accurati della potenza sonora delle macchine; poiché l'indice di direttività è subordinato a questo dato (ISO 3744, ISO 3746), anche DI_θ non è facilmente reperibile. Di solito questa attribuzione viene fatta sulla base dell'esperienza, se sono disponibili rilievi sperimentali su macchine del medesimo tipo o analoghe per funzionamento e prestazioni.

Poiché la potenza sonora è l'emissione acustica netta di una sorgente, il livello sonoro nelle zone sensibili al rumore con tutti gli aerogeneratori in servizio, è la somma energetica (logaritmica) dei contributi dei singoli aerogeneratori, in funzione delle diverse distanze dai fabbricati, e del rumore residuo (aerogeneratori fermi).

Il calcolo è effettuato considerando valide le seguenti ipotesi:

- tutti gli aerogeneratori omogenei per tipo, sono caratterizzati dalla medesima potenza sonora; nella realtà essa avrà una certa dispersione nell'attorno di un valore medio. Poiché si considerano più macchine si ritiene che gli errori, in certo modo, si compensino;
- gli aerogeneratori emettono in modo omnidirezionale, cioè senza direttività; come invece accertato sperimentalmente su macchine di taglia inferiore, la direttività sopra vento è pari a -0.6 dB ponderato-A rispetto alla posizione di sotto vento; il citato valore riveste comunque scarso significato pratico.



4.1.1 VELOCITÀ DEL VENTO SU LUNGO PERIODO DETERMINATA DALLO STUDIO ANEMOMETRICO DEL SITO

La velocità media del vento su lungo periodo, ricavata dallo studio anemometrico preoperazionale del sito (⁶), è pari a $\approx 6.15 \text{ ms}^{-1}$ (fig. 3), misurata all'altezza di 70 m.

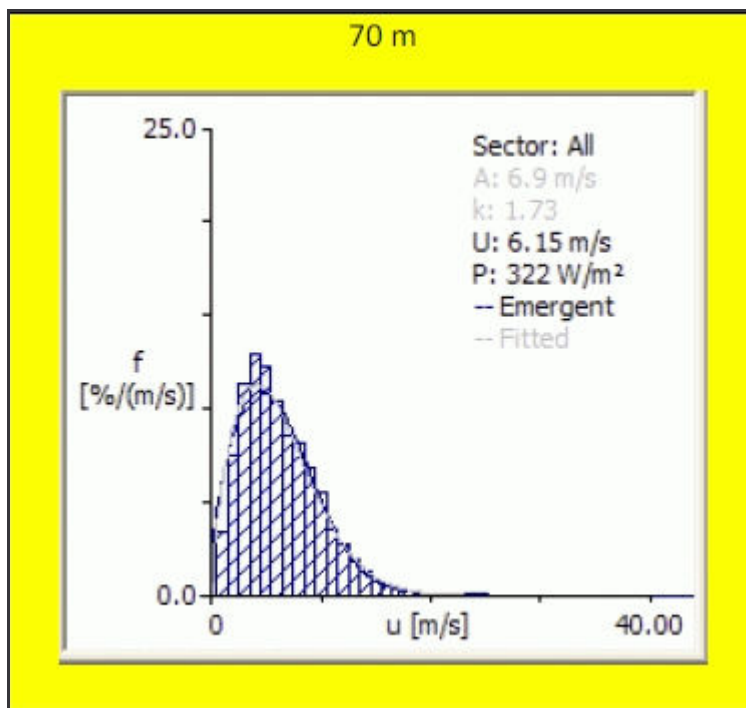


Fig. 3 – Distribuzione statistica della velocità del vento all'altezza di 70m.

Poiché di solito le case costruttrici degli aerogeneratori forniscono la potenza sonora in funzione della velocità a 10 m d'altezza (par.3.1), è necessario normalizzare, a questa quota, la velocità media a 70 m. Ciò è ottenuto mediante l'equazione:

$$v_c = z * (\ln(h_c / z_0) / \ln(h_m / z_0))$$

ove:

- v_c : velocità del vento all'altezza di conversione;
- z : lunghezza di rugosità considerata in funzione del terreno;
- h_c : altezza di conversione;
- h_m : altezza di misura;
- z_0 : lunghezza di rugosità di riferimento pari a 0.05 m.

Considerando una lunghezza di rugosità z pari a 0.05 m, si ottiene un valore pari a 4.5 ms^{-1} .

⁶ Relazione edita da Veronagest S.p.a. - *Stima di producibilità parco eolico "Piano delle Tavole" comuni di Banzi-Palazzo S. Gervasio (29/11/2010).*



4.1.2 DATI UTILIZZATI PER IL CALCOLO

Introducendo la velocità media del vento all'altezza di 10 m, pari a 4.5 ms^{-1} , nelle equazioni polinomiali di regressione dei due aerogeneratori (parr. 3.1.1 e 3.1.2), si determinano le potenze sonore L_{WA} da utilizzare per il calcolo, che sono, per l'aerogeneratore Vestas V110 e Vestas V100, rispettivamente pari a 102.5 dB e 95.6 dB.



5. RISULTATI E DISCUSSIONE

5.1 LIVELLO SONORO DI EMISSIONE NEI PUNTI RICETTORI DURANTE IL FUNZIONAMENTO DEGLI AEROGENERATORI

Nella seguente tab. I sono riassunti i risultati del calcolo previsionale, eseguito per i singoli ricettori.

Tab. I. Livelli sonori d'emissione del parco eolico.

Punti ricettori	Livello sonoro L_{Aeq} (dB)
A	37.7
B	38.3
C	35.7
D	30.5
E	33.2
F	29.5
G	26.9
H	31.4

I livelli sonori espressi come L_{Aeq} sono compresi tra 26.9 dB ÷ 38.3 dB, rispettivamente ricettori G e B.

5.2 CONFRONTO CON I LIMITI DI RUMORE

5.2.1 AMBIENTE ESTERNO. LIMITI ASSOLUTI D'IMMISSIONE

I livelli sonori calcolati si riferiscono al contributo netto dei soli aerogeneratori. Nei casi reali, per stimare la rumorosità ambientale è necessario sommare in modo energetico (logaritmico), al rumore d'emissione, il rumore di fondo tipico presente nell'area considerata, con il parco eolico fermo. Non disponendo di dati relativi a questa condizione dell'impianto, al fine di dare un riscontro pratico allo studio effettuato, i valori del fondo diurno e notturno possono essere attribuiti sulla base della bibliografia e dell'esperienza. Per le zone tipicamente rurali prive di grandi arterie di comunicazione sia stradali, sia ferroviarie, il rumore nell'ambiente esterno dovrebbe attestarsi attorno a 40 dB e 30 dB, come L_{Aeq} , rispettivamente di giorno e di notte. Da osservare che i suddetti valori sono di gran lunga inferiori a quelli stabiliti dal D.P.C.M. 14.11.1997 ⁽⁷⁾ per le 'aree particolarmente protette'. Del citato decreto riportiamo di seguito, per scopo documentativo, la tabella di suddivisione acustica del territorio.

⁷ **D.P.C.M. 14.11.1997.** Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore.



Limiti assoluti d'immissione espressi come L_{Aeq} (D.P.C.M. 14.11.1997)

Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	Diurno (h. 6:00÷22:00)	Notturmo (h. 22:00÷6:00)
I Aree particolarmente protette	50 dB	40 dB
II Aree prevalentemente residenziali	55 dB	45 dB
III Aree di tipo misto	60 dB	50 dB
IV Aree di intensa attività umana	65 dB	55 dB
V Aree prevalentemente industriali	70 dB	60 dB
VI Aree esclusivamente industriali	70 dB	70 dB

Il livello sonoro ambientale (aerogeneratori in servizio) diurno e notturno nei punti ricettori, è calcolato sommando energeticamente al rumore d'emissione, il rumore di fondo attribuito per i due periodi della giornata. Nelle seguenti tabb. II e III si riportano i risultati dell'elaborazione, arrotondati allo 0.5.

Tab. II – Valori del rumore ambientale diurno

Punti ricettori	Livello sonoro L_{Aeq} (dB)
A	42.0
B	42.5
C	41.5
D	40.5
E	41.0
F	40.5
G	40.0
H	40.5

Tab. III – Valori del rumore ambientale notturno

Punti ricettori	Livello sonoro L_{Aeq} (dB)
A	38.5
B	39.0
C	37.0
D	33.5
E	35.0
F	33.0
G	31.5
H	34.0

L'esame delle tabelle mostra che i livelli sonori espressi come L_{Aeq} , nel periodo:

- diurno sono compresi tra 40.0 dB (ricettore G) e 42.5 dB (ricettore B);
- notturno sono compresi tra 31.5 dB (ricettore G) e 39.0 dB (ricettore B).



Sulla base ai valori determinati si osserva che i limiti assoluti d'immissione nell'ambiente esterno, sia di giorno (70 dB, come L_{Aeq}), sia di notte (60 dB, come L_{Aeq}) sono ampiamente rispettati.

5.2.2 AMBIENTE INTERNO. CRITERIO DIFFERENZIALE

Una valutazione accurata richiederebbe la conoscenza:

- delle caratteristiche d'isolamento sonoro dei muri dei singoli fabbricati;
- della posizione delle finestre dei locali eventualmente disturbati rispetto agli aerogeneratori più vicini. Se attraverso la finestra la/e macchina/e sono direttamente visibili l'attenuazione introdotta della parete composta (muro + finestra) sarà minima, altrimenti l'attenuazione aumenterà in funzione del coseno dell'angolo formato tra l'asse perpendicolare, passante per il piano della finestra, e la torre di sostegno della/e macchina/e.

Per valutare il rispetto del criterio differenziale stabilito dal D.P.C.M. 14.11.1997, mediante ipotesi cautelative è stimato il rumore disturbante indotto dal parco eolico all'interno dei fabbricati considerati.

Il livello sonoro ambientale che investe i fabbricati, soggetto all'attenuazione introdotta dalla pareti dei medesimi, è immesso per via aerea nei locali interni. La presenza delle finestre riduce fortemente l'indice d'isolamento sonoro fornito dalla sola muratura. Sulla base di misure effettuate in casi analoghi, e sull'esperienza, si può considerare che :

- una parete che incorpora un serramento di caratteristiche acustiche mediocri ha un isolamento sonoro di ≈ 15 dB ponderato-A;
- l'isolamento sonoro introdotto da una parete che presenta uno spazio aperto delle dimensioni di una finestra è di ≈ 10 dB ponderato-A.

Il livello d'immissione sonora all'interno dei locali dei fabbricati esposti, con finestre chiuse ed aperte, per il periodo notturno, che presenta limiti più restrittivi, è riassunto nelle seguenti tabb. IV e V.

Tab. IV – Periodo notturno. Immissione sonora all'interno dei fabbricati, con finestre chiuse

Punti ricettori	Livello sonoro L_{Aeq} (dB)
A	23.5
B	24.0
C	22.0
D	18.5
E	20.0
F	18.0
G	16.5
H	19.0



Tab. V – Periodo notturno. Immissione sonora all'interno dei fabbricati, con finestre aperte

Punti ricettori	Livello sonoro L_{Aeq} (dB)
A	28.5
B	29.0
C	27.0
D	23.5
E	25.0
F	23.0
G	21.5
H	24.0

L'esame delle tabelle IV e V mostra che la condizione con finestre chiuse è quella più critica poiché i valori si avvicinano al limite di applicabilità pari a 25 dB, come L_{Aeq} , per risultando inferiori.

Con finestre aperte, invece, i valori calcolati sono < 10dB rispetto al relativo limite, pari a 40 dB, come L_{Aeq} . Comunque, per entrambe le condizioni, il livello d'immissione all'interno dei fabbricati risulterebbe inferiore ai limiti di applicabilità del criterio differenziale '..... in quanto ogni effetto del rumore è da ritenersi trascurabile' (⁸). In particolare per i ricettori E, G che sono le uniche costruzioni abitate, l'immissione sonora a finestre chiuse offre ampi margini cautelativi di garanzia.

⁸ D.P.C.M. 14.11.1997; art. 4; comma 2.



6. CONCLUSIONI

La valutazione previsionale del rumore con il parco eolico in servizio mostra che i limiti assoluti d'immissione nell'ambiente esterno sono ampiamente rispettati sia nel periodo diurno, sia in quello notturno.

Per quanto concerne il criterio differenziale, non è possibile formulare un giudizio definitivo in quanto, il suo accertamento, richiederebbe la conoscenza delle caratteristiche d'isolamento sonoro dei muri dei singoli fabbricati, nonché la qualità degli infissi e la loro esatta posizione rispetto agli aerogeneratori più vicini. Comunque, una sua valutazione mediante ipotesi cautelative mostra che in periodo notturno, che presenta limiti più restrittivi, i livelli sonori d'immissione all'interno dei fabbricati, con finestre sia aperte, sia chiuse sono inferiori ai limiti di applicabilità del criterio differenziale. In particolare per i ricettori E, G che sono le uniche costruzioni abitate, l'immissione sonora a finestre chiuse (condizione più critica) offre ampi margini cautelativi di garanzia.

Vicentini p.i. Renzo (⁹)

RUMORE & consigli s.a.s.

⁹ *tecnico competente in acustica ambientale*, ai sensi dell'art. 2, commi 6 e 7 della Legge n. 447 del 1995. Regione Emilia-Romagna - DD Regionale n° 11394 del 9 novembre 1998.

(<http://www390.regione.emilia-romagna.it/bur/burgtxt?a=2004&n=47&p=98>).



RUMORE & consigli S.a.s.
Via Derna, 5/a - 43125 PARMA
Tel. 0521.294.819 - 339.142.4557

RELAZIONE TECNICA

Documento:
1504 - 04
Pag. 21 di 25

APPENDICE



Ricettore "A"



Ricettore "B"





Ricettore "C"



Ricettore "D"





Ricettore "E"



Ricettore "F"





Ricettore "G"

