

RAPPORTO

USO RISERVATO

APPROVATO

C0011691

Cliente Enel Produzione S.p.A.

Oggetto Centrale Termoelettrica "Andrea Palladio" di Fusina (VE)
Integrazioni sul tema Rumore.

Ordine A.Q. 8400134283, attivazione N. 3500038647 del 04.04.2019

Note WBS A1300001867

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

N. pagine 15 **N. pagine fuori testo** 0

Data 27/07/2020

Elaborato STC - Lamberti Marco, STC - Ziliani Roberto, STC - Capra Davide
C0011691 3728 AUT C0011691 3754 AUT C0011691 3293 AUT

Verificato ENC - Pertot Cesare
C0011691 3840 VER

Approvato ENC - Il Responsabile - Mozzi Riccardo
C0011691 2809622 APP

CESI S.p.A.

Via Rubattino 54
I-20134 Milano - Italy
Tel: +39 02 21251
Fax: +39 02 21255440
e-mail: info@cesi.it
www.cesi.it

Capitale sociale € 8.550.000 interamente versato
C.F. e numero iscrizione Reg. Imprese di Milano 00793580150
P.I. IT00793580150
N. R.E.A. 429222

© Copyright 2020 by CESI. All rights reserved

Pag. 1/15

Indice

1	PREMESSA E SCOPI	3
2	INTEGRAZIONI	3
2.1	Criterio differenziale.....	3
2.1.1	Trattazione del tema nella VIAC.....	3
2.1.2	Elaborazione in risposta alla richiesta regionale	5
2.2	Valutazione dell'incertezza.....	10
2.2.1	Incertezza $u(L_w)$ associata al livello di potenza sonora	11
2.2.2	Incertezza $u(A)$ associata all'attenuazione del suono lungo il percorso di propagazione	12
2.2.3	Incertezza associata al contributo di più sorgenti.....	12

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	27/07/2020	C0011691	Prima emissione

1 PREMESSA E SCOPI

Nell'ambito dell'iter autorizzativo del progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas presso la c.le Andrea Palladio di Fusina, è stata espressa, dall'ente di controllo¹, una richiesta di integrazione, relativa ai contenuti dello Studio di Impatto Ambientale per la parte concernente l'inquinamento acustico², che si riporta di seguito: *“Integrare la valutazione previsionale di impatto acustico con la valutazione dei livelli differenziali in corrispondenza dei ricettori abitativi o assimilabili, non inseriti in classe acustica VI, a partire dai livelli di rumore residuo ottenuti. I risultati delle valutazioni dovranno essere corredati dall'incertezza: il rispetto del limite si intende dimostrato quando il livello sonoro, sommato all'incertezza (valutata con livelli di probabilità del 95 %), risulta inferiore al limite”*.

Il presente rapporto è stato redatto al fine di rispondere alla suddetta richiesta di integrazioni. Il documento di riferimento rispetto al quale sono state espresse tali richieste², indicato nel seguito come “VIAC”, contiene la caratterizzazione della situazione attuale, effettuata mediante rilievi sperimentali condotti da ENEL, la simulazione previsionale della rumorosità prodotta dalla nuova unità a gas FS7 e la verifica dei limiti di legge.

2 INTEGRAZIONI

2.1 Criterio differenziale

2.1.1 Trattazione del tema nella VIAC

Nella VIAC sono riportati i risultati di due campagne sperimentali eseguite da ENEL. La prima, condotta nei giorni 13÷15/03/2018 e i cui risultati sono contenuti nella relazione tecnica Enel 18AMBR033³, ha riguardato l'assetto operativo con n.4 unità produttive (FS1÷FS4) in servizio, la seconda, con un approccio speditivo, è stata eseguita nel giugno 2018, ad integrazione del quadro informativo esistente, per quanto concerne la rumorosità presente presso i ricettori in assenza delle sorgenti Enel. Il verificarsi di tale condizione, ossia quella con tutte le unità della Centrale di Fusina contemporaneamente non attive, è estremamente improbabile. Si è quindi sfruttata l'opportunità di realizzare alcuni rilievi in una fase di funzionamento della sola unità FS1. Essa, per il suo posizionamento rispetto ai ricettori (punti I1, I3 e I4 di Figura 1), per l'effetto schermante operato in quella direzione dalle unità non attive e per la

¹ CT Regione Veneto

² Rapporto CESI prot. n.B9014449 “Centrale Termoelettrica “Andrea Palladio” di Fusina (VE) - Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas - Studio di Impatto Ambientale (art.22 D.lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.) - Allegato C - Valutazione di impatto acustico” del 29/11/2019.

³ Relazione Tecnica Enel TGx/ Italy TS codice-revisione 18AMBR033-01 “BU Fusina – C.le di Fusina – valutazione di impatto acustico ai sensi della Legge 447/95” rev. 0 del 31/07/2018.

distanza, risulta di fatto poco influente sul livello di rumore ambientale complessivo presente nei punti indicati. Infatti, l'unità FS1 rispetto ai tre punti indicati rimane quasi completamente coperta dalla gemella FS2 e dalla struttura contenente le unità FS3 e FS4. Pertanto, il valore rilevato presso i tre punti considerati si può approssimare a quello che si avrebbe con tutte le unità produttive Enel non in servizio. Il giorno 22/06/2018, dalle ore 16.00 alle ore 18.00, sono stati monitorati i tre punti di misura I1, I3 e I4, caratterizzati dalla presenza di recettori sensibili in classe III. L'unità FS1 risultava in servizio a circa 145 MW, condizione, tra l'altro, prossima al carico minimo.

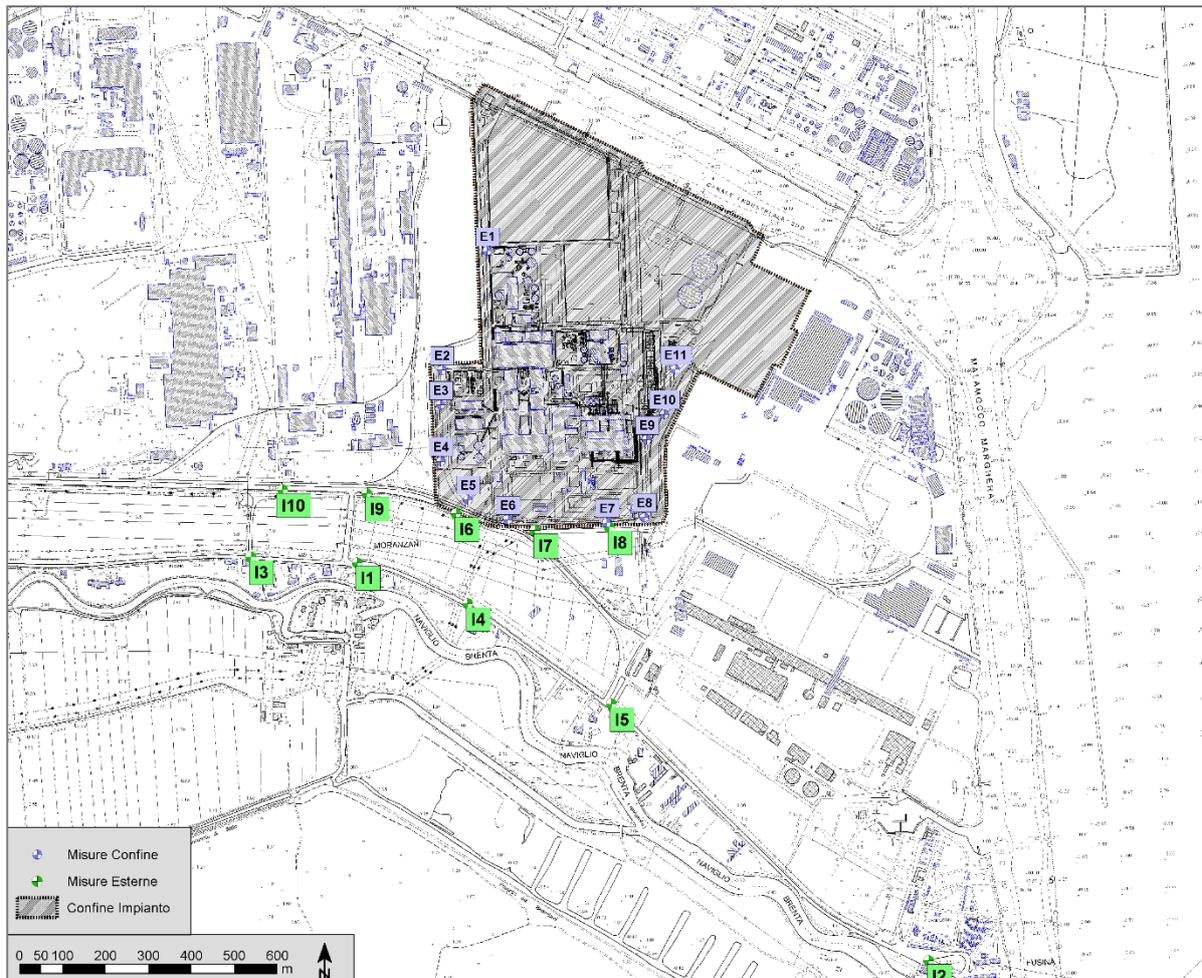


Figura 1 – C.le di Fusina - Ubicazione dei punti di misura indagati nelle campagne sperimentali.

I risultati sperimentali, presentati nelle tabella n. 3 e n. 4 della VIAC, sono arrotondati allo 0.5 dB più vicino.

Per quanto concerne il criterio differenziale, la verifica è riportata al § 4.3.2 della VIAC, per i punti I1, I3, I4, gli unici rappresentativi di potenziali ricettori abitativi collocati al di fuori di aree esclusivamente industriali. **In tal senso si ritiene che, per quanto concerne i punti ove concentrare le verifiche, la selezione di I1, I3 ed I4 effettuata nella VIAC, sia conforme alla richiesta di integrazione, dove si fa riferimento ai "ricettori abitativi o assimilabili, non inseriti in classe acustica VI".**

2.1.2 Elaborazione in risposta alla richiesta regionale

In merito all'integrazione relativa alla valutazione del criterio differenziale, i tecnici ARPAV, seppur concordando sull'esistenza di diverse impostazioni interpretative, ritengono che, per l'unità FS7 di nuova realizzazione, ancorché inserita in un'area industriale da decenni destinata alla produzione di energia, il differenziale vada calcolato riferendosi ad un livello di rumore residuo L_R dovuto alle sole sorgenti "non Enel", ossia ad un contributo nullo dell'impianto esistente (unità FS1÷FS4).

Per ovviare alla variabilità di misura sperimentale per il calcolo di residuo con apporto Enel nullo, ARPA ritiene che i rilievi debbano protrarsi per un periodo di acquisizione congruo al fine di caratterizzare in modo più esteso le possibili fluttuazioni e la variabilità del fenomeno. Essendo l'impianto ENEL disponibile su rete elettrica per richiesta di produzione da parte del gestore della rete, non è possibile garantire, a priori, un fermo impianto di durata congrua (almeno n.2 settimane) per effettuare l'indagine secondo i criteri indicati, anche se al momento della riunione e della stesura del presente rapporto, i quattro gruppi di Fusina erano in stato "non in esercizio". Sulla base di queste considerazioni, ARPAV ha quindi aperto alla possibilità, di procedere ad una "ricostruzione" del livello di rumore residuo a partire dalle misure del giugno 2018 attraverso l'eliminazione, per via modellistica, del contributo dell'unità FS1, l'unica in esercizio in quella occasione.

Questo tipo di valutazione, spesso utilizzata per ovviare a situazioni ove il rilievo sperimentale diretto risulti impossibile o di difficile realizzazione, implica la predisposizione di una modellazione matematica della rumorosità prodotta dall'impianto nella situazione attuale, tarata sulla base dei dati sperimentali disponibili.

Il procedimento di taratura della modellazione è presentato nella norma UNI 11143-1:2005⁴ (app. E); una analoga procedura, sviluppata specificamente per gli impianti termoelettrici, è invece oggetto di una scheda del DM 01/04/2004⁵. L'applicazione puntuale di tali procedure richiederebbe l'esecuzione di un piano sperimentale mirato, con misure eseguite secondo particolari criteri; ciò nonostante si è potuto procedere alla taratura utilizzando i dati relativi alla campagna Enel del 2018³, descritta nella VIAC. Nell'ambito di questa campagna, simile nell'impostazione a quelle precedenti (ad es. 2014), oltre ai rilievi lungo la recinzione (punti E01÷E11, Figura 1) e all'esterno (punti I01÷I10, Figura 1), sono stati effettuati rilievi all'interno della centrale in punti antistanti le sale macchine delle quattro unità produttive (punti A01÷A10, Figura 2). Questi ultimi saranno indicati come "punti di taratura". I rilievi in questi punti sono stati eseguiti con le n.4 unità produttive FS1÷FS4 in servizio, come descritto al § 3.4 della VIAC.

La Tabella 1 riporta i risultati delle misure nei punti A01÷A10, espressi come livello L_{Aeq} del campione diurno e notturno. L'ubicazione dei punti di misura è riportata in Figura 2.

⁴ Norma UNI 11143-1:2005 "Acustica - Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti - Parte 1: Generalità".

⁵ Decreto 1 aprile 2004 - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio. Linee guida per l'utilizzo dei sistemi innovativi nelle valutazioni di impatto ambientale (GU n. 84 del 9-4-2004), scheda tecnica N. MR- 003, data revisione 28.02.2004 "Metodologia per la valutazione dell'inquinamento acustico prodotto da Centrali Termoelettriche nel territorio circostante".



Figura 2 – C.le di Fusina - Ubicazione dei punti di misura A01÷A10, detti “di taratura”.

Tabella 1 – Risultati delle misure nei punti A01÷A10 - Valori in dB(A)

Punto di misura	Posizione	L _{Aeq} diurno 2018	L _{Aeq} notturno 2018
A1	Fronte trasformatore unità FS2	68.5	67.5
A2	Fronte trasformatore unità FS1	62.0	62.0
A3	Fronte stazione elettrica unità FS1	59.0	57.0
A4	Fronte stazione elettrica unità FS2	61.5	62.5
A5	Fronte trasformatore unità FS3	68.0	66.5
A6	Fronte stazione elettrica unità FS3	59.5	60.0
A7	Fronte stazione elettrica unità FS4	60.5	60.0
A8	Fronte trasformatore unità FS4	67.0	67.0
A9	Tra caldaia unità FS4 e impianto idrogeno	71.5	73.5
A10	Fronte stazione elettrica	54.5	57.5

La predisposizione della modellazione tarata e verificata della rumorosità prodotta dalla centrale nella situazione attuale (FS1÷FS4 in servizio) si è sviluppata nei passaggi seguenti.

- La modellazione utilizzata per la VIAC è stata modificata, con l'introduzione delle macro-sorgenti sonore rappresentative delle unità produttive esistenti e sono stati introdotti i punti ricettore corrispondenti ai punti di misura A01÷A10.
- Mediante un procedimento iterativo, la potenza sonora delle sorgenti rappresentative delle unità FS1÷FS4 è stata regolata con un procedimento “a ritroso” in modo da ottenere un buon accordo tra i livelli calcolati dal modello e quelli sperimentali nei punti A01÷A10, sino ad arrivare alla situazione “tarata”.

- Mediante il modello tarato è stato ottenuto il livello presso i punti di verifica E* e si è valutato che lo scostamento tra il livello calcolato e misurato rientrasse nell'intervallo previsto. Qualora ciò non fosse si è proceduto a riconsiderare la schematizzazione delle sorgenti, ad affinare la fase di taratura o a rivalutare il punto di verifica. Al termine di questa fase si è giunti alla modellazione tarata e verificata delle unità FS1÷FS4. Nel caso specifico, il punto E8, lungo una direttrice tracciata dai punti A2 ed A3, non presentava, a differenza di questi, il decadimento fisico del rumore all'allontanarsi dalle sorgenti, ad indicare la presenza di un contributo, probabilmente locale, non dovuto alle sorgenti modellate.
- Le sorgenti sonore rappresentative delle unità FS2, FS3 ed FS4 sono state disattivate nel modello e si è proceduto al calcolo con la sola unità FS1 attiva sui punti di interesse I1, I3, I4 (Figura 1).

Le macro-sorgenti introdotte nel modello, con il relativo livello di potenza sonora globale in dB(A) sono presentate nella Tabella 2 (vedasi la Figura 3 per l'ubicazione indicativa delle sorgenti).

Tabella 2 – Sorgenti sonore introdotte nella modellazione - Valori in dB(A)

Id. sorgente (Figura 3)	Sorgente	Livello di potenza sonora [dB(A)]
A	FRONTALE Sala Macchine Gr.1 (areale)	98.7
	LATERALE Sala Macchine Gr.1 (areale)	96.0
	COPERTURA Sala Macchine Gr.1 (areale)	100.1
B	FRONTALE Sala Macchine Gr.2 (areale)	102.9
	COPERTURA Sala Macchine Gr.2 (areale)	100.2
C	LATERALE Caldaia Gr.1 (areale)	106.4
D	Trasformatore Gr.1 (puntuale)	96.0
E	Trasformatore Gr.2 (puntuale)	99.5
F	Torri di raffreddamento (n.2 sorgenti areali)	99.6 cad.
G	FRONTALE Sala Macchine Gr. 3-4 (areale)	104.5
G	LATERALE Sala Macchine Gr. 3-4 (areale)	100.7
G	COPERTURA Sala Macchine Gr. 3-4 (areale)	105.8
H	LATERALE Caldaia Gr.4 (areale)	110.9
I	Trasformatore Gr.3 (puntuale)	99.5
L	Trasformatore Gr.4 (puntuale)	99.5
M	Trattamento desolforazione	96.5
N	Area movimentazione e stoccaggio calcare	90.0
O	Area gesso calcare (n.3 sorgenti puntuali)	88.0 cad.
P	Denitrificatore Catalitico Gr.4 (areale)	95.7
Q	Captatori Elettrostatici Gr.4 (areale)	102.5

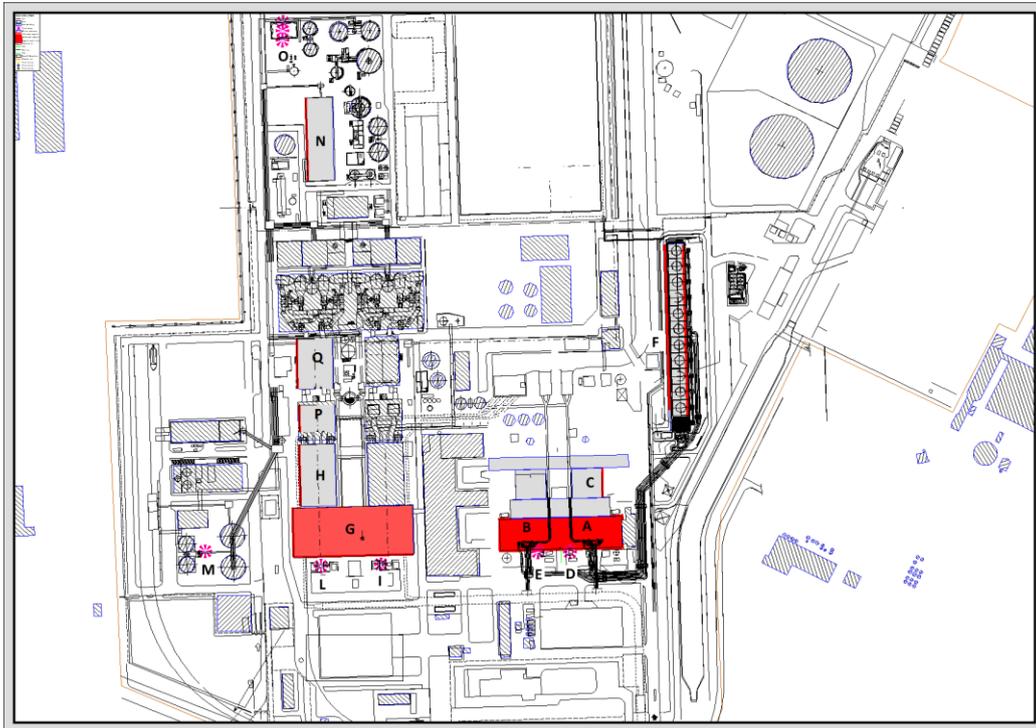


Figura 3 – C.le di Fusina - Ubicazione delle macro-sorgenti A÷Q rappresentative delle unità FS1÷FS4.

I risultati della taratura sui punti A01÷A10 (Tabella 3) mostrano un buon accordo tra le misure strumentali (Tabella 1, valori diurni) e la modellazione acustica. Valori negativi nella quarta colonna della tabella indicano un livello misurato minore del livello calcolato, quindi una sovrastima dei livelli sperimentali da parte del modello.

Tabella 3 - Risultati del processo di taratura della modellazione delle unità FS1÷FS4 – Valori in dB(A).

Punto	Livello Misurato L_{Aeq} (I)	Livello calcolato dal modello (II)	Δ (I)- (II)
A1	68.5	69.7	-1.2
A2	62.0	63.1	-1.1
A3	59.0	60.3	-1.3
A4	61.5	61.2	0.3
A5	68.0	67.6	0.4
A6	59.5	60.8	-1.3
A7	60.5	59.8	0.7
A8	67.0	66.8	0.2
A9	71.5	70.2	1.3
A10	54.5	54.4	0.1

Gli scostamenti rientrano nell'intervallo ± 1.5 dB; la modellazione può quindi essere considerata "tarata". Il modello tarato è stato applicato ai punti di verifica E*; la Tabella 4 riporta i risultati del confronto con i dati sperimentali (VIAC, Tabella n.3, valori L_{A95} diurni).

Tabella 4 - Risultati del processo di verifica della modellazione delle unità FS1÷FS4 – Valori in dB(A).

Punto	Livello Misurato L_{Aeq} (I)	Livello calcolato dal Modello (II)	Δ (I)- (II)
E1	60.0	59.5	0.5
E2	60.5	59.0	1.5
E3	62.0	60.3	1.7
E4	55.0	56.4	-1.4
E5	54.0	56.4	-2.4
E6	58.0	58.5	-0.5
E7	59.0	57.5	1.5
E9	62.5	62.0	0.5
E10	60.5	60.5	0.0
E11	59.5	58.4	1.1

Nota: il punto E8 non è stato considerato tra i punti di verifica, in quanto evidentemente affetto da contributi locali non modellati.

Gli scostamenti sono compresi tra ± 2 dB(A) in quasi tutti i punti, quindi è possibile ritenere il modello verificato.

A questo punto, le sorgenti sonore rappresentative delle unità FS2, FS3 e FS4 nel modello sono state disattivate e si è proceduto al calcolo del contributo della unità FS1 presso i punti I1, I3 ed I4 lungo Via Moranzani, rappresentativi di ricettori abitativi. I risultati sono presentati nella seguente tabella.

Tabella 5 – Calcolo del contributo della unità FS1 presso i punti I1, I3 ed I4 – Valori in dB(A).

Punto	Livello sonoro prodotto dalla unità FS1 calcolato dal modello.
I1	34.1
I3	31.7
I4	37.7

Come atteso, il contributo della unità FS1 sui punti considerati è ridotto e si attesta molto al di sotto dei 40 dB.

La Tabella 6 riassume i risultati del calcolo del livello differenziale di immissione, secondo le indicazioni di ARPA, per i punti situati in corrispondenza dei ricettori abitativi o assimilabili non inseriti in classe acustica VI (I1, I3, I4). Vengono mostrati:

- il livello sonoro rilevato con FS1 in servizio (Giu 2018), come da Tab. n.4 della VIAC;
- il livello sonoro prodotto dalla unità FS1 calcolato dal modello tarato e verificato (Tabella 5);
- il livello di rumore residuo L_R "ricostruito" mediante differenza energetica tra i precedenti parametri;
- il contributo della nuova unità FS7 (VIAC, Tab. 8, Fase 2) L_{FS7} ;

- il livello di rumore ambientale futuro L_{fut} , ottenuto come somma energetica di L_R ed L_{FS7} ;
- il livello differenziale di immissione L_D , dato dalla differenza aritmetica $L_{fut} - L_R$.

Per L_D , sono indicati con "Non apprezzabile" gli scostamenti compresi entro ± 0.5 dB(A), valore ampiamente inferiore alla minima differenza di energia sonora che può venire percepita dall'orecchio umano.

Tabella 6 – Calcolo del livello differenziale di immissione presso i punti I1, I3, I4 – Valori in dB(A).

Punto	Livello sonoro rilevato con FS1 in servizio (Giu 2018)	Livello sonoro prodotto dalla unità FS1 calcolato dal modello	Livello di rumore residuo "ricostruito" L_R (II)	Contributo della nuova unità FS7 L_{FS7} (VIAC, Tab. 8, Fase 2)	Livello di rumore ambientale futuro L_{fut} (I)	Livello differenziale di immissione L_D (I) - (II)
I1	49.5	34.1	49.4	37.1	49.6	Non apprezzabile
I3	47.0	31.7	46.9	34.1	47.1	Non apprezzabile
I4	48.5	37.7	48.1	39.8	48.7	0.6

Valgono le considerazioni già espresse nella VIAC, e cioè che L_D risulta ampiamente minore del valore limite per il criterio differenziale diurno pari a + 5 dB.

Si osserva, inoltre, la non applicabilità del criterio in periodo diurno, in quanto L_{fut} all'esterno dei fabbricati risulta minore della soglia di applicabilità interna a finestre aperte, pari a 50 dB(A).

È ragionevole ritenere che in periodo notturno si assista ad un calo del livello L_R , dovuto in parte alla riduzione delle attività lavorative ed antropiche, anche se vi sono nella zona importanti realtà con funzionamento continuo. Ci si attende quindi, a parità di contributo L_{FS7} , un incremento del valore di L_D , che resterà comunque compreso entro il limite di + 3 dB stabilito dalla legge. Si potranno inoltre verificare situazioni di non applicabilità del criterio stesso, qualora il livello interno ai fabbricati più esposti risultasse minore della soglia di applicabilità a finestre aperte, pari a 40 dB in periodo notturno. Il livello di immissione specifico della nuova unità (L_{FS7}) risulta ovunque minore di 40 dB; esso è tale da far ritenere improbabili eventuali criticità rispetto al criterio differenziale nei punti indicati. Ciò conferma quanto già concluso nel documento VIAC nel quale erano state utilizzate le misure effettuate da ENEL nel 2018 con solo il gruppo FS1 in marcia.

2.2 Valutazione dell'incertezza

La richiesta regionale è relativa alla valutazione dell'incertezza del livello sonoro prodotto dalla modellazione.

La stima dell'incertezza insita nelle valutazioni riportate nella VIAC è stata condotta con riferimento alla norma UNI/TR 11326:2009⁶ "Acustica - Valutazione dell'incertezza nelle misurazioni e nei calcoli di acustica - Parte 1: Concetti generali".

Il testo, nella forma del rapporto tecnico, fornisce linee guida di facile leggibilità per la valutazione e l'espressione dell'incertezza in acustica in maniera conforme alla UNI CEI ENV 13005. Esso introduce le regole fondamentali per la valutazione e l'espressione dell'incertezza dei risultati di misurazioni e calcoli,

⁶ Norma UNI/TR 11326:2009 - Acustica - Valutazione dell'incertezza nelle misurazioni e nei calcoli di acustica - Parte 1: Concetti generali, entrata in vigore nel maggio 2009

con particolare riguardo al campo dell'acustica applicata. Vi è però una parte, molto ridotta rispetto alla trattazione relativa ai dati sperimentali, dedicata ai modelli e alla loro incertezza.

In particolare, il § 8.3 *“Incertezza relativa alla propagazione sonora in ambiente esterno per sorgenti sonore industriali”* fornisce un procedimento di calcolo, tratto in larga parte da paper tecnici del settore⁷. La stessa impostazione è stata presentata in un testo dedicato al Noise Mapping⁸, il cui § 9 *“Uncertainty e quality assurance”* è dedicato, tra l'altro, a stimare l'incertezza delle valutazioni previsionali del rumore. Il contributo di ciascuna sorgente nell'ambiente circostante presso punti ricettori L_p si calcola sulla base del livello di potenza sonora delle sorgenti L_W e dei principali termini di attenuazione lungo il percorso di propagazione. In termini generali, l'incertezza dei livelli sonori calcolati è quindi associata all'accuratezza dei dati di ingresso ed all'accuratezza del modello di calcolo della propagazione sonora. In conformità con la norma UNI ISO 9613-2, la formulazione della propagazione sonora per una singola sorgente si può esprimere attraverso la seguente relazione sintetica:

$$L_p = f(L_W, A) = L_W - A$$

dove:

L_W livello di potenza sonora della sorgente;

A attenuazione complessiva dell'onda sonora per effetto, principalmente, della divergenza geometrica, dell'assorbimento atmosferico, della presenza di barriere e dell'assorbimento del terreno (termini A_{div} , A_{atm} , A_{bar} , A_{gr} , ecc. della UNI ISO 9613-2).

Il quadrato dell'incertezza tipo composta di L_p , indicato con $u_c^2(L_p)$ viene ottenuto, nell'ipotesi che le grandezze considerate nel calcolo del livello sonoro non siano correlate tra loro, mediante la relazione n° 6 della norma, che assume la seguente forma:

$$u_c^2(L_p) = u^2(L_W) + u^2(A)$$

dove:

$u(L_W)$ incertezza associata al livello di potenza sonora, che dipende dal metodo utilizzato per la sua determinazione;

$u(A)$ incertezza associata all'attenuazione del suono lungo il percorso di propagazione, che dipende dal modello di calcolo utilizzato.

2.2.1 Incertezza $u(L_W)$ associata al livello di potenza sonora

Per il termine $u(L_W)$ si è fatto riferimento sia ai testi citati^{7,8}, che a quanto riportato dalla UNI/TR 11326 al § 8 – Incertezza delle sorgenti sonore industriali. In particolare, il punto 8.2 presenta i risultati del calcolo dell'incertezza tipo composta $u_c(L_W)$ secondo la ISO/DIS 3746 del 2005; si ottiene che, con utilizzo di strumentazione in Classe 1 e con sorgente che non emetta in maniera predominante toni puri, $u_c(L_W) \approx 3$ dB. Stesso dato si ritrova nella UNI EN ISO 3746:2011, al prospetto 1, a pag. 42, per lo scarto tipo di riproducibilità. Anche la norma relativa alla misura della rumorosità dei trasformatori, la IEC 60076-10:2016, indica tale valore quando, al § 6 afferma che: *“The sound pressure method of measurements [...] is based on ISO 3746. Measurements made in conformity with this standard tend to result in standard deviations of reproducibility between determinations made in different laboratories which are less than or equal to 3 dB”*.

Nel caso specifico, la potenza sonora delle sorgenti che costituiscono la modellazione della nuova unità FS7 viene ricavata da informazioni reperite presso i costruttori o da dati relativi a progetti analoghi;

⁷ W. Probst, Uncertainties in the prediction of environmental noise and in noise mapping, International INCE Symposium "Managing uncertainties in noise measurements and predictions: a new challenge for acousticians", Le Mans, 26-29 June 2005.

⁸ "Noise mapping in the EU: models and procedures" G. Licita - CRC Press

entrambe tali fonti informative derivano da indagini sperimentali con metodiche riconducibili alle norme citate. Si assume quindi che $u(L_w) = 3$ dB.

2.2.2 Incertezza $u(A)$ associata all'attenuazione del suono lungo il percorso di propagazione

Per il termine $u(A)$ si utilizza la relazione riportata nella UNI/TR 11326 che prevede l'utilizzo della seguente formula, proposta da Probst^{7,8}:

$$u(A) = k \cdot \log(d/d_0)$$

valida per $d > d_0$, con $k = 2$ dB e $d_0 = 10$ m, riportata dalla UNI/TR 11326:2009 (n° 38, pag.32).

La norma stessa afferma che questa formula può essere utilizzata "in prima approssimazione, [...] per stimare l'incertezza sull'attenuazione complessiva in funzione della distanza d dalla sorgente", ma va intesa come un primo approccio basato "sull'esperienza con i modelli di calcolo attualmente in uso in Europa e andrebbe aggiornata e dettagliata di pari passo con l'evoluzione dello stato dell'arte". Non si ha tuttavia notizia di nuove formulazioni o di affinamenti di tale formula, che rimane quindi una espressione di primo approccio. Utilizzando tale relazione, $u(A)$ cresce con la distanza sorgente – ricevitore.

2.2.3 Incertezza associata al contributo di più sorgenti

L'approccio sinora presentato riguarda una singola sorgente sonora. Nel caso di un impianto industriale come la nuova unità FS7 vi sono più sorgenti. Il livello di pressione sonora calcolato presso un ricevitore è dato dalla somma energetica dei contributi L_i di tutte le sorgenti inserite nella modellazione della nuova unità FS7. Il livello sonoro complessivo al ricevitore L è dato quindi dalla nota relazione:

$$L = f(L_1, L_2, \dots, L_N) = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^N 10^{0,1L_i} \right)$$

I valori dei livelli L_i , contributi di ciascuna sorgente utilizzata per modellare FS7 su ciascuno dei ricettori considerati (Figura 1), sono stati ricavati dal modello di calcolo e sono riportati nella Tabella 7, insieme alle relative distanze in m.

Tabella 7 – Contributi di ciascuna sorgente della nuova unità FS7 al livello complessivo L_i su ciascun ricevitore e relativa distanza d_i - Valore in dB(A)

Sorgente	Punto					
	I1		I3		I4	
	Contrib. L_i [dB]	Dist. d_i [m]	Contrib. L_i [dB]	Dist. d_i [m]	Contrib. L_i [dB]	Dist. d_i [m]
Raffredd. Ausiliario TG	3.2	1078	0.7	1288	11.2	936
Condotto Aspirazione S1	3	1038	1.2	1247	6.5	902
Condotto Aspirazione S2	7.4	1027	6.1	1236	8.4	894
Condotto Aspirazione S3	18	1031	12.1	1239	13	898
Condotto Aspirazione S4	11.5	1035	7.3	1242	9.3	902
Condotto Aspirazione S5	19.9	1024	12.7	1231	16.8	894
Condotto Aspirazione S6	21.9	1017	15.2	1224	23	886
Condotto Aspirazione S7	21.5	1027	16	1235	17.3	893
Condotto Aspirazione S8	7.3	1030	2.5	1240	9.8	893
Condotto Aspirazione S9	13	1024	13.8	1232	17	889

Sorgente	Punto					
	I1		I3		I4	
	Contrib. L _i [dB]	Dist. d _i [m]	Contrib. L _i [dB]	Dist. d _i [m]	Contrib. L _i [dB]	Dist. d _i [m]
Griglia Aspirazione Aria TG	32.6	1020	24.4	1228	33.5	885
Corpo ciminiera S1	15.4	1119	13.8	1321	17.9	995
Ciminiera - Uscita Gas	12.8	1125	12	1327	21.7	1001
Corpo ciminiera S2	15.4	1120	13.7	1321	17.8	996
Corpo ciminiera S3	2.7	1127	1.5	1328	4.3	1003
Corpo ciminiera S4	3.3	1123	13.6	1324	4.6	1000
Corpo ciminiera S5	2.9	1126	0.5	1328	6.2	1001
Corpo ciminiera S6	15.4	1123	2.3	1325	18	997
Condotto TG-GVR S1	3.7	1070	2.5	1274	3	940
Condotto TG-GVR S2	7.7	1059	5.2	1265	8.9	928
Condotto TG-GVR S3	7.7	1074	5.7	1281	9.4	943
Condotto TG-GVR S4	11.8	1066	13.3	1270	9.7	938
Condotto TG-GVR S5	7.7	1081	5.5	1286	9.2	953
Condotto TG-GVR S6	8.5	1084	8.6	1289	3.2	956
Condotto TG-GVR S7	12.6	1080	12.3	1283	4.7	954
Condotto TG-GVR S8	-1.9	1084	-2.7	1288	-1.6	958
Condotto TG-GVR S9	0.2	1077	-0.7	1281	0.5	951
Condotto TG-GVR S10	3.8	1089	1.5	1294	5.5	958
Edif. Elettrico S1 - Torrino	13.1	1048	11.3	1262	18.2	901
Edif. Elettrico S2 - Torrino	14.6	1035	9.7	1247	20.3	893
Edif. Elettrico S3	16.5	1041	11.7	1254	19.5	897
Edif. Elettrico S4	13.8	1030	10.7	1244	19.7	884
Edif. Elettrico S5	13.6	1026	5.1	1236	12.4	888
Edif. Elettrico S6	3.9	1052	1.4	1264	5.5	910
Edif. Elettrico S7	3.9	1057	2.7	1272	14	906
Edif. Generatore S1	12.7	1037	5.3	1247	12.4	902
Edif. Generatore S2	19.1	1016	12.3	1225	18.3	881
Edif. Generatore S3	2.5	1030	-0.8	1240	5.3	893
Edif. Generatore S4	5.7	1044	2.8	1254	7.2	905
Edif. Generatore S5	-2.4	1052	-5.1	1264	-0.6	911
Edif. Generatore S6	-1.1	1043	-3.8	1251	1.2	907
Edif. Generatore S7	10.6	1024	4.9	1230	7.8	895
Edif. Generatore S8	17.7	1017	10.5	1224	17	886
Edif. Generatore S9	13.1	1023	6	1230	9.5	894
GVR S1	20.5	1088	21.5	1292	20.8	960
GVR S2	25.7	1104	25.5	1307	28.7	977
GVR S3	25.1	1097	25.6	1299	28.5	973
GVR S4	13.1	1119	11.6	1321	13.8	994
GVR S5	13.3	1110	11.8	1314	15.2	980
Edif. Servizi Industriali S1	-1.6	979	-2.9	1199	10.2	822
Edif. Servizi Industriali S2	-1.3	980	-2.6	1198	8.7	827
Edif. Servizi Industriali S3	4.7	965	9.7	1183	18.7	813

Sorgente	Punto					
	I1		I3		I4	
	Contrib. L _i [dB]	Dist. d _i [m]	Contrib. L _i [dB]	Dist. d _i [m]	Contrib. L _i [dB]	Dist. d _i [m]
Edif. Servizi Industriali S4	7.5	964	9	1184	21.2	809
Edif. Servizi Industriali S5	7.3	972	10.7	1191	17.9	817
Edif. Servizi Industriali S6 - Torrino	10.4	970	16.4	1188	21	816
Edif. Servizi Industriali S7 - Torrino	10.6	976	12.3	1195	20.8	820
Torri raffreddamento S1	15.3	812	12.3	1021	13.8	687
Torri raffreddamento S2	8	826	5.4	1036	9.9	697
Torri raffreddamento S3	16.9	819	12.8	1029	12.9	692
Pompa Torri SS1	3.8	779	0.5	1000	9.3	630
Pompa Torri SS2	2.1	770	-0.4	991	6.7	624
Edif. TG S1	13.2	1063	11.9	1270	14.1	931
Edif. TG S2	21.7	1038	20.3	1242	22.4	910
Edif. TG S3	10.1	1065	6.6	1276	13.3	925
Edif. TG S4	22.5	1051	18	1259	23.2	918
Edif. TG S5 - Torrino	17	1046	10.8	1252	8.4	915
Edif. TG S6	22.2	1040	19.6	1248	23.4	905
Edif. TG S7 - Torrino	7.5	1058	9.9	1266	8.4	921
Edif. TV S1 - Torrino	14.8	1102	12.5	1317	18.1	951
Edif. TV S2 - Torrino	14.3	1077	12.7	1294	18.3	923
Edif. TV S3	24.9	1089	23.5	1305	27.9	936
Edif. TV S4	13.6	1099	12.5	1316	22.1	942
Edif. TV S5	9.8	1119	8.4	1333	13.5	970
Edif. TV S6	22.6	1059	22.8	1278	31	903
Edif. TV S7	24.7	1079	22.7	1294	30.9	930
Cabinato Pompa Alimento S1	-6.1	1114	-8.6	1320	-2.9	981
Cabinato Pompa Alimento S2	-2.1	1110	-4.6	1316	1.3	978
Cabinato Pompa Alimento S3	-6.4	1109	-8.6	1315	-4.1	979
Cabinato Pompa Alimento S4	-4.4	1112	-6.8	1317	-0.8	980
Cabinato Pompa Alimento S5	-2.4	1113	-4.7	1319	0.2	982
Edif. Stazione Gas S1	-5.3	1146	-8.4	1354	-3.4	1009
Edif. Stazione Gas S2	-5.8	1164	-8.3	1372	-3.5	1024
Edif. Stazione Gas S3	-7.4	1163	-10.5	1374	-4.9	1019
Edif. Stazione Gas S4	-0.5	1155	-4.9	1364	5.9	1014
Edif. Stazione Gas S5	-2.2	1146	-6.6	1356	4	1004
Trasformatore TV	7.9	1027	5.8	1245	18.3	872
Trasformatore TG	11.5	1016	9.3	1233	17.7	865
Trasformatore TU	1	1025	2.7	1241	3.1	876

Ciascun contributo L_i ha la propria incertezza associata u(L_i), valutata con la metodica descritta in precedenza, dovuta alla sorgente u(L_w) e alla propagazione u(A)

Ipotizzando che i singoli livelli sonori non siano correlati tra loro, l'incertezza tipo composta della somma dei livelli sonori u_c(L_p) è pari alla radice quadrata della varianza tipo, da cui deriva la relazione riportata (n.41 della UNI/TR):

$$u_c^2(L_p) = \frac{\sum_{i=1}^N [u(L_i) \times 10^{0,1L_i}]^2}{\left[\sum_{i=1}^N 10^{0,1L_i} \right]^2}$$

La norma evidenzia che *“tale procedura è sicuramente approssimata in quanto i contributi delle sorgenti sono spesso in parte correlati. Ma in assenza di conoscenze più approfondite questa metodologia rappresenta il migliore approccio per la conoscenza dell'incertezza composta associata al valore calcolato”*. Nel caso particolare, il valore di incertezza legato alla sorgente $u(L_w)$, che insieme all'incertezza $u(A)$ concorre alla determinazione di ciascun $u(L_i)$, è stato assunto pari a 3 dB per tutte le sorgenti, come descritto al § 2.2.1.

La Tabella 8 riporta il risultato del calcolo per le postazioni rappresentative di ambienti abitativi (I1, I3, I4).

Per calcolare l'incertezza estesa nel caso in cui il livello ottenuto dalla simulazione della nuova unità L_p (indicato nella presente relazione anche con L_{FS7}), debba essere inferiore o uguale ad un determinato valore limite con assegnato livello di fiducia (in questo caso il limite di emissione), l'intervallo $[L_p, L_p + U]$ è un intervallo di confidenza unilaterale. Per un tale intervallo di confidenza con livello di fiducia pari al 95%, il fattore di copertura k è pari a $k = 1.645$. Pertanto, per una tale distribuzione:

$$U = 1.645 \times u_c(L_p)$$

ed il valore $L_{FS7} + U$ sarà confrontato con il limite di emissione più restrittivo.

I valori del livello calcolato dal modello per la nuova unità L_{FS7} sono riportati nella VIAC, tabella n.8, per la Fase 2, relativa al funzionamento a ciclo combinato (CCGT), che è quello più impattante.

Tabella 8 – Stima dell'incertezza dei risultati del calcolo previsionale con modello matematico – Valori in dB(A)

Punto	Livello calcolato dal modello L_{FS7} (Tab. 8 VIAC)	Opzione 2 Calcolo di $u(A)$ secondo UNI/TR 11326:2009			Limite di emissione (Diurno/ Notturno)
		$u_c(L_p)$	U	$L_{FS7} + U$	
I1	37.1	1.9	3.1	40.2	55/45
I3	34.1	1.4	2.3	36.4	55/45
I4	39.8	1.5	2.5	42.3	55/45

Si nota che l'estremo superiore dell'intervallo di fiducia $L_{FS7} + U$ risulta minore del limite notturno di emissione della classe acustica III, pari a 45 dB(A), presso i punti I1, I3 e I4 sede di ricettori a carattere abitativo.