

## PREVISIONE DI IMPATTO ACUSTICO

### TERMINAL

### BRINDISI LNG SPA

### BRINDISI



Rev.	Descrizione	Preparato da	Verificato da	Approvato da	Data
A	Prima Emissione	A. Binotti	S. Cingolani	S. Cingolani	18 dicembre 2007

## INDICE

<b>1</b>	<b>COMPONENTE RUMORE</b>	<b>4</b>
1.1	RIFERIMENTI NORMATIVI	4
1.2	NOTIZIE RELATIVE ALLA NUOVA OPERA	5
	IDENTIFICATIVI ATTIVITA'	5
	<i>CARATTERISTICHE DELL'AREA DELLA NUOVA OPERA</i>	5
	CARATTERISTICHE DELLE AREE CIRCOSTANTI:	6
	PRINCIPALI SORGENTI ACUSTICHE PRESENTI NELL'AREA	6
1.3	RICETTORI RAPPRESENTATIVI	6
1.4	LIMITI ACUSTICI	9
1.5	CARATTERIZZAZIONE DEL CLIMA ACUSTICO	10
1.6	CARATTERIZZAZIONE DELLO SCENARIO DI PROPAGAZIONE	11
1.7	CARATTERIZZAZIONE DELLE SORGENTI DELLA NUOVA OPERA	12
1.8	PREVISIONE DELL'IMPATTO ACUSTICO DELLA NUOVA OPERA	14
	IMPATTO TERMINAL	14
1.10	APPENDICE - DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	21
	1.10.1 Metodo di calcolo	22
	1.10.2 CRITERI DI VALIDAZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	25

## ELENCO DELLE TAVOLE

<b><u>Tavole No.</u></b>	<b><u>Titolo</u></b>
A	Planimetria dell'area di studio con ubicazione ricettori;
B	Planimetria del terminale con ubicazione delle principali sorgenti sonore;
C	Mappe delle emissioni sonore.

## 1 COMPONENTE RUMORE

Il presente documento è parte della Studio di Impatto Ambientale del Terminale GNL di Brindisi a cui rimanda per gli aspetti non acustici relativi alle caratteristiche degli impianti e delle opere in progetto ed agli aspetti relativi al contesto naturale ed urbanistico.

Scopo del presente studio è la previsione dell'impatto acustico del terminal GNL di Brindisi. La stima previsionale d'impatto delle attività è basata sui dati e sui livelli sonori di emissione contenuti nel progetto del terminal.

Il proponente Brindisi LNG S.p.A. ha sede legale in Viale Regina Margherita 13, 72100, Brindisi, il legale rappresentante è il Sig. Damiano Ratti, la tipologia d'attività è il settore energetico, codice ISTAT 40220, categoria d'appartenenza industria mineraria.

Le caratteristiche degli impianti sono descritte in modo dettagliato nel progetto e nelle relazioni d'impatto ambientale.

Lo studio intende prevedere l'entità delle emissioni sonore dell'impianto GNL (Gas Natural Liquid) e valutare il rispetto dei limiti stabiliti dalla Legge 26 ottobre 1995 n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico" e dal D.M. 14 novembre 1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore", individuando le eventuali scelte progettuali necessarie al rispetto dei limiti vigenti.

Nei paragrafi successivi è identificato l'impatto acustico potenziale dell'impianto GNL, operante a ciclo continuo per sette giorni la settimana.

### 1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

L'art. 8 comma 1 della "Legge quadro sull'inquinamento acustico" 26 ottobre 1995 n. 447, prescrive che i progetti sottoposti a Valutazione di Impatto Ambientale ai sensi dell'art. 6 della legge 8 luglio 1986 n. 349, siano redatti in conformità alle esigenze di tutela dall'inquinamento acustico delle popolazioni interessate.

Il comma quattro del suddetto articolo prescrive che le domande per il rilascio di concessioni edilizie, licenze ed autorizzazioni all'esercizio relative a nuovi impianti ed infrastrutture, adibite ad attività produttive, debbano contenere una

documentazione di previsione d'impatto acustico resa sulla base dei criteri stabiliti dalla Regione.

La regione Puglia, ha deliberato in materia con la legge regionale 12 febbraio 2002, n. 3 "*Norme di indirizzo per il contenimento e la riduzione dell'inquinamento acustico*" e con la legge regionale del 14 giugno 2007 n. 17 "*Disposizioni in campo ambientale*".

Nella redazione del documento ci si è quindi attenuti alle indicazioni contenute nelle normative sopra indicate.

Tali norme vanno ad integrare le prescrizioni della legge 447/95 in materia di previsione di impatto acustico e la documentazione di valutazione del clima acustico.

## 1.2 NOTIZIE RELATIVE ALLA NUOVA OPERA

### IDENTIFICATIVI ATTIVITA'

*tipo di attività:* impianto GNL

L'opera nel suo complesso è costituita da un terminale marino che consente di svolgere le seguenti attività:

- ❖ stoccaggio del GNL in idonei serbatoi ubicati all'interno della struttura del terminale;
- ❖ rigassificazione del GNL;
- ❖ invio del gas alla rete di distribuzione nazionale tramite gasdotto.

### CARATTERISTICHE DELL'AREA DELLA NUOVA OPERA

La geometria del sito produttivo e dei principali impianti che la compongono, è stata inserita tramite le indicazioni rilevate dai disegni ed i dati forniti dal committente.

- *Ubicazione:* Il futuro impianto GNL è sito nel comune di Brindisi nell'area Costa Capo Bianco, (*Vedi planimetria Tavola A*).
- *superficie:* le coste prossime alla piattaforma risultano pianeggianti;
- *destinazione d'uso:* Zona D (*vedi figura 1 – Estratto PRG*);
- *zonizzazione acustica:* classe I-IV.

## CARATTERISTICHE DELLE AREE CIRCOSTANTI:

Di seguito viene riportato l'estratto del PRG dell'area di studio:

*Figura 1 - Estratto PRG Brindisi con inserimento del progetto*



L'area dove sorgerà il terminal e le aree circostanti sono state classificate come area industriale "Zona D".

## PRINCIPALI SORGENTI ACUSTICHE PRESENTI NELL'AREA

Le principali sorgenti sonore sono rappresentate dagli impianti industriali e dal traffico veicolare.

### 1.3 RICETTORI RAPPRESENTATIVI

L'indagine ha interessato il territorio che si estende attorno ai confini del sito di studio. Al fine di disporre di una caratterizzazione dell'ambiente sonoro sono stati individuati i ricettori più significativi prossimi all'area destinata al terminal GNL.

La loro ubicazione è presentata nella *Tavola A – Planimetria dell'area di studio con ubicazione dei punti di misura*.

Punto di misura: A

Località: via Fermi, Brindisi, margine Nord fascia protezione Parco Saline di Punta della Contessa,

Classe acustica: I;

Principali sorgenti sonore presenti nell'ante operam:

- traffico veicolare;
- impianti industriali;



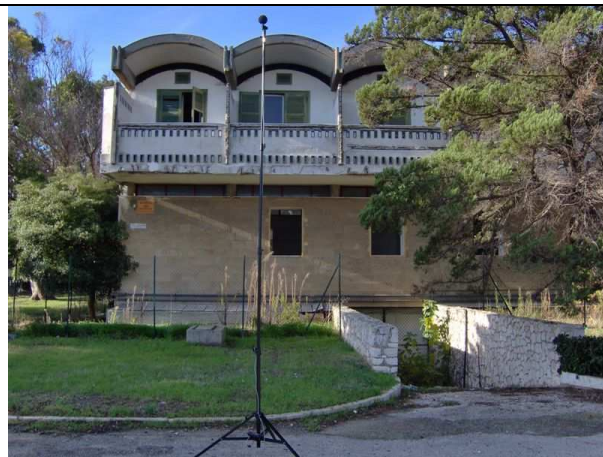
Punto di misura: B

Località: via Fermi, 73. Brindisi, edificio non agibile, ex Dopolavoro aziendale petrolchimico

Classe acustica: IV;

Principali sorgenti presenti nell'ante operam:

- impianto polo chimico;
- traffico veicolare;



Punto di misura: C  
Località: via Pedagne, 3, Brindisi  
Classe acustica: IV  
Principali sorgenti presenti nell'ante operam:  
- impianto polo chimico;  
- traffico veicolare;



Punto di misura: D  
Località: via Pedagne, 5, Brindisi  
Classe acustica: IV  
Principali sorgenti presenti nell'ante operam:  
- impianto polo chimico;  
- moto ondoso del mare;

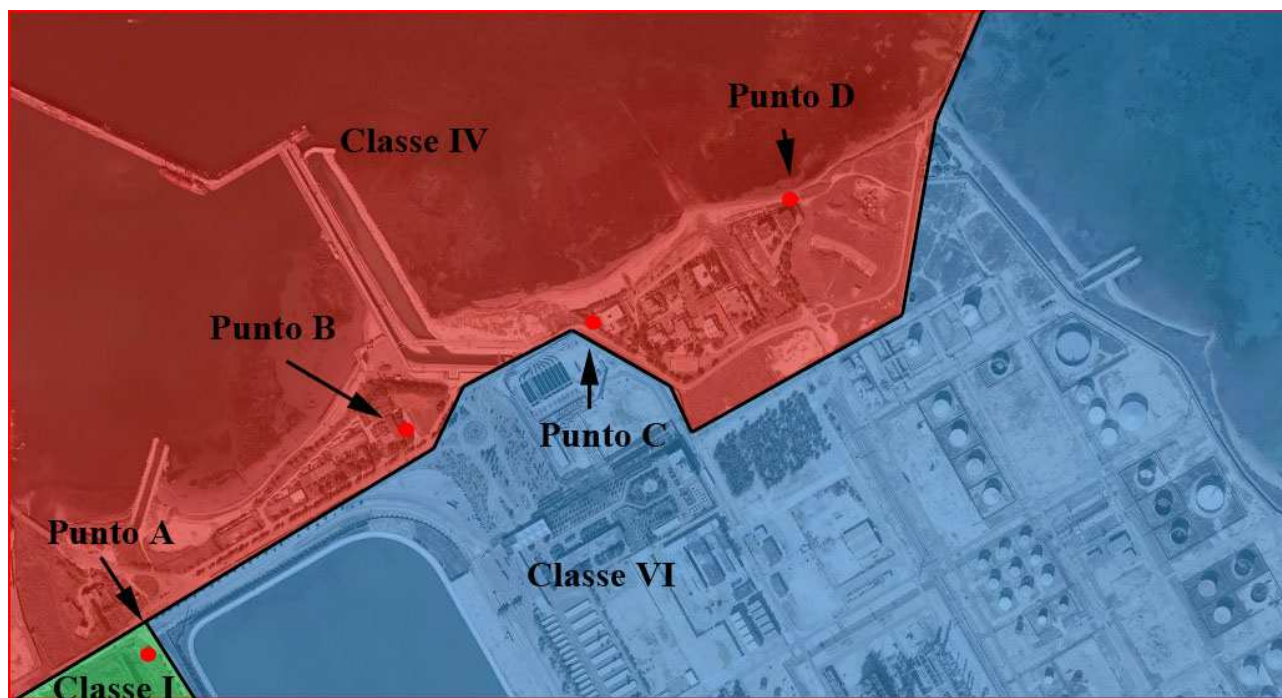




## 1.4 LIMITI ACUSTICI

Le aree abitative e quelle frequentate da comunità o persone più vicine all'area di studio sono site nel territorio del Comune di Brndisi che ha adottato la zonizzazione acustica, secondo quanto previsto dall' art. 6, comma 1, lettera a, della legge 26 ottobre 1995 n.447 "Legge Quadro".

Figura 2 - Stralcio zonizzazione acustica Brindisi.



L'area di terminal e la fascia costiera, rappresentata dai ricettori B, C e D, ricadono in Classe IV; la zona del Parco Naturale Regionale Salina di Punta della Contessa, rappresentata dal punto A è compresa in Classe I.

### **I limiti per la classe I sono:**

#### Limiti di Immissione<sup>1</sup>

Limite diurno 50 dB(A), notturno 40 dB(A).

#### Limiti di emissione

Limite diurno 45 dB(A), notturno 35 dB(A).

---

<sup>1</sup> I limiti d'immissione debbono essere rispettati dall'insieme delle sorgenti presenti nell'area.

### **I limiti per la classe IV sono:**

#### Limiti di Immissione<sup>2</sup>

Limite diurno 65 dB(A), notturno 55 dB(A).

#### Limiti di emissione

Limite diurno 60 dB(A), notturno 50 dB(A).

Data l'attività continua nelle 24 ore degli impianti GNL, l'analisi relativa alla rumorosità degli impianti si concentrerà sui limiti più restrittivi: quelli presenti nel periodo notturno.

Gli impianti sono soggetti anche al rispetto dei limiti di immissione differenziale in ambiente abitativo.

Il criterio differenziale non si applica in assenza di ambienti abitativi, all'interno delle aree esclusivamente industriali e nei seguenti casi, poiché ogni effetto del rumore è da ritenersi trascurabile:

- 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;
- 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.

I limiti differenziali sono stati stabiliti eseguendo una campagna di misure del rumore ante operam e sono indicati nella *tabella 2* che, al termine del paragrafo successivo, riassume i limiti per la nuova opera.

## **1.5 CARATTERIZZAZIONE DEL CLIMA ACUSTICO**

Nella campagna di rilievi eseguita nei giorni 3 – 4 Dicembre 2007 l'area è stata caratterizzata con misure a campionamento presso i recettori più significativi (*per i dettagli sulla metodologia, strumenti di misura si rimanda alla relazione di monitoraggio acustico*)

Di seguito, in *Tabella 1*, sono riportati i valori rilevati nella campagna di misure ante operam, arrotondati a 0,5dB, come previsto dal DM 16 Marzo 1998

---

<sup>2</sup> I limiti d'immissione debbono essere rispettati dall'insieme delle sorgenti presenti nell'area.

Tabella 1- Clima acustico Ante Operam

RICETTORI	Periodo Diurno	Periodo Notturno
	$L_{Aeq}$	$L_{Aeq}$
A	66,0	64,5
B	58,0	57,5
C	63,5	64,0
D	56,5	54,0

I limiti acustici a cui la nuova opera è soggetta sono riportati nella seguente *tabella 2*.

Tabella 2- Sintesi Limiti acustici

Ricettori	Limiti immissione	Limiti Emissione	Limiti Differenziali
<i>Periodo Diurno</i>			
A	50	45	Non applicabile
B	65	60	63,0
C	65	60	68,5
D	65	60	61,5
<i>Periodo Notturno</i>			
A	40	35	Non applicabile
B	55	50	60,5
C	55	50	67,0
D	55	50	57,0

I valori dei limiti differenziali sono stati ottenuti sommando 5 dB ai livelli medi equivalenti diurni e 3 dB a quelli notturni del clima acustico ante operam. Nell'area del Parco Regionale Salina di punta della Contessa non sono stati individuati ambienti abitativi, pertanto il limite differenziale non è applicabile. I limiti di emissione in quest'area di classe I sono inferiori ai livelli di applicabilità del criterio differenziale v. pag. 5 *Limiti previsti dal Criterio Differenziale..*

I limiti più restrittivi per gli impianti GNL risultano essere quelli di emissione notturni.

## 1.6 CARATTERIZZAZIONE DELLO SCENARIO DI PROPAGAZIONE

Lo scenario di propagazione è stato inserito nel modello di calcolo impiegando le carte tecniche fornite dal committente. Le altezze e le caratteristiche degli edifici esterni all'area della nuova opera sono state rilevate durante i sopralluoghi eseguiti.

Sono state considerate le proprietà acustiche delle superfici presenti nella porzione di territorio considerata.

Nel calcolo di previsione sono stati introdotti i valori meteorologici di riferimento previsti dalla norma Iso 9613-2 : 15° temperatura e 50% umidità.

## 1.7 CARATTERIZZAZIONE DELLE SORGENTI DELLA NUOVA OPERA

Le dimensioni e le componenti dell'impianto, nonché le caratteristiche tecniche e sonore delle installazioni, sono stati forniti dal proponente.

Tali dati sono stati valutati alla luce della direzionalità e della composizione delle emissioni, in assenza di dati delle emissioni in frequenza, le potenze delle sorgenti sono state caratterizzate in dB (A).

La potenza sonora rappresenta l'energia totale emessa da una sorgente ed è l'elemento che caratterizza una fonte sonora indipendentemente dall'ambiente in cui avviene la propagazione, un valore quindi sperimentalmente riproducibile.

La pressione sonora, che è misurata in un punto e ad una distanza precisi, è invece condizionata dal numero di variabili che influenzano la propagazione del suono in un determinato ambiente, un valore difficilmente riproducibile.

La potenza acustica è stata ricavata dal livello di pressione sonora, grazie alla seguente formula per le sorgenti puntuali:

$$L_w = L_p + 10 \log \left( \frac{r_i}{r_0} \right)^2 + K$$

dove  $L_p$  è il livello di pressione sonora in dB(A) in corrispondenza del ricettore,  $L_w$  è il livello di potenza sonora in dB(A) della sorgente, ponderato rispetto al tempo di riferimento, e  $r_0=1$  m e  $K$  è un fattore che dipende dalla geometria della sorgente e dalla morfologia del territorio (Vd. Appendice).

La potenza acustica per le sorgenti estese è stata ricavata dal livello di pressione sonora, grazie alla seguente formula:

$$L_w = L_p + 10 \log \left( \frac{S}{S_0} \right)$$

dove:

$L_w$  è il livello di potenza sonora in dB(A);

$L_p$  è il livello di pressione sonora medio in dB(A), ad un metro dalla sorgente;

S è la superficie totale, calcolata ad un metro dalla sorgente;

$$S_0=1 \text{ m}^2.$$

Le sorgenti di dimensioni ridotte sono state considerate puntiformi. Le sorgenti di maggiori dimensioni sono state considerate come areali. Questo per la necessità di attribuire condizioni d'emissione più vicine possibili alla realtà, nonostante la letteratura consenta l'uso di sorgenti puntiformi quando sia elevata la distanza dei ricettori.

Le modalità di calcolo per la configurazione del progetto e per la propagazione del suono nell'ambiente circostante, sono state basate sull'individuazione delle potenze sonore di tutte le parti degli impianti individuabili come separate.

Sulla base del progetto fornito dal proponente sono state inserite le caratteristiche geometriche, i valori di potenza acustica e la posizione delle sorgenti identificate nella *Tavola B*. Le principali sorgenti sonore ed i relativi valori di potenza acustica sono elencate nella successiva *tabella 3*.

*Tabella 3- Elenco principali sorgenti sonore Terminal GNL*

<b>Codice Equipment</b>	<b>descrizione Equipment</b>	<b>No. Totali / esercizio</b>	<b>Sorgenti attive Nella simulazione (Esercizio=on / Emergenza=off)</b>	<b>total Lw dB(A)</b>
<b>30-P01A/B/C/D/E</b>	Pompe Sendout	<b>5/4</b>	Esercizio	96 x 4
<b>59-P01-A/B</b>	Pompe Acqua Servizio	<b>2/1</b>	Esercizio	96
<b>58-P01-A/B</b>	Pompe Acqua Potabile	<b>2/1</b>	Esercizio	96
<b>60-P01-A/B/C</b>	Pompe Acqua Mare	<b>3/2</b>	Esercizio	96 x 2
<b>63-P01A/D</b>	Pompe Firewater (Elettriche)	<b>2/0</b>	Emergenza	116
<b>63-P01B/E</b>	Pompe Firewater (Diesel)	<b>2/0</b>	Emergenza	104
<b>63-P02-A/B</b>	Pompe Jockey Firewater	<b>2/1</b>	Esercizio	87
<b>20-P01-A/B/D/E</b>	Pompe interne ai serbatoi	<b>4/2</b>	Esercizio	96 x 2
<b>66-P01-A/B</b>	Pompe Trasferimento Diesel	<b>2/0</b>	Emergenza	96
<b>56-K01-A/B</b>	Compressore aria strumenti	<b>2/1</b>	Esercizio	98
<b>40-K01A/B</b>	Compressori BOG	<b>2/2</b>	Esercizio	(2 on) 107
<b>51-SE01-DE</b>	Generatore Diesel Emergenza	<b>1/0</b>	Emergenza	119
<b>30-E-01 A/B/C/D/E</b>	ORV	<b>5/5</b>	Esercizio	98 x 5
<b>57-SE-02 (ex 57-MC-01 A)</b>	Vaporizzatore Atmosferico Azoto	<b>1/1</b>	Esercizio	98
<b>57-SE-02 (ex 57-ML-01)</b>	Nitrogen Supply Package	<b>1/1</b>	Esercizio	98
<b>60-SE01-A/B</b>	Sistema Clorazione Acqua Mare	<b>2/1</b>	Esercizio	98
<b>65-SE01</b>	Camino Torcia	<b>1/0</b>	Emergenza	141

## 1.8 PREVISIONE DELL'IMPATTO ACUSTICO DELLA NUOVA OPERA

### IMPATTO TERMINAL

L'impatto acustico generato dal terminal LNG è riconducibile alla rumorosità determinata dagli impianti.

Nello studio d'impatto acustico sono state considerate le seguenti ipotesi conservative:

- Contemporaneità del funzionamento di tutte macchine ed impianti, salvo quelle operanti solo in condizioni di emergenza;
- Massimo regime di marcia di tutte le macchine ed impianti;
- Il modello di calcolo impiegato è conforme alla norma ISO 9613 e ne mantiene le assunzioni conservative riguardo la propagazione e l'assorbimento delle emissioni sonore.
- Presenza in tutte le direzioni di condizioni di sottovento nella simulazione dell'impatto acustico ai ricettori.

In tutti casi ove si sia presentata la scelta tra due o più possibilità si è preferita l'opzione più prudente. La somma di ipotesi favorevoli alla propagazione delle emissioni dell'impianto acustico consente un ragionevole margine di sicurezza riguardo l'accuratezza associabile alla previsione dei livelli sonori.

La stima previsionale d'impatto delle attività è stata basata sulle descrizioni delle tipologie di macchine che opereranno e dei relativi livelli sonori di emissione ricevute dal committente.

Per valutare l'impatto acustico del terminal sono state implementate, nel programma di simulazione acustica ambientale Immi 5.3.1 (v. Appendice 2), conforme alla norma ISO 9613-2, le caratteristiche delle sorgenti (posizione, livello di potenza acustica, dimensione del fronte d'emissione, sua eventuale direttività) e quelle dello scenario di propagazione (orografia del territorio, attenuazione dovuta al terreno).

Il programma ha permesso il calcolo dell'andamento del fronte sonoro a 4 m d'altezza (ulteriore ipotesi conservativa che individua i ricettori all'altezza del 1° piano, dove l'effetto di assorbimento del terreno è minore rispetto a quota 1.5 m) sull'intera area presa in considerazione.

Il primo obiettivo è stato stabilire l'impatto acustico delle sorgenti sonore del terminal, indipendentemente dal clima acustico presente nell'area.

I risultati delle simulazioni sono riportati nelle seguenti tabelle (*"contributi ai punti di verifica"*) che ci consente di analizzare il contributo delle singole sorgenti sui ricettori. Nella *tavola B* sono illustrate le posizioni delle sorgenti sonore e nella *tavola A* è individuata la posizione del terminal e quella dei ricettori nell'area di studio..

*Tabella 4- Contributi al Ricettore A Quota 4,0 m*

<u>Sorgente</u>	<u>Contributi delle sorgenti al ricettore A (dBA)</u>
30-E-01 A/B/C/D/E	23.5
56-K01-A/B	16.6
40-K01A/B	14.4
59-P01-A/B	14.0
58-P01-A/B	13.7
30-P01A/B/C/D/E	10.1
63-P02-A/B	7.7
57-SE-02	6.8
60-SE01-A	6.0
60-SE01-B	5.3
20-P01 A/B/D/E	-
<b>totale Terminal GNL</b>	<b>25.7</b>

*Tabella 5 - Contributi al Ricettore B Quota 4,0 m*

<u>Sorgente</u>	<u>Contributi delle sorgenti al ricettore B (dBA)</u>
30-E-01 A/B/C/D/E	33.9
30-P01A/B/C/D/E	30.1
56-K01-A/B	26.6
59-P01-A/B	25.1
40-K01A/B	22.6
58-P01-A/B	21.1
60-SE01-A	18.3
63-P02-A/B	18.2
60-SE01-B	13.4
57-SE-02	12.2
20-P01 A/B/D/E	-
<b>totale Terminal GNL</b>	<b>36.8</b>



*Tabella 6 - Contributi al Ricettore C Quota 4 m*

<u>Sorgente</u>	<u>Contributi delle sorgenti al ricettore C (dBA)</u>
30-E-01 A/B/C/D/E	39.8
30-P01A/B/C/D/E	36.3
59-P01-A/B	34.6
58-P01-A/B	34.4
56-K01-A/B	32.1
60-SE01-A	31.9
60-SE01-B	30.7
57-SE-02	28.4
40-K01A/B	24.7
63-P02-A/B	22.9
20-P01 A/B/D/E	-
<b>totale Terminal GNL</b>	<b>44,0</b>

*Tabella 7 - Contributi al Ricettore D Quota 4 m*

Sorgente	Contributi delle sorgenti al ricettore D (dBA)
30-E-01 A/B/C/D/E	42.1
59-P01-A/B	40.5
58-P01-A/B	39.7
30-P01A/B/C/D/E	39.6
56-K01-A/B	38.3
40-K01A/B	37.7
60-SE01-A	32.7
60-SE01-B	32.5
57-SE-02	30.4
63-P02-A/B	25.8
20-P01 A/B/D/E	-
<b>totale Terminal GNL</b>	<b>48.0</b>

L'obiettivo finale è stato calcolare il futuro livello di rumorosità ambientale, sommando logaritmicamente le emissioni del terminal GNL alla rumorosità residua.

Il clima acustico post operam riportato nella successiva *tabella 8 (Colonna III)*, ai livelli di rumorosità rilevati nella campagna di misure eseguite nei giorni 3 e 4 dicembre 2007 (*clima ante operam Colonna II*). I dati sono riportati nella successiva *tabella 8* e confrontati con i limiti acustici vigenti.

*Tabella 8 – Calcolo clima acustico post operam e confronti con i limiti vigenti*

<b>Rumorosità diurna</b>										
	CLIMA ACUSTICO ANTE OPERAM LAeq	EMISSIONI FUTURE OPERE	CLIMA POST OPERA IMMISSIONI	VARIAZIONE CLIMA ACUSTICO	IMMISSIONE		EMISSIONE		DIFFERENZIALI	
					LIMITI IMMISSIONE IN AMBIENTE ESTERNO	SUPERAMENTO LIMITI IMMISSIONE	LIMITI EMISSIONE IN AMBIENTE ESTERNO	SUPERAMENTO LIMITI EMISSIONE	LIMITI IMMISSIONE IN AMBIENTE ABITATIVO	SUPERAMENTO LIMITI DIFFERENZIALI
A	66,0	25,7	66,0	0	50	16,0	45	-19,3	Non applicabile	/
B	58,0	36,8	58,0	0	65	-7,0	60	-23,2	63,0	-5,0
C	63,5	44,0	63,5	0	65	-1,5	60	-16,0	68,5	-5,0
D	56,5	48,0	57,1	+ 0,6	65	-7,9	60	-12,0	61,5	-4,4
<b>Rumorosità notturna</b>										
Pto	CLIMA ACUSTICO ANTE OPERAM LAeq	EMISSIONI FUTURE OPERE	CLIMA POST OPERA IMMISSIONI	VARIAZIONE CLIMA ACUSTICO	IMMISSIONE		EMISSIONE		DIFFERENZIALI	
					LIMITI IMMISSIONE IN AMBIENTE ESTERNO	SUPERAMENTO LIMITI IMMISSIONE	LIMITI EMISSIONE IN AMBIENTE ESTERNO	SUPERAMENTO LIMITI EMISSIONE	LIMITI IMMISSIONE IN AMBIENTE ABITATIVO	SUPERAMENTO LIMITI DIFFERENZIALI
A	64,5	25,7	64,5	0	40	24,5	35	-9,3	Non applicabile	/
B	57,5	36,8	57,5	0	55	2,5	50	-13,2	60,5	-3,0
C	64,0	44,0	64,0	0	55	9,0	50	-6,0	67,0	-3,0
D	54,0	48,0	55,0	+ 1,0	55	--	50	-2,0	57,0	-2,0

I livelli di rumorosità ante operam superano i limiti di immissione di zona.

Le emissioni delle future opere sono inferiori ai limiti della classe I e della classe IV; la variazione del clima acustico determinata dal terminal non è apprezzabile presso i

ricettori A, B, C ed è di 0.6 dB(A) in periodo diurno e 1 dB(A) in periodo notturno presso il ricettore D.

I limiti differenziali sono sempre rispettati.

I limiti di immissione di zona sono superati a causa della rumorosità determinata dal traffico veicolare e dagli impianti esistenti. Tali sorgenti determinano il superamento dei limiti di immissione in corrispondenza dei ricettori più vicini alle strade di accesso all'area di studio ed agli impianti presenti nell'area industriale.

Nella *tavola C* (a quota 4 m) sono riportate le mappe con l'andamento delle emissioni sonore nell'area di studio.

## 1.9 CONDIZIONI DI VALIDITA' DELLA SIMULAZIONE D'IMPATTO ACUSTICO

Le previsioni riportate nei precedenti paragrafi mantengono la loro validità, qualora i dati relativi alla rumorosità emessa dagli impianti, le caratteristiche degli insediamenti circostanti e le componenti del rumore residuo, mantengano la configurazione e le caratteristiche ipotizzate. Il margine d'errore è quello previsto dalla norma ISO 9613-2 e dipende principalmente dall'approssimazione dei dati di pressione acustica relativi alle macchine.

### IL RELATORE

Dott. Attilio BINOTTI

Tecnico Competente in acustica  
ambientale secondo Legge 447/95  
Regione Lombardia  
Decreto n. 2816 n° Dir. Generale T1 1414



## 1.10 APPENDICE - DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

Il programma utilizzato per i calcoli di previsione della rumorosità dovuta agli impianti GNL (Gas Natural Liquid) di Brindisi prevede l'uso del metodo di ray tracing. Con questo metodo si contraddistingue una sorgente puntiforme attraverso l'utilizzo di un numero finito di raggi sonori emessi dalla stessa, orientati secondo una determinata traccia lungo il cammino di propagazione. Il campo acustico, risultante dalla scansione della superficie considerata, dipende dalle riflessioni con gli ostacoli incontrati lungo il cammino, in modo analogo alla propagazione dell'ottica geometrica.

Ogni raggio porta con se una parte dell'energia acustica della sorgente sonora. L'energia di partenza è perduta lungo il percorso per effetto dell'assorbimento delle superfici di riflessione, per divergenza geometrica e per assorbimento atmosferico.

Nei punti considerati, di interesse per il calcolo previsionale il campo acustico sarà il risultato della somma delle energie acustiche degli n raggi che giungono al ricevitore determinando i livelli immessi in corrispondenza dei ricettori scelti come rappresentativi .

Non potendo calcolare con esattezza la differenza di livello tra l'esterno e l'interno di un'abitazione, a finestre aperte, si effettua un'approssimazione, considerando che il rumore residuo attuale e le immissioni degli impianti diminuiscano in pari misura entrando negli edifici.

La valutazione del criterio differenziale si effettua quindi in posizioni collocate all'esterno della facciata delle abitazioni in corrispondenza del punto in cui è stato eseguito il monitoraggio acustico.

Il modello matematico soggiacente al programma di simulazione si riferisce alle normative internazionali sull'attenuazione del suono nell'ambiente esterno (ISO 9613).

Queste norme propongono un metodo per il calcolo dell'attenuazione del suono durante la propagazione nell'ambiente esterno per prevedere i livelli di rumore ambientale nelle diverse posizioni lontane dalle sorgenti e per tipologia di sorgente acustica.

Lo scopo di tale metodologia è la determinazione del livello continuo equivalente ponderato A della pressione sonora come descritto nelle ISO 1996/1-2-3 per condizioni meteorologiche favorevoli alla propagazione del suono da sorgenti di potenza nota.

Le condizioni sono per propagazione sottovento, come specificato dalla ISO 1996/2 (par 5.4.3.3)

Le formule che sono utilizzate nel calcolo per la previsione sono da considerarsi valide per la determinazione dell'attenuazione del suono prodotto da sorgenti puntiformi e, con opportune modifiche, per sorgenti lineari e areali.

Le sorgenti di rumore più estese devono essere rappresentate da un insieme di sezioni ognuna con una certa potenza sonora e direttività.

Un gruppo di sorgenti puntiformi può essere descritto da una sorgente puntiforme equivalente situata nel mezzo del gruppo nel caso in cui:

- la sorgente abbia approssimativamente la stessa intensità ed altezza rispetto al terreno;
- la sorgente si trovi nelle stesse condizioni di propagazione verso il punto di ricezione;
- la distanza fra il punto rappresentativo e il ricevitore (d) sia maggiore del doppio del diametro massimo dell'area della sorgente (D):  $d > 2D$ .

Se la distanza d è minore o se le condizioni di propagazione per i diversi punti della sorgente sono diverse la sorgente totale deve essere suddivisa nei suoi punti componenti.

#### 1.10.1 Metodo di calcolo

Il **livello medio di pressione sonora** al ricevitore in condizioni di sottovento viene calcolato per ogni sorgente puntiforme (specifiche IEC 255) con:

$$L_{downwind} = L_{WD} - A$$

$L_{WD}$  è il livello effettivo di potenza sonora nella direzione di propagazione

$L_{downwind}$  è definito come:

$$L_{downwind} = 10 \log \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt$$

dove A è l'attenuazione durante la propagazione ed è composta dai seguenti contributi:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{ground} + A_{refl} + A_{screen} + A_{misc}$$

dove:

$A_{div}$  = Attenuazione dovuta alla divergenza geometrica

$A_{atm}$  = Attenuazione dovuta all'assorbimento dell'aria

$A_{ground}$  = Attenuazione dovuta all'effetto del suolo

$A_{screen}$  = Attenuazione causata da effetti schermanti

$A_{refl}$  = Attenuazione dovuta a riflessioni da parte di ostacoli

$A_{misc}$  = Attenuazione dovuta ad altri effetti

La ponderazione A può essere applicata singolarmente ad ognuno dei suddetti contributi oppure in un secondo momento alla somma fatta per ogni banda di ottava.

Il livello continuo equivalente è il risultato della somma dei singoli livelli di pressione che sono stati ottenuti per ogni sorgente in ogni banda di frequenza (quando richiesta).

Il livello effettivo di potenza sonora nella direzione di propagazione  $L_{WD}$  è dato dal livello di potenza in condizioni di campo libero  $L_w$  più un termine che tiene conto della direttività di una sorgente. DC quantifica la variazione dell'irraggiamento verso più direzioni, di una sorgente direzionale in confronto alla medesima non-direzionale.

$$L_{WD} = L_w + DC$$

Per una sorgente puntiforme non direzionale il contributo di DC è uguale a 0 dB. La correzione DC è data dall'indice di direttività della sorgente DI, più un indice  $K_0$  che tiene conto dell'emissione in un determinato angolo solido.

Per una sorgente con radiazione sferica in uno spazio libero  $K_0 = 0$  dB, quando la sorgente è vicina ad una superficie riflettente che non è il terreno  $K_0 = 3$  dB, quando la sorgente è di fronte a due piani riflettenti perpendicolari, uno dei quali è il terreno  $K_0 = 3$  dB, se nessuno dei due è il terreno  $K_0 = 6$  dB, con sorgente di fronte a tre piani perpendicolari, uno dei quali è il terreno  $K_0 = 6$  dB, con sorgente di fronte a tre piani riflettenti, nessuno dei quali è il terreno  $K_0 = 9$  dB.

Il termine di **attenuazione per divergenza** geometrica è valutabile teoricamente:

$$A_{div} = 20 \log (d/d_0) + 11$$

dove d è la distanza fra la sorgente e il ricevitore in metri e  $d_0$  è la distanza di riferimento pari a 1 m.

**L'assorbimento dell'aria** è definito come:

$$A_{atm} = \alpha d / 1000$$

dove  $d$  è la distanza di propagazione espressa in metri  $\alpha$  è il coefficiente di attenuazione atmosferica in dB/km.

Il coefficiente di attenuazione atmosferica dipende principalmente dalla frequenza del suono, dalla temperatura ambientale e dall'umidità relativa dell'aria e solo in misura minore dalla pressione atmosferica

**L'attenuazione dovuta all'effetto suolo** consegue dall'interferenza fra il suono riflesso dal terreno e il suono che si propaga imperturbato direttamente dalla sorgente al ricevitore. Per questo metodo di calcolo la superficie del terreno fra la sorgente e il ricevitore dovrà essere piatta, orizzontale o con una pendenza costante.

Distinguiamo tre principali regioni di propagazione: la regione della sorgente, la regione del ricevitore e quella intermedia.

Ciascuna di queste zone può essere descritta con un fattore legato alle specifiche caratteristiche di riflessione.

Il metodo per il calcolo delle attenuazioni del terreno può far uso di una formula più semplificata, legata semplicemente alla distanza  $d$  ricevitore-sorgente e all'altezza media dal suolo del cammino di propagazione  $h_m$ :

$$A_{ground} = 4,8 - (2 h_m / d)(17 + (300/d))$$

Il termine di **attenuazione per riflessione** si riferisce a quelle superfici più o meno verticali, come le facciate degli edifici, che determinano un aumento del livello di pressione sonora al ricevitore. Le riflessioni determinate dal terreno non sono prese in considerazione.

Un termine importante utilizzato nelle metodologie di calcolo previsionale è **l'attenuazione dovuta alla presenza di ostacoli** (schermo, barriera o dossi poco profondi).

La barriera deve essere considerata una superficie chiusa e continua senza interruzioni. La sua dimensione orizzontale, perpendicolare alla linea sorgente-ricevitore deve essere maggiore della lunghezza d'onda  $\lambda$  alla frequenza di centro banda per la banda d'ottava considerata.



Per gli standard a disposizione l'attenuazione dovuta all'effetto schermante sarà data dalla insertion loss ovvero dalla differenza fra i livelli di pressione misurati al ricevitore in una specifica posizione con e senza la barriera.

Vengono tenuti in considerazione gli effetti di diffrazione dei bordi della barriera. (barriere spesse). Quando si è in presenza di più di due schermi si scelgono i due schermi più efficaci e si trascurano gli altri.

Il termine di **attenuazione mista** terrà conto dei diversi contributi dovuti a molteplici effetti:

- attenuazione dovuta a propagazione attraverso fogliame;
- attenuazione dovuta alla presenza di un insediamento industriale (diffrazione dovuta ai diversi edifici o installazioni presenti);
- attenuazione dovuta alla propagazione attraverso un insediamento urbano (effetto schermante o riflettente delle case).

#### **1.10.2 CRITERI DI VALIDAZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO**

Il software di simulazione Immi 5.2.1 è basato sul modello di propagazione acustica in ambiente esterno ISO 9613-2:1996.

Negli anni passati sono stati messi a punto norme relative ai modelli di propagazione acustica da più Paesi europei.

Ora, se da un lato è di grande importanza che il modello sia il più possibile fedele alla situazione reale, è altrettanto importante, ai fini dell'applicazione delle leggi vigenti, che esso sia in qualche misura "normalizzato", ossia basato su algoritmi di provata validità e testati attraverso vari confronti. Molti Paesi, proprio allo scopo di ridurre i margini di incertezza (a volte anche consistenti) legati all'applicazione di algoritmi diversi e talvolta non sufficientemente validati, hanno messo a punto norme tecniche o linee guida che stabiliscono le regole matematiche fondamentali di un modello.

Tale obiettivo è ritenuto di grande importanza per più motivi:

- Ridurre i margini di variabilità nei risultati;
- Semplificare il lavoro dei professionisti, che dovendo "applicare" in termini ingegneristici i principi dell'acustica devono trovare "strumenti di lavoro" sufficientemente pratici;
- Offrire modelli di calcolo validi per il particolare contesto nazionale.

Per ridurre ulteriormente i possibili “difetti” di implementazione software di tali linee guida, alcuni Paesi hanno messo a punto da tempo dei test ufficiali a cui possono sottoporsi tali software per una validazione.

L’Italia non ha definito delle proprie norme relative ai modelli di calcolo e dei test ufficiali a cui possono sottoporsi i software per una validazione.

Si è quindi impiegato per la previsione dell’impatto acustico Immi 5.2.1, uno dei software più diffusi e performanti e utilizzato il modulo basato sul modello stabilito dalla norma internazionale ISO 9613-2:1996.

La norma ISO 9613 è dedicata alla modellizzazione della propagazione acustica nell’ambiente esterno, ma non fa riferimento alcuno a sorgenti specifiche di rumore (traffico, rumore industriale...), anche se è invece esplicita nel dichiarare che non si applica al rumore aereo (durante il volo dei velivoli) e al rumore generato da esplosioni di vario tipo.

E’ dunque una norma di tipo ingegneristico rivolta alla previsione dei livelli sonori sul territorio, che prende origine da una esigenza nata dalla norma ISO 1996 del 1987, che richiedeva la valutazione del livello equivalente ponderato “A” in condizioni meteorologiche “favorevoli alla propagazione del suono<sup>3</sup>”.

La prima parte della norma (ISO 9613-1:1993) tratta esclusivamente il problema del calcolo dell’assorbimento acustico atmosferico, mentre la seconda parte (ISO 9613-2:1996) tratta in modo complessivo il calcolo dell’attenuazione acustica dovuta a tutti i fenomeni fisici di rilevanza più comune, ossia:

- La divergenza geometrica;
- L’assorbimento atmosferico;
- L’effetto del terreno;
- Le riflessioni da parte di superfici di vario genere;
- L’effetto schermante di ostacoli;
- L’effetto della vegetazione e di altre tipiche presenze (case, siti industriali).

La norma stabilisce l’incertezza associata alla previsione: a questo proposito la ISO ipotizza che, in condizioni favorevoli di propagazione (sottovento, DW) e tralasciando l’incertezza con cui si può determinare la potenza sonora della sorgente

---

<sup>3</sup> E’ noto che le condizioni favorevoli alla propagazione del suono sono assimilabili a condizioni di “sotto-vento” (downwind, DW) e di inversione termica.

sonora, nonché problemi di riflessioni o schermature, l'accuratezza associabile alla previsione di livelli sonori globali sia quella presentata nella Tabella sottostante.

<b>Altezza media di ricevitore e sorgente [m]</b>	<b>Distanza [m]</b>	
	<b>0 &lt; d &lt; 100</b>	<b>100 &lt; d &lt; 1000</b>
0 < h < 5	± 3 dB	± 3 dB
5 < h < 30	± 1 dB	± 3 dB

La validazione del software è stata effettuata utilizzando una speciale modalità, contenuta nel programma, che consente la verifica del funzionamento secondo test.

Vi sono rappresentati dei casi con morfologia dei luoghi e sorgente sonora determinati, nei quali il livello sonoro simulato è indicato già dal modello.

Sul proprio computer, inseriti i dati standardizzati, si calcolano i valori del livello sonoro al recettore.

La simulazione effettuata ha fornito esattamente i valori previsti.

Si è quindi considerato svolto con esito positivo il processo di validazione.

Il modello di simulazione Immi è impiegato dai seguenti enti pubblici:

- A.N.P.A. Agenzia Nazionale per l'ambiente (ora APAT) Roma
- A.R.P.A. Emilia Romagna
- A.R.P.A. Piemonte A.R.P.A. Sicilia
- A.R.P.A.T. Toscana
- A.R.P.A. Trento
- A.R.P.A. Umbria
- A.R.P.A. Valle d'Aosta
- A.R.P.A. Veneto
- C.N.R. Ispra
- POLITECNICO di Milano
- PROVINCIA di Torino
- REGIONE Umbria

# TAVOLA A

PLANIMETRIA DELL' AREA DI STUDIO CON UBICAZIONE RICETTORI

1 tavola



COMMITTENTE:  
Brindisi LNG

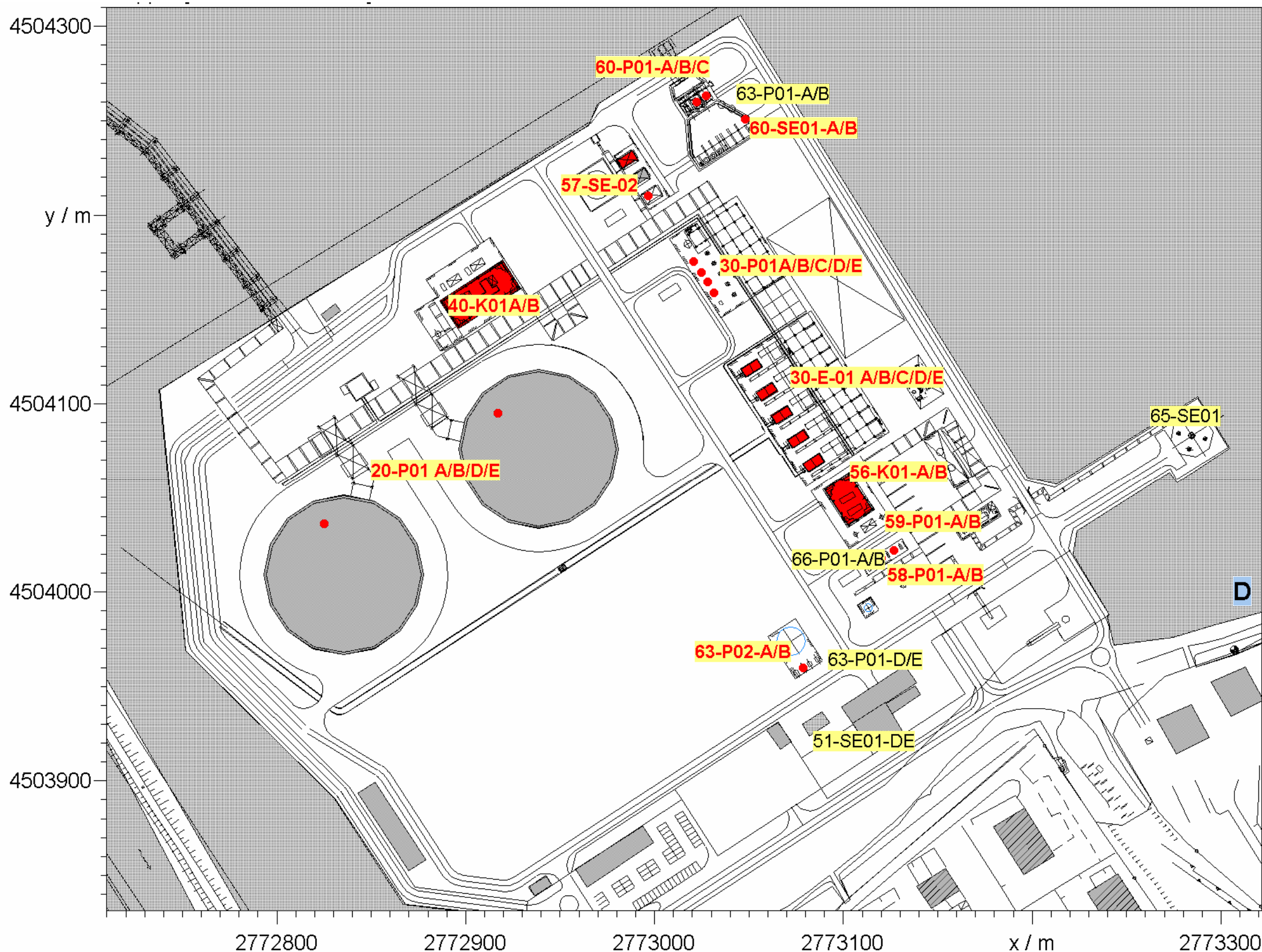
Tavola A

OGGETTO:  
Planimetria dell'area di studio con  
Ubicazione dei principali ricettori

# TAVOLA B

PLANIMETRIA DEL TERMINAL CON UBICAZIONE  
DELLE PRINCIPALI SORGENTI SONORE

1 tavola



Codice Equipment	descrizione Equipment
20-P01-A/B/D/E	Pompe interne ai serbatoi
30-P01A/B/C/D/E	Pompe Sendout
59-P01-A/B	Pompe Acqua Servizio
58-P01-A/B	Pompe Acqua Potabile
60-P01-A/B/C	Pompe Acqua Mare
63-P01A/D	Pompe Firewater (Elettriche)
63-P01B/E	Pompe Firewater (Diesel)
63-P02-A/B	Pompe Jockey Firewater
66-P01-A/B	Pompe Trasferimento Diesel
56-K01-A/B	Compressore aria strumenti
40-K01A/B	Compressori BOG
51-SE01-DE	Generatore Diesel Emergenza
30-E-01 A/B/C/D/E	ORV
57-SE-02	Vaporizzatore Atmosferico Azoto
57-SE-02	Nitrogen Supply Package
60-SE01-A/B	Sistema Clorazione Acqua Mare
65-SE01	Camino Torcia

COMMITTENTE:  
Brindisi LNG

Tavola B

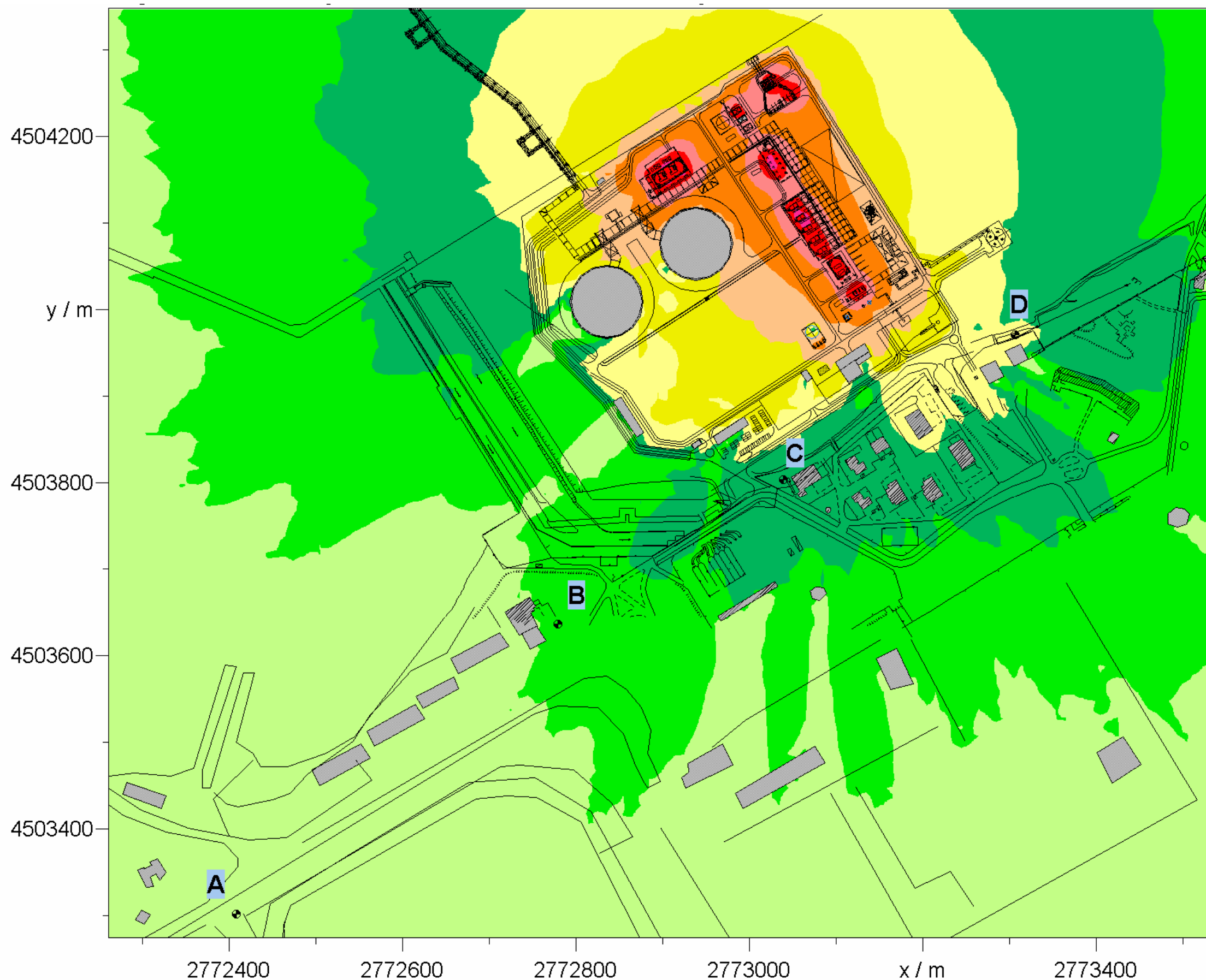
OGGETTO:  
Planimetria del terminal con ubicazioni  
principali sorgenti sonore

# TAVOLA C

MAPPA DELLE EMISSIONI SONORE

1 tavola





LEGENDA:

Livello dB(A)	
[Light Green]	>...-35
[Green]	>35-40
[Dark Green]	>40-45
[Yellow]	>45-50
[Light Orange]	>50-55
[Orange]	>55-60
[Red-Orange]	>60-65
[Red]	>65-70
[Dark Red]	>70-75
[Magenta]	>75-80
[Dark Magenta]	>80-...

- ubicazione punti di misura
- denominazione punto di misura

COMMITTENTE:  
Brindisi LNG

Tavola C

OGGETTO:  
**Previsione emissioni sonore terminal  
LNG di Brindisi in assenza di rumore  
residuo - quota Isofona + 4 m. da piano  
campagna**