



EDISON S.p.A. Milano

**“Variante Progetto Rosignano”
Rosignano Marittimo (LI)**

Studio di Impatto
Ambientale
Quadro di Riferimento
Ambientale
Valutazione di Impatto
Acustico

Preparato da

Data

Attilio Binotti
Tecnico Competente in Acustica
Regione Lombardia
Decreto No. 2816/99, No. Dir.
Generale T1 1414



28 Luglio 2005

Verificato da

Firma

Data

Paola Rentocchini

Paola Rentocchini

28 Luglio 2005

Approvato da

Firma

Data

Marco G. Cremonini

Marco Cremonini

28 Luglio 2005

Rev.	Descrizione	Preparato da	Verificato da	Approvato da	Data
0	Emissione finale	ATB/MCO	PAR	MGC	Luglio 2005

**APPENDICE A
VALUTAZIONE DI IMPATTO ACUSTICO**

INDICE

	Pagina
ELENCO DELLE TABELLE	II
ELENCO DELLE FIGURE	III
1 INTRODUZIONE	1
2 LIMITI DI RIFERIMENTO PER L'IMPIANTO IN ESAME	3
3 INDIVIDUAZIONE DEI RECETTORI POTENZIALMENTE SENSIBILI E CARATTERIZZAZIONE DEL CLIMA ACUSTICO ANTE-OPERAM	6
4 CARATTERIZZAZIONE DELLO SCENARIO DI PROPAGAZIONE	10
5 CARATTERIZZAZIONE DELLE SORGENTI DEL FUTURO IMPIANTO	11
5.1 DESCRIZIONE DEI FUTURI IMPIANTI:	11
5.2 CARATTERIZZAZIONE DELLE SORGENTI DELL'IMPIANTO	11
6 VALUTAZIONE DELL'IMPATTO ACUSTICO	13
6.1 METODOLOGIA DI ANALISI	13
6.2 CALCOLO DEI LIVELLI DI RUMORE	14
6.3 VALUTAZIONE DELL'IMPATTO	15
ALLEGATO	
TABELLE	
FIGURE	

ELENCO DELLE TABELLE

<u>Tabella No.</u>	<u>Titolo</u>
1	Livelli di Pressione e Potenza Sonora delle Sorgenti Acustiche Terminale GNL
2	Livelli di Pressione e Potenza Sonora delle Sorgenti Acustiche Terminale Etilene
3	Livelli di Potenza Sonora delle Sorgenti Acustiche Terminale GNL
4	Livelli di Potenza Sonora delle Sorgenti Acustiche Terminale Etilene
5	Livelli di Rumorosità Previsti nei Punti di Misura
6	Contributo delle Principali Sorgenti ai Punti di Verifica

ELENCO DELLE FIGURE

<u>Figura No.</u>	<u>Titolo</u>
1	Planimetria del Terminale con Ubicazione delle Sorgenti Sonore
2	Planimetria dell'Area con Ubicazione dei Terminali e Ricettori
3	Mappa delle Emissioni Sonore dei Terminali in Assenza di Rumore Residuo.

APPENDICE B
VALUTAZIONE DI IMPATTO ACUSTICO
STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
VARIANTE PROGETTO ROSIGNANO

1 INTRODUZIONE

Scopo del presente studio è la previsione dell'impatto acustico del futuro terminale GNL e dell'esistente terminale etilene che sarà oggetto di modifiche, siti nel Comune di Rosignano Marittimo (LI).

Lo studio intende prevedere l'entità delle emissioni sonore del futuro terminale e valutare il rispetto dei limiti stabiliti dalla Legge 26 ottobre 1995 No. 447 "*Legge Quadro sull'Inquinamento Acustico*" e successivi decreti, individuando le eventuali scelte progettuali necessarie al rispetto dei limiti vigenti. La Regione Toscana ha deliberato in materia con la Legge Regionale 1 Dicembre 1998, No. 89 "*Norme in materia di Inquinamento Acustico*" e con il DGR No. 788 del 13 Luglio 1999 "*Definizione dei Criteri per la Redazione della Documentazione di Impatto Acustico e della Relazione Previsionale di Clima Acustico*"; nella redazione del documento di valutazione d'impatto ci si è quindi attenuti alle indicazioni contenute nelle normative sopra indicate.

Nei paragrafi successivi è identificato l'impatto acustico potenziale dell'impianto nella sua configurazione definitiva ed in condizioni di funzionamento a regime.

La caratterizzazione del clima acustico attuale è stata determinata mediante una campagna di monitoraggio eseguita il 30 Giugno e 1° Luglio 2005.

Le caratteristiche degli impianti e quelle delle aree ad essa limitrofe, sono descritte al Capitolo 8 del presente Quadro di Riferimento Ambientale.

Il lotto destinato al terminale è localizzato sul lato sud dell'estesa area industriale Solvay in prossimità di Rosignano Solvay.

A Sud del sito scorre il fiume Fine e la relativa area di Parco Fluviale, oltre il Fine si trova una estesa area agricola, prevalentemente pianeggiante, con abitazioni sparse, la frazione di Polveroni ed alcune attività produttive.

La rete viaria comprende la Strada Statale 1 "Variante Aurelia" e la Strada Provinciale No. 39 "Aurelia Vecchia" molto trafficate, alcune strade locali e la SP No. 13 e le linee ferroviarie Genova-Roma e Pisa-Roma.

Nell'ambito del presente studio, si è considerata come area potenzialmente interessata dalle emissioni sonore derivanti dall'esercizio del terminale quella compresa nei primi 1,000 metri di distanza dal confine.

Una carta topografica della zona in esame è riportata in Figura 2.

La presente Appendice è strutturata come segue:

- al Capitolo 2 vengono individuati i limiti di riferimento per l'impianto in esame;
- al Capitolo 3 sono individuati i recettori potenzialmente sensibili ed è presentata la caratterizzazione del clima acustico ante-operam;
- al Capitolo 4 è presentata la caratterizzazione dello scenario di propagazione;
- al Capitolo 5 è presentata la caratterizzazione delle sorgenti del futuro impianto;
- il Capitolo 6 riporta la valutazione dell'impatto acustico;

In Allegato alla presente Appendice è fornita la descrizione del modello utilizzato per le simulazioni di impatto acustico.

2 LIMITI DI RIFERIMENTO PER L'IMPIANTO IN ESAME

L'area dei terminali, le aree abitative e quelle frequentate da comunità o persone più vicine ad essi sono site nel territorio del Comune di Rosignano Marittimo che ha adottato la zonizzazione acustica. L'impatto acustico degli impianti è stato quindi valutato in relazione ai limiti d'immissione ed emissione della zonizzazione acustica ed al criterio differenziale.

La classe VI "aree esclusivamente industriale" comprende lo Stabilimento Solvay e l'area del terminale, attorno ad essa si estendono le zone cuscinetto poste tra l'area industriale e le aree agricole che circondano il sito Solvay sul lato meridionale. Le aree abitative più vicine sono interne ad una area in classe IV "aree di intensa attività umana".

I limiti acustici che l'impianto deve rispettare sono:

- limiti di immissione: debbono essere rispettati dall'insieme delle sorgenti presenti nell'area;
- limiti d'emissione: che devono essere rispettati dalla specifica sorgente.

Zonizzazione	Limiti di Immissione		Limiti di Emissione	
	Diurno (06:00-22:00) dB(A)	Diurno (06:00-22:00) dB(A)	Notturno (22:00-6:00) dB(A)	Notturno (22:00-6:00) dB(A)
Classe VI	70	70	65	65
Classe V	70	60	65	55
Classe IV	65	55	60	50
Classe III	60	50	55	45

- limiti previsti dal criterio differenziale; gli impianti sono da considerarsi soggetti ai limiti previsti dal criterio differenziale: la differenza massima tra la rumorosità ambientale¹ e quella residua² non dovrà superare i 5 dB nel periodo diurno ed i 3 dB in quello notturno. L'attuale clima acustico, è stato quindi considerato come equivalente al futuro rumore residuo ed impiegato per determinare i limiti differenziali. Il criterio differenziale non si applica all'interno delle aree esclusivamente industriali e nei seguenti casi, in quanto ogni effetto del rumore è da ritenersi trascurabile:

¹ Rumore ambientale: è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A", prodotto da tutte le sorgenti di rumore esistenti in un dato luogo e durante un determinato

- 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 riguardano gli ambienti abitativi interni, ma per ragioni di accessibilità la verifica del livello di rumorosità è stata eseguita all'esterno³ delle abitazioni più esposte alla rumorosità dei futuri impianti. Si accetta l'assunto che il livello del rumore ambientale e del rumore residuo, diminuiscano in pari misura quando le rispettive onde sonore entrano negli ambienti confinati. Ciò è valido per incidenza parallela o incoerente delle due categorie di onde sonore.

La nuova opera è stata valutata in funzione dell'impatto sonoro che può determinare nelle aree abitative e nei luoghi frequentati da comunità o persone più vicini al futuro terminale.

Per consentire al lettore una maggior facilità di consultazione, i limiti acustici sono riportati nella seguente tabella. I limiti differenziali sono stati determinati in base ai risultati della campagna di monitoraggio ante operam svolta dallo Studio di acustica de Polzer S.r.l. tra il 30 Giugno ed il 1° Luglio 2005 riportata in Appendice A.

PERIODO DIURNO 06.00 -22.00					
Ricettori	Clima Acustico L _{Aeq} ⁴	Limiti Immissione in Ambiente Abitativo (Criterio Differenziale)	Classe Zonizzazione Acustica	Limiti Immissione in Ambiente Esterno	Limiti Emissione Diurni in Ambiente Esterno
	L _{Aeq}	L _{Aeq}		(dBA)	(dBA)
1	53	58	IV	65	60
2	64.5	69.5	IV	65	60

tempo. Il rumore ambientale è costituito dall'insieme del rumore residuo e da quello prodotto dalle specifiche sorgenti disturbanti, con l'esclusione degli eventi sonori singolarmente identificabili di natura eccezionale rispetto al valore ambientale della zona. E' il livello che si confronta con i limiti massimi di esposizione di zona e differenziali.

- ² Rumore residuo: è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A", che si rileva quando si esclude la specifica sorgente disturbante. Deve essere misurato con le identiche modalità impiegate per la misura del rumore ambientale e non deve contenere eventi sonori atipici.
- ³ Una ricerca dell'Università di Napoli condotta su 65 appartamenti ha stabilito che il valore delle immissioni ad un metro dalla facciata dell'edificio supera il valore delle immissioni all'interno del locale a finestre aperte di 4-8 dB.
- ⁴ Arrotondato a 0.5 dB come previsto dal l'allegato B punto 2 del DM 16 Marzo 1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico".

3	53.0	58.0	IV	65	60
PERIODO DIURNO 22.00 -06.00					
Ricettori	Clima Acustico L _{Aeq} ⁵	Limiti Immissione in Ambiente Abitativo (Criterio Differenziale)	Classe Zonizzazione Acustica	Limiti Immissione in Ambiente Esterno	Limiti Emissione Diurni in Ambiente Esterno
	L _{Aeq}	L _{Aeq}		(dBA)	(dBA)
1	52	55	IV	55	50
2	63.5	66.5	IV	55	50
3	48	51	IV	55	50

5 Arrotondato a 0,5 dB come previsto dal l'allegato B punto 2 del D.M. 16 marzo 1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico".

3 INDIVIDUAZIONE DEI RECETTORI POTENZIALMENTE SENSIBILI E CARATTERIZZAZIONE DEL CLIMA ACUSTICO ANTE-OPERAM

L'indagine ha interessato il territorio che si estende attorno ai confini del sito del futuro terminale.

Nell'area considerata sono state individuate le aree abitative e quelle frequentate da comunità o persone più vicine dove non sono presenti ricettori sensibili.

Caratteristiche dell'Area dei Terminali

- ubicazione: il terminale sarà situato a Sud di Rosignano Solvay (si veda la planimetria in Figura 2), all'interno dello Stabilimento Solvay;
- superficie: prevalentemente pianeggiante;
- destinazione d'uso area del terminale: industriale.

Caratteristiche delle Aree Circostanti

- a Nord del sito si estende l'area industriale Solvay;
- a Nord-Ovest sono presenti gli impianti Solvay, un'area agricola ed alcuni insediamenti produttivi oltre la ferrovia;
- a Sud-Ovest si trova un'area agricola punteggiata da edifici lungo SP No. 39 "Aurelia Vecchia";
- a circa 1 km ad Ovest si incontra la foce del Fiume Fine ed il litorale Tirrenico.
- a Sud-Est della centrale si incontra un'estesa area agricola, attraversata dal Fiume Fine. Oltre l'alveo sono presenti abitazioni sparse e piccoli insediamenti residenziali e produttivi.
- ad Est del sito un'area agricola priva di abitazioni attraversata dalla ferrovia Pisa-Roma e oltre dalla la SS 1 "Variante Aurelia".

Principali Sorgenti Acustiche Presenti nell'Area

- impianti industriali sito Solvay;
- traffico veicolare intenso Strada Statale 1 Variante Aurelia e SP 39 Aurelia Vecchia;
- traffico ferroviario sulle linee Genova-Roma e Pisa-Roma;
- avifauna e cani.

Al fine di disporre di una caratterizzazione dell'ambiente sonoro sono stati individuati tre ricettori rappresentativi delle aree più vicine al futuro impianto. Nella carta topografica riportata nella Figura 2 sono indicati i ricettori, denominati 1, 2 e 3 e la posizione dei futuri impianti.

RICETTORE 1

Rosignano Marittima: abitazione località Polveroni, stradone Polveroni n.21.

Classe acustica: Classe IV

Limiti di Immissione: diurno 65 dB (A), notturno 55 dB (A).

Limiti di Emissione : diurno 60 dB (A), notturno 50 dB (A).



RICETTORE 2

Rosignano Marittima: Rimessaggio e riparazioni Gavazzi, con edificio utilizzato da guardiano. Via Aurelia, n.239

Classe acustica: Classe IV

Limiti di Immissione: diurno 65 dB (A), notturno 55 dB (A).

Limiti di Emissione : diurno 60 dB (A), notturno 50 dB (A).



RICETTORE 3

Rosignano Marittima: Palazzina località Polveroni, stradone Polveroni n.9

Classe acustica: Classe IV

Limiti di Immissione: diurno 65 dB (A), notturno 55 dB (A).

Limiti di Emissione : diurno 60 dB (A), notturno 50 dB (A).



I ricettori sono stati oggetto del monitoraggio del clima acustico nella campagna 30 Giugno e 1 Luglio 2005 riportata in Appendice A; i risultati sono riassunti al Capitolo 2.

Le principali sorgenti sonore che interessano l'area di studio sono costituite dagli impianti industriali presenti, in particolare lo Stabilimento Solvay, dal traffico veicolare e ferroviario. La rete viaria presente nei dintorni del sito è percorsa da volumi di traffico intensi, in particolare ad ovest dove si snoda la SP No. 39 Aurelia Vecchia ed a Est dove si incontra la SS No. 1 Variante Aurelia.

Le linee ferroviarie Genova-Roma e Pisa-Roma passano rispettivamente ad Ovest ed a Est dell'area industriale in cui si colloca il sito.

Ai rumori prodotti da queste fonti vanno poi aggiunti quello prodotti da cani e da avifauna.

4 CARATTERIZZAZIONE DELLO SCENARIO DI PROPAGAZIONE

Lo scenario di propagazione è stato inserito nel modello di calcolo impiegando le carte tecniche regionali. Le altezze e le caratteristiche degli edifici esterni all'area del terminale 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: temperatura di 15 °C e umidità del 50 %.

5 CARATTERIZZAZIONE DELLE SORGENTI DEL FUTURO IMPIANTO

5.1 DESCRIZIONE DEI FUTURI IMPIANTI

Le caratteristiche degli impianti ed apparecchiature dell'impianto ed i cicli tecnologici sono descritte in modo dettagliato nelle relazioni che accompagnano il Progetto e la valutazione d'impatto ambientale.

Le principali sezioni componenti il futuro terminale GNL sono le seguenti:

- sezione di ricezione, costituita dall'area di attracco delle metaniere, dalla linea di trasferimento GNL e dalla linea di ritorno vapori. Il GNL è scaricato dalla nave metaniera ed inviato ai serbatoi di stoccaggio tramite la linea di trasferimento.
- sezione di stoccaggio, costituita da un serbatoio GNL a doppio contenimento ;
- sistema di rigassificazione con scambiatori ad acqua di mare, completo di gruppi pompe di rilancio di bassa e alta pressione, compressori di boil-off, ricondensatore, nonché di sistema di emergenza di rigassificazione a fiamma sommersa;
- metanodotto di collegamento alla linea SNAM Rete Gas Livorno-Piombino.

Il terminale etilene comprenderà, nella futura configurazione:

- nuovo serbatoio a doppio contenimento per etilene liquido in sostituzione di quello esistente (a semplice contenimento) che viene smantellato;
- sistema di rigassificazione etilene con scambiatori ad acqua di mare completo di gruppo di pompe di rilancio bassa e alta pressione, compressori di boil-off, ricondensatore, gruppo frigorifero e sistema a fiamma sommersa per rigassificazione di emergenza.

Le principali sorgenti sonore sono elencate nelle Tabelle 3 e 4 ed ubicate in pianta nella tavola riportata nella Figura 1.

5.2 CARATTERIZZAZIONE DELLE SORGENTI DELL'IMPIANTO

Le dimensioni degli impianti e dei componenti è stata acquisita dai disegni di progetto. In base ai dati disponibili è stata ricavata la potenza acustica delle

principali sorgenti sonore, posizionate nella tavola riportata nella Figura 1 ed elencate nelle Tabelle 3 e 4.

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 viene 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.

Date le ridotte dimensioni delle apparecchiature e la distanza dai ricettori, le sorgenti sono state considerate puntiformi.

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

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

dove, L_w è il livello di potenza sonora in dB(A) della sorgente, L_p è il livello di pressione sonora in dB(A) in corrispondenza del punto di collaudo, r_1 la distanza tra sorgente e punto di collaudo, $r_0=1$ m e K è un fattore che dipende dalla geometria della sorgente e dalla morfologia del territorio.

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 dell'impianto individuabili come separate.

Dai valori di pressione sonora misurati sugli impianti sono calcolate le potenze acustiche delle principali sorgenti sonore elencate nelle Tabelle 1 e 2.

Le sorgenti elencate in tabella sono state considerate in marcia contemporaneamente, simulando le condizioni d'esercizio più gravose.

6 VALUTAZIONE DELL'IMPATTO ACUSTICO

6.1 METODOLOGIA DI ANALISI

La stima previsionale di impatto delle attività è stata basata sulla conoscenza delle tipologie di macchine che opereranno e dei relativi livelli sonori di emissione.

Per valutare l'impatto acustico del terminale, le caratteristiche delle sorgenti (posizione, livello di potenza acustica) e quelle dello scenario di propagazione (orografia del territorio, attenuazione dovuta al terreno) sono state implementate nel programma di simulazione acustica ambientale Immi 5.2.1, conforme alla norma ISO 9613-2. Il programma ha permesso il calcolo dell'andamento del fronte sonoro a 4 m di altezza sull'intera area presa in considerazione. La scelta di prevedere la rumorosità a tale altezza, risponde all'indirizzo seguito anche nella fase di monitoraggio, di verificare i livelli di rumorosità nella reale o ipotizzata posizione del ricettore più esposto (DM 16 Marzo 1998).

Nel seguito si riportano brevemente le specifiche del programma utilizzato nelle simulazioni relativamente a:

- modello geometrico;
- sorgenti;
- propagazione del suono;
- risultati.

Il modello geometrico utilizzato è in grado di rappresentare una geometria tridimensionale dello spazio in cui avviene la propagazione sonora. Alle superfici presenti sono assegnati i coefficienti di riflessione e assorbimento. Lo scenario di propagazione è stato inserito nel modello di calcolo, impiegando le carte tecniche, le altezze e le caratteristiche degli edifici esterni alla zona dell'impianto sono state rilevate durante i sopralluoghi eseguiti.

La propagazione del suono è basata sui principi dell'acustica geometrica, nella quale si assume che le onde sonore si comportino come raggi sonori. Per la propagazione del suono è stato utilizzato il metodo di Ray Tracing, nel quale si assume che l'energia emessa da una sorgente sonora sia suddivisa in un certo numero di raggi, ciascuno dei quali ha un'energia iniziale pari all'energia totale della sorgente diviso il numero dei raggi stesso. Ciascun raggio urta contro le superfici presenti nel modello geometrico, subendovi riflessioni in accordo con la legge della riflessione speculare, e perdendo energia in rapporto all'assorbimento proprio delle superfici stesse. Il raggio perde energia anche per l'assorbimento dell'aria (le condizioni di

temperatura, pressione e umidità ambientali intervengono sulla velocità di propagazione [m/s] e sul coefficiente di assorbimento [dB/m]).

I risultati sono presentati in forma di curve di isolivello nella Figura 3 in allegato e si riferiscono al livello di pressione sonora ponderata A (SPL dBA) a 4 m di altezza. La scelta di prevedere la rumorosità a tale altezza, risponde all'indirizzo seguito anche nella fase di monitoraggio, di verificare i livelli di rumorosità nella reale o ipotizzata posizione del ricettore più esposto (DM 16 Marzo 1998).

Al fine di valutare l'accettabilità dell'impatto, i risultati delle simulazioni sono messi a confronto con i valori limite di rumorosità.

Gli impianti sono stati progettati avendo cura di minimizzare tutti le possibili fonti di rumore.

6.2 CALCOLO DEI LIVELLI DI RUMORE

L'area dell'impianto presenta una morfologia pianeggiante, salvo l'alveo del Fiume Fine, come indicato nella planimetria riportata in Figura 2.

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 dell'impianto individuabili come separate.

Nello studio d'impatto acustico sono state considerate le ipotesi più conservative. In tutti i casi ove si sia presentata la scelta tra 2 o più possibilità si è preferito l'opzione più prudente. La somma d'ipotesi favorevoli alla propagazione delle emissioni degli impianti consente un ragionevole margine di sicurezza riguardo l'accuratezza associabile alla previsione dei livelli sonori.

Le apparecchiature rumorose in funzione durante il normale esercizio della sono individuate nel Quadro di Riferimento Progettuale e sintetizzate nel precedente paragrafo.

Nell'analisi cautelativamente si supporrà che gli impianti del terminale emettano un livello costante di pressione sonora nell'arco di 24 ore. Le condizioni ambientali considerate saranno $T=15\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 50% d'umidità relativa.

Si osservi che, poiché si suppone che gli impianti emettano un livello costante di pressione sonora nell'arco di 24 ore, per definizione il livello di pressione sonora calcolato coincide con il livello equivalente, ossia con l'indicatore previsto dalla normativa.

6.3 VALUTAZIONE DELL'IMPATTO

Il primo obiettivo è stato stabilire l'impatto acustico del terminale (emissioni terminale nelle condizioni di esercizio in cui sono funzionanti il maggior numero di impianti), indipendentemente dai livelli di rumorosità attualmente presenti nell'area.

Il secondo obiettivo è stato calcolare il futuro livello di rumorosità ambientale.

Il clima acustico presente quando il terminale sarà funzionante (clima post operam immissioni) è stato calcolato sommando logaritmicamente le emissioni sonore dei futuri impianti, ai livelli di rumorosità rilevati nella campagna di misure eseguite nei giorni 30 Giugno e 1° Luglio 2005 (clima ante operam).

I risultati delle simulazioni sono riportati in Tabella 5 che consente di confrontare gli attuali livelli di rumorosità con quelli previsti (colonna immissioni post operam) e di valutare le variazioni attese.

L'esame della tabella sonore consente le seguenti valutazioni:

- le emissioni sonore del futuro terminale sono ampiamente inferiori ai relativi limiti;
- la rumorosità ambientale post operam aumenta da 0 a 0.5 dB e rispetta i limiti vigenti diurni e notturni di immissione in ambiente abitativo;
- la rumorosità ambientale post operam diurna e notturna rispetta i limiti di immissione in ambiente esterno nei punti 1 e 3;
- nel punto 2, in cui il clima acustico ante operam supera il limite di immissione in ambiente esterno in orario notturno, la variazione del clima acustico introdotta dai nuovi impianti è nulla.

La mappa delle emissioni sonore, riportata nella Figura 3, consente di valutare l'andamento del fronte sonoro nell'area attorno al terminale. Il livello di emissione in corrispondenza degli altri ricettori presenti nelle zone più lontane e con limiti acustici inferiori è minore di 35 dB(A), anche in queste aree l'impatto è conforme ai limiti di zona e differenziali.

I contributi sonori delle principali sorgenti ai recettori sono riportati in Tabella 6.

ALLEGATO DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

Il programma utilizzato per i calcoli di previsione della rumorosità dovuta al futuro Terminale di Rosignano Solvay (Immi 5.2.1) 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, d'interesse per il calcolo revisionale, 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 dell'impianto 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 ed 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.

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:

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

LWD è il livello effettivo di potenza sonora nella direzione di propagazione

Ldownwind 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:

$$A_{atm} = ad/1000$$

dove d è la distanza di propagazione espressa in metri a 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 hm :

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

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 ? 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).

Criteria 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".

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

Altezza media di ricevitore e sorgente [m]	Distanza [m] $0 < d < 100$	Distanza [m] $100 < d < 1000$
$0 < h < 5$	± 3 dB	± 3 dB
$5 < h < 30$	± 1 dB	± 3 dB

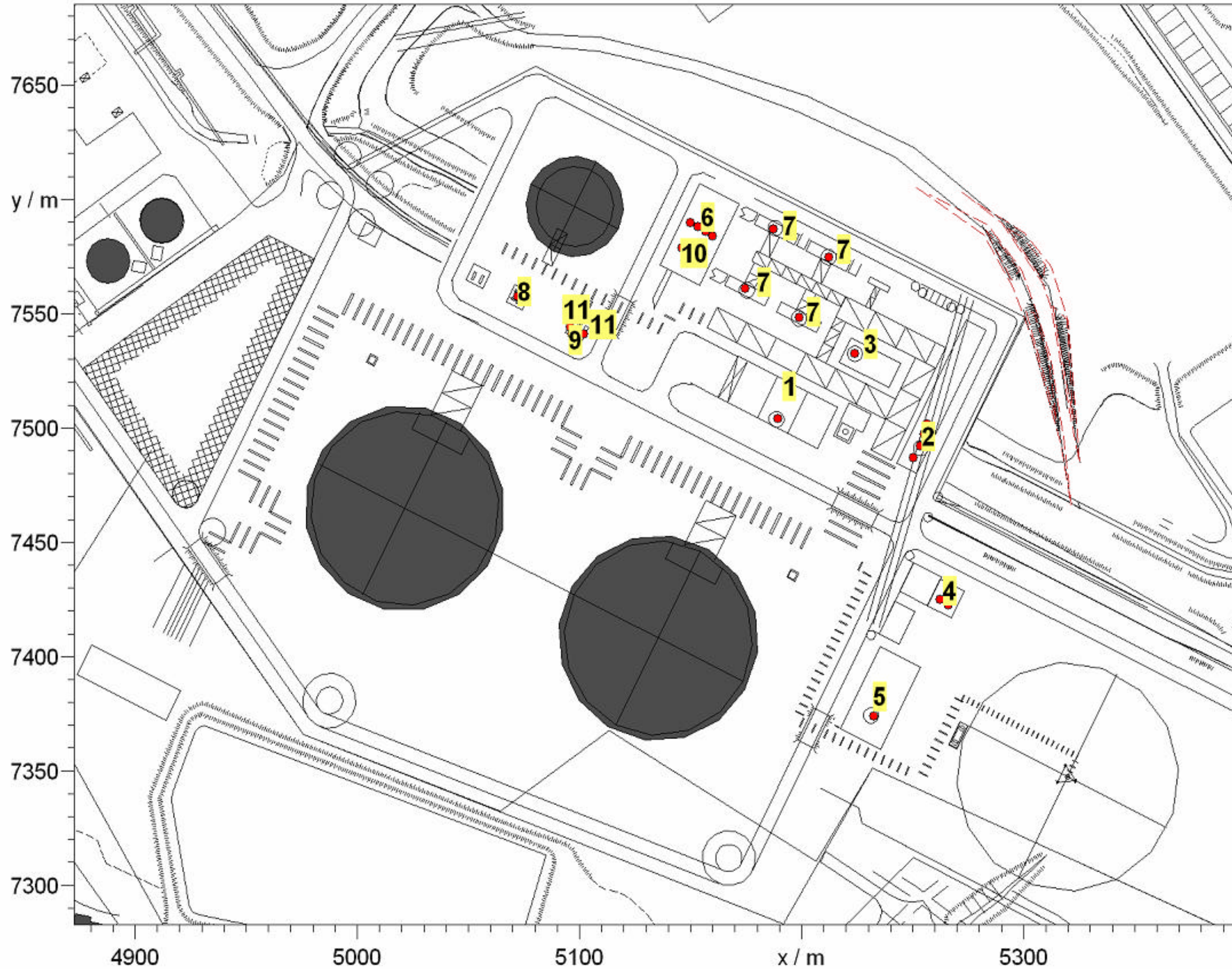
La validazione del software è stata effettuata utilizzando una speciale modalità, contenuta nel programma, che consente la verifica del funzionamento secondo test. Vi sono rappresentati dei casi con morfologia dei luoghi e sorgente sonora determinati, nei quali il livello sonoro simulato è indicato già 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 5.2.1 è impiegato dai seguenti enti pubblici:

- A.N.P.A. Agenzia Nazionale per l'ambiente Roma
- A.R.P.A. Piemonte, Ivrea, Grugliasco e Torino
- A.R.P.A. Toscana, Firenze, Livorno e Arezzo
- C.N.R. Ispra
- POLITECNICO di Milano.

UBICAZIONE DELLE SORGENTI ACUSTICHE



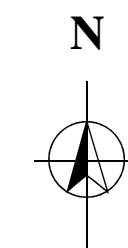
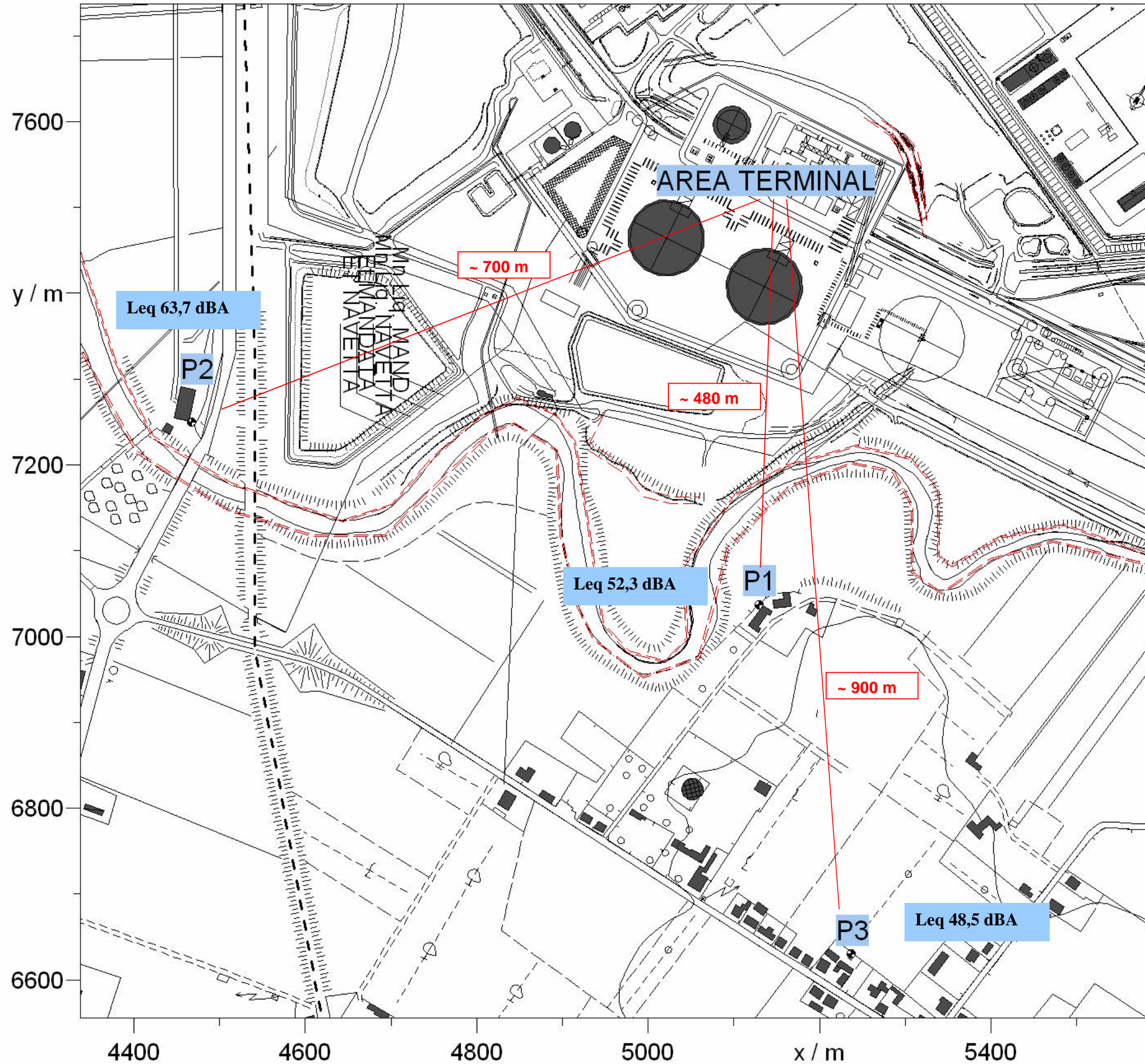
LEGENDA

- SORGENTI DI EMISSIONE SONORA

- 1** COMPRESSORI BOG
- 2** POMPE DI RILANCIO GNL ALTA PRESSIONE
- 3** VAPORIZZATORI A FIAMMA SOMMERA
- 4** COMPRESSORI ARIA "GNL"
- 5** VALVOLA STAZIONE RIDUZIONE GAS
- 6** POMPE RITORNO ACQUA MARE "GNL"
- 7** VAPORIZZATORI GNL
- 8** POMPE RILANCIO METILENE ALTA PRESSIONE
- 9** COMPRESSORI ARIA "C2H4"
- 10** POMPE RITORNO ACQUA MARE "C2H4"

FIGURA 1
STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE
APPENDICE B
VARIANTE PROGETTO ROSIGNANO
UBICAZIONE DELLE SORGENTI ACUSTICHE

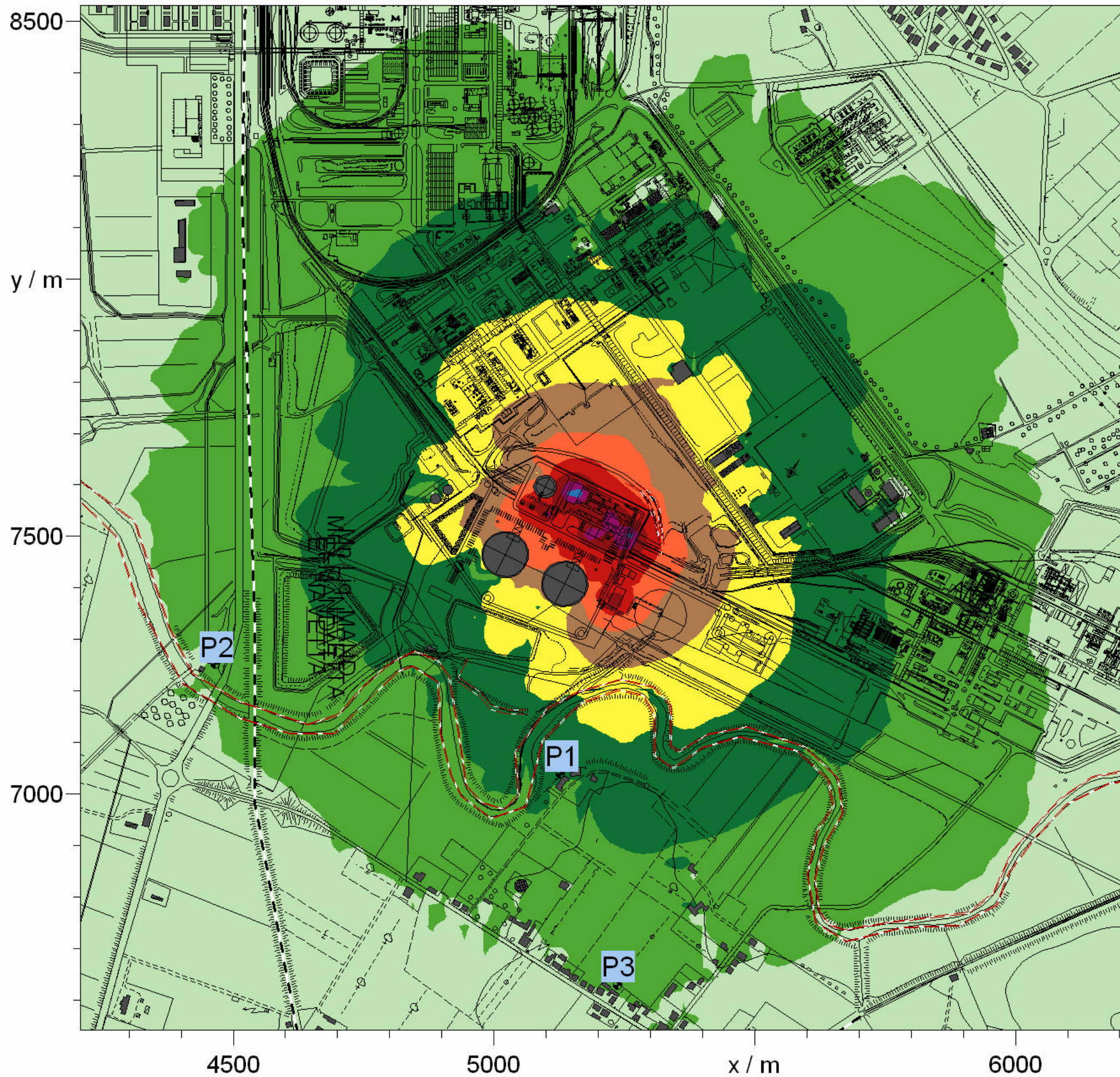
PLANIMETRIA CON LOCALIZZAZIONE DEI PUNTI DI MISURA E LIVELLI NOTTURNI DI RUMOROSITÀ PREVISTI



- LEGENDA
- UBICAZIONE PUNTI DI MISURA
 - P1 DENOMINAZIONE PUNTO DI MISURA E LOCALIZZAZIONE RECETTORI

FIGURA 2
STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE
APPENDICE B
VARIANTE PROGETTO ROSIGNANO
PLANIMETRIA CON LOCALIZZAZIONE
DEI PUNTI DI MISURA E LIVELLI NOTTURNI
DI RUMOROSITÀ PREVISTI

PREVISIONE DISTRIBUZIONE EMISSIONI SONORE TERMINAL ROSIGNANO
IN ASSENZA DI RUMORE RESIDUO



LEGENDA

Color	dB(A)
Pale Green	>35-40
Light Green	>40-45
Yellow	>50-55
Brown	>55-60
Orange	>60-65
Dark Red	>65-70
Purple	>70-75
Dark Red	>75-80
Dark Blue	>80-..

FIGURA 3

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE
APPENDICE B
VARIANTE PROGETTO ROSIGNANO
PREVISIONE DISTRIBUZIONE EMISSIONI
SONORE TERMINAL ROSIGNANO
IN ASSENZA DI RUMORE RESIDUO