

INDICE

1	RUMORE	3	1.5.7	SORGENTI INQUINANTI ASSOCIATE ALLE ATTIVITÀ DEI CANTIERI	26
1.1	FASE DI ESERCIZIO	3	1.5.8	IMPATTI CANTIERI FISSI	26
1.2	RIFERIMENTI NORMATIVI	3	1.5.9	VERIFICA DELLA COMPATIBILITÀ DEGLI IMPATTI	30
1.2.1	NORMATIVA NAZIONALE	3	1.5.10	IMPATTI DELLE AREE DI SUPPORTO AI CANTIERI	38
1.2.2	NORMATIVA REGIONALE	7	1.5.11	IMPATTI CANTIERI MOBILI	40
1.2.3	CLASSIFICAZIONI ACUSTICHE COMUNALI	7	1.5.12	VERIFICA DELLA COMPATIBILITÀ DEGLI IMPATTI	41
1.2.4	CONCLUSIONI OPERATIVE	7	1.5.13	SOVRAPPOSIZIONE DEGLI IMPATTI DI PIÙ CANTIERI	48
1.3	CARATTERISTICHE TERRITORIALI E INSEDIATIVE	7	1.5.14	SINTESI IMPATTO ACUSTICO FASE DI CANTIERE	53
1.3.1	CENSIMENTO DEI RICETTORI	7	2	VIBRAZIONI	54
1.3.2	RICETTORI SENSIBILI	8	2.1	INTRODUZIONE E DESCRIZIONE DEL FENOMENO	54
1.3.3	SORGENTI DI RUMORE CONCORSUALI	8	2.2	QUADRO DI RIFERIMENTO LEGISLATIVO	55
1.3.4	CLIMA ACUSTICO ATTUALE E MONITORAGGIO ACUSTICO ANTE-OPERAM	10	2.3	STIMA DEGLI IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO	57
1.3.5	RISANAMENTO ACUSTICO DEL SISTEMA TANGENZIALE DI BOLOGNA	11	2.4	STIMA DEGLI IMPATTI IN FASE DI CANTIERE	58
1.4	FASE DI ESERCIZIO - ANALISI PREVISIONALE	12	2.4.1	Stima livelli vibrazionali	59
1.4.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO PREVISIONALE SOUNDPLAN	12	2.4.2	Modalità di gestione del disturbo dovuto alle vibrazioni	63
1.4.2	MODELLI PREVISIONALI	13	3	SALUTE PUBBLICA	65
1.4.3	DATI DI TRAFFICO	15	3.1	INTRODUZIONE	65
1.4.4	TARATURA DEL MODELLO PREVISIONALE	15	3.2	CARATTERIZZAZIONE DELLA POPOLAZIONE	67
1.4.5	PREVISIONE DEI LIVELLI DI RUMORE AI RICETTORI	16	3.2.1	Popolazione interessata	67
1.4.6	SPECIFICHE DI CALCOLO	16	3.2.2	Dati di mortalità	68
1.4.7	SCENARI SIMULATI	17	3.3	DEFINIZIONE DELLO SCENARIO ATTUALE E VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI	72
1.4.8	DEFINIZIONE DEL SISTEMA DI MITIGAZIONI	17	3.3.1	Inquinamento atmosferico	73
1.4.9	SINTESI IMPATTO ACUSTICO FASE DI ESERCIZIO	22	3.3.2	Inquinamento acustico	83
1.5	FASE DI CANTIERE	23	1.1.1	Disturbo da vibrazioni	84
1.5.1	CANTIERI CONSIDERATI NELLO STUDIO	24	1.1.2	Incidentalità stradale	84
1.5.2	CANTIERI FISSI	24	1.1.3	Stabilimenti a rischio di incidente rilevante	89
1.5.3	VALUTAZIONI DI IMPATTO ACUSTICO DELLE ATTIVITÀ DI CANTIERE	25			
1.5.4	CONTESTO ANTROPICO E AMBIENTALE	25			
1.5.5	CARATTERISTICHE ACUSTICHE DELLE SORGENTI	26			
1.5.6	IMPOSTAZIONI DI CALCOLO	26			

Studio di Impatto Ambientale - Gruppo di Lavoro



Il Direttore Tecnico

Ing. Orlando Mazza

Il Responsabile Integrazione Prestazioni Specialistiche

Ing. Raffaele Rinaldesi

Il Progettista specialistico

Ing. Davide Canuti

Le attività specialistiche

Dott. Francesco Cipolli

Arch. Enrico Francesconi

Ing. Giovanni Inzerillo

Ing. Dott. Daniele Mascellani

Dott. Alberto Salvia

Ing. Fabio Occulti

Dott. Fabrizio Siliquini

1 RUMORE

1.1 Fase di Esercizio

Nelle pagine che seguono si presentano i risultati dello studio acustico della fase di esercizio relativo al progetto di potenziamento in sede del sistema tangenziale di Bologna.

Al fine di pervenire alla valutazione del livello d'impatto acustico che l'esercizio del nuovo sistema tangenziale comporterà sul territorio interessato e quindi di consentire il dimensionamento delle necessarie mitigazioni, è stato elaborato un modello acustico dell'intervento, adottando come dati di input i flussi di traffico stimati nell'ambito dello studio trasportistico del progetto (scenario all'anno 2035) e le caratteristiche geometriche e prestazionali definite nel progetto dell'opera.

Il sistema di mitigazioni in progetto integra le barriere già esistenti sia in termini di estensione, sia in termini di altezza o di elementi aggettanti perseguendo l'obiettivo di garantire il rispetto dei limiti acustici vigenti esterni ed interni ex DPR 142/04 in tutta l'area interessata dall'intervento di potenziamento, il generale mantenimento del clima acustico attuale negli ambiti già adeguatamente protetti dagli interventi di mitigazione esistenti ed il miglioramento delle prestazioni laddove risultato necessario.

Si precisa che nel presente studio, oltre al progetto di potenziamento del nodo di Bologna, viene valutato anche il contributo acustico derivante dalla realizzazione della viabilità di collegamento con il nuovo svincolo della tangenziale Lazzaretto.

Nei paragrafi che seguono viene fornita una descrizione sintetica di tutto il processo svolto e dei principali risultati ottenuti.

1.2 Riferimenti normativi

1.2.1 Normativa nazionale

La normativa sul rumore è stata introdotta in Italia a partire dall'inizio degli anni '90 e attualmente è quasi giunta al termine l'adozione dei regolamenti di attuazione alla Legge Quadro 447/95.

In data 1 marzo 1991, in attuazione dell'art. 2 comma 14 legge 8.7.1986 n. 349, è stato emanato un D.P.C.M. che consentiva al Ministro dell'Ambiente, di concerto con il Ministro della Sanità, di proporre al Presidente del Consiglio dei Ministri la fissazione di limiti massimi di esposizione al rumore nell'ambiente esterno ed abitativo (di cui all'art. 4 legge 23.12.1978 n. 833). Al DPCM 1.3.1991 è seguita l'emanazione della Legge Quadro sull'inquinamento acustico n. 447/1995 e, successivamente, il DPCM 14.11.1997 con il quale vengono determinati i valori limite di riferimento, assoluti e differenziali.

Il DPCM 14 novembre 1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore" integra le indicazioni normative in tema di disturbo da rumore espresse dal DPCM 1 marzo 1991 e dalla successiva Legge Quadro n° 447 del 26 ottobre 1995 e introduce il concetto dei valori limite di emissioni, nello spirito di armonizzare i provvedimenti in materia di limitazione delle emissioni sonore alle indicazioni fornite dall'Unione Europea. Il decreto determina i valori limite di emissione, i valori limite di immissione, i valori di attenzione, i valori di qualità e i limiti differenziali, riferendoli alle classi di destinazione d'uso del territorio, riportate nella Tabel-

la A dello stesso decreto e che corrispondono sostanzialmente alle classi previste dal DPCM 1 marzo 1991.

I limiti stabiliti nella Tabella C del DPCM 14.11.1997 sono applicabili al di fuori della fascia di pertinenza autostradale in base alla destinazione d'uso del territorio. Le disposizioni relative ai valori limite differenziali di immissione non si applicano alla rumorosità prodotta dalle infrastrutture stradali.

Il rispetto dei valori limite all'interno e all'esterno della fascia infrastrutturale deve essere verificato a 1 m di distanza dalla facciata degli edifici più esposti, con le tecniche di misura indicate dal Decreto 16 marzo 1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico".

1.2.1.1 Il DMA 29.11.2000 sui piani di risanamento acustico delle infrastrutture

Il decreto 29.11.2000 "Criteri per la predisposizione da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore", ai sensi dell'Art. 10, comma 5, della Legge 26 ottobre 1995, n. 447 "Legge Quadro sull'inquinamento acustico" stabilisce che le società e gli enti gestori di servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture hanno l'obbligo di:

- Individuare le aree in cui per effetto delle immissioni delle infrastrutture stesse si abbia superamento dei limiti di immissione previsti;
- Determinare il contributo specifico delle infrastrutture al superamento dei limiti suddetti
- Presentare al comune e alla regione o all'autorità da essa indicata, ai sensi art. 10, comma 5, L447/95, il piano di contenimento e abbattimento del rumore prodotto dall'esercizio delle infrastrutture.

Nel caso di infrastrutture lineari di interesse nazionale o di più regioni, entro 18 mesi dalla data di entrata in vigore del decreto devono essere individuate, con stime o rilievi, le aree di superamento dei limiti previsti, trasmettendo i dati alle autorità competenti.

Entro i successivi 18 mesi la società o l'ente gestore presenta ai comuni interessati, alle regioni o alle autorità da esse indicate, il piano di contenimento ed abbattimento del rumore.

Il Ministero dell'Ambiente, d'intesa con la Conferenza unificata, approva i piani relativi alle infrastrutture di interesse nazionale o di più regioni e provvede alla ripartizione degli accantonamenti e degli oneri su base regionale, tenuto conto delle priorità e dei costi dei risanamenti previsti per ogni regione e del costo complessivo a livello nazionale.

Gli obiettivi di risanamento devono essere conseguiti entro 15 anni dalla data di espressione della regione o dell'autorità da essa indicata. In assenza di parere in materia nei 3 anni successivi all'entrata in vigore del decreto, vale la data di presentazione del piano.

L'ordine di priorità degli interventi di risanamento è stabilito dal valore numerico dell'indice di priorità P la cui procedura di calcolo è indicata nell'Allegato 1 al decreto. Nell'indice di priorità confluiscono il valore limite di immissione, il livello di impatto della sorgente sonora sul ricettore, la popolazione esposta (n. abitanti equivalenti). Ospedali, case di cura e di riposo e le scuole vengono assimilate ad una popolazione residente moltiplicando rispettivamente per 4, 4 e 3 il numero di posti letto e il numero totale degli alunni.

Per le infrastrutture di interesse nazionale o regionale saranno stabiliti ordini di priorità a livello regionale. La regione, d'intesa con i comuni interessati, può stabilire un ordine di priorità diverso da quello derivato dall'applicazione della procedura di calcolo.

Nel caso di più gestori concorrenti al superamento del limite i gestori devono di norma provvedere all'esecuzione congiunta delle attività di risanamento.

Le attività di risanamento devono conseguire il rispetto dei valori limite di rumore prodotto dalle infrastrutture di trasporto stabiliti dai regolamenti di esecuzione di cui all'Art. 11 della Legge Quadro. Nelle aree in cui si sovrappongono più fasce di pertinenza il rumore non deve superare complessivamente il maggiore fra i valori limite di immissione previsti per le singole infrastrutture.

Gli interventi strutturali finalizzati all'attività di risanamento (Art. 5) devono essere effettuati secondo la seguente scala di priorità:

- direttamente sulla sorgente rumorosa
- lungo la via di propagazione del rumore dalla sorgente al ricettore
- direttamente sul ricettore

Gli interventi sul ricettore sono adottati qualora non sia tecnicamente conseguibile il raggiungimento dei valori limite di immissione oppure quando lo impongano valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale.

1.2.1.2 Il D.P.R. 142/2004 recante disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare

Ambito di applicazione e definizioni

Il DPR 30 marzo 2004, n. 142 predisposto dall'ufficio studi e legislazione del Ministero dei Lavori Pubblici, contiene le disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447. Il decreto definisce le infrastrutture stradali in armonia all'art. 2 del DL 30 aprile 1992 n. 285 e sue successive modifiche e all'Allegato 1 al decreto stesso, con la seguente classificazione:

A - Autostrade

B - Strade extraurbane principali

C - Strade extraurbane secondarie

D - Strade urbane di scorrimento

E - Strade urbane di quartiere

F - Strade locali

Il decreto si applica alle infrastrutture esistenti e a quelle di nuova realizzazione e ribadisce che alle suddette infrastrutture non si applica il disposto degli Art. 2, 6 e 7 del DPCM 14.11.1997 (valori limite di emissione, valori di attenzione e valori di qualità). Da nota-

re che il DPCM 14.11.1997 all'Art. 4 esclude l'applicazione del valore limite differenziale di immissione alle infrastrutture stradali.

Il decreto stabilisce le norme per la prevenzione ed il contenimento dell'inquinamento da rumore e, in particolare, fissa i limiti applicabili all'interno e all'esterno della fascia di pertinenza acustica e in ambiente abitativo. I limiti all'esterno devono essere verificati in facciata agli edifici, a 1 m dalla stessa, in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione.

L'Art. 1 "Definizioni", puntualizza il significato di alcuni termini "chiave" per lo studio acustico:

- Infrastruttura stradale esistente: quella effettivamente in esercizio o in corso di realizzazione o per la quale è stato approvato il progetto definitivo alla data di entrata in vigore del decreto.
- Infrastruttura stradale di nuova realizzazione: quella in fase di progettazione alla data di entrata in vigore del decreto o comunque non ricadente nella definizione precedente.
- Confine stradale: limite della proprietà stradale quale risulta dagli atti di acquisizione o dalle fasce di esproprio del progetto approvato (in mancanza delle precedenti informazioni il confine è costituito dal ciglio esterno del fosso di guardia o della cunetta, o dal piede della scarpata se la strada è in rilevato o dal ciglio superiore della scarpata se la strada è in trincea).
- Fascia di pertinenza acustica: striscia di terreno misurata in proiezione orizzontale per ciascuna lato dell'infrastruttura a partire dal confine stradale (di dimensione variabile in relazione al tipo di infrastruttura e compresa tra un massimo di 250 m e un minimo di 30 m). Per le infrastrutture di nuova realizzazione il corridoio progettuale ha una estensione doppia della fascia di pertinenza acustica (500 m per le autostrade) in caso di presenza di scuole, ospedali, case di cura e case di riposo.
- Ambiente abitativo: ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza delle persone o comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive per i quali resta ferma la disciplina di cui al D.L.277/1991.
- Ricettore: qualsiasi edificio adibito ad ambiente abitativo comprese le relative aree esterne di pertinenza, o ad attività lavorativa o ricreativa, aree naturalistiche vincolate, parchi pubblici, ecc.

Infrastrutture esistenti

Per le infrastrutture stradali esistenti di tipo A, B e Ca viene proposta una fascia di pertinenza estesa per 250 m dal confine stradale.

Questo ambito territoriale viene suddiviso in una fascia più vicina all'infrastruttura (Fascia A) di ampiezza 100 m e in una fascia più distante di larghezza 150 m (Fascia B). L'impostazione ricalca pertanto il Decreto Attuativo sul rumore ferroviario.

Per strade tipo Cb (tutte le strade extraurbane secondarie con l'esclusione delle strade tipo Ca) viene conservata una Fascia A di 100 m mentre la Fascia B viene ridotta a 50 m.

Le strade urbane di scorrimento Da e Db assumono una fascia unica di ampiezza 100 m mentre le strade urbane di quartiere tipo E e le strade locali di tipo F sono associate ad una fascia di pertinenza di 30 m.

I limiti di immissione per infrastrutture stradali esistenti sono riassunti nella tabella seguente.

Tabella 1-1: Valori limite assoluti di immissione per strade esistenti e assimilabili (ampliamenti in sede, affiancamenti e varianti) - tab 2, DPR 142/04

Tipo di strada (secondo codice della strada)	Sottotipi a fini acustici (secondo Nome CNR 1980 e direttive PUT)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m)	Scuole ^(*) , ospedali, case di cura e di riposo		Altri Ricettori	
			Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)	Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)
A – autostrada		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
B – extraurbana principale		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
C – extraurbana secondaria	Ca (strade a carreggiate separate e tipo IV Cnr 1980)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
	Cb (tutte le altre strade extraurbane secondarie)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		50 (fascia B)			65	55
D – urbana di scorrimento	Da (strade a carreggiate separate e interquartiere)	100	50	40	70	60
	Db (tutte le altre strade urbane di scorrimento)	100			65	55
E – urbana di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al Dpcm in data 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'art. 6, comma 1, lettera a), della legge n. 447 del 1995			
F – locale		30				

(*) Per le scuole vale il solo limite diurno

Infrastrutture di nuova realizzazione

Per le strade di nuova realizzazione di tipo A, B e C1 viene proposta una fascia di pertinenza estesa per 250 m dal confine stradale. Anche in questo caso l'impostazione ricalca il Decreto Attuativo sul rumore ferroviario.

Per strade tipo C2 è prevista una Fascia di 150 m mentre per quelle urbane di scorrimento la fascia è di 100 m. Nelle strade urbane di quartiere tipo E e le strade locali di tipo F sono associate ad una fascia di pertinenza di 30 m.

I limiti di immissione per nuove infrastrutture stradali sono riassunti nella tabella seguente.

Tabella 1-2: Valori limite assoluti di immissione per strade di nuova realizzazione - tab 1, DPR 142/04

Tipo di strada	Sottotipi ai fini acustici (DM 5.11.2001)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m)	Scuole*, ospedali, case di cura e di riposo		Altri ricettori	
			Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)	Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)
A - autostrada		250	50	40	65	55
B - extraurbana principale		250	50	40	65	55
C - extraurbana secondaria	C1	250	50	40	65	55
	C2	150	50	40	65	55
D - urbana di scorrimento		100	50	40	65	55
E - urbana di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al D.P.C.M. in data 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'articolo 6, comma 1, lettera a), della legge n. 447 del 1995.			
F - locale		30				

* per le scuole vale il solo limite diurno

Qualora i valori indicati in Tabella 1-1 e Tabella 1-2 non siano tecnicamente raggiungibili, ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche o a carattere ambientale, si evidenzino l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui ricettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti in ambiente abitativo:

- 35 dBA notturno per ospedali, case di cura e di riposo;
- 40 dBA notturno per tutti gli altri ricettori;
- 45 dBA diurno per le scuole.

Tali valori sono valutati al centro della stanza, a finestre chiuse, all'altezza di 1.5 m dal pavimento.

In caso di infrastrutture stradali esistenti gli interventi per il rispetto dei limiti di fascia e dei limiti in ambiente abitativo sono a carico del titolare della licenza o concessione edilizia, se rilasciata dopo la data di entrata in vigore del decreto.

In caso di infrastrutture di nuova realizzazione gli interventi per il rispetto dei limiti di fascia e dei limiti in ambiente abitativo sono a carico del titolare della licenza o concessione edilizia se rilasciata dopo la data di approvazione del progetto definitivo dell'infrastruttura stradale, per la parte eccedente l'intervento di mitigazione previsto a salvaguardia di eventuali aree territoriali edificabili già individuate dai piani regolatori generali o loro varianti generali vigenti al momento della presentazione dei progetti di massima relativi alla costruzione dell'infrastruttura

Applicando le indicazioni normative all'intervento in progetto ne deriva che al potenziamento del sistema tangenziale vanno attribuiti i limiti riferiti alle infrastrutture esistenti (Categoria di strada A – Autostrade) e pertanto si applica una fascia di pertinenza suddivisa in due parti:

- Fascia A: 100m dal confine stradale;
- Fascia B: 150m oltre la Fascia A.

I livelli limite di immissione per i ricettori all'interno delle fasce di pertinenza sono pertanto i seguenti:

Tabella 1-3 - Limiti per i ricettori nella fascia di pertinenza

	Limite Diurno dBA	Limite Notturno dBA
Scuole, ospedali, case di cura e di riposo (*)	50	40
Altri Ricettori – Fascia A	70	60
Altri Ricettori – Fascia B	65	55

(*). Per le scuole vale il solo limite diurno

Tabella 1-4 - Limiti per i ricettori al di fuori della fascia (limiti di immissione della zonizzazione acustica del territorio).

CLASSI	FASCIA ORARIA	
	06-22	22-06
I – Aree protette	50	40
II - Aree residenziali	55	45
III - Aree miste	60	50
IV– Aree di intensa attività umana	65	55
V– Aree prevalentemente industriali	70	60
V – Aree esclusivamente industriali	70	70

1.2.1.3 Decreto n. 194 del 19 agosto 2005

Il decreto legge 194, in attuazione alla direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale, definisce le competenze e le procedure per l'elaborazione della mappatura acustica e delle mappe acustiche strategiche, per l'elaborazione e l'adozione dei piani d'azione e, infine, per assicurare l'informazione e la partecipazione del pubblico.

Le società e gli enti gestori di servizi pubblici di trasporto relativi a infrastrutture principali (nel caso stradale con più di 6 milioni di transiti all'anno) sono tenute ad elaborare la mappatura acustica entro il 30 giugno 2007, in conformità ai requisiti minimi stabiliti dall'allegato 4 e ai criteri che verranno adottati entro 6 mesi dalla data di entrata in vigore del decreto.

Entro il 18 luglio 2008 le società e gli enti gestori di servizi pubblici di trasporto relativi a infrastrutture principali devono elaborare e trasmettere alla regione o alla provincia autonoma competente i piani d'azione e le sintesi di cui all'allegato 6 "Dati da trasmettere alla Commissione".

Restano ferme le disposizioni relative alle modalità, ai criteri ed ai termini per l'adozione dei piani di contenimento e abbattimento del rumore stabiliti dalla legge n. 447 del 1995 e dalla normativa vigente in materia adottate in attuazione della stessa legge.

I piani d'azione previsti ai commi 1 e 3 recepiscono e aggiornano i piani di contenimento e di abbattimento del rumore prodotto per lo svolgimento dei servizi pubblici di trasporto, i piani comunali di risanamento acustico ed i piani regionali triennali di intervento per la bonifica dall'inquinamento acustico adottati ai sensi degli art. 3, comma 1, lettera i), art. 10, comma 5, 7 e 4, comma 2, della legge 447/1995.

Per quanto di interesse dei piani di contenimento e di abbattimento del rumore delle infrastrutture di trasporto stradali ai sensi del DM 29.11.2000 è necessario ricordare che:

- l'Allegato 2 "Metodi di determinazione dei descrittori acustici" del D.l. 194 indica che per il rumore da traffico veicolare, in attesa dell'emanazione dei decreti di cui all'Art. 6, può essere utilizzato il metodo di calcolo francese NMPB-Routes-96.
- I criteri e gli algoritmi per la conversione dei valori limite espressi in $Leq(6-22)$ e $Leq(22-6)$ secondo i descrittori acustici L_{den} e L_{night} verranno determinati entro 120

giorni dalla data di entrata in vigore del D.I. 194 con apposito decreto del presidente del consiglio dei ministri.

- Ai fini dell'elaborazione e della revisione della mappatura acustica e delle mappe acustiche strategiche si possono utilizzare i dati espressi nei descrittori acustici previsti dalle norme vigenti Leq(6-22) e Leq(22-6), convertendoli nei descrittori Lden e Lnight sulla base dei metodi di conversione che verranno definiti entro 120 giorni con decreto del presidente del consiglio dei ministri.

1.2.2 NORMATIVA REGIONALE

La normativa regionale di riferimento comprende le seguenti leggi e deliberazioni:

- Legge Regionale Emilia Romagna 9 maggio 2001 n. 15 “Norme in materia di inquinamento acustico”
- Delibera della Giunta Regionale Emilia Romagna 14 aprile 2004 n. 673 “Criteri tecnici per la redazione della documentazione di previsione di impatto acustico e di valutazione previsionale del clima acustico”

1.2.3 CLASSIFICAZIONI ACUSTICHE COMUNALI

L'adozione della zonizzazione acustica è il primo passo concreto con il quale il Comune esprime le proprie scelte in relazione alla qualità acustica da preservare o da raggiungere nelle differenti porzioni del territorio comunale e altresì il momento che presuppone la tempestiva attivazione delle funzioni pianificatorie, di programmazione, di regolamentazione, autorizzatorie, ordinatorie, sanzionatorie e di controllo nel campo del rumore indicate dalla Legge Quadro.

All'esterno delle fasce di pertinenza delle infrastrutture di trasporto stradali e ferroviarie si applicano i limiti assoluti di immissione definiti in sede di classificazione acustica comunale.

Non essendo noto a priori il contributo al ricettore dovuto alle altre sorgenti acustiche presenti sul territorio, nel presente studio si assume cautelativamente come limite di riferimento per il rumore autostradale il limite assoluto di immissione diminuito di 5 dB, corrispondente quindi ai valori di emissione previsti dalla classificazione acustica comunale.

La tabella seguente riporta l'elenco dei comuni interessati dallo studio acustico e la delibera con cui è stato approvato.

Tabella 1-5: Stato delle classificazioni acustiche

Comune	Provincia	Stato della zonizzazione	Atto
Bologna	BO	APPROVATA	Delibera C.C PG 328998 del 23/11/15
San Lazzaro di Savena	BO	APPROVATA	Delibera C.C n° 20 del 08/04/2014

Il mosaico dei piani di classificazione acustica comunale considerati è riportato negli elaborati grafici “AMB 0260-0261”.

Comune di Bologna

La Classificazione Acustica Comunale, approvata con Delibera di Consiglio Comunale PG 328998 del 23/11/2015, individua lungo il sistema tangenziale un fascia di classe IV. Oltre tale fascia sono presenti ampie aree in classe III (per lo più aree agricole) e numerose aree verdi in classe I.

Nella fascia di studio sono presenti alcune scuole e una casa di riposo.

Dal km 9+500 al km 12+000 vengono interessati ambiti classificati in Zona A e B dalla zonizzazione acustica aeroportuale.

Comune di San Lazzaro di Savena

Il Piano di Classificazione Acustica Comunale, approvato con Delibera di Consiglio Comunale n. 20 del 08/04/2014, individua una fascia lungo la tangenziale in classe IV, oltre alla quale sono presenti aree in classe V e aree in classe III, in quanto aree agricole. Per alcune di queste è in progetto il passaggio alla classe IV.

1.2.4 CONCLUSIONI OPERATIVE

Il Sistema tangenziale di Bologna è una infrastruttura esistente le cui immissioni di rumore sono regolamentate dal DPR 142/2004. Tale decreto definisce una fascia A di pertinenza di ampiezza 100 m con limiti pari a 70/60 dBA e una fascia B, di ampiezza 150 m, con limiti pari a 65/55 dBA. Le fasce sono definite a partire dal ciglio autostradale o dal confine di proprietà.

Esternamente al corridoio infrastrutturale di 250 m valgono i limiti di classificazione acustica comunale stabiliti dalla tabella C del DPCM 14.11.1997, ossia i valori determinati dalla classificazione acustica del territorio.

1.3 Caratteristiche territoriali e insediative

1.3.1 CENSIMENTO DEI RICETTORI

L'identificazione e classificazione tipologica del sistema ricettore è stata svolta in base a sopralluoghi e rilievi estesi all'ambito territoriale di studio interessato dall'asse principale e dalle opere connesse.

Per l'asse principale è stata adottata una estensione di 300 m dal ciglio stradale: il corridoio contiguo all'infrastruttura stradale è stato rilevato con lo scopo di identificare:

- le destinazioni d'uso prevalenti degli edifici: residenziale, residenziale in progetto, edifici dismessi o ruderi, attività commerciali, attività artigianali e industriali, edifici religiosi e monumentali, asili, scuole, istituti superiori o universitari, ospedali, case di cura, case di riposo, impianti sportivi, parchi e aree naturalistiche, pertinenze non adibite a presenza umana permanente (box, tettoie, magazzini), servizi quali municipi, musei, centri sociali, stazioni, ecc.;

- il n. di piani complessivi e abitati, il numero di infissi per ogni piano e per ciascun fronte esposto;
- l'orientamento del fronte principale rispetto alla sorgente di rumore (parallelo, perpendicolare, ruotato);
- la tipologia strutturale (muratura, cemento armato, acciaio);
- lo stato di conservazione (buono, medio, cattivo);
- la presenza di eventuali ostacoli alla propagazione del rumore;
- la presenza di infrastrutture concorsuali o altre sorgenti di rumore.

Le codifiche dei ricettori riportate negli elaborati del censimento vengono sempre univocamente utilizzate nello studio acustico al fine di identificare i punti di calcolo e di verifica acustica.

Nelle tavole allegate “**AMB0260-0261**” sono riportate le localizzazioni dei ricettori, le destinazioni d'uso e i codici assegnati.

1.3.2 RICETTORI SENSIBILI

Ai sensi del DPR 142/2004 sono considerati ricettori sensibili:

- gli edifici scolastici di ogni ordine e grado;
- le case di cura;
- le case di riposo;
- gli ospedali.

Dal censimento effettuato è emerso che sono presenti nell'area oggetto dell'intervento i seguenti ricettori sensibili:

- Casa residenza per anziani “Saliceto” identificata con il codice 578
- Scuola identificata con il codice 718
- Istituto Comprensivo 11, identificato con il codice 737
- Istituto Comprensivo 7, identificato con i codici 785, 787, 790, 792, 798
- Residenza per anziani “Parco del Navile” identificato con i codici 1512, 1513, 1514
- Scuola Elementare Croce Coperta e scuole “Lanzarini Bruno” identificate con i codici 1568, 1570, 1573, 1575
- Scuola primaria Livio Tempesta, identificata con i codici 2109, 2383
- Istituto tecnico commerciale Rosa Luxemburg identificato con i codici 4027-4028-4029-4031.

1.3.3 SORGENTI DI RUMORE CONCORSUALI

In fase di predisposizione dello studio è stato verificato anche il tema della concorsualità acustica con le altre infrastrutture di trasporto limitrofe.

Le infrastrutture di trasporto potenzialmente concorsuali che interessano la fascia di pertinenza di un tracciato in progetto sono rappresentate da tutte le sorgenti stradali e ferroviarie che

confluiscono nella mappatura di clima acustico trasposta allo scenario progettuale, includendo anche le opere connesse di nuova realizzazione e le modifiche alle infrastrutture di trasporto attuali.

L'area allo studio risulta è interessata dalla presenza di altre infrastrutture, come riportato negli elaborati grafici allegati **AMB0262-0263**.

In particolare, sono state considerate le seguenti sorgenti concorsuali:

- Tutte le infrastrutture stradali di categoria superiore alla D censite dal Piano Generale del Traffico Urbani (PGTU) del Comune di Bologna
- Tutte le linee ferroviarie presenti.

1.3.3.1 Metodologia per la considerazione della concorsualità

Il metodo nel seguito proposto per considerare la concorsualità di altre infrastrutture di trasporto stradali e ferroviarie sui limiti di fascia dell'infrastruttura allo studio, è basato sulle indicazioni normative, considerando però che le disposizioni di legge vigenti non sono, per alcuni aspetti, pienamente esaustive: per questo motivo nella scelta del metodo si è cercato di operare scelte equilibrate e cautelative nei confronti dei ricettori.

La verifica di concorsualità, come indicata dall'Allegato 4 DM 29.11.2000 “Criterio di valutazione dell'attività di risanamento da ascrivere a più sorgenti sonore che immettono rumore in un punto”, richiede in primo luogo l'identificazione degli ambiti interessati dalle fasce di pertinenza dell'infrastruttura principale e dalle infrastrutture secondarie presenti sul territorio. La verifica è di tipo geometrica e viene svolta considerando le fasce di pertinenza delle infrastrutture di trasporto stradali e ferroviarie potenzialmente concorsuali.

La significatività, al fine di non introdurre problematiche interpretative rispetto alle quali il quadro normativo attuale è carente, viene sempre verificata nel periodo notturno.

1.3.3.2 Identificazione di significatività della sorgente concorsuale (Fase 1)

Se il ricettore è compreso all'interno di un'area di concorsualità, è in primo luogo necessario verificare la significatività della sorgente concorsuale. La sorgente concorsuale non è significativa, e può essere pertanto trascurata, se sussistono le seguenti due condizioni:

- a) i valori della rumorosità causata dalla sorgente secondaria sono inferiori al limite di soglia, L_S , dato dalla relazione $L_S = L_{zona} - 10 \log_{10}(n-1)$, dove n è il numero totale di sorgenti presenti ed L_{zona} è il massimo dei limiti previsti per ognuna delle singole sorgenti concorsuali;
- b) la differenza fra il livello di rumore causato dalla sorgente principale e quello causato dalla sorgente secondaria è superiore a 10 dB(A).

Operativamente si procede nel seguente modo:

1. definizione dei punti di verifica acustica considerando la sorgente principale (facciate più esposte, 1 punto per ogni piano);

- svolgimento dei calcoli previsionali ante mitigazione per lo scenario di progetto, periodo diurno e notturno, previa taratura del modello di calcolo, per la sorgente principale su tutti i piani;
- previsione di impatto acustico della sorgente concorsuale. Il modello del terreno utilizzato per la simulazione della sorgente A13 accoglie le infrastrutture di trasporto concorsuali. Si tiene così conto delle infrastrutture stradali primarie considerate nello studio del traffico e delle linee ferroviarie. Per le infrastrutture stradali concorsuali viene utilizzato il traffico relativo allo scenario a lungo termine scelto per lo scenario di progetto. I calcoli previsionali svolti per le sorgenti concorsuali nei punti di verifica acustica terranno conto del modello del terreno dettagliato predisposto per la sorgente principale e, conseguentemente, degli effetti di schermatura degli edifici e del terreno;
- associazione dei livelli di impatto delle sorgenti concorsuali al singolo punto di verifica acustica della sorgente principale;
- verifica di significatività della sorgente concorsuale in base alle condizioni a) e b).

Tale approccio si applica solo ai ricettori all'interno della fasce di pertinenza stradale. Per i ricettori esterni alla fascia di pertinenza si considerano i limiti previsti dalle classificazioni acustiche comunali così come previsto dall'Art. 3 del DPCM 14.11.1997 in cui si dice che "per le infrastrutture stradali, ferroviarie, marittime, ... i limiti di cui alla tabella C allegata al presente decreto non si applicano all'interno delle rispettive fasce di pertinenza, individuate nei relativi decreti attuativi. All'esterno di tali fasce dette sorgenti concorrono al raggiungimento dei limiti assoluti di immissione".

Si precisa che nel caso in esame, per essere maggiormente cautelativi nei confronti dei ricettori presenti nell'area di studio, sono state considerate sempre concorsuali le sorgenti censite all'interno delle relative fasce acustiche.

1.3.3.3 Definizione dei limiti di soglia (Fase 2)

Se la sorgente concorsuale è significativa, sia la sorgente principale sia quella concorsuale devono essere risanate nell'ambito delle rispettive attività di risanamento che andrebbero coordinate tra i soggetti coinvolti. I limiti di zona (limiti di fascia o limiti di classificazione acustica) non sono sufficienti a controllare la sovrapposizione degli effetti e devono essere definiti dei livelli di soglia.

In questo modo si vincolano le sorgenti sonore a rispettare limiti inferiori a quelli consentiti qualora le stesse fossero considerate separatamente, imponendo che la somma dei livelli sonori non superi il limite massimo previsto per ogni singolo ricettore.

In particolare:

- Alla fine della Fase 1 si perviene ad una scomposizione dei punti di verifica acustica, e quindi dei ricettori, in due insiemi caratterizzati da concorsualità significativa o non significativa.
- Nel caso in cui la concorsualità non sia significativa, si applica il limite di fascia della infrastruttura principale.

- Nel caso in cui la concorsualità sia significativa e il punto sia contenuto ad esempio in due fasce di pertinenza uguali (A+A oppure B+B), considerando le sorgenti di rumore egualmente ponderate, il livello di soglia è calcolabile come da Allegato 4 DMA 29.11.2000:

$$L_S = L_{zona} - 10 \log_{10} (n)$$

La riduzione dei limiti di fascia (o di classificazione acustica) assume pertanto valore minimo di 3 dBA nel caso di una sorgente principale + una sorgente concorsuale. Nei casi di 2 e 3 sorgenti concorsuali oltre alla sorgente principale le riduzioni diventano:

- 5 db(A) nel caso le sorgenti concorsuali siano 3 (1 principale + 2 concorsuali);
- 6 db(A) nel caso le sorgenti in totale siano 4 (1 principali + 3 concorsuali).

- Nel caso in cui la concorsualità sia significativa e il punto sia contenuto in due fasce di pertinenza diverse (A+B oppure B+A), si attua una riduzione paritetica dei limiti di zona tale che dalla somma dei due livelli di soglia si pervenga al valore massimo delle fasce sovrapposte. In presenza di due sorgenti, i limiti applicabili saranno ridotti di una quantità ΔLeq ottenuta in modo da soddisfare la seguente equazione:

$$10 \log_{10} [10^{(L_1 - \Delta Leq)/10} + 10^{(L_2 - \Delta Leq)/10}] = \max(L_1, L_2)$$

con L_1 ed L_2 pari ai limiti propri delle due infrastrutture considerate singolarmente.

Un'analoga formula si utilizza in caso di presenza di 3 o più infrastrutture concorsuali.

Riassumendo, a seconda di come di sovrappongono le fasce di pertinenza delle due infrastrutture, si distinguono i seguenti casi (i limiti applicabili sono ottenuti sottraendo ai limiti imposti al solo sistema tangenziale/A14, il ΔLeq ottenuto in base all'equazione precedente):

1° CASO: una sola infrastruttura concorsuale

Altra infrastruttura	Autostrada A14/Tangenziale Bologna		
	Fascia A	Fascia B	
Altra infrastruttura	Fascia A	67 dB(A) Leq diurno	63,8 dB(A) Leq diurno
		57 dB(A) Leq notturno	53,8 dB(A) Leq notturno
	Fascia B o Fascia unica da 250 m	68,8 dB(A) Leq diurno	62 dB(A) Leq diurno
		58,8 dB(A) Leq notturno	52 dB(A) Leq notturno

2° CASO: 2 infrastrutture concorsuali

Limiti per Fascia A dell'Autostrada A14/Tangenziale Bologna			
Infrastruttura 1		Infrastruttura 1	
		Fascia A	Fascia B
	Fascia A	65,2 dB(A) Leq diurno	66,4 dB(A) Leq diurno
		55,2 dB(A) Leq notturno	56,4 dB(A) Leq notturno
Fascia B	66,4 dB(A) Leq diurno	67,9 dB(A) Leq diurno	
	56,4 dB(A) Leq notturno	57,9 dB(A) Leq notturno	

Limiti per Fascia B dell'Autostrada A14/Tangenziale Bologna			
Infrastruttura 2		Infrastruttura 1	
		Fascia A	Fascia B
	Fascia A	61,4 dB(A) Leq diurno	62,9 dB(A) Leq diurno
		51,4 dB(A) Leq notturno	52,9 dB(A) Leq notturno
Fascia B	62,9 dB(A) Leq diurno	60,2 dB(A) Leq diurno	
	52,9 dB(A) Leq notturno	50,2 dB(A) Leq notturno	

Si specifica che, nel caso in cui la concorsualità venisse verificata su un solo piano di un edificio, la riduzione dei limiti di riferimento viene poi applicata all'intero edificio (cioè a tutti i ricettori di quell'edificio).

Nelle tavole "AMB0262-0263" sono riportati in forma grafica le fasce delle varie infrastrutture concorsuali ed i ricettori che subiscono le variazioni di limite.

1.3.4 CLIMA ACUSTICO ATTUALE E MONITORAGGIO ACUSTICO ANTE-OPERAM

Al fine di caratterizzare il clima acustico presente nell'area, tra giugno ed ottobre del 2016 è stata effettuata una campagna di monitoraggio in 12 punti di misura, della durata di una settimana per ciascuna postazione.

In Tabella 1-6 sono elencate le postazioni di monitoraggio in cui sono state effettuate le misure e i relativi risultati. Per i dettagli delle misure si rimanda al relativo allegato PAC001

Tabella 1-6– Postazioni di monitoraggio

Campagna di misure Giugno 2016 – Ottobre 2016			
POSTAZIONE	PERIODO MISURA	LEQ MEDIO PERIODO DIURNO [dB(A)]	LEQ MEDIO PERIODO NOTTURNO [dB(A)]
PS01	dal 19/09 al 26/09	58,5	53,1
PS04	dal 14/06 al 21/06	64,8	61,5
PS05	dal 23/06 al 30/06	60,5	57,6
PS07	dal 23/06 al 30/06	58,2	52,6
PS11	dal 06/06 al 13/06	72,2	68,2
PS12	dal 04/07 al 11/07	70,3	51
PS13	dal 23/06 al 30/06	63	59,5
PS14	dal 04/07 al 11/07	60,5	53,8
PS14 bis	dal 04/07 al 11/07	63,4	59,3
PS17	dal 04/07 al 11/07	61,8	52,5
PS20	dal 11/10 al 20/10	61	54,8
PS21	dal 11/10 al 20/10	62,5	59,1

Per l'esecuzione delle misure è stata impiegata strumentazione conforme ai requisiti previsti dal Decreto 16 marzo 1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico"; la catena di misura è composta da:

- Fonometro di classe 1 conforme a: IEC-601272 2002-1 Classe 1, IEC-60651 2001 Tipo 1, IEC-60804 2000-10 Tipo 1, IEC-61252 2002, IEC61260 1995 Classe 0, ANSI S1.4 1093 e S1.43 1997 Tipo 1, ANSI S1.11 2004, Direttiva 2002/96/CE, WEEE e Direttiva 2002/95/CE, RoHS
- Filtri in 1/1 e 1/3 d'ottava in real-time conformi alla norma EN 61260 classe 0 e CEI 29-4;
- Microfono a condensatore da ½ pollice a campo libero, di classe 1 secondo le norme CEI EN 60651, CEI EN 60804, CEI EN61094-5;
- Calibratore di classe 1, conforme alla norma CEI 29-4;
- Cavo microfonico di prolunga (5 m) e schermo antivento;

Tutta la strumentazione utilizzata è stata tarata in un centro SIT da meno di due anni ed è corredata da certificati di taratura.

Per valutare la conformità delle condizioni meteorologiche secondo D.M 16 marzo 1998, sono stati raccolti i dati dalle principali stazioni meteo distribuite lungo l'area di studio; le time history di pioggia, temperatura e velocità del vento sono allegate al termine di ogni scheda di misura di lunga durata.

Le misure sono state effettuate con intervallo di integrazione pari a 1'.

Gli indicatori acustici diretti rilevati sono i seguenti:

- time history, intervallo di integrazione 1";
- livello equivalente continuo (Leq);
- livello massimo (Lmax), livello minimo (Lmin);
- livelli statistici percentili L1, L5, L10, L50, L90, L95, L99.

La localizzazione dei punti di monitoraggio è riportata nell'Allegato "AMB0260-0261" mentre nell'Allegato "PAC001" sono riportate le schede di dettaglio dei rilievi effettuati.

1.3.5 RISANAMENTO ACUSTICO DEL SISTEMA TANGENZIALE DI BOLOGNA

Il Sistema Tangenziale di Bologna è stato sottoposto a un importante intervento infrastrutturale tramite la realizzazione della "terza corsia dinamica", aperta al traffico nel corso dell'anno 2008.

Nell'ambito di tale intervento si è provveduto a realizzare un sistema di barriere al fine di mitigare l'impatto acustico che l'autostrada A14 e la tangenziale ad essa complanare determinavano sui ricettori presenti sul territorio. Le figure seguenti illustrano alcuni esempi delle barriere acustiche realizzate, inclusa la galleria antifonica artificiale "San Donnino".

L'intervento di potenziamento con la terza corsia dinamica ha riguardato il tratto compreso tra il km 8+500 e il km 19+200.

Ai sensi dell'Intesa espressa dalla Conferenza Unificata Stato – Regioni in data 18/11/2010 sul Piano di Risanamento acustico di Autostrade per l'Italia gli interventi di mitigazione realizzati risultano sostitutivi di quelli previsti nel Piano di risanamento acustico ex DM 29/11/00.



Figura 1-1 - Mitigazioni acustiche presenti lungo la Tangenziale di Bologna



Figura 1-2 - Mitigazioni acustiche presenti lungo la Tangenziale di Bologna

Al termine dei lavori per la realizzazione della 3a corsia dinamica è stato svolto il monitoraggio post operam dei livelli acustici presso 17 ricettori (si veda la mappa seguente). I livelli rilevati sono riportati nella tabella seguente, in cui sono presenti anche le differenze rispetto alla situazione ante operam. Nella quasi totalità dei casi si evidenziano benefici significativi e livelli al di sotto dei 60 dBA notturni.



Figura 1-3 – Localizzazione dei punti di monitoraggio post operam dell'intervento di potenziamento della 3a corsia dinamica

Tabella 1-7 - Risultati dei rilievi post operam

Ricettore	Rilevato Post Operam		Differenze tra Ante Operam e Rilevato	
	Diurno (6-22)	Notturno (22-6)	Diurno (6-22)	Notturno (22-6)
13	58,5	53,3	-12,3	-11,6
42	59,9	55,2	-16,2	-15,4
103	65,5	61,5	-6,3	-4,6
125	58,7	53,6	-4	-3,3
145	57	50,9	-13,3	-13,9
162	55,6	51,3	-10,4	-9
198	64,1	59,1	-6,8	-6,1
208	62,4	57,2	-1,9	-0,7
214	62,1	57,7	-6,3	-5,7
227	56,8	51,8	-11,7	-11,7
234	56	50	-9,1	-10,1
238	57,1	52,3	-	-
309	58,8	54,2	-10,9	-9,7
319	57,8	49,6	-8,9	-12,1
329	57,6	51,7	-12,2	-13,2
337	68	61,2	4,3	3,3
338	57,7	53,1	-17,1	-15,9

Si evidenzia che anche la campagna di misura effettuata nell'anno 2016 ha fondamentalmente confermato i livelli già riscontrati con le misure di post operam dell'ampliamento alla 3a corsia dell'A14, evidenziando nella quasi totalità dei casi livelli esterni inferiori ai 60 dBA notturni, a conferma dell'efficacia degli interventi di mitigazione attualmente presenti sul sistema tangenziale/A14.

1.4 Fase di esercizio - Analisi previsionale

1.4.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO PREVISIONALE SOUNDPLAN

Per la simulazione del rumore generato dal traffico stradale è stato utilizzato il modello previsionale SoundPLAN versione 7.3. Il modello messo a punto tiene in considerazione le caratteristiche geometriche e morfologiche del territorio e dell'edificato presente nell'area di studio, la tipologia delle superfici e della pavimentazione stradale, i traffici ed i relativi livelli sonori indotti, la presenza di schermi naturali alla propagazione del rumore, quale ad esempio lo stesso corpo stradale.

I calcoli sono stati svolti utilizzando il metodo del ray-tracing e sono basati sugli algoritmi e sui valori tabellari contenuti nel metodo di calcolo ufficiale francese NMPB-Routes-96.

La procedura di simulazione è la parte centrale e più delicata dello studio acustico, presentandosi la necessità di gestire informazioni provenienti da fonti diverse e di estendere temporalmente ad uno scenario di lungo periodo i risultati di calcolo. È stato pertanto necessario:

- realizzare un modello vettoriale tridimensionale del territorio “DTM Digital Terrain Model” esteso a tutto l’ambito di studio del tracciato autostradale in progetto;
- realizzare un modello vettoriale tridimensionale dell’edificato “DBM Digital Building Model”, che comprende tutti i fabbricati indipendentemente dalla loro destinazione d’uso;
- definire gli effetti meteorologici sulla propagazione del rumore;
- definire i coefficienti di assorbimento per il terreno e gli edifici;
- definire i dati di traffico di progetto da assegnare alle linee di emissione.

In particolare il modello geometrico 3D finale contiene:

- morfologia del territorio;
- tutti i fabbricati di qualsiasi destinazione d’uso, sia quelli considerati ricettori sia quelli considerati in termini di ostacolo alla propagazione del rumore;
- altri eventuali ostacoli significativi per la propagazione del rumore;
- cigli marginali delle infrastrutture stradali in progetto, inclusi gli svincoli, e delle opere connesse esistenti, in variante o di nuova realizzazione.

Per una migliore gestione dei dati di ingresso e di uscita dal modello di calcolo Soundplan sono stati definiti e utilizzati dei protocolli di interscambio dati con un GIS (“Geographical Information System”).

Nella immagine seguente è riportata, a titolo di esempio, una vista 3D del progetto.



Figura 1-4: Vista 3D del modello geometrico ricostruito

1.4.2 MODELLI PREVISIONALI

Il metodo di calcolo NMPB-96 è raccomandato dal Decreto Legge 194, in attuazione alla direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale. La legislazione nazionale italiana ribadisce quanto affermato dal testo redatto dalla Commissione della comunità europea e pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale dell’Unione Europea in data 22/08/2003 in merito alle linee guida relative ai metodi di calcolo.

Per il rumore da traffico veicolare viene raccomandato il metodo di calcolo ufficiale francese «NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB)», citato in «Arreté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routieres, Journal Officiel du 10 mai 1995, article 6» e nella norma francese « XPS 31-133». Nella linea guida il metodo è denominato « XPS 31-133».

Il metodo di calcolo provvisorio è raccomandato per gli Stati membri che non dispongono di un metodo nazionale di calcolo e per quelli che desiderano cambiare il metodo di calcolo.

In NMPB il calcolo dell'emissione si basa sul livello di potenza sonora del singolo veicolo, che implica pertanto la suddivisione della sorgente stradale in singole sorgenti di rumore assimilate a sorgenti puntiformi.

Il livello di potenza sonora è ricavato a partire da un normogramma (**Figura 1-5**), che riporta il livello equivalente orario all'isofonica di riferimento dovuto a un singolo veicolo in funzione della velocità del veicolo per differenti categorie di veicoli, classi di gradiente e caratteristiche del traffico.

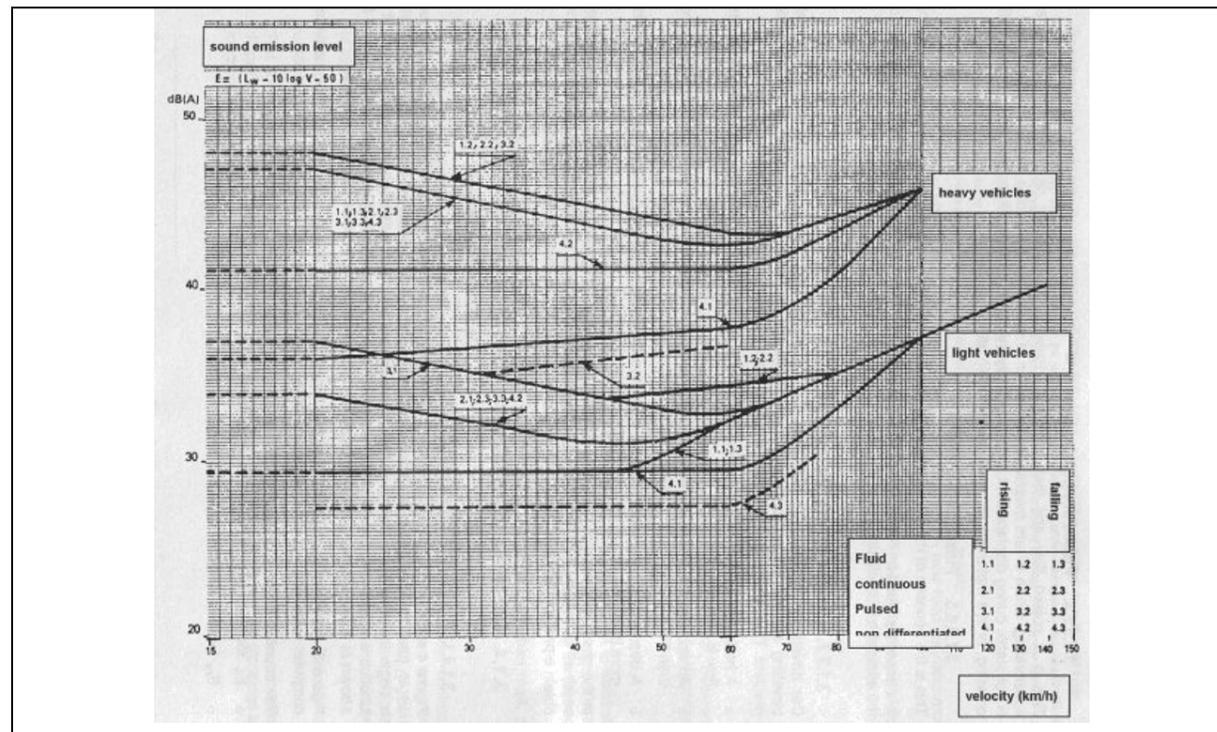


Figura 1-5 – Normogramma NMPB

Il livello di potenza sonora corretto in funzione del numero di veicoli leggeri e di veicoli pesanti nel periodo di riferimento e della lunghezza della sorgente stradale viene a sua volta scomposto in bande di ottava in accordo alla norma EN 1793-3:1997. Da considerare inoltre che:

- la sorgente viene localizzata a 0.5 m di altezza dal piano stradale. La distanza di riferimento del livello di emissione è a 30 m dal ciglio stradale ad un'altezza di 10 m;
- il livello di emissione diminuisce con la velocità su valori bassi di transito, rimane costante per velocità medie e aumenta per velocità alte;
- le categorie di veicoli prese in considerazione sono due: veicoli leggeri (GVM fino a 3.5 tonnellate) e veicoli pesanti (GVM superiore a 3.5 tonnellate);

- non sono previsti valori di volumi di traffico caratteristici in funzione della categoria della strada e dell'intervallo di riferimento. Vengono invece distinte quattro tipologie di flusso veicolare:
 - “Fluid continuous flow” per velocità all'incirca costanti;
 - “Pulse continuous flow” per flusso turbolento con alternanza di accelerazioni e decelerazioni;
 - “Pulse accelerated flow” con la maggior parte dei veicoli in accelerazione;
 - “Pulse decelerated flow” con la maggior parte dei veicoli in decelerazione.
- la pavimentazione stradale considerata è di tipo standard, ma sono apportabili correzioni compatibili con la ISO 11819-1 in funzione del tipo di asfalto e delle velocità;
- l'influenza della pendenza della strada è inclusa nel normogramma. Sono distinti tre casi: pendenza fino al 2%, pendenza superiore al 2% in salita e pendenza superiore al 2% in discesa.

La risposta di NMPB-Routes-96 citato nella norma francese XPS 31-133 in termini di rispondenza delle emissioni al parco circolante è una incognita rispetto alla quale è necessario procedere con cautela nella risposta: turn over, allargamento del traffico a mezzi provenienti dall'est, stato di manutenzione degli autoveicoli, ecc. possono influire molto su quella che potrebbe essere giudicata, in prima istanza, una sovrastima.

Il confronto delle emissioni NMPB-Routes-96 con le emissioni in uso in altri paesi europei evidenzia una buona correlazione con i dati danesi riferiti al 1981 (RMV01) e al 2002 (RMV02) e, viceversa, una sovrastima di circa 2.5 dB rispetto alle emissioni utilizzate dal metodo di calcolo tedesco RLS90. Il confronto tra i valori di emissione LAE alla distanza di riferimento di 10 m e ad un'altezza di 1,5 m utilizzati per veicoli leggeri da diversi metodi di calcolo evidenzia che i valori di esposizione per gli standard NMPB e RLS sono simili per velocità superiori o uguali a 100 Km/h in caso di flusso indifferenziato, velocità e tipologia di flusso tipici di un tracciato autostradale (**Figura 1-6**).

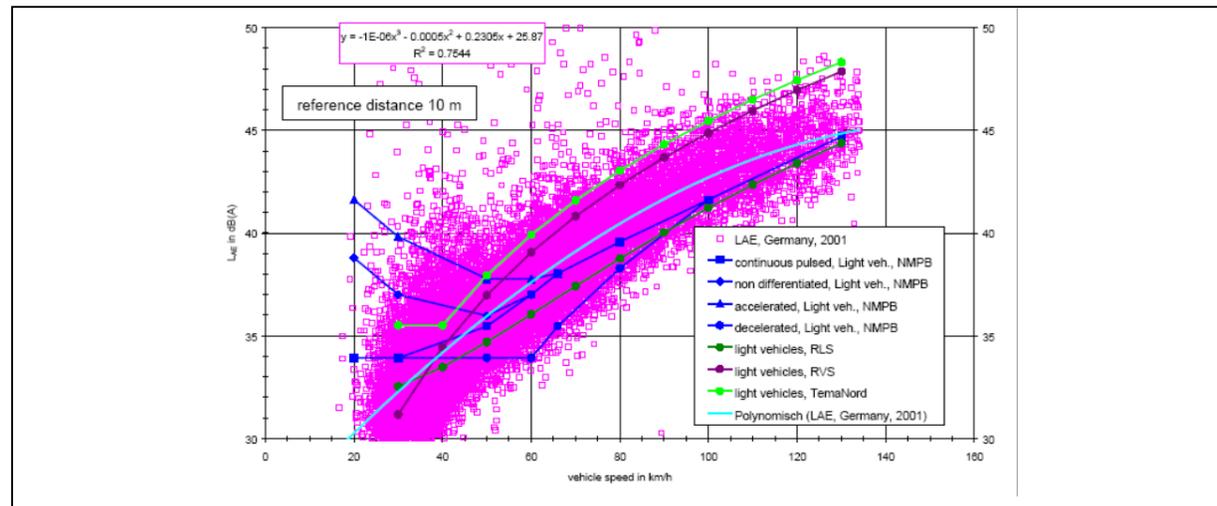


Figura 1-6 – Valori di emissione LAE in funzione della velocità per veicoli leggeri

Per quanto riguarda la divergenza geometrica, l'assorbimento atmosferico e l'effetto del terreno NMPB96 prevede quanto segue:

- Divergenza geometrica - Il decremento del livello di rumore con la distanza (A_{div}) avviene secondo una propagazione sferica.
- Assorbimento atmosferico - Attenuazione del livello di rumore in funzione della temperatura e dell'umidità dell'aria (A_{atm}). In NMPB le condizioni standard sono 15°C e 70% di umidità. Vanno considerati valori opportuni di coefficienti di assorbimento in accordo alla ISO 9613-1 per valori diversi della temperatura e umidità relativa.
- Effetto del terreno - L'attenuazione del terreno è valutata in modo differente in relazione alle condizioni meteorologiche di propagazione. In condizioni favorevoli il termine è calcolato in accordo al metodo indicato nell'ISO 9613-2. In condizioni omogenee è introdotto un coefficiente G del terreno, che è nullo per superfici riflettenti. In questo caso $A_{grd} = -3$ dB.

1.4.3 Dati di traffico

I dati di traffico utilizzati nello scenario di progetto, relativi all'anno 2035, sono stati estratti dallo studio di traffico, nell'ambito del quale sono stati calcolati i traffici medi suddivisi per tipologia di veicolo riferiti ai periodi diurno e notturno. Questa suddivisione è stata determinata dall'analisi della distribuzione dei dati di traffico orari rilevati sulla tratta in studio.

Per i relativi approfondimenti si rimanda al documento "Studio di Traffico" che accompagna il Progetto Definitivo del Potenziamento in sede del Sistema tangenziale di Bologna.

1.4.4 Taratura del modello previsionale

Al fine di valutare l'attendibilità del modello previsionale oltre a fare riferimento ai risultati della campagna di rilievi appositamente svolta nell'anno 2016, si è scelto di utilizzare anche gli esiti delle campagne di monitoraggio post operam dell'ampliamento alla terza corsia dell'autostrada aA14, eseguite nei primi mesi dell'anno 2009.

I punti di monitoraggio sono stati scelti in maniera tale da consentire un rilievo del rumore generato esclusivamente (o quasi, per quanto possibile) dal Sistema Tangenziale di Bologna.

Per tale ragione le postazioni sono state scelte considerando:

- un ampio angolo di vista sulla autostrada;
- l'assenza di ostacoli tra il microfono e la sorgente stradale;
- l'assenza di significative fonti secondarie circostanti.

L'ubicazione planimetrica delle postazioni è riportata negli allegati grafici al Quadro di Riferimento Ambientale del SIA e nell'Allegato "AMB0260-0261", mentre le schede di dettaglio dei rilievi sono riportati nell'allegato "PAC001".

I valori rilevati in campo sono stati impiegati direttamente per valutare l'attendibilità del modello relativamente alla situazione di ante operam.

Viceversa, per i calcoli relativi alla situazione di post-operam, è stato considerato l'incremento dei flussi veicolari previsto per il 2035, scenario temporale di riferimento del progetto.

Mediante il modello di simulazione SoundPLAN è stata ricostruita la morfologia delle sezioni di taratura e sono stati collocati punti di calcolo in corrispondenza dei microfoni utilizzati in campo.

La sorgente autostradale è stata simulata inserendo i flussi veicolari contestualmente rilevati.

Nel caso in esame, la taratura del modello a seguito dei rilievi fonometrici effettuati ha portato a considerare la probabilità di condizioni meteorologiche favorevoli alla propagazione pari allo 0% sia in periodo diurno che in periodo notturno.

Nella **Tabella 1-8** è riportato l'esito del confronto tra valori misurati e valori calcolati: complessivamente la media degli scostamenti rispetto alle misure di rumore dell'anno 2016 è pari a +1,8 dBA per il periodo diurno e +0,3 dBA per il periodo notturno, mentre riferendosi alle misure dell'anno 2009, la media degli scostamenti è pari a +1,5 dBA per il periodo diurno e +0,2 dBA per il periodo notturno. In generale è possibile verificare una lieve sovrastima del modello maggiormente accentuata nel periodo diurno; ciò è verosimilmente dovuto a velocità di percorrenza del sistema tangenziale ridotte a causa del congestionamento del sistema viario. Si sottolinea tuttavia che tale sovrastima è a favore di sicurezza per i ricettori dell'area

La Tabella 1-8 riporta il confronto tra i livelli misurati e quelli simulati.

Tabella 1-8 – Risultati taratura modello previsionale

VERIFICA ATTENDIBILITÀ						
CAMPAGNA INDAGINI 2016						
Punto Misura	Valori rilevati		Valori simulati		Delta	
	Diurno	Notturno	Diurno	Notturno	Diurno	Notturno
PS01	58,5	53,1	60,9	54,8	2,4	1,7
PS04	64,8	61,5	68,1	61,8	3,3	0,3
PS05	60,5	57,6	64,3	57,8	3,8	0,2
PS07	58,2	52,6	59,3	52,8	1,1	0,2
PS11	72,2	68,2	74,9	68,5	2,7	0,3
PS12	70,3**	51	57,5	50,9		-0,1
PS13	63	59,5	65,2	58,8	2,2	-0,7
PS14	60,5	53,8	59,9	53,5	-0,6	-0,3
PS14 bis	63,4	59,3	65,2	58,4	1,8	-0,9
PS17	61,8	52,5	59,7	53,1	-2,1	0,6
PS20	61	54,8	62,6	56,2	1,6	1,4
PS21	62,5	59,1	66	59,4	3,5	0,3
MEDIA DEGLI SCOSTAMENTI					1,8	0,3

CAMPAGNA INDAGINI PO 3a CORSIA A14 01-05/2009						
Punto Misura	Valori rilevati		Valori simulati		Delta	
	Diurno	Notturno	Diurno	Notturno	Diurno	Notturno
R13	58,5	53,3	60,5	54,3	2	1
R42	59,9	55,2	61,5	55	1,6	-0,2
R103	65,5	61,5	68,1	61,8	2,6	0,3
R125*	58,7	53,6	57	50,5	-1,7	-3,1
R145	57	50,9	60,2	53,8	3,2	2,9
R162	55,6	51,3	58,9	52,4	3,3	1,1
R198	64,1	59,1	65,6	59,2	1,5	0,1
R208	62,4	57,2	62,9	56,7	0,5	-0,5
R214	62,1	57,7	65,1	58,7	3	1
R227	56,8	51,8	57,9	51,3	1,1	-0,5
R234	56	50	56	49,6	0	-0,4
R238	57,1	52,3	57,7	51,1	0,6	-1,2
R309	58,8	54,2	60,2	53,7	1,4	-0,5
R319	57,8	49,6	57,6	51	-0,2	1,4
R329	57,6	51,7	59,8	53,2	2,2	1,5
R338	57,7	53,1	59,8	53,3	2,1	0,2
MEDIA DEGLI SCOSTAMENTI					1,5	0,2

* misura influenzata da altre sorgenti di natura antropica

** misura diurna influenzata da altre sorgenti, verosimilmente avifauna e cicale

Note: - Le misure fonometriche sono state correlate con i dati di traffico rilevati contestualmente da ASPI nelle relative settimane di misura;

I risultati sopra riportati evidenziano come il modello implementato risulti adeguato ed efficace nel ricostruire i livelli di pressione acustica determinati dalle emissioni del traffico stradale e autostradale.

1.4.5 Previsione dei livelli di rumore ai ricettori

1.4.5.1 Localizzazione dei punti di calcolo

Il calcolo dei livelli di rumore in ambiente esterno e la conseguente identificazione delle aree di superamento devono essere svolte, in base alle indicazioni del DPR 142/2004, a 1 m di distanza dalla facciata degli edifici, in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione. Il DM 29.11.2000, pur con diversa definizione (punto di maggiore criticità della facciata più esposta) ripropone l'attenzione sul fatto che nella fase di programmazione delle attività di risanamento l'identificazione delle aree di superamento deve sempre essere basata sulla condizione di maggiore esposizione del ricettore.

La localizzazione della facciata e del punto di massima esposizione non sono noti a priori, dipendendo dalla geometria del problema e, in particolare, dalle condizioni di schermatura degli edifici e ostacoli naturali circostanti al ricettore, dal dislivello tra sorgente autostradale e punto di calcolo, dall'importanza delle componenti di rumore riflesso e diffratto rispetto alla componente di rumore che raggiunge direttamente il ricettore.

Il modello di calcolo determina la serie dei punti di calcolo su tutta la superficie degli edifici considerati, secondo i parametri indicati al paragrafo 1.4.6. In base ai risultati ottenuti, per ciascun edificio vengono identificati il punto e la facciata di massima esposizione.

1.4.6 Specifiche di calcolo

I calcoli acustici con il modello previsionale SoundPLAN sono stati svolti utilizzando i seguenti parametri:

Parametri generali:

- Passo di campionamento delle sorgenti sulla tratta 1 m
- Quota della sorgente sul livello della strada 1,2 m
- Coefficiente di assorbimento del terreno $G=1$ per le aree agricole e $G=0.3$ per le aree urbanizzate
- Numero di riflessioni 1
- Temperatura dell'aria 15°C
- Umidità relativa dell'aria 70%
- Pressione atmosferica 101.325 Kpa
- Condizioni meteorologiche favorevoli alla propagazione Diurno 0% - Notturmo 0%

Parametri calcolo in facciata

- Distanza dei punti di calcolo dalla facciata 1 m
- Lunghezza minima facciata per l'inserimento di un punto 5 m

- Lunghezza massima facciata per l’inserimento di un secondo punto 30 m
- Quota prima serie di punti 1.5 m
- Passo in altezza serie di punti successive 3 m

1.4.7 Scenari simulati

Sono stati simulati i seguenti scenari:

Scenario di stato attuale

È stata simulata la sorgente stradale attuale (anno 2016), nelle condizioni di traffico fornite dallo studio del traffico per lo scenario di stato attuale, con la morfologia e le opere di mitigazione attualmente presenti sul territorio.

Scenario di post operam con mitigazioni

È stata simulata la sorgente stradale allo stato futuro, considerando tutti gli interventi di mitigazione previsti, secondo le caratteristiche planoaltimetriche fornite dal progetto stradale e le condizioni di traffico definite dallo studio relativo per lo scenario progettuale al 2035.

1.4.8 Definizione del sistema di mitigazioni

1.4.8.1 Interventi lungo la via di propagazione del rumore dalla sorgente al ricettore

La progettazione acustica delle barriere di mitigazione al rumore ha permesso di definire la localizzazione e la geometria (altezza, lunghezza) degli interventi sulla propagazione del rumore.

Le barriere antirumore sono riportate nelle tavole “**AMB0266-0267**”, che illustrano il progetto mitigato.

Nelle tavole “**AMB0264-0265**” sono riportati in forma grafica i risultati della simulazione acustica attuale, mentre nelle tavole “**AMB0266-0267**” sono riportati in forma grafica i risultati della simulazione acustica di progetto all’anno 2035 con la presenza degli interventi di mitigazione.

In particolare, sono riportati gli edifici (residenziali e sensibili) per i quali risultano rispettati o superati i limiti di legge previsti

Il sistema di mitigazioni in progetto integra e sostituisce le barriere già esistenti sia in termini di estensione, sia in termini di altezza o di elementi aggettanti.

L’elenco delle barriere antirumore, previste in progetto, è riportato nelle seguenti **Tabella 1-9**, **Tabella 1-10** e **Tabella 1-11**.

L’impegno complessivo in opere di mitigazione risulta pari ad uno sviluppo complessivo di 17.767 m, ripartiti in 7.369 m in carreggiata Nord e 10.398 m in carreggiata sud.

Complessivamente quindi il progetto prevede barriere acustiche per oltre il 50% dell’estensione dell’intervento (considerando l’estensione delle due carreggiate).

A queste barriere vanno poi aggiunti circa 1 km di interventi acustici speciali costituiti dalle coperture antifoniche di San Donnino e di croce del Biacco.

Tabella 1-9 – Elenco barriere antirumore – Carreggiata NORD

BARRIERE ACUSTICHE CARREGGIATA NORD			
ID	lunghezza Barriera	Altezza barriera	lunghezza sbraccio
FOA 1 N	207	5	
FOA 2_1 N	178	6,5	
FOA 2N	447	6,5	2
FOA 3N	489	5	
FOA 4N	174	6,5	
FOA 5N	180	6,5	
FOA 6N	60	6,5	2
FOA 7N	57	6,5	
FOA 8N	60	6,5	
FOA 9N	386	6,5	
FOA 10 N	456	6,5	2
FOA 11 N	78	6,5	2
FOA 12N	141	6	
FOA 13 N	81	6,5	2
FOA 14 N	126	8	5
FOA 15 N	105	6,5	
FOA 17 N	30	6	
FOA 18 N	390	6,5	2
FOA 19_1 N	228	6,5	
FOA 19_2 N	156	6	
FOA 19_3N	52	6,5	
FOA 19 N TER	30	5	
FOA 20 N	146	6	
FOA 20 N BIS	144	6,5	
FOA 21 N	222	6,5	5,5
FOA 22 N	237	6,5	
FOA 23 N	78	6,5	5,5
FOA 24 N	198	6	

BARRIERE ACUSTICHE CARREGGIATA NORD			
ID	lunghezza Barriera	Altezza barriera	lunghezza sbraccio
FOA 25 N	268	6,5	5,5
FOA 25 N BIS	398	6,5	5,5
FOA 100 N	204	6	
FOA 26 N	483	6,5	
FOA 27 N	387	6,5	
FOA 28 N	231	6,5	
FOA 29 N	52	6,5	
FOA 30 N	210	6,5	

Tabella 1-10: Elenco barriere antirumore – Carreggiata SUD

BARRIERE ACUSTICHE CARREGGIATA SUD			
ID	lunghezza Barriera	Altezza barriera	lunghezza sbraccio
FOA 1 S	195	6	
FOA 2 S	314	6,5	2
FOA 3 S	141	6	
FOA 4 S	207	6,5	2
FOA 5 S	156	6,5	
FOA 100 S	234	6	
FOA 200 S	259	6,5	
FOA 300 S	480	5	
FOA 400 S	484	4	
FOA 500 S	255	6	
FOA 6_1S	160	6,5	
FOA 6_2 S	117	6,5	
FOA 6_3 S	143	6,5	
FOA 7S	251	6,5	2
FOA 8S	390	6,5	
FOA 9S	231	6,5	5,5
FOA 10 S	255	6,5	
FOA 11 S	173	6,5	
FOA 12 S	51	6	
FOA 13 S	75	6	

BARRIERE ACUSTICHE CARREGGIATA SUD			
ID	lunghezza Barriera	Altezza barriera	lunghezza sbraccio
FOA 14 S	141	6	
FOA 600 S	72	4	
FOA 700 S	86	4	
FOA 15 S	969	5	
FOA 16 S	60	5	
FOA 17 S	48	6,5	
FOA 18 S	309	6,5	5,5
FOA 19 S	327	6,5	
FOA 20 S	214	5	
FOA 21 S	255	6,5	
FOA 21 S BIS	165	5	
FOA 23 S	225	6,5	
FOA 24 S	99	6,5	
FOA 26 S	690	6,5	5,5
FOA 27 S	240	6	
FOA 28 S	69	6,5	5,5
FOA 29 S	360	8	5,5
FOA 30 S	60	8	5,5
FOA 31 S	84	6	
FOA 32 S	528	8	5,5
FOA 32 S BIS	465	6,5	5,5
FOA 33 S	112	6,5	
FOA 34 S	58	6,5	
FOA 35 S	191	6,5	

Tabella 1-11: Elenco barriere antirumore – INTERVENTI SPECIALI

INTERVENTI SPECIALI	
ID	Lunghezza
Copertura San Donnino	150
Semicopertura - Primo tratto San Donnino	300
Semicopertura - Secondo tratto San Donnino	103
Semicopertura - Copertura Croce Del Biacco	436

Si precisa che lo studio ha considerato le soluzioni progettuali dello svincolo 9: è possibile prevedere infatti la chiusura completa dello svincolo con l'eliminazione di tutte le rampe oppure la chiusura parziale, eliminando solo le rampe a servizio della carreggiata sud. Si specifica che la **Tabella 1-9** riporta il dettaglio delle barriere con lo scenario di rimozione dello svincolo 9.

Nel caso di chiusura parziale dello svincolo 9, le barriere che subiscono delle modifiche sono:

- FOA 19_3N lunghezza 52m ,altezza 6,5 + sbraccio di 2m
- FOA 19_2 N lunghezza 110 ed altezza di 6.5 m
- FOA 20 N lunghezza 364 ed altezza di 6

Nelle tavole “**AMB0266-0267**” è riportato un riquadro con la soluzione alternativa per lo svincolo 9.

Infine occorre precisare che le FOA 300S, 400S e 500S , sono state dimensionate per mitigare l'inserimento nel territorio in esame della viabilità che sarà realizzata a seguito dell'apertura del nuovo Svincolo Tangenziale di Lazzaretto.

1.4.8.2 Interventi diretti sui ricettori

Il DPR 142/04 prevede espressamente la possibilità di ricorrere a interventi diretti sui ricettori qualora considerazioni di carattere tecnico, economico od ambientale rendano difficoltosi gli interventi sulla sorgente o con pannelli antirumore.

Nel caso di ricettori isolati, di edifici molto alti antistanti l'infrastruttura, o di ricettori direttamente affacciati su strade urbane, l'intervento maggiormente conveniente ed efficace è l'insonorizzazione diretta degli edifici.

Sebbene ogni situazione particolare costituisca un caso a sé, con la necessità quindi di effettuare valutazioni diagnostiche accurate, in linea di massima si può affermare che l'azione prioritaria per migliorare l'isolamento acustico globale delle facciate debba essere rivolta alle superfici vetrate in esse presenti.

Per un maggior dettaglio nella definizione degli interventi, si può far riferimento al seguente schema di possibili soluzioni, riportate qui di seguito in ordine crescente di efficacia acustica:

- sostituzione dei vetri tradizionali con speciali vetri antirumore (doppi vetri o vetri multistrato di maggior spessore);
- sostituzione degli infissi con speciali infissi antirumore, eventualmente del tipo autoventilato;
- realizzazione di doppi infissi, in aggiunta a quelli esistenti.

Gli edifici residenziali in corrispondenza dei quali non è possibile garantire il rispetto dei limiti normativi in ambiente esterno richiedono la verifica dei limiti in ambiente abitativo ed eventuali interventi migliorativi sul fonoisolamento di facciata nel caso in cui non siano rispettati i limiti interni.

Per gli edifici recentemente ristrutturati o di nuova costruzione è verosimile che, in molti casi, il potere fonoisolante dei serramenti attuali risulti sufficiente a garantire 40 dB(A) di impatto in ambiente abitativo. Al fine di restringere il campione di edifici sui quali prevedere le verifiche degli interventi diretti è stato considerato, in forma omogenea e cautelativa per tutti gli edifici, un fonoisolamento minimo di facciata pari a 20 dBA.

La scelta di ipotizzare un potere di fonoisolamento di facciata medio pari a 20 dBA è frutto dell'esperienza maturata in numerose campagne di monitoraggio fonometriche che hanno documentato che, anche in presenza di edifici di non recente costruzione e in stato di conservazione non ottimale il suddetto valore, anche per serramenti di tipo vecchio, è verosimilmente garantito.

Nella Tabella 1-12 seguente sono riportati i ricettori per cui, a valle della suddetta fase di screening, si ritiene possibile un esubero dei livelli di pressione sonora in ambiente interno.

Tabella 1-12: Ricettori da sottoporre a verifica per il rispetto dei livelli interni

Ricettore	Destinazione d'uso	Piano	LAeq Diurno [dB(A)]	LAeq Notturno [dB(A)]
871	Residenziale	Piano 4	66,6	60,2
871	Residenziale	Piano 5	67,0	60,5
871	Residenziale	Piano 6	67,3	60,8
871	Residenziale	Piano 7	67,6	61,1
871	Residenziale	Piano 8	66,8	60,3
975	Residenziale	Piano 6	67,1	60,7
975	Residenziale	Piano 7	68,1	61,7
975	Residenziale	Piano 8	68,8	62,4

1.4.8.3 Risultati delle simulazioni

Nel file allegato “**PAC002**” sono documentati i livelli attuali e post operam mitigati previsti sui ricettori riportati in forma grafica negli allegati Allegato “**AMB0264-0265**” e “**AMB0266-0267**”, in corrispondenza dei punti di calcolo. Le valutazioni puntuali sono state limitate agli edifici residenziali oggetto del censimento compresi all'interno dell'area di potenziale impatto (300m dal ciglio di progetto).

I punti di calcolo considerati sono quelli relativi alla facciata maggiormente esposta agli impatti acustici dell'infrastruttura considerata e sono gli stessi nelle diverse simulazioni.

In Tabella 1-13 si riporta una sintesi dei risultati in cui si evidenzia la variazione del numero di ricettori residenziali fuori dai limiti normativi nelle ipotesi di calcolo e cioè, nello stato attuale e nello stato di progetto con mitigazioni.

Nella Tabella 1-12 sono riportati il numero di interventi diretti nelle ipotesi di calcolo e in Tabella 1-15 è invece riportata la suddivisione dei ricettori esaminati all'interno delle fasce di pertinenza acustica dell'autostrada.

Da tali tabelle si evince come gli edifici fuori dai limiti di legge passano dal 12.4% della situazione attuale sul numero totale di edifici potenzialmente impattati, al 4.2% della situazione post operam con mitigazioni.

Si registra inoltre una notevole diminuzione dei ricettori (piani) su cui eventualmente effettuare un intervento diretto passando da 128 (4.0%) della situazione attuale a 8 (0.2%) della situazione post operam con mitigazioni, pari ad una riduzione di oltre il 93%.

Tabella 1-13 – Variazione ricettori fuori limite

Ricettori fuori limite		Incidenza su numero totale di ricettori
Attuale	402	12,4%
Post operam mitigato	136	4,2%
Riduzione rispetto a Attuale		-66.2%

Tabella 1-14 – Verifiche interventi diretti

Verifiche interventi diretti		Incidenza su numero totale di ricettori
Attuale	128	4,0%
Post operam mitigato	8	0,2%
Riduzione rispetto a Attuale		-93.8%

Tabella 1-15: suddivisione Ricettori per Fascia

Fascia	Numero Ricettori	Incidenza su numero totale di ricettori
Fascia A	917	28.4%
Fascia B	1781	55.1%
Fuori Fascia	534	16.5%

I ricettori con esuberanti residui sono localizzati quasi esclusivamente in Fascia B e fuori fascia, come evidenziato nelle Tabella 1-16, Tabella 1-17 e Tabella 1-18.

Nello specifico, dei 136 ricettori che presentano un esubero del limite di legge, solo 22 sono ubicati in fascia A e di quest'ultimi solo in un caso si evidenzia l'esubero dei 60 dBA esterni e la conseguente necessità di verifica del rispetto del limite interno (grattacielo 975). Per tutti gli altri ricettori in fascia A, che presentano delle criticità, si evidenzia che spesso l'esubero del limite di fascia è legato alla presenza di altre infrastrutture concorsuali, che ha comportato una riduzione dei limiti di riferimento. A tal proposito si precisa che, nella fase di progettazione si è provveduto a massimizzare per queste aree gli interventi di mitigazione previsti in progetto.

Tabella 1-16: Variazione ricettori fuori limite Fascia A

Ricettori fuori limite Fascia A		Incidenza su numero totale di ricettori
Attuale	121	3.7%
Post operam mitigato	22	0,7%
Riduzione rispetto a Attuale		-81.8%

Tabella 1-17: Variazione ricettori fuori limite Fascia B

Ricettori fuori limite Fascia B		Incidenza su numero totale di ricettori
Attuale	246	7,6%
Post operam mitigato	87	2,7%
Riduzione rispetto a Attuale		-64,6%

Tabella 1-18: Variazione ricettori fuori limite fuori Fascia

Ricettori fuori limite fuori fascia		Incidenza su numero totale di ricettori
Attuale	35	1,1%
Post operam mitigato	27	0,8%
Riduzione rispetto a Attuale		-22,9%

Per la soluzione progettuale dello svincolo 9 che prevede la parziale chiusura, il ridimensionamento delle barriere sopra riportato ha consentito di mantenere sostanzialmente invariato il numero di edifici che presentano esuberanti dei limiti evidenziando un incremento dei livelli attesi nei ricettori più prossimi alle rampe dello svincolo in media inferiore a 0.5dBA.

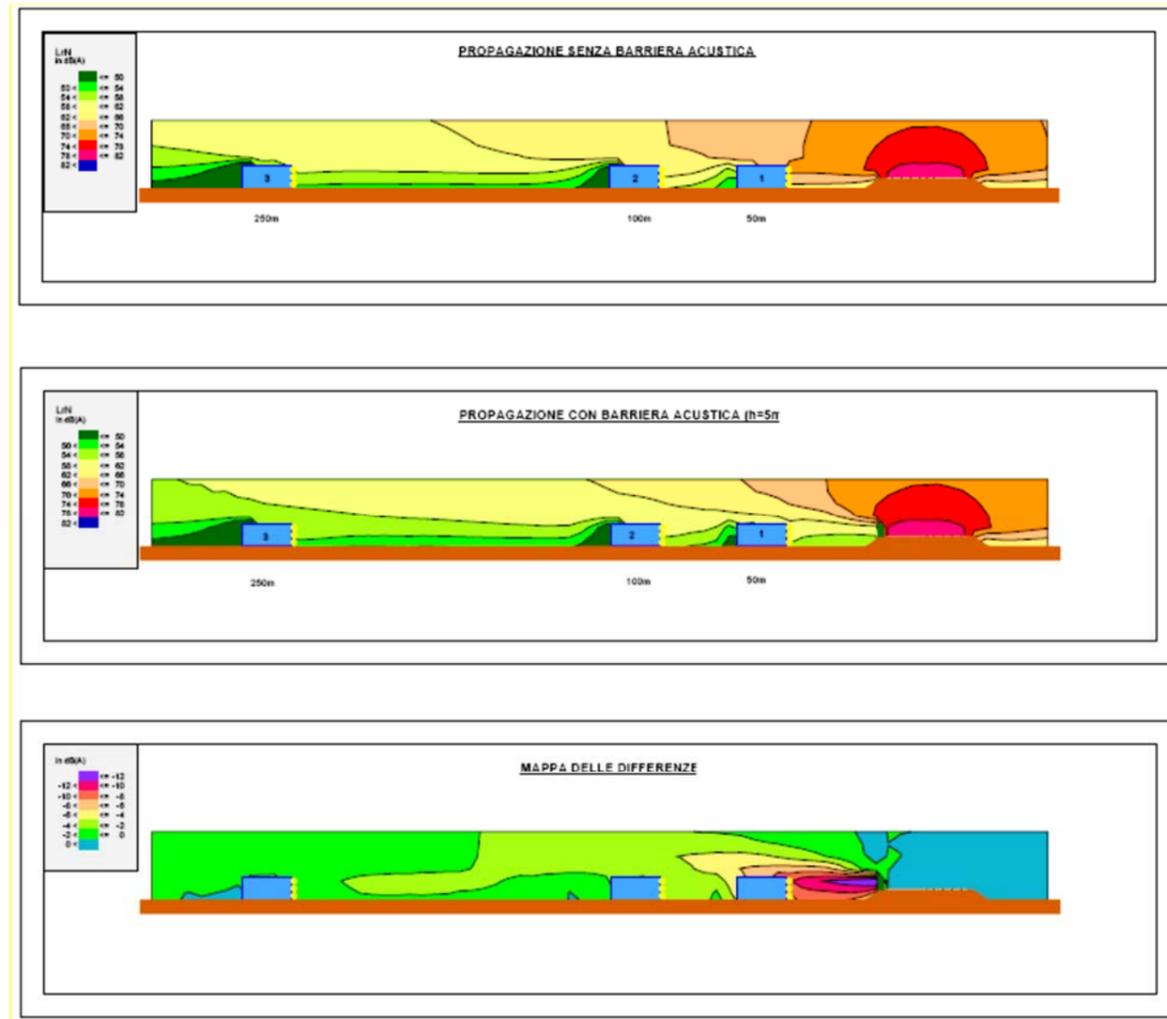
Si ribadisce che nel progetto di potenziamento in esame si è cercato per quanto possibile, di garantire il rispetto dei limiti acustici vigenti esterni ed interni ex DPR 142/04 in tutta l'area interessata dall'intervento di potenziamento, ed il generale mantenimento del clima acustico attuale negli ambiti già adeguatamente protetti dagli interventi di mitigazione esistenti ed il miglioramento delle prestazioni laddove risultato necessario.

Si precisa inoltre che la mitigazione delle situazioni che vedono edifici distanti oltre 150m dall'autostrada risulta di fatto molto difficile a causa della perdita di efficacia dell'abbattimento acustico determinato dalle barriere al crescere della distanza tra la sorgente e il ricettore. Nelle figure seguenti è riportato un esempio riferito a flussi di traffico reali che dimostra quanto affermato.

I ricettori 1, 2 e 3 sono posti rispettivamente a 50, 100 e 250 m dalla sede stradale. Nella situazione con barriera di altezza pari a 5m si evidenziano miglioramenti che decrescono con la distanza dalla barriera a causa della diffrazione dal bordo superiore, ma anche per quella laterale, in quanto nessuna barriera può avere lunghezza infinita (in questo caso si è ipotizzato una barriera di lunghezza 200m).

Questa situazione è illustrata nella mappa delle differenze: a partire da circa 200m dalla sede stradale il miglioramento prodotto dalla barriera acustica è inferiore a 2 dBA, infatti presso il ricettore 3 il miglioramento è di poco superiore a 1,5 dBA. Questi valori sono poco percettibili

dall'udito e la presenza o meno della barriera non modifica in modo sensibile il clima acustico al ricettore.



Per quanto concerne la popolazione esposta, lo studio acustico stima che allo stato attuale, già in buona parte mitigato a seguito dei lavori per la realizzazione della terza corsia dinamica dell'A14, il numero di abitanti esposti a livelli superiori a 55 dBA nel periodo notturno sia pari a 6060, il 16.1% della popolazione residente nei ricettori considerati. Si precisa che il numero di abitanti è stato stimato sulla base della superficie di ogni edificio e ipotizzando circa 33 m² per abitante.

Dal confronto tra la situazione attuale e quella post mitigazione, si determina una efficacia degli interventi variabile che consente un miglioramento generalizzato del clima acustico sul territorio.

Pur in presenza nello stato attuale di un consistente sistema di mitigazioni i miglioramenti che saranno ottenuti con l'installazione delle barriere acustiche di progetto sono significativi: il numero di ricettori residenziali fuori limite esterno notturno si riduce del 68.1%.

Per quanto riguarda i ricettori sensibili presenti nell'area di studio, quasi tutti già attualmente mitigati, (Casa residenza per anziani "Saliceto" identificata con il codice 578; Scuola identificata con il codice 718; Istituto Comprensivo 11, identificato con il codice 737, Istituto Comprensivo 7, identificato con i codici 785, 787, 790, 792, 798; Residenza per anziani "Parco del Navile" identificato con i codici 1512, 1513, 1514; Scuola Elementare Croce Coperta e scuole "Lanzarini Bruno" identificate con i codici 1568, 1570, 1573, 1575; Scuola primaria Livio Tempesta, identificata con i codici 2109, 2383) si evidenzia un significativo miglioramento del clima acustico atteso, pari in media a circa 3,3 dBA esterni. Permangono però dei residui lievi superamenti dei limiti esterni ma si elimina completamente la necessità di verificare il rispetto dei limiti interni e gli eventuali interventi diretti sugli involucri edilizi.

Dai dati di sintesi forniti risulta pertanto conseguito l'obiettivo posto a base della progettazione acustica di pervenire a un generale e diffuso miglioramento del clima acustico causato dal traffico autostradale.

Tabella 1-19 – Esposizione superiore a 60 dBA per numero di abitanti

Esposizione > 60		Incidenza su numero totale di ricettori
Attuale	1460	3,6%
Post operam mitigato	106	0,3%
Riduzione rispetto a Attuale		-93%

Tabella 1-20 – Esposizione superiore a 55 dBA per numero di abitanti

Esposizione > 55		Incidenza su numero totale di ricettori
Attuale	6606	16.1%
Post operam mitigato	1961	4.8%
Riduzione rispetto a Attuale		-70.3%

Complessivamente si prevede che il 69.3% della popolazione residente negli edifici considerati nello studio beneficerà di un miglioramento del clima acustico

A tal proposito si precisa che nell'allegato "AMB0268-0269" si riporta in forma grafica la differenza tra i livelli esterni simulati nello stato attuale e quelli previsti dal progetto mitigato. L'analisi di tale tavola, consente di verificare velocemente come il miglioramento/mantenimento del clima acustico sia generalmente e diffusamente raggiunto (edifici campiti con tonalità verdi o gialle).

Focalizzando l'analisi sui ricettori che allo stato attuale hanno livelli esterni notturni superiori a 50 dBA si rileva che il miglioramento del clima acustico riguarderà il 85.8% dei ricettori, pari al 91.4% della popolazione.

Infine si sottolinea nuovamente che all'interno dei risultati dell'allegato PAC002 sono riportati anche gli esiti modellistici della situazione post operam per i ricettori, esterni dalla fascia di studio dell'autostrada, ma influenzati acusticamente dalla realizzazione della viabilità di collegamento con il novo svincolo di Lazzaretto.

Per questi ricettori (codici 4020-4044), non è presente un valore di Ante operam, poiché allo stato attuale il loro clima acustico è influenzato da viabilità locali minori, non contemplate nello studio di traffico di progetto. Si è quindi provveduto alla valutazione del solo scenario di progetto mitigato, che ha evidenziato come il sistema di mitigazioni previsto consente il rispetto dei limiti di zona per tutti i ricettori residenziali, oltreché per le aree previste in trasformazione nell'ambito n° 129- Bertalia-Lazzaretto di variante al POC e al Rue Vigenti. Permangono solo lievi esuberi diurni per i piani più alti dell'edificio scolastico "Istituto tecnico commerciale Rosa Luxemburg" identificato con i codici 4027-4028-4029-4031.

1.4.9 Sintesi impatto acustico fase di esercizio

Tramite la realizzazione delle barriere acustiche previste nel Progetto Definitivo si prevede di limitare significativamente l'esposizione della popolazione, di mitigare l'impatto acustico, di garantire il rispetto dei limiti acustici vigenti esterni ed interni ex DPR 142/04 in tutta l'area interessata dall'intervento di potenziamento, il generale mantenimento del clima acustico attuale negli ambiti già adeguatamente protetti dagli interventi di mitigazione esistenti ed il miglioramento delle prestazioni laddove risultato necessario.

L'impegno complessivo in opere di mitigazione risulta pari ad uno sviluppo complessivo di 17.782 m, ripartiti in 7.384m in carreggiata Nord e 10.398 m in carreggiata sud.

A queste barriere vanno poi aggiunti circa 1 km di interventi acustici speciali costituiti dalle coperture antifoniche di San Donnino e di croce del Biacco.

Pur in presenza nello stato attuale di un consistente sistema di mitigazioni i miglioramenti che saranno ottenuti con l'installazione delle barriere acustiche di progetto sono significativi: il numero di ricettori residenziali fuori limite esterno notturno si riduce del 68.1%.

Si registra inoltre una notevole diminuzione dei ricettori (piani) su cui eventualmente effettuare un intervento diretto passando da 128 (4.0%) della situazione attuale a 8 (0.2%) della situazione post operam con mitigazioni, pari ad una riduzione di oltre il 93%.

Complessivamente si prevede che il 69.3% della popolazione residente negli edifici considerati nello studio beneficerà di un miglioramento del clima acustico

I dati sopra riportati evidenziano l'effettiva capacità del complesso delle mitigazioni in progetto di limitare significativamente l'esposizione della popolazione al disturbo derivante dal rumore immesso nell'ambiente prossimo al sistema tangenziale di Bologna.

1.5 Fase di cantiere

Lo studio acustico presentato nel seguito costituisce la documentazione di impatto acustico del progetto definitivo delle aree di cantiere ove si svolgeranno i lavori per il potenziamento del Sistema tangenziale di Bologna tra Borgo Panigale e San Lazzaro.

Il documento prodotto in questa fase rappresenta lo studio acustico delle aree e delle attività interessate dai lavori più significativi ed estesi.

Nel documento sono stati affrontati in modo sistematico il tema del rumore prodotto dai cantieri, in particolare sono state considerate:

- le localizzazioni e le configurazioni delle aree di cantiere,
- la configurazione morfologica dei luoghi nello stato attuale e nella fase di cantiere,
- la presenza di ricettori potenzialmente disturbati,
- le sorgenti di rumore che si prevede siano presenti e operative nelle diverse situazioni di cantiere e le relative emissioni acustiche (singole per macchinario e complessive per area di cantiere),
- gli accorgimenti e le misure di mitigazione che si prevede siano applicate, tramite specifiche disposizioni che saranno impartite alle imprese.

Al momento non è possibile indicare esattamente i periodi temporali nei quali si svolgeranno le lavorazioni considerate nello studio, pertanto per ogni area di cantiere è stata riportata solo un'indicazione della durata complessiva dei lavori .

Sulla base degli elementi sopra elencati, con riferimento a precise schede di emissione delle sorgenti (singoli macchinari o scenari di emissione) che delineano sonogrammi riferiti a tempistiche di utilizzo e di contemporaneità definite come standard, sono stati calcolati i livelli in facciata dei ricettori esposti, i quali sono poi stati confrontati con i limiti derivanti dalla Classificazione acustica del Comune di Bologna.

Come previsto nelle disposizioni per le imprese in materia ambientale che saranno contenute nel Progetto Esecutivo, sarà compito dell'impresa appaltatrice, in base alla propria organizzazione e ai tempi programmati, redigere in ogni caso la Valutazione di impatto acustico per tutte le aree di cantiere, le aree di supporto ai cantieri e i cantieri mobili, nel rispetto delle specifiche contenute nelle già citate disposizioni per le imprese in materia ambientale e considerando il presente studio come base analitica e modellistica.

Suddette valutazioni dovranno dimostrare il rispetto dei limiti acustici ovvero supportare la richiesta di autorizzazione in deroga ai limiti acustici, nei casi in cui essa risulti necessaria. In tali casi l'impresa dovrà comunicare agli Enti Competenti, tutti gli elementi tecnici necessari ai fini di legge e per la completa contestualizzazione spaziale e temporale delle attività rumorose. In particolare si farà riferimento ai contenuti del presente documento evidenziando le modifiche eventualmente intercorse e i necessari correttivi alle stime di impatto e al dimensionamento delle eventuali misure di mitigazione, nonché specificando l'entità e la durata delle eventuali deroghe richieste.

In questo modo il presente studio, le disposizioni per le imprese in materia ambientale, relative al contenimento degli impatti acustici e il Piano di Monitoraggio Ambientale definiscono un sistema integrato per la programmazione, il controllo e il contenimento degli impatti acustici

determinati dai lavori finalizzati al potenziamento del Sistema tangenziale di Bologna tra Borgo Panigale e San Lazzaro.

Il progetto della cantierizzazione comprende:

- la tipologia e ubicazione dei cantieri principali
- le viabilità di servizio
- le fasi esecutive

Per la realizzazione del potenziamento del Sistema tangenziale di Bologna tra Borgo Panigale e San Lazzaro sono previsti due cantieri fissi adiacenti all'attuale tangenziale per cui la movimentazione di tutti i materiali avverrà di fatto principalmente tramite opportuni varchi.

Al momento non è possibile indicare esattamente i periodi temporali nei quali si svolgeranno le lavorazioni considerate nello studio, pertanto le simulazioni fanno riferimento all'intero periodo di operatività dei cantieri, che, da cronoprogramma, è pari a circa 42 mesi.

1.5.1 Cantieri considerati nello studio

Come anticipato il presente studio ha in questa fase come oggetto i lavori più significativi ed estesi tra quelli che risulteranno necessari per i lavori finalizzati al potenziamento del Sistema tangenziale di Bologna tra Borgo Panigale e San Lazzaro.

In particolare nel seguito vengono trattati gli impatti acustici dei seguenti cantieri:

- Area di cantiere CB01 posizionata a sud dell'attuale Tangenziale di Bologna in adiacenza alla Via Francesco Zambecari (vedi Figura 1-7);

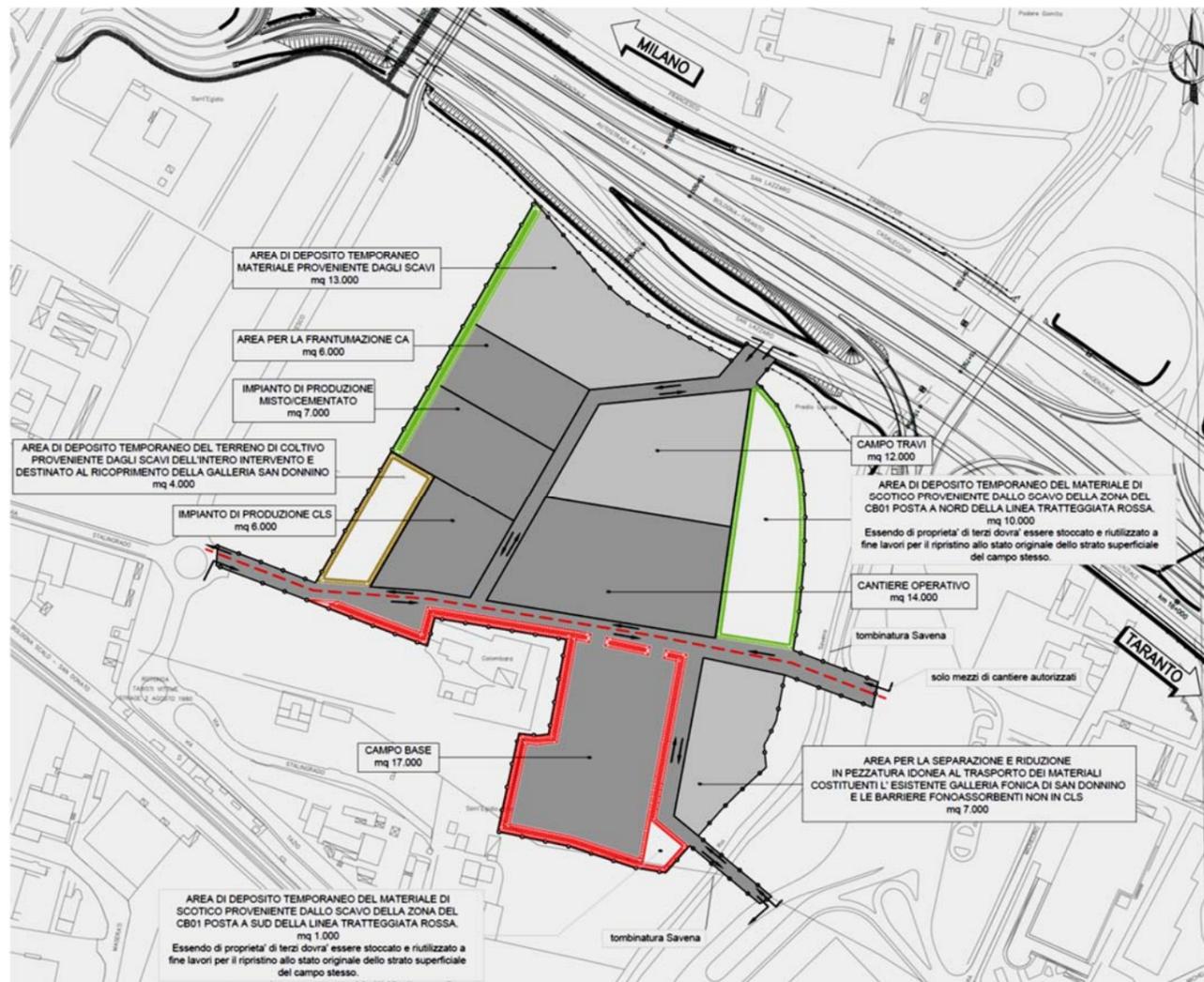


Figura 1-7: cantiere CB01

- Area di cantiere CO01 posizionata a nord dell'attuale Tangenziale di Bologna in adiacenza alla Via San Donato (vedi Figura 1-8);

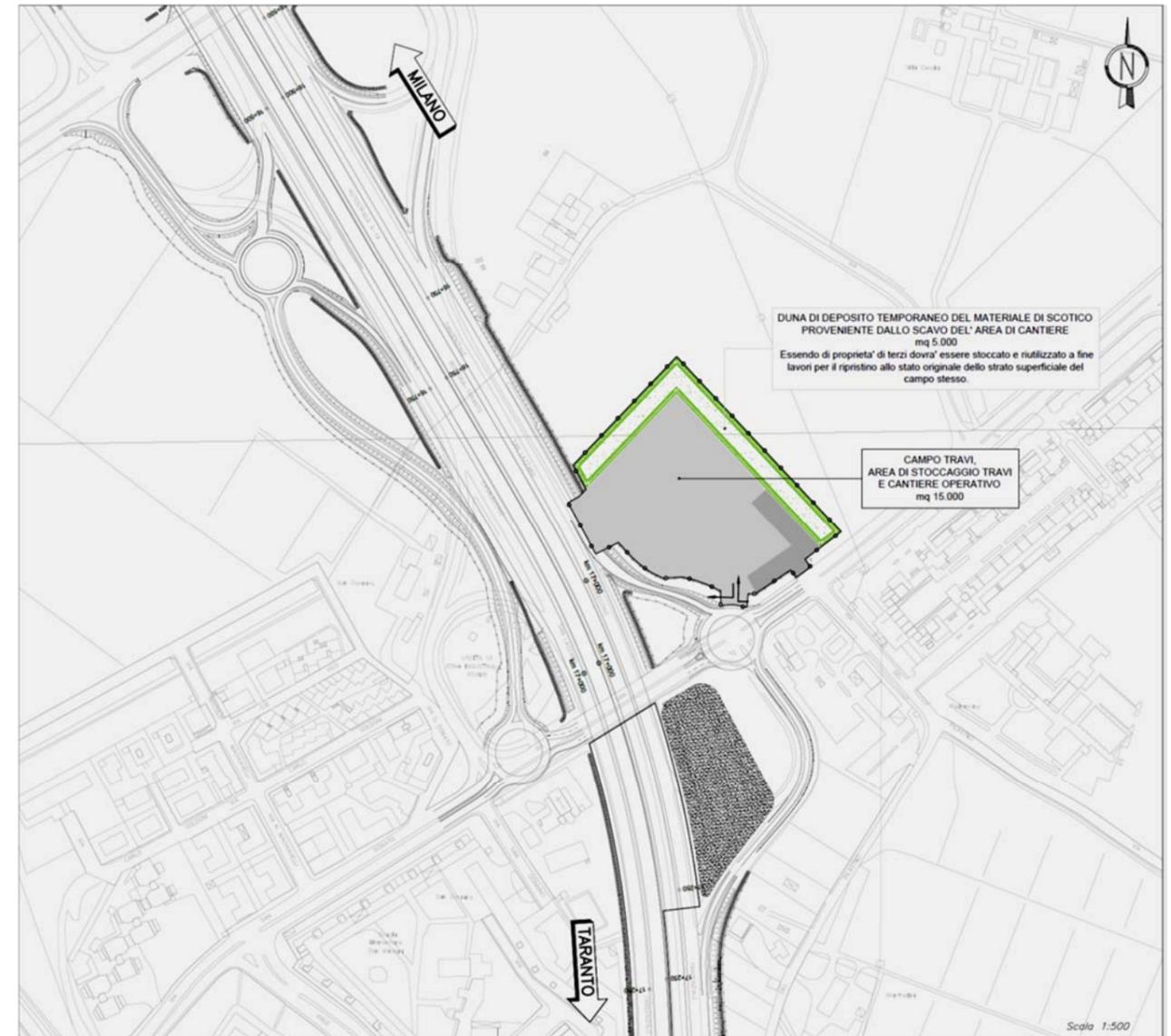


Figura 1-8: cantiere CO01

1.5.2 Cantieri fissi

Nel seguito si riporta la descrizione dei cantieri fissi considerati nello studio. (cfr. AMB0154, AMB0155 e AMB0156)

Cantiere CB01

L'area, di circa 114.000 m², sarà adibita a campo base (17.000 m²), cantiere operativo (14.000 m²), campo travi (12.000 m²), area di deposito temporaneo materiale proveniente dagli scavi (13.000 m²), aree di deposito temporaneo del materiale di scotico proveniente dallo

scavo della zona CB01 (11.000 m²), area per la separazione e riduzione in pezzatura idonea al trasporto dei materiali costituenti l'esistente galleria fonica di San Donnino e le barriere fo-noassorbenti non in c.l.s. (7.000 m²), area per la frantumazione c.a. (6.000 m²), impianto di produzione misto/cementato (7.000 m²), area di deposito temporaneo del terreno di coltivo proveniente dagli scavi dell'intero intervento e destinato al ricoprimento della galleria San Donnino (4.000 m²).

Cantiere CO01

L'area, di circa 20.000 m², sarà adibita a duna di deposito temporaneo del materiale di scotico proveniente dallo scavo dell'area di cantiere (5.000 m²), campo travi, area di stoccaggio travi e cantiere operativo (15.000 m²).

1.5.3 Valutazioni di impatto acustico delle attività di cantiere

1.5.3.1 Inquadramento normativo e impostazioni generali dello studio

Nello sviluppo delle valutazioni degli impatti acustici si è fatto riferimento alla normativa nazionale e regionale vigente:

- normativa nazionale in vigore in tema di inquinamento acustico (DPCM 1/3/1991, Legge Nazionale n. 447/95, DPCM 14.11.1997, DMA 16.3.1998, DM 29/11/00, DPR n. 142/04);
- normativa regionale in vigore in tema di inquinamento acustico (LR del 9 maggio 2001 n. 15 "Disposizioni in materia di inquinamento acustico" e dalla Delibera della Giunta Regionale Emilia Romagna 14 aprile 2004 n. 673 "Criteri tecnici per la redazione della documentazione di previsione di impatto acustico e di valutazione previsionale del clima acustico").

Per l'individuazione dei limiti massimi di emissione di ciascun ricettore si è fatto riferimento al piano di classificazione acustica del comune interessato, ovvero quello di Bologna.

L'individuazione delle aree di cantiere, delle loro conformazioni, degli apprestamenti previsti e di tutte le informazioni di carattere progettuale è riportata negli specifici elaborati del progetto della cantierizzazione.

I ricettori presso i quali sono stati calcolati i livelli acustici sono quelli considerati nello studio acustico della fase di esercizio.

Le tabelle riportanti i risultati delle elaborazioni contengono anche la classe acustica di appartenenza di ciascun ricettore e i relativi limiti di emissione (cfr. tavole AMB260-261).

Nell'immagine seguente si riporta lo stralcio della classificazione acustica del Comune di Bologna che individua le aree limitrofe ai cantieri oggetto di valutazione tutte classe III o IV.

Tutte le lavorazioni saranno svolte nel periodo diurno, pertanto non sono state svolte analisi acustiche per la fase di cantiere per il periodo notturno.

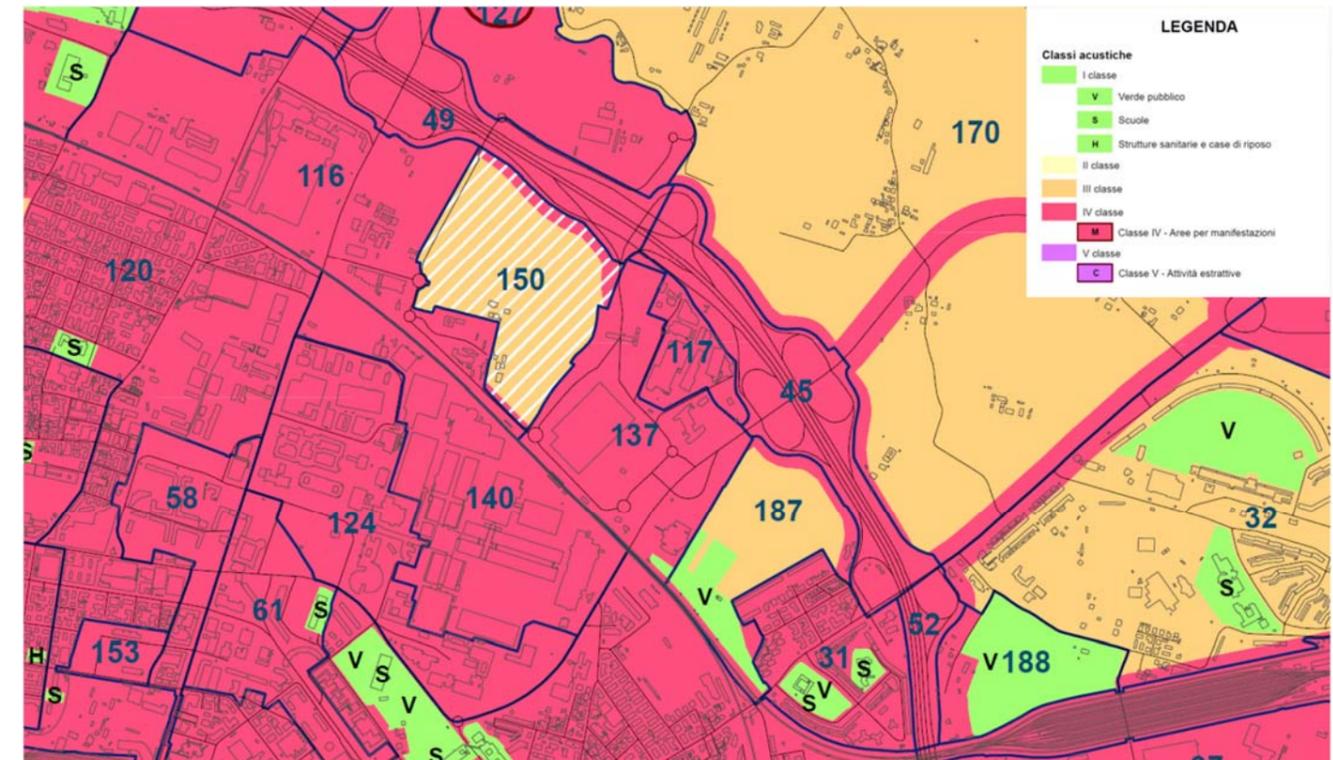


Figura 1-9: Stralcio di Piano di Zonizzazione Acustica - Comune di Bologna

1.5.4 Contesto antropico e ambientale

Le lavorazioni oggetto del presente Studio acustico riguardano il potenziamento del Sistema tangenziale di Bologna tra Borgo Panigale e San Lazzaro e interessano esclusivamente il territorio comunale del Capoluogo emiliano.

Il centro storico di Bologna si trova a Sud-Ovest rispetto all'area di studio ad una distanza di circa 3 km.

Le aree limitrofe al cantiere CB01 sono caratterizzate dalle strutture della Fiera di Bologna.

Il cantiere CO01 è compresa in un'area a destinazione funzionale di tipo agricolo limitrofa al quartiere del Pilastro.

1.5.5 Caratteristiche acustiche delle sorgenti

La prima attività da sviluppare per effettuare la valutazione degli impatti determinati dalle attività di cantiere relativamente alla componente rumore riguarda l'individuazione dei livelli di potenza sonora caratteristici dei macchinari impiegati.

Tale fase è stata sviluppata attraverso un'attenta analisi dei dati bibliografici esistenti e, in particolare, di quelli contenuti all'interno dello Studio del Comitato Paritetico Territoriale per la prevenzione infortuni, l'igiene e l'ambiente di lavoro di Torino e Provincia, "Conoscere per prevenire n° 11".

Per la realizzazione delle opere previsto nei progetti in esame verranno impiegate macchine edili tradizionali. Al momento sono note le tipologie di macchine che presumibilmente verranno utilizzate dall'impresa esecutrice dei lavori.

La scelta sulla tipologia di lavorazione è ricaduta sulle lavorazioni potenzialmente più rumorose tra quelle previste per tali attività, dal citato manuale "Conoscere per prevenire – La valutazione dell'inquinamento acustico prodotto dai cantieri edili".

Nella **Tabella 1-21** sono riportate le emissioni sonore in frequenza, associate alle sorgenti previste in queste aree di cantiere per l'attività ipotizzata.

Tabella 1-21 – Emissioni sonore in frequenza delle sorgenti principali

MACCHINARIO	FONTE	Frequenza (Hz)								Lw (dB)	Lw (dBA)
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Escavatore cingolato	CPP	112,7	105,4	103,1	98,9	94,7	91,8	88,3	81,7	114,1	101,4
Escavatore mini con martello	CPP	105,5	99,7	99,2	105,7	101,2	104,4	105,3	104,8	113,3	111,4
Rullo compressore	CPP	109	97,5	96,6	98,1	99,3	95	87,3	82,1	110,4	102,4
Autogru	CPP	111,3	109,9	106,8	104,5	105,9	107,1	100	89,2	116,1	111,5
Motogeneratore	CPP	99,6	100,9	101,1	96	95,6	91,8	86,2	81,3	106,4	100,1
Sega circolare	CPP	76,2	75,2	83,9	91,5	95,4	103,9	105,1	101	108,7	109,4
Autopompa cls	CPP	113,4	105,5	104,4	103	103,6	102,7	94,7	89,3	115,4	108,2
Carrello elevatore	CPP	108,9	98,7	98,6	98,1	99,8	99,1	92	86,5	110,7	104,3
Autobetoniera	CPP	100,8	91,1	92,1	94,1	92,3	91,3	88,0	83,2	104,3	97,7
Micropali impianto miscelatore	CPP	104,9	92,7	87,4	85,9	90,8	91,6	98,2	98,2	107,0	102,3
Motogeneratore	CPP	116,2	104,7	99,7	95,4	94	90,5	83,6	78,3	116,7	99,5
Autocarro	CPP	97,7	99,7	102,9	102,2	104,6	103,0	97,9	94,0	111,2	109,1
Ponte sviluppabile	CPP	116,8	102	97,3	93,8	95	95,7	86,8	80,6	117,1	100,9
Pala meccanica mini	CPP	111,5	103,8	103,6	102,1	98	93,8	88,9	82,6	113,3	103,5
Pala cingolata	CPP	115,2	109,8	107,5	107,9	108	107,7	100,8	93,3	118,3	113,0
Pala Gommata	CPP	106,7	105,5	104,5	103,4	103,3	101,8	97,1	90,1	112,6	107,1
Officina	RS	94,5	85,1	76,7	82,7	79,6	81,2	78,6	66,3	95,6	86,7
frantumatore	CPP	117,4	120,9	117,4	115,5	113,2	110,2	105,2	98,3	125,2	118,2
Impianto di betonaggio	CPP	106,9	103,5	112,6	108,7	109,0	109,3	114,2	118,0	121,8	120,3

CPP = Conoscere per prevenire n° 11 – La valutazione dell'inquinamento acustico dei cantieri edili – Comitato paritetico territoriale per la prevenzione infortuni, l'igiene e l'ambiente di lavoro di Torino e Provincia

RS = Rilievi sperimentali

Nei seguenti paragrafi sono riportati per le diverse fasi di lavoro i dati di input utilizzati per le differenti attività di cantiere.

1.5.6 Impostazioni di calcolo

La valutazione dell'impatto acustico è stata effettuata mediante il software di simulazione numerica Soundplan. L'algoritmo di calcolo si basa sulle ipotesi dell'acustica geometrica e permette di stimare i livelli di pressione sonora in corrispondenza di un insieme di punti ricettori, tenendo conto della geometria tridimensionale del dominio di simulazione (effetti di riflessione e di diffrazione), dell'assorbimento acustico delle superfici, dell'assorbimento dell'aria e dell'attenuazione per divergenza dei raggi acustici.

Per quanto riguarda l'impostazione di calcolo si specifica che il terreno dei piazzali delle aree di cantiere e delle aree urbanizzate limitrofe non è stato considerato assorbente in relazione alle effettive caratteristiche dei suoli interessati. In particolare, per le aree di cantiere è stato adottato un valore di Ground Factor pari a 0,5 e per le aree urbanizzate limitrofe è stato adottato un valore di Ground Factor pari a 0,3, mentre sui terreni agricoli restanti si è utilizzato un Ground Factor pari a 1.

I livelli forniti sono riferiti a punti di calcolo posti a 1m dalla facciata degli edifici ed è inclusa la riflessione della facciata stessa

1.5.7 Sorgenti inquinanti associate alle attività dei cantieri

Le attività rumorose associate al potenziamento del Sistema tangenziale di Bologna tra Borgo Panigale e San Lazzaro possono essere ricondotte essenzialmente a tre tipologie di sorgenti:

- i cantieri fissi;
- aree di supporto ai cantieri;
- i cantieri mobili ossia le lavorazioni lungo il nuovo tracciato;

1.5.8 Impatti cantieri fissi

Per valutare il rumore prodotto dai cantieri è fondamentale individuare le tipologie di macchinari impiegati, le loro modalità di utilizzo e l'entità dei livelli sonori da essi prodotti.

Le emissioni di rumore principali previste all'interno del Cantiere CB01 possono essere ricondotte essenzialmente alle attività delle seguenti aree:

- cantiere operativo;
- campo travi;
- area di deposito temporaneo materiale proveniente dagli scavi;
- aree di deposito temporaneo del materiale di scavo proveniente dallo scavo della zona CB01;
- area per la separazione e riduzione in pezzatura idonea al trasporto dei materiali costituenti l'esistente galleria fonica di San Donnino e le barriere fonoassorbenti non in c.l.s.;

- area per la frantumazione c.a.;
- impianto di produzione misto/cementato;
- area di deposito temporaneo del terreno di coltivo proveniente dagli scavi dell'intero intervento e destinato al ricoprimento della galleria San Donnino.

Le principali attività rumorose previste all'interno del Cantiere CO01 possono essere ricondotte essenzialmente alle attività dei macchinari impiegati nelle seguenti aree:

- cantiere operativo;
- area di stoccaggio travi;
- duna di deposito temporaneo del materiale di scotico proveniente dallo scavo dell'area di cantiere;
- campo travi.

Nelle tabelle seguenti si riportano, per ogni area considerata, l'elenco dei macchinari impiegati con i rispettivi livelli di potenza sonora, le ore di attività del cantiere e delle singole macchine ed i livelli di potenza equivalenti, che corrispondono ai livelli di potenza valutati considerando l'effettivo impiego dei macchinari.

La valutazione dell'impatto acustico è stata effettuata mediante il software di simulazione numerica Soundplan, illustrato in precedenza.

Le sorgenti sono state ipotizzate come puntuali e distribuite nelle zone di lavoro coerentemente con le tipologie di lavorazione. Le sorgenti sono state collocate quasi tutte a 2m dal piano di lavoro ad eccezione dell'impianto per la produzione dei conglomerati bituminosi, dell'impianto di betonaggio e del frantumatore che sono stati collocati a 4m dal piano di lavoro.

Tabella 1-22 – Livelli di emissione sonora – CB01 - Cantiere Operativo

Periodo di attività del cantiere	Macchinario					
	Tipo	N°	Lw (dBA)	% di impiego	% di Attività Effettiva	LwEQ (dBA)
8-18	autocarro	3	109,1	80	85	112,2
8-18	autogru	1	111,5	50	85	107,8
8-18	pala gommata	2	107,1	80	85	108,4
8-18	autobetoniera	1	97,7	50	85	94,0
8-18	officina meccanica	1	95,7	100	100	95,7
8-18	escavatore cingolato	1	101,4	50	85	97,7
8-18	carrello elevatore	1	104,2	50	85	100,5
8-18	gruppo elettrogeno	1	99,5	100	100	99,5
Potenza sonora complessiva (6-22)						115,2

Tabella 1-23 – Livelli di emissione sonora – CB01 - Duna deposito temporaneo materiale Scavo

Periodo di attività del cantiere	Macchinario					
	Tipo	N°	Lw (dBA)	% di impiego	% di Attività Effettiva	LwEQ (dBA)
8-18	autocarro	3	109,1	80	85	112,2
8-18	pala gommata	2	107,1	80	85	108,4
8-18	escavatore cingolato	1	101,4	50	85	97,7
Potenza sonora complessiva (6-22)						113,8

Tabella 1-24 – Livelli di emissione sonora – CB01 - Area deposito temporaneo materiale di scotico

Periodo di attività del cantiere	Macchinario					
	Tipo	N°	Lw (dBA)	% di impiego	% di Attività Effettiva	LwEQ (dBA)
8-18	autocarro	3	109,1	80	85	112,2
8-18	pala gommata	2	107,1	80	85	108,4
8-18	escavatore cingolato	1	101,4	50	85	97,7
Potenza sonora complessiva (6-22)						113,8

Tabella 1-25 – Livelli di emissione sonora – CB01 – Campo travi

Periodo di attività del cantiere	Macchinario					
	Tipo	N°	Lw (dBA)	% di impiego	% di Attività Effettiva	LwEQ (dBA)
8-18	autocarro	3	109,1	80	85	112,2
8-18	autogru	1	111,5	50	85	107,8
8-18	carrello elevatore	1	104,2	50	85	100,5
Potenza sonora complessiva (6-22)						113,8

Tabella 1-26 – Livelli di emissione sonora – CB01 - Area per la frantumazione C.A.

Periodo di attività del cantiere	Macchinario					
	Tipo	N°	Lw (dBA)	% di impiego	% di Attività Effettiva	LwEQ (dBA)
8-18	autocarro	2	109,1	60	85	107,1
8-18	pala gommata	1	107,1	60	85	102,1
8-18	escavatore cingolato	1	101,4	60	85	96,4
8-18	frantumatore	1	118,2	40	70	110,6
Potenza sonora complessiva (6-22)						112,7

Tabella 1-27 – Livelli di emissione sonora – CB01 - Area per separazione e riduzione pezzatura materiali

Periodo di attività del cantiere	Macchinario					
	Tipo	N°	Lw (dBA)	% di impiego	% di Attività Effettiva	LwEQ (dBA)
8-18	autocarro	2	109,1	80	85	110,4
8-18	pala gommata	1	107,1	80	85	105,4
8-18	escavatore mini con martello	1	111,3	50	85	107,6
8-18	Frantumatore	1	118,2	60	85	113,2
Potenza sonora complessiva (6-22)						116,1

Tabella 1-28 – Livelli di emissione sonora – CB01 - Impianto produzione CIs

Periodo di attività del cantiere	Macchinario					
	Tipo	N°	Lw (dBA)	% di impiego	% di Attività Effettiva	LwEQ (dBA)
8-18	autocarro	2	109,1	80	85	108,4
8-18	autobetoniera	3	97,7	80	85	98,8
8-18	impianto di betonaggio	1	120,3	80	85	116,6
Potenza sonora complessiva (6-22)						117,3

Tabella 1-29 – Livelli di emissione sonora – CB01 - Area deposito temporaneo terreno di coltivo

Periodo di attività del cantiere	Macchinario					
	Tipo	N°	Lw (dBA)	% di impiego	% di Attività Effettiva	LwEQ (dBA)
8-18	autocarro	3	109,1	80	85	110,2
8-18	Pala gommata	1	107,0	80	85	103,3
8-18	escavatore cingolato	1	101,4	50	85	95,6
Potenza sonora complessiva (6-22)						111,1

Tabella 1-30 – Livelli di emissione sonora – CB01 - Impianto produzione misto cemento

Periodo di attività del cantiere	Macchinario					
	Tipo	N°	Lw (dBA)	% di impiego	% di Attività Effettiva	LwEQ (dBA)
8-18	autocarro	2	109,1	60	85	107,1
8-18	pala gommata	1	107,1	60	85	102,1
8-18	Impianto conglomerati bituminosi	1	103,4	50	85	97,6
Potenza sonora complessiva (6-22)						108,6

Tabella 1-31 – Livelli di emissione sonora – CO01 - Cantiere Operativo

Periodo di attività del cantiere	Macchinario					
	Tipo	N°	Lw (dBA)	% di impiego	% di Attività Effettiva	LwEQ (dBA)
8-18	autocarro	3	109,1	80	85	112,2
8-18	autogru	1	111,5	50	85	107,8
8-18	pala gommata	2	107,1	80	75	105,9
8-18	autobetoniera	1	97,7	50	85	94,0
8-18	officina meccanica	1	95,7	100	100	95,7
Potenza sonora complessiva (6-22)						114,3

Tabella 1-32 – Livelli di emissione sonora – CO01 - Duna deposito temporaneo materiale Scavo

Periodo di attività del cantiere	Macchinario					
	Tipo	N°	Lw (dBA)	% di impiego	% di Attività Effettiva	LwEQ (dBA)
8-18	autocarro	2	109,1	80	70	107,6
8-18	pala gommata	2	107,1	80	75	105,9
8-18	escavatore cingolato	1	101,4	50	85	95,6
Potenza sonora complessiva (6-22)						110,0

Tabella 1-33 – Livelli di emissione sonora – CO01 – Campo travi

Periodo di attività del cantiere	Macchinario					
	Tipo	N°	Lw (dBA)	% di impiego	% di Attività Effettiva	LwEQ (dBA)
8-18	autocarro	2	109,1	80	85	108,4
8-18	autogru	1	111,5	50	85	105,7
8-18	carrello elevatore	1	104,2	50	85	98,4
Potenza sonora complessiva (6-22)						110,5

1.5.9 Verifica della compatibilità degli impatti

Al fine di verificare la compatibilità degli impatti determinati dalle attività di cantiere con quanto prescritto dalla normativa è fondamentale individuare con precisione i limiti normativi a cui ci si debba riferire.

Le sorgenti rappresentate dai cantieri possono essere assimilate a sorgenti di origine industriale e, pertanto, i loro impatti devono risultare conformi a quanto prescritto dalla Legge Quadro 447/1995 che prevede limiti di emissione, immissione.

Nel caso in esame, i ricettori residenziali entro circa 300m dal confine delle aree di cantiere ricadono tutti in classe III o IV.

I risultati delle valutazioni modellistiche, per le sole sorgenti di cantiere, possono essere immediatamente confrontati con i limiti di emissione. Viceversa per la verifica dei limiti di immissione sarebbe necessaria la conoscenza dei livelli attualmente presenti depurati dal contributo di eventuali infrastrutture all'interno delle rispettive fasce di pertinenza.

I risultati delle valutazioni sono riportati in forma numerica nelle successive tabelle per ciascuna fase simulata ed in forma grafica tramite mappe di isofoniche nel seguito.

Le simulazioni hanno evidenziato la presenza di superamenti del limite di emissione di riferimento per alcuni ricettori limitrofi alle aree di cantiere.

Vengono quindi previste barriere acustiche descritte di seguito a margine delle due aree di cantiere:

- Relativamente al cantiere CB01 è prevista una barriera con una lunghezza di 213 m e altezza pari a 5 m sul lato ovest e una barriera con una lunghezza di 202 m e altezza pari a 5 m sul lato sud.
- Per il cantiere CO01 è prevista una barriera con una lunghezza di 115 m e altezza pari a 4 m sul lato nord-ovest e una barriera con una lunghezza di 87 m e altezza pari a 5 m sul lato sud-est.

Tali barriere dovranno essere installate contestualmente all'inizio dei lavori acusticamente impattanti.

Le mitigazioni inserite in progetto permettono di stimare il soddisfacimento del livello limite di riferimento.

Si ribadisce comunque che l'impresa appaltatrice, in base alla propria organizzazione e ai tempi programmati, dovrà in ogni caso aggiornare la presente Documentazione di impatto acustico per tutte le lavorazioni, nel rispetto delle specifiche normative e considerando il presente studio come base analitica e modellistica, facendovi esplicito riferimento ed evidenziando le modifiche eventualmente intercorse e i necessari correttivi alle stime di impatto e al dimensionamento delle eventuali misure di mitigazione, nonché specificando eventualmente l'entità e la durata delle deroghe richieste.

In questo contesto è comunque auspicabile che le imprese adottino le disposizioni speciali per le imprese abitualmente implementate nelle tipologie di lavori in esame.

Tabella 1-34 – Simulazione acustica Cantiere CB01 (Periodo Diurno 6-22)

Codice	Piano	Classe	Direzione	LIMITI EMIS.	IMPATTI Non Mitigati	DELTA	IMPATTI Mitigati	DELTA
				(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)
				6_22	6_22	6_22	6_22	6_22
612	1	IV	SE	60	45,3	-14,7	44	-16
612	2	IV	SE	60	53,2	-6,8	51,7	-8,3
618	1	IV	SE	60	56	-4	52,2	-7,8
618	2	IV	SE	60	61,8	1,8	58,1	-1,9
618	1	IV	NE	60	57,6	-2,4	56,1	-3,9
618	2	IV	NE	60	60,7	0,7	57,3	-2,7
619	1	IV	SE	60	59,4	-0,6	57,5	-2,5
619	2	IV	SE	60	59,9	-0,1	56,2	-3,8
619	1	IV	NE	60	58,7	-1,3	56,9	-3,1
619	2	IV	NE	60	59,6	-0,4	55,9	-4,1
620	1	IV	SE	60	59,8	-0,2	57,8	-2,2
631	1	IV	N	60	61,8	1,8	58,2	-1,8
631	2	IV	N	60	63,4	3,4	59,3	-0,7
632	1	IV	N	60	63,1	3,1	59,3	-0,7
633	1	IV	N	60	60,8	0,8	56,9	-3,1
634	1	IV	N	60	63,1	3,1	59,2	-0,8
634	2	IV	N	60	63,6	3,6	59,7	-0,3
634	3	IV	N	60	61,2	1,2	57,9	-2,1
635	1	IV	N	60	63,1	3,1	59,7	-0,3
641	1	IV	W	60	56,5	-3,5	56,5	-3,5
641	2	IV	W	60	57,1	-2,9	57,1	-2,9
641	3	IV	W	60	58,9	-1,1	58,9	-1,1
641	4	IV	W	60	59,7	-0,3	59,8	-0,2
645	1	IV	W	60	54,3	-5,7	54,3	-5,7
645	2	IV	W	60	54,9	-5,1	54,9	-5,1

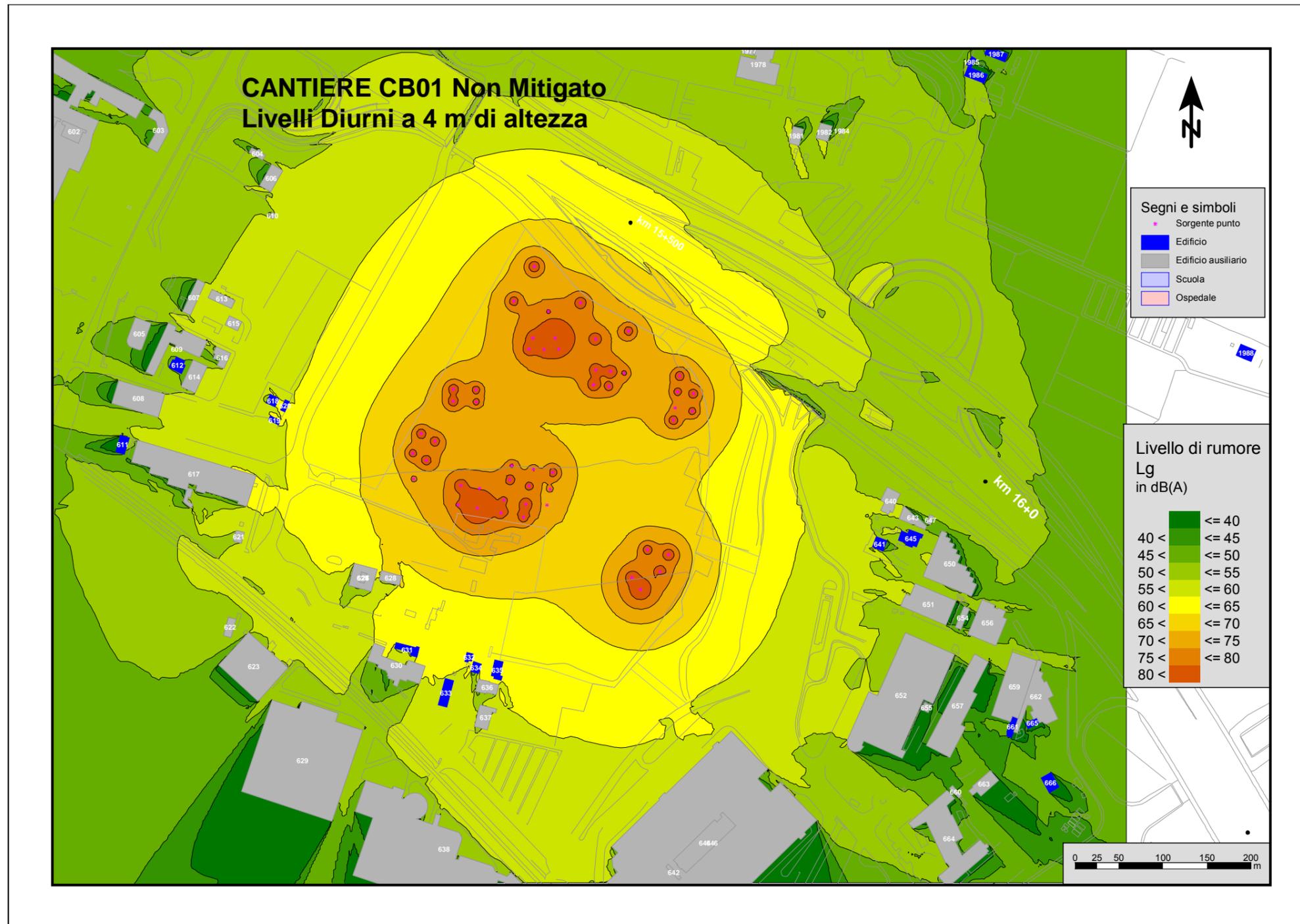


Figura 1-10: Mappa Cantiere CO01 Senza mitigazioni

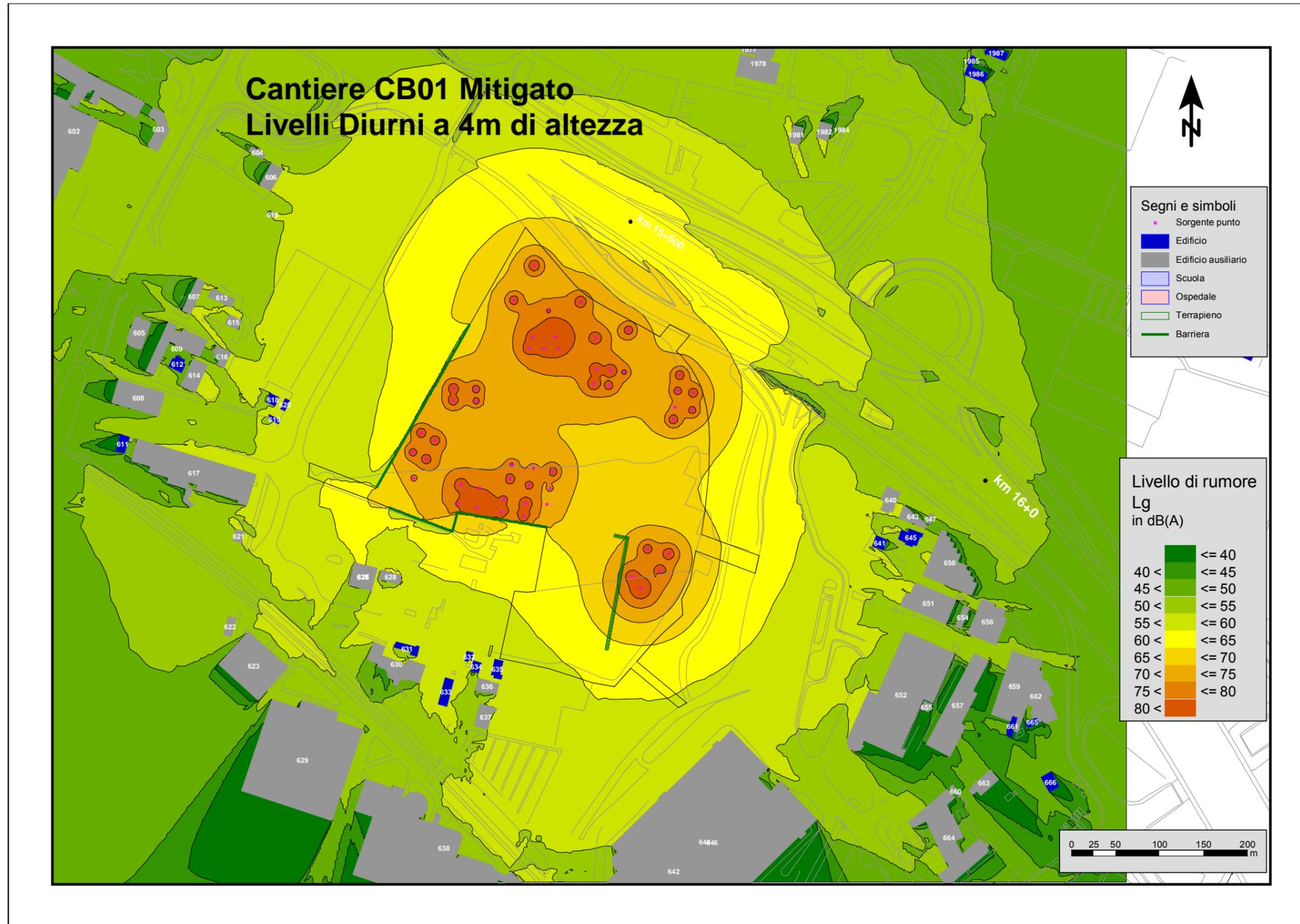


Figura 1-11: Mappa Cantiere CB01 con mitigazioni

Tabella 1-35 – Simulazione acustica Cantiere CO01 (Periodo Diurno 6_22)

Codice	Piano	Classe	Direzione	LIMITI EMIS.	IMPATTI Non Mitigati	DELTA	IMPATTI Mitigati	DELTA
				(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)
				6_22	6_22	6_22	6_22	6_22
696	1	IV	SE	60	59,3	-0,7	58,8	-1,2
696	2	IV	SE	60	59	-1	58,6	-1,4
702	1	IV	NE	60	60	0	60	0
702	2	IV	NE	60	59,9	-0,1	59,9	-0,1
713	1	IV	NE	60	59,1	-0,9	59,1	-0,9
713	2	IV	NE	60	56,7	-3,3	56,7	-3,3
737	1	I	N	45	33,9	-11,1	34	-11
737	2	I	N	45	35,9	-9,1	35,9	-9,1
737	3	I	N	45	38,2	-6,8	38,3	-6,7
2006	1	III	SE	55	59,5	4,5	52,5	-2,5
2006	2	III	SE	55	60,3	5,3	53,7	-1,3
2007	1	III	SE	55	60,3	5,3	53,1	-1,9
2007	2	III	SE	55	61,2	6,2	54,4	-0,6
2007	3	III	SE	55	58,8	3,8	52,7	-2,3
2010	1	III	SE	55	60,6	5,6	53,2	-1,8
2010	2	III	SE	55	61,4	6,4	54,5	-0,5
2014	2	IV	SW	60	56,9	-3,1	56	-4
2014	3	IV	SW	60	57,4	-2,6	56	-4
2014	4	IV	SW	60	57,4	-2,6	56,5	-3,5
2014	5	IV	SW	60	57,5	-2,5	57,7	-2,3
2014	6	IV	SW	60	57,5	-2,5	57,7	-2,3
2016	1	IV	SW	60	54,7	-5,3	54,9	-5,1
2016	2	IV	SW	60	54	-6	54,3	-5,7
2016	3	IV	SW	60	53,8	-6,2	54,1	-5,9
2016	4	IV	SW	60	53,7	-6,3	54	-6
2016	5	IV	SW	60	53,8	-6,2	54	-6
2016	6	IV	SW	60	51,2	-8,8	51,5	-8,5
2018	1	III	NW	55	48,3	-6,7	47,8	-7,2
2018	2	III	NW	55	53,2	-1,8	52,6	-2,4
2018	3	III	NW	55	54,2	-0,8	53	-2
2018	4	III	NW	55	54,4	-0,6	53,3	-1,7
2018	5	III	NW	55	54,5	-0,5	53,6	-1,4
2019	1	IV	NW	60	60,2	0,2	51,2	-8,8
2019	2	IV	NW	60	60,4	0,4	54,9	-5,1
2019	3	IV	NW	60	60,4	0,4	59,8	-0,2
2021	1	IV	NW	60	53,7	-6,3	50,7	-9,3
2021	2	IV	NW	60	58,4	-1,6	53	-7

Codice	Piano	Classe	Direzione	LIMITI EMIS.	IMPATTI Non Mitigati	DELTA	IMPATTI Mitigati	DELTA
				(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)
				6_22	6_22	6_22	6_22	6_22
2021	3	IV	NW	60	58,5	-1,5	53,1	-6,9
2021	4	IV	NW	60	58,5	-1,5	58,4	-1,6
2021	5	IV	NW	60	58,5	-1,5	58,7	-1,3
2021	6	IV	NW	60	58,5	-1,5	58,8	-1,2
2021	7	IV	NW	60	58,5	-1,5	58,8	-1,2
2021	8	IV	NW	60	58,5	-1,5	58,8	-1,2
2021	9	IV	NW	60	58,5	-1,5	58,8	-1,2
2021	10	IV	NW	60	58,5	-1,5	58,8	-1,2
2021	11	IV	NW	60	58,5	-1,5	58,6	-1,4
2022	1	IV	NW	60	60,3	0,3	56,6	-3,4
2022	2	IV	NW	60	60,5	0,5	58,3	-1,7
2023	1	IV	NW	60	48,1	-11,9	43,5	-16,5
2023	2	IV	NW	60	50,3	-9,7	45	-15
2026	1	III	NW	55	43,9	-11,1	40,4	-14,6
2033	1	IV	NE	60	47,8	-12,2	48,1	-11,9
2034	1	IV	NW	60	48,9	-11,1	49,2	-10,8
2034	2	IV	NW	60	47,8	-12,2	48	-12

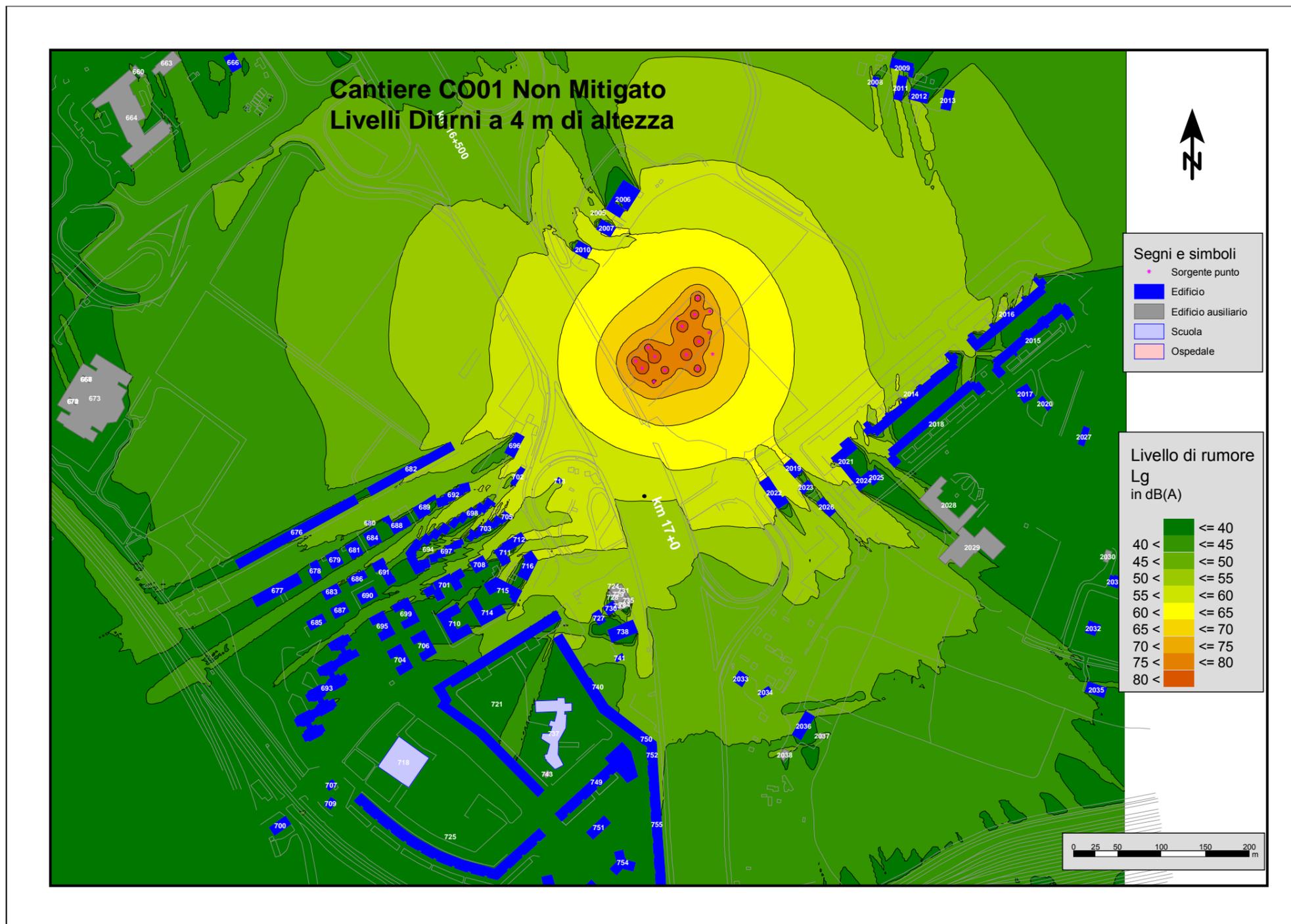


Figura 1-12: Mappa Cantiere CO01 senza mitigazioni

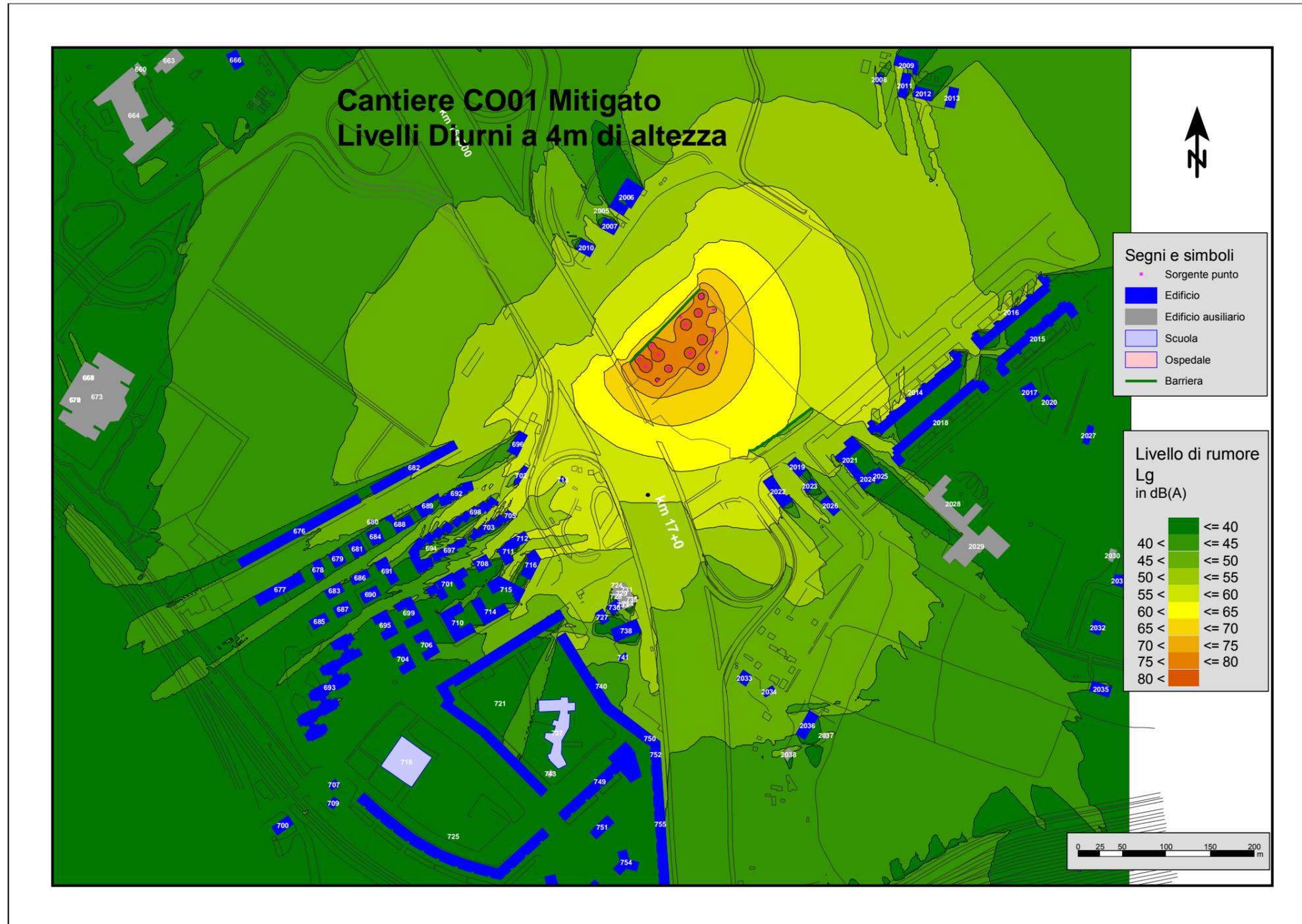


Figura 1-13: Mappa Cantiere CO01 con mitigazioni

1.5.10 IMPATTI DELLE AREE DI SUPPORTO AI CANTIERI

Per quanto riguarda le aree di supporto ai cantieri, in considerazione della notevole dispersione sul territorio, e della tipologia di emissioni acustiche che per natura stessa del tipo di cantiere saranno limitate solo ad alcuni brevi periodi specifici, si è scelto di effettuare un approccio qualitativo.

Sono stati cioè individuati i singoli macchinari e la rumorosità complessiva delle attività previste ed è stata effettuata una simulazione tipo per le aree di supporto ai cantieri al fine di stabilire il decadimento lineare del rumore man mano che ci si allontana dall'area di cantiere Figura 1-14

Nella **Tabella 1-36** si riportano l'elenco dei macchinari impiegati con i rispettivi livelli di potenza sonora, le ore di attività delle singole macchine ed i livelli di potenza equivalenti, che corrispondono ai livelli di potenza valutati considerando l'effettivo impiego dei macchinari.

Tabella 1-36 – Livelli di emissione sonora – Aree di supporto ai cantieri

Periodo di attività del cantiere	Macchinario					
	Tipo	N°	Lw (dBA)	% di impiego	% di Attività Effettiva	LW _{Eq} (dBA)
8-18	Pala gommata	1	107.0	80	85	103.3
8-18	Escavatore cingolato	1	101.4	50	85	95.6
8-18	Autocarro	1	109.1	80	85	105.4
Potenza sonora complessiva (6-22)						107.8

Dalla simulazione effettuata emerge che a circa 150 m dal confine di cantiere risultano valori di emissione acustica inferiore a 50 dBA. Nei casi in cui vi sia la presenza di ricettori in classi minori della IV inferiore a tale distanza l'impresa appaltatrice, nel rispetto delle specifiche normative e considerando il presente studio come base analitica e modellistica, dovrà dimensionare le eventuali misure di mitigazione o specificare l'entità e la durata delle deroghe richieste.

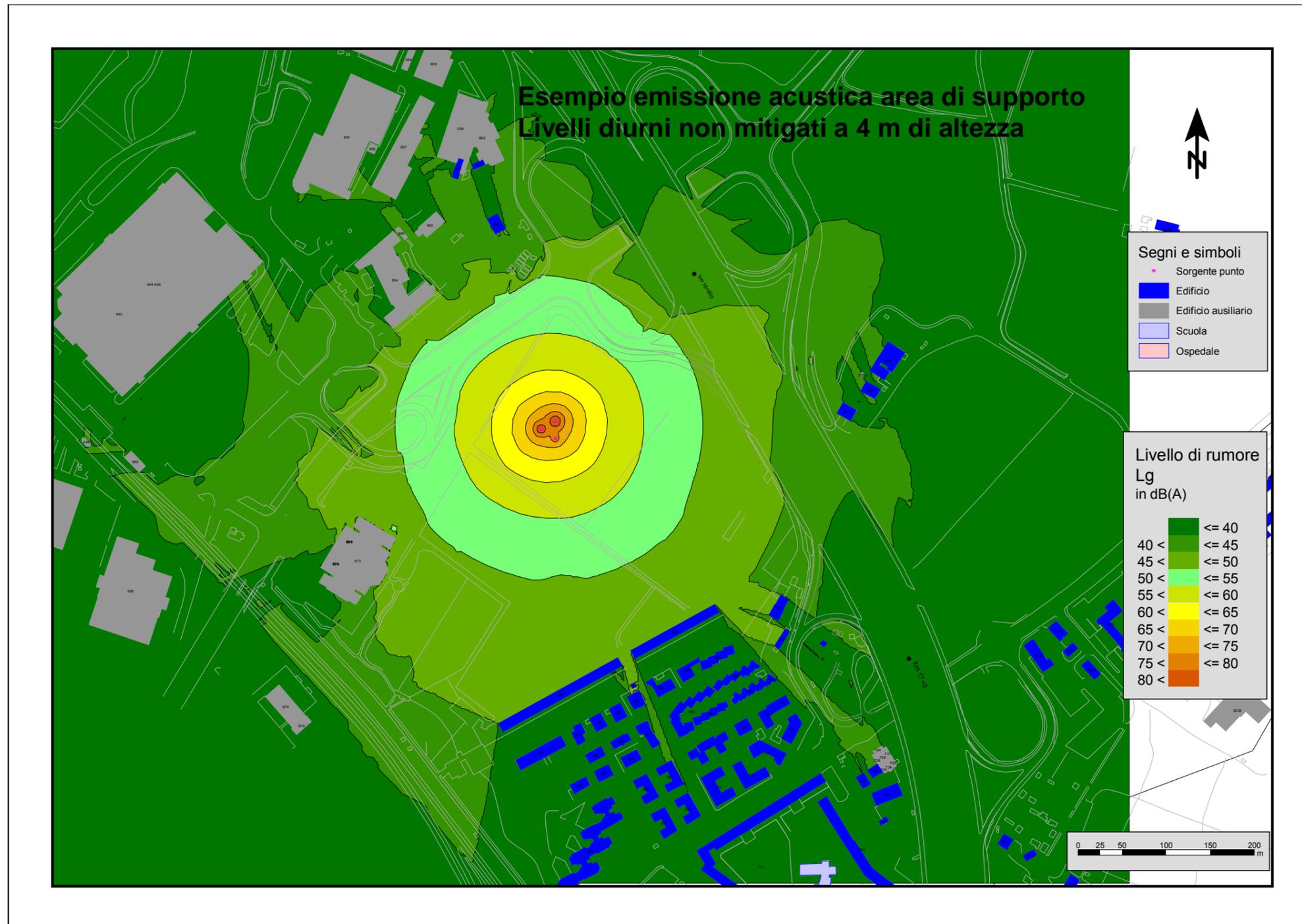


Figura 1-14: esempio emissione acustica di un'area di supporto

1.5.11 Impatti cantieri mobili

Per quanto riguarda i cantieri mobili, si è scelto di effettuare dapprima un approccio tipologico. Le attività previste per l'ampliamento in esame sono assimilabili a quelle per la realizzazione di nuove costruzioni stradali.

La scelta delle attività da simulare è stata effettuata in ragione della loro rumorosità e della durata delle lavorazioni. Alla luce di tale analisi le attività più impattanti sono risultate essere la realizzazione di rilevati, ed in particolare la fase di "movimentazione terra per la realizzazione del rilevato", e la realizzazione strutture in c.a. per i muri di sostegno.

Una volta individuati i singoli macchinari e la rumorosità complessiva delle attività previste è stata effettuata una simulazione tipo per ognuna della attività considerate al fine di stabilire il decadimento lineare del rumore man mano che ci si allontana dall'area di cantiere (Figura 1-15).

Figura 1-15 – Sezioni tipo per ogni attività considerata nel cantiere mobile



Sulla base dei risultati ottenuti, sulla distanza dei ricettori e sulla classificazione acustica delle aree, sono state individuate le aree potenzialmente maggiormente impattate dalle attività.

Risultano di particolare interesse:

- Sezione n°1: area in prossimità ca. del km 11+000 posta nel Comune di Bologna con la presenza di edifici localizzati ad una distanza minima di circa 20 metri dalla sede della tangenziale e in Classe IV del Piano di Classificazione Acustica Comunale;
- Sezione n°2: area in prossimità ca. del km 20+000 posta nel Comune di Bologna con la presenza di edifici localizzati ad una distanza minima di circa 15 metri dalla sede della tangenziale e in Classe IV del Piano di Classificazione Acustica Comunale;

In corrispondenza della sezione n° 1 è stato valutato il contributo dell'attività di movimentazione terra per la formazione dei rilevati, mentre in corrispondenza della sezioni n° 2 è stato valutato il contributo della realizzazione delle opere in c.a. per i muri di sostegno.

La scelta sulla tipologia di lavorazione è ricaduta sulle lavorazioni potenzialmente più rumorose tra quelle previste per tali attività, dal citato manuale "Conoscere per prevenire – La valutazione dell'inquinamento acustico prodotto dai cantieri edili".

Nella **Tabella 1-37** sono riportate le emissioni sonore in frequenza, associate alle sorgenti previste in queste aree di cantiere per l'attività ipotizzata.

Tabella 1-37 – Emissioni sonore in frequenza delle sorgenti principali

MACCHINARIO	FONTE	Frequenza (Hz)								Lw (dB)	Lw (dBA)
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Apripista	CPP	112.5	105.2	111.0	110.9	108.0	107.3	100.2	94.3	117.7	113.5
Pala meccanica cingolata	CPP	115.2	109.8	107.5	107.9	108.0	107.7	100.8	93.3	118.4	113.0
Escavatore cingolato	CPP	112.7	105.4	103.1	98.9	94.7	91.8	88.3	81.7	114.1	101.4
Autocarro	CPP	97.7	99.7	102.9	102.2	104.6	103.0	97.9	94.0	111.2	109.1
Rullo compressore	CPP	109.0	97.5	96.6	98.1	99.3	95.0	87.3	82.1	110.8	102.5
Autogru	CPP	111.3	109.9	106.8	104.5	105.9	107.1	100.0	89.2	117.2	111.6
Motogeneratore	CPP	99.6	100.9	101.1	96.0	95.6	91.8	86.2	81.3	107.4	100.1
Sega circolare	CPP	76.2	75.2	83.9	91.5	95.4	103.9	105.1	101.0	108.7	109.5
Autopompa cls	CPP	113.4	105.5	104.4	103.0	103.6	102.7	94.7	89.3	116.1	108.2
Carrello elevatore	CPP	108.9	98.7	98.6	98.1	99.8	99.1	92.0	86.5	113.9	104.4
Autobetoniera	CPP	97.6	95.3	88.4	98.2	95.8	90.6	88.6	81.1	104.4	99.9

CPP = Conoscere per prevenire n° 11 – La valutazione dell'inquinamento acustico dei cantieri edili – Comitato paritetico territoriale per la prevenzione infortuni, l'igiene e l'ambiente di lavoro di Torino e Provincia

Nella **Tabella 1-38** e nella **Tabella 1-39** si riportano, per ogni attività considerata, l'elenco dei macchinari impiegati con i rispettivi livelli di potenza sonora, le ore di attività del cantiere e delle singole macchine ed i livelli di potenza equivalenti, che corrispondono ai livelli di potenza valutati considerando l'effettivo impiego dei macchinari.

Tabella 1-38 – Livelli di emissione sonora – Formazione rilevati

Periodo di attività del cantiere	Macchinario					
	Tipo	N°	Lw (dBA)	% di impiego	% di Attività Effettiva	LW _{EQ} (dBA)
8-18	Apripista	1	113.5	50	85	107.7
8-18	Pala meccanica cingolata	1	113.0	30	85	105.0
8-18	Escavatore cingolato	1	101.4	50	85	95.6
8-18	Autocarro	1	109.1	100	85	106.4
8-18	Rullo compressore	1	102.5	70	85	98.2
Potenza sonora complessiva (6-22)						111.6

Tabella 1-39 – Livelli di emissione sonora – Opere in c.a.

Periodo di attività del cantiere	Macchinario					
	Tipo	N°	Lw (dBA)	% di impiego	% di Attività Effettiva	LW _{EQ} (dBA)
8-18	Autogru	1	111.6	20	90	102.1
8-18	Motogeneratore	1	99.5	10	100	87.5
8-18	Sega circolare	1	109.5	5	100	94.4
8-18	Autopompa cls	1	108.2	90	85	105.0
8-18	Carrello elevatore	1	104.4	100	85	101.7
8-18	Autobetoniera	1	99.9	10	95	87.6
Potenza sonora complessiva (6-22)						108.2

1.5.12 Verifica della compatibilità degli impatti

La verifica della compatibilità degli impatti con i limiti di legge previsti seguirà gli stessi criteri visti per quanto riguarda i cantieri fissi.

I risultati delle valutazioni sono riportati in forma numerica nelle seguenti Tabella 1-40 e Tabella 1-41, e in forma grafica nelle mappe delle isofoniche di seguito riportate, in cui per ognuno dei punti di calcolo sono stati stimati i livelli di impatto da confrontare con i limiti di emissione.

I risultati ottenuti mostrano un significativo superamento dei limiti di emissione.

Al fine di limitare quanto più possibile gli impatti, è stata prevista l'installazione di una barriera antirumore mobile di lunghezza variabile a seconda del tipo di attività che si dovranno svolgere e di altezza pari a 5 metri (generalmente 100 metri circa e comunque realizzate in maniera da schermare completamente i mezzi di lavoro presenti).

In riferimento al posizionamento delle barriere acustiche dovrà essere valutata la compatibilità in riferimento con lo spazio fruibile tra ricettore e area di lavorazione, in modo particolare per quegli edifici ubicati a distanze molto limitate dal fronte mobile.

I risultati delle valutazioni con interventi di mitigazione sono riportati in forma numerica nelle tabelle seguenti e in forma grafica nelle mappe delle isofoniche di seguito riportate.

La presenza della barriera permette il pieno rispetto dei limiti di emissione su quasi tutti i ricettori; è fatta eccezione solo per alcuni casi isolati, data la loro stretta vicinanza all'area di cantiere, ovvero:

- Sezione n°1: esubero dei limiti di emissione in corrispondenza dell'edificio residenziale (Codice 1362), ubicato a ca. 35 metri dalla sede della tangenziale e in Classe III del Piano di Classificazione Acustica Comunale;

Sarà dunque da valutare l'eventuale necessità di effettuare da parte delle imprese che opereranno richiesta in deroga dei limiti di rumore secondo le procedure definite dalla normativa.

In riferimento all'ubicazione dei ricettori rispetto all'area di avanzamento del fronte mobile ed ai risultati delle stime effettuate per le attività potenzialmente più impattanti, oltre al posizionamento previsto delle barriere mobili in corrispondenza delle sezioni individuate si segnalano indicativamente almeno altre n°10-14 sezioni per le quali si ipotizzano mitigazioni analoghe.

Tabella 1-40 – Simulazione acustica Sezione 1 - formazione rilevati

Codice	Piano	Classe	Direzione	IMPATTI Non Mitigati	LIMITI EMIS.	DELTA	IMPATTI Mitigati	DELTA
				(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)
				6_22	6_22	6_22	6_22	6_22
1341	1	III	E	64,9	55	9,9	49	-6
1341	2	III	E	64,5	55	9,5	49,9	-5,1
1341	3	III	E	64,6	55	9,6	50,8	-4,2
1345	1	III	S	60,6	55	5,6	44,4	-10,6
1345	2	III	S	60,5	55	5,5	45,4	-9,6
1351	1	III	E	68,8	55	13,8	51,7	-3,3
1351	2	III	E	68,7	55	13,7	52,5	-2,5
1351	3	III	E	68,8	55	13,8	53,3	-1,7
1362	1	III	S	68,5	55	13,5	52,1	-2,9
1362	2	III	S	70	55	15	53	-2
1362	3	III	S	70	55	15	54,1	-0,9
1362	4	III	S	69,2	55	14,2	55,5	0,5
1365	1	IV	E	72,6	60	12,6	54,3	-5,7
1369	1	IV	S	73,1	60	13,1	55	-5
1380	1	III	S	64,5	55	9,5	48,7	-6,3

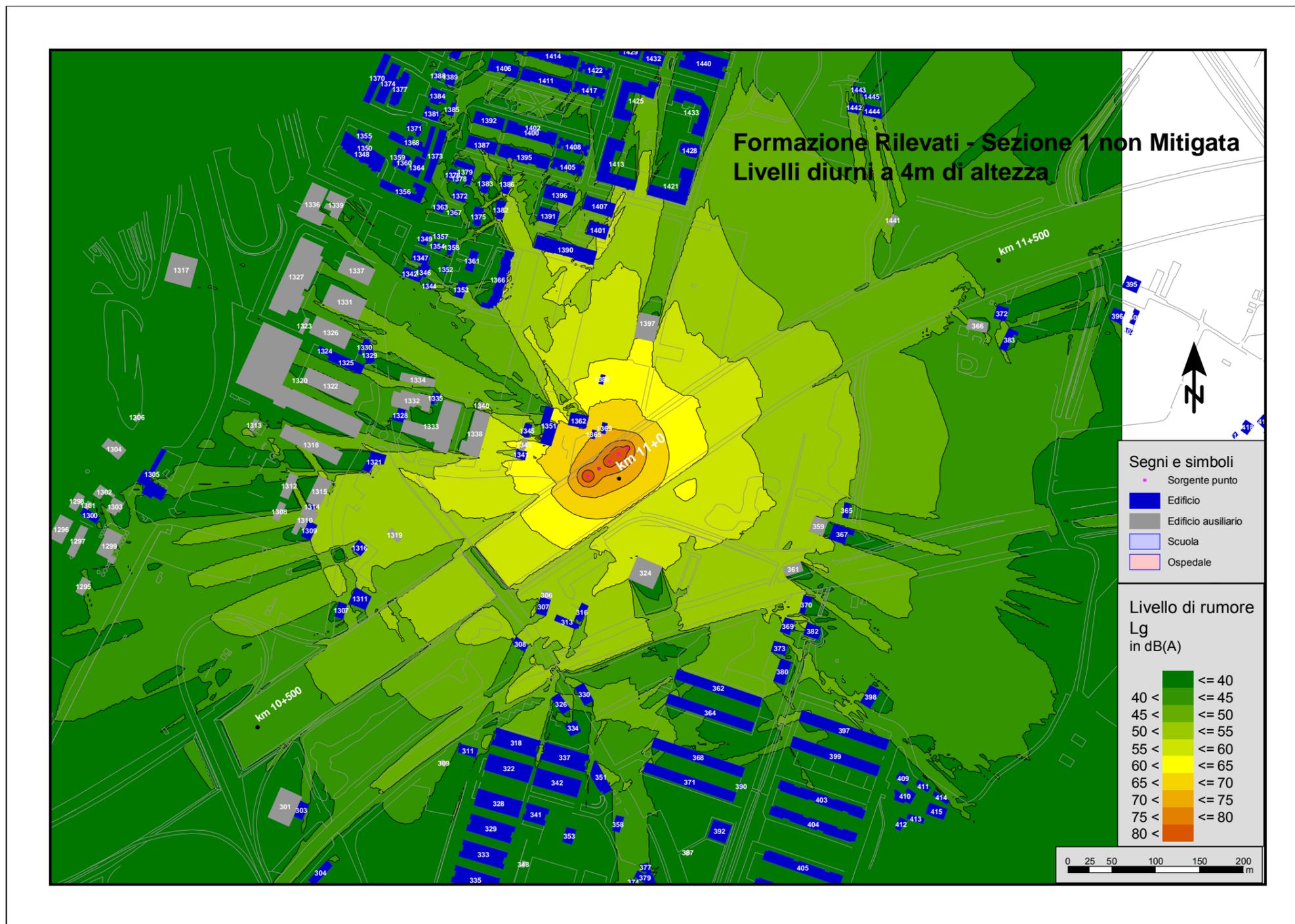


Figura 1-16: Mappa delle isofoniche formazione rilevati senza mitigazioni – sezione 1

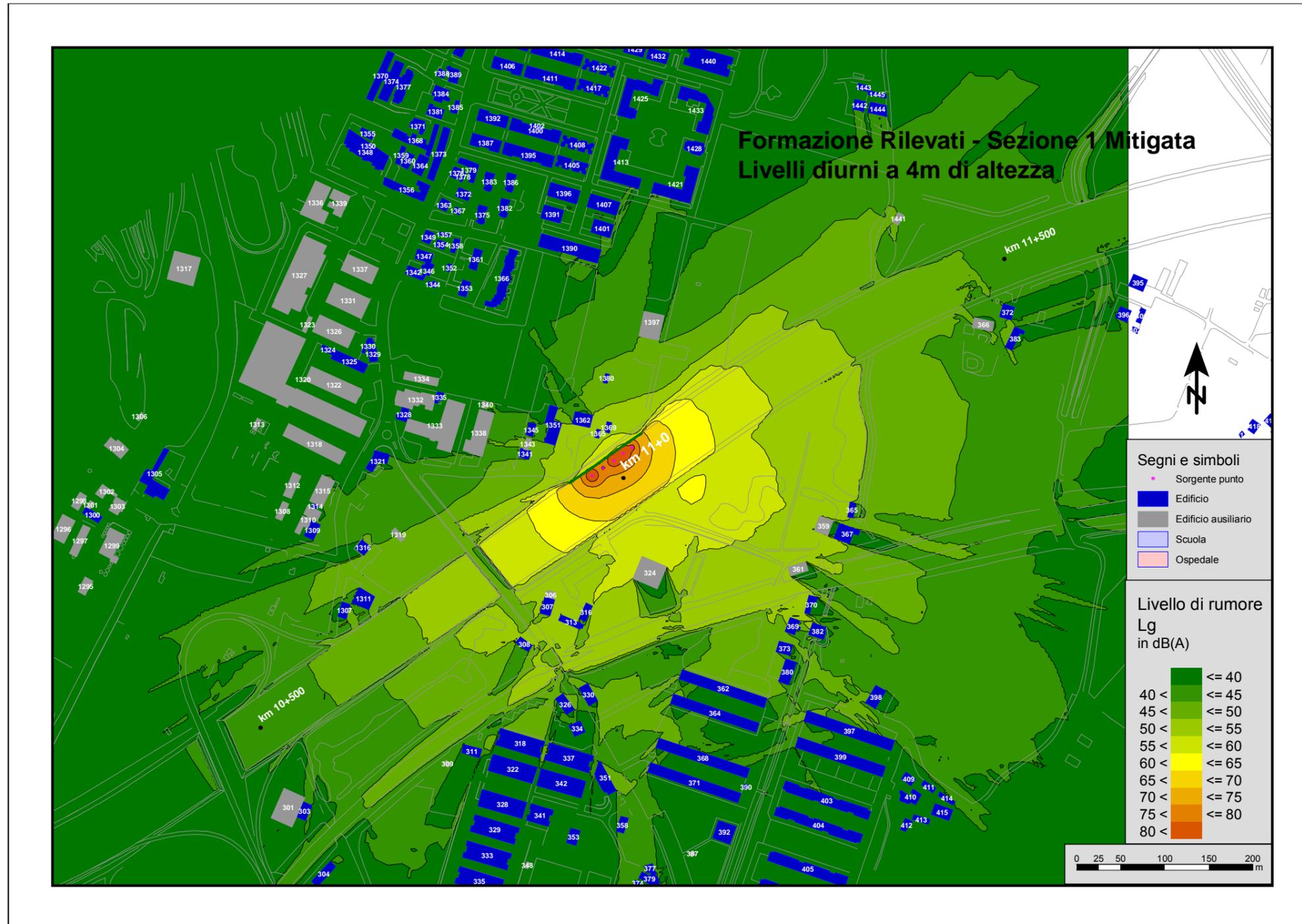


Figura 1-17: Mappa delle isofoniche formazione rilevati con mitigazioni – sezione 1

Tabella 1-41 – Simulazione acustica ante mitigazioni Sezione 2 - realizzazione opere in c.a. per muri di sostegno

Codice	Piano	Classe	Direzione	LIMITI EMIS.	IMPATTI non mitigati	DELTA	IMPATTI Mitigati	DELTA
				(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)
				6_22	6_22	6_22	6_22	6_22
2117	1	IV	E	60	67,7	7,7	51,3	-8,7
2117	2	IV	E	60	68,6	8,6	53,2	-6,8
2121	1	IV	SW	60	67,9	7,9	52,8	-7,2
2121	2	IV	SW	60	72,4	12,4	54,8	-5,2
2122	1	IV	SW	60	61,3	1,3	49	-11
2122	2	IV	SW	60	65,5	5,5	50,3	-9,7
2122	3	IV	SW	60	65,5	5,5	51,8	-8,2
2122	4	IV	SW	60	66,6	6,6	52,9	-7,1
2123	1	IV	SW	60	68,4	8,4	53,8	-6,2
2123	2	IV	SW	60	71,6	11,6	54,1	-5,9
2125	1	IV	SW	60	68,6	8,6	51,3	-8,7
2125	2	IV	SW	60	69,6	9,6	53,1	-6,9
2125	3	IV	SW	60	69,1	9,1	53,9	-6,1
2125	4	IV	SW	60	69,1	9,1	55,5	-4,5
2126	1	III	SW	55	64,4	9,4	46,7	-8,3
2126	2	III	SW	55	63,7	8,7	47,7	-7,3
2129	1	III	SW	55	66,6	11,6	50,1	-4,9
2383	1	I	SW	45	44,6	-0,4	35,6	-9,4
2383	2	I	SW	45	48,9	3,9	38,1	-6,9

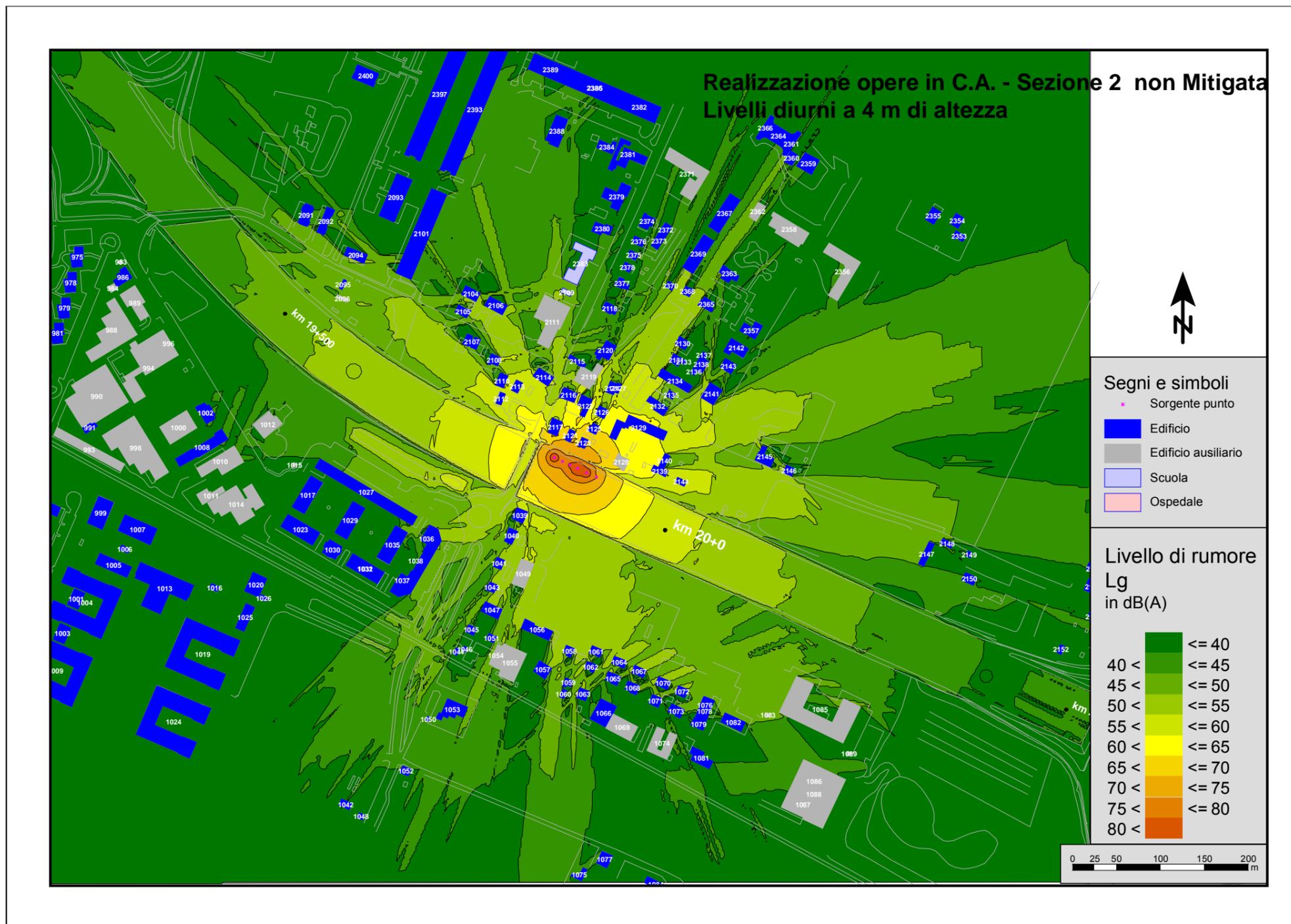


Figura 1-18: Mappa delle isofoniche realizzazione opere in c.a. per muri di sostegno senza mitigazioni – sezione 2

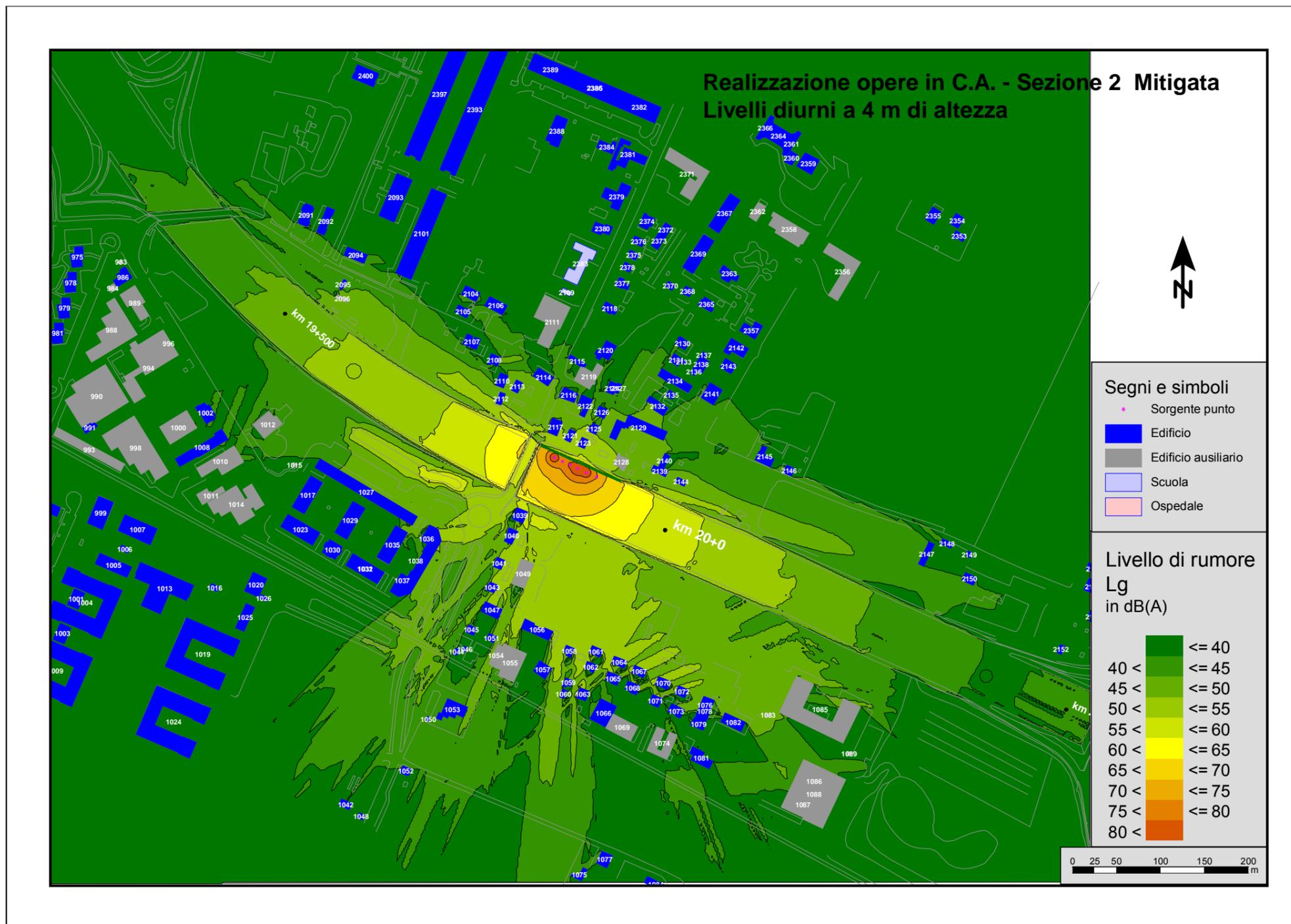


Figura 1-19: Mappa delle isofoniche realizzazione opere in c.a. per muri di sostegno Post mitigazioni

1.5.13 Sovrapposizione degli impatti di più cantieri

In merito alla sovrapposizione di impatti tra più cantieri si precisa che, in base all'ubicazione relativa dei cantieri fissi l'eventuale sovrapposizione degli effetti risulta trascurabile. Per quanto concerne invece l'eventuale sovrapposizione con il fronte di avanzamento dei cantieri mobili è stata presa a riferimento la situazione ritenuta più rappresentativa in termini di vicinanza dei ricettori, ovvero l'area intorno al cantiere fisso CO01. Per il cantiere fisso è stato considerato un coefficiente di assorbimento del terreno $G=0.5$. Come fase relativa al cantiere mobile è stata considerata quella relativa alla "realizzazione strutture in c.a. per i muri di sostegno".

La simulazione ha preso in esame la situazione con mitigazioni; in particolare, in riferimento al cantiere mobile sono state previste due barriere:

- Una barriera sul lato nord con altezza pari a 4 m e lunghezza pari a circa. 80 m;
- Una barriera sul lato sud con altezza pari a 5 m e lunghezza pari a circa. 120 m;

La barriera sul lato Sud è stata resa necessaria, come si evince anche dai risultati tabellari di seguito riportati, in quanto permanevano dei superamenti residui in corrispondenza dei ricettori 696, 702, 713 risultando di fatto in campo libero rispetto alle sorgenti associate alle lavorazioni del cantiere mobile.

Nella Tabella 1-42 sono riportati i risultati delle stime in facciata ai ricettori con un confronto diretto rispetto ai limiti emissione relativamente al solo periodo diurno, ovvero quello di attività dei cantieri.

Dall'esame dei risultati si evince che pur in presenza delle barriere mobili, permane un lieve esubero dei limiti di emissione per il ricettore 702. Sarà dunque da valutare l'eventuale necessità di effettuare una richiesta in deroga dei limiti di rumore secondo le procedure definite dalla normativa.

Si ribadisce nuovamente che sarà compito dell'impresa appaltatrice dei lavori, in base alla propria organizzazione e ai tempi programmati, verificare la necessità di aggiornare la presente Documentazione di impatto acustico per tutte le lavorazioni, nel rispetto delle specifiche normative e considerando il presente studio come base analitica e modellistica.

Suddette specifiche valutazioni dovranno dimostrare il rispetto dei limiti acustici ovvero supportare la richiesta di autorizzazione in deroga ai limiti acustici, nei casi in cui essa risulti necessaria.

Nella Figura 1-20 è riportata le mappature delle isofoniche nell'ipotesi considerata.

Tabella 1-42 – Simulazione acustica ante mitigazioni sovrapposizione cantiere fisso CO01 e cantiere mobile relativo alla “realizzazione strutture in c.a. per i muri di sostegno”

Codice	Piano	Classe	Direzione	LIMITI EMIS.	IMPATTI Non Mitigati	DELTA	IMPATTI Mitigati	DELTA
				(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)
				6_22	6_22	6_22	6_22	6_22
696	1	IV	SE	60	60,8	0,8	59,3	-0,7
696	2	IV	SE	60	60,5	0,5	59,2	-0,8
702	1	IV	NE	60	60,7	0,7	60,5	0,5
702	2	IV	NE	60	61,4	1,4	60,5	0,5
705	1	IV	NE	60	56,8	-3,2	56,7	-3,3
705	2	IV	NE	60	58,5	-1,5	58,4	-1,6
705	3	IV	NE	60	58,3	-1,7	57,1	-2,9
712	1	IV	NE	60	54,2	-5,8	53,9	-6,1
712	2	IV	NE	60	57	-3	55,6	-4,4
712	3	IV	NE	60	58,2	-1,8	56,6	-3,4
712	4	IV	NE	60	58,6	-1,4	57,5	-2,5
712	5	IV	NE	60	58,6	-1,4	58,6	-1,4
712	6	IV	NE	60	56,3	-3,7	56,5	-3,5
713	1	IV	NE	60	60,2	0,2	59,2	-0,8
713	2	IV	NE	60	59,7	-0,3	57,7	-2,3
716	1	IV	NE	60	53,9	-6,1	53,5	-6,5
716	2	IV	NE	60	57	-3	54,5	-5,5
716	3	IV	NE	60	58,3	-1,7	56,6	-3,4
716	4	IV	NE	60	58,6	-1,4	57,5	-2,5
716	5	IV	NE	60	58,5	-1,5	58,6	-1,4
727	1	IV	NE	60	44,4	-15,6	44,5	-15,5
727	2	IV	NE	60	49,5	-10,5	48,6	-11,4
727	3	IV	NE	60	51,3	-8,7	51,4	-8,6
730	1	IV	NW	60	45,6	-14,4	45,9	-14,1
730	2	IV	NW	60	47,4	-12,6	47,7	-12,3
730	3	IV	NW	60	49,1	-10,9	49,2	-10,8
737	1	I	N	45	35,2	-9,8	34,7	-10,3

Codice	Piano	Classe	Direzione	LIMITI EMIS.	IMPATTI Non Mitigati	DELTA	IMPATTI Mitigati	DELTA
				(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)
				6_22	6_22	6_22	6_22	6_22
737	2	I	N	45	37	-8	37	-8
737	3	I	N	45	39,3	-5,7	39,4	-5,6
738	1	IV	NE	60	58	-2	58	-2
738	2	IV	NE	60	57,9	-2,1	57,9	-2,1
738	3	IV	NE	60	57,9	-2,1	58,3	-1,7
2006	1	III	SE	55	59,6	4,6	52,6	-2,4
2006	2	III	SE	55	60,4	5,4	53,8	-1,2
2007	1	III	SE	55	60,4	5,4	53,2	-1,8
2007	2	III	SE	55	61,3	6,3	54,6	-0,4
2007	3	III	SE	55	58,9	3,9	52,9	-2,1
2010	1	III	SE	55	60,7	5,7	53,6	-1,4
2010	2	III	SE	55	61,5	6,5	55,1	0,1
2014	1	IV	SW	60	52,1	-7,9	50,9	-9,1
2014	2	IV	SW	60	57,2	-2,8	56	-4
2014	3	IV	SW	60	57,6	-2,4	56,1	-3,9
2014	4	IV	SW	60	57,7	-2,3	56,6	-3,4
2014	5	IV	SW	60	57,7	-2,3	57,8	-2,2
2014	6	IV	SW	60	57,7	-2,3	57,8	-2,2
2016	1	IV	SW	60	54,7	-5,3	55	-5
2016	2	IV	SW	60	54,1	-5,9	54,3	-5,7
2016	3	IV	SW	60	53,9	-6,1	54,1	-5,9
2016	4	IV	SW	60	53,8	-6,2	54	-6
2016	5	IV	SW	60	53,8	-6,2	54	-6
2016	6	IV	SW	60	51,4	-8,6	51,5	-8,5
2018	1	III	NW	55	48,4	-6,6	54,4	-0,6
2018	2	III	NW	55	53,2	-1,8	47,9	-7,1
2018	3	III	NW	55	54,2	-0,8	52,6	-2,4
2018	4	III	NW	55	54,4	-0,6	53	-2

Codice	Piano	Classe	Direzione	LIMITI	IMPATTI Non Mitigati	DELTA	IMPATTI Mitigati	DELTA
				EMIS.	(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)
				(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)
				6_22	6_22	6_22	6_22	6_22
2018	5	III	NW	55	54,5	-0,5	53,3	-1,7
2019	1	IV	NW	60	60,6	0,6	53,6	-6,4
2019	2	IV	NW	60	60,8	0,8	51,8	-8,2
2019	3	IV	NW	60	60,8	0,8	55,2	-4,8
2021	1	IV	NW	60	54,3	-5,7	59,9	-0,1
2021	2	IV	NW	60	58,7	-1,3	51	-9
2021	3	IV	NW	60	58,8	-1,2	53,2	-6,8
2021	4	IV	NW	60	58,9	-1,1	53,4	-6,6
2021	5	IV	NW	60	59	-1	58,5	-1,5
2021	6	IV	NW	60	59	-1	58,8	-1,2
2021	7	IV	NW	60	59	-1	58,9	-1,1
2021	8	IV	NW	60	59	-1	58,9	-1,1
2021	9	IV	NW	60	59,1	-0,9	58,9	-1,1
2021	10	IV	NW	60	59,3	-0,7	58,9	-1,1
2021	1	IV	NW	60	59,5	-0,5	58,9	-1,1
2022	1	IV	NW	60	60,7	0,7	58,7	-1,3
2022	2	IV	NW	60	61,1	1,1	56,8	-3,2
2023	1	IV	NW	60	48,4	-11,6	58,5	-1,5
2023	2	IV	NW	60	50,8	-9,2	44	-16
2026	1	III	NW	55	44,9	-10,1	45,6	-9,4
2033	1	IV	NE	60	53,8	-6,2	41,4	-18,6
2034	1	IV	NW	60	50,6	-9,4	53,8	-6,2
2034	2	IV	NW	60	50,4	-9,6	50,7	-9,3
727	1	IV	NW	60	53,1	-6,9	50,3	-9,7
727	2	IV	NW	60	56,5	-3,5	53,3	-6,7
727	3	IV	NW	60	58	-2	55,2	-4,8

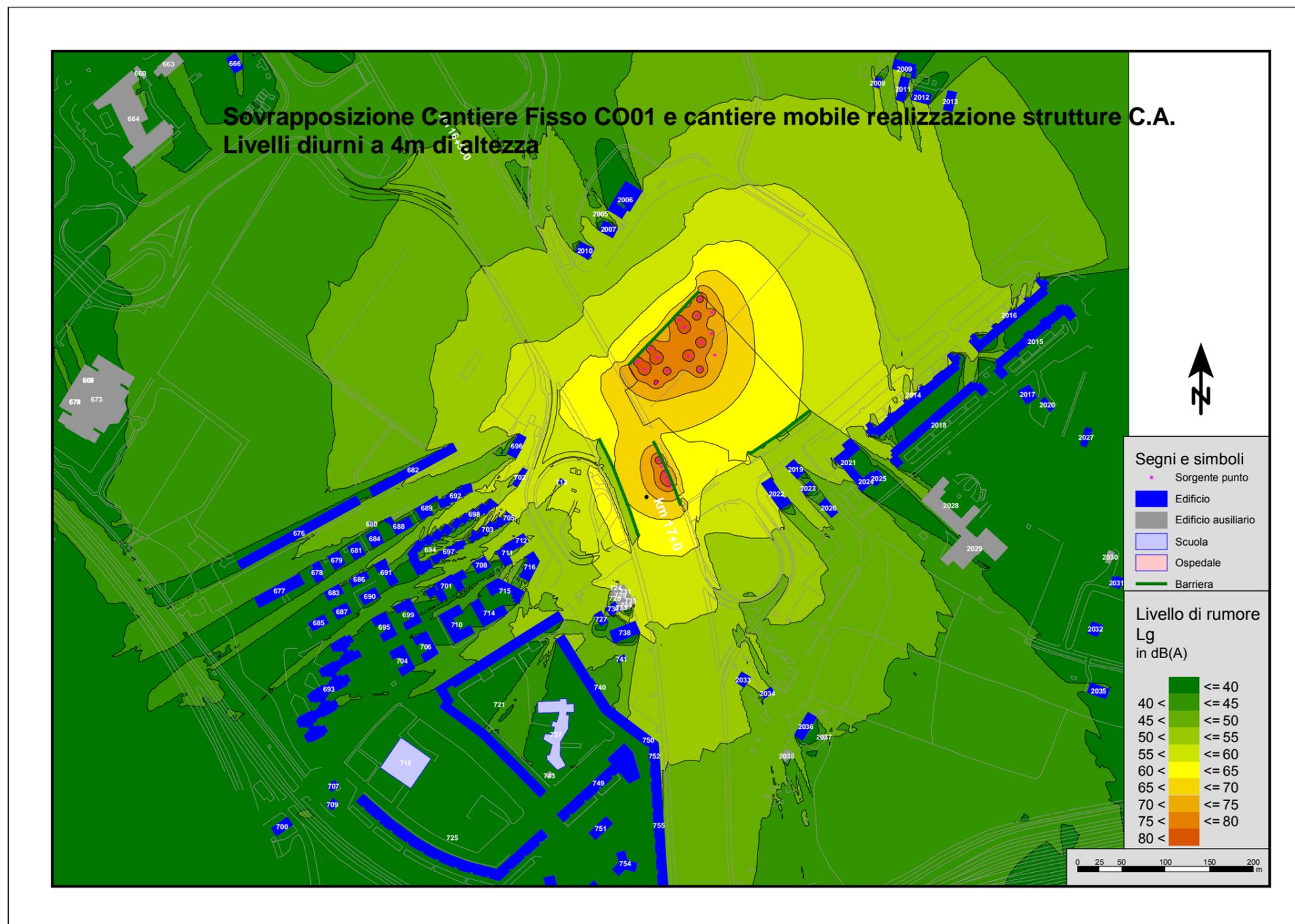


Figura 1-20: Sovrapposizione di cantieri mobili e fissi mitigati

1.5.14 Sintesi impatto acustico fase di cantiere

Il presente studio ha riguardato gli impatti acustici relativi ai lavori più significativi ed estesi (cantieri fissi, aree di supporto ai cantieri, cantieri mobili), ove possibile individuando anche le fasi più impattanti e rumorose.

Per ciascuna attività di cantiere sono state spiegate le metodologie di calcolo, i dati di input, le ipotesi progettuali e riportati i risultati ottenuti con apposito modello di simulazione. Ove necessario, si è provveduto a dimensionare opportune mitigazioni acustiche indirette (barriere poste lungo la via di propagazione del rumore).

Relativamente al cantiere fisso CB01 è prevista una barriera con una lunghezza di 213 m e altezza pari a 5 m sul lato ovest e una barriera con una lunghezza di 202 m e altezza pari a 5 m sul lato sud.

Per il cantiere fisso CO01 è prevista una barriera con una lunghezza di 115 m e altezza pari a 4 m sul lato nord-ovest e una barriera con una lunghezza di 87 m e altezza pari a 5 m sul lato sud-est.

Relativamente alle aree di supporto ai cantieri, nei casi in cui siano previste ad una distanza inferiore ai 150 m dai ricettori, l'impresa appaltatrice dovrà dimensionare le eventuali misure di mitigazione e specificare l'entità e la durata delle deroghe richieste.

Per quanto riguarda i cantieri mobili, nelle aree individuate come potenzialmente impattate si consiglia l'utilizzo di barriere mobili di lunghezza variabile (generalmente 100 metri circa e comunque realizzate in maniera da schermare completamente i mezzi di lavoro presenti) e altezza pari a 5 metri.

L'impresa appaltatrice, in base alla propria organizzazione e ai tempi programmati, redigerà in ogni caso la Valutazione di impatto acustico per tutte le aree di cantiere e i cantieri mobili individuati come critici, nel rispetto delle specifiche contenute nello Capitolato Ambientale e considerando il presente studio come base analitica e modellistica, facendovi esplicito riferimento ed evidenziando le modifiche eventualmente intercorse e i necessari correttivi alle stime di impatto e al dimensionamento delle misure di mitigazione, nonché specificando l'entità e la durata delle eventuali deroghe richieste.

2 VIBRAZIONI

2.1 INTRODUZIONE E DESCRIZIONE DEL FENOMENO

Le vibrazioni rappresentano una forma di energia in grado di provocare disturbi o danni psico-fisici sull'uomo ed effetti sulle strutture.

Tali impatti dipendono, in primo luogo, dalle caratteristiche fisiche del fenomeno, con particolare riferimento all'intensità delle vibrazioni, frequenza, punto e direzione di applicazione nonché durata e vulnerabilità specifica del bersaglio (organismo od opera inanimata).

Sono comunemente adottate per rappresentare il fenomeno vibratorio le seguenti grandezze:

- ampiezza (mm), ossia il valore dello spostamento lineare rispetto alla posizione di equilibrio;
- velocità (m/s) di spostamento rispetto alla posizione di equilibrio;
- accelerazione (m/s^2);
- frequenza (hertz).

La modellazione del comportamento del terreno sotto l'azione dinamica determinata dal passaggio del traffico veicolare rappresenta un problema di estrema complessità, da un lato per la difficoltà insita nella scelta di parametri rappresentativi del terreno, dall'altro per la scarsa conoscenza dell'effetto dinamico indotto dal traffico sul terreno stesso. Da qui la necessità di disporre di dati sperimentali rilevati in ambienti e condizioni di esercizio simili a quelle in progetto.

Ipotizzando il terreno come un continuo elastico omogeneo, le sollecitazioni dinamiche determinate dal traffico possono essere sia di compressione che di taglio. Esistono inoltre altri due tipi di onde di superficie, note come onde di Rayleigh e onde di Love, che si creano all'interfaccia tra due mezzi non omogenei.

Fra le onde superficiali assumono rilevanza prevalente le onde di Rayleigh, che si smorzano molto lentamente e quindi vengono avvertite alle maggiori distanze. Le onde di taglio hanno velocità di 30÷300 m/s nel terreno; le onde di compressione hanno una velocità di 2,5÷4 volte superiori alle onde di taglio e a quelle di Rayleigh.

L'attenuazione delle vibrazioni è caratterizzata da tre componenti primarie:

- l'attenuazione geometrica, che dipende dal tipo di sorgente (lineare, puntuale) e dal tipo di onda;
- l'attenuazione dovuta all'assorbimento del terreno;
- l'attenuazione dovuta alla presenza di discontinuità nel terreno (presenza di strati sub-verticali con caratteristiche smorzanti, di microfessurazioni, di cave di impianti sotto la sede stradale, ecc.).

L'attenuazione geometrica per una linea di emissione di lunghezza infinita (lunghezza del tracciato maggiore della distanza sorgente-ricettore) si esprime come:

$$A_g = 10 \cdot \log_{10}((d+d_0)/d)^n$$

dove:

$d+d_0$: distanza dall'asse della linea autostradale [m];

d_0 : distanza di riferimento a cui è nota l'intensità della vibrazione [m];

$n=1$ per tracciato di superficie.

L'attenuazione dovuta all'assorbimento del terreno dipende dalla frequenza, dalla velocità di propagazione dell'onda e dal tipo di onda, e si esprime nella forma:

$$A_t = 4,34 \cdot \Omega \cdot \eta \cdot x/c$$

dove:

x : distanza dall'asse della linea autostradale [m];

Ω : frequenza [$rad \cdot s^{-1}$];

η : coeffic. di assorbimento del terreno (fattore di perdita)

$$c = \sqrt{E/d}$$

c : velocità di propagazione dell'onda longitudinale nel terreno [m/s];

E : modulo elastico [N/m^2];

d : densità del terreno [kg/m^3].

Un terreno saturo d'acqua consente minori livelli di vibrazione nel terreno (onde di compressione) a causa della incomprimibilità dei liquidi e quindi di una maggiore resistenza alla deformazione. La deformazione per taglio è viceversa indipendente dalla presenza di acqua nel sottosuolo.

L'attenuazione dovuta alle discontinuità del terreno può essere considerata in modo semplificato ammettendo che l'onda di compressione si sposti dal suolo "a" al suolo "c" e che incida perpendicolarmente alla superficie di separazione dei due mezzi:

$$A_i = 20 \cdot \log[(1+d_c \cdot c_c/d_a \cdot c_a)/2]$$

dove:

d_c, d_a densità dei suoli "c" e "a" [kg/m^3];

c_c , c_a velocità di propagazione nei suoli "c" e "a" [m/s].

La propagazione delle vibrazioni negli edifici vicini ai tracciati autostradali e la risposta di pareti e solai dipende dalle caratteristiche costruttive dell'edificio. Al fine delle valutazioni è importante separare i due aspetti fondamentali del fenomeno, correlati all'interazione suolo-fondazioni ed alla propagazione nel corpo dell'edificio.

Il primo aspetto è legato al fatto che la mancanza di continuità all'interfaccia terreno-struttura dà luogo a fenomeni dissipativi, configurandosi come un fenomeno favorevole all'attenuazione. Detto fenomeno è perciò condizionato dalla tipologia delle fondazioni (fondazioni a platea, fondazioni su plinti isolati, pali di fondazioni, ecc.).

La modalità di propagazione nel corpo dell'edificio è determinante per la stima degli effetti indotti sugli abitanti che sulle strutture in quanto i pavimenti, pareti e soffitti degli edifici sono soggetti a significative amplificazioni delle vibrazioni trasmesse dalle fondazioni. In molti casi la risonanza delle strutture orizzontali può causare una amplificazione delle vibrazioni nel campo di frequenze comprese tra 10 e 30 Hz. I problemi maggiori si verificano quando la frequenza di risonanza dei solai coincide con la frequenza di picco dello spettro di vibrazione del terreno.

Negli edifici multipiano un valore di attenuazione delle vibrazioni da piano a piano è approssimativamente pari a 3 dB per i piani bassi e di circa 1 dB alle basse frequenze in corrispondenza dei piani alti.

Al fine di evitare possibili danni è generalmente consigliato di adottare un valore limite di velocità di picco pari a 5 mm/s. Per edifici di vecchia costruzione ed edifici storici la normativa tedesca DIN4150 raccomanda un valore massimo di velocità pari a 2 mm/s. E' inoltre generalmente riconosciuto che i livelli di vibrazioni in grado di determinare danni alle strutture degli edifici sono più alti di quelli normalmente tollerati dalle persone. Questo implica che una volta soddisfatto l'obiettivo prioritario di garantire alle comunità dei livelli vibrometrici accettabili, risulta automaticamente soddisfatto l'obiettivo di salvaguardare il patrimonio architettonico.

Il disturbo sulle persone, classificato come "annoyance", dipende in misura variabile dall'intensità e frequenza dell'evento disturbante e dal tipo di attività svolta. L'annoyance deriva dalla combinazione di effetti che coinvolgono la percezione uditiva e la percezione tattile delle vibrazioni. Gli effetti sulle persone non sono concentrati su un organo bersaglio, ma sono estesi all'intero corpo e possono essere ricondotti genericamente ad un aumento dello stress, con conseguente attivazione di ripetute reazioni di orientamento e di adattamento, e con eventuale insorgenza o aggravamento di malattie ipertensive.

Infine, con riferimento agli effetti sulle attività produttive, la continua tendenza in alcuni settori dell'industria e della ricerca a perfezionare e rendere più precise le strumentazioni ha determinato il consolidarsi di situazioni di elevata sensibilità alle vibrazioni. Il funzionamento di microscopi ottici ed elettronici può ad esempio essere disturbato da livelli di vibrazioni inferiori alla soglia di percezione umana. La sensibilità di queste strumentazioni dipende, oltre che dalle caratteristiche costruttive, dalla presenza di sistemi atti a isolare il basamento della macchina dalle vibrazioni.

2.2 QUADRO DI RIFERIMENTO LEGISLATIVO

A differenza del rumore ambientale, regolamentato a livello nazionale dalla *Legge Quadro n. 447/95* (e successivi decreti attuativi), non esiste al momento alcuna legge che stabilisca limiti quantitativi per l'esposizione alle vibrazioni. Esistono invece numerose norme tecniche, emanate in sede nazionale ed internazionale, che costituiscono un utile riferimento per la valutazione del disturbo in edifici interessati da fenomeni di vibrazione.

Per quanto riguarda il disturbo alle persone, i principali riferimenti sono costituiti dalla norma ISO 2631 / Parte 2 "Evaluation of human exposure to whole body vibration / Continuous and shock-induced vibration in buildings (1 to 80 Hz)". La norma assume particolare rilevanza pratica poiché ad essa fanno riferimento le norme tecniche per la redazione degli Studi di Impatto Ambientale relativi alla componente ambientale "Vibrazioni", contenute nel *DPCM 28/12/1988*. Ad essa, seppur con alcune non trascurabili differenze, fa riferimento la norma UNI 9614 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo".

Nel seguito si descrivono sinteticamente i contenuti delle principali normative.

Norma ISO 2631/2

La ISO 2631-2 si applica a vibrazioni trasmesse da superfici solide lungo gli assi x, y e z per persone in piedi, sedute o coricate. Il campo di frequenze considerato è 1÷80 Hz e il parametro di valutazione è il valore efficace dell'accelerazione a_{rms} definito come:

$$a_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt}$$

dove $a(t)$ è l'accelerazione in funzione del tempo, T è la durata dell'integrazione nel tempo dell'accelerazione.

La norma definisce tre curve base per le accelerazioni e tre curve base per le velocità (in funzione delle frequenze di centro banda definite per terzi di ottava), che rappresentano le curve approssimate di uguale risposta in termini di disturbo, rispettivamente per le accelerazioni riferite all'asse Z, agli assi X,Y e alla combinazione dei tre assi (i valori numerici delle curve base sono indicati nella Tabella 2-1 riportata nel seguito).

Tabella 2-1 – Valori Numerici per le Curve Base delle Accelerazioni (ISO 2631-2)

Frequenza [Hz]	Accelerazione in $m/s^2 \cdot 10^{-3}$		
	Asse Z	Assi X,Y	Assi combinati
1	10.00	3.60	3.60
1.25	8.90	3.60	3.60
1.6	8.00	3.60	3.60
2	7.00	3.60	3.60
2.5	6.30	4.51	3.72
3.15	5.70	5.68	3.87
4	5.00	7.21	4.07
5	5.00	9.02	4.30
6.3	5.00	11.40	4.60
8	5.00	14.40	5.00
10	6.30	18.00	6.30
12.5	7.81	22.50	7.80
16	10.00	28.90	10.00
20	12.50	36.10	12.50
25	15.60	45.10	15.60
31.5	19.70	56.80	19.70
40	25.00	72.10	25.00
50	31.30	90.20	31.30
63	39.40	114.00	39.40
80	50.00	144.00	50.00

L'Annex A della ISO 2631-2 (che non rappresenta peraltro parte integrante della norma) fornisce informazioni sui criteri di valutazione della risposta soggettiva alle vibrazioni; in pratica sono riportati i fattori di moltiplicazione da applicare alle curve base delle accelerazioni e delle velocità al variare del periodo di riferimento (giorno e notte), del tipo di vibrazione (vibrazioni continue o intermittenti, vibrazioni transitorie) e del tipo di insediamento (ospedali, laboratori di precisione, residenze, uffici, industrie); i valori dei fattori di moltiplicazione sono indicati nella Tabella 2-2 riportata nel seguito.

Tabella 2-2 – Fattori di Moltiplicazione delle Curve Base (ISO 2631-2 Annex A)

Destinazione d'uso	Periodo	Vibrazioni Continue Intermittenti	Vibrazioni Transitorie
Luoghi di lavoro critici (camere operatorie, laboratori di precisione, teatri, ecc.)	Giorno	1	1
	Notte		
Edifici residenziali	Giorno	2÷4	30÷90
	Notte		
Uffici	Giorno	4	60÷128
	Notte		
Luoghi di lavoro	Giorno	8	90÷128
	Notte		

Le vibrazioni devono essere misurate nel punto di ingresso nel corpo umano e deve essere rilevato il valore di accelerazione r.m.s. perpendicolarmente alla superficie vibrante. Nel caso di edifici residenziali in cui non è facilmente definibile un asse specifico di vibrazione, in quanto lo stesso edificio può essere usato da persone in piedi o coricate in diverse ore del giorno, la norma presenta una curva limite che tiene conto delle condizioni più sfavorevoli combinate in tre assi.

Norma UNI 9614

La norma è sostanzialmente in accordo con la ISO 2631-2. Generalmente, tra le due norme, la UNI 9614 si configura come più restrittiva. Tuttavia, sebbene le modalità di misura siano le stesse, la valutazione del disturbo è effettuata sulla base del valore di accelerazione r.m.s. ponderato in frequenza, il quale è confrontato con una serie di valori limite dipendenti dal periodo di riferimento (*giorno*, dalle 7:00 alle 22:00, e *notte*, dalle 22:00 alle 7:00) e dalle destinazioni d'uso degli edifici.

Dato che gli effetti prodotti dalle vibrazioni sono differenti a seconda della frequenza delle accelerazioni, vanno impiegati dei filtri che ponderano le accelerazioni a seconda del loro effetto sul soggetto esposto. Tali filtri rendono tutte le componenti dello spettro equivalenti in termini di percezione e quindi di disturbo. I simboli dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza e del corrispondente livello sono rispettivamente, a_w e L_w . Quest'ultimo, espresso in dB, è definito come $L_w = 20 \log_{10} (a_w / 10^{-6} \text{ ms}^{-2})$.

Nell'Appendice, che non costituisce parte integrante della norma, della Norma UNI 9614 si indica che la valutazione del disturbo associato alle vibrazioni di livello costante deve essere svolta confrontando i valori delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza, o

i corrispondenti livelli più elevati riscontrati sui tre assi, con una serie di valori limite indicati nelle Tabelle riportate nel seguito.

Tabella 2-3 – Limite UNI 9614 delle Accelerazioni Complessive Ponderate in Frequenza, di Livello Costante e non Costante, Validi per l'Asse Z

Destinazione d'Uso	a_w [m/s ²]	L_w [dB]
Aree critiche	$5,0 \cdot 10^{-3}$	74
Abitazioni (Notte)	$7,0 \cdot 10^{-3}$	77
Abitazioni (Giorno)	$10,0 \cdot 10^{-3}$	80
Uffici	$20,0 \cdot 10^{-3}$	86
Fabbriche	$40,0 \cdot 10^{-3}$	92

Tabella 2-4 – Limite UNI 9614 delle Accelerazioni Complessive Ponderate in Frequenza, di Livello Costante e non Costante, Validi per gli Assi X,Y

Destinazione d'Uso	a_w [m/s ²]	L_w [dB]
Aree critiche	$3,6 \cdot 10^{-3}$	71
Abitazioni (Notte)	$5,0 \cdot 10^{-3}$	74
Abitazioni (Giorno)	$7,2 \cdot 10^{-3}$	77
Uffici	$14,4 \cdot 10^{-3}$	83
Fabbriche	$28,8 \cdot 10^{-3}$	89

Tabella 2-5 – Limiti delle Accelerazioni Complessive Ponderate in Frequenza in Presenza di Vibrazioni Impulsive

Destinazione d'Uso	a_w (Z) [m/s ²]	a_w (XY) [m/s ²]
Aree critiche	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$3,6 \cdot 10^{-3}$
Abitazioni (Notte)	$7,0 \cdot 10^{-3}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$
Abitazioni (Giorno)	0,30	0,22
Uffici	0,64	0,46
Fabbriche	0,64	0,46

Quando i valori o i livelli delle vibrazioni in esame superano i limiti, le vibrazioni possono essere considerate oggettivamente disturbanti per il soggetto esposto.

Norma UNI 9916

I danni agli edifici determinati dalle vibrazioni vengono trattati dalla UNI 9916 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici", norma in sostanziale accordo con i contenuti tecnici della ISO 4866 e in cui viene richiamata, sebbene non faccia parte integrante della norma, la DIN 4150, parte 3.

Tale norma non è qui commentata in quanto, come già detto, i limiti per la protezione degli edifici, in essa richiamati, sono meno restrittivi di quelli per la protezione della popolazione, sopra esposti.

La caratterizzazione del territorio è propedeutica alla valutazione degli impatti derivanti dall'opera in esame è in esame per quanto concerne l'individuazione di ricettori particolarmente sensibili e la caratterizzazione geolitologica dei terreni interessati.

Le classi di sensibilità, a prescindere da considerazioni locali quali ad esempio lo stato di conservazione, la tipologia costruttiva dell'immobile, sono state stilate sulla base della destinazione d'uso dell'immobile, in conformità con la Norma UNI 9614 (i limiti indicati da tale norma risultano essere molto più restrittivi di quelli indicati nella Norma ISO 2631-2; pertanto nella presente relazione si farà riferimento ai limiti UNI), e sono definite come nella tabella seguente.

Tabella 2-6 – Classi di Sensibilità

N.	Destinazione D'uso	Classe di Sensibilità
1	Aree critiche	MOLTO ALTA
2	Abitazioni	ALTA
3	Uffici	MEDIA
4	Fabbriche	BASSA

Le aree critiche, indicate in Tabella 2-6, includono le aree archeologiche di importanza storico-monumentale, le infrastrutture sanitarie (ospedali, case di cura e riposo), le infrastrutture per l'istruzione nonché le industrie che impiegano macchinari di precisione.

2.3 STIMA DEGLI IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO

Le emissioni di vibrazioni da parte del traffico autostradale dipendono da numerosi fattori. In generale il livello di vibrazioni emesso da mezzi pesanti è sensibilmente maggiore di quello dei veicoli leggeri. Inoltre il fattore determinante è lo stato della pavimentazione stradale: emissioni sensibili si hanno essenzialmente in corrispondenza di irregolarità della superficie. La velocità di transito influenzano il livello di emissione e parzialmente anche il contenuto in frequenza. Quest'ultimo è in genere dominante nella banda tra 8 e 20 Hz.

Dati disponibili in letteratura confermano che le vibrazioni indotte da traffico leggero sono al di sotto della soglia di percezione ad una decina di metri di distanza. Secondo alcuni autori un automezzo pesante produce velocità particellari inferiori a 0.1mm/s a 15m.

Per motivi operativi legati alla disponibilità dei residenti più esposti al fenomeno non è stato possibile svolgere indagini nei pressi del tratto in studio.

Nel corso di numerose campagne di indagine svolte presso varie tratte autostradali limitrofe al sistema tangenziale di Bologna (A13 Bologna-Ferrara e A14 Bologna-Dir Ravenna), o interessate da flussi di traffico analoghi a quelli che interessano il tratto in studio in un contesto urbano analogo (A4 Milano Certosa – Sesto San Giovanni), non sono comunque mai stati rilevati livelli superiori ai limiti di riferimento in relazione al disturbo.

Dai valori sintetizzati nelle tabelle sotto riportate si evincono effetti derivanti dal fenomeno vibratorio di livello molto basso ed assai inferiori ai valori limite indicati dalle norme di riferimento. Le vibrazioni non costituiscono quindi, per i casi esaminati, un problema rilevante. Nelle tabelle sono evidenziati, per ogni posizione di misura i valori globali degli spettri pesati e lineari espressi in m/s^2 o dB, confrontati con i relativi limiti di riferimento.

Si evidenzia che tra le misure eseguite sull'autostrada A4 nel tratto Cormano – Viale Certosa (il tratto autostradale più trafficato della rete italiana), la misura "Z" è stata addirittura svolta direttamente sulla sede autostradale (in piazzola di emergenza) e anche in questo caso si è verificato che i livelli vibrometrici sono al di sotto dei limiti.

Sulla base di quanto esaminato, si può concludere che le vibrazioni non rappresentano un elemento di criticità per la tipologia di opera in esame.

Tabella 2-7 – Misure A13 Tratto Bologna – Ferrara

Punto	Distanza da autostrada (m)	Data	Postazione	Lw [dB]	Llim [dB]
VIB001 Bentivoglio (BO)	6	24.05.2011	Z	58,9	74.0
		24.05.2011	Y	59,7	74.0
		24.05.2011	Z	58,4	74.0
		24.05.2011	X	55,5	74.0
VIB002 Poggio Renatico (FE)	15	24.05.2011	Z	57,5	74.0
		24.05.2011	Y	56,0	74.0
		24.05.2011	Z	59,3	74.0
		24.05.2011	X	47,5	74.0
VIB003 Poggio Renatico (FE)	30	24.05.2011	Z	52,8	74.0
		24.05.2011	Y	56,8	74.0
		24.05.2011	Z	53,7	74.0
		24.05.2011	X	48,9	74.0
VIB004 Ferrara (FE)	20	24.05.2011	Z	54,1	74.0
		24.05.2011	Y	46,4	74.0
		24.05.2011	Z	54,4	74.0
		24.05.2011	X	44,6	74.0

Tabella 2-8 – Misure A14 Tratto Bologna S. Lazzaro – Ravenna

Punto	Distanza da autostrada (m)	Data	Postazione	Lw [dB]	Llim [dB]
VIB001 San Lazzaro di Savena (BO)	50	28/03/2011	Z	46.0	74.0
		28/03/2011	Y	50.3	74.0
		28/03/2011	Z	46.7	74.0
		28/03/2011	X	51.0	74.0
VIB002 Castel San Pietro (BO)	30	28/03/2011	Z	47.9	74.0
		28/03/2011	X	48.8	74.0
		28/03/2011	Z	46.4	74.0
		28/03/2011	Y	53.4	74.0
VIB003 Castel San Pietro (BO)	30	28/03/2011	Z	46.3	74.0
		28/03/2011	Y	47.5	74.0
		28/03/2011	Z	46.4	74.0
		28/03/2011	X	52.1	74.0
VIB004 Imola (BO)	20	28/03/2011	Z	67.4	74.0
		28/03/2011	Y	56.8	74.0
		28/03/2011	Z	67.9	74.0
		28/03/2011	X	55.1	74.0
VIB005 Imola (BO)	03	28/03/2011	Z	48.7	74.0
		28/03/2011	Y	60.1	74.0
		28/03/2011	Z	49.7	74.0
		28/03/2011	X	39.6	74.0

Tabella 2-9 – Misure A4 Tratto Certosa – Sesto San Giovanni

Punto	Distanza da autostrada (m)	Data	Postazione	Asse	Lw [dB]	Llim [dB]
B-164 – Cormano	5	24/11/09	Y	0.69	56.8	74.0
		24/11/09	Z	1.84	65.3	74.0
C-712 – Cinisello	3	25/11/09	Y	0.95	59.6	74.0
		25/11/09	Z	1.13	61	74.0
D-247 – Cinisello	10	24/11/09	Y	0.53	54.6	74.0
		24/11/09	Z	0.94	59.4	74.0
E-397 – Cormano	10	25/11/09	Y	0.81	58.2	74.0
		25/11/09	Z	1.88	65.5	74.0
Z	Misura eseguita in corsia di emergenza dell'Autostrada A4	25/11/09	X	0.29	49.4	74.0
		25/11/09	Z	1.11	60.9	74.0

2.4 STIMA DEGLI IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

I problemi di vibrazioni in fase di costruzione delle opere possono derivare da emissione dirette di vibrazioni nel corso delle lavorazioni e da emissione di rumore a bassa frequenza, in relazione ai fattori causali e agli effetti riassunti in Tabella 2-10.

Tabella 2-10 – Problematiche vibrazionali in fase di costruzione

PROBLEMATICHE	PRINCIPALI FATTORI CAUSALI	EFFETTI POTENZIALI
EMISSIONE VIBRAZIONI	Demolizioni strutture esistenti in c.a. con martelli pneumatici, martelloni o altro Infissione pali o scavo pali di fondazione con metodi a percussione	Vibrazioni trasmesse dal terreno agli elementi strutturali degli edifici, con emissione di rumore per via solida
	Compattazione sottofondi rilevati con vibrocompattatori, rulli vibranti, ecc.	
	Traffico di cantiere	
EMISSIONE RUMORE A BASSA FREQUENZA	Macchine operatrici nell'area di cantiere	Vibrazione elementi strutturali (vetri, suppellettili) con emissione di rumore in corrispondenza delle frequenze di risonanza

I problemi di disturbo, anche in assenza di superamento dei limiti di legge, sono di importanza variabile in relazione alla tecnica costruttiva e generalmente più frequenti quando le lavorazioni sono estese al periodo notturno.

I casi tipici riguardano gli scavi delle gallerie con impiego di esplosivi o mezzi meccanici mentre lo scavo con frese o utensili a rotazione non determina generalmente effetti significativi. Gli scavi con mezzi meccanici (martellone pneumatico, ecc.) sono associati a emissioni significative e richiedono le opportune accortezze gestionali. Nel progetto in studio non sono comunque presenti tali lavorazioni.

Significative, e spesso disturbanti, anche le lavorazioni svolte con macchine operatrici a breve distanza dai ricettori, quali ad esempio quelle necessarie per il consolidamento degli edifici prossimi a fronti di scavo, realizzazione di jet grouting o micropali. Le attività svolte con martelli pneumatici per la demolizione di cordoli, la scapitozzatura di pali e testa paratie, ecc. possono introdurre nel terreno di fondazione dell'edificio elevati livelli energetici di vibrazioni. Non in tutte le situazioni è possibile ridurre l'intensità e la necessità delle lavorazioni e le azioni attuabili rientrano di fatto nella gestione ambientale di cantiere.

Lo Studio di Impatto Ambientale esamina prioritariamente il disturbo ai sensi della UNI 9614, in considerazione del fatto che questi sono più bassi di quelli relativi al danno: in assenza di disturbo alle persone è escluso anche qualsiasi danno ai fabbricati.

2.4.1 Stima livelli vibrazionali

Il livello di vibrazione in corrispondenza di un ricettore ad una distanza "x" dal fronte di scavo di una galleria o dal punto in cui opera una attrezzatura di cantiere è pari al livello alla distanza di riferimento "x0", diminuito della somma delle attenuazioni che si verificano nel terreno tra x0 e x:

$$L(x) = L(x_0) - \sum_i A_i$$

Il livello di base $L(x_0)$ è generalmente ricavato da misure sperimentali a distanze comprese tra 5 m e 25 m. Le componenti di attenuazione e amplificazione delle vibrazioni all'interno del terreno e sull'edificio, introdotte nel modello di calcolo come valori medi, riguardano:

- attenuazione per dissipazione interna del terreno;
- attenuazione per dissipazione interna del terreno
- attenuazione geometrica, in relazione al tipo di sorgente e di onda
- attenuazione dovuta a ostacoli o discontinuità del terreno
- attenuazione dovuta all'accoppiamento terreno-fondazione
- attenuazione dovuta alla propagazione in direzione verticale nel corpo dell'edificio
- amplificazione determinata dai solai

Lo schema concettuale sopra descritto è illustrato nella figura seguente, mentre nel seguito viene descritta la metodologia di calcolo adottata.

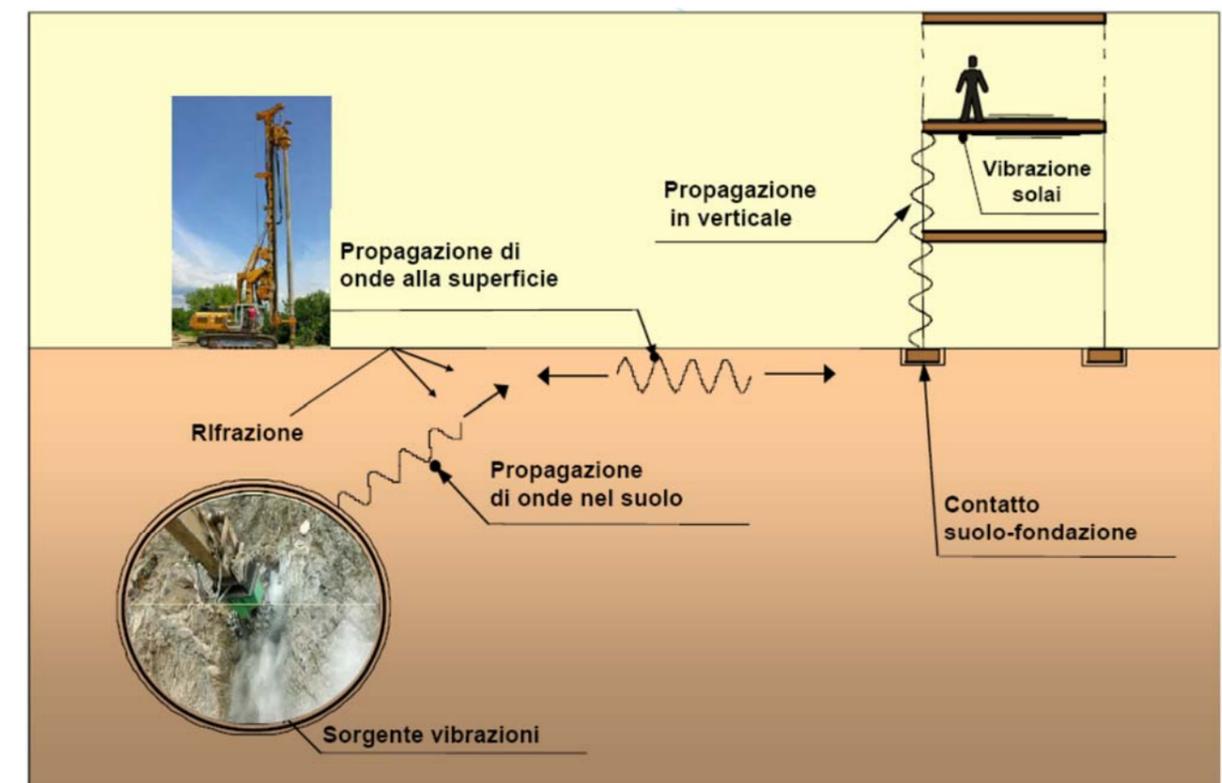


Figura 2-1: schema concettuale propagazione vibrazioni

2.4.1.1 Attenuazione per dissipazione interna del terreno

L'attenuazione di un campo vibrazionale al variare della distanza da una sorgente vibratoria all'interno di un mezzo solido (terreno) è principalmente funzione dell'effetto combinato dell'attenuazione geometrica e della dissipazione interna del terreno. L'attenuazione geometrica è legata al fenomeno di propagazione dell'energia vibratoria entro volumi di terreno che aumentano all'aumentare della distanza dalla sorgente. In un mezzo omogeneo essa è legata sia alla geometria della sorgente (puntuale, lineare, etc.), sia alle caratteristiche del dominio sede dei fenomeni propagatori (presenza di frontiere, discontinuità, etc.).

L'attenuazione per dissipazione del terreno è legata alle caratteristiche dissipative del mezzo all'interno del quale avviene la propagazione di energia vibratoria, in questo caso il deposito di terreno. Il problema propagatorio si risolve mediante una funzione di trasferimento che esprime per ogni frequenza, il rapporto tra l'ampiezza di vibrazione al piede del ricettore in condizioni di campo libero e l'ampiezza dello spettro di carico alla sorgente. Vale la seguente equazione:

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

in cui:

η fattore di perdita del terreno,

c velocità di propagazione in m/s,

f frequenza in Hz,

d distanza in m,

d_0 distanza di riferimento a cui è noto lo spettro di emissione.

L'esponente n varia a seconda del tipo di onda e di sorgente di vibrazioni, come indicato nella Tabella 2-10. Nel caso di sorgenti di vibrazione correlate ad attività di cantiere, considerando prevalente il contributo di una sorgente superficiale puntiforme, si assumerà un valore di $n = 0.5$.

Tabella 2-11 – valori del parametro “n”

Localizzazione della sorgente	Tipo di sorgente	Onde indotte	n
Superficie	Puntuale	Onde di pressione	2.0
		Onde di superficie	0.5
	Linea	Onde di pressione	1.0
		Onde di superficie	0
Profonda	Puntuale	Onde di pressione	1.0
	Lineare	Onde di pressione	0.5

Per quanto riguarda il termine esponenziale, esso rappresenta i fenomeni di dissipazione di energia meccanica in calore, che risulta dipendente dalla frequenza, dalle caratteristiche meccaniche del materiale (e dunque dalla velocità di propagazione) e dal fattore di perdita del mezzo. Si nota che le alte frequenze si estinguono dopo un breve percorso, mentre le frequenze più basse si propagano a distanze maggiori. Il rapporto η/c dipende dal partico-

lare tipo di terreno considerato, e tende a diminuire al crescere del livello di compattamento del terreno.

I valori tipici di densità, velocità di propagazione e fattore di perdita, noti esclusivamente per alcune classi geologiche e in presenza di un ammasso omogeneo, sono riassunti in Tabella 2-12.

Tabella 2-12 – valori tipici densità, velocità di propagazione e fattore di perdita

TIPO DI TERRENO	DENSITA' [t/m ³]	VELOCITA' DI PROPAGAZIONE [m/s]	FATTORE PERDITA η
Roccia compatta	2.65	3500	0.01
Sabbia, limo, ghiaia, loess	1.6	600	0.1
Argilla, terreni argillosi	1.7	1500	0.2+0.5
Molasse (1)	2.25	1075	0.05
Sabbie e ghiaie di Messina	2.00	834	0.05
Scisti cristallini (2)	2.25	3000	0.05
Depositi alluvionali	1.83	527	0.05
Calcarei evaporitici	2.25	3350	0.05

2.4.1.2 Attenuazione dovuta a ostacoli o discontinuità del terreno

Un ulteriore fenomeno di cui si deve tener conto è quello che sorge se nel terreno si hanno superfici di separazione fra strati con diversa impedenza meccanica: una quota di energia viene riflessa da tali superfici di discontinuità e non viene quindi percepita al di là di esse. In particolare, se l'eccitazione avviene al di sotto dello strato superficiale sovraconsolidato, l'interfaccia fra esso ed il terreno incoerente sottostante riduce l'ampiezza delle vibrazioni che riescono ad attraversare tale interfaccia. Il fattore che esprime tale attenuazione, sempre minore di 1, è legato al rapporto fra le impedenze dei due strati (si rammenta che l'impedenza è data dal prodotto fra la velocità di propagazione delle onde di taglio e la densità del materiale). Esso è espresso dalla seguente

relazione:

$$F_r = \frac{1 + \rho_2 \cdot c_2}{2 \rho_1 \cdot c_1}$$

in cui il pedice 1 si riferisce al materiale con impedenza più bassa dei due.

Nel presente studio questo fenomeno non è tenuto in considerazione perché non si riscontrano situazioni con presenza di ostacoli significativi tra le fonti di vibrazioni e i ricettori. Tale assunzione risulta a favore di una maggiore cautela nell'interpretazione dei dati delle simulazioni.

2.4.1.3 Propagazione all'interno dell'edificio

Il modello di propagazione sopra illustrato si riferisce ai soli fenomeni che avvengono nel terreno, supposto omogeneo ed isotropo. Bisogna tener conto che in corrispondenza dei ricettori del segnale vibrazionale, l'eventuale disturbo indotto dalla sorgente vibrazionale è percepito dalle persone sia in termini di moto delle superfici di contatto del corpo umano con l'edificio stesso (vibrazione vera e propria), sia in termini di pressione sonora generata dal moto delle superfici di orizzontamento e dalle pareti verticali. Di conseguenza andrebbe considerata la propagazione delle vibrazioni dall'esterno dell'edificio al suo interno. A tale scopo, è utile suddividere il problema complessivo della risposta alle vibrazioni degli edifici in tre fenomeni (Figura 2-2):

- accoppiamento terreno – fondazioni (A-B);
- propagazione lungo la struttura verticale (B-C);
- effetto degli orizzontamenti (C-D).

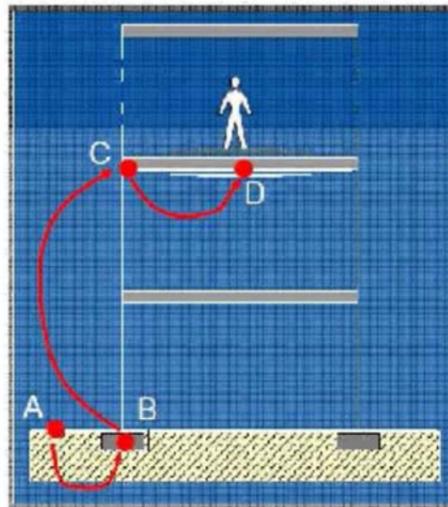


Figura 2-2: Schematizzazione propagazione terreno-edificio

La valutazione dell'attenuazione/amplificazione del livello di vibrazione nel passaggio entro un edificio può essere quindi condotta individuando i seguenti passaggi:

- dall'esterno dell'edificio al piano terra, o al piano interrato se presente (effetto dell'accoppiamento terreno-fondazioni); l'accoppiamento tra terreno e fondazioni, come emerso da misurazioni effettuate nell'ambito di studi precedenti e confermato da indicazioni di bibliografia (Saurenman et. al, 1982), produce un'attenuazione del livello di vibrazione compresa tra 5 e 10 dB, al variare della tipologia fondazionale, su larga parte dello spettro di interesse.
- dal piano interrato o dal piano terra ad un piano abitato sul perimetro degli orizzontamenti (effetto della risposta della struttura verticale dell'edificio);
- dal perimetro degli orizzontamenti al centro degli stessi (effetto dei solai, o piastre di piano).

Gli ultimi due fenomeni comportano due effetti generalmente contrari, il primo di attenuazione ed il secondo di amplificazione, su intervalli di frequenza tuttavia diversi.

Nel presente studio è stato considerato quale spettro al ricettore (persona o edificio) quello calcolato in campo libero non tenendo conto dell'effetto indotto dalle strutture di fondazione, verticali e di piano sul livello di vibrazione all'interno degli edifici.

Tale assunzione è stata presa sulla base delle tre considerazioni/condizioni seguenti:

1. La mancanza di informazioni dettagliate sulle caratteristiche degli edifici, quali tipologia fondazionale, presenza di piani interrati, tipologia costruttiva (muratura, cemento armato ecc.) e dimensione della luce del solai, che consentano di determinare le modalità di propagazione della sorgente vibratoria nell'edificio.
2. La specificità di risposta di ogni edificio in termini di amplificazione o attenuazione del livello di vibrazione, nel campo di frequenze di interesse. Tale specificità rende difficile estendere il risultato ottenuto su di un edificio agli edifici circostanti, tranne nel caso di evidente somiglianza (tipologia di struttura verticale, numero di piani, tipologia di orizzontamento, anno di costruzione, stato di conservazione). In misure condotte in progetti analoghi per la valutazione della risposta strutturale, si riscontra una sostanziale costanza del livello complessivo di vibrazione (calcolato secondo le indicazioni della norma UNI 9614) nel passaggio dal piano basso al piano alto dell'edificio.
3. Da esperienze precedenti e dati di letteratura tecnica (ad esempio, Pezzoli, 2004), l'effetto di amplificazione indotto dal comportamento elastico delle solette sul livello di vibrazione al centro dei locali di abitazione (localizzato nell'intorno della frequenza propria di vibrazione dell'orizzontamento) è compensato su di uno spettro di frequenza più ampio dall'effetto di attenuazione indotto dall'accoppiamento terreno-struttura a livello fondazionale.

2.4.1.4 Emissioni di riferimento

La valutazione dei livelli vibrazionali indotti ai ricettori dai macchinari presenti nelle configurazioni di cantiere previste è stata condotta a partire dalla conoscenza degli spettri di emissione dei macchinari di cantiere, rilevati sperimentalmente in studi analoghi. Tali spettri, misurati ad una distanza di 5-10m dalla sorgente vibratoria, sono illustrati in Figura 2-3.

Essi sono riferiti alla componente verticale di vibrazione emessa dai seguenti macchinari:

- martello idraulico: Hitachi H50 (FH450LCH.3);
- escavatore cingolato: Fiat/Hitachi – Mod. FH 300 (in fase di scavo e carico autocarro);
- autocarro: Mercedes Benz 2629;
- bulldozer: Fiat/Hitachi – Mod. FD 175;
- rullo: Dynapac – FD 25;
- idrofresa: Rodio Hydromill.

Poiché la disponibilità degli spettri di emissione dei macchinari da cantiere è relativa solo ad una parte delle macchine previste dagli scenari di cantiere, si è proceduto per le infor-

mazioni non disponibili assimilando secondo un criterio cautelativo e di omogeneità gli spettri mancanti a quelli disponibili.

Il segnale registrato in corrispondenza del rullo Dynapac durante la compattazione di un rilevato è stato impiegato anche quale sorgente nello scenario di stesa del manto bituminoso, per il quale l'energia di compattazione è più ridotta. Tale assunzione, effettuata dal lato della sicurezza, potrà essere rivista una volta disponibili dati relativi alla fase compattazione del manto bituminoso con rullo.

Dalla Figura 2-3 risulta evidente che il macchinario maggiormente impattante dal punto di vista vibrazionale risulta essere il martellone idraulico, per il quale il livello di accelerazione emessa si mantiene a 5m al di sopra dei 100 dB per una parte considerevole dello spettro. È tuttavia da segnalare che il valore in assoluto più alto di emissione compete al citato rullo compattatore per il quale il livello di vibrazione alla frequenza di 40 Hz risulta essere pari a circa 107 dB.

Un'ulteriore assunzione è stata fatta impiegando quale segnale di sorgente per la macchina palificatrice una registrazione relativa ad idrofresa, la quale mostra un livello di vibrazione sostenuto ad ogni frequenza ma non particolarmente impattante. Va considerato come idrofresa e palificatrice (salvo casi particolari) sono entrambe macchine generatrici di vibrazioni di intensità pressoché costante, senza picchi temporali improvvisi.

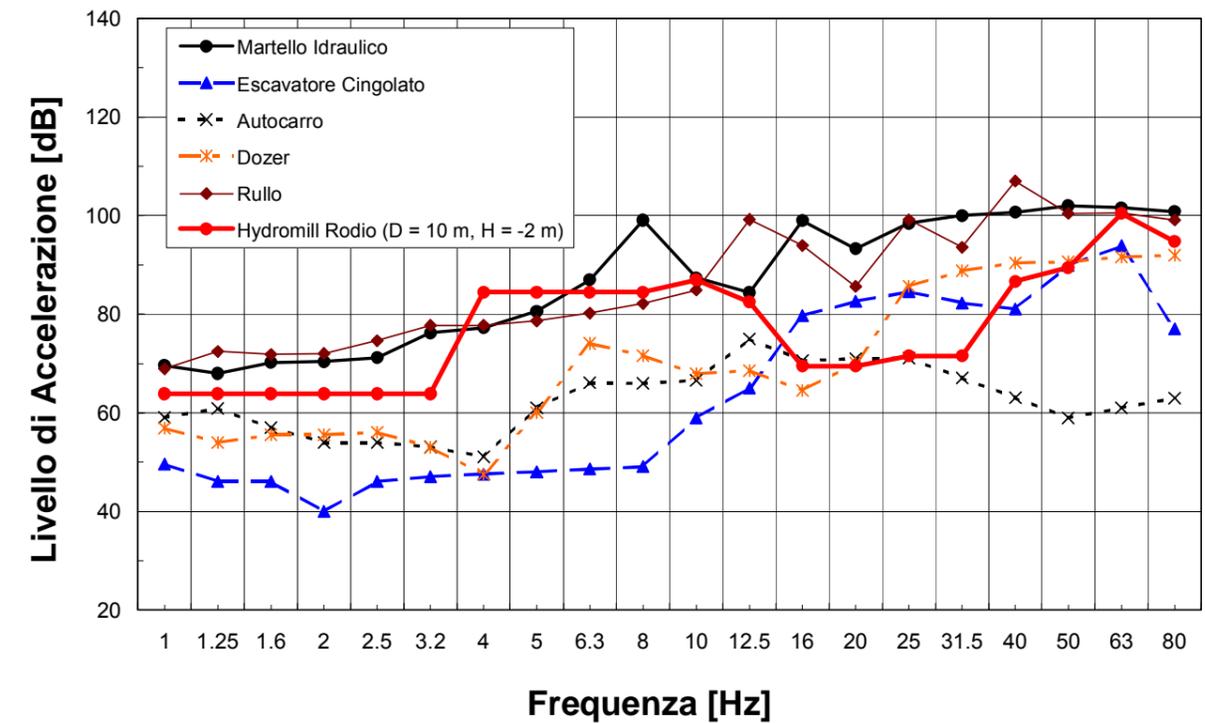


Figura 2-3 - Spettri di sorgente sperimentali dei macchinari da cantiere, misurati a 5 m di distanza dalla sorgente.

2.4.1.5 Individuazione dei ricettori potenzialmente impattati

A partire dagli spettri di emissione e implementando il modello previsionale sopra descritto, sono stati calcolati i decadimenti dei livelli di impatto in funzione della distanza, andando quindi a determinare delle fasce di potenziale impatto.

Considerando le specificità dell'intervento in progetto, che vede prevalente la realizzazione di nuovi rilevati in terra compattata e rispetto ad altre lavorazioni, e visto che il macchinario con emissioni più elevate risulta proprio il rullo compattatore, le elaborazioni sono state svolte solo per questa specifica lavorazione, i cui areali di impatto in ogni caso includono quelli delle altre lavorazioni (che non sono mai contemporanee).

In particolare è stata definita la fascia corrispondente al livello limite per il disturbo per ricettori residenziali e sensibili ("aree critiche" ex UNI9614) in riferimento al periodo diurno, in quanto non previste lavorazioni sistematiche nel periodo notturno. Tali limiti sono rispettivamente 77 dB e 71 dB.

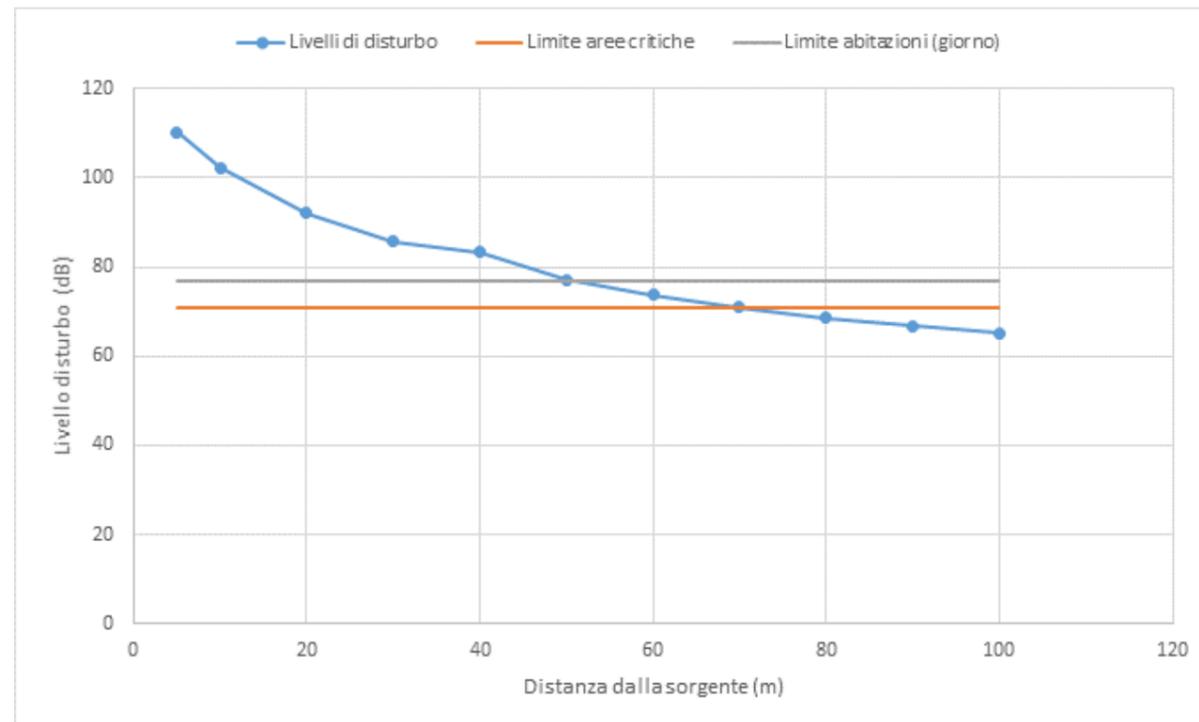


Figura 2-4 - Decremento dei livelli di disturbo in funzione della distanza COMPATTAZIONE

La Tabella 2-13 esplicita le distanze oltre le quali sono rispettati i limiti.

Tabella 2-13 – Distanze limite di possibile non rispetto normativo

MACCHINARIO	DISTANZA ABITAZIONI (giorno)	DISTANZA RICETTORI SENSIBILI
RULLO.	50 m	70 m

Da quanto emerge negli elaborati relativi al censimento dei ricettori svolto per gli studi acustici lungo il tratto in studio si trovano circa 100 edifici residenziali posti a distanza inferiore ai 70 m. presso questi siti si provvederà ad eseguire le opportune verifiche testimoniali prima dei lavori e verranno adottate le procedure di prevenzione e gestione degli effetti disturbanti indotti dalle vibrazioni, incluse specifiche attività di monitoraggio nei periodi di maggiore disturbo.

Gli edifici potenzialmente impattati sono quelli identificati dai seguenti codici: 7, 8, 9, 51, 66, 68, 77, 78, 86, 89, 94, 96, 102, 113, 303, 307, 372, 383, 395, 466, 467, 468, 470, 471, 473, 645, 665, 666, 713, 716, 730, 738, 740, 741, 749, 750, 752, 754, 755, 763, 765, 851, 854, 861, 870, 878, 883, 935, 941, 942, 947, 949, 951, 975, 1039, 1040, 1114, 1118, 1120, 1122, 1125, 1259, 1307, 1311, 1351, 1362, 1365, 1369, 1474, 1475, 1476, 1488,

1492, 1503, 1508, 1584, 1592, 1598, 1607, 1614, 1615, 1620, 1622, 1623, 1627, 1927, 1929, 1930, 1938, 1945, 1946, 1953, 1955, 2010, 2019, 2022, 2023, 2033, 2034, 2052.

Per quanto riguarda i ricettori sensibili non sono stati rilevati edifici con destinazione d'uso scolastica o assistenziale (ospedale, casa di riposo) entro i primi 70m dal limite dei lavori per l'ampliamento della tangenziale, mentre è presente un complesso scolastico (codice 4027, 4028, 4029, 4031) a distanza inferiore di 70m dal sedime dei lavori per la realizzazione del tratto finale del collegamento nuovo svincolo Lazzaretto – Asse attrezzato.

2.4.2 Modalità di gestione del disturbo dovuto alle vibrazioni

Nel seguito si riportano gli accorgimenti che verranno adottati per ridurre al minimo i disturbi e i disagi.

In primo luogo l'impresa esecutrice dei lavori dovrà redigere un documento, denominato "Analisi ambientale preventiva", in cui verrà studiato l'impatto dei cantieri mobili in relazione al programma esecutivo dei lavori. In tale studio verranno prese in considerazione le cautele ambientali che è necessario prevedere a seconda della specifica lavorazione, anche in materia di vibrazioni, in relazione alla loro dislocazione variabile nello spazio e nel tempo.

In questo senso l'Appaltatore dovrà procedere nell'esecuzione dei lavori programmando con largo anticipo la gestione ambientale delle singole lavorazioni.

In materia di vibrazioni, sulla base del programma esecutivo dei lavori, l'Appaltatore ha l'onere di individuare per le specifiche lavorazioni sottese dalle singole WBS, gli impatti potenziali, definendo le necessarie cautele e modalità operative ovvero realizzando specifici interventi di tutela dal disturbo.

Più in generale, in tale documento, saranno analizzate tutte le tipologie di lavorazione nell'ambito dei cantieri mobili, individuando quelle più critiche dal punto di vista ambientale e i relativi impatti potenziali, nonché gli interventi di prevenzione da adottare.

Nello studio a carico dell'impresa esecutrice dei lavori dovranno essere individuate le specifiche WBS che comprendono le lavorazioni impattanti dal punto di vista vibrazionale

Suddetta valutazione dovrà prevedere i livelli di vibrazioni e di rumore solido attesi sui ricettori, confrontandoli con i limiti definiti dalla normativa di settore (normativa tecnica nel caso delle vibrazioni), al fine di garantire gli opportuni interventi di tutela della salute e della sicurezza a favore dei cittadini.

In base agli esiti di tale studio sarà approntato un opportuno piano di informazione nel caso di attività con alto impatto da vibrazioni. L'appaltatore dovrà comunicare alla Direzione Lavori il proprio piano di informazione prima dalla data di inizio della specifica attività impattante, secondo la relativa WBS del programma esecutivo dei lavori.

Qualora in corso d'opera dovessero emergere situazioni di criticità l'Appaltatore sarà tenuto a recepire tutte le osservazioni che verranno formulate dalla Direzione Lavori, apportando i necessari correttivi per la riduzione degli impatti.

3 SALUTE PUBBLICA

3.1 INTRODUZIONE

Nello sviluppo del capitolo relativo alla componente “Salute pubblica” previsto dal DPCM 27/12/88 si è fatto riferimento alle indicazioni specifiche contenute nell’Allegato II del decreto citato e alle recenti linee guida del Ministero della Salute e dell’ISPRA (giugno 2016) che rappresentano un’evoluzione delle indicazioni precedenti verso una più ampia “Valutazione di impatto sanitario”.

L’integrazione delle componenti salute e ambiente, oltre ad essere parte intrinseca della definizione di sostenibilità, è infatti lo strumento da sempre riconosciuto a livello globale e locale per il raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile come ribadito nelle maggiori Conferenze istituzionali d’indirizzo e, dal 1989, nelle dichiarazioni sottoscritte dai Ministri di Ambiente e Sanità dei 53 Paesi della Regione Europea dell’OMS nelle Conferenze interministeriali paneuropee che costituiscono il processo ambiente e salute di riferimento e che hanno ispirato le principali politiche di settore ambientali nonché i piani di azioni ambientali comunitari.

In particolare i documenti considerati sono i seguenti:

- Ministero della Salute – Valutazione di impatto sulla salute. Linea guida per proponenti e valutatori
Le Linee Guida per la Valutazione di Impatto sulla Salute (VIS) nascono come prodotto finale del progetto finanziato dal Ccm nel 2013 dal titolo “Valutazione di impatto sulla salute (VIS): Linee Guida e strumenti per valutatori e proponenti”.
La Valutazione di Impatto sulla Salute (VIS) è una procedura che contribuisce a perseguire tale obiettivo, poiché analizza i rischi e i benefici di piani, programmi e progetti, considerando la loro sostenibilità e l’equità, e interviene di regola prima che questi siano realizzati.
Le Linee Guida offrono un riferimento di base per la VIS nel contesto nazionale italiano e contiene indicazioni sia per i proponenti (cioè società, Enti privati o pubblici che propongono l’esecuzione di un Piano, un Programma o un Progetto) sia per i valutatori (cioè il personale della pubblica amministrazione cui è deputato il compito di valutare la proposta presentata).
L’approccio adottato configura un percorso di VIS articolato in 5 fasi (Screening, Scoping, Assessment, Reporting, Monitoring) per le procedure di valutazione ambientale (VAS e VIA), anche se la metodologia può essere utilizzata in altri contesti, e come procedura a sé stante.
La collaborazione tra enti e istituzioni ambientali e sanitarie nella conduzione del progetto ha consentito di integrare le conoscenze dei due settori al fine di produrre uno strumento a supporto dei soggetti che dovranno realizzare una valutazione della “componente salute” finalizzata a prevenire gli effetti sanitari avversi potenzialmente dovuti alla realizzazione di piani/ progetti/programmi sul territorio, nella direzione auspicata di una sempre maggiore integrazione degli aspetti sanitari con quelli ambientali

- ISPRA – Linee guida per la valutazione integrata di impatto ambientale e sanitario (VIAS) nelle procedure di autorizzazione ambientale (VAS, VIA e AIA)
Le Linee Guida ISPRA, frutto delle conoscenze ed esperienze sviluppate negli anni dal Sistema Nazionale delle Agenzie di Protezione Ambientale, rappresentano un primo contributo alle esigenze operative di coloro che, a vario titolo, sono soggetti attivi nell’ambito delle procedure di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), Valutazione Ambientale Strategica (VAS), Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) in relazione alla valutazione della componente salute.
Esse nascono dall’esigenza maturata negli ultimi anni di dotare gli operatori, in particolare quelli appartenenti al Sistema delle Agenzie per l’Ambiente e al Servizio Sanitario Nazionale, di uno strumento metodologico per una valutazione integrata dei potenziali impatti sulla salute dei determinanti ambientali, prendendo spunto da esperienze simili già esistenti in altri Paesi e in definizione in alcune regioni Italiane. Le Linee Guida definiscono i criteri per lo svolgimento delle attività ordinarie di VIA, VAS e AIA previste dalle normative vigenti. L’integrazione della procedura di Valutazione di Impatto sulla Salute (VIS) con le procedure correnti di VIA definisce la Valutazione Integrata di Impatto Ambientale e Sanitario (VIAS).

Nel seguito si riporta il diagramma di flusso suggerito dalle Linee guida del Ministero della Salute per i progetti sottoposti a Valutazione di Impatto Ambientale, in cui, con riquadri rossi, vengono evidenziati i passaggi pertinenti al Progetto definitivo del Passante di Bologna e le attività svolte nell’ambito del presente SIA, riscontrate nel seguito:

ARGOMENTI DELLA VALUTAZIONE DELLA SALUTE PUBBLICA	PRESENZA NEL SIA E RELATIVI RIFERIMENTI
Sezione 1. Descrizione delle emissioni/scarichi nelle matrici ambientali;	Capitoli relativi agli impatti sulla qualità dell'aria (Quadro Ambientale, Volume 2), rumore (Quadro Ambientale, Volume 2), vibrazioni (Quadro Ambientale, Volume 2), ambiente idrico (Quadro Ambientale, Volume 3), i cui principali risultati sono sintetizzati nel par 3.3
Sezione 2. Valutazione della popolazione direttamente esposta;	Si veda il par 3.2
Sezione 3. Valutazione di impatto diretto;	
Sezione 3.1: Analisi della letteratura scientifica e stima degli impatti attesi;	Si veda il par 3.3
Sezione 3.2: Stato di salute ante-operam della popolazione esposta e stima di impatto in fase di cantiere, esercizio e dismissione;	Si vedano il par 3.2 e il par 3.3
Sezione 3.3: Conclusione della valutazione di impatto diretto;	Si vedano i principali risultati delle analisi di settore riportati nel par 3.3. Conclusioni di pertinenza del valutatore
Sezione 4. Valutazione della popolazione indirettamente esposta;	Specificando che con la dicitura "popolazione indirettamente esposta" si intende "la popolazione esposta ad effetti di natura sociale ed economica generati dall'opera", si rimanda ad eventuali approfondimenti successivi da svolgersi doverosamente con gli stakeholders.
Sezione 5. Valutazione di impatto indiretto;	Si evidenzia comunque come l'Analisi Costi Benefici del progetto, che analizza l'utilità sociale in termini economici, ha dato esito positivo.
Sezione 6. Monitoraggi e mitigazioni;	Per l'iniziativa Passante di Bologna è prevista la realizzazione di uno specifico Piano di monitoraggio ambientale le cui linee di indirizzo e sviluppo, ai fini di un confronto con gli enti valutatori e di controllo, sono contenute nell'Elaborato "Linee guida per il monitoraggio ambientale"

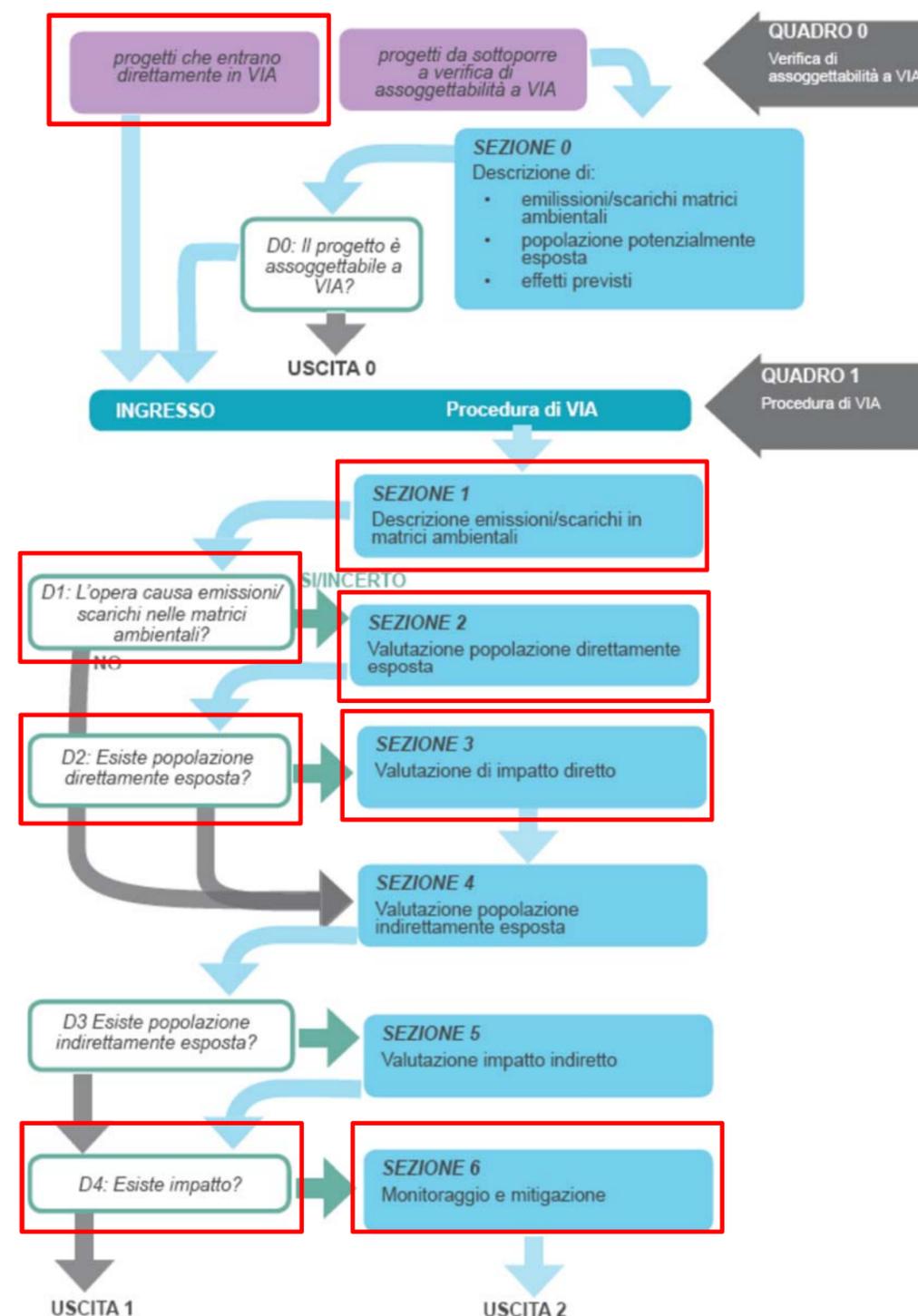


Figura 3-1 - Diagramma di flusso per la strutturazione del capitolo salute pubblica

3.2 CARATTERIZZAZIONE DELLA POPOLAZIONE

Il potenziamento del sistema tangenziale di Bologna pone interrogativi sulla possibilità che il traffico veicolare che si andrà sviluppando possa modificare lo stato di salute della popolazione che vive in prossimità del tracciato.

In questo senso risulta utile una valutazione dell'attuale stato di salute della popolazione interessata, sia per verificare se esistono in quell'area situazioni particolari di rischio sia per poter contare in futuro su un quadro generale con il quale confrontare le eventuali evoluzioni della salute della popolazione.

3.2.1 Popolazione interessata

In assenza di dati disaggregati a livello inferiore rispetto a quello comunale l'area di studio considerata è quella dell'intero comune di Bologna.

Nella successiva Tabella 3-1 vengono riportati i dati della popolazione, tratti dai dati ISTAT 2016 (popolazione residente al 1 gennaio 2016).

Tabella 3-1-Popolazione interessata dal progetto

Comune	Residenti
Bologna	386.663

I bambini e gli anziani sono gruppi più suscettibili degli adulti agli effetti di molti fattori ambientali. In particolare i bambini presentano un'esposizione maggiore per unità di peso corporeo rispetto agli adulti e sono più suscettibili agli effetti dell'esposizione a causa del sistema immunitario complessivo più immaturo o in via di sviluppo. Inoltre, essendo maggiore la loro speranza di vita, hanno più tempo a disposizione per sviluppare una patologia a lunga latenza in proporzione agli adulti; questo vale soprattutto per alcune patologie tumorali e per la perdita di alcune funzioni, come la possibilità di procreare da adulti.

Anche le donne in età fertile costituiscono una fascia della popolazione particolarmente critica rispetto all'inquinamento ambientale in quanto durante la gravidanza il feto è particolarmente vulnerabile agli effetti dei composti chimici.

Pertanto si è ritenuto di interesse analizzare la popolazione interessata e confrontarla con la popolazione della regione Emilia Romagna, evidenziando i sottogruppi che hanno una maggiore sensibilità agli inquinanti ambientali. Sono stati considerati nella fascia dei bambini gli individui di età compresa tra 0 e 14 anni ed in quella degli anziani gli individui di età maggiore o uguale ai 65 anni; mentre le donne di età compresa tra i 15 ed i 49 anni sono state definite donne in età fertile.

Nella Tabella 3-2 ed in Figura 3-2 sono illustrati i dati che caratterizzano l'intera popolazione della regione Emilia Romagna.

Tabella 3-2 – Popolazione della regione Emilia Romagna suddivisa per fasce d'età e numero di donne in età fertile (fonte ISTAT 2016)

	Tot. Bambini	Tot. Adulti	Tot. Anziani	Totale	Donne in età fertile
Emilia Romagna	597.946	2.800.356	1.049.844	4.448.146	935.694
Percentuale	13,4%	63,0%	23,6%	100,00%	21,0%

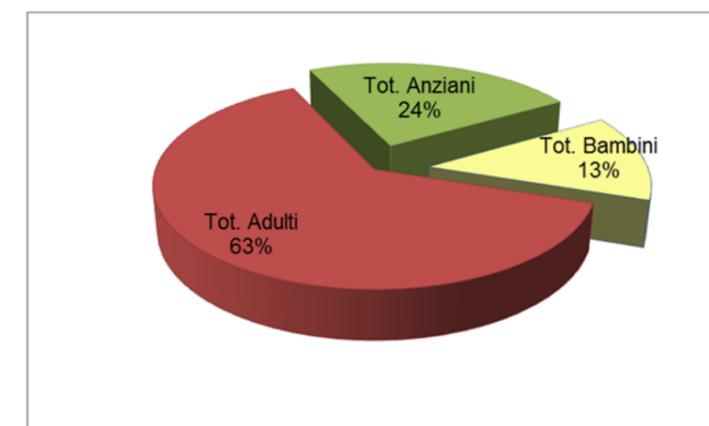


Figura 3-2 - Popolazione della regione Emilia Romagna suddivisa per fasce d'età (fonte ISTAT 2016)

Nella Tabella 3-3 e nel relativo grafico di Figura 3-3 sono presentati, invece, i dati complessivi della popolazione coinvolta dalla tratta stradale oggetto del presente studio.

Essa risulta interessante popolazioni che presentano percentuali di bambini, anziani e donne in età fertile sostanzialmente analoghe a quelle della popolazione della regione Emilia Romagna (bambini 12%, anziani 26% e donne in età fertile 21%): in particolare si registra una leggera maggiore incidenza della popolazione nella fascia d'età superiore ai 65 anni, mentre le categorie bambini ed adulti registrano lievemente inferiori (meno di due punti percentuali). Il fenomeno di invecchiamento progressivo della popolazione colpisce l'area bolognese in maniera leggermente più evidente rispetto al contesto regionale.

Tabella 3-3 – Popolazione dei comuni interessati suddivisa per fasce d'età e numero di donne in età fertile (fonte ISTAT 2016)

Comune	Tot. Bambini	Tot. Adulti	Tot. Anziani	Donne in età fertile
Bologna	45.464	242.064	99.135	82.762
Percentuale	11,8%	62,6%	25,6%	21,4%

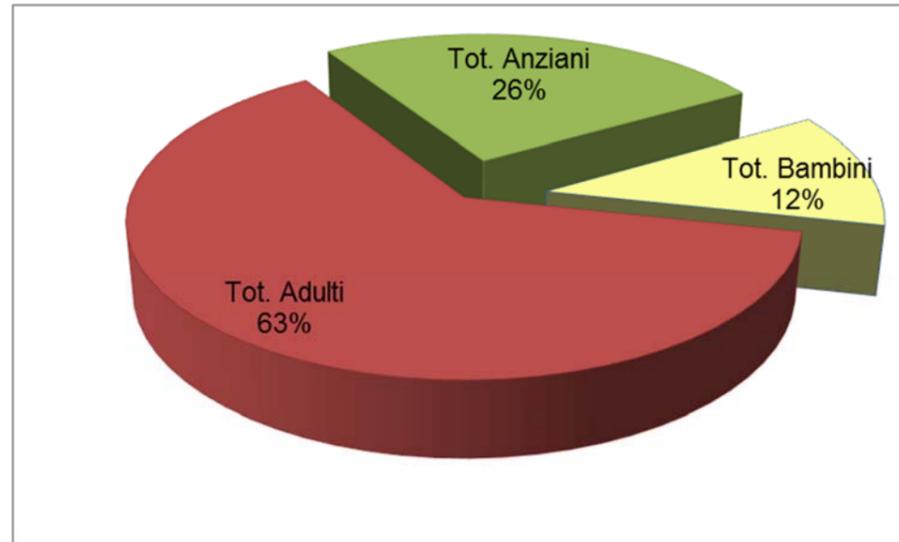


Figura 3-3 - Popolazione del comune di Bologna suddivisa per fasce d'età (fonte ISTAT 2016)

3.2.2 Dati di mortalità

L'analisi della mortalità ormai da tempo è un punto cardine del lavoro epidemiologico e riveste un ruolo di indicatore globale della salute. Essa permette di analizzare lo stato di salute della popolazione, consentendo anche di esprimere ipotesi di causalità tra fattore di rischio e patologia.

3.2.2.1 Mortalità in Emilia Romagna

In questa sezione sono stati elaborati i dati di mortalità della popolazione emiliana, relativi all'anno 2013.

Nella Tabella 3-4 sottostante viene riportata la mortalità proporzionale per grandi gruppi di cause (percentuale, per causa di morte, sul numero totale di decessi) in Emilia Romagna nell'anno 2013.

Per la selezione della causa iniziale vengono seguite le regole fissate dalla Classificazione Statistica Internazionale delle Malattie e dei problemi sanitari correlati (ICD-10) e questo garantisce la possibilità di effettuare confronti nello spazio e nel tempo.

Tabella 3-4 - Mortalità proporzionale per grandi gruppi di cause in Emilia Romagna nell'anno 2013

CAUSA INIZIALE DI MORTE European Short List	Percentuale
Malattie infettive e parassitarie	3,08%
Tumore	29,63%
Disturbi psichici e comportamentali	3,76%
Malattie del sistema nervoso e degli organi di senso	3,69%
Malattie del sistema circolatorio	36,33%
Malattie del sistema respiratorio	7,52%
Malattie dell'apparato digerente	3,73%
Sintomi, segni, risultati anomali e cause mal definite	1,35%
Cause esterne di traumatismo e avvelenamento	3,77%

Fonte: Istat, i dati sono riferiti al 2013, anno più recente attualmente reso disponibile

La Tabella 3-4 evidenzia come, nel 2013, la causa principale di morte in Emilia Romagna, coerentemente col dato nazionale, sia rappresentata dalle patologie del sistema cardiovascolare (36,33%), cui fanno seguito le patologie tumorali (29,63%). Tali cause di morte costituiscono quasi il 66% di tutte le morti che si verificano in Emilia Romagna.

Nella Tabella 3-5 viene confrontata la mortalità della popolazione emiliana con quella generale italiana per alcune patologie relativamente all'anno 2013. Oltre ai dati in termini numerici assoluti, vengono riportati anche la mortalità percentuale e il quoziente di mortalità calcolato come rapporto tra decessi e popolazione media per 10.000.

L'analisi dei quozienti di mortalità della popolazione residente in Emilia Romagna denota una sostanziale concordanza del dato rispetto a quello rilevato nella popolazione italiana: in particolare le cause di morte più frequenti sono imputabili, in entrambi i casi, a patologie del sistema circolatorio, tumorali e respiratorie, rispettivamente. Come si può notare il tasso grezzo di mortalità in regione Emilia Romagna per tumori è superiore al dato nazionale (31,9 contro 29,5), similmente i decessi a carico di patologie associate al sistema circolatorio appaiono maggiormente incidenti sulla popolazione emiliana rispetto al contesto italiano, ed infine la mortalità associata a malattie respiratorie risulta maggiormente in linea con il dato nazionale, sebbene anche in questo caso leggermente superiore.

Tabella 3-5 – Confronto del numero dei decessi e del tasso di mortalità tra Emilia Romagna e media nazionale per alcune patologie, anno 2013

CAUSE INIZIALE DI MORTE European Short List	Emilia Romagna			Italia		
	Numero decessi	%	Quoziente di mortalità	Numero decessi	%	Quoziente di mortalità
Tutte le cause	47.489	100,0%	107,64	595.948	100,0%	98,94
Malattie infettive e parassitarie	1.461	3,1%	3,31	12.694	2,1%	2,11
Tumore	14.073	29,6%	31,90	175.603	29,5%	29,15
Disturbi psichici e comportamentali	1.786	3,8%	4,05	17.345	2,9%	2,88
Malattie del sistema nervoso e degli organi di senso	1.753	3,7%	3,97	24.019	4,0%	3,99
Malattie del sistema circolatorio	17.255	36,3%	39,11	221.171	37,1%	36,72
Malattie del sistema respiratorio	3.573	7,5%	8,10	41.562	7,0%	6,90
Malattie dell'apparato digerente	1.772	3,7%	4,02	22.557	3,8%	3,74
Sintomi, segni, risultati anomali e cause mal definite	641	1,3%	1,45	10.876	1,8%	1,81
Cause esterne di traumatismo e avvelenamento	1.788	3,8%	4,05	22.500	3,8%	3,74

Secondo i dati presentati dall'Istat sulla mortalità per cause nelle regioni italiane nell'anno 2013, l'Emilia Romagna si colloca al sesto posto in Italia per numero di decessi dovuti a patologie tumorali, al nono se si considera il tasso standardizzato di mortalità.

Nella

Tabella 3-6 vengono riportati i dati di mortalità, espressi come percentuale sul numero di morti totali, per singole tipologie di tumore verificatesi in Emilia Romagna nell'anno 2013, suddivise nei due sessi. I tipi di neoplasie considerati riguardano quelle dell'apparato respiratorio, digerente, della mammella, della prostata e le leucemie.

Per l'uomo il tumore con il tasso d'incidenza maggiore è quello relativo al polmone, per la donna è quello al seno.

Tabella 3-6 – Mortalità percentuale per i principali tumori in Emilia Romagna nell'anno 2013 nei due sessi

Tipologia di tumore	Uomini	Donne
Tumore	33,81%	25,92%
Tumori maligni dello stomaco	2,16%	1,49%
Tumori maligni del colon-retto-ano	3,44%	2,74%
Tumore al pancreas	2,08%	1,89%
Tumori maligni della prostata	2,31%	-
Tumori maligni della laringe e della trachea/bronchi/polmone	8,54%	3,50%
Tumori maligni del seno	0,04%	3,60%
Tumori maligni del tessuto linfatico/ematopoietico	1,85%	1,35%

I quozienti di mortalità, influenzati dalle caratteristiche della popolazione cui si riferiscono, possono distorcere il confronto fra le due popolazioni in esame (i.e. emiliana ed italiana).

Dunque, al fine di confrontare in maniera semplice e corretta i livelli di mortalità rispetto a diverse realtà territoriali, eliminando gli effetti non imputabili all'intensità del fenomeno ma in particolare alle differenze nella struttura per età delle popolazioni, si riportano in Tabella 3-7 i quozienti standardizzati di mortalità per grandi gruppi di cause. I dati sono stati estrapolati dalle statistiche storiche pubblicate da Istat inerenti l'argomento salute e sanità. Nelle suddette tavole sono presentati, infatti, il numero assoluto dei decessi e i tassi standardizzati per sesso, età, regione e grandi gruppi di cause. Sono stati estrapolati i dati più recenti, relativi all'anno 2013. La standardizzazione dei tassi è stata effettuata da Istat con il metodo diretto, utilizzando come popolazione di riferimento quella relativa al Censimento del 2001.

T = tasso standardizzato;

$$T = \frac{\sum p_i \times N_i}{\sum N_i}$$

dove:

p_i = tasso età specifico relativo alla i-esima classe d'età quinquennale del territorio in esame;

N_i = i-esima classe quinquennale d'età relativa alla popolazione standard

Dalla Tabella 3-7 si può notare come per le malattie infettive ed i disturbi psichici i tassi standardizzati riferiti all'Emilia Romagna siano leggermente superiori ai rispettivi dati nazionali, mentre si verifica la situazione opposta per i tumori, le malattie del sistema nervoso, circolatorio, respiratorio, dell'apparato digerente ed infine per sintomi, segni e stati morbosi mal definiti. Considerando che, nel complesso, il tasso standardizzato di mortalità della regione Emilia Romagna è inferiore al riferimento nazionale e che gli scostamenti relativi dei tassi fra le due realtà territoriali prese in esame (i.e. Emilia Romagna ed Italia) sono nella maggioranza dei casi inferiori al 15%, si può ragionevolmente dedurre che a livello regionale non sono presenti particolari eventi di rilevanza sanitaria nella popolazione.

Tabella 3-7 –Tassi standardizzati di mortalità, distinti per cause di morte, in Emilia Romagna e in Italia, anno 2013.

ANNO 2013		
CAUSE DI MORTE	EMILIA ROMAGNA	ITALIA
	Tasso standardizzato di mortalità (per 10.000 abitanti)	Tasso standardizzato di mortalità (per 10.000 abitanti)
Tutte le cause	74,78	78,84
Malattie infettive e parassitarie	2,29	1,70
Tumore	24,50	24,73
Disturbi psichici e comportamentali	2,47	2,12
Malattie del sistema nervoso e degli organi di senso	2,75	3,14
Malattie del sistema circolatorio	25,35	28,03
Malattie del sistema respiratorio	5,21	5,27
Malattie dell'apparato digerente	2,80	3,02
Sintomi, segni, risultati anomali e cause mal definite	0,95	1,38
Cause esterne di traumatismo e avvelenamento	3,14	3,17

A conferma di quanto fin qui asserito si riportano alcuni dati estratti dalla pubblicazione "Atlante della mortalità in Emilia Romagna 2009-2013" redatta dalla regione Emilia Romagna sulla base dei dati di mortalità regionali gestiti dal Rem (registro regionale di mortalità). Nel suddetto documento è riportato un confronto tra la mortalità regionale e quella nazionale mediante l'uso di tassi standardizzati di mortalità (popolazione di riferimento: Italia 2001), indipendenti dalle differenti composizioni per età delle popolazioni confrontate. L'andamento temporale dei tassi standardizzati di mortalità durante il periodo 1981-2013 risulta essere decrescente sia per la regione Emilia Romagna sia per la popolazione nazionale. Il tasso regionale, sia maschile che femminile, è costantemente inferiore al corrispondente valore nazionale: il differenziale negli ultimi anni si è però ridotto. Si notano gli eccessi di mortalità dovuti alle ondate di calore del 1998 e del 2003, più evidenti nel dato regionale rispetto a quello nazionale.

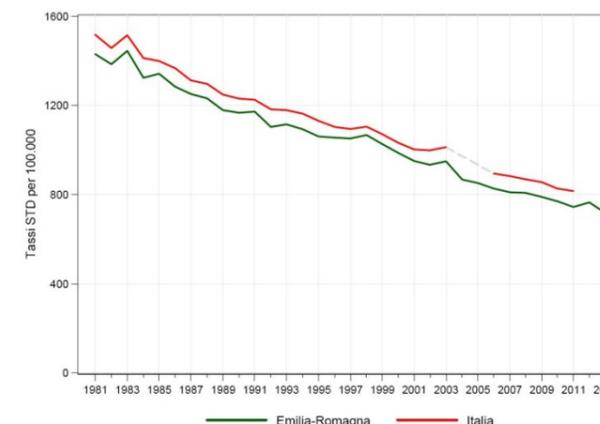


Figura 3-4- Andamento dei tassi standardizzati di mortalità (x 100.000 abitanti). Tutte le cause. Maschi.

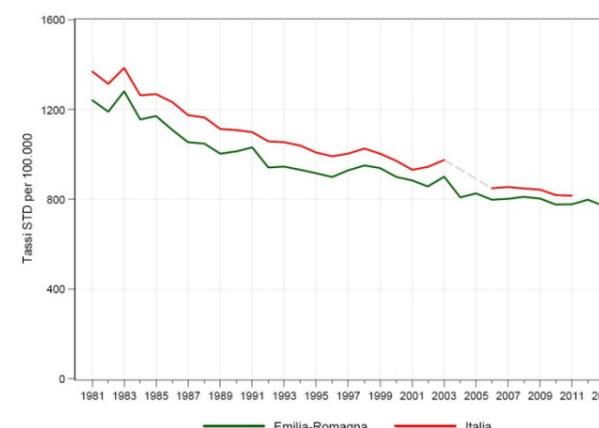


Figura 3-5- Andamento dei tassi standardizzati di mortalità (x 100.000 abitanti). Tutte le cause. Femmine.

Gli atlanti della mortalità hanno trovato applicazione, in ambito internazionale e a livello nazionale, sia per descrivere il fenomeno della mortalità nel suo complesso, sia per analizzare problemi specifici. L'approccio geografico in epidemiologia rappresenta un valido aiuto nello studio degli eventi patologici. Infatti, la distribuzione dei fenomeni patologici è strettamente legata alla distribuzione dei fattori eziologici che li determinano: l'analisi dei primi dovrebbe così consentire di individuare i secondi e l'analisi dei secondi potrebbe permettere di verificare ipotesi sui primi.

Si riporta in seguito uno stralcio della sezione contenuta nell'Atlante della mortalità in Emilia Romagna 2009-2013 dedicata all'elaborazione di mappe di mortalità per causa nei 341 comuni dell'Emilia Romagna. Per ovviare all'instabilità delle stime dovuta alla rarità degli eventi morte, i dati di mortalità per i comuni dell'Emilia-Romagna sono stati aggregati in un arco di 5 anni, compresi tra il 2009 e il 2013.

Lo studio della distribuzione geografica della mortalità è stato condotto attraverso la valutazione della mortalità attesa in ciascuna area, stimando successivamente la differenza tra mortalità attesa e mortalità osservata. Il numero di morti per causa attesi in ciascun comune è stato ricavato mediante standardizzazione indiretta, utilizzando come popolazione di riferimento la popolazione media regionale nel periodo considerato; il numero di eventi attesi è stato ricavato applicando alla popolazione di ciascun comune i tassi specifici di mortalità per sesso e classi di età calcolati sulla popolazione media emiliano-romagnola tra il 2009 e il 2013. La deviazione dei tassi osservati dai tassi attesi in ciascun comune misura quindi la discrepanza tra rischio medio regionale e rischio osservato. La quantificazione del fenomeno è stata effettuata attraverso il calcolo del Rapporto Standardizzato di Mortalità (SMR): dividendo il numero di morti osservati per il numero di attesi. Se il rapporto risulta < 1 significa che il numero di decessi osservati è minore di quello degli attesi; se esso è > 1 , indica che il numero di morti osservati è maggiore degli attesi.

È tuttavia noto che le mappe di mortalità basate su tale indicatore presentano diversi problemi a livello di interpretabilità: la variabilità casuale dovuta al piccolo numero di eventi osservati a livello comunale può, infatti, apportare un rumore alla distribuzione spaziale della mortalità. In altre parole gli SMR più estremi risultano essere quelli associati a comuni di piccole dimensioni. Diversi modelli statistici sono stati sviluppati per ovviare a questi problemi: tra le varie metodologie proposte un ruolo prominente è rivestito da modelli di tipo bayesiano gerarchico (Mollié, 1996). Tali modelli sono largamente utilizzati negli studi di mortalità poiché consentono di produrre mappe di rischio di più facile interpretazione rispetto a quelle basate sugli SMR. Attraverso la stima di modelli bayesiani gerarchici, gli SMR calcolati in comuni con bassa numerosità di popolazione vengono corretti verso la media generale, mentre quelli calcolati in comuni con alta numerosità di popolazione vengono preservati. In altre parole, le aree con popolazioni ridotte possono sfruttare l'informazione derivante dalle aree vicine, in modo da ottenere una stima più efficiente del rischio relativo.

Il modello utilizzato per la stima delle mappe di rischio di morte in Emilia-Romagna è quello proposto da Besag, York e Mollié (Besag et al., 1991), indicato come BYM dalle iniziali dei loro autori. Le mappe presenti nel già citato documento illustrano le distribuzioni spaziali delle stime degli SMR comunali osservati, secondo il modello bayesiano BYM, ottenendo i bayesian mortality ratio (BMR), cioè rischi di mortalità per ogni comune, distinti per sesso e per causa di morte.

Le stime degli SMR (rischio relativo) sono state suddivise in cinque classi: le prime due classi (rischio relativo compreso tra 0 e 0.7 e rischio relativo compreso tra 0.7 e 0.9) comprendono i comuni che presentano rischio relativo inferiore rispetto alla media regionale (popolazione di riferimento), le ultime due classi (rischio relativo compreso tra 1.1 e 1.3 e rischio relativo maggiore di 1.3) comprendono i comuni che presentano rischio relativo superiore rispetto alla media regionale. La classe intermedia (rischio relativo compreso tra 0.9 e 1.1) comprende i comuni che presentano rischio relativo vicino alla media regionale.

Al fine di offrire una panoramica generale sulla distribuzione geografica della mortalità nell'area oggetto di studio, si riportano le mappe relative alle più frequenti cause di decesso: mortalità generale, malattie del sistema circolatorio, tumori totali e malattie del sistema respiratorio.

L'analisi condotta per subaree distrettuali pone in evidenza una discreta omogeneità della mortalità generale; in particolare si osservano per l'area oggetto di studio valori di mortalità assolutamente in linea con la media regionale, presa a riferimento (Figura 3-6): il comune di Bologna è caratterizzato da tassi standardizzati di mortalità compresi tra 0,9 e 1,1 (stime bayesiane di SMR).

Tale distribuzione è confermata in linea di massima anche per la mortalità dovuta a malattie del sistema circolatorio, prima causa di morte nella regione Emilia Romagna (Figura 3-7).

In riferimento ai tassi standardizzati di mortalità per le patologie tumorali si osserva nell'area oggetto di studio un andamento simile al riferimento regionale.

Infine, analizzando la distribuzione dei BMR relativi alla mortalità per malattie del sistema respiratorio si osserva che il rischio relativo nel territorio interessato dal presente progetto è in linea con il dato regionale (Figura 3-7).

Il quadro che appare dall'analisi di questi dati rispecchia abbastanza fedelmente la media italiana delle cause di mortalità, non risultano quindi presenti particolari correlazioni macroscopiche tra le cause di mortalità e l'ambiente circostante.

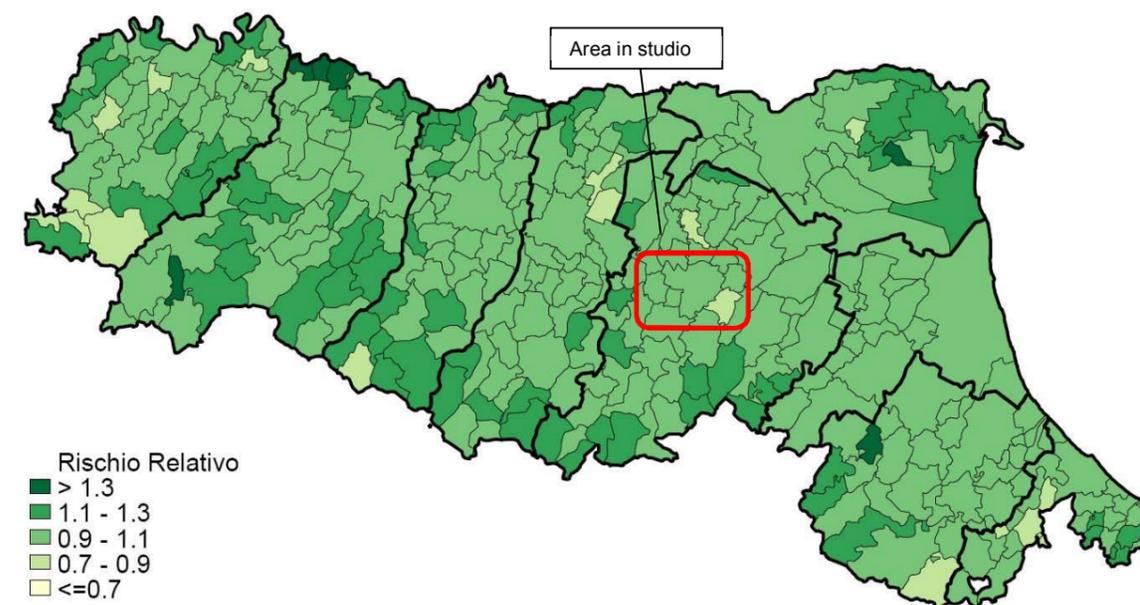


Figura 3-6 – Mappe di distribuzione geografica dei BMR (stime bayesiane degli SMR) per tutte le cause di morte, popolazione totale (maschile e femminile).

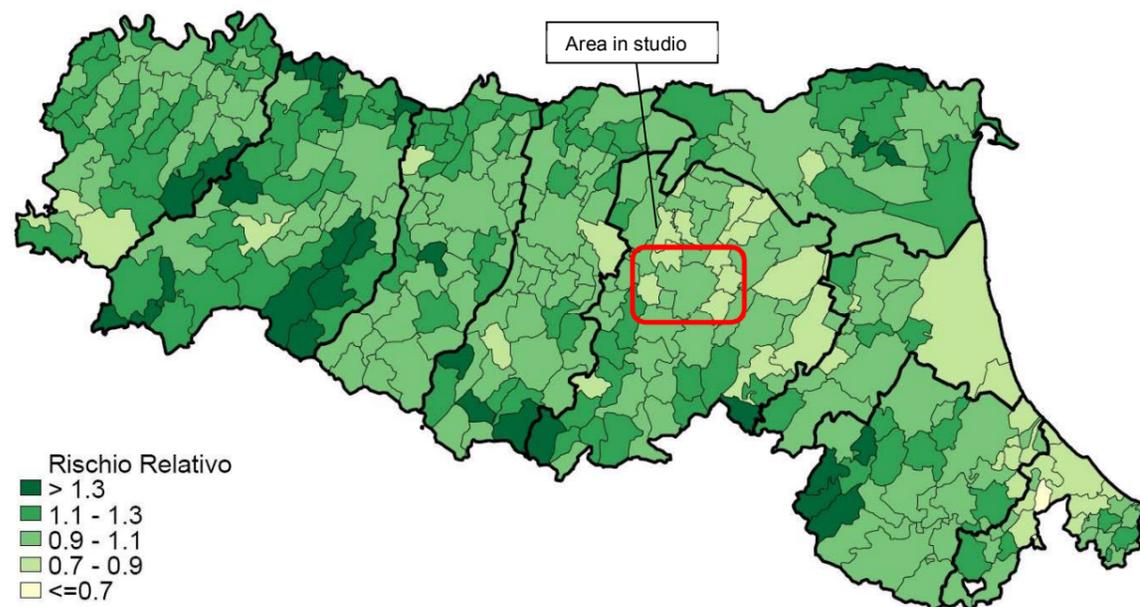


Figura 3-7 – Mappe di distribuzione geografica dei BMR (stime bayesiane degli SMR) per le malattie del sistema circolatorio, popolazione totale (maschile e femminile).

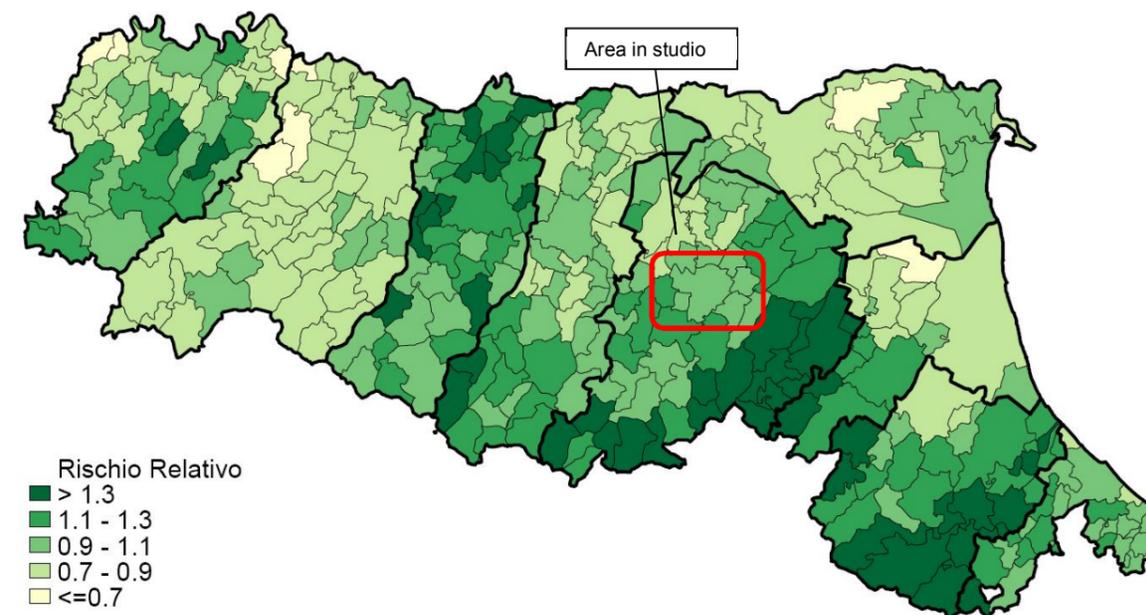


Figura 3-9 – Mappe di distribuzione geografica degli BMR (stime bayesiane degli SMR) per le malattie del sistema respiratorio, popolazione totale (maschile e femminile).

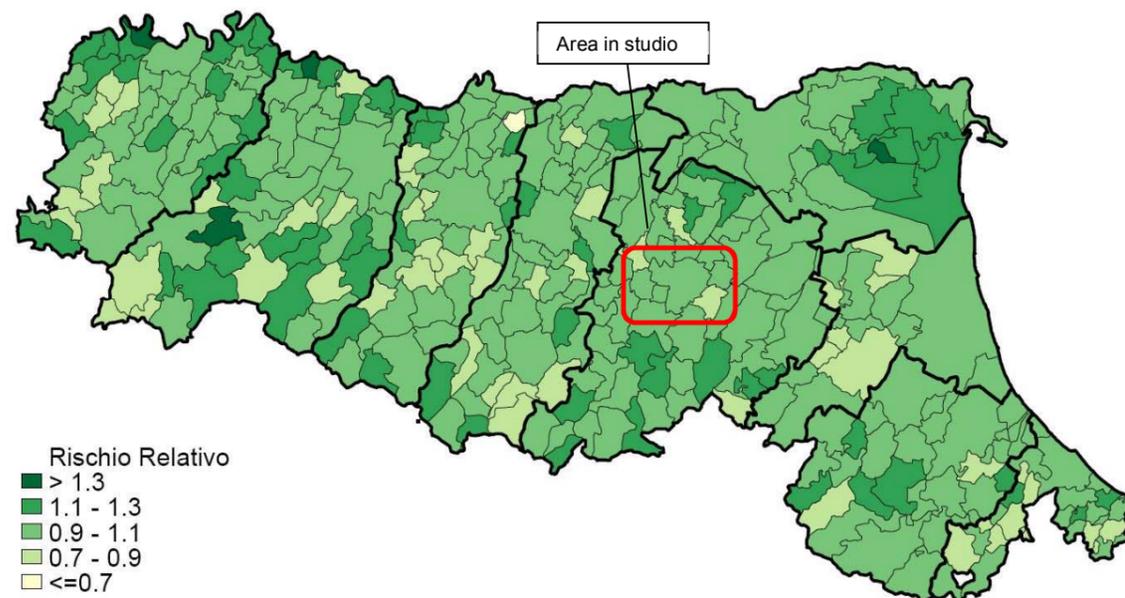


Figura 3-8 – Mappe di distribuzione geografica degli BMR (stime bayesiane degli SMR) per le malattie tumorali, popolazione totale (maschile e femminile).

3.3 DEFINIZIONE DELLO SCENARIO ATTUALE E VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

Adottando il dato relativo all'incidenza delle tipologie di popolazione più deboli come livello di sensibilità della popolazione, emerge che l'area in studio non presenta specificità locali rispetto al contesto regionale.

Infatti la tratta stradale in progetto interessa popolazioni che presentano percentuali di bambini, anziani e donne in età fertile (rispettivamente 12%, 26%, 21%) sostanzialmente analoghe a quelle della popolazione della regione Emilia Romagna (13%, 24%, 21%). Si registra tuttavia nell'area oggetto di studio un moderato incremento della popolazione anziana a discapito delle fasce più giovani di popolazione rispetto al contesto regionale.

Il comune di Bologna inoltre non costituisce un ambito con livelli di mortalità per malattie associabili all'inquinamento dell'aria superiori alla media regionale, tenendo conto che la regione Emilia Romagna presenta un dato di mortalità per tumori in linea rispetto al dato nazionale.

Nel seguito si analizzano le tematiche relative all'impatto sulla salute pubblica maggiormente connesse con un'opera stradale:

- inquinamento atmosferico;
- inquinamento acustico;
- disturbo da vibrazioni;
- incidentalità stradale.

A completamento delle analisi relative al tema della salute pubblica è stata effettuata una verifica sulla presenza di stabilimenti suscettibili di causare incidenti rilevanti con lo scopo di verificare se la realizzazione dell'intervento in progetto può aumentare il livello di esposizione generale ai rischi industriali già presenti sul territorio.

3.3.1 Inquinamento atmosferico

Gli effetti sulla salute pubblica delle sostanze emesse in atmosfera sono vari e diversificati a seconda dell'inquinante e, ovviamente, delle specifiche concentrazioni.

A livello internazionale e a livello nazionale numerosi studi epidemiologici hanno analizzato le correlazioni tra inquinamento e morbilità o mortalità tra la popolazione.

Recentemente il progetto "EpiAir-Inquinamento atmosferico e salute: sorveglianza epidemiologica e interventi di prevenzione" (Promosso dal Centro nazionale per la prevenzione e il controllo delle malattie-CCM, organismo di coordinamento tra il Ministero del lavoro, della salute e delle politiche sociali e le Regioni) ha analizzato gli effetti a breve termine degli inquinanti atmosferici (PM10, NO2 e ozono) rilevati nel periodo 2001-2005 in 10 città italiane (Torino, Milano, Mestre-Venezia, Bologna, Firenze, Pisa, Roma, Taranto, Palermo, Cagliari).

I risultati di questo ed altri studi indicano che le polveri sospese in atmosfera, per le loro caratteristiche fisiche e tossicologiche, sono l'inquinante più importante dal punto di vista dell'impatto sanitario e biologico. Le polveri di diametro inferiore a 10 micron sono quelle di prevalente interesse sanitario, in quanto capaci di superare la laringe e depositarsi nelle vie aeree. Il PM10, include diverse componenti. Le polveri più grandi (coarse) hanno un diametro aerodinamico maggiore di 2.5 micron e sono spesso di origine naturale (suolo). Le polveri con un diametro inferiore a 2.5 micron traggono origine da diversi processi di combustione (veicoli, industrie, produzione energia elettrica) e vengono considerate come la frazione più rilevante del PM10 dal punto di vista tossicologico. Le polveri ultrafini con un diametro minore di 0.1 micron, anche esse provenienti dai processi di combustione, hanno un tempo molto breve di residenza in atmosfera perché tendono ad aggregarsi o a coagulare.

Il biossido di azoto, (NO2) è un valido indicatore dell'inquinamento da traffico auto-veicolare e, in ricerche condotte in Europa e in Italia, si è dimostrato associato a riduzioni della funzionalità respiratoria ed ad incrementi della frequenza di sintomi respiratori, della mortalità totale, e della mortalità per malattie cardiache e respiratorie.

La concentrazione di O3 (ozono) nei bassi strati atmosferici è in continua crescita, come conseguenza dei livelli ambientali di ossidi di azoto e composti organici volatili che, attraverso complesse reazioni fotochimiche, ne provocano la formazione. A causa delle sue proprietà ossidanti, l'ozono è oggi ritenuto responsabile di danni all'apparato respiratorio (stimolazione di processi infiammatori e induzione di iperattività bronchiale), in particolare nei soggetti asmatici o affetti da bronchite cronica ostruttiva. Aumenti della concentrazione di O3 nei periodi caldi dell'anno sono stati associati anche ad incrementi della mortalità per malattie respiratorie e cardiache.

Lo studio atmosferico svolto nell'abito del SIA mostra come, a fronte dell'aumento del traffico stimato per il futuro, le emissioni atmosferiche sull'intera rete subiranno un decremento tra lo scenario programmatico e quello progettuale di circa 3% per NO2 e 1% PM10.

Nel tratto in studio tali valori sono pari rispettivamente al -8% e 0%.

L'applicazione di diversi modelli di dispersione ha consentito di stimare le concentrazioni in atmosfera degli inquinanti e di confrontarle con i limiti normativi.

Le ricadute massime si osservano in prossimità della autostrada e in particolare in corrispondenza degli snodi con più alta densità di traffico. I valori stimati nel dominio sono comunque inferiori ai limiti previsti dalla normativa vigente per le medie annue.

3.3.1.1 Stima di un indicatore di esposizione settoriale

Sulla base delle elaborazioni svolte negli studi atmosferici, in particolare il modello SPRAY riferito alle sole sorgenti stradali, si è proceduto a sviluppare una stima dell'esposizione della popolazione agli inquinanti calcolando, cella di calcolo per cella di calcolo, il valore di un semplice indicatore di esposizione della popolazione, facendo riferimento alla popolazione residente.

Questo indicatore permette di quantificare in termini di esposizione della popolazione l'ambito di studio, andando quindi a calare le stime relative ai livelli di inquinamento sulla reale distribuzione della popolazione sul territorio.

Nelle figure seguenti è dunque riportato l'esempio dell'esito delle elaborazioni per rappresentare la distribuzione spaziale dell'indicatore di esposizione determinato come prodotto della concentrazione calcolata per la popolazione residente, sempre rappresentata in una figura seguente, determinata proiettando sulla griglia di calcolo a risoluzione 250m la popolazione comunale in base al censimento ISTAT 2011 secondo il layer vettoriale delle aree urbanizzate del database CORINE Land Cover.

Sono anche presentate di seguito una tabella e distribuzioni cumulate di esposizione.

Sia lo scenario progettuale rispetto al programmatico sia quest'ultimo rispetto all'attuale hanno come conseguenza riduzioni di esposizione per tutti gli inquinanti e gli indici statistici considerati. Sensibile è in particolare il calo di esposizione alla media annuale delle concentrazioni calcolate di NO2 nel passaggio allo scenario progettuale. Si passerebbe così ad avere la quasi totalità della popolazione esposta a concentrazioni inferiori a 20µg/m³ mentre ancora nello scenario programmatico un 20% di residenti sarebbero esposti a livelli superiori.

Sempre considerando la media annuale di NO2 la riduzione di esposizione si concentrerebbe nell'area urbana – con punte lungo i "Viali" e in zona Croce di Casalecchio - mentre praticamente lungo il Passante in progetto non si evidenziano in pratica aumenti.

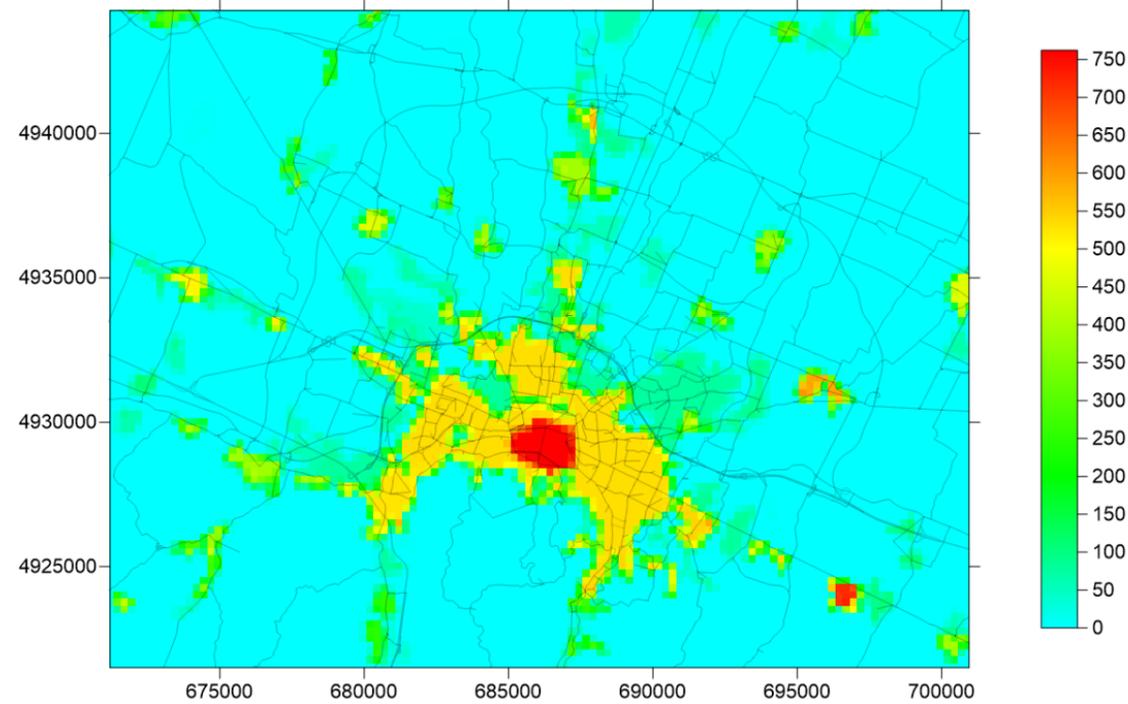


Figura 10: Popolazione residente alla risoluzione di 250m (ab.).
Censimento ISTAT 2011.
Coordinate spaziali UTM32 in metri.

Tabella 3-8. Variazioni di esposizione complessiva alla concentrazione calcolata nei vari scenari

Inquinante	Parametro	Progettuale-Programmatico	Programmatico-Attuale
NO2	Media	-29.6%	-6.2%
NO2	Percentile	-5.1%	-18.2%
PM10	Media	-2.1%	-7.7%
PM10	Percentile	-2.0%	-9.2%
PM2.5	Media	-3.4%	-15.0%
C6H6	Media	-4.4%	-31.5%

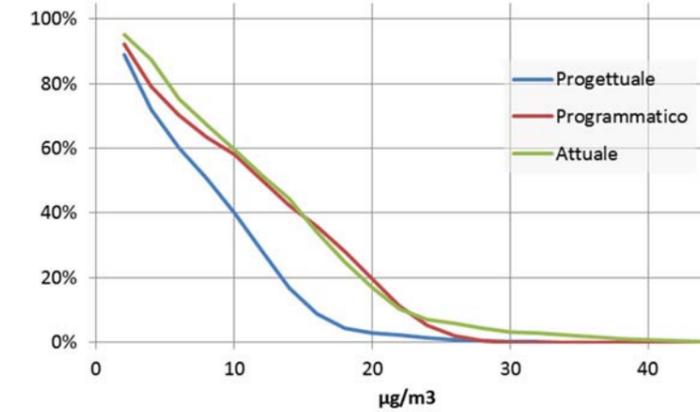


Figura 11: Distribuzione percentuale cumulata di popolazione esposta a valori uguali o superiori di concentrazione media annuale di NO₂ nei tre scenari analizzati.

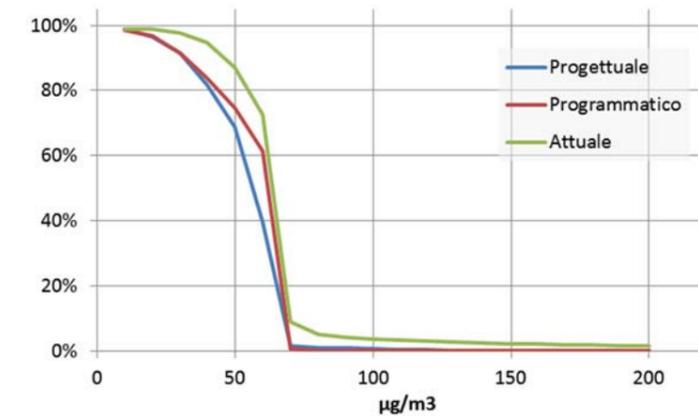


Figura 12: Distribuzione percentuale cumulata di popolazione esposta a valori uguali o superiori di percentile annuale 99.8 di concentrazione oraria di NO₂ nei tre scenari analizzati.

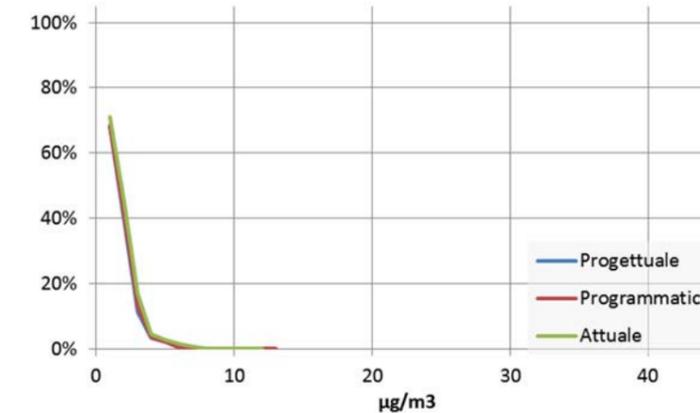


Figura 13: Distribuzione percentuale cumulata di popolazione esposta a valori uguali o superiori di concentrazione media annuale di PM10 nei tre scenari analizzati.

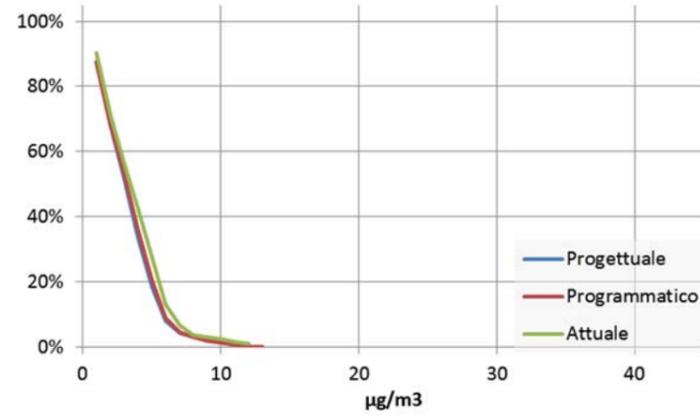


Figura 14: Distribuzione percentuale cumulata di popolazione esposta a valori uguali o superiori di percentile annuale 90.4 di concentrazione giornaliera di PM10 nei tre scenari analizzati.

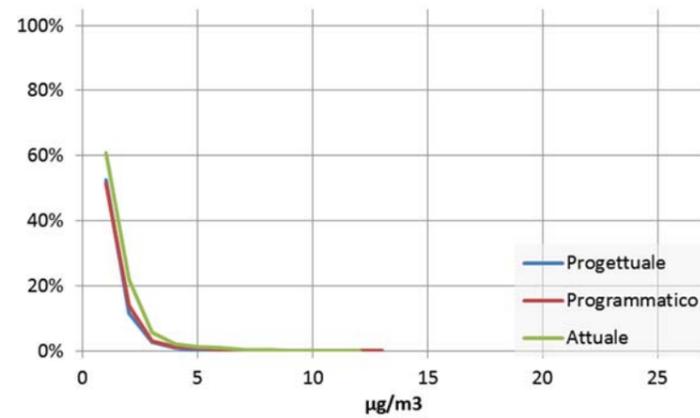


Figura 15: Distribuzione percentuale cumulata di popolazione esposta a valori uguali o superiori di concentrazione media annuale di PM2.5 nei tre scenari analizzati.

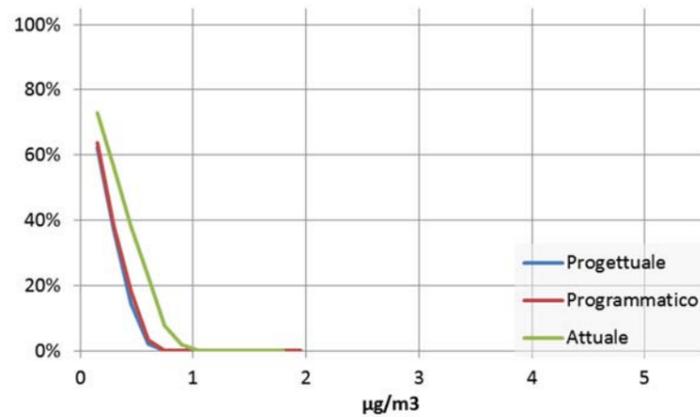


Figura 16: Distribuzione percentuale cumulata di popolazione esposta a valori uguali o superiori di concentrazione media annuale di C₆H₆ nei tre scenari analizzati.

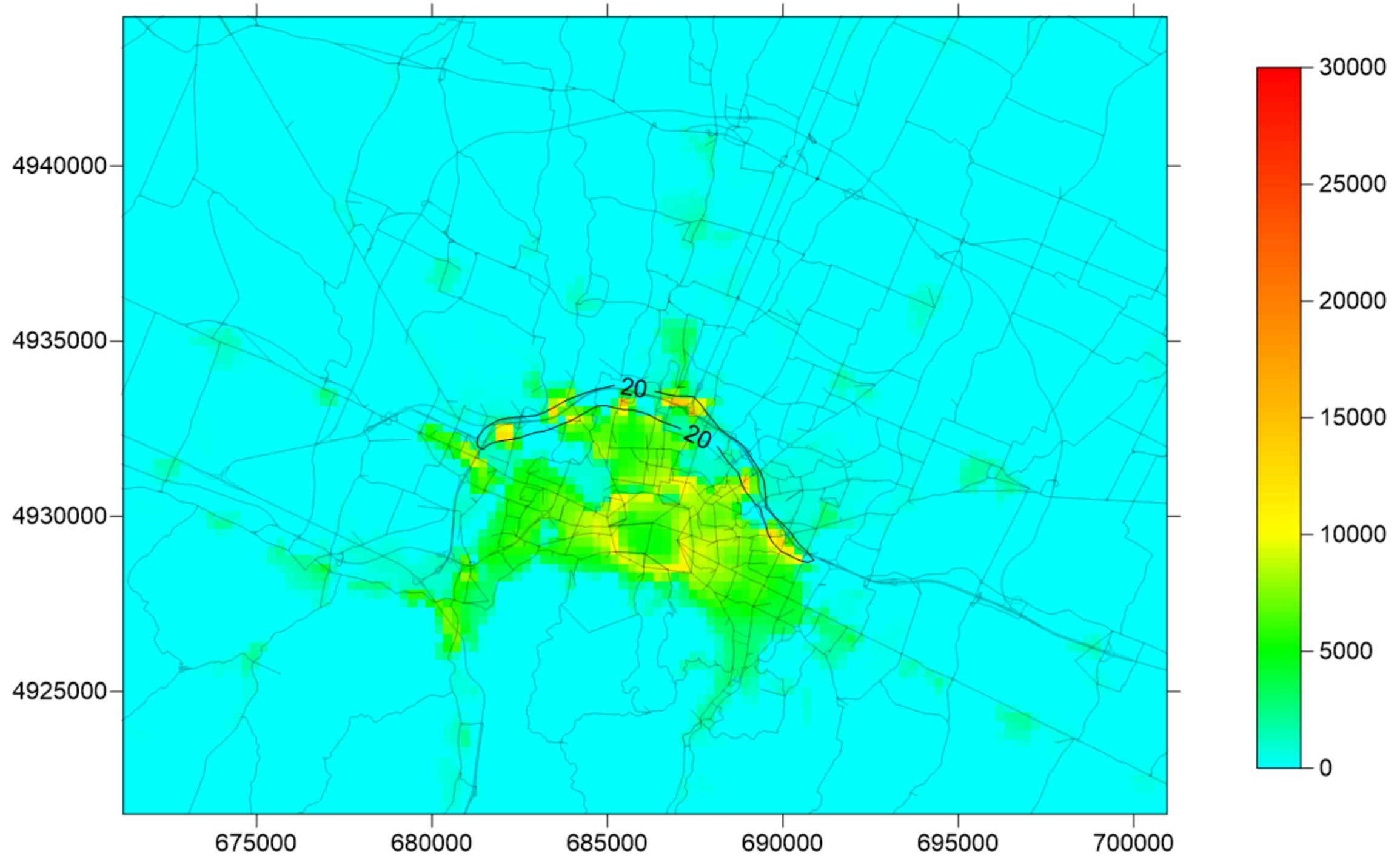


Figura 17: Scenario progettuale - Esposizione alla media annuale di NO₂ (µg/m³ * ab.).
L'isolinea nera delimita concentrazioni significative del progetto (µg/m³).
Coordinate spaziali UTM32 in metri.

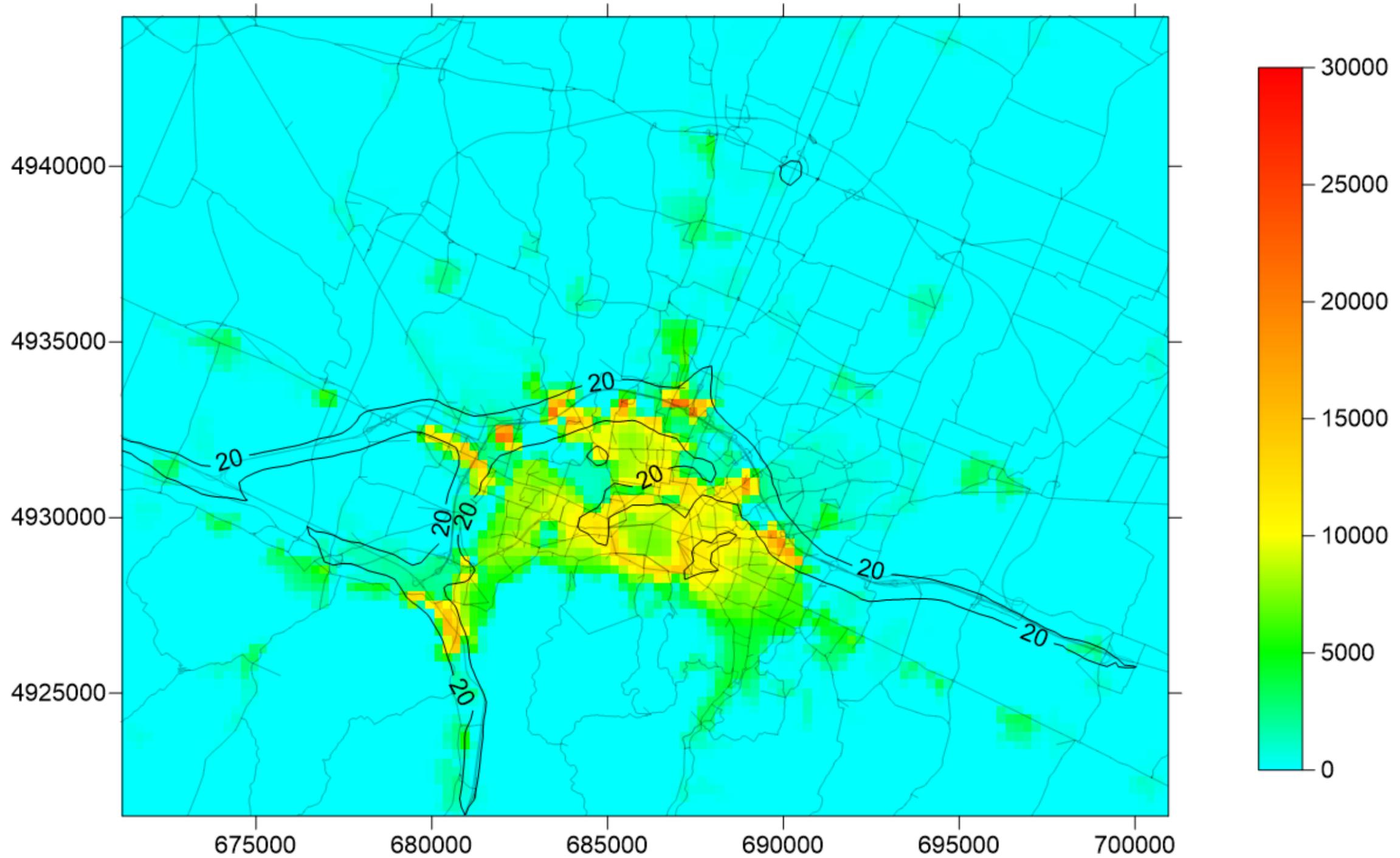


Figura 18: Scenario attuale - Esposizione alla media annuale di NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{ab.}$).
L'isolinea nera delimita concentrazioni significative del progetto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).
Coordinate spaziali UTM32 in metri.

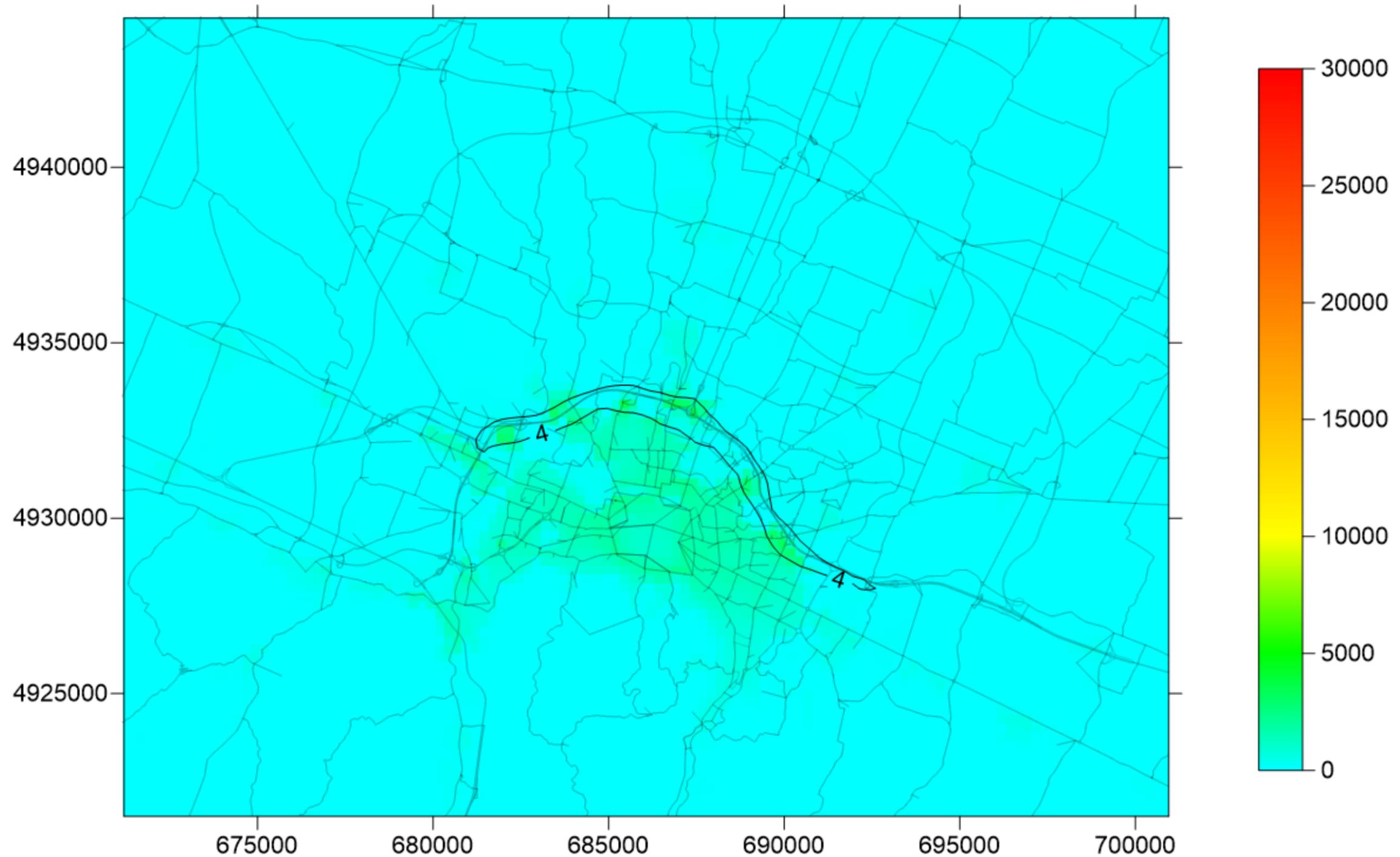


Figura 19: Scenario progettuale - Esposizione alla media annuale di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{ab.}$).
L'isolinea nera delimita concentrazioni significative del progetto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).
Coordinate spaziali UTM32 in metri.

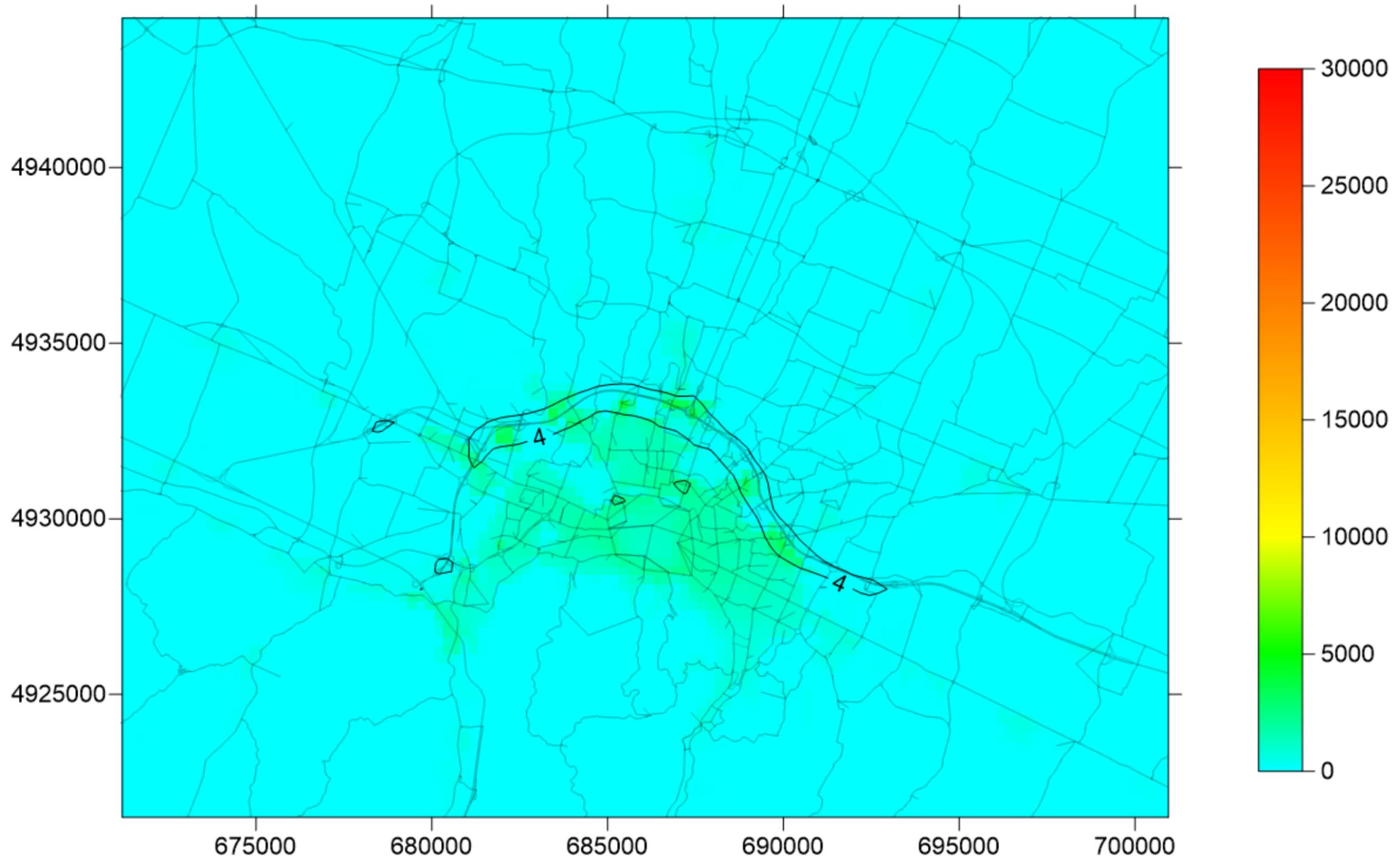


Figura 20: Scenario attuale - Esposizione alla media annuale di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ * ab.).
L'isolinea nera delimita concentrazioni significative del progetto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).
Coordinate spaziali UTM32 in metri.

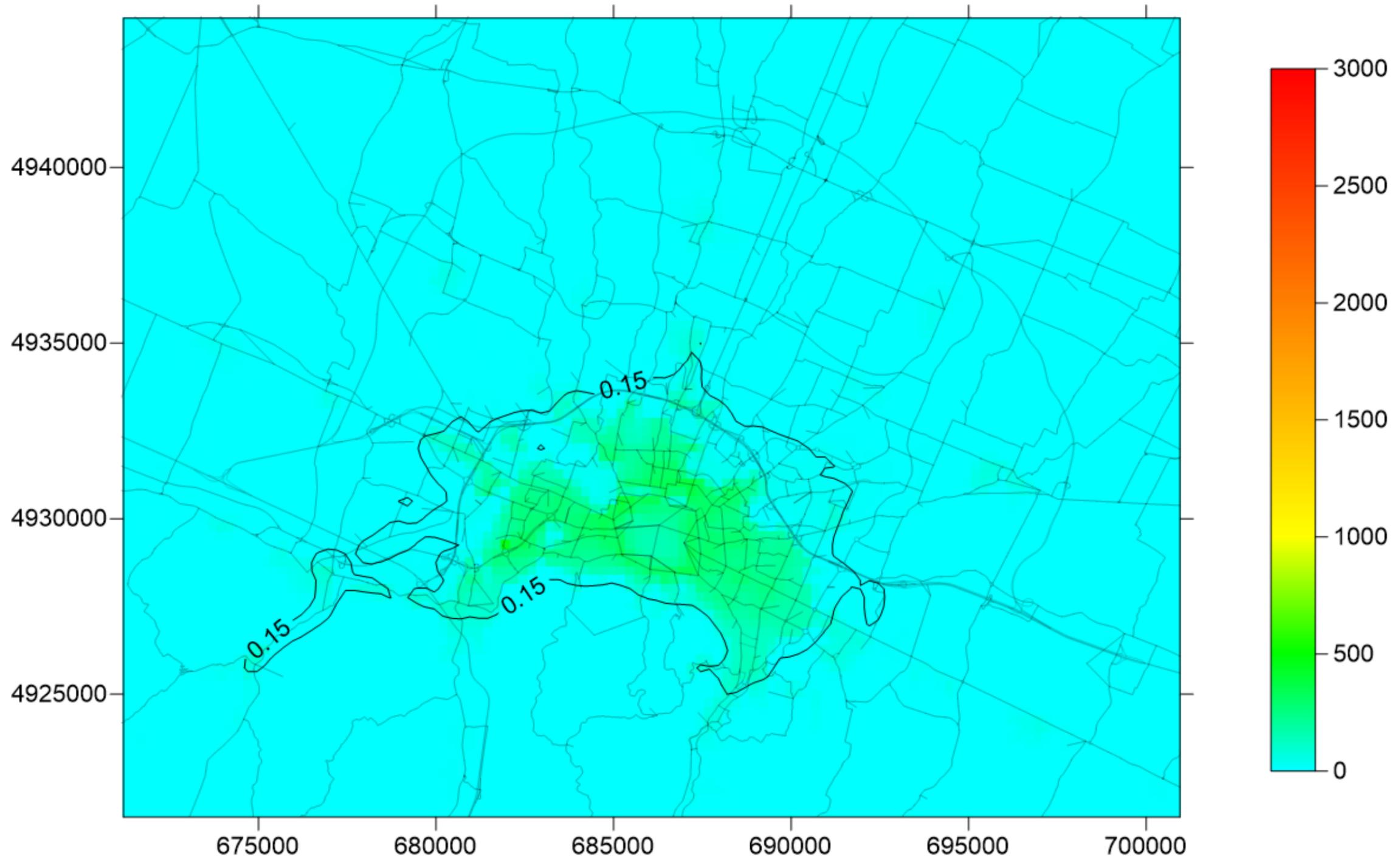


Figura 21: Scenario progettuale - Esposizione alla media annuale di C₆H₆ (µg/m₃ * ab.).
L'isolinea nera delimita concentrazioni significative del progetto (µg/m₃).
Coordinate spaziali UTM32 in metri.

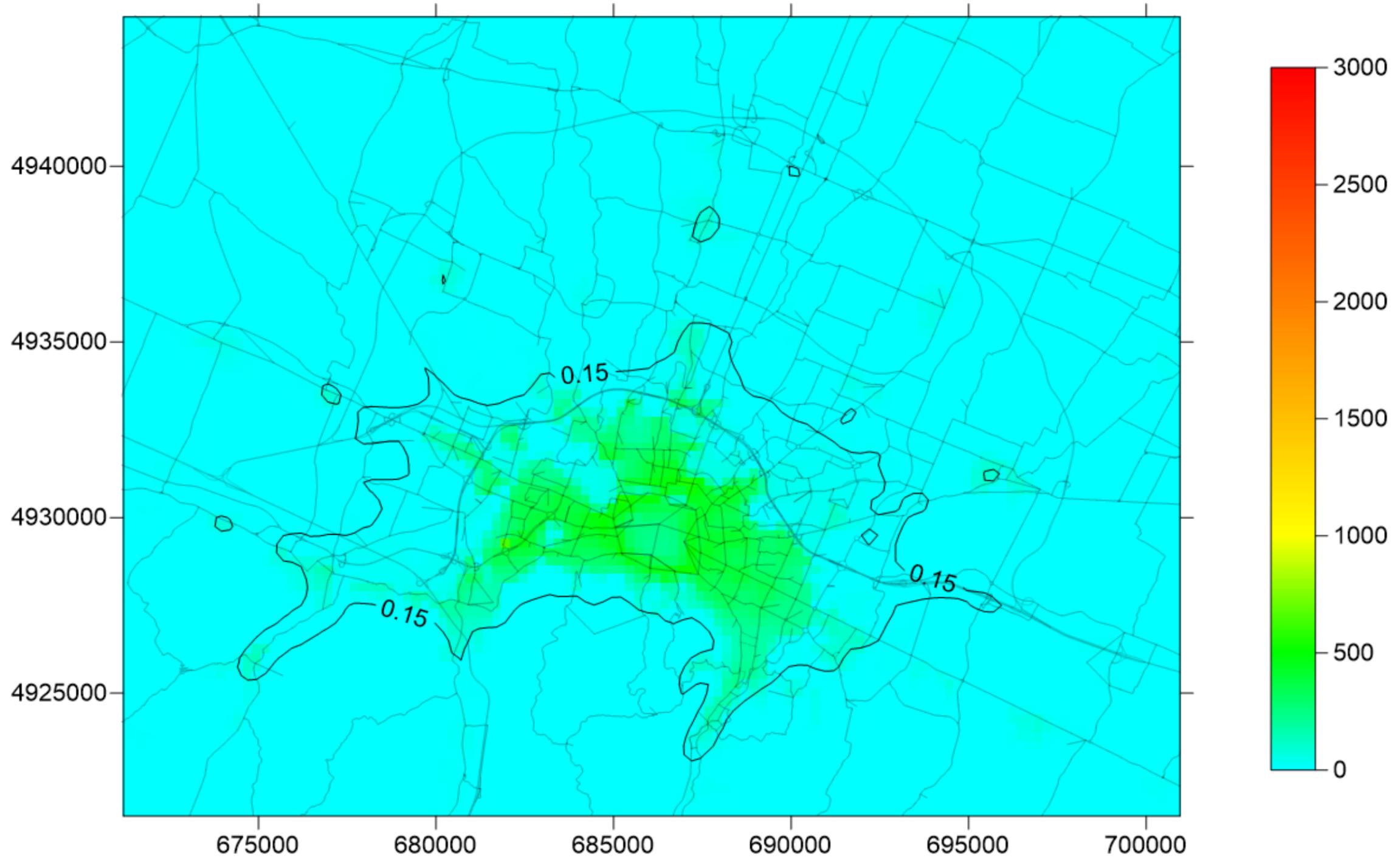


Figura 22: Scenario attuale - Esposizione alla media annuale di C6H6 ($\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{ab.}$).
L'isolinea nera delimita concentrazioni significative del progetto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).
Coordinate spaziali UTM32 in metri.

3.3.1.2 Esposizione della popolazione ai contributi dei settori emissivi analizzati

L'analisi del contributo dei settori emissivi alla qualità dell'aria globale (inquinanti primari e secondari) così come effettuata con FARM, consente di valutare l'incidenza sull'esposizione della popolazione (secondo lo stesso indice banale già utilizzato per SPRAY) del settore emissivo del traffico stradale, incluso il polo autostradale in esame nello scenario progettuale, rispetto agli altri settori esaminati: attività agricole, riscaldamento, altri settori. In questo modo si quantifica dove la popolazione risulta più esposta all'inquinamento prodotto da questi settori.

Analogamente al caso dell'inquinamento primario da traffico stradale si è stimato l'indicatore di esposizione determinato come prodotto della concentrazione calcolata per la popolazione residente, sempre rappresentata in una figura seguente, proiettata in questo caso sulla griglia di calcolo a risoluzione 1000m (censimento ISTAT 2011 secondo il layer vettoriale delle aree urbanizzate del database CORINE Land Cover), coerentemente con la griglia di analisi del modello FARM.

Ciò ha permesso di elaborare le incidenze percentuali dei vari settori all'esposizione complessiva della popolazione sul dominio analizzato, rappresentate nei grafici a torta seguenti.

Il settore traffico presenta un'incidenza prevalente (47.5%) solo sull'esposizione alla media annuale di NO₂, per PM10 e PM2.5 questa settore è superato da quello del riscaldamento (rispettivamente 60.1% e 73.0%). L'incidenza degli altri settori è marginale.

Anche questa simulazione con modello fotochimico mostra valori massimi di esposizione all'inquinamento da traffico stradale esterni al corridoio di massimo impatto dell'opera in esame e concentrati nell'area urbana più interna.

A parte Bologna, l'esposizione a tutti gli inquinanti dovuta al riscaldamento è superiore ovunque a quella dovuta al traffico. L'unico inquinante per il quale l'esposizione superiore dovuta al traffico in Bologna è superiore al riscaldamento è l'NO₂.

La maggiore esposizione all'inquinamento da riscaldamento domestico in provincia piuttosto che in Bologna è dovuto presumibilmente alla diversa distribuzione dell'uso di combustibili più impattanti come la biomassa.

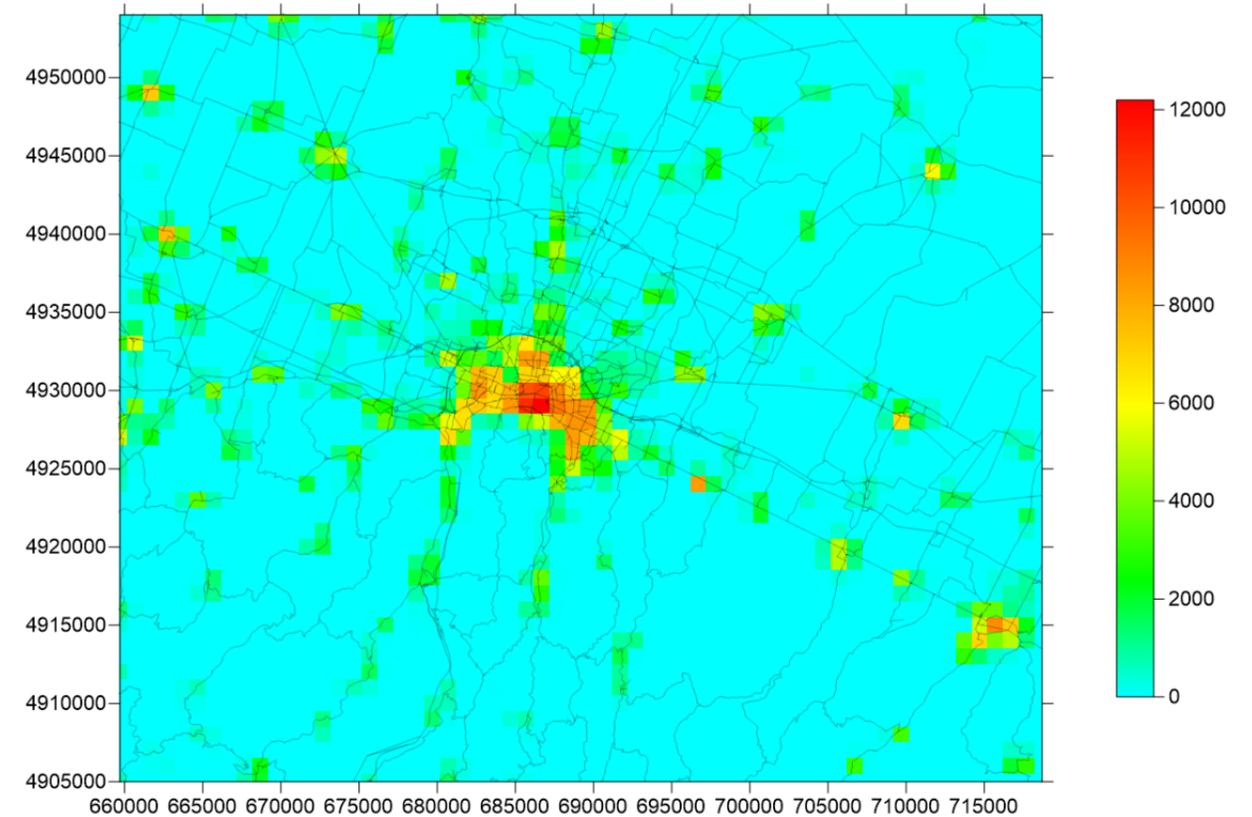


Figura 23: Popolazione residente alla risoluzione di 1000m (ab.).
Censimento ISTAT 2011.
Coordinate spaziali UTM32 in metri.

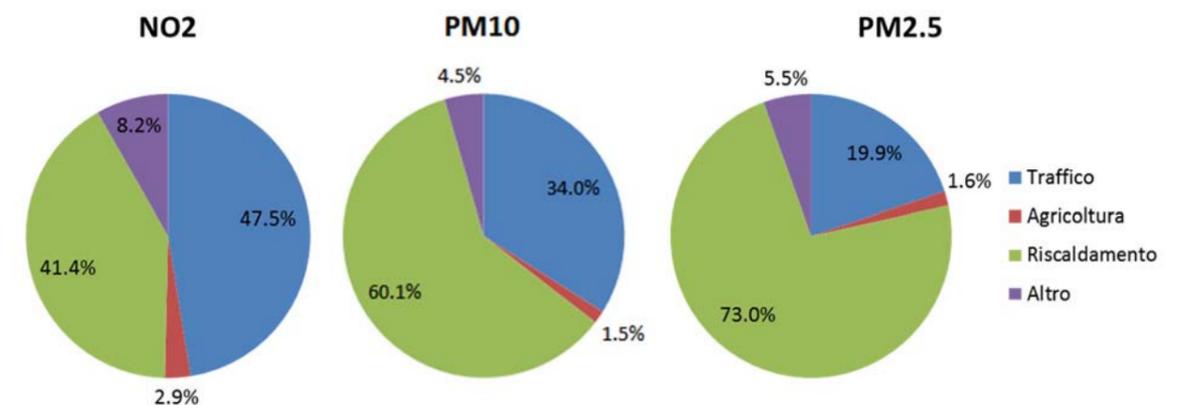


Figura 24: Incidenza percentuale dei vari settori all'esposizione complessiva della popolazione calcolata alla concentrazione media annuale dei vari inquinanti

3.3.2 Inquinamento acustico

Le principali fonti di inquinamento acustico si possono distinguere in:

- Puntuali o areali, come per esempio le attività industriali e artigianali, i cantieri, gli esercizi commerciali, gli impianti di condizionamento. L'area di esposizione al rumore riguarda essenzialmente le aree nell'intorno della sorgente; i livelli di rumore dipendono dall'intensità della sorgente, dalla sua collocazione spaziale e dalla sua presenza temporale. In funzione del tipo di impianto, il rumore emesso da queste sorgenti può essere a lungo stazionario oppure fluttuare, alternando punte di breve intensità. In generale, l'inquinamento acustico generato dalle sorgenti puntuali non mostra un significativo incremento nel tempo, soprattutto grazie all'applicazione delle norme che disciplinano le emissioni acustiche insieme alle procedure di pianificazione territoriale; tale approccio dovrebbe garantire la separazione delle sorgenti di rumore dalle zone residenziali (abitazioni ed altri fabbricati sensibili).
- Lineari, ovvero il traffico veicolare, ferroviario e aeroportuale. Il rumore prodotto può essere messo in relazione con i parametri del traffico e con le proprietà acustiche della superficie della sovrastruttura. Il rumore stradale, specie ad una certa distanza dagli assi di scorrimento, è un rumore di tipo stazionario non soggetto a significative fluttuazioni; al contrario, l'impatto sonoro generato dal traffico ferroviario e da quello aereo è caratterizzato da singoli eventi di elevata intensità e breve durata.

Nelle aree urbane, il traffico veicolare rappresenta la fonte di inquinamento acustico più problematica, dal momento che coinvolge praticamente la totalità della popolazione residente.

Le emissioni sonore prodotte dal traffico sono essenzialmente dovute al motore, allo scarico dei gas combusti, alle segnalazioni acustiche, alle caratteristiche aerodinamiche delle carrozzerie e al rotolamento dei pneumatici sulla superficie stradale, in particolare all'aumentare della velocità dei veicoli.

La sovraesposizione al rumore provoca problemi particolarmente gravi alle persone, causando alterazioni fisiologiche e/o patologiche che variano in funzione delle caratteristiche fisiche del rumore e della risposta dei soggetti esposti.

Gli effetti nocivi sull'uomo sono riconducibili a tre diverse categorie:

- danni fisici all'organo dell'udito o altri organi del corpo umano (apparato cardiovascolare, cerebrale, digerente, dell'equilibrio, respiratorio, visivo), che sono correlati ad esposizioni elevate raggiungibili solo in ambiti circoscritti quali alcuni luoghi di lavoro (che devono essere opportunamente mitigati);
- disturbi in determinate attività, ad esempio nei lavori particolarmente impegnativi dal punto di vista mentale e nello studio, ma anche nella comunicazione verbale e nel sonno;
- annoyance inteso, come fastidio generico provocato da un rumore che semplicemente disturba e infastidisce.

Lo studio acustico stima che allo stato attuale, già in buona parte mitigato a seguito dei lavori per la realizzazione della terza corsia dinamica dell'A14, il numero di abitanti esposto a livelli superiori a 55 dBA nel periodo notturno sia pari a 6060, il 16.1% della popolazione residente nei ricettori considerati. Si precisa che il numero di abitanti è stato stimato sulla base della superficie di ogni edificio e ipotizzando circa 33 m² per abitante.

I risultati del progetto acustico prevedono infatti la posa di 17,8 km circa di barriere antirumore corrispondenti, oltre circa 1 km di coperture speciali.

Complessivamente quindi il progetto prevede barriere acustiche per oltre il 50% dell'estensione dell'intervento (considerando l'estensione delle due carreggiate).

Dal confronto tra la situazione attuale e quella post mitigazione, si determina una efficacia degli interventi variabile che consente un miglioramento generalizzato del clima acustico sul territorio.

Pur in presenza nello stato attuale di un consistente sistema di mitigazioni i miglioramenti che saranno ottenuti con l'installazione delle barriere acustiche di progetto sono significativi: il numero di ricettori residenziali fuori limite esterno notturno si riduce del 66.2%.

Si registra, inoltre, il sostanziale azzeramento degli edifici su cui effettuare un intervento diretto passando da 128 (4,0%) della situazione attuale a 8 (0,2%) della situazione post operam con mitigazioni.

Per quanto riguarda i ricettori sensibili presenti nell'area di studio, quasi tutti già attualmente mitigati, (Casa residenza per anziani "Saliceto" identificata con il codice 578; Scuola identificata con il codice 718; Istituto Comprensivo 11, identificato con il codice 737, Istituto Comprensivo 7, identificato con i codici 785, 787, 790, 792, 798; Residenza per anziani "Parco del Navile" identificato con i codici 1512, 1513, 1514; Scuola Elementare Croce Coperta e scuole "Lanzarini Bruno" identificate con i codici 1568, 1570, 1573, 1575; Scuola primaria Livio Tempesta, identificata con i codici 2109, 2383) si evidenzia un significativo miglioramento del clima acustico atteso, pari in media a circa 3,3 dBA esterni. Permangono però dei residui lievi superamenti dei limiti esterni ma si elimina completamente la necessità di verificare il rispetto dei limiti interni e gli eventuali interventi diretti sugli involucri edilizi.

Dai dati di sintesi forniti risulta pertanto conseguito l'obiettivo posto a base della progettazione acustica di pervenire a un generale e diffuso miglioramento del clima acustico causato dal traffico autostradale.

Tabella 3-9– Esposizione superiore a 60 dBA per numero di abitanti

Esposizione > 60		Incidenza su numero totale di ricettori
Attuale	1460	3,6%
Post operam mitigato	106	0,3%
Riduzione rispetto a Attuale		-93%

Tabella 3-10 – Esposizione superiore a 55 dBA per numero di abitanti

Esposizione > 55		Incidenza su numero totale di ricettori
Attuale	6606	16.1%
Post operam mitigato	1961	4.8%
Riduzione rispetto a Attuale		-70.3%

Complessivamente si prevede che il 69.3% della popolazione residente negli edifici considerati nello studio beneficerà di un miglioramento del clima acustico.

Focalizzando l'analisi sui ricettori che allo stato attuale hanno livelli esterni notturni superiori a 50 dBA si rileva che il miglioramento del clima acustico riguarderà il 85.8% dei ricettori, pari al 91.4% della popolazione.

Tale dato evidenzia l'effettiva capacità del complesso delle mitigazioni in progetto di limitare significativamente l'esposizione della popolazione al disturbo derivante dal rumore immesso nell'ambiente prossimo al sistema tangenziale di Bologna.

1.1.1 Disturbo da vibrazioni

Le vibrazioni rappresentano una forma di energia in grado di provocare disturbi o danni psico-fisici sull'uomo ed effetti sulle strutture.

Tali impatti dipendono, in primo luogo, dalle caratteristiche fisiche del fenomeno, con particolare riferimento all'intensità delle vibrazioni, frequenza, punto e direzione di applicazione nonché durata e vulnerabilità specifica del bersaglio (organismo od opera inanimata).

Il disturbo sulle persone, classificato come "annoyance", dipende in misura variabile dall'intensità e frequenza dell'evento disturbante e dal tipo di attività svolta. L'annoyance deriva dalla combinazione di effetti che coinvolgono la percezione uditiva e la percezione tattile delle vibrazioni. Gli effetti sulle persone non sono concentrati su un organo bersaglio, ma sono estesi all'intero corpo e possono essere ricondotti genericamente ad un aumento dello stress, con conseguente attivazione di ripetute reazioni di orientamento e di adattamento, e con eventuale insorgenza o aggravamento di malattie ipertensive.

Le numerose indagini condotte lungo la rete autostradale italiana hanno evidenziato come in fase di esercizio non si verificano mai situazioni di superamento dei limiti di riferimento per il disturbo alla popolazione.

Gli impatti previsti per l'intervento in studio potranno verificarsi solo in occasione dell'esecuzione delle lavorazioni, esclusivamente diurne, che comportano immissione di vibrazioni nel terreno, in particolare gli scavi e la realizzazione di micropali.

L'estensione delle aree di impatto è limitata a circa 50m dalla sede delle lavorazioni per gli edifici residenziali e include 100 edifici. Per i ricettori sensibili (scuole, ospedali, case di riposo) l'area di impatto è di circa 70m: in tale area non è presente solo complesso scolastico (Istituto Tecnico Commerciale Statale Rosa Luxemburg) collocato in prossimità delle aree di lavoro per la realizzazione del collegamento nuovo svincolo Lazzaretto – Asse attrezzato.

Per loro natura gli impatti da vibrazioni sono di natura temporanea e limitata, in quanto la durata di tali lavorazioni è generalmente di pochi giorni.

1.1.2 Incidentalità stradale

In assenza di riferimenti cogenti con i quali effettuare valutazioni relative all'incidentalità che caratterizza l'infrastruttura in oggetto, è stata adottata la procedura riportata nell'Allegato 2 della bozza delle "Norme per la classificazione funzionale delle strade esistenti".

Con riferimento a quanto previsto dal già citato allegato 2 (che raccomanda di basare le analisi incidentali su dati relativi ad almeno cinque anni), l'analisi è stata eseguita con riferimento al periodo temporale gennaio 2006 – dicembre 2015.

Come valore medio di riferimento (T_m) per il tasso di incidentalità si è assunto il tasso medio sulla rete di competenza di Autostrade per l'Italia (TIG), pari a 0,312 incidenti/10⁶ veicoli x km.

L'analisi dei livelli incidentali condotta è stata condotta sul tratto autostradale e della tangenziale in studio e ha portato, per ogni sezione di sviluppo pari a 1000 metri (fascia chilometrica), ai risultati sintetizzati in Tabella 3-12 ed in Tabella 3-13, rispettivamente per la carreggiata sud e la carreggiata nord dell'Autostrada, e in Tabella 3-14 e Tabella 3-15 per la Tangenziale.

Nelle tabelle sono riportati:

- tratta elementare;
- le progressive di inizio e fine della tratta;
- il numero totale di incidenti occorsi in ciascun anno di analisi;
- il numero totale dei chilometri percorsi nel periodo di analisi;
- il tasso di incidentalità relativo alla tratta (T_i);
- i parametri di controllo (T_{inf} e T_{sup});
- il livello di incidentalità (A=alto, M=medio, B=basso) dove per comodità sono colorate in rosso le sezioni caratterizzate da livello alto ($T_i > T_{sup}$), in giallo quelle con livello medio ($T_{inf} < T_i < T_{sup}$) ed in verde quelle a cui è associato un livello basso ($T_i < T_{inf}$).

Per l'individuazione dei punti ad incidentalità superiore alla media (PISM) è stata determinata la frequenza incidentale, per ciascun anno considerato, come numero di incidenti per singola carreggiata per fascia chilometrica e confrontata con le diverse soglie (controllo, attenzione, critica) individuate da Autostrade per l'Italia (vedi Tabella 3-11).

soglia di controllo	numero incidenti = 8 ÷ 9
soglia tendenziale	numero incidenti = 10 ÷ 16
soglia di attenzione	numero incidenti = 17 ÷ 23
soglia critica	numero incidenti > 24

Tabella 3-11 – Soglie di controllo

	km	Pr_in	Pr_fin	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	TOT	km percorsi	Ti	Tinf	Tsup	Livello Inc.
BOLOGNA BORGO PANIGALE - ALL. A14/RACC.CASALECCHIO	8	8.00	8.99	12	15	12	6	8	3	8	7	11	14	96	104'122'768	0.922	0.217	0.407	A
TOT.	8.00	8.99	12	15	12	6	8	3	8	7	11	14	96	104'122'768	0.922	0.217	0.407	A	
ALL. A14/RACC.CASALECCHIO - ALL. A14/A13	9	9.00	9.99	13	31	18	6	12	10	8	16	12	13	139	148'595'788	0.935	0.233	0.391	A
	10	10.00	10.99	8	5	8	9	4	4	14	9	8	10	79	148'595'788	0.532	0.233	0.391	A
	11	11.00	11.99	14	9	12	8	8	7	6	7	5	6	82	148'595'788	0.552	0.233	0.391	A
	12	12.00	12.99	6	8	11	5	0	7	5	6	4	4	56	148'595'788	0.377	0.233	0.391	M
	13	13.00	13.99	16	5	7	10	7	12	11	1	8	8	85	148'595'788	0.572	0.233	0.391	A
TOT.	9.00	13.99	57	58	56	38	31	40	44	39	37	41	441	742'978'939	0.594	0.278	0.347	A	
ALL. A14/A13 - BOLOGNA FIERA	14	14.00	14.99	6	16	12	21	20	13	9	12	12	3	124	127'649'772	0.971	0.227	0.397	A
	15	15.00	15.99	1	6	10	4	4	16	4	5	8	2	60	127'649'772	0.470	0.227	0.397	A
	TOT.	14.00	15.99	7	22	22	25	24	29	13	17	20	5	184	255'299'543	0.721	0.253	0.372	A
BOLOGNA FIERA - BOLOGNA SAN LAZZARO	16	16.00	16.99	3	3	4	5	3	3	7	2	2	0	32	109'708'584	0.292	0.220	0.405	M
	17	17.00	17.99	6	5	1	3	5	7	4	4	4	1	40	109'708'584	0.365	0.220	0.405	M
	18	18.00	18.99	3	3	1	4	2	5	2	3	2	4	29	109'708'584	0.264	0.220	0.405	M
	19	19.00	19.99	4	4	5	3	2	6	5	2	3	2	36	109'708'584	0.328	0.220	0.405	M
	20	20.00	20.99	3	2	4	5	5	3	4	5	5	7	43	109'708'584	0.392	0.220	0.405	M
	21	21.00	21.99	3	2	7	3	1	4	3	5	3	5	36	109'708'584	0.328	0.220	0.405	M
	22	22.00	22.99	1	0	0	1	0	1	1	0	3	0	7	109'708'584	0.064	0.220	0.405	B
	TOT.	16.00	22.99	23	19	22	24	18	29	26	21	22	19	223	767'960'091	0.290	0.278	0.346	M
TOT.	8.00	22.99	99	114	112	93	81	101	91	84	90	79	944	1'870'361'340	0.505	0.291	0.334	A	

Tabella 3-12 – Risultati analisi incidentale, carreggiata SUD AUTOSTRADA

	km	Pr_in	Pr_fin	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	TOT	km percorsi	Ti	Tinf	Tsup	Livello Inc.
BOLOGNA BORGO PANIGALE - ALL. A14/RACC.CASALECCHIO	8	8.00	8.99	2	6	9	10	10	6	9	3	10	6	71	105'628'197	0.672	0.218	0.406	A
TOT.	8.00	8.99	2	6	9	10	10	10	6	9	3	10	6	71	105'628'197	0.672	0.218	0.406	A
ALL. A14/RACC.CASALECCHIO - ALL. A14/A13	9	9.00	9.99	6	8	5	10	11	18	18	18	15	10	119	146'545'298	0.812	0.233	0.392	A
	10	10.00	10.99	5	6	6	3	4	4	4	6	8	10	62	146'545'298	0.423	0.233	0.392	A
	11	11.00	11.99	2	4	3	2	3	4	2	3	3	3	29	146'545'298	0.198	0.233	0.392	B
	12	12.00	12.99	10	8	10	4	5	2	5	3	5	7	59	146'545'298	0.403	0.233	0.392	A
	13	13.00	13.99	6	12	9	8	4	4	5	12	5	5	70	146'545'298	0.478	0.233	0.392	A
TOT.	9.00	13.99	29	38	33	27	27	36	36	42	36	35	339	732'726'491	0.463	0.278	0.347	A	
ALL. A14/A13 - BOLOGNA FIERA	14	14.00	14.99	19	29	12	10	16	14	9	11	13	17	150	130'280'695	1.151	0.228	0.397	A
	15	15.00	15.99	13	4	7	2	9	5	6	10	5	4	65	130'280'695	0.499	0.228	0.397	A
	TOT.	14.00	15.99	32	33	19	12	25	19	15	21	18	21	215	260'561'389	0.825	0.253	0.371	A
BOLOGNA FIERA - BOLOGNA SAN LAZZARO	16	16.00	16.99	7	6	3	4	3	5	5	3	6	2	44	114'504'367	0.384	0.222	0.402	M
	17	17.00	17.99	3	8	4	2	4	4	4	2	2	2	35	114'504'367	0.306	0.222	0.402	M
	18	18.00	18.99	5	15	6	4	4	8	2	5	4	7	60	114'504'367	0.524	0.222	0.402	A
	19	19.00	19.99	4	6	3	5	8	1	3	4	2	4	40	114'504'367	0.349	0.222	0.402	M
	20	20.00	20.99	4	6	6	0	3	5	2	9	4	2	41	114'504'367	0.358	0.222	0.402	M
	21	21.00	21.99	6	2	2	2	4	1	1	7	1	7	33	114'504'367	0.288	0.222	0.402	M
	22	22.00	22.99	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	4	114'504'367	0.035	0.222	0.402	B
TOT.	16.00	22.99	29	45	24	17	26	24	17	32	19	24	257	801'530'572	0.321	0.279	0.345	M	
TOT.	8.00	22.99	92	122	85	66	88	85	77	98	83	86	882	1'900'446'649	0.464	0.291	0.334	A	

Tabella 3-13 - Risultati analisi incidentale, carreggiata NORD AUTOSTRADA

	km	Pr_in	Pr_fin	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	TOT	km percorsi	Ti	Tinf	Tsup	Livello Inc.
SVINCOLO 3 - SVINCOLO 4	8	8.00	8.99	2	2	3	2	2	2	1	2	4	3	23	136'847'413	0.168	0.230	0.394	B
TOT.	8.00	8.99	2	2	3	2	2	2	2	1	2	4	3	23	136'847'413	0.168	0.230	0.394	B
SVINCOLO 4 - SVINCOLO 5	9	9.00	9.99	15	14	7	6	7	9	15	10	10	13	106	165'990'706	0.639	0.238	0.387	A
10	10.00	10.99	9	6	9	7	9	5	6	4	12	16	83	165'990'706	0.500	0.238	0.387	A	
11	11.00	11.99	9	8	5	4	6	9	8	7	5	7	68	165'990'706	0.410	0.238	0.387	A	
12	12.00	12.99	31	15	12	14	12	17	12	16	21	16	166	165'990'706	1.000	0.238	0.387	A	
TOT.	9.00	12.99	64	43	33	31	34	40	41	37	48	52	423	663'962'825	0.637	0.276	0.349	A	
SVINCOLO 5 - SVINCOLO A13	13	13.00	13.99	14	10	8	8	6	10	13	12	16	20	117	181'249'888	0.646	0.241	0.383	A
TOT.	13.00	13.99	14	10	8	8	6	10	13	12	16	20	117	181'249'888	0.646	0.241	0.383	A	
SVINCOLO A13 - SVINCOLO 7	14	14.00	14.99	17	34	26	22	27	33	24	40	37	23	283	155'441'726	1.821	0.235	0.389	A
TOT.	14.00	14.99	17	34	26	22	27	33	24	40	37	23	283	155'441'726	1.821	0.235	0.389	A	
SVINCOLO 7 - SVINCOLO 8	15	15.00	15.99	12	10	9	9	19	22	5	24	23	8	141	144'199'213	0.978	0.232	0.392	A
TOT.	15.00	15.99	12	10	9	9	19	22	5	24	23	8	141	144'199'213	0.978	0.232	0.392	A	
SVINCOLO 8 - SVINCOLO 9	16	16.00	16.99	17	8	11	6	4	5	6	7	15	4	83	146'088'430	0.568	0.233	0.392	A
TOT.	16.00	16.99	17	8	11	6	4	5	6	7	15	4	83	146'088'430	0.568	0.233	0.392	A	
SVINCOLO 9 - SVINCOLO 10	17	17.00	17.99	18	12	7	5	17	11	10	8	8	12	108	145'361'307	0.743	0.233	0.392	A
TOT.	17.00	17.99	18	12	7	5	17	11	10	8	8	12	108	145'361'307	0.743	0.233	0.392	A	
SVINCOLO 10 - SVINCOLO 11	18	18.00	18.99	4	4	2	4	5	1	5	3	3	9	40	129'337'275	0.309	0.228	0.397	M
TOT.	18.00	18.99	4	4	2	4	5	1	5	3	3	9	40	129'337'275	0.309	0.228	0.397	M	
SVINCOLO 11 - SVINCOLO 12	19	19.00	19.99	14	7	4	2	4	7	1	3	1	5	48	117'038'527	0.410	0.223	0.401	A
20	20.00	20.99	3	4	2	0	2	4	3	1	1	0	20	117'038'527	0.171	0.223	0.401	B	
TOT.	19.00	19.99	17	11	6	2	6	11	4	4	2	5	68	234'077'053	0.291	0.250	0.374	M	
SVINCOLO 12 - SVINCOLO 13	21	21.00	21.99	6	2	2	4	3	5	1	1	4	1	29	132'407'507	0.219	0.229	0.396	B
TOT.	21.00	21.99	6	2	2	4	3	5	1	1	4	1	29	132'407'507	0.219	0.229	0.396	B	
SVINCOLO 13 - A14 SAN LAZZARO	22	22.00	22.99	0	3	1	2	3	2	1	1	1	1	15	141'772'064	0.106	0.231	0.393	B
TOT.	22.00	22.99	0	3	1	2	3	2	1	1	1	1	15	141'772'064	0.106	0.231	0.393	B	
TOT.	8.00	22.99	171	139	108	95	126	142	111	139	161	138	1'330	2'210'744'701	0.602	0.292	0.332	A	

Tabella 3-14 – Risultati analisi incidentale, carreggiata SUD TANGENZIALE

	km	Pr_in	Pr_fin	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	TOT	km percorsi	Ti	Tinf	Tsup	Livello Inc.
SVINCOLO 3 - SVINCOLO 4	8	8.00	8.99	0	0	2	0	0	0	2	1	1	0	6	147'296'365	0.041	0.233	0.391	B
TOT.	8.00	8.99	0	0	2	0	0	0	0	2	1	1	0	6	147'296'365	0.041	0.233	0.391	B
SVINCOLO 4 - SVINCOLO 5	9	9.00	9.99	11	12	12	9	5	5	6	9	4	13	86	187'588'779	0.458	0.242	0.382	A
	10	10.00	10.99	4	3	7	1	7	5	7	7	1	8	50	187'588'779	0.267	0.242	0.382	M
	11	11.00	11.99	3	4	3	4	4	5	2	4	2	3	34	187'588'779	0.181	0.242	0.382	B
	12	12.00	12.99	26	12	15	11	10	13	15	16	12	17	147	187'588'779	0.784	0.242	0.382	A
TOT.	9.00	12.99	44	31	37	25	26	28	30	36	19	41	317	750'355'118	0.422	0.278	0.346	A	
SVINCOLO 5 - SVINCOLO A13	13	13.00	13.99	10	16	11	11	16	17	15	17	12	15	140	186'249'137	0.752	0.242	0.382	A
TOT.	13.00	13.99	10	16	11	11	16	17	15	17	12	15	140	186'249'137	0.752	0.242	0.382	A	
SVINCOLO A13 - SVINCOLO 7	14	14.00	14.99	21	18	18	12	22	31	18	16	6	7	169	116'610'988	1.449	0.223	0.402	A
TOT.	14.00	14.99	21	18	18	12	22	31	18	16	6	7	169	116'610'988	1.449	0.223	0.402	A	
SVINCOLO 7 - SVINCOLO 8	15	15.00	15.99	10	6	8	6	10	17	12	3	4	9	85	113'667'450	0.748	0.222	0.403	A
TOT.	15.00	15.99	10	6	8	6	10	17	12	3	4	9	85	113'667'450	0.748	0.222	0.403	A	
SVINCOLO 8 - SVINCOLO 9	16	16.00	16.99	11	8	4	3	12	4	9	17	5	10	83	101'897'084	0.815	0.216	0.408	A
TOT.	16.00	16.99	11	8	4	3	12	4	9	17	5	10	83	101'897'084	0.815	0.216	0.408	A	
SVINCOLO 9 - SVINCOLO 10	17	17.00	17.99	15	9	8	4	13	5	3	3	8	6	74	106'143'680	0.697	0.218	0.406	A
TOT.	17.00	17.99	15	9	8	4	13	5	3	3	8	6	74	106'143'680	0.697	0.218	0.406	A	
SVINCOLO 10 - SVINCOLO 11	18	18.00	18.99	4	3	6	7	11	8	9	11	6	7	72	100'136'274	0.719	0.215	0.409	A
TOT.	18.00	18.99	4	3	6	7	11	8	9	11	6	7	72	100'136'274	0.719	0.215	0.409	A	
SVINCOLO 11 - SVINCOLO 12	19	19.00	19.99	7	11	5	2	3	2	7	4	7	2	50	87'419'728	0.572	0.208	0.416	A
	20	20.00	20.99	5	9	5	4	2	3	2	4	4	6	44	87'419'728	0.503	0.208	0.416	A
TOT.	19.00	19.99	12	20	10	6	5	5	9	8	11	8	94	174'839'456	0.538	0.240	0.385	A	
SVINCOLO 12 - SVINCOLO 13	21	21.00	21.99	3	2	3	2	3	1	2	2	2	1	21	69'246'586	0.303	0.195	0.430	M
TOT.	21.00	21.99	3	2	3	2	3	1	2	2	2	2	1	21	69'246'586	0.303	0.195	0.430	M
SVINCOLO 13 - A14 SAN LAZZARO	22	22.00	22.99	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	3	62'275'069	0.048	0.188	0.437	B
TOT.	22.00	22.99	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	3	62'275'069	0.048	0.188	0.437	B
TOT.	8.00	22.99	131	113	108	76	118	116	109	114	75	104	1'064	1'928'717'206	0.552	0.291	0.333	A	

Tabella 3-15 – Risultati analisi incidentale, carreggiata NORD TANGENZIALE

In Figura 3-25 e Figura 3-26 è riportata l'evoluzione temporale dei fenomeni incidentali nel tratto in oggetto raffrontato con i valori medi della rete gestita da Autostrade per l'Italia per tutto il periodo di analisi.

La realizzazione del progetto di potenziamento porterà ad un miglioramento delle condizioni di deflusso offerte dall'infrastruttura, rispetto alla configurazione attuale, che permetterà in generale di ridurre il verificarsi di condizioni di circolazione prossime alla congestione che possono determinare l'insorgenza di fenomeni incidentali. È quindi lecito attendersi una riduzione dell'incidentalità potenziale rispetto all'ipotesi di non intervento con conseguenti implicazioni sulla sicurezza stradale.

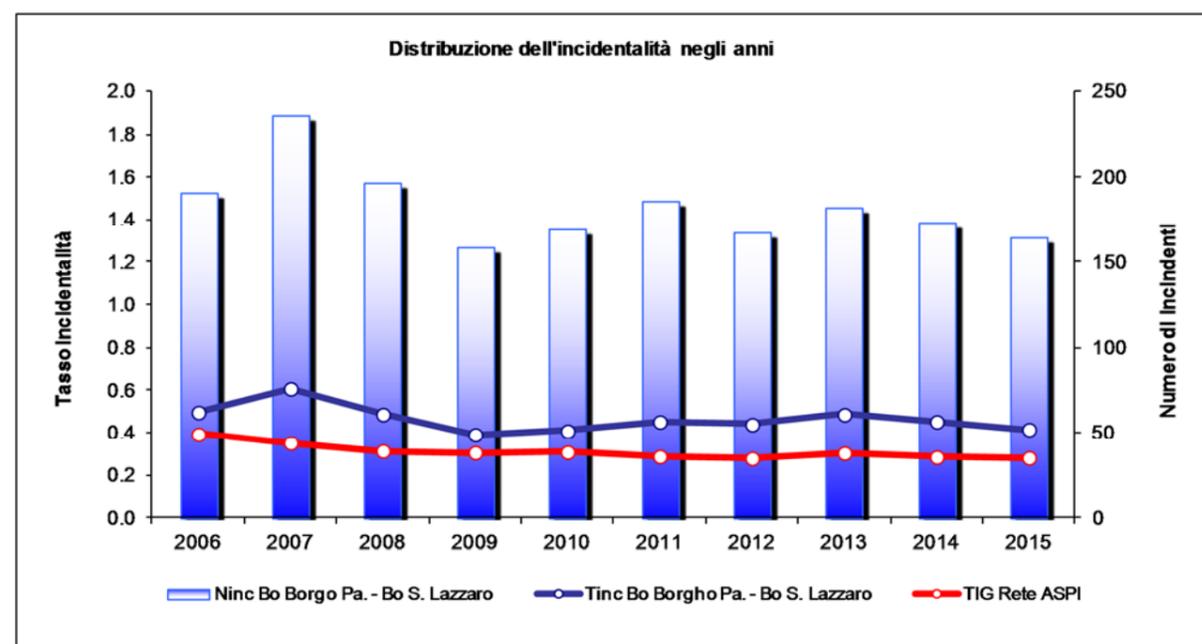


Figura 3-25 – Evoluzione dell'incidentalità AUTOSTRADA

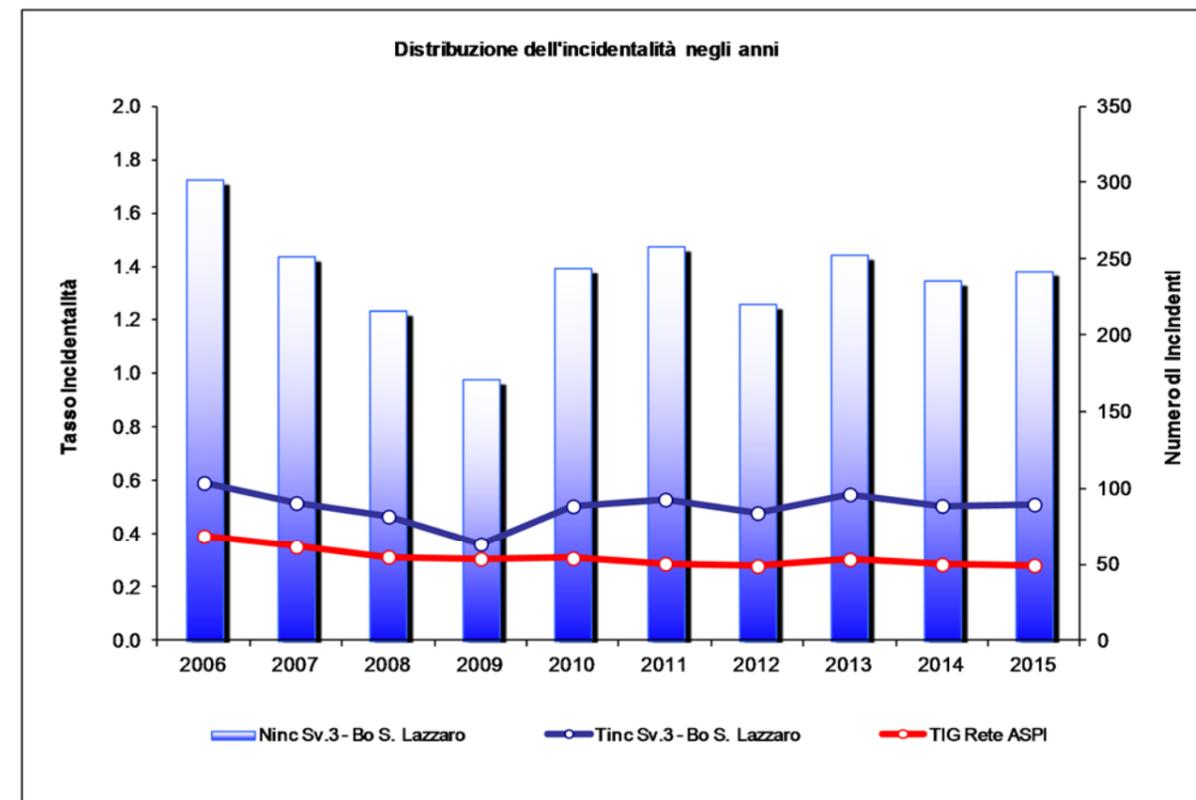


Figura 3-26 – Evoluzione dell'incidentalità TANGENZIALE

1.1.3 Stabilimenti a rischio di incidente rilevante

A completamento delle analisi relative al tema della salute pubblica, è stata effettuata, sulla base dell'Inventario nazionale redatto dal Ministero dell'Ambiente – Divisione VI Rischio industriale, prevenzione e controllo integrato dell'inquinamento, in collaborazione con APAT – Servizi Rischio Industriale (aggiornamento maggio 2015), una verifica sulla presenza di stabilimenti suscettibili di causare incidenti rilevanti ai sensi dell'Art.15 comma 4 del D.Lgs. 334 del 17.08.1999 "Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incendi rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose". Questa analisi è stata svolta con lo scopo di verificare se la realizzazione dell'intervento in progetto può aumentare il livello di esposizione della popolazione ai rischi industriali già presenti sul territorio.

Nell'ambito della normativa ambientale il termine "rischio di incidente rilevante" indica la probabilità che da un impianto industriale che utilizza determinate sostanze pericolose derivi, a causa di fenomeni incontrollati, un incendio o un'esplosione che dia luogo ad un pericolo per la salute umana e/o per l'ambiente, all'interno o all'esterno dello stabilimento.

Il termine, utilizzato per indicare l'insieme delle norme giuridiche volte a prevenire e controllare tali rischi, è nato in occasione dello sfortunato evento verificatosi il 10 luglio 1976 nel comune di Seveso (Italia) quando, a causa di un incidente, da un impianto industriale è fuoriuscita diossina, una sostanza chimica altamente tossica e cancerogena che ha provocato gravi danni sugli uomini e sull'ambiente circostante.

In risposta a tale evento, infatti, la Comunità europea ha emanato nel 1982 la direttiva 82/501/Cee (cd. "Direttiva Seveso") sui "rischi di incidenti rilevanti connessi con determinate attività industriali", direttiva trasposta nell'ordinamento nazionale con il Dpr 17 maggio 1988, n. 175.

La disciplina è stata poi aggiornata mediante la direttiva 96/82/Ce (cosiddetta "Seveso bis", che ha sostituito la precedente 82/601/Cee), a sua volta modificata nel dicembre 2003 (mediante la direttiva 2003/105/Ce, ed il regolamento 1882/2003/Ce) con l'estensione ad industrie estrattive e discariche di rifiuti sterili delle procedure di controllo previste dalla "Seveso bis"; e prevedendo inoltre un rafforzamento delle procedure di sicurezza degli stabilimenti e l'abbassamento dei quantitativi di sostanze pericolose detenibili in sito.

Sia la direttiva 96/82/Ce che la direttiva 2003/105/Ce sono state recepite in Italia con il Dlgs 17 agosto 1999, n. 334.

In base all'attuale assetto normativo i gestori degli impianti a rischio di incidenti rilevanti devono adottare tutte le misure necessarie per prevenire gli eventi dannosi e limitarne le conseguenze per le persone e l'ambiente; il tutto attraverso una precisa politica di sicurezza che va dalla redazione di appositi piani di controllo dell'attività svolta alla predisposizione delle misure più idonee per garantire la sicurezza nell'esercizio impianti, fino ai comportamenti da adottare nel caso in cui l'incidente si verifichi.

In base alla tipologia e alla quantità di sostanze pericolose detenute le aziende sono classificate in base all'obbligo di ottemperare all'articolo 6 del DLgs 334/99 (obbligo di notifica) o all'articolo 8 (obbligo di predisposizione del Rapporto di sicurezza).

La presenza di stabilimenti a rischio di incidente rilevante non determina vincoli sulle infrastrutture esistenti, ma deve orientare la pianificazione territoriale, come previsto dal DM 9/5/01 ("Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante"), al fine di prevenire gli incidenti e a limitarne le conseguenze per l'uomo e per l'ambiente, in relazione alla necessità di mantenere opportune distanze di sicurezza tra gli stabilimenti e le zone residenziali.

L'analisi sulla presenza di stabilimenti RIR è stata condotta sui comuni di Bologna/Pianoro/San Lazzaro. All'interno della fascia di studio (500 m) non sono presenti stabilimenti RIR.

Gli stabilimenti a rischio di incedente rilevante presenti nei comuni interessati dall'intervento sono i seguenti (fonte Ministero dell'Ambiente, aggiornato a dicembre 2014):

- Stabilimenti soggetti ad artt. 6/7/8
 - o BEYFIN S.p.a. – Bologna (BO) – Deposito gas liquefatti. Distanza dal tratto in progetto: 1 km ca
 - o L'EMILGAS S.r.l. – Bologna (BO) – Deposito gas liquefatti. Distanza dal tratto in progetto: 2,7 km ca

Nessuno dei due stabilimenti sopra indicati risulta localizzato a distanza tale da produrre interferenze con il tratto di infrastruttura in progetto.

Non si attendono pertanto modifiche al livello di sensibilità al rischio industriale dell'area indotte dal progetto in studio.