



NOISE REDUCTION TECHNOLOGY

NORUMORE SRL

Via G. Querzoli 2H - 47121 Forlì

P.iva 04438430409

Tel. 0543 31512

Web: www.norumore.it

E-mail: info@norumore.it

PROGETTO DI NUOVO IMPIANTO IDROELETTRICO
RIVA DESTRA FIUME ARNO
IN LOCALITA' FIRENZE DENOMINATO "SANTA ROSA"

APPROFONDIMENTI VIBROACUSTICI PER FASE DI
CANTIERE E ESERCIZIO

(NORMA UNI 9916, UNI 9416, LINEE GUIDA ARPAT 2018, DPCM 14/11/97)

Proponente:
SILEXTECH SRL

Dott. Michele Casadio
Tecnico Competente in Acustica

così come definito dall'art.2 della legge n.447/95,
iscritto nell'elenco nazionale tecnici in acustica
ENTECA n. 5055 pubblicato il 10/12/2018

Dott. Ilaria Degli Angeli
Tecnico Competente in Acustica

così come definito dall'art.2 della legge n.447/95,
iscritto nell'elenco nazionale tecnici in acustica
ENTECA n. 5331 pubblicato il 10/12/2018

SOMMARIO

PREMESSA	3
COMPONENTE ACUSTICA	10
PIANO DI CLASSIFICAZIONE ACUSTICA E LIMITI ASSOCIATI	13
INDIVIDUAZIONE DEI RICETTORI PRESENTI NELL'AREA	14
FASI LAVORATIVE E MEZZI IMPIEGATI IN CANTIERE.....	15
CRONOPROGRAMMA.....	20
CALCOLO PREVISIONALE DEI LIVELLI SONORI	21
SCENARI.....	23
STIMA DELL'IMPATTO COMPLESSIVO SUI RICETTORI DELLE ATTIVITA' DI CANTIERE.....	24
STIMA DELL'IMPATTO SUI RICETTORI IN FASE DI ESERCIZIO	32
CARATTERISTICHE TECNICHE DEL MONITORAGGIO ACUSTICO	35
COMPONENTE VIBRAZIONALE	36
MODALITÀ DI MONITORAGGIO COMPONENTE VIBRAZIONALE	39
VIBRAZIONI IN FASE DI CANTIERE	41
VIBRAZIONI IN FASE DI ESERCIZIO A MASSIMO REGIME	41
CONCLUSIONI	42

PREMESSA

La presente relazione propone approfondimenti sugli aspetti vibroacustici del progetto di realizzazione di un nuovo impianto idroelettrico sul Fiume Arno in corrispondenza della traversa detta "Pescaia di Santa Rosa", a Firenze (FI). Il progetto propone di sfruttare un'opera di presa e dei canali esistenti, realizzando all'interno di essi l'edificio di centrale e di sfruttare, per il collegamento alla rete, la limitrofa infrastruttura elettrica esistente.

L'impianto idroelettrico è ubicato in destra idraulica e si sviluppa prevalentemente in sotterraneo, dietro al muro d'argine, previo recupero dell'esistente opera di presa e derivazione del Canale Macinante, riutilizzandola per il medesimo fine per cui era stata originariamente realizzata, ovvero per generare forza motrice da fonte idraulica, con restituzione immediata delle acque attraverso lo "scolmatore Curtatone", subito a valle della Pescaia di Santa Rosa.

In particolare, in questo documento si approfondiranno gli aspetti acustici e vibrazionali delle seguenti fasi:

1. Fase di gestione ed organizzazione del cantiere, tenuto conto delle linee guida ARPAT (gennaio 2018) per l'acustica e delle norme UNI 9916 e DIN4150-3 per le vibrazioni;
2. Fase di gestione dell'impianto in esercizio, ai sensi del DPCM 14/03/1997 per il criterio differenziale e norme UNI 9916, UNI 9614 per la componente vibrazionale.

La briglia di Santa Rosa si trova sul fiume Arno in località Firenze; si prevede di realizzare l'impianto in destra idraulica sotto una limitata porzione del parcheggio esistente con accesso dalla viabilità esistente di Via Curtatone e Lungarno Amerigo Vespucci.

L'opera di presa dell'impianto in progetto si colloca in corrispondenza della derivazione esistente in destra idraulica del fiume Arno a monte della traversa di Santa Rosa alle seguenti coordinate (EPSG 3003): $X = 1680645 \text{ m}$ $Y = 4849044 \text{ m}$

Partendo dalle fasi lavorative e dai luoghi in corrispondenza delle quali queste verranno realizzate, individuati tutti i possibili ricettori, verrà stimato il rumore e le vibrazioni a cui questi potrebbero essere soggetti nelle fasi lavorative più critiche, e cioè quelle in corrispondenza delle quali le attività di cantiere si avvicineranno maggiormente alle abitazioni; tutto questo basato su estrapolazione matematica della potenza sonora dei macchinari e utilizzando la formula per l'abbattimento del rumore in campo libero.

Si tenga conto, infatti, che il rumore che giungerà ai ricettori non sarà sempre lo stesso ma varierà in funzione della distanza che intercorrerà di volta in volta tra i ricettori e i macchinari utilizzati. Attraverso database e schede tecniche fornite dalla Committenza, ai macchinari

indicati sono state associate delle rumorosità generate in fase di esercizio. A questo punto, partendo dalla tipologia dei mezzi adoperati, dalla rumorosità da essi prodotta, si è ritenuto opportuno, essendo note preliminarmente le diverse le fasi lavorative coinvolte e data la presenza di ricettori nell'area, anziché sommare di volta in volta il rumore emesso da un determinato numero di attrezzature in funzione a poca distanza le une dalle altre, considerare **le fasi potenzialmente più critiche e rumorose poste in corrispondenza dei ricettori residenziali più vicini.**

In particolare, lo studio ha lo scopo di:

- Valutare i livelli di emissione ed immissione generati dall'attività di cantiere in prossimità dei ricettori identificati;
- Calcolare i livelli di rumore immessi in facciata ai ricettori maggiormente esposti;
- Indicare un elenco degli accorgimenti tecnici e procedurali che saranno adottati per la limitazione del disturbo e la descrizione delle modalità di realizzazione.

Si riportano di seguito alcune immagini che descrivono il sito in esame.



Inizio Canale Macinante (opera di presa)



Punto di rilascio acqua



Tratto di Canale Macinante utilizzato dal progetto



Tratto canale scolmatore Curtatone utilizzato dal progetto

Vista aerea con indicazione della pista, presente lungo la riva destra dell'Arno, che verrà sfruttata dai mezzi pesanti che conduce direttamente alla viabilità primaria (viali di circonvallazione)



Planimetria di Progetto del Locale di resa



Planimetria di Progetto del Locale di presa



Tavola di accantieramento su ortofoto

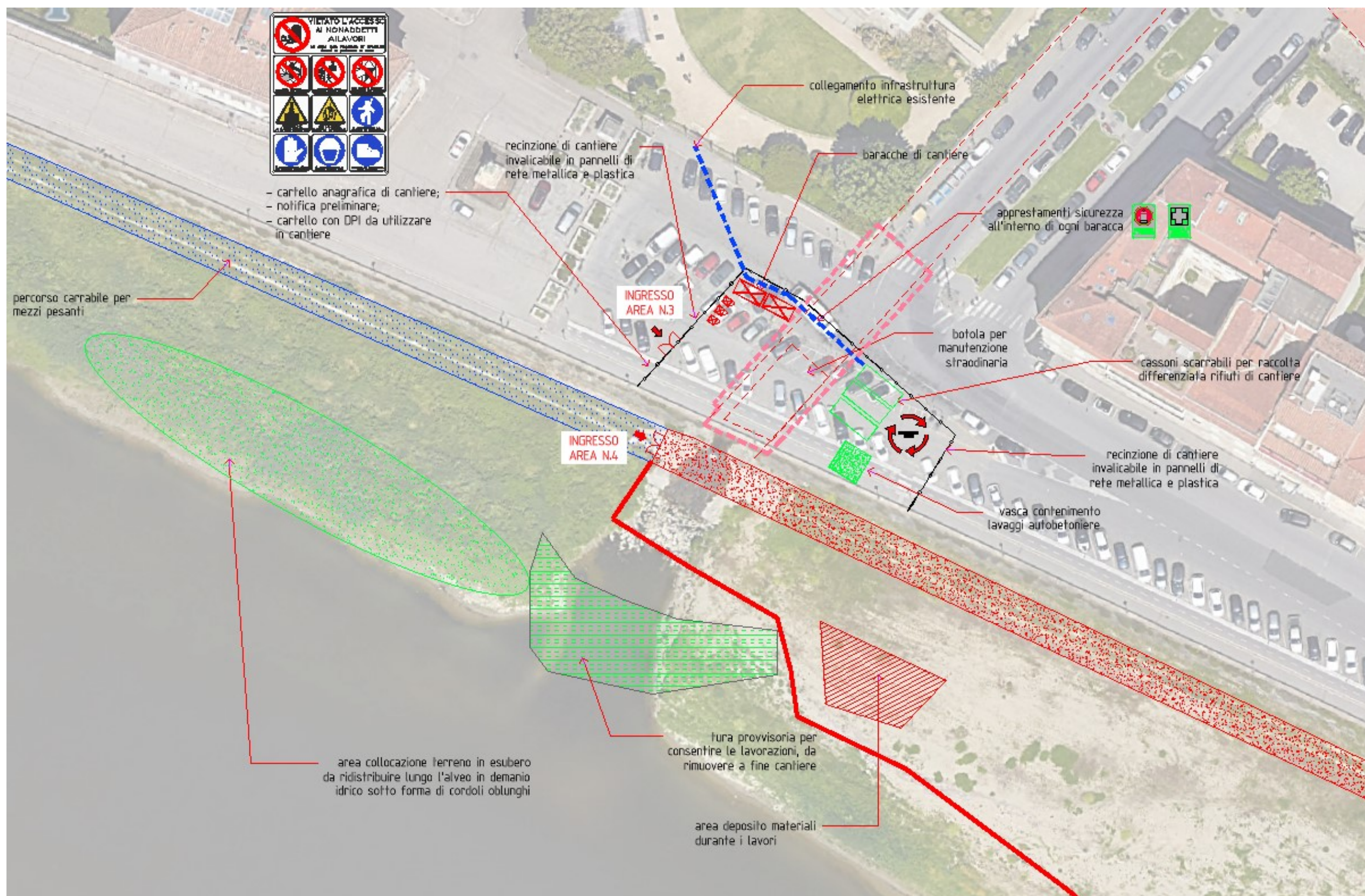
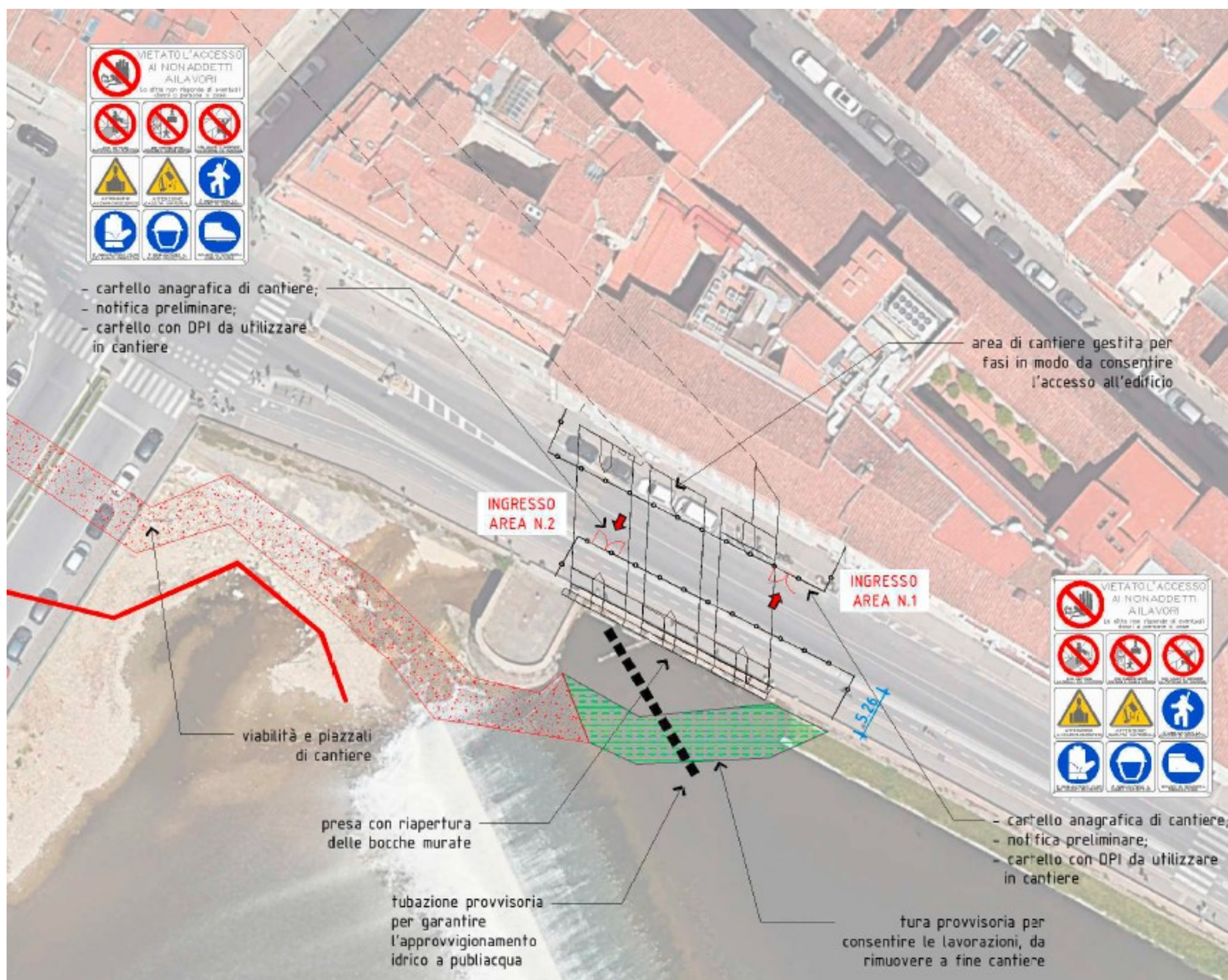


Tavola di accantieramento su ortofoto



COMPONENTE ACUSTICA

Di seguito si riportano alcuni aspetti normativi in campo acustico da tenere in considerazione ai fini delle opere di cantierizzazione.

- **Legge quadro** sull'inquinamento acustico n. **447/95**
- **D.P.C.M. 14/11/97** "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"
- **D.M. 16/03/98** Ministero dell'Ambiente "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico"
- **UNI 9884** "Caratterizzazione acustica del territorio mediante la descrizione del rumore ambientale"
- **UNI 11143** "Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti"
- **Legge Regionale n.89/1998** Norme in materia di inquinamento acustico.
- **Regolamento attività rumorose del Comune di Firenze** (Deliberazione del Consiglio Comunale n. 12 del 16.02.2004)
- **DGR Toscana n.857/2013** Definizione dei criteri per la redazione della documentazione di impatto acustico e della relazione previsionale di clima acustico ai sensi dell'art. 12, comma 2 e 3 della Legge Regionale n. 89/98.
- **Linee guida** redatte da Arpat revisione Gennaio 2018.

A livello nazionale l'art. 6 (Competenze dei Comuni), comma 1, lettera h, della **Legge Quadro sull'Inquinamento Acustico n.447 del 26/10/1995**, cita testualmente quanto segue: "...

h) l'autorizzazione, anche in deroga ai valori limite di cui all'articolo 2, comma 3, per lo svolgimento di attività temporanee e di manifestazioni in luogo pubblico o aperto al pubblico e per spettacoli a carattere temporaneo ovvero mobile, nel rispetto delle prescrizioni indicate dal comune stesso". L'art.2, comma3 cita testualmente quanto segue: "I valori limite di immissione sono distinti in:

- a) valori limite assoluti, determinati con riferimento al livello equivalente di rumore ambientale;
- b) valori limite differenziali tra il livello equivalente di rumore ambientale ed il rumore residuo."

A livello nazionale il **D.P.C.M. 14/11/97**: "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore" prevede per tutte le classi acustiche, ad esclusione delle aree esclusivamente industriali, il rispetto di due limiti:

- a) il "Limite Assoluto di emissione e di immissione", da valutare in ambiente esterno confrontando i livelli acustici di zona con i limiti della classe acustica di appartenenza;
- b) il "Limite Differenziale", da valutare all'interno degli ambienti abitativi prossimi ad attività o impianti rumorosi.

Il "Livello Differenziale" introdotto per salvaguardare la salute degli occupanti gli ambienti abitativi prossimi ad attività o impianti rumorosi può comportare limitazioni alle emissioni o alle immissioni di rumore generate da impianti o attività, anche se queste emissioni o immissioni risultano al di sotto dei limiti acustici di zona. Il "Limite Differenziale" deve essere valutato all'interno degli ambienti abitativi a finestre aperte e chiuse, mentre il Limite Assoluto di immissione deve essere valutato in ambiente esterno in corrispondenza del confine di proprietà dell'attività o impianto rumoroso.

I "Limiti Assoluti" di emissione sono quelli che devono essere rispettati complessivamente da ciascuna attività o impianto rumoroso in corrispondenza dei ricettori (ciò sulla base di tendenze e interpretazioni delle attuali leggi vigenti); il confronto con i "Limiti Assoluti" di emissione di zona (riportati nel D.P.C.M. 14/11/97) va effettuato una volta depurato il Rumore Ambientale del contributo del Rumore Residuo di zona. La normativa definisce gli "Ambienti Abitativi" come: "Ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o comunità ed utilizzato per le diverse attività umane: vengono esclusi gli ambienti di lavoro salvo quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti esterne o interne non connesse con l'attività lavorativa".

Il "Livello Differenziale" impone che il rumore generato dall'attività o dall'impianto, ed immesso all'interno dell'ambiente abitativo più esposto, non superi a finestre aperte e chiuse, di giorno, i 5 dB(A); di notte, i 3 dB(A). L'applicabilità del criterio differenziale risulta subordinato alle condizioni a seguire, senza il verificarsi delle quali, di giorno, e/o di notte, il rumore rilevato deve essere ritenuto accettabile.

Di giorno a finestre chiuse, internamente all'abitazione molestata, il Rumore Ambientale deve superare i 35 dB(A); mentre a finestre aperte, internamente all'abitazione molestata, il Rumore Ambientale deve superare i 50 dB(A).

Di notte a finestre chiuse, internamente all'abitazione molestata, il Rumore Ambientale deve superare i 25 dB(A); mentre a finestre aperte, internamente all'abitazione molestata, il Rumore Ambientale deve superare i 40 dB(A).

In conclusione, il criterio assoluto è sempre applicabile e deve essere valutato in ambiente esterno in corrispondenza del confine di proprietà, mentre il criterio differenziale deve essere valutato all'interno dell'ambiente abitativo più esposto ai rumori generati dall'attività o

impianto sotto indagine. La sua applicabilità è però subordinata al superamento delle soglie di rumore sopra riportate.

Le attività temporanee risultano legiferate da un punto di vista acustico dall'art. 6, comma 1, lettera h) della Legge Quadro sull'Inquinamento Acustico 447/1995 e Regolamento attività rumorose del Comune di Firenze (Deliberazione del Consiglio Comunale n. 12 del 16.02.2004).

Linee guida redatte da Arpat revisione Gennaio 2018.

Tali linee guida forniscono indicazioni generali di buona pratica tecnica da adottare al fine di tutelare l'ambiente durante le attività di cantiere e le operazioni di ripristino dei luoghi. Di seguito se ne riportano le parti salienti.

L'Impresa dovrà redigere, preventivamente all'installazione del cantiere, tutta la documentazione informativa che verrà richiesta dalla Direzione Lavori.

Inoltre, sarà vincolata a recepire i correttivi che verranno individuati dalle eventuali attività di monitoraggio ambientale previste, apportando i necessari adeguamenti per la riduzione preventiva degli impatti (ubicazione degli impianti rumorosi, modalità operative nel periodo notturno, ecc..), ed a consentire l'agevole svolgimento del monitoraggio stesso.

L'Impresa dovrà attenersi alle indicazioni che seguono per quanto riguarda l'organizzazione del cantiere. ...

La formazione degli operatori è un elemento indispensabile per la buona gestione del cantiere. Tutti gli operatori dovranno pertanto essere edotti preventivamente in merito alle buone pratiche non solo ai fini della sicurezza personale, ma anche ai fini della protezione ambientale. L'addestramento dovrà essere programmato e dovrà prevedere nello specifico l'approfondimento delle varie problematiche su esposte.

PIANO DI CLASSIFICAZIONE ACUSTICA E LIMITI ASSOCIATI

Il Comune di Firenze si è dotato del piano di zonizzazione acustica comunale, approvato definitivamente con deliberazione del Consiglio Comunale n. 103 del 13/09/2004.

Si riporta di seguito uno stralcio della zonizzazione acustica per l'area di interesse, che mostra come l'area occupata dal nuovo impianto ricada all'interno dell'alveo fluviale, mentre le aree limitrofe al fiume Arno ricadano tutte in **classe IV (Aree di intensa attività umana)**.



Classificazione acustica



Spettacoli all'aperto



Classe I - 50-40 dBA



Classe II - 55-45 dBA



Classe III - 60-50 dBA



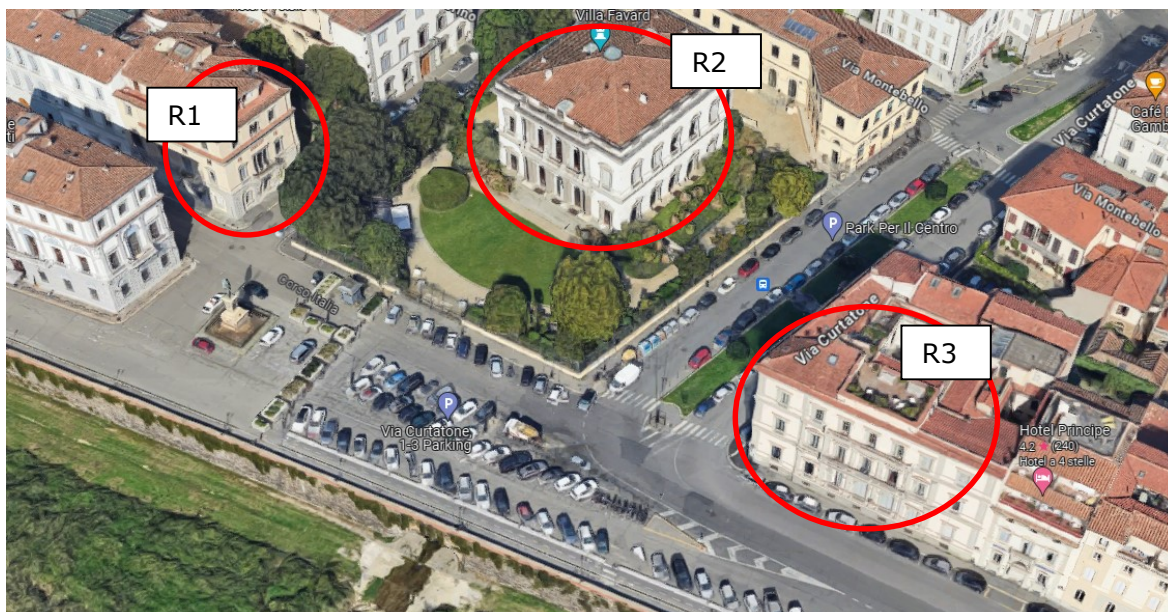
Classe IV - 65-55 dBA

Per le aree individuate sono validi i limiti di emissione e immissione definiti nella tabella che segue.

Valori limite assoluti di emissione e di immissione area di intervento		
CLASSE IV	Tempi di riferimento	
	Diurno (06.00-22.00)	Notturmo (22.00-06.00)
valori limite di emissione Leq dB(A)	60	50
Valori limite di immissione Leq dB(A)	65	55

INDIVIDUAZIONE DEI RICETTORI PRESENTI NELL'AREA

I ricettori più sensibili all'intervento si trovano tutti in riva destra dell'Arno. Gli edifici residenziali posti sulla riva sinistra non verranno considerati perché distanti dalle sorgenti di cantiere e dalle future potenziali immissioni con centrale a regime di attività. Tali ricettori più vicini al cantiere e alla centrale idroelettrica, saranno considerati nella modellazione software come riferimento per la verifica del rispetto dei limiti acustici e vibrazionali.



Ricettori R1: edificio di 4 piani fuori terra adibito ad uso misto, uffici e residenziale.

Ricettori R2: edificio di 2 piani fuori denominato Villa Favard.

Ricettore R3: 3 piani fuori terra adibito ad uso misto, ricettivo direzionale e residenziale.



Ricettore R4: edificio adibito ad uso ricettivo e residenziale, posto sopra alle bocche di presa.

Nel software di calcolo verranno considerate le aperture finestrate poste ai diversi piani degli edifici al fine di monitorare le immissioni a diverse altezze.

FASI LAVORATIVE E MEZZI IMPIEGATI IN CANTIERE

Al fine della valutazione di impatto acustico si procede a fornire l'inquadramento territoriale e dell'area di cantiere. L'inquadramento permetterà di definire il contesto territoriale in cui sarà svolta l'attività lavorativa. Per la realizzazione del progetto si prevede in prima battuta di suddividere le operazioni in due macrofasi, che possono eventualmente anche sovrapporsi nel caso le condizioni operative e logistiche del cantiere lo consentano.

(si rimanda al capitolo successivo per un maggiore dettaglio sulla successione temporale delle opere ed il relativo cronoprogramma)

Il progetto verrà realizzato seguendo diverse fasi operative, così schematizzabili:

- Dopo la verifica della presenza di sottoservizi tali da comportare interferenze con lo svolgimento dei lavori, si procede l'impianto di cantiere così da effettuare le successive lavorazioni in totale sicurezza.
- Seguirà la fase di isolamento idraulico dell'area oggetto di intervento mediante la realizzazione di due ture una in prossimità dello scarico e una in corrispondenza dell'opera di presa. Su quest'ultima sarà realizzato un bypass necessario per garantire il prelievo dell'acquedotto a monte e comunque fuori dalla zona interessata dal cantiere.
- Si procederà ad una fresatura dello strato di asfalto coincidente con la porzione di canale oggetto di scoperchiamento mediante la demolizione della volta che sarà effettuata con escavatori dotati di martellone, pinza e benna per il carico e smaltimento dei detriti. Le operazioni saranno mirate e attente a salvaguardare le strutture verticali.
- Lo scavo verrà sempre effettuato con mezzi meccanici e nelle zone oggetto di sottofondazioni le due lavorazioni dovranno essere eseguite per piccoli tratti dove le due lavorazioni si susseguiranno con la logica del buon costruire.
- Le opere civili di costruzione dell'edificio di centrale prevedono sostanzialmente la realizzazione di opere in calcestruzzo armato eseguito in opera.
- Parallelamente alla realizzazione della costruzione dell'edificio di centrale si procederà con dei cantieri temporanei e mobili all'adeguamento dell'opera di presa, mediante abbassamento della soglia e sostituzione delle attuali paratoie con nuove, simili per dimensioni ed estetica, ma automatizzate e con tenuta sicuramente più efficiente di quella presente nelle attuali.
- Si passerà quindi al montaggio e collaudo delle opere elettromeccaniche, operazione che prevede l'utilizzo di camion con gru o autogrù per la posa delle parti più pesanti e voluminose. L'assemblaggio e i collaudi verranno effettuati da personale altamente specializzato.

- Terminati gli allacci, effettuate le prove di funzionamento, si procederà al ripristino del manto di stradale, smontaggio delle tute e alle sistemazioni in alveo prima dello smontaggio del cantiere.

Si specifica che le opere in progetto sopra descritte, fermo restando i dati di concessione, sono relative ad un livello di progettazione preliminare. La configurazione definitiva delle opere potrebbe essere modificata e adeguata in corso di iter autorizzativo.

Le sorgenti di rumore maggiormente significative legate alle attività di cantiere sono rappresentate dall'attività dei mezzi meccanici durante le operazioni di realizzazione delle opere. Al fine di stimare l'emissione sonora dovuta ai singoli scenari si è pertanto proceduto individuando le diverse macchine operatrici che si alterneranno all'interno del cantiere; per avere una stima delle potenze sonore emesse da ciascun mezzo, i livelli di rumore prodotti dalle citate macchine operatrici sono stati desunti dalle schede tecniche fornite dalla Committenza e ipotizzate facendo riferimento dalle banche dati in letteratura.

La tabella seguente riporta la potenza sonora emessa da alcune delle macchine operatrici individuate e utilizzate durante le fasi di cantiere. Per avere una stima delle potenze sonore emesse da ciascun mezzo, i livelli di rumore prodotti dalle citate macchine operatrici sono stati ipotizzati facendo riferimento alle seguenti fonti:

- ✓ Documento INAL *"Abbassiamo il rumore nei cantieri edili - 2015"* per l'autogrù, l'autocarro con gru, il generatore, la pompa per calcestruzzo ed il miniescavatore con martello.
- ✓ Portale Agenti Fisici (<http://portaleagentifisici.usl7.toscana.it/>)
- ✓ F.S.C. Torino - Ente Bilaterale del Settore Edile (www.fsctorino.it) per l'autobetoniera, il camion, l'escavatore ed il furgone cassonato
- ✓ Sito web del produttore (www.soilmec.com/) per la trivellatrice per pali

La tabella seguente riporta la potenza sonora emessa dalle singole macchine operatrici individuate e utilizzate durante le fasi di cantiere.

MEZZI D'OPERA	Livello Potenza Sonora (dB)
Autobetoniera	90.0
Attrezzature manuali	72.0
Autogrù	108.1
Camion (autocarro)	101.0
Camion con gru	99.6
Escavatore	111.8
Macchina per diaframmi/infissione	111.8
Furgone cassonato (autocarro)	101.0
Generatore (gruppo elettrogeno)	98.7
Trivellatrice per pali	105.0
Motopompa	101.0
Pompa per calcestruzzo (autopompa per calcestruzzo)	109.5
Escavatore con martellone	112.0
Mini escavatore con martello	109.0

Il **traffico indotto di mezzi pesanti** comporterà un incremento orario sul traffico presente nella viabilità locale del tutto trascurabile, considerata la distribuzione nell'arco della giornata lavorativa. L'accesso all'impianto, sia durante le fasi di cantiere sia durante il normale esercizio, avverrà dalla viabilità ordinaria esistente che conduce direttamente alle opere, visibile in rosso nella foto aerea. Si prevede in particolare di utilizzare come viabilità di cantiere la pista demaniale in prossimità della riva destra tra il Ponte alla Vittoria e il Ponte Amerigo Vespucci. Si prevede di garantire il libero accesso dei mezzi all'imbocco della pista sfruttando un innesto esistente in prossimità del Viale Abramo Lincoln, attualmente utilizzato per le manutenzioni ordinarie dell'alveo.



Vista della pista in destra idraulica



Vista della pista esistente in destra idraulica

Si precisa che saranno individuati e delimitati i percorsi destinati ai mezzi, in ingresso e in uscita dal cantiere, in maniera da minimizzare l'esposizione al rumore dei ricettori residenziali con una velocità di percorrenza massima di 20 km/h.

La scelta di questo percorso consentirà di minimizzare le immissioni dovute al traffico indotto dei mezzi pesanti, così come visibile anche dalle simulazioni matematiche realizzate. Nel modello matematico il traffico indotto dovuto alla movimentazione dei mezzi pesanti è stato inserito come visibile dalla linea blu sull'argine dell'alveo lungo il tratto sopradescritto in un numero conservativo pari a 5 transiti/h.

È prevista in fatti, previa autorizzazione, la occupazione parziale e temporanea del sedime stradale del lungarno ove occorra per agevolare le attività di cantiere, lungo il tratto descritto interessato dal cantiere. Si prevede in definitiva di utilizzare prevalentemente, per il cantiere, le aree in demanio idrico tra la briglia della Pescaia e ponte alla Vittoria, utilizzando le aree a margine della pista di cantiere e dei manufatti per lo stoccaggio temporaneo dei materiali e dei volumi scavati (materiali d'alveo) che prevedono un riutilizzo ed un ricollocamento in alveo.

Si precisa che sarà cura della direzione di cantiere determinare e quindi risolvere le eventuali interferenze tra le fasi lavorative, in modo da dare all'intervento edile nel suo insieme una maggiore fluidità operativa, con generale riduzione dei tempi morti, programmando certe attività in uno spazio temporale previsto e non causale, potendone così, prevedere un controllo più capillare. A fini cautelativi, nella presente valutazione previsionale sarà considerata la contemporaneità delle operazioni previste negli scenari, quindi, senza ipotizzare una potenza sonora complessiva minore dovuta alla non simultaneità delle lavorazioni.

Lo scenario proposto è quello con i mezzi funzionanti tutti contemporaneamente, il rispetto dei livelli in suddetto scenario comporterà il rispetto in ogni altra situazione.

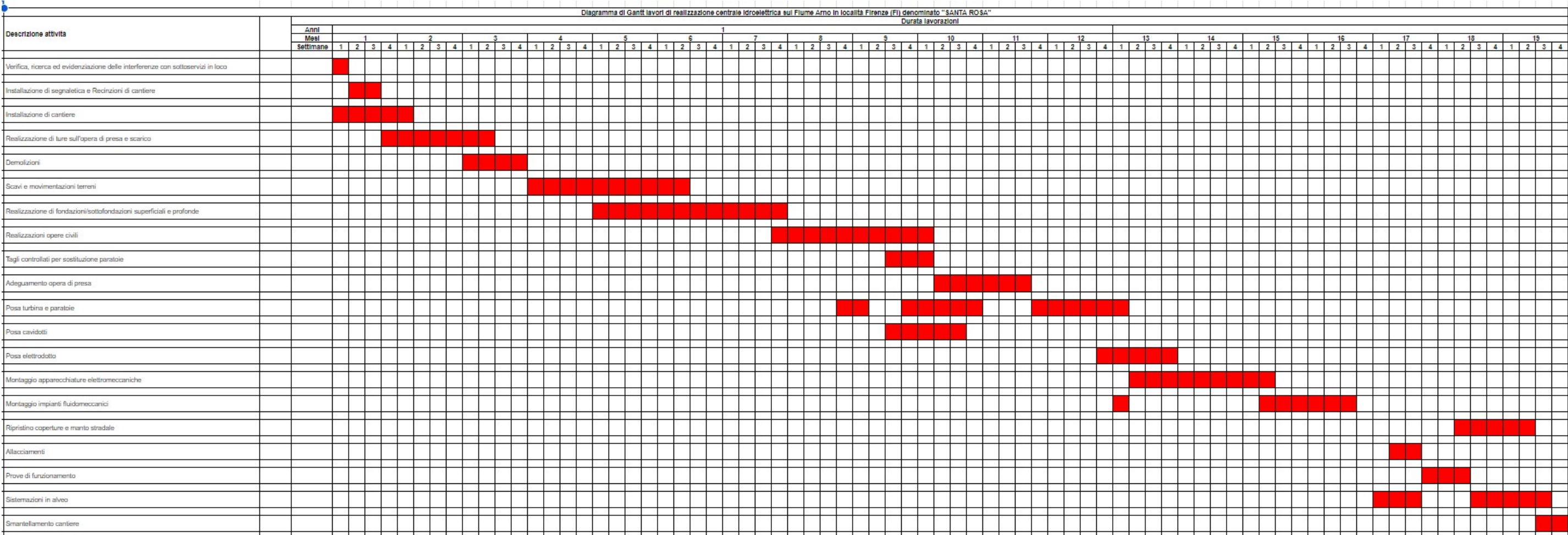
In fase esecutiva verrà valutata, data la presenza del cantiere all'interno del centro abitato di Firenze, la necessità di richiesta di deroga temporanea ai sensi del Regolamento per la disciplina delle attività rumorose del Comune di Firenze, da attivare con congruo anticipo sull'inizio lavori.

Le precauzioni per la mitigazione che saranno adottate e che vengono preliminarmente identificate in questa fase sono:

- Adottare modalità operative e gestionali atte a ridurre la potenza sonora equivalente emessa al di fuori del cantiere quali ad esempio evitare, per quanto possibile, l'attività contemporanea di due o più macchine operatrici oppure programmare le operazioni più rumorose nei momenti in cui sono più tollerabili evitando, per esempio, le ore di maggiore quiete o destinate al riposo;
- impartire idonee direttive agli operatori tali da evitare comportamenti inutilmente rumorosi;
- rispettare la manutenzione ed il corretto funzionamento di ogni attrezzatura.

CRONOPROGRAMMA

La tabella seguente riporta il diagramma di Gantt con il cronoprogramma dei lavori.



Le lavorazioni relative alle opere in alveo potranno essere sovrapposte al fine di ridurre l'impatto del cantiere sul regime idrico del fiume e saranno concentrati nel periodo di minori deflussi (indicativamente dalla primavera fino al primo periodo autunnale) mentre le opere propedeutiche al cantiere, le opere di mitigazione e ripristini avverranno prima e dopo detto periodo con gli accorgimenti di seguito descritti. La posa delle opere elettromeccaniche all'interno dei vani stagni potranno protrarsi, ove necessario, anche nel periodo invernale. Nei periodi di maggiore rischio per le piene dell'Arno (autunno e primavera principalmente) le lavorazioni proseguiranno, ma con adeguato monitoraggio dei livelli idrici del fiume. Al termine dei lavori verranno eseguite opere di verifica, eventuali adeguamenti e pulizia lungo l'intero tratto interessato al fine di garantire la realizzazione dell'opera a regola d'arte.

In funzione della effettiva data di inizio lavori, il proponente potrà rimodulare la programmazione dei lavori, in considerazione dei vincoli sopra citati relativi ai periodi di esecuzione delle opere in alveo.

CALCOLO PREVISIONALE DEI LIVELLI SONORI

Il calcolo della distribuzione sonora nella fase di cantiere più critica, è stata eseguita mediante l'ausilio del programma "Predictor".

Il software è validato a livello internazionale e progettato con diversi anni di ricerca per modellare la propagazione acustica in ambiente esterno, sviluppato sulla base di algoritmi che rispettano diversi standard acustici, tra i quali lo standard ISO 9613-2 e il metodo NMPB 95 rispondente alla legge francese del maggio 1995. Nel caso in oggetto le simulazioni sono state svolte utilizzando il modello di calcolo ISO 9613-2.

I parametri presi in considerazione dal modello corrispondono a quelle grandezze che fisicamente influenzano la generazione e la propagazione del rumore. Più precisamente sono la disposizione e la forma degli edifici presenti nell'area di studio, la topografia del sito, le eventuali barriere antirumore, la tipologia del terreno, i parametri meteorologici della zona, e le caratteristiche del traffico presente: flusso, la velocità e la composizione. Esso permette il calcolo e la previsione della propagazione nell'ambiente del rumore derivato da traffico veicolare, ferroviario, aeroportuale, da insediamenti industriali (sorgenti esterne ed interne), il calcolo di barriere acustiche e delle concentrazioni degli elementi inquinanti dell'aria. Permette la modellizzazione acustica in accordo con decine di standards nazionali deliberati per il calcolo delle sorgenti di rumore e, basandosi sul metodo del Ray Tracing, è in grado di definire la propagazione del rumore sia su grandi aree, fornendone la mappatura, sia per singoli punti fornendo i livelli globali e la loro scomposizione direzionale. Sostanzialmente tale tecnica simula l'arrivo ai ricettori di "raggi" che rappresentano i fronti d'onda provenienti dalle diverse sorgenti. In questo modo sulla base del percorso che il raggio attraversa per raggiungere il ricettore vengono calcolati l'assorbimento da parte dell'aria (per questo vengono date in input le condizioni meteorologiche), l'attenuazione dovuta alla distanza, la diffrazione dei raggi stessi ad opera di eventuali ostacoli e le riflessioni sulle superfici verticali. Quindi tale metodologia si presta molto bene al calcolo dei livelli di pressione sonora in aree complesse. Un ulteriore vantaggio nell'utilizzo di questa tecnica sta nel fatto che i raggi fisicamente rilevanti si possono ottenere con test logici su tutti i raggi possibili alleggerendo così la fase computazionale vera e propria. Inoltre, è possibile scegliere la distanza angolare fra un raggio e l'altro in modo da scegliere il compromesso migliore fra precisione del risultato, complessità dell'area e tempi di calcolo. Il modello è in grado di stimare il livello di pressione sonora in corrispondenza dei punti individuati visualizzando l'andamento delle curve isofoniche in un'area selezionata.

La precisione dei risultati ottenuti dipende da vari fattori:

- la precisione della potenza sonora delle sorgenti considerate e la sua eventuale variabilità nel tempo;

- l'accuratezza delle caratteristiche geometriche dell'area e dell'opera considerate (affidabilità della cartografia e delle misure disponibili);
- condizioni meteo-climatiche variabili nel tempo;
- presenza di eventuali strutture presenti ma non riproducibili nel modello;
- il fatto che il modello considera lo spettro di frequenza che va da 63 Hz a 8000 Hz e come tale non considera parti dello spettro che in alcune tipologie di rumore possono risultare non trascurabili.

Le Mappe isofoniche sono calcolate a 4 m dal piano campagna (sezione orizzontale) per consentire una resa grafica accurata dei livelli di rumore in corrispondenza del primo piano dei ricettori residenziali. L'elaborazione è stata eseguita inserendo dati di input riferiti allo stato attuale, quali la digitalizzazione del terreno, gli edifici presenti, per calibrare il sistema in base agli cenari di cantiere più critici con deroga a 70 dBA.

Il modello matematico valuta i contributi dovute alle riflessioni delle facciate di tutti gli edifici presenti. La modellazione è stata ricreata in modo accurato come visibile dalla rappresentazione grafica in 3D riportata a pagina 31.

In base ai dati di validazione del software forniti dal produttore è pertanto possibile stimare che il modello, in situazioni in cui i fattori elencati non producano significative possibilità di errore, possa produrre un errore massimo possibile pari a circa ± 3 dB(A) in un range compreso tra circa 50 dB(A) e 85 dB(A) in condizioni standard.

Tale indicazione è riportata nel manuale di ogni software previsionale e dipende dal fatto che possono sempre verificarsi errori di implementazione delle equazioni base nei software. Per questa ragione, il programma è sottoposto ad un'attenta procedura di validazione prima di essere reso disponibile agli utilizzatori. L'incertezza di rappresentazione di un modello è dovuta alla necessità di rappresentare i risultati mediante mappe, con curve di isolivello ottenute mediante differenti tecniche di interpolazione applicate all'insieme dei valori calcolati su una griglia. Alcune di queste tecniche privilegiano un dato andamento grafico delle curve isolivello, suggerendo valori leggermente alterati del dato fisico sottostante ed introducendo con ciò un contributo di incertezza. Se l'interpolazione grafica fa parte del pacchetto software che implementa il modello matematico, l'incertezza di rappresentazione costituisce uno dei termini da includere nell'incertezza del modello software.

Tutti i modelli matematici hanno questi margini di incertezza validati dalla casa madre produttrice dei software stessi.

I risultati ottenuti e di seguito riportati tengono conto di tali margini di incertezza.

SCENARI

Con l'aiuto del software matematico si sono realizzati 4 scenari prendendo a riferimento le attività progettuali descritte e i mezzi/attrezzature utilizzati per verificare e caratterizzare al meglio le immissioni dovute alle attività cantieristiche.

scenario 1 - locale di resa - centrale
attività
Realizzazione tura provvisoria in alveo
Realizzazione opere di sostegno\demolizioni
Realizzazione di opere civili per realizzazione edificio di centrale
mezzi
escavatori, camion, macchina per diaframmi/infissione
macchina per pali, generatore, camion con gru, escavatore con martello demolitore
scenario 2 - locale di resa - centrale
attività
Realizzazione opere di sostegno
Installazione opere elettromeccaniche e di connessione
Opere di ripristino e sistemazioni finali
mezzi
escavatori, camion, betoniera, generatore
attrezzature manuali, camion con gru
scenario 3 - locale di presa
attività
Realizzazione tura provvisoria in alveo
Realizzazione opere di sostegno\demolizioni
Realizzazione di opere civili per realizzazione paratoie locale di presa
mezzi
camion, miniescavatore con martello demolitore
escavatore, generatore, camion con gru
scenario 4 - locale di presa
attività
Realizzazione di opere di presa
Installazione opere elettromeccaniche e di connessione
Opere di ripristino e sistemazioni finali
mezzi
camion, attrezzature manuali
escavatore, generatore, camion con gru

I risultati ottenuti dalla modellazione software dimostrano che per gli scenari calcolati si prevede un livello sonoro in facciata ai ricettori che si attesta sempre sotto ai 70 dBA.

STIMA DELL'IMPATTO COMPLESSIVO SUI RICETTORI DELLE ATTIVITA' DI CANTIERE

Per stimare e valutare la propagazione del rumore in ambiente esterno, noto il livello di pressione sonora generato dagli automezzi e dalle attrezzature nell'area di cantiere, è stato utilizzato il software di propagazione acustica in ambiente esterno considerando le sorgenti sonore disposte cautelativamente nella zona più vicina ai ricettori più vicini (dai 25m ai 50m di distanza, come visibile nel modello matematico).

Sono stati valutati quattro scenari per verificare e caratterizzare al meglio le immissioni dovute alle attività cantieristiche, verificando le immissioni in prossimità delle aperture finestrate più vicine dei ricettori.

Per ogni macchina è stato previsto il funzionamento continuo e sono state valutate le fasi più rumorose dovute alla realizzazione delle lavorazioni da cronoprogramma.

L'area di cantiere risulta localizzata alcuni metri al di sotto del piano stradale, su cui affacciano i ricettori sensibili. Pertanto, le immissioni sonore attribuibili alle fasi di cantiere più rumorose risultano naturalmente schermate dal gradino morfologico esistente.

Il livello equivalente di pressione sonora si è ottenuto considerando i livelli di potenza sonora dei macchinari di interesse per ogni fase critica, riportati nel paragrafo precedente ed il rumore ambientale è ottenuto dal livello di rumore residuo misurato sommato al contributo dovuto alle sorgenti sonore di cantiere.

SCENARIO 1 - LOCALE DI RESA - CENTRALE	
Ricettore	Contributo sorgenti di cantiere dBA
R1 Primo piano	62,3
R1 Secondo piano	63,4
R2 Piano primo	65,2
R3 Primo piano	67,1
R3 Secondo piano	67,2
R4 Piano primo	49,4
R4 Secondo piano	49,2

SCENARIO 2 – LOCALE DI RESA - CENTRALE

Ricettore	Contributo sorgenti di cantiere dBA
R1 Primo piano	59,1
R1 Secondo piano	60,3
R2 Piano primo	62,4
R3 Primo piano	64,3
R3 Secondo piano	64,4
R4 Piano primo	46,7
R4 Secondo piano	46,6

SCENARIO 3 – LOCALE DI PRESA

Ricettore	Contributo sorgenti di cantiere dBA
R1 Primo piano	39,4
R1 Secondo piano	39,9
R2 Piano primo	38,5
R3 Primo piano	42,5
R3 Secondo piano	43,0
R4 Piano primo	66,2
R4 Secondo piano	67,1

SCENARIO 4 – LOCALE DI PRESA

Ricettore	Contributo sorgenti di cantiere dBA
R1 Primo piano	37,0
R1 Secondo piano	37,5
R2 Piano primo	36,3
R3 Primo piano	39,6
R3 Secondo piano	40,2
R4 Piano primo	60,1
R4 Secondo piano	61,3

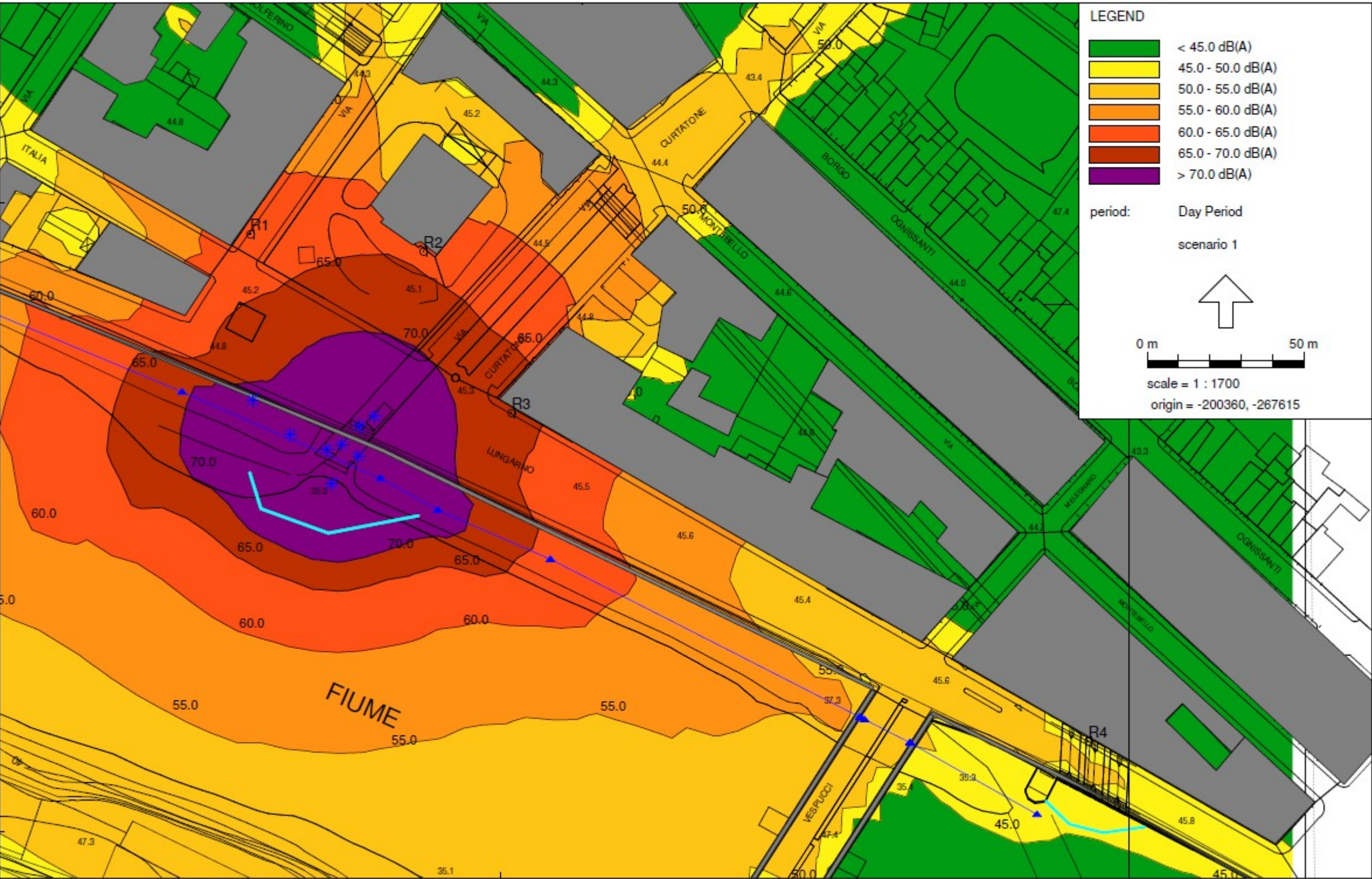
Si precisa che tali livelli di rumore sono stimati con un funzionamento in continuo per le attività di cantiere.

I livelli di pressione sonora in tabella, relativi agli scenari studiati, rientrano nei 70 dBA, valore limite previsto per la richiesta in deroga semplificata e considerati come valori di riferimento dalla maggior parte dei regolamenti per attività temporanee delle regioni italiane.

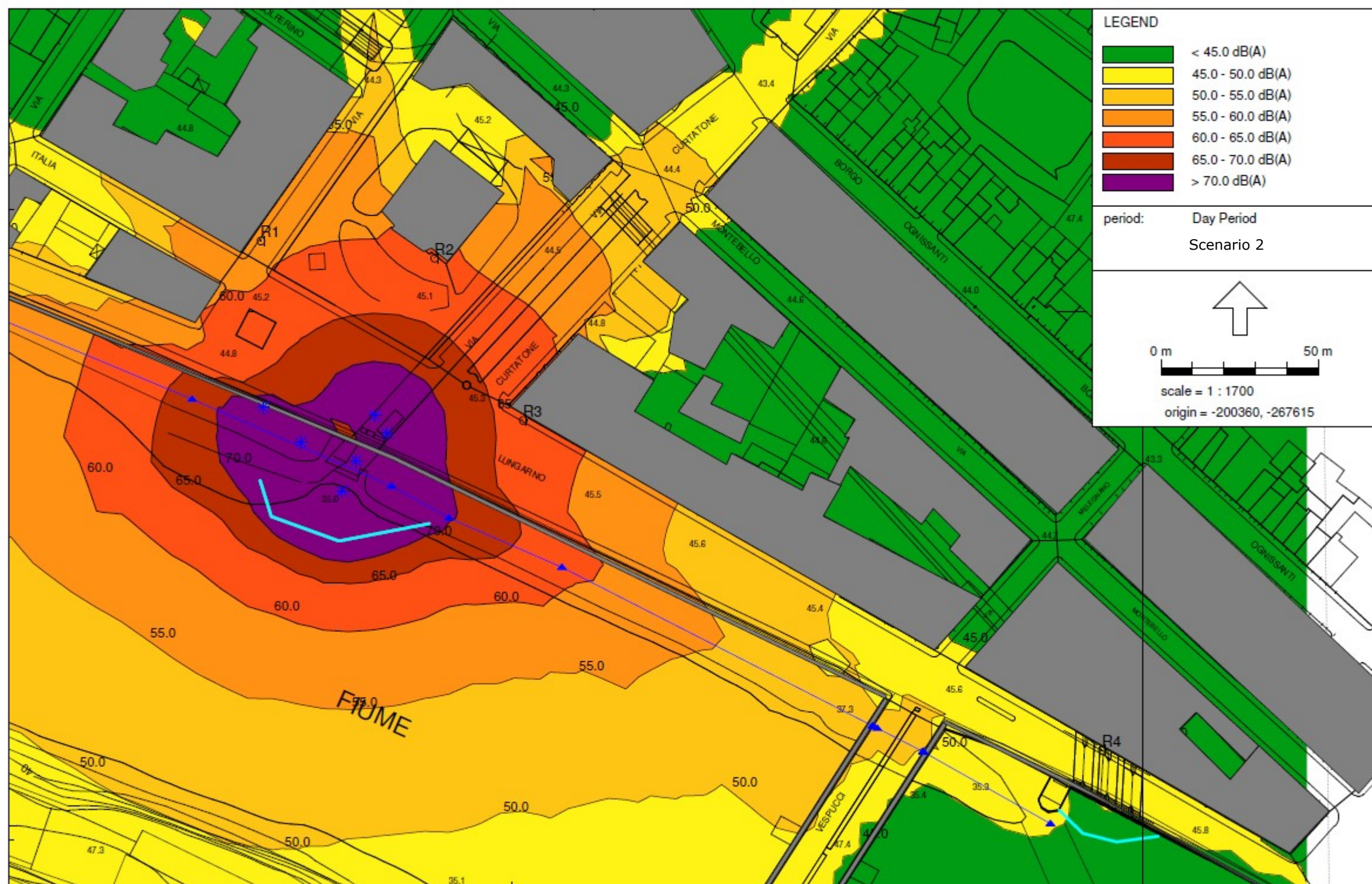
Il criterio differenziale non verrà applicato in questo caso perché sarà cura della Committenza rispettare in modo puntuale gli orari standard di lavoro dalle 08.00 alle 19.00.

Si precisa che questi livelli saranno garantiti anche da una serie di accorgimenti e prescrizioni di seguito riportate, per contenere l'emissione dei rumori nei limiti compatibili con le destinazioni d'uso presenti.

Simulazione delle immissioni dello scenario 1 – Locale di resa - Centrale



Simulazione delle immissioni dello scenario 2 – Locale di resa - Centrale



Simulazione delle immissioni dello scenario 3 – Locale di presa

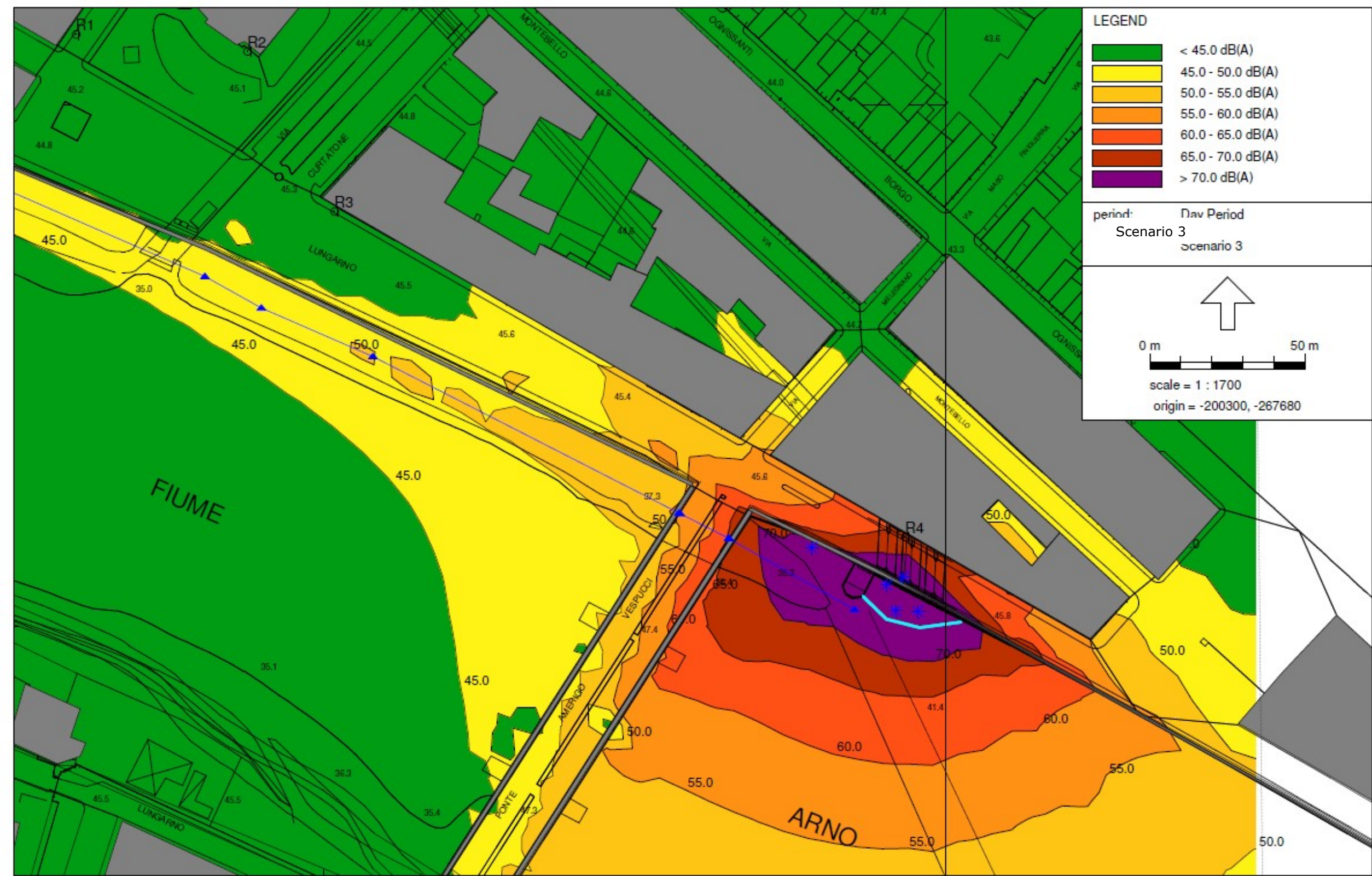
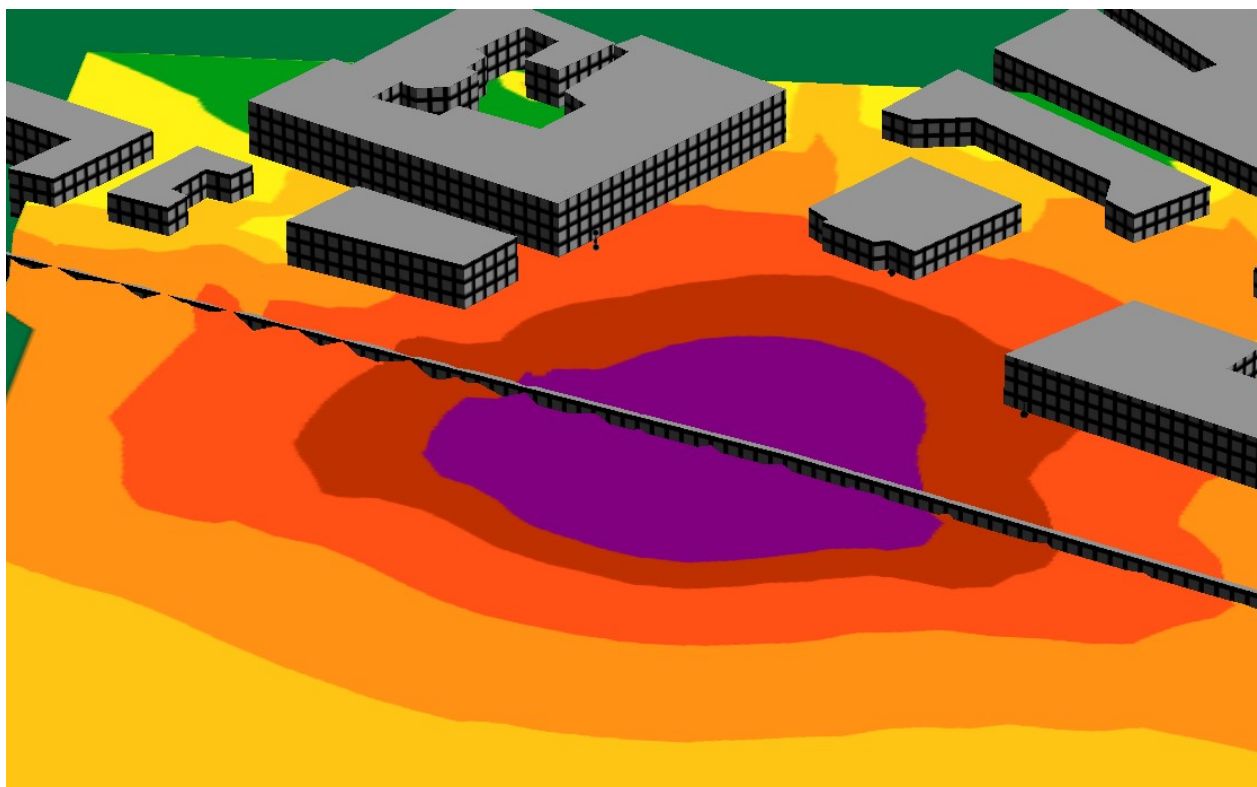




Immagine 3D delle immissioni del cantiere nello scenario più impattante.



Per quanto riguarda l'**impostazione delle aree di cantiere** l'Impresa:

- dovrà localizzare gli impianti fissi più rumorosi alla massima distanza dai ricettori esterni;
- dovrà orientare gli impianti che hanno un'emissione direzionale in modo da ottenere, lungo l'ipotetica linea congiungente la sorgente con il ricettore esterno, il livello minimo di pressione sonora.
- All'interno del cantiere, le macchine in uso dovranno essere marchiate CE salvo diverse indicazioni previste dalla normativa macchine.
- Ridurre le lavorazioni dei mezzi e degli impianti presenti in cantiere con motore al massimo regime, e aver cura di spegnere il motore nelle fasi di stallo.

La particolare conformazione morfologica dell'area, con l'alveo (e quindi la zona di cantiere) posto più in basso di diversi metri rispetto al piano stradale, provvede ad una schermatura naturale che contribuisce a ridurre il livello di emissioni in corrispondenza dei recettori presenti più prossimi.

Relativamente alle **modalità operative** l'Impresa è tenuta a seguire le seguenti indicazioni:

- impartire idonee direttive agli operatori tali da evitare comportamenti inutilmente rumorosi;
- per una maggiore accettabilità, da parte dei cittadini, di valori di pressione sonora elevati, programmare le operazioni più rumorose nei momenti in cui sono più tollerabili evitando, per esempio, le ore di maggiore quiete o destinate al riposo; per le operazioni più rumorose prevedere, per una maggiore accettabilità del disturbo da parte dei cittadini, anche una comunicazione preventiva sulle modalità e sulle tempistiche di lavoro. E' inoltre consuetudine attaccare alla recinzione di cantiere un cartello con indicato il numero dell'eventuale istanza di deroga acustica qualora necessaria,ottenuta dagli enti di competenza, come l'esempio di seguito riportato.

L'ente comunale ha disposto un'autorizzazione di deroga acustica alle lavorazioni di cantiere, Rif. Prat. n.ECO/2023/00181/TEMPAUT 2023/VI.9/86. La ditta XXX sta procedendo con le opere di realizzazione del progetto nel rispetto dei limiti previsti dall'autorizzazione comunale, negli orari di lavoro compresi tra le ore XXX.

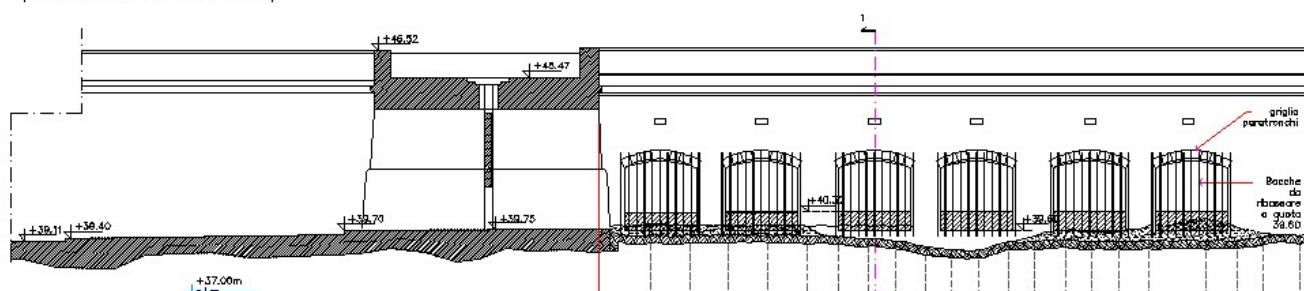
STIMA DELL'IMPATTO SUI RICETTORI IN FASE DI ESERCIZIO

La derivazione viene realizzata utilizzando la zona di calma dietro alla briglia della Pescaia di Santa Rosa, grazie alle bocche di presa esistenti che alimentavano il canale Macinante opportunamente ribassate nella quota di innesco 39.6 m slm. La derivazione verrà regolata da paratoie in destra idraulica (poste sulle 6 bocche) in grado di regolare il battente utile sulla soglia con valori di almeno 1.4 m in funzione anche delle condizioni di portata in alveo (ipotizzando in base al rilievo topografico un livello a tergo briglia tra 41 e 42 m slm per i regimi idraulici di maggiore interesse operativo).

La velocità media della corrente a paratoie aperte sarà inferiore ad 1 m/s. Tale velocità di corrente non determinerà immissioni sonore impattanti, la situazione sarà anzi migliorativa rispetto alla configurazione attuale, caratterizzata da rumori per stramazzo dei deflussi sulla briglia, che andranno a ridursi in frequenza per effetto proprio della derivazione laterale. Si precisa che verrà redatta comunque una valutazione di impatto acustico relativa alla fase di esercizio ed il relativo collaudo acustico a verifica del rispetto dei limiti assoluti e differenziali di immissione in corrispondenza dei ricettori sensibili.

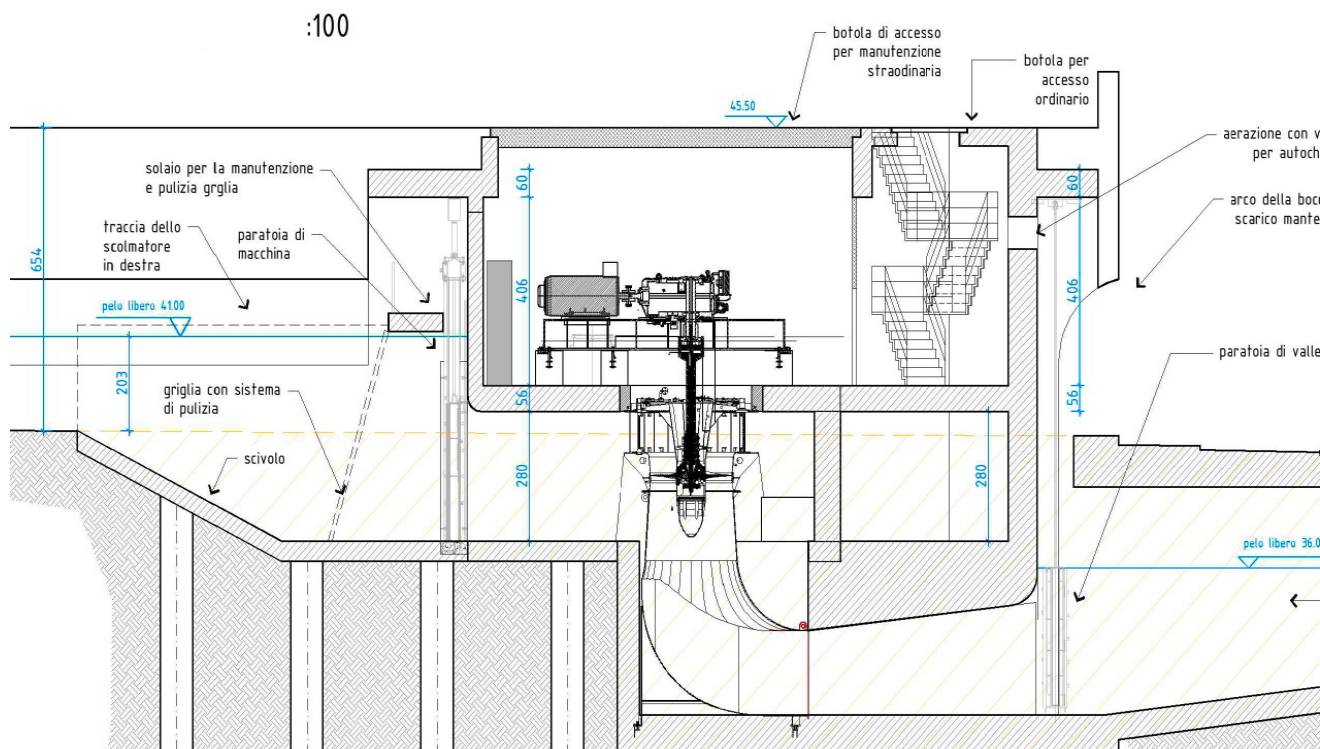


| PARATOIE LATO ARNO |



Per quanto riguarda la fase di esercizio, la sorgente sonora più rilevante potrebbe essere attribuibile alla rumorosità prodotta dagli impianti di produzione dell'energia da fonte idroelettrica (turbina e generatore), oltre al passaggio, limitato ad alcuni viaggi nell'arco dell'anno, di automezzi preposti alla ordinaria manutenzione delle opere, con accesso dalla botola per manutenzione presente nelle vicinanze del parcheggio di Lungarno Vespucci.

La figura seguente riporta un estratto della sezione del locale tecnico di centrale, tratta dalla documentazione di progetto, all'interno del quale verranno collocati il generatore e la turbina. Si specifica che per la turbina si prevede un livello di pressione sonora non superiore a 85 dBA. Il manufatto in oggetto è costituito principalmente da cemento armato, che determina un importante fonoisolamento rispetto alla possibile trasmissione di vibrazioni all'esterno di esso. Infatti, partendo da un livello di pressione sonora interno pari a 85 dBA è ipotizzabile una riduzione pari a 60 dBA dovuta all'isolamento del locale in cemento armato.



Sezione della centrale con impianto idroelettrico di progetto

Il fonoisolamento e fonoassorbimento interno del locale tecnico di centrale permetterà agevolmente di contenere al massimo le emissioni acustiche all'esterno, al fine di rimanere entro i limiti della classe acustica IV, propria della zona in cui tale manufatto è previsto.

Si segnala infine che ai sensi dell'art. 8 della legge n. 447/1995 il progetto oggetto del presente studio prevede la redazione della "Valutazione di Impatto Acustico" (V.I.A.C., o "Documentazione di previsione di impatto acustico" DO.IM.A.) che dovrà essere sottoscritta da un tecnico competente in acustica ambientale ai sensi dell'art. 16 della LR 89/98 e redatta secondo i criteri definiti dalla Delibera di Giunta Regionale n. 875/2013 "Definizione dei criteri per la redazione della documentazione di impatto acustico e della relazione previsionale di clima acustico ai sensi dell'art. 12, comma 2 e 3 della Legge Regionale n. 89/98."

Tale elaborato verrà prodotto nelle successive fasi autorizzative del progetto, e permetterà di approfondire le valutazioni riguardanti le emissioni sonore dell'impianto e la definizione e progettazione delle opere di mitigazione sopra dette ovvero il trattamento acustico del locale tecnico della centrale.

CARATTERISTICHE TECNICHE DEL MONITORAGGIO ACUSTICO

Il **monitoraggio acustico**, che verrà realizzato in sede di cantierizzazione ed in fase di esercizio, sarà rispondente alle normative vigenti.

Le metodiche seguite e la strumentazione utilizzata seguiranno i riferimenti normativi nazionali e gli standard indicati in sede di unificazione nazionale (norme UNI) ed internazionali (Direttive CEE, norme ISO).

Ogni misura fonometrica avrà una durata non inferiore alle 24 ore con postazione semi-fissa parzialmente assistita da operatore con la possibilità di controllo da remoto e impostazione di livello di soglia con allerta, ubicata ad 1 metro dalla facciata degli edifici sensibili. La catena di misura sarà costituita da un fonometro, un preamplificatore ed un microfono posto su palo telescopico al fine di raggiungere l'altezza dell'apertura finestrata del ricettor oggetto di verifica. Tutta la strumentazione sarà di Classe I regolarmente tarata e calibrata come da normativa.

Verrà redatto report della campagna di monitoraggio e verrà sottoposto all'attenzione degli Enti di controllo, completo di analisi dettagliata e ricerca di componenti tonali o impulsive.

Eventuali anomalie o superamento dei limiti in deroga, porteranno all'attuazione di modalità operative e opere di mitigazione acustica volte a ridurre le immissioni sonore del cantiere, come prescritto nei paragrafi precedenti.

COMPONENTE VIBRAZIONALE

Il problema delle vibrazioni, attualmente, non è disciplinato da alcuna normativa nazionale. Pertanto, qualora si intenda procedere ad una valutazione strumentale di tale fenomeno fisico è bene affidarsi alle corrispettive norme tecniche. Più precisamente la valutazione delle vibrazioni può essere condotta utilizzando gli standard appositamente elaborati sia in sede internazionale (ISO) sia in sede nazionale (UNI).

Le norme UNI 9614, UNI 9916 e DIN 4150-3 risultano di particolare interesse per il presente lavoro in quanto, oltre ad indicare le grandezze monitorate, riportano i valori limite mediante i quali è stato possibile valutare i valori rilevati.

La norma UNI 9614 definisce il metodo di misura delle vibrazioni immesse negli edifici ad opera di sorgenti esterne o interne agli edifici stessi. Inoltre, la norma prevede criteri di valutazione differenziati a seconda della tipologia delle vibrazioni (di livello costante, di livello non costante e impulsive). I locali o gli edifici in cui sono immesse le vibrazioni sono classificati a seconda della loro destinazione d'uso in: aree critiche, abitazioni, uffici, fabbriche.

La UNI 9614 indica come grandezza preferenziale per la misura delle vibrazioni ai ricettori il valore r.m.s. (root-mean-square) dell'accelerazione ponderata in frequenza definito come:

e grandezza preferenziale
-square) dell'accelerazione

dove $aw(t)$ è il valore "istantaneo" dell'accelerazione subita da un punto materiale (pesata in frequenza mediante i filtri di ponderazione) durante il moto vibratorio e T è il tempo di integrazione.

Il livello di accelerazione viene espresso in dB come:

filtri di ponderazione

dove Lw è il livello espresso in dB, aw è l'accelerazione espressa in m/s^2 e $a_0 = 10^{-6} m/s^2$ è il valore dell'accelerazione di riferimento. Le vibrazioni sono rilevate lungo i tre assi di propagazione. Tali assi sono riferiti alla persona del soggetto esposto: l'asse x passa per la schiena ed il petto, l'asse y per le due spalle, l'asse z per la testa e i piedi (per la testa e i glutei se il soggetto è seduto).

Come prescritto dalla norma UNI 9614 le accelerazioni da valutare sono quelle comprese nel range di frequenza tra 1 e 80 Hz e il dato da considerare è il valore quadratico medio delle accelerazioni presenti durante l'intervallo di tempo esaminato. Considerando, inoltre, che la percezione da parte dei soggetti esposti varia a seconda della frequenza e dell'asse di

propagazione, i valori rilevati sono ponderati in frequenza al fine di attenuare le componenti esterne agli intervalli di sensibilità, ottenendo così il livello equivalente ponderato dell'accelerazione $L_{w,eq}$. La norma individua una soglia di percezione delle vibrazioni (che varia a seconda della frequenza considerata e dell'asse di riferimento) ed una soglia di percezione cumulativa da confrontarsi con i valori di accelerazione ponderata in frequenza secondo opportuni filtri di pesatura. Tale soglia, come dimostrano le tabelle che seguono, si pone a $5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$ (74 dB) per l'asse z e a $3,6 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$ (71 dB) per gli assi x e y.

e a $3,6 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$ (71 dB) per gli assi x e y.

VALORI E LIVELLI LIMITE DELLE ACCELERAZIONI COMPLESSIVE P FREQUENZA VALIDI PER L'ASSE z		
Destinazione d'uso	Accelerazione	
	m/s^2	
Aree critiche	$5,0 \cdot 10^{-3}$	
Abitazioni notte	$7,0 \cdot 10^{-3}$	
Abitazioni giorno	$10,0 \cdot 10^{-3}$	
Uffici	$20,0 \cdot 10^{-3}$	
Fabbriche	$40,0 \cdot 10^{-3}$	

Tabella 1 - Valori limite delle accelerazioni complessive ponderate in

VALORI E LIVELLI LIMITE DELLE ACCELERAZIONI COMPLESSIVE P FREQUENZA VALIDI PER GLI ASSI x E y		
Destinazione d'uso	Accelerazione	
	m/s^2	
Aree critiche	$3,6 \cdot 10^{-3}$	

Nel caso di vibrazioni di livello non costante il parametro da rilevare, in un intervallo di tempo rappresentativo, è l'accelerazione equivalente $a_{w,eq}$ o il livello equivalente dell'accelerazione $L_{w,eq}$ così definiti:

$$a_{w,eq} = \left[\left(\frac{1}{T} \right) \int_0^T [a_n]^2 dt \right]^{1/2}$$

dove $a(t)$ è il valore "istantaneo" dell'accelerazione ponderata in frequenza, T è la durata del rilievo e a_0 è il valore dell'accelerazione di riferimento, pari a 10^{-6} m/s^2 .

Per la valutazione del disturbo, i valori dell'accelerazione equivalente ponderata in frequenza o i corrispondenti livelli possono essere confrontati con i limiti riportati nelle due tabelle precedenti. Fenomeni vibratori caratterizzati dal superamento di predetti limiti, possono essere considerati oggettivamente disturbanti per l'individuo esposto.

La norma UNI 9916 non fornisce limiti ben definiti ma fornisce una guida relativa ai metodi di misura, di trattamento dei dati, di valutazione dei fenomeni vibratori allo scopo di permettere la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, con riferimento alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica. La norma considera per semplicità gamme di frequenza variabili da 0.1 a 150 Hz. Tale intervallo interessa una grande casistica di edifici e di elementi strutturali di edifici sottoposti ad eccitazione naturale (vento, terremoti, ecc.) nonché ad eccitazioni causate dall'uomo (traffico, attività di costruzione, ecc.). In alcuni casi l'intervallo di frequenza delle vibrazioni può essere più ampio ma, tuttavia, le eccitazioni con contenuto in frequenza superiore a 150 Hz non sono tali da influenzare significativamente la risposta dell'edificio.

La norma UNI 9916 conduce alla classificazione delle strutture in 14 categorie.

Le strutture comprese nella classificazione riguardano:

- tutti gli edifici residenziali e gli edifici utilizzati per le attività professionali (case, uffici, ospedali, case di cura, ecc.);
- gli edifici pubblici (municipi, chiese, ecc.);
- edifici vecchi ed antichi con un valore architettonico, archeologico e storico;
- le strutture industriali più leggere spesso concepite secondo le modalità costruttive in uso per gli edifici abitativi.

Nella tabella che segue applicabile per vibrazioni transitorie sono riportati, per diverse tipologie di costruzioni, i valori di riferimento per velocità di oscillazione sulle fondazioni ed a livello del solaio superiore.

superiore.

Riga	Tipi di edificio	Valori di riferimento per velocità di os		
		Fondazioni frequenze		
		da 1 a 10 Hz	da 10 a 50 Hz	da 50 a 100 Hz
1	Costruzioni per attività commerciale, costruzioni industriali e costruzioni con strutture similari	20	da 20 a 40	da 40 a 50
2	Edifici abitativi o edifici simili per costruzione o utilizzo	5	da 5 a 15	da 15 a 20
3	Edifici che per la loro particolare sensibilità alle vibrazioni non rientrano nelle precedenti classificazioni e che sono da tutelare in	3	da 3 a 8	Da 8 a 10

Nel caso di vibrazioni prolungate la norma DIN 4150 richiede l'esecuzione del solaio dell'edificio e in mezzera dei solai. Nella tabella che segue sono indicati i valori di riferimento per ciascuna componente orizzontale misurate all'ultimo so

Riga	Tipo di edificio	Valori di riferimento per velocità di os
		Ultimo so
1	Costruzioni per attività commerciale, costruzioni industriali e costruzioni con strutture similari	
2	Edifici abitativi o edifici simili per costruzione o utilizzo	

MODALITÀ DI MONITORAGGIO COMPONENTE VIBRAZIONALE

Il monitoraggio ambientale della componente Vibrazioni sarà costituito da una campagna di misure atta a rilevare la presenza di moti vibratori e a verificarne gli effetti sulla popolazione e sugli edifici stessi. In particolare, per quanto concerne gli effetti sulla popolazione, le verifiche riguarderanno esclusivamente gli effetti di "annoyance", ovvero gli effetti di fastidio indotti dalle vibrazioni percettibili dagli esseri umani. Le norme di riferimento per questo tipo di disturbo sono la ISO 2631 e la UNI 9614 che indicano nell'accelerazione del moto vibratorio, il parametro fisico che può caratterizzare le vibrazioni ai fini della valutazione del disturbo

indotto sulle persone. Per quanto riguarda i descrittori vibrazionali, la grandezza primaria oggetto dei rilevamenti è il valore r.m.s. dell'accelerazione, misurato ad ogni istante t_0 come $(22.00 - 07.00)$, con

descrittori vibrazion lerazione, misurato

per ogni banda di frequenza su intervalli di integrazione $T=1$ secondo.

I rilievi saranno eseguiti per mezzo di un analizzatore di frequenza in tempo reale ORION, capace di acquisire contemporaneamente il segnale da 4 canali. Tale analizzatore è costituito da 3 accelerometri sismici a tecnologia piezoelettrica, che utilizzano la tecnologia ICP, e da un velocimetro triassiale. Grazie alla tecnologia ICP, gli accelerometri, che contengono un circuito integrato di condizionamento del segnale, convertono l'alta impedenza di carica generata dal sensore in una bassa impedenza prontamente trasmessa verso lo strumento di analisi del segnale. I 3 accelerometri sono poi, collegati ad una massa cubica in acciaio. Il dispositivo così composto viene posizionato sul pavimento per mezzo di piedini gommati che ne assicurano l'aderenza e la messa in bolla, in modo da formare la terna di riferimento spaziale X, Y, Z.



Il monitoraggio vibrazionale, della fase di cantiere e della fase di esercizio, verrà realizzato con accelerometro posto in prossimità dei ricettori sensibili R1, R2, R3 ed R4 considerati in relazione. Sarà garantito il controllo da remoto per la verifica istantanea di ogni superamento di soglia. La durata di ciascun monitoraggio sarà non inferiore alle 24h per valutare ogni potenziale danno alla persona o strutturale.

VIBRAZIONI IN FASE DI CANTIERE

Le sorgenti vibrazionali maggiormente significative legate alle attività di cantiere sono rappresentate dall'attività dei mezzi meccanici durante le operazioni di realizzazione delle opere. A livello di progettazione preliminare, non è ragionevole quantificare possibili sollecitazioni in corrispondenza degli edifici circostanti. La complessità della analisi richiederebbe una conoscenza approfondita, tra l'altro, della stratigrafia e natura del sottosuolo, delle caratteristiche degli edifici (per una vasta tipologia edilizia che si incontra in loco), e della propagazione delle vibrazioni.

In questa fase è ragionevole ipotizzare che tali effetti siano modesti e mitigabili, in ragione della rilevante distanza tra cantiere e strutture ed al tipo di lavorazioni, avendo l'esempio dei recenti lavori di consolidamento già realizzati del ponte Vespucci, in condizioni geometriche e distanza da recettori del tutto analoghe.

Peraltro, è prevedibile che la fase potenzialmente più delicata per le vibrazioni sia circoscritta alla realizzazione dei diaframmi e dei pali. Si propone dunque di verificare direttamente le vibrazioni indotte, con particolare riferimento a tali fasi, in prossimità dei ricettori maggiormente sensibili identificato come R1, R2, R3 ed R4. Tali monitoraggi consentiranno di escludere eventuali vibrazioni in sede di cantiere ed a confermare il rispetto delle norme UNI di riferimento per danni strutturali agli edifici circostanti.

Qualora dovessero registrarsi valori non congrui con le aspettative si procederà con semplici accorgimenti di mitigazione quali ad esempio il taglio preventivo verticale di disconnessione dell'elemento da demolire dal lato degli edifici per attenuare la trasmissione.

VIBRAZIONI IN FASE DI ESERCIZIO A MASSIMO REGIME

Il manufatto di progetto in cui avrà sede la turbina sarà costituito principalmente da cemento armato e sarà ubicato sotto all'attuale area di parcheggio. Si precisa che la turbina installata verrà preventivamente bilanciata dal produttore, dunque si prevedono vibrazioni trascurabili in corrispondenza dei ricettori residenziali più vicini, ubicati a non meno di 50 metri di distanza. In ogni caso le macchine saranno dotate di uno o più trasduttori di vibrazioni in modo da arrestarne il funzionamento in presenza di vibrazioni anomale. Tale componente vibrazionale verrà in ogni caso verificata e collaudata attraverso un monitoraggio a campione nei pressi dei ricettori sensibili per escludere eventuali danni strutturali o disturbo alle persone dovuto al funzionamento a regime della centrale idroelettrica.

CONCLUSIONI

Dalla modellazione matematica realizzata con software previsionale per propagazione in ambienti esterni, sono stati ricreati gli scenari più critici delle attività di cantiere. Si prevede che, alla luce dei ragionamenti svolti su tutti gli scenari studiati, **vengano confermati valori ambientali al di sotto del livello sonoro di 70 dBA.**

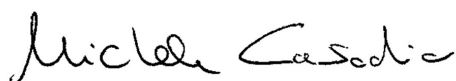
Le verifiche con software matematico svolte sulla fase riguardante il funzionamento a regime della centrale idroelettrica hanno dimostrato il rispetto dei limiti acustici previsti da normativa vigente. Ma si precisa che tale funzionamento, verrà minuziosamente valutato in sede di "Valutazione di Impatto Acustico" (V.I.A.C., o "Documentazione di previsione di impatto acustico" DO.IM.A.) redatta secondo i criteri definiti dalla normativa acustica vigente e dalla Delibera di Giunta Regionale n. 875/2013 *"Definizione dei criteri per la redazione della documentazione di impatto acustico e della relazione previsionale di clima acustico ai sensi dell'art. 12, comma 2 e 3 della Legge Regionale n. 89/98"* e di conseguenza verranno svolte valutazioni sul rispetto dei limiti assoluti e differenziali per la fase di esercizio.

Tale elaborato verrà prodotto nelle successive fasi autorizzative del progetto, e permetterà di approfondire le valutazioni riguardanti le emissioni sonore dell'impianto e la definizione e progettazione delle opere di mitigazione ovvero il trattamento acustico interno del locale tecnico della centrale.

In riferimento allo studio effettuato, alle valutazioni previsionali ed ai prevedibili effetti vibrazionali sia della fase di cantiere, sia della fase operativa, si provvederà ad effettuare una campagna di monitoraggio acustico e vibrazionale nei pressi dei ricettori sensibili individuati per la verifica delle analisi eseguite e l'adozione degli accorgimenti tecnici e gestionali al fine di minimizzare l'impatto verso l'esterno.

Dott. Michele Casadio
Tecnico Competente in Acustica

così come definito dall'art.2 della legge n.447/95,
iscritto nell'elenco nazionale tecnici in acustica
ENTECA n. 5055 pubblicato il 10/12/2018



Dott. Ilaria Degli Angeli
Tecnico Competente in Acustica

così come definito dall'art.2 della legge n.447/95,
iscritto nell'elenco nazionale tecnici in acustica
ENTECA n. 5331 pubblicato il 10/12/2018

