

Lotto 5 TAV Nodo di Bologna - Cantiere industriale S. Ruffillo

La valutazione previsionale di esposizione agli agenti fisici in galleria ed il monitoraggio in corso d'opera: il caso rumore.

Andrea Benaglia
tecnico competente in acustica - Galileo Ingegneria s.r.l.
Fabiano Bondioli
Ingegnere minerario - Galileo Ingegneria s.r.l.

SOMMARIO

Si descrivono i risultati dell'indagine condotta in via previsionale sull'esposizione professionale al rumore dei lavoratori impiegati nel cantiere industriale S. Ruffillo, con particolare riferimento allo scavo meccanizzato con fresa a piena sezione scudata; si raffrontano poi gli stessi con il monitoraggio effettuato in corso d'opera, evidenziando le criticità rilevate in merito alla matrice rumore.

1. PREMESSA

In sede di presentazione allo Sportello Unico Attività produttive da parte dell'Appaltatore del progetto di cantierizzazione del Cantiere Industriale S. Ruffillo, nell'ambito del Lotto 5 del Nodo di Bologna della linea ferroviaria Alta Velocità, è stata richiesta dall'U.O. Prevenzione e sicurezza degli ambienti di lavoro dell'Azienda USL di Bologna una specifica valutazione previsionale dei livelli di esposizione professionale al rumore per le maestranze a vario titolo impiegate durante l'esecuzione dell'opera.

A tale attività previsionale, condotta nel dicembre 2001, è seguita in corso d'opera come previsto dall'art. 40 del D.Lgs. 277/91¹ la valutazione del rischio di esposizione al rumore attuata a mezzo di misure fonometriche, e l'emissione del relativo rapporto di valutazione da parte del Datore di Lavoro.

Di seguito si descrivono le metodologie adottate per la valutazione previsionale, con particolare riferimento alla lavorazione di scavo con fresa a piena sezione (TBM scudata) sulla quale non si sono reperiti in letteratura precedenti in Italia, nonchè il riscontro con i dati relativi alle misure effettuate con le lavorazioni in galleria a regime.

2. LA VALUTAZIONE PREVISIONALE

2.1. METODOLOGIA ADOTTATA

Dal punto di vista normativo, lo studio previsionale dell'esposizione professionale al rumore è disciplinato, per i cantieri temporanei e mobili, dall'art.16, "Modalità di attuazione della valutazione del rumore", del D.Lgs.

¹ D.Lgs.277/91 "Attuazione delle direttive n.80/1107/CEE, n.82/605/CEE, n.83/477/CEE, n.86/188/CEE e n.88/642/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro, a norma dell'art.7 legge 30 luglio 1990 n.212",

494/96, e dalla disamina dello stesso fornita sulle integrazioni operative delle "Linee guida sull'applicazione del D.Lgs.494/96" dell'Assessorato alla Sanità della Regione Emilia Romagna.

Al comma 1 tale articolo stabilisce infatti come - ai fini di determinazione del livello di esposizione quotidiana personale al rumore (Lep,d) di lavoratori impiegati nel settore delle costruzioni - possa procedersi in fase 'preventiva', facendo riferimento '... a studi e misurazioni la cui validità è riconosciuta dalla Commissione prevenzione infortuni'.

Occorre d'altra parte rilevare come - nel caso dello specifico cantiere in esame - la natura di determinate lavorazioni contemplate dal progetto non ricada all'interno della casistica tradizionalmente rilevabile nel comparto edilizio.

Ciò premesso, la procedura volta alla determinazione del dato di esposizione incognito e - più in generale - del livello di pressione sonora rinvenibile presso una determinata postazione operativa, non segue necessariamente criteri di univocità; al contrario, esistono più soluzioni del problema cui validamente si potrà ricorrere, tra le quali occorre individuare la più attendibile.

A titolo esemplificativo, viene di seguito proposto l'elenco delle fonti disponibili (e valide) alle quali è stato possibile riferirsi nella conduzione del presente studio. La lista è ordinata secondo un criterio di 'rilevanza', inerente la matrice stessa delle informazioni ricercate; è ovvio infatti che non tutte le fonti di informazione possano essere considerate su uno stesso piano di fedeltà al modello reale, che la documentazione di accompagnamento rilasciata dal costruttore di un qualsivoglia macchinario, qualora sufficientemente esauriente ed attendibile, sia preferibile a dati generici, tratti da una casistica (nella migliore delle ipotesi) soltanto approssimabile per difetto alla reale problematica in esame.

Fonte	Note
Documentale	informazione direttamente ricavata dalla documentazione fornita dal costruttore (p.es. dati di rumorosità inerenti la squadra della TBM, relativamente alle prime due fasi del ciclo di lavoro); dati estrapolati dalla "Valutazione previsionale di impatto acustico" redatta ai sensi della L. 447/95 ed allegata al Progetto di cantierizzazione;
Letteratura	valore tratto da pubblicazioni scientifiche; in particolare le tabelle previsionali prodotte dal Comitato Paritetico territoriale per la prevenzione infortuni di Torino (CPT), in grado di soddisfare i requisiti di attendibilità richiesti. Più raramente, e con riferimento a situazioni di esposizione scarsamente significative in termini di durata e previa indicazione puntuale, è stato fatto ricorso a dati desunti da altre pubblicazioni (atti di convegni).
Calcolo	dato estrapolato dalla valutazione previsionale di impatto acustico, e successivamente rielaborato ai fini della determinazione del livello di pressione sonora atteso presso una specifica postazione di lavoro.

Definita la metodica di approccio, si è costruita la valutazione previsionale sulla base degli step di seguito descritti:

- 1) Analisi della configurazione del cantiere e dell'organizzazione del lavoro ipotizzati dall'Appaltatore;
si è proceduto, sulla base dell'analisi del layout e dell'organizzazione del lavoro adottati, all'individuazione delle principali sorgenti di inquinamento acustico agenti in loco, nonché all'identificazione delle mansioni e delle relative postazioni di lavoro di riferimento.
- 2) Esame documentale: raccolta delle informazioni relative ad impiantistica e singoli macchinari di cui si preveda l'utilizzo (manuali uso e manutenzione, schede tecniche delle aziende costruttrici, ecc.), con riferimento ad ogni postazione di lavoro, fissa e/o mobile purché significativamente interessata dall'attività operativa;
la ricerca di tale materiale è stata condotta prioritariamente presso le aziende costruttrici, quale documentazione tecnica di accompagnamento. In assenza di questa, è stato fatto riferimento - secondo i criteri precedentemente descritti - a dati di letteratura rilasciati da organismi riconosciuti (es. CPT Torino).
- 3) Assegnazione dei livelli equivalenti di pressione sonora (**Leq, dBA**)², per ciascuna postazione di lavoro individuata;
nella determinazione di tale parametro, si è evidenziato il concorso di due fattori: a) grado di pressione sonora direttamente emesso dal macchinario in utilizzo b) livello di rumorosità diffuso all'interno dello spazio di operatività, con particolare riferimento al contributo derivante dall'attività di sorgenti sonore apportatrici di elevati quantitativi energetici (ad es. transito e scarico convogli, attività escavatore, ecc.). Per le postazioni di lavoro individuate all'interno di cabina chiusa, è stato stimato ed assegnato un grado di fonoisolamento, in relazione al quale procedere alla riduzione del contenuto energetico associato all'immissione proveniente dall'esterno della cabina stessa. Il livello di pressione sonora così determinato, sommato al clima acustico già riscontrabile presso gli spazi esaminati, è stato poi riclassificato e trattato a tutti gli effetti come nuova sorgente sonora cui l'operatore risulta esposto durante il proprio turno di lavoro.
- 4) Determinazione del dato relativo ai tempi di permanenza di ciascun addetto presso le singole postazioni ovvero, individuazione dei tempi di esposizione ai diversi regimi di emissione sonora

caratteristici di ciascun macchinario o lavorazione specifica;

con la collaborazione della committenza, allo scopo di giungere alla corretta stima dei tempi di esposizione al fenomeno, per ciascuna figura professionale operante in cantiere è stata ricostruita la giornata lavorativa tipo, avendo comunque cura di selezionare carichi di lavoro particolarmente gravosi rispetto alla media, ponendosi così in un'ottica di valutazione di rischio massimo. Particolare cura è stata dedicata alla situazione degli addetti privi di una postazione fissa, per i quali si è provveduto alla dilatazione artificiosa degli intervalli di permanenza ai macchinari maggiormente impattanti.

- 5) Scelta del descrittore del livello di rischio, attraverso il quale esplicitare il calcolo dei livelli di esposizione personale al rumore (**Lep**)³ per ciascun addetto;

si è ipotizzata, stante la ciclicità e ripetitività delle lavorazioni del cantiere industriale, l'assenza di significative oscillazioni nei carichi lavorativi quotidiani: gli addetti risultano dunque esposti a livelli di rumorosità sostanzialmente costanti nell'ambito della settimana lavorativa. L'alternanza inoltre del personale rispetto all'ambito diurno/notturno di effettuazione delle lavorazioni elimina il rischio legato alla variazione significativa dei livelli di esposizione, valutati su base quotidiana.

*Si è pertanto prescelto quale parametro descrittivo il livello di esposizione quotidiana professionale al rumore - **Lep,d**, comunque mantenendo i seguenti distinguo:*

- a) nel caso di orario di lavoro non articolato su 5 giorni settimanali ovvero di condizioni lavorative presumibilmente esponenti a livelli variabili tra una giornata e l'altra della medesima settimana, il descrittore del livello di rischio da adottarsi è il **Lep,week** – in luogo del **Lep,day**.
- b) in caso di elevata fluttuazione dei livelli di esposizione personale e qualora tali livelli - espressi come **Lep,day** o **Lep,week** – non siano ragionevolmente rappresentativi della reale esposizione giornaliera o settimanale, il **Lep** viene ricostruito in riferimento alla situazione ricorrente di massimo rischio.

- 6) Redazione di specifica relazione tecnica previsionale.

*Una volta determinati i livelli di esposizione **Lep,d** per ciascuna figura professionale esaminata, si è proceduto al popolamento delle diverse classi di rischio previste dalle vigenti disposizioni (D.Lgs.277/91 e successive integrazioni). Si è provveduto infine alla codifica del protocollo da attivarsi nei confronti delle figure inquadrare all'interno delle diverse classi di rischio individuate.*

² **Leq**: livello acustico continuo equivalente; esprime il livello medio, lungo il tempo di misura, del rumore registrato (dallo strumento) all'interno di tale intervallo. Esso vale:

$$L_{Aeq,Te} = 10 \log \left(\frac{1}{T_e} \int_0^{T_e} (P_A(t)/P_A) dt \right)$$

dB(A): unità di misura del livello di pressione sonora ponderato sulla curva di pesatura "A".

³ **Lep,d**: in dB(A), descrive del livello di esposizione quotidiana personale di un lavoratore al rumore; viene misurato, calcolato e riferito ad 8 ore giornaliere (480 minuti).

Lep,w: in dB(A) descrive il livello di esposizione settimanale personale di un lavoratore al rumore; viene calcolato come media dei settimanali dei valori quotidiani di **Lep,d** (valutata sugli effettivi giorni lavorativi della settimana).

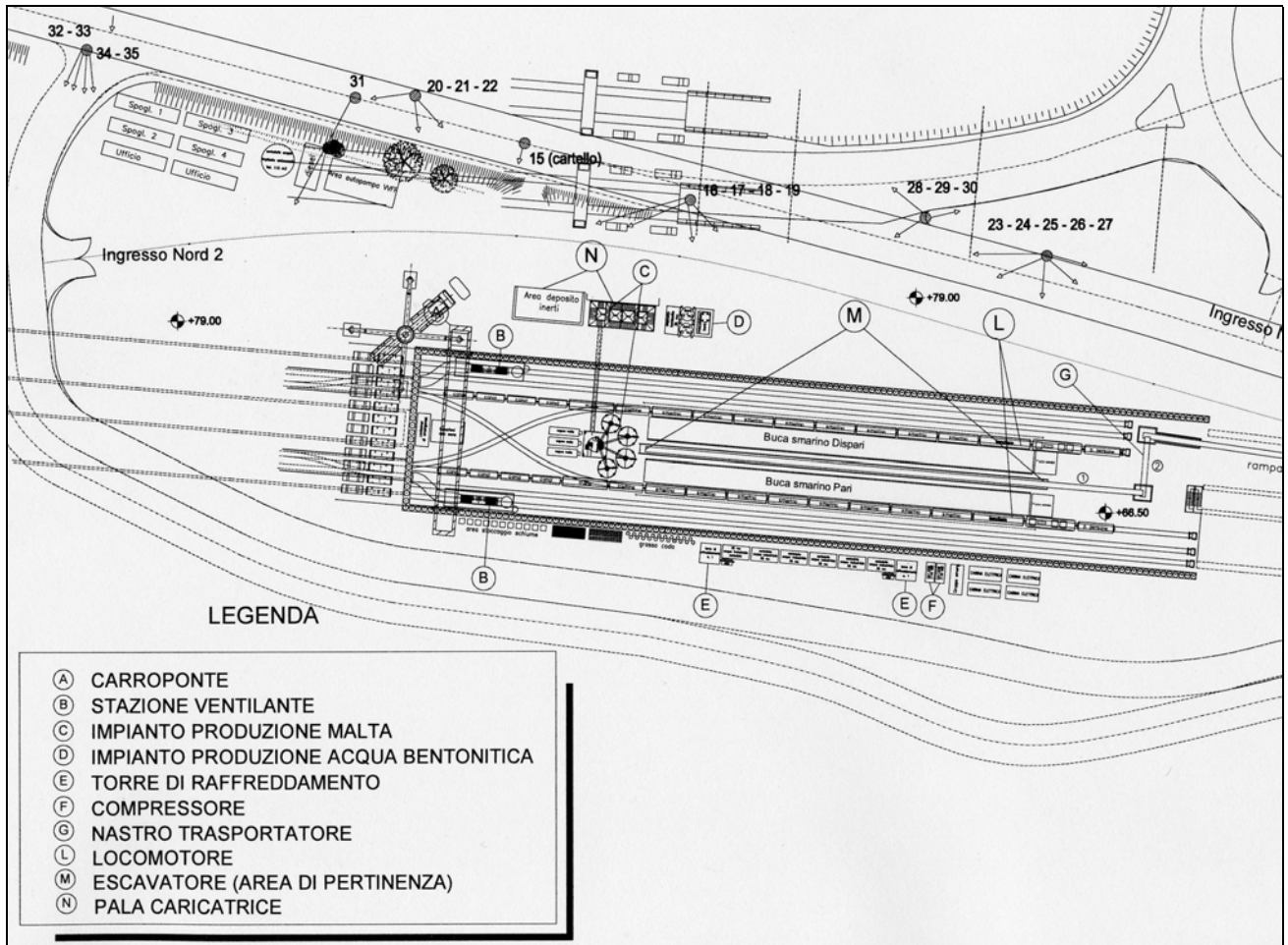


Fig. 1 – Configurazione del cantiere

2.2. CONFIGURAZIONE DEL CANTIERE

Ai fini della valutazione previsionale si è proceduto alla suddivisione della cantierizzazione in 3 aree, omogenee per caratteristiche fisico-territoriali (cfr. fig. 1):

- Area *galleria*, comprendente i due fronti di avanzamento e la trasportistica interna;
- Area *imbocco*, polmone del sistema, ulteriormente suddividibile fra zona *trincea* (antistante le gallerie) e *piazzale* (spazio individuato al coronamento della trincea, in corrispondenza della superficie);
- Area *intermodale*, interfaccia fra cantiere ed ambito esterno.

e conseguentemente delle lavorazioni e della tipologia di macchine ed impianti che le contraddistinguono.

La presente trattazione intende approfondire le valutazioni eseguite per la macrolavorazione di scavo delle gallerie naturali e la collegata area d'imbocco, rimandando alla presa visione dell'intero documento di valutazione per gli aspetti relativi alle altre aree coinvolte.

2.3. ORGANIZZAZIONE DEL LAVORO

2.3.1. Galleria

Si è ipotizzata la presenza di una squadra per ciascuna canna addetta alla gestione del sistema di avanzamento. Quest'ultimo è identificabile con l'operatività della fresa a piena sezione (TBM), e delle

relative strutture di corredo (back-up) ed approvvigionamento.

In particolare, il rifornimento del materiale di consumo (malta, conci di rivestimento, ecc.) - nonché lo smaltimento del terreno di risulta, è previsto mediante convogli dedicati, transitanti su n.2 linee distinte per ciascuna galleria.

Pertanto, alla squadra addetta alla conduzione e manutenzione della TBM, sarà ciclicamente affiancata all'interno della galleria una seconda squadra, composta da due locomotoristi, incaricata della conduzione mezzi rotabili.

L'organizzazione delle lavorazioni prevede mediamente l'esecuzione di n.8 cicli completi di avanzamento per giorno; ciascun ciclo individua n.3 fasi distinte: scavo (durata ipotizzata 45' minuti), rivestimento (75'), manutenzione, rifornimento materiali di consumo e prolungamento linee servizi e scorrimento (45').

L'operatività di tale area è svincolata dall'ambito orario di riferimento diurno/notturno, essendo continua sulle 24 ore (organizzata su tre turni da 8 ore).

2.3.2. Imbocco

L'area "di scambio", in corrispondenza della quale i convogli smaltiranno il terreno di scavo e - contestualmente - provvederanno al rifornimento del materiale di consumo, viene identificata come "Imbocco", ed è individuata su due diversi piani: il primo di questi, posto a quota metri 66.50 s.l.m., viene denominato trincea. Il secondo, posto al coronamento

(piano di campagna, metri 79.00 s.l.m.), viene denominata piazzale.

Il flusso di materiale in ingresso è rappresentato principalmente dagli autocarri recanti i conci di rivestimento verso il piazzale e da qui - mediante l'ausilio di carroponete - inviati al fondo della trincea. Percorso inverso sarà invece quello compiuto dal terreno di scavo, provvisoriamente stoccato in trincea quindi collocato (mediante escavatore), sopra nastro trasportatore diretto verso l'area intermodale. Analogamente a quanto visto per la prima area esaminata, le lavorazioni svolte in trincea avvengono in

continuo, nell'arco delle 24 ore; in corrispondenza del piazzale, si registra invece il fermo notturno imposto al transito degli autocarri recanti il materiale di consumo, preventivamente stoccato nelle immediate adiacenze della trincea per un quantitativo sufficiente all'alimentazione del cantiere lungo il tempo di riferimento notturno.

E' stata quindi ipotizzata la composizione della squadra tipo degli addetti impegnati in cantiere presso le diverse aree di pertinenza, riepilogata nelle tabelle 1a e 1b.

Area	Squadra (gruppo omogeneo)	Mansione (1)	N. addetti
Galleria	TBM	Capo imbocco	2
		Capo squadra	2
		Operatore scudo	2
		Operatore erettori conci	2
		Montatori conci	6
		Operatore alimentatore conci	2
		Meccanico	2
		Elettricista	2
		Pompista	2
		Locomotoristi	6
			Locomotorista

Tab. 1a – Composizione ipotizzata squadre operative - Galleria

(1) La mansione effettivamente svolta da ciascuno dei componenti la squadra operativa di affiancamento alla TBM è funzione della fase di avanzamento del ciclo di scavo; cfr. Fig. 2 per la posizione degli addetti nelle tre fasi.

Area	Squadra (gruppo omogeneo)	Mansione	n. addetti
Imbocco	Piazzale	Capo piazzale	1
	Trincea	Capo squadra	1
	Locomotoristi	Locomotorista	2
	Piazzale/Trincea	Operatore carroponete	1
	Piazzale/Trincea	Movimentazione materiale	6
	Trincea	Operatore impianto malta	1
Imbocco	Trincea	Escavatorista	1
	Piazzale	Operatore pala gommata	1

Tab. 1b – Composizione ipotizzata squadre operative - Imbocco

2.4. CENSIMENTO SORGENTI E DETERMINAZIONE DEL Leq.

Eseguita l'analisi del layout e dell'organizzazione del lavoro adottati si è proceduto all'individuazione delle principali sorgenti di inquinamento acustico agenti in loco, solo in determinati casi puntualmente riconducibili alle macchine operatrici utilizzate.

In tab. 2 si riassumono i risultati dell'analisi condotta, riferiti alle aree galleria ed imbocco.

Sulla base dei criteri di "rilevanza" già illustrati in 2.1., si sono poi assegnati i livelli equivalenti di pressione sonora (Leq, dBA), per ciascuna postazione di lavoro.

In Tab. 3a e 3b sono riportati i prospetti contenenti l'elenco delle postazioni di lavoro individuate con associati i livelli di pressione sonora **Leq** (dBA) attesi.

In particolare per la TBM si sono utilizzati come dati di riferimento:

- per le prime due fasi del ciclo le misurazioni dirette rese disponibili dal costruttore su una macchina dello stesso modello, potenza e sezione di scavo,
- per la terza fase, non essendo disponibili tali dati diretti, si è attuato un calcolo teorico-previsionale, svolto a partire dai dati di emissione sonora dichiarati dei singoli impianti e componenti attivi, e computando l'effetto derivante dalla particolare configurazione ambientale rappresentata dalla galleria, assimilabile a un ambiente chiuso, fortemente riflettente, con prevalenza di una dimensione (lunghezza) rispetto alle altre (diametro interno a rivestimento completato pari a m 8,30).

In Fig. 2 sono sintetizzati graficamente i livelli di pressione sonora attesi lungo le diverse fasi ed in corrispondenza delle singole postazioni operative della TBM.

Area	Sorgenti sonore agenti in loco	Continuità
Galleria	- TBM (1) - Transito locomotori.	Diurna / Notturna Diurna / Notturna
Imbocco (trincea)	- Transito convogli (e scarico del marino). - Carroponte (carico del materiale di consumo). - Impianto di betonaggio. - Escavatore. - Nastro trasportatore. - Ventilatori (n.2). - Compressori (n.2). - Pompe elettriche (n.4).	Diurna / Notturna Diurna / Notturna Diurna / Notturna Diurna / Notturna Diurna / Notturna Diurna / Notturna Diurna / Notturna
Imbocco (piazze)	- Carroponte (carico convogli). - Carroponte (scarico autocarri). - Pala gommata (alimentazione betonaggio) - Torri di raffreddamento (n.2). - Transito autocarri recanti concii e materiali vari.	Diurna / Notturna Diurna Diurna / Notturna Diurna / Notturna Diurna

(1) (fresa, coclea, erettore, argani, nastri trasportatori, gruppi pompaggio malta intasamento e bentonite, utensili manuali vari per fissaggio concii e linee ferrate, impianti di servizio vari - canalizzazioni aria, compressore)

Tab. 2 - Sorgenti di emissione sonora suddivise per aree

Valutazione previsionale di esposizione professionale al rumore - Art.16 D.Lgs. 494/96					
Allegato A - Livelli di pressione sonora attesi presso postazioni					
S. Ruffillo S.Cons. r.l. / Cantierizzazione S. Ruffillo (Bologna)					
Area: Galleria. Ciclo operativo: scavo, rivestimento, manutenzione					
Codifica	Postazione / mansione indagata (fase)	Macchinari/utensili (processi) rumorosi riscontrabili	Tipologia di emissione sonora	Fonte	Livello di pressione sonora L _{eq} (dBA)
1	Cabina (scavo)	Testa, coclea	Continua	costruttore	82,0
2	Erettore concii (scavo)	Testa, coclea	Continua	costruttore	95,0
3	Alimentatore concii (scavo)	Nastro trasportatore, argano / testa-coclea	Continua	costruttore	90,0
4	Piattine concii / scarico (scavo)	Nastro trasportatore, argano / testa-coclea	Continua	costruttore	85,0
5	Serbatoi malta e bentonite / getti (scavo)	Gruppi di pompaggio / testa-coclea	Continua	costruttore	85,0
6	Capo squadra (scavo)	(scavo)	Continua	costruttore	82,0
7	Meccanico (scavo)	(scavo + intervento diretto su macchinari)	Continua	costruttore	85,0
8	Elettricista (scavo)	(scavo + intervento diretto su macchinari)	Continua	costruttore	85,0
9	Testa TBM / monitoraggio sistemi (rivestimento)	(posizionamento e montaggio concii)	Fluttuante	costruttore	86,0
10	Erettore concii (rivestimento)	Erettore (posizionamento e montaggio concii)	Fluttuante	costruttore	87,0
11	Montaggio concii (rivestimento)	Erettore, avvitatore (posizionamento e montaggio concii)	Fluttuante	costruttore	87,0
12	Alimentatore concii (rivestimento)	Nastro trasportatore, argano	Fluttuante	costruttore	81,0
13	Piattine concii / scarico (rivestimento)	Nastro trasportatore, argano	Fluttuante	costruttore	85,0
14	Serbatoi malta e bentonite / getti (rivestimento)	Gruppi di pompaggio	Continua	costruttore	85,0
15	Capo squadra (rivestimento)	(posa rivestimento)	Fluttuante	costruttore	82,0
16	Meccanico (rivestimento)	(posa rivestimento + intervento diretto su macchinari)	Fluttuante	costruttore	85,0
17	Elettricista (rivestimento)	(posa rivestimento + intervento diretto su macchinari)	Fluttuante	costruttore	85,0
18	Testa TBM / monitoraggio sistemi (manutenzione)	(monitoraggio parametri operativi, manutenzione generale)	Fluttuante	calcolo	83,5
19	Testa linea ferrata, al. concii (manutenzione)	(avanzamento linea ferrata, manutenzione generale)	Fluttuante	calcolo	84,0
20	Serbatoi malta e bentonite (manutenzione)	Gruppi di pompaggio (ripristino livelli serbatoi)	Continua	calcolo	84,0
21	Piattine materiali vari / scarico (manutenzione)	(movimentazione materiale vario)	Fluttuante	calcolo	83,0
22	Coda TBM (manutenzione)	(avanzamento linee fisse, ripristino materiali di consumo)	Fluttuante	calcolo	83,0
23	Capo squadra (manutenzione)	(rumore di fondo)	Fluttuante	calcolo	83,5
24	Meccanico (manutenzione)	(rumore di fondo + intervento diretto su macchinari)	Fluttuante	calcolo	83,5
25	Elettricista (manutenzione)	(rumore di fondo + intervento diretto su macchinari)	Fluttuante	calcolo	83,5
26	Rumore di fondo spazio riposo	---	Fluttuante	calcolo	73,0

Tab. 3a - Livelli di pressione sonora attesi nelle postazioni di galleria

Valutazione previsionale di esposizione professionale al rumore - Art.16 D.Lgs. 494/96					
Allegato A - Livelli di pressione sonora attesi presso postazioni					
Area: Imbocco (trincea, piazzale)					
Codifica	Postazione / mansione indagata (fase)	Macchinari/utensili (processi) rumorosi riscontrabili	Tipologia di emissione sonora	Fonte	Livello di emissione sonora L _{eq} (dBA)
27	Cabina locomotore (avanzamento convogli)	trasferimento convogli ferroviari	Continua	calcolo	80,0
28	Cabina locomotore (con scaricamento marino)	trasf. convogli + attività escavatore + ribaltamento cassoni	Ciclica	calcolo	81,0
29	Cabina carroponte (movimentazione merce)	movimentazione materiale + attività escavatore	Continua	calcolo	77,0
30	Cabina carroponte (con scaricamento marino)	mov.ne materiale + attività escavatore + ribaltamento cassoni	Ciclica	calcolo	80,0
31	Movimentazione materiale	mov.ne materiale + attività escavatore	Continua	calcolo	81,5
32	Mov.ne materiale (con scaricamento marino)	mov.ne materiale + attività escavatore + ribaltamento cassoni	Ciclica	calcolo	88,5
33	Cabina impianto di betonaggio	confezionamento malta + attività escavatore	Continua	calcolo	84,0
34	Cabina impianto di betonaggio (con scaricamento marino)	conf.to malta + attività escavatore + ribaltamento cassoni	Ciclica	calcolo	84,5
35	Cabina escavatore	rimozione marino	Continua	letteratura	87,0
36	Cabina escavatore (con scaricamento marino)	rimozione marino + ribaltamento cassoni	Ciclica	calcolo	88,0
37	Fondo imbocco (trincea)	rumorosità diffusa	Fluttuante	documentale	65,0
38	Fondo trincea (con attività escavatore)	Impianti fissi + attività escavatore	Continua	calcolo	85,5
39	Fondo trincea (con scaricamento marino)	Impianti fissi + attività escavatore + ribaltamento cassoni	Ciclica	calcolo	87,5
40	Cabina pala gommata	alimentazione tramogge impianto di betonaggio	Continua	letteratura	88,0
41	Fondo imbocco (superficie)	rumorosità diffusa piazzale + attività svolta in trincea	Fluttuante	documentale	65,0

Tab. 3b - Livelli di pressione sonora attesi nelle postazioni dell'imbocco

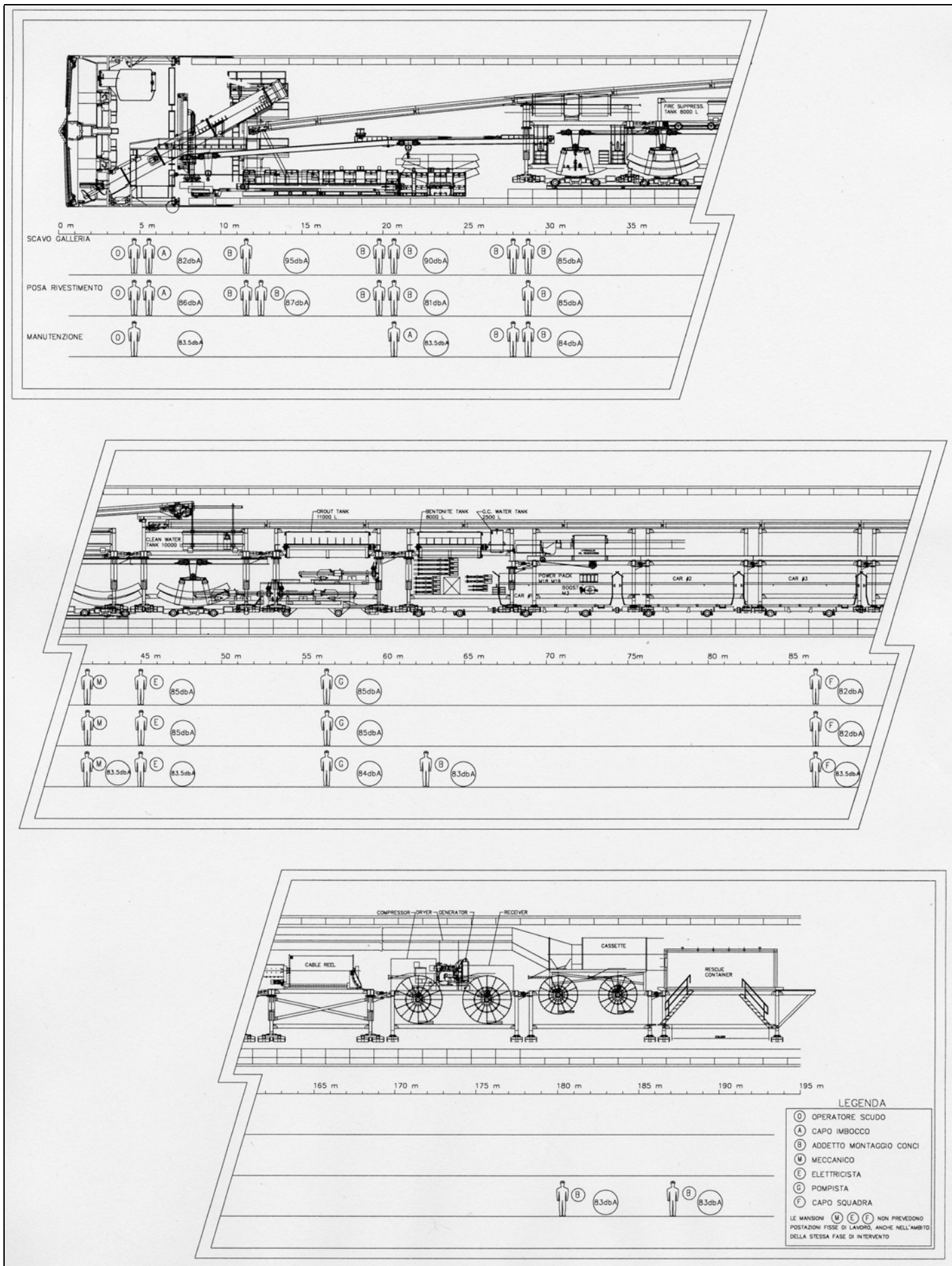


Fig. 2 - Schema TBM con ubicazione delle postazioni di lavoro e relativi livelli di pressione sonora attesi

Area	Squadra (gruppo omogeneo)	Mansione	N. addetti	Lep,d (dBA) (atteso)
Galleria	TBM	Capo imbocco ⁽¹⁾	2	84,4
		Capo squadra	2	82,3
		Operatore scudo	2	84,4
		Operatore erettori conci	2	90,5
		Operatore montaggio conci 1	2	85,6
		Operatore montaggio conci 2	2	85,7
		Operatore montaggio conci 3	2	84,3
		Operatore alimentatore conci	2	85,7
		Meccanico	2	84,4
		Elettricista	2	84,4
		Pompista	2	84,6
	Locomotoristi	Locomotorista	6	80,1

Nota: ⁽¹⁾ La mansione effettivamente svolta da ciascuno dei componenti la squadra operativa di affiancamento alla TBM è funzione della fase di avanzamento del ciclo di scavo; maggiori indicazioni in proposito possono essere dedotte dalle schede specifiche riportate in Allegato B.

Tab. 4a - Livelli di esposizione personale attesi per la galleria

Area	Squadra (gruppo omogeneo)	Mansione	N. addetti	Lep,d (dBA) (atteso)
Imbocco (2)	Piazzale	Capo piazzale ⁽³⁾	1	83,7
		Trincea	1	85,7
		Locomotoristi	2	80,1
		Trincea/Piazzale	1	77,4
		Trincea/Piazzale	6	83,7
		Trincea	1	83,5
		Trincea	1	86,8
		Piazzale	1	87,3

Note: ⁽²⁾ Tale termine ricomprende gli spazi della trincea e quelli ubicati in superficie (piazzale).
⁽³⁾ Tale figura presta la sua opera tanto al fondo della trincea quanto sul piazzale.
⁽⁴⁾ La distribuzione di tali addetti prevede la presenza di n.4 di questi in trincea, mentre i 2 residui stazionano presso il piazzale.
⁽⁵⁾ La pala gommata presta servizio esclusivo in corrispondenza del piazzale.

Tab. 4b - Livelli di esposizione personale attesi per l'area imbocco

2.5. DETERMINAZIONE ANALITICA DEI Lep,d

Attraverso la ricostruzione della giornata lavorativa complessiva e, in ultima analisi, degli intervalli temporali trascorsi presso le singole postazioni da ciascun addetto, si è giunti alla determinazione del livello di esposizione giornaliero al rumore (Lep,d) cui risulta essere sottoposto l'insieme delle figure professionali precedentemente censite.

In termini strettamente matematici, tale dato è stato ricavato mediante l'applicazione della nota formula:

$$Lep,d = 10 \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{Leq_i/10} \cdot (T_e / T_0) \right)$$

- dove:
- con T_e sono indicati i tempi di esposizione e con T_0 il tempo di riferimento, pari a **480 minuti**;
 - con n viene indicato il numero totale di postazioni i occupate dall'operatore considerato.

In Tab. 4a, 4b viene proposto il prospetto riassuntivo dei livelli di esposizione attesi e relativi a ciascuna mansione esaminata. In Tab. 5 si riporta, a titolo di esempio, il quadro di associazione tempi/livelli di esposizione al fenomeno e la relativa tabella di calcolo del Lep adottati per la mansione di operatore scudo.

Valutazione previsionale di esposizione professionale al rumore					
- Art.16 D.Lgs. 494/96 -					
Allegato B - tempi e livelli di esposizione al fenomeno					
S. Ruffillo S.Cons. r.l. / Cantierizzazione S. Ruffillo (Bologna)					
Area: Galleria. Ciclo operativo: scavo, rivestimento, manutenzione					
Gruppo Omogeneo: TBM					
Figura: Operatore scudo					
Giornata lavorativa esaminata: giornata tipo					
Tempo complessivo di lavoro (min): 480					
Livello di esposizione quotidiana al rumore Lep,d: 84,4 dBA					
Definizione livello di esposizione					
Codifica	Postazione occupata / Mansione (fase di lavoro)	Livello di emissione sonora Leq (dBA)	Tempo di esposizione Te (min)	Rapporto Te/T0 (%)	Lep (dBA)
1	Cabina (scavo)	82,0	126	26,3%	76,2
9	Testa TBM / monitoraggio sistemi (rivestimento)	86,0	210	43,8%	82,4
18	Testa TBM / monitoraggio sistemi (manutenzione)	83,5	120	25,0%	77,5
26	Rumore di fondo spazio riposo	73,0	24	5,0%	60,0

Tab.5 -Calcolo previsionale del Lep: operatore scudo

2.6. ESITO DELLO STUDIO PREVISIONALE

Come rilevabile dai dati appena illustrati, la squadra operativa della TBM si attesta in maggioranza su esposizioni personali intorno ad 85.0 dB(A); il superamento della soglia di 90.0 dB(A) è atteso, ma limitato ai soli operatori dell'erettore⁴.

⁴ le misurazioni successivamente condotte hanno tra l'altro consentito, (come si vedrà di seguito) di escludere anche tali operatori dalla massima classe di rischio.

Occorre sottolineare comunque che il clima acustico generale della galleria è fortemente influenzato dal dato previsionale sulla testa della fresa fornito dal costruttore, che appare sottostimato nella fase di scavo rispetto a quella di rivestimento, come se riferibile ad una misurazione "a secco": ciò condiziona in particolare i dati relativi alle postazioni della cabina di comando

Nell'area imbocco si attende un'esposizione superiore a 85 dB(A) per il caposquadra e per gli addetti al movimento terra (palista ed escavatorista), sui quali evidentemente vi è un buon margine di miglioramento in base alla qualità acustica della cabina del mezzo prescelto.

Per quanto concerne la valutazione del parametro **L_{peak}**⁵, ugualmente valido ai fini dell'assoggettamento ai regimi di sorveglianza più rigorosi, è stato sicuramente ipotizzabile il rispetto del limite codificato a 140.0 dB, per quanto riguarda le opere di natura più "tradizionale"; per le lavorazioni legate all'intervento della TBM, in particolare durante lo scavo, il margine di incertezza in assenza di valori derivanti da misure strumentali dirette viene ovviamente ad incrementarsi.

L'analisi previsionale ha pertanto consentito, pur non essendo disponibili dati di letteratura comparabili per la tecnologia di scavo adottata, di individuare preliminarmente le postazioni di lavoro caratterizzate da elevati livelli di pressione sonora, e di valutare eventuali misure tecniche, organizzative e procedurali perseguibili per ridurre le esposizioni conseguenti.

Sono quindi stati richiesti al Costruttore alcuni interventi migliorativi, quali il completamento dei pannelli fonoassorbenti su pavimento, pareti e solaio delle cabina di comando della TBM o il confinamento dei componenti (in particolare motori e compressori) sulla carta più rumorosi, risultato però non sempre perseguibile.

E' stata poi predisposta fin dall'inizio dei lavori sulla TBM la segnalazione (conforme al D.Lgs. 493/96) delle aree con presenza di macchinari suscettibili di propagare livelli di emissione sonora superiori alla soglia dei 90.0 dB(A) e quindi con obbligo di utilizzo di otoprotettori.

Si è potuto inoltre agire, partendo da tali valori di riferimento, anche sulla scelta degli otoprotettori, privilegiando abbattimenti del livello di pressione sonora anche compatibili con la necessità di comunicare che il lavoro di "team" della squadra della fresa richiede.

Infine, gli addetti sono stati fin da subito suddivisi, sulla base del Lep previsionale di mansione, nelle classi di rischio previste dal D.Lgs. 277/91, (che meglio si analizzeranno al termine dell'illustrazione del monitoraggio in corso d'opera), attuando un protocollo degli accertamenti sanitari con periodicità inizialmente impostata sulla indagine previsionale, e poi tarata in corso d'opera alle effettive esposizioni rilevate.

⁵ **L_{Peak}** : livello di pressione acustica istantanea non ponderata; viene misurato in decibel.

3. IL MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA

Con le lavorazioni a regime, a partire dal 2003 si è proceduto alla valutazione di esposizione professionale al rumore attraverso varie campagne di misura, a tutt'oggi ancora in corso.

3.1. METODOLOGIA ADOTTATA

In generale, per l'esecuzione delle misurazioni e della successiva valutazione del rischio sono state osservate le seguenti modalità:

1) Sopralluogo presso gli ambiti di intervento e contestuale esecuzione dei rilievi con fonometro di classe 1 svolti in corrispondenza di postazioni significativamente interessate dall'attività operativa;

Il tempo di misura designato per la durata di ciascun campionamento è stato identificato con l'intervallo di estensione sufficiente ai fini della corretta descrizione del fenomeno, anche in considerazione della particolare tipologia di emissione sonora (continua, variabile, ciclica, ...), nonché del clima acustico circostante. In particolare, la stabilizzazione della risposta strumentale - quantomeno in riferimento al singolo ciclo di lavoro - è stata assunta quale condizione necessaria per un'attendibile lettura del fenomeno.

Il sopralluogo è stato condotto durante l'ordinaria attività lavorativa, procedendo alla preventiva consultazione dei lavoratori interessati. In generale, la metodologia osservata contempla il rispetto di quanto prescritto al capo IV del D.Lgs.277/91.

2) Assegnazione dei livelli equivalenti di pressione sonora (**Leq, dBA**), per ciascuna postazione di lavoro; *allo scopo di contestualizzare in maniera adeguata l'indagine condotta e garantirne così - nei limiti della corretta esecuzione della stessa - ripetibilità e comparabilità nel corso del tempo, si è inteso procedere alla determinazione del grado di incertezza gravante sul livello sonoro riscontrabile in corrispondenza di ciascuna delle postazioni individuate. Presso queste ultime sono state condotte delle serie di rilevamenti, cui associare la relativa deviazione standard della distribuzione di probabilità dei valori riscontrati. In breve, si avrà che il grado complessivo di incertezza deriverà dal contributo di tre diverse componenti⁶: **strumentale** (connessa alle imprecisioni proprie della catena di misura), **ambientale** (dovuta alla incompleta campionatura della distribuzione dei livelli sonori, o - in altri termini - all'estensione limitata della durata dei campionamenti svolti presso le varie postazioni),*

⁶ ϵ_S : è il descrittore del valore di incertezza strumentale; basandosi sulle tolleranze ammesse per i fonometri di classe 1, è possibile stimare - per le situazioni più comuni di utilizzo sul campo - un'incertezza complessiva massima pari a **0.7 dB(A)**.

ϵ_A : è il descrittore del valore di incertezza ambientale, associata alla caratterizzazione di un ambiente acusticamente omogeneo mediante la tecnica del campionamento, che prevede l'esecuzione di **N** misurazioni indipendenti; dal punto di vista pratico, si ritiene **N = 3** generalmente sufficiente per il raggiungimento di adeguato grado di precisione.

ϵ_{TI} : è il descrittore del valore di incertezza relativo ai tempi di esposizione al fenomeno ipotizzati; valore minimo assunto posto pari a **2.5 minuti**.

temporale (legata alla variabilità dei tempi di esposizione).

3) Determinazione del dato relativo ai tempi di permanenza di ciascun addetto presso le singole postazioni ovvero, individuazione dei tempi di esposizione ai diversi regimi di emissione sonora caratteristici di ciascun macchinario o lavorazione specifica;

a tal fine - riconoscendo l'importanza insita in questa fase - è stato fatto ricorso ad intervista diretta rivolta tanto ai singoli lavoratori quanto ai responsabili dell'attività. Le figure a vario titolo coinvolte sono state puntualmente identificate all'interno del rapporto, redatto dall'azienda a recepimento della valutazione.

4) Scelta del descrittore del livello di rischio, attraverso il quale esplicitare il calcolo dei livelli di esposizione personale al rumore (Lep) afferenti ciascun addetto.

In accordo con quanto già ipotizzato in fase previsionale, il parametro adottato è stato il **Lep,d**.

Ciò in considerazione della limitata variabilità caratterizzante gli scenari di operatività giornaliera; l'ambito analizzato è, inoltre, quello associabile alle condizioni ricorrenti di maggiore criticità.

La sola figura di galleria assimilabile a quella di personale 'abituale impegnato in esterno' è quella del locomotorista, avulso dallo scenario proprio del fronte di galleria in virtù della particolare mansione svolta. Tale complicazione è stata aggirata effettuando il campionamento diretto del clima acustico rinvenibile all'interno della cabina del locomotore, durante una serie di trasferimenti interno/esterno galleria.

5) Redazione della relazione tecnica e del rapporto di valutazione, firmato dal Datore di Lavoro.

3.2. CANTIERE E ORGANIZZAZIONE DEL LAVORO

Si è proceduto al riscontro di layout e organizzazione del lavoro ipotizzati in via previsionale. In Tab.6 viene ricomposto per gruppi omogenei l'organico effettivamente impegnato in galleria:

	Gruppo omogeneo	n.
A	Operatore scudo	1
B	Erettorista	1
C	Addetto montaggio anello	3
D	Addetto monorotaia di trasporto	1
E	Locomotorista	2
F	Addetto schiume, grassi, binario	1
G	Pompista	1
H	Capo squadra	1
I	Meccanico	1
J	Elettricista	1
K	Addetto nastro di carico	2
L	Montaggio passerella	2
M	Addetto finiture e recupero bulloni	1
	Totale (squadra al completo)	18

Tab.6 - Suddivisione dell'organico impegnato

Come già rilevato, le lavorazioni svolte all'interno delle gallerie si caratterizzano per la rigida ciclicità delle tre fasi consecutive in cui si compongono:

- scavo della galleria (ca. 30 minuti);
- posa dell'anello di rivestimento (ca. 30 minuti)
- manutenzione e pulizia di apparecchiature, impianti e camminamenti (15/20 minuti)

ii viaggi dei convogli assolvono in questo contesto anche il ruolo di sincronizzazione del sistema, soprattutto per quanto attiene all'attività dei fronti di scavo, dove un'assenza imprevista dei treni si traduce nel blocco dell'operatività.

Lo stesso elemento di un dato gruppo omogeneo può essere interessato a diverse attività (mansioni), differenziate in funzione della determinata fase di avanzamento (cfr. Tab. 7). Le conseguenti zone di intervento (Z_x) sulla TBM dei vari addetti vengono efficacemente graficizzate in fig. 3.

	Fase n.1 Mansione specifica	Fase n.2 Mansione specifica	Fase n.3 Mansione specifica
A	Operatore scudo	Monitoraggio sistemi TBM	Monitoraggio sistemi TBM
B	Monitoraggio sistemi	Azionamento erettore	Monitoraggio sistemi erettore
C ₁ / C ₂	Posizionamento conci su alimentatore	Fissaggio anello conci	Ripristino materiali di consumo, pulizia
C ₃	Scaricamento conci dal convoglio	Assistenza fissaggio anello conci	Ripristino materiali di consumo, pulizia
D	Azionamento argano monorotaia	Azionamento argano monorotaia	Pulizia alimentatore
E ₁	Pilotaggio convoglio smarino (galleria)	Pilotaggio convoglio smarino (imbocco)	Pilotaggio convoglio smarino (imb/gall)
E ₂	Azionamento argano scaricatore	Pilotaggio convoglio conci (imbocco)	Pilotaggio convoglio conci (imb/gall)
F	Scaricamento conci dal convoglio	Invio conci verso piattaforma erettore	Avanzamento binario
G	Pompaggio malta di intasamento	Monitoraggio sistema iniezione malta	Pulizia circuiti di pompaggio malta
H	Controllo e supervisione lavorazioni	Controllo e supervisione lavorazioni	Controllo e supervisione lavorazioni
I	Monitor. e riparazione meccaniche	Prolungamento linee tecnologiche	Monitor. e riparazione meccaniche
J	Monitor. e riparazione impianti elettrici	Monitor. e riparazione impianti elettrici	Prolungamento linee tecnologiche
K ₁	Azionamento nastro di carico	Pulizia nastro di carico	Manutenzione e pulizia nastro
K ₂	Controllo riempimento vagoni smarino	Pulizia nastro di carico	Manutenzione e pulizia nastro
L ₁	Prolungamento passerelle	Prolungamento passerelle	Prolungamento passerelle
L ₂	Fissaggio linee tecnologiche	Fissaggio linee tecnologiche	Pulizia testa T.B.M.
M	Preparazione malta per stucchi	Esecuzione finiture	Esecuzione finiture

Tab.7 - Attività esercitata da ciascun gruppo omogeneo in funzione della fase di avanzamento del ciclo lavorativo

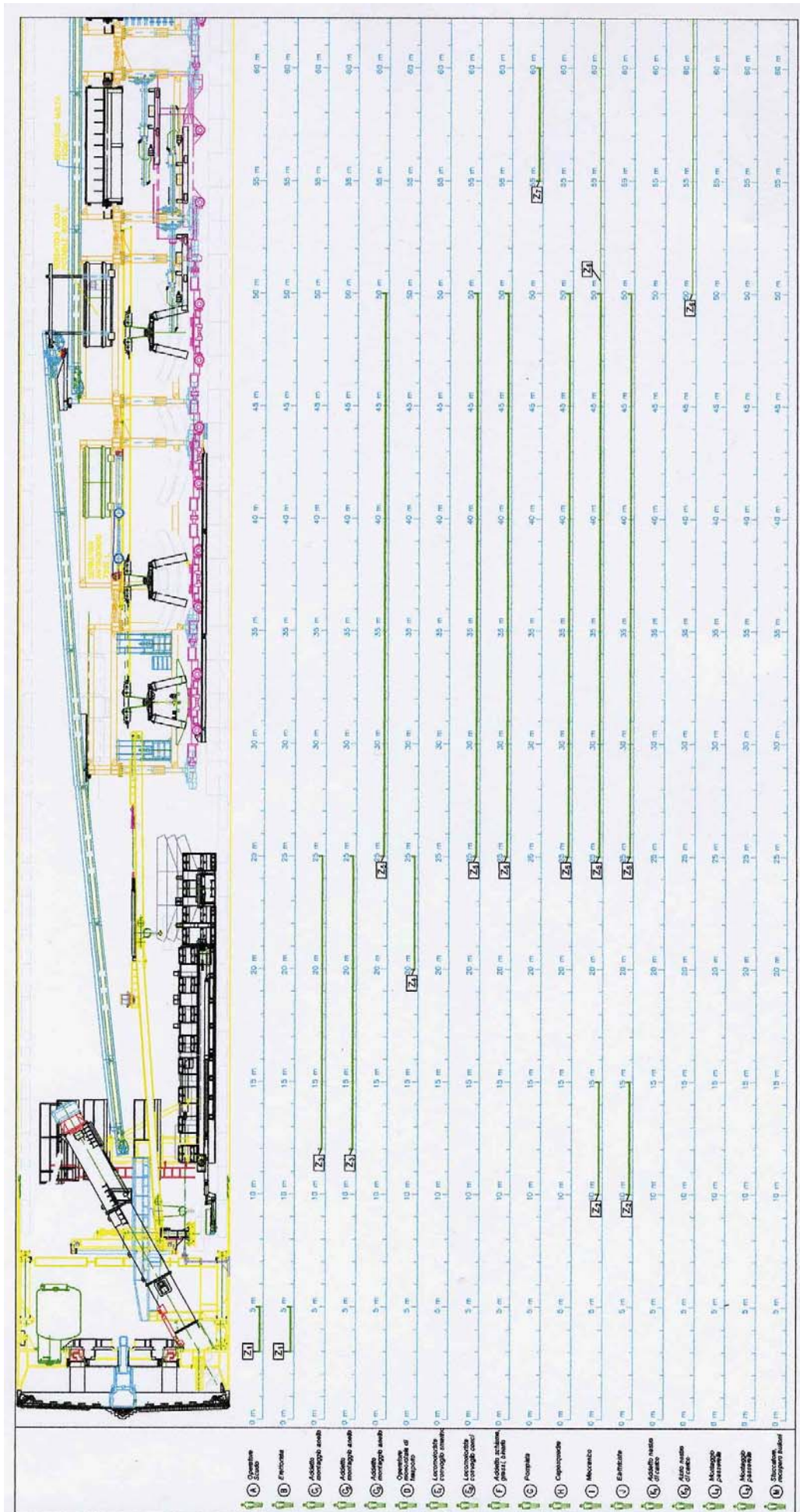


Fig. 3 - Schema parziale TBM con ubicazione dei gruppi omogenei (A,B,...) e delle relative zone di intervento (Z_x)

3.3. RILEVAZIONE DEL Leq DI ZONA

Si sono rilevati, per tempi di misura coerenti con la corretta descrizione del fenomeno, i valori del livello equivalente di pressione sonora Leq, dB(A), in ciascuna delle postazioni di misura componenti le zone Z_x individuate, riportando i dati in prospetti riassuntivi come quello di Tab. 8., rappresentante il monitoraggio della fase di scavo.

Valutazione di esposizione professionale al rumore - D.Lgs. 277/91						
ALLEGATO I - Livelli di pressione sonora riscontrati presso le postazioni di lavoro						
A.T.I. S.Ruffillo Soc. Cons. a r.l.						
Avanzamento ciclo di lavoro: Fase I (Scavo)		Data di esecuzione dei rilevamenti: Fattorio - Aprile 2004				
Codifica	Postazione indagata	Macchinari e/o processi acusticamente prevalenti	Tipologia di esposizione	Tempo di misura (min)	Livello sonoro rilevato Leq (dB(A))	Incertezza su Leq ± (dB(A))
1	Z1 - Cabina di controllo	Fresa, coclea	Continua	49:10	90,4	1,2
a				1031	90,7	< 110,0
b				420	91,4	113,5
c				270	87,8	116,1
d				929	91,0	115,3
2	Z2 - Scavo partitore espansivo	Fresa, coclea, nastri trasportatori, avvisatori acustici	Continua (1)	04:00	88,0	0,7
a				240	88,9	120,0
3	Z3 - Alveazione	Fresa, coclea, nastri trasportatori, avvisatori acustici	Continua (1)	20:00	85,1	0,7
a				1200	85,1	110,0
4	Z4 - Conci ed ogni rovescio	Fresa, coclea, nastri trasportatori, avvisatori acustici	Continua (1)	04:00	85,0	0,7
a				240	85,0	120,0
5	Z5 - Fec cose consiglio	Fresa, coclea, nastri trasportatori, avvisatori acustici	Continua (1)	07:05	82,3	0,7
a				426	82,3	< 140,0
6	Z6 - Trasporto pistone compressore di *	Fresa, nastri trasportatori, avvisatori acustici	Continua (1)	20:33	87,4	1,2
a				343	86,3	< 140,0
b				490	89,2	114,4
7	Z7 - Sottosedi nido di sollevamento conosci pinge	Fresa, nastri trasportatori, pompe, avvisatori acustici	Continua (1)	04:00	82,5	0,7
a				240	82,5	< 140,0
8	Z8 - Power pack	Fresa, nastri trasportatori, pompe, avvisatori acustici	Continua (1)	04:00	82,5	0,7
a				240	82,5	110,0
9	Z9 - Conci ed ogni scudo	Nastri t., pompa "waste water", avvisatori acustici	Continua (2)	07:41	86,8	5,1
a				272	82,2	104,8
b				189	89,0	113,4

Tab. 8 - Monitoraggio livelli di pressione sonora per zone: fase di avanzamento scavo

Si è confermata la criticità relativa all'area di montaggio conci, soprattutto per il contributo fornito, oltre che dal sistema di alimentazione e dallo stesso erettore, dagli avvitatori pneumatici utilizzati per imbullonare tra loro gli elementi dell'anello.

E' inoltre risultato superiore al dato previsionale, anche in virtù delle considerazioni già esposte, il livello rilevato in cabina di comando e nelle zone limitrofe, influenzante anche le attività di manutenzione e di trasporto.

3.4. DETERMINAZIONE ANALITICA DEI Lep,d

Come nell'analisi previsionale, attraverso la ricostruzione delle giornate lavorative 'tipo', effettuata anche sulla scorta delle indicazioni fornite dai responsabili tecnici, si è giunti alla determinazione del livello di esposizione giornaliero al rumore (**Lep,d**), per ciascun profilo professionale individuato.

In Tab. 9 si riporta, a titolo di esempio, la tabella di calcolo per la definizione del livello di esposizione per la già riportata mansione di operatore scudo (cfr. Tab. 5).

Valutazione di esposizione professionale al rumore - D.Lgs. 277/91								
Allegato II - Associazione tempi/livelli di esposizione al fenomeno								
A.T.I. S.Ruffillo s.cons. a r.l.								
Cantiera: Pari								
Gruppo Omogeneo: A								
Mansione: Operatore Scudo								
Giornata lavorativa esaminata: standard						100,0%		
Tempo complessivo di lavoro (min): 480						480,0		
Livello di esposizione quotidiana al rumore Lep,d : 87,8 ± 1,0 dB(A)								
Definizione livello di esposizione								
Cod.	Postazione occupata	Livello sonoro rilevato Leq (dB(A))	Incertezza Ambientale: ± (dB(A))	Tempo di esposizione Te (min)	Incertezza Tempo di esp.: ± Te/To (dB)	Rapporto Te/To (%)	Lep (dB(A))	Incertezza su Lep: ± (dB(A))
1	Z1 - Cabina di controllo	90,4	0,9	180,0	7,2	37,5%	86,1	1,2
19	Z1 - Cabina di controllo	86,0	0,0	180,0	7,2	37,5%	81,7	0,7
39	Z1 - Cabina di controllo	83,5	0,0	96,0	3,8	20,0%	76,5	0,7
62	Fisiologico	70,0	0,0	24,0	2,5	5,0%	57,0	0,8

Tab.9 -Calcolo del Lep: operatore scudo

Corrispondentemente a quanto rilevato in sede di misura, si è dovuto correggere verso l'alto il dato previsionale per tutte le mansioni coinvolte (in particolare in prossimità della testa scudo), durante l'attività di scavo, con particolare riferimento all'operatore scudo e ai manutentori meccanici.

Non si è comunque verificato l'atteso superamento dei 90 dB(A) di Lep,d per la mansione di erettore, anche se tutte le mansioni coinvolte nella posa del rivestimento si attestano tra 87 e 88 dB(A).

3.5. CLASSI DI RISCHIO INDIVIDUATE

Una volta determinati i livelli di esposizione Lep,d per ciascuna figura professionale esaminata, si è proceduto al popolamento delle diverse classi di rischio previste dal D.Lgs.277/91, ed alla codifica del conseguente protocollo di misure di prevenzione e protezione da attivarsi per i vari raggruppamenti:

Raggruppamento n.1: lavoratori esposti ad un livello Lep fino ad 80.0 dB(A) : *nessuno*.

Obblighi per il datore di lavoro
Riduzione al minimo dei rischi derivanti dalla esposizione al rumore, privilegiando gli interventi alla fonte

Raggruppamento n.2: lavoratori esposti ad un livello Lep superiore ad 80.0 dB(A), fino ad 85.0 dB(A)

Gruppo Omogeneo	LEP [dB(A)]	Incertezza ±:(Lep,d) [dB(A)]	Lpeak [dB]
Pompista (G)	83,3	± 1,1	<140,0
Locomotorista conv. marino(E1)	84,8	± 0,9	<140,0
Locomotorista convoglio Conci(E2)	84,4	± 0,9	<140,0
Addetto schiume, grassi, binario(F)	84,3	± 0,9	<140,0
Addetto al nastro di carico(K1)	84,2	± 2,9	<140,0
Operatore monorotaia di trasporto(D)	84,2	± 1,0	<140,0
Elettricista (J)	83,1	± 1,1	<140,0
Capo squadra (H)	82,8	± 1,0	<140,0
Addetto finiture (M)	81,2	± 1,5	<140,0

Obblighi per il datore di lavoro

- *Riduzione al minimo dei rischi derivanti dalla esposizione al rumore, privilegiando gli interventi alla fonte;*
- *Informazione presso i lavoratori circa:*
 - Rischi derivanti all'udito dall'esposizione al rumore;
 - Misure adottate in applicazione del D.Lgs.277/91;
 - Misure di protezione cui i lavoratori devono conformarsi;
 - Funzione dei mezzi individuali di protezione, circostanze e modalità d'uso;
 - Significato e ruolo del controllo sanitario, effettuato mediante il medico competente;
 - Risultanze e significato del documento di valutazione del rischio.
- *Sorveglianza sanitaria dei lavoratori che ne formulino richiesta, da assicurarsi previo parere di medico competente;*

Raggruppamento n.3: lavoratori esposti ad un livello Lep superiore ad 85.0 dB(A), fino a 90.0 dB(A)

Gruppo Omogeneo	L _{EP} [dB(A)]	Incertezza ±ε(L _{ep,d}) [dB(A)]	L _{peak} [dB]
Meccanico(B)	88,8	± 0,7	<140,0
Erettorista (B)	88,7	± 0,9	<140,0
Addetto montaggio anello (C1/C2)	88,5	± 1,0	<140,0
Montaggio passerelle (L1)	88,2	± 0,7	<140,0
Montaggio passerelle (L2)	88,0	± 0,7	<140,0
Operatore scudo (A)	87,8	± 1,0	<140,0
Addetto montaggio anello (C3)	87,4	± 0,8	<140,0

Obblighi per il datore di lavoro:

analoghi a quelli previsti per il raggruppamento n.2; ed in aggiunta:

- *Sorveglianza sanitaria svolta da medico competente, da espletarsi mediante visite periodiche ad intervalli temporali non superiori ai due anni;*
- *Fornitura dei mezzi di protezione individuale dell'udito;*
- *Formazione dei lavoratori circa:*
 - Uso corretto dei mezzi individuali di protezione dell'udito;
 - Uso corretto (ai fini della riduzione al minimo dei rischi per l'udito), di utensili e macchine in dotazione;
 - Misure di protezione cui i lavoratori devono conformarsi;
 - Funzione dei mezzi individuali di protezione, circostanze e modalità d'uso;
 - Significato e ruolo del controllo sanitario, effettuato mediante il medico competente;
 - Risultanze e significato del presente documento di valutazione del rischio.

Raggruppamento n.4: lavoratori esposti ad un livello Lep,d superiore a 90.0 dB(A), ovvero Lpeak superiore a 140.0 dB: **Nessuno**⁷.

Si è inoltre provveduto, stante la presenza di zone con Leq superiore a 90 dB(A), a:

- Identificazione mediante apposita cartellonistica dei singoli macchinari LAeq > 90.0;
- Perimetrazione e limitazione dell'accesso alle aree interessate; affissione di adeguata cartellonistica

⁷ Si riportano per completezza gli obblighi previsti per il datore di lavoro:

analoghi a quelli previsti per il raggruppamento n.3; ed inoltre:

- Comunicazione all'organo di vigilanza, da inviarsi entro trenta giorni dall'accertamento previa informazione dei lavoratori ovvero dei loro rappresentanti, riportante l'indicazione delle misure tecniche in via di attuazione ai fini di abbattimento del rischio;
- Istituzione del registro nominativo dei lavoratori esposti a livelli Lep,d > 90.0 dB(A), ovvero Lpeak > 140.0 dB(A).

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In conclusione, l'applicazione del metodo previsionale al caso in oggetto ha consentito di individuare, per l'attività non convenzionale di scavo con TBM, le criticità della matrice rumore, fornendo nel contempo la possibilità di tarare al meglio il monitoraggio in corso d'opera su quelle aree su cui non si è potuti intervenire in via preventiva con provvedimenti strutturali, per valutare le misure di protezione o i mutamenti organizzativi che si rendano per esse necessari.

Si rileva infine come lo scavo meccanizzato con fresa a piena sezione, nel confronto con lo scavo meccanizzato tradizionale (abbattimento con martellone) si dimostri meno impattante sui lavoratori addetti, oltre che per gli aspetti di sicurezza, anche per ciò che riguarda le esposizioni al rumore, normalmente nettamente più elevate durante le fasi di scavo e smarino, di completamento del priverivestimento (spritz-beton) e di getto del rivestimento definitivo.

Ciò a fronte comunque di una notevole rumorosità di fondo che caratterizza tutte le fasi di lavoro della fresa, e che costituisce l'obiettivo di miglioramento che i costruttori devono perseguire, con particolare riferimento alla componentistica, che può unire al requisito di solidità, resistenza a fatica, all'umidità ed alle alte temperature quello di una ridotta emissione acustica.

BIBLIOGRAFIA

- *'Linee Guida ISPESL per la valutazione del rischio rumore negli ambienti di lavoro'*, elaborate dal Gruppo di Lavoro nazionale per la predisposizione di procedure operative standardizzate per la valutazione del rischio da rumore e vibrazioni in ambienti di lavoro. (1999)
- *"Linee guida sull'applicazione del D.Lgs. 494/96"* a cura del Coordinamento interregionale per la prevenzione
- Norma UNI 9432:2002 *"Determinazione del livello di esposizione personale al rumore nell'ambiente di lavoro"*
- Norma ISO 9612: 1997 *"Acoustics - Guidelines for measurements and assesment of exposure to noise in a working environment"*
- S. Ruffillo S.c.a r.l. Progetto esecutivo - Cantiere Industriale S. Ruffillo *"Valutazione previsionale di impatto acustico"* - a cura di Tecnicoop Scarl
- Lovat inc. *"Manuale uso e manutenzione TBM RME370SE Series 19600"*

