Studio dell'inquinamento acustico nei porti, Piano d'azione transfrontaliero

PROGETTO DECIBEL

" DEPOLUTION ACOUSTIQUE DES CENTRES PORTUAIRES URBAINS ET INSULAIRES"

Asse 3 – Lotto 2, progetto N° 195

Componente T1 - Attuazione
Attività T1.2 – Realizzazione di una strategia e di un Piano d'azione transfrontaliero
Prodotto T1.2.2 – Piano d'azione transfrontaliero

Data di consegna prevista: 01/2020
Data di consegna effettiva: 02/2020

Livello di diffusione		
PU	Pubblico	**X**
CO	Confidenziale, solo per i partner	**X**

PORTOFERRAIO
UNIVERSITÀ DI Genova – ANCI Toscana

Sommario

1 Contesto 4
2 Elenco di azione a favore della riduzione del rumore 4
3 Portoferraio 7
3.1 Quadro conoscitivo 7
3.2 Descrizione della campagna di misura 9
3.3 Individuazione dei ricettori maggiormente esposti 11
4 Analisi delle misure 12
5 Individuazione della principale sorgente di rumore del porto 19
6 Individuazione della soluzione tecnologica innovativa per la riduzione del rumore 21
7 Conclusione 25
8 RIFERIMENTI BUROCRATICI 28
9 SINTESI DELLE SCELTE DI CAPITOLATO 28
10 STRATO SUPERFICIALE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO – TIPO 1 28
10.1 Materiali costituenti-bitume 28
10.2 Materiali costituenti-aggregati lapidei 29
10.3 Miscela bituminosa 30
11 STRATO SUPERFICIALE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO – TIPO 2 32
12 ACCETTAZIONE DELLE MISCELE 32
13 CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE 33
14 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA 33
15 POSA IN OPERA DELLE MISCELE 34
16 CONTROLLI 35
17 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI 38

1 Contesto

Questo documento è la normale risultante del prodotto denominato **Studio congiunto** il cui obiettivo era di mostrare l'applicabilità della metodologia sviluppata come parte del prodotto T1.1.1 per i porti di Portoferraio, Olbia e del Giglio per quanto riguarda i porti italiani, Bastia ed Ile Rousse per quanto riguarda i porti francesi.
Il porto di Portoferraio è un buon esempio di porto insulare la cui attività è vitale per la città e del comune in generale. Queste attività possono tuttavia essere fonte di rumore per i residenti della zona. Una particolare fonte è stata in particolare oggetto di lamentele: è un rumore impulsivo ripetitivo emesso durante la fase di scarico delle navi Moby (che attracca sul molo 1-2-3), Toremar (molo 4-5), Corsica Elba-ferries (molo 6), Blu-navy (molo 7) a causa di un movimento improvviso della rampa durante il passaggio di un veicolo sulla rampa stessa.

Nella prima parte del presente documento, vi presentiamo un elenco delle varie azioni a favore della riduzione del rumore che può essere fatto a diversi livelli (sorgente, ricettore, modo di propagazione), poi si presenterà le varie azioni decise dai vari porti (Autorità portuale), in particolare quello di Portoferraio (fatto in accordo con ANCI Toscana, Autorità Portuale del mar Tirenno Settentrionale ed UNIGE), successivamente quello di Olbia (fatto in accordo tra il Comune di Olbia ed il suo partner scientifico l'Università di Cagliari).

2 Elenco di azione a favore della riduzione del rumore

Al fine della riduzione del rumore, si può intervenire in diversi modi: sia alla fonte oppure sorgente, sia adottando delle misure sui ricettori, oppure misure sul modo di propagazione e misure organizzative.

Esempi di misure di mitigazione della fonte
Terminali e impianti:
• Copertura di componenti rumorosi con isolamento
• Utilizzare materiali da costruzione assorbenti
• Riduzione della radiazione sonora trasmessa per via strutturale
• Equipaggiamento silenzioso (modelli poco rumorosi costano poco di più)
• Ridurre la velocità di posa dei container
• Guida a bassa rumorosità (guida ECO)
• Servizio di follow-up della riduzione del rumore
• Posizionamento automatico dello spargitore
• Evitare terminali notturni (Consentire attività in riva al mare, ma nessuna operazione di terra con rimorchi attraverso i varchi)
• Controllare la pressione delle gomme
• Mettere la fonte in un edificio o barriere attorno alla fonte
• GPS nei container in modo da ridurre i picchi sonori
• Tubi di scarico silenziosi
• Elettricità al posto di diesel o diesel-ibrido
• Piantare alberi come barriera (può fungere da barriera sia fisica che percepita)
• L'autorità portuale può richiedere alle società di isolare meglio le loro fonti
• Utilizzare il raffreddamento ad acqua invece del raffreddamento ad aria
• Utilizzare un terreno più morbido dove le attività lo consentono (ad esempio asfalto silenzioso)

Navi:
• Tubi e ventilatori di scarico silenziosi
• Impedire gli altoparlanti all'ancoraggio
• Fornire energia per la nave durante l'attracco

Esempi inerenti alla propagazione e misure organizzative
• Pianificazione generale del porto
• Pianificazione urbana (nuove aree residenziali)
• Pianificazione infrastrutturale (strade, ferrovie)
• Barriere antirumore, delimitando strade e binari
• Modellazione degli scenari di espansione
• Utilizzare i software di mappatura del rumore come strumento di supporto decisionale
• Cambiare il periodo di lavoro
• Cambiamenti nella produzione e/o nelle operazioni
• Accettare più rumore in un periodo di tempo preciso in attesa di spostare un'azienda o una nuova tecnologia
• Rispettare i limiti di velocità all'interno dell'area portuale (impostazione degli indicatori della velocità del traffico)
• Girare la sorgente in modo che il rumore sia diretto lontano dalle aree residenziali
• Ridurre le distanze di trasporto
• Nuovi edifici non residenziali come barriere
• Pianificazione cantieristica, ad es. posizionamento dei rack di container in modo che possano fungere da barriera
• Trasferimento delle attività più rumorose
• Allontanare il cancello d'ingresso dalle aree residenziali
• Installazione di sistemi di misurazione del rumore di 24 ore in aree residenziali (per localizzare e documentare picchi di rumore)

Esempi di misure da attuare al ricevitore
• Impostazione delle barriere antirumore tra le sorgenti di rumore e le abitazioni (ad esempio schermi ed edifici)
• Aumentare l'isolamento delle case esistenti
• Finestre insonorizzate
• Silenziatori di rumore sui ventilatori
• Diminuzione delle aperture negli alloggiamenti esistenti
• Cambiare atteggiamento attraverso la comunicazione
• Gruppi di vicinato
• Introdurre la comunità alle operazioni portuali, ad es. portare gli abitanti nel porto e spiegare le operazioni portuali
• Garantire una comunicazione proattiva su modifiche / incidenti / piani
• Nominare un referente nel porto per aumentare la fiducia

Tipo di porto	Tipo d'intervento	Manutenzione	Vantaggi	Svantaggi
Porto commerciale ed industriale	Barriera acustica	Si,	Manutenzione semplice	Impedisce visibilità dei paesaggi
	Asfalto fonoassorbenti	Si	Resistenti all'invecchiamento	Costo alto anche più del 30 per cento rispetto all'asfalto normale.
	Recinzione per cantieri			
	Banchine elettriche	Si	Di facile utilizzazione	Installazione complessa,
	Modifica tracciato			
	Cronoprogramma per ottimizzare la distribuzione temporale delle emissioni.			
Porto turistico	Banchine elettriche	Si	Di facile utilizzazione	Installazione complessa, costo energia elettrica
	Asfalto fonoassorbenti	Si	Resistenti all'invecchiamento	Costo alto anche più del 30 per cento rispetto all'asfalto normale.

3 Portoferraio

Premessa

Nel presente report sono analizzati i risultati della campagna di misure fonometriche presso il porto di Portoferraio dal 16 al 23 luglio 2019. Tale attività di monitoraggio, commissionata da A.n.c.i. Toscana, era finalizzata alla misurazione e caratterizzazione acustica delle specifiche attività portuali nel periodo estivo, ovvero approdo/partenze delle navi-traghetto e lo sbarco/imbarco dei veicoli; durante tale campagna strumentale sono stati inoltre rilevati i livelli di rumore sulle principali arterie stradali al fine di caratterizzare acusticamente la fase in cui gli autoveicoli si riversano sulle strade cittadine.

Le misure realizzate permettono di determinare l'impatto acustico che la presenza del porto genera nel circostante tessuto cittadino e dall'analisi delle componenti di rumore delle attività portuali è possibile individuare la più corretta e adeguata soluzione tecnologica con lo scopo di ridurre la fonte di inquinamento acustico in ambito portuale.

3.1 Quadro conoscitivo

Il porto di Portoferraio, gestito dell'Autorità Portuale del mar Tirreno Settentrionale, è principale approdo dell'Isola d'Elba ed è situato sulla sua costa settentrionale; il suo utilizzo è strettamente legato al traffico traghetti di linea con Piombino, al traffico crociere e al traffico da diporto.

Il punto principale d'approdo per le unità da diporto è la Darsena Medicea. L'approdo turistico è gestito dal Comune di Portoferraio attraverso la società specifica di gestione "Cosimo de Medici".

La banchina Alto Fondale (molo 7), ubicata a ovest della Darsena Medicea, costituisce l'ormeggio preferenziale per le navi da crociera, grazie all'ubicazione in pieno contro storico, all'attiguo ampio piazzale per parcheggio dei pullman adibiti alle escursioni e alle notevoli dimensioni delle navi che vi possono attraccare.

Dalla Calata Italia, che si estende sino all'estremo Sud della zona portuale, si dipartono tre pontili: Pontile G. Massimo (moli nn. 5 e 6), Pontile n. 3 (moli nn. 3 e 4) e Pontile n. 1 (moli nn. 1 e 2), destinati a terminal per i traghetti che collegano l'Isola con il porto di Piombino, ai quali possono trovare adeguato ormeggio anche le navi da crociera, nei casi in cui l'Alto Fondale sia occupato.

Nella successiva figura si riporta una vista aerea del Porto di Portoferraio con l'individuazione dei pontili e dei moli precedentemente descritti.

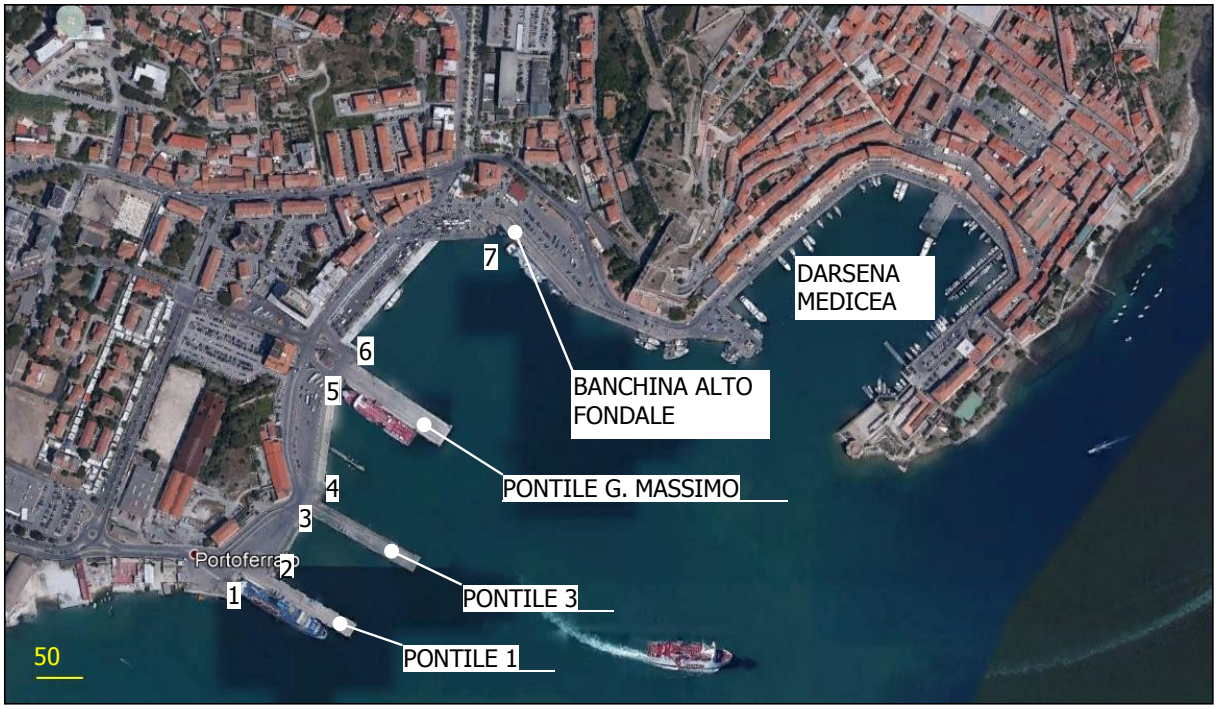


Figura 1. Vista aerea del porto di Portoferraio (LI)

Nella successiva figura si riporta un estratto del Piano di Classificazione Acustica del comune di Portoferraio approvato con Delibera C.C. n. 64 del 04/07/2011.

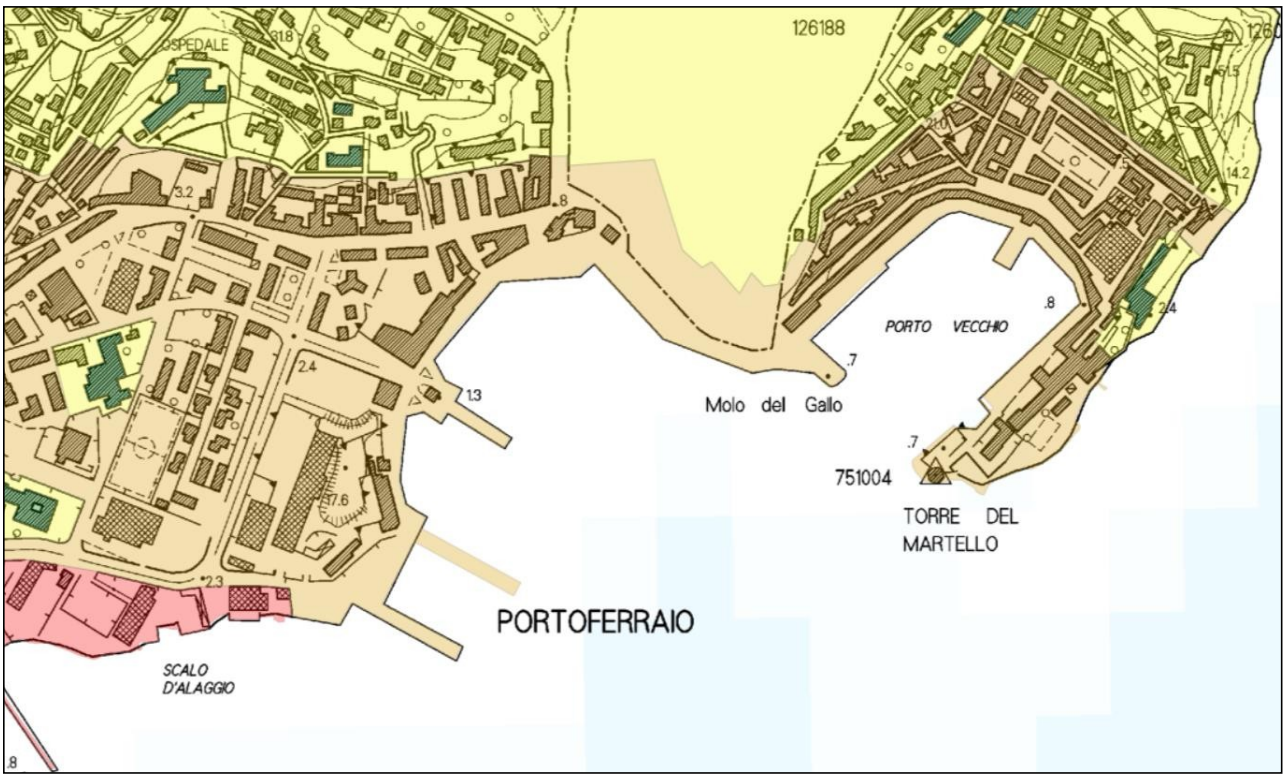


Figura 2. Estratto del PCCA

3.2 Descrizione della campagna di misura

La campagna di misure, effettuata dallo Studio Alfa S.p.A., è stata svolta nella settimana dal 16 al 23 luglio 2019, periodo rappresentativo dell'alta stagione turistica estiva.

Le attività monitorate si riferiscono all'inquinamento acustico prodotto dalle navi-traghetto che raggiungono il porto di Portoferraio in tale periodo e la relativa fase in cui gli autoveicoli si riversano sulle strade cittadine.

Le rilevazioni effettuate durante la campagna di misure sono così articolate:

- **CC1 e CC2**: postazioni di installazione di centraline per l'esecuzione di misure in continua settimanale dal 16/07/19 al 23/07/2019;
- **Pn**: misure spot presso i moli di indagine (moli 3 – 5 – 6) durante l'arrivo delle navi-traghetto e le successive operazioni di sbarco ed imbarco nel giorno 16/07/2019;
- **Estn**: misure spot eseguite in parallelo alle misure Pn presso le strade cittadine;
- **Pass-by**: misura spot lungo il litorale (rilevazione del passaggio di due navi-traghetto).

Nella successiva immagine si individuano le postazioni di misura descritte.

Figura 3. Ubicazione dei punti di misura della campagna strumentale

Nelle tabelle successive si riassumono le informazioni relative alle misure in continua e alle misure spot con l'individuazione degli eventi rilevati.

Id misura	Ubicazione	Inizio misura	Durata misura	Fine misura	Base temporale
CC1	Via Calata Italia presso pontile 3 (moli 3-4)	12:20 martedì 16/07/2019	7 gg	12:40 martedì 23/07/2019	10 min
CC2	Via Calata Italia presso pontile Massimo (moli 5-6)	11:40 martedì 16/07/2019	7gg	12:20 martedì 23/07/2019	10 min

Tabella 1. Descrizione delle misure in continua

Id misura	Molo	Inizio misura	Durata Misura e base temporale	Fine misura	Eventi rilevati	Misure spot in parallelo
P1-1	5	12:44:10	24m50s 100 ms	13:09:00	Sbarco/imbarco nave-traghetto Toremar 12:51:50 – inizio sbarco 13:00:50 – fine sbarco/inizio imbarco 13:03:10 – fine imbarco	Est1-1 (presso CC1) base temporale: 1sec
P1-2	6	13:12:34	37m04s 100 ms	13:49:38	Sbarco/imbarco nave traghetto Elba-Ferries 13:21:35 – inizio sbarco 13:32:15 – fine sbarco/inizio imbarco 13:42:15 – fine imbarco	Est1-2 (incrocio stradale) base temporale: 1sec
P2-1	3	15:01:21	37m02s 100 ms	15:38:23	Sbarco/imbarco nave-traghetto Moby 15:11:00 – inizio sbarco 15:17:21 – fine sbarco/inizio imbarco 15:30:00 – fine imbarco	Est2-1 (presso CC2) base temporale: 1sec
P2-2	3	16:28:58	20m00s 100 ms	16:48:58	Sbarco nave-traghetto Moby 16:39:30 – inizio sbarco 16:44:15 – fine sbarco (nessun imbarco)	Est2-2 (incrocio stradale) base temporale: 1sec
Pass-by	-	17:20:00	31m42s 100 ms	17:51:42	passaggio navi-traghetto: intervallo 17:22:30-17:26:30 intervallo 17:38:40-17:44:00	-

Tabella 2. Descrizione delle misure spot

Si evidenzia che i mezzi in attesa dell'imbarco sostano negli appositi parcheggi a motori spenti; solo dopo lo sbarco e al cenno degli operatori, le auto vengono accese.

3.3 Individuazione dei ricettori maggiormente esposti

I ricettori maggiormente esposti al rumore prodotto dalle attività portuali di approdo, sbarco/imbarco sono costituiti dagli edifici in vista del porto ubicati lungo la via Calata Italia ed individuati nella successiva immagine aerea, tramite i rettangoli gialli e le sigle Rn.

Figura 4. Individuazione dei ricettori maggiormente esposti alle emissioni sonore del porto

Nella tabella successiva si riassume la destinazione d'uso dei ricettori Rn maggiormente esposti precedentemente individuati, il numero di piani ed il numero dei moli che determinano un maggior impatto acustico presso il ricettore individuato.

Id ricettore	Destinazione d'uso	Numero di piani fuori terra	Moli più impattanti	note
R1	Residenziale	4	1-2	Edificio attualmente non abitato
R2	Servizi connessi all'attività portuale	2	3-4	-
R3	Residenziale con piano terra commerciale	2	3-4	-
R4	Residenziale con piano terra commerciale	9	5-6	-
R5	Residenziale con piano terra commerciale	14	5-6	-
R6	Residenziale con piano terra commerciale	4	6	-
R7	Residenziale con piano terra commerciale	8	6-7	-
R8	Residenziale con piano terra commerciale	5	6-7	-
R9	Commerciale con copertura a terrazza di pertinenza di civile abitazione	1	7	-
R10	Residenziale	3	7	-
R11	Residenziale con piano terra commerciale	4	7	-
R12	Residenziale con piano terra commerciale	3	7	-
R13	Residenziale con piano terra commerciale	4	7	-
R14	Commerciale	1	7	-
R15	Residenziale	4	7	-
R16	Commerciale	1	7	-

Tabella 3. Individuazione dei ricettori maggiormente esposti

4 Analisi delle misure

Analizzando le misure spot P1-1, P1-2, P2-1 e P2-2, si rilevano numerosi picchi di rumorosità di natura impulsiva durante le fasi di sbarco e imbarco dei veicoli; tali rumori si generano nel momento in cui i veicoli transitano in ingresso e uscita sui portelloni delle navi-traghetto.

Nelle successive tabelle si riportano, per ogni punto di misura, i valori del Leq in dB(A) durante le fasi di sbarco/imbarco, relativi:

- all'intero periodo di misura dell'evento sbarco/imbarco (*Globale*);
- ai picchi generati al passaggio dei veicoli sul portellone delle navi-traghetto (picchi Pn_sbarco/imbarco);
- al livello sonoro che si ha con l'esclusione dei picchi (*non codificato*).

Si riporta inoltre la relativa Storia Temporale con l'individuazione dei picchi sonori analizzati.

P1-1

Sorgente	Leq Sorgente dB	L95 dB	L90 dB	L50 dB	L10 dB	L5 dB	L1 dB
picchi P1-1_sbarco/imbarco	71,7	65,6	66,4	69,8	74,9	76,6	78,8
Non codificato	67,1	64,0	64,4	66,0	69,4	70,7	73,1
Globale	68,0	64,1	64,4	66,2	70,5	72,0	75,3

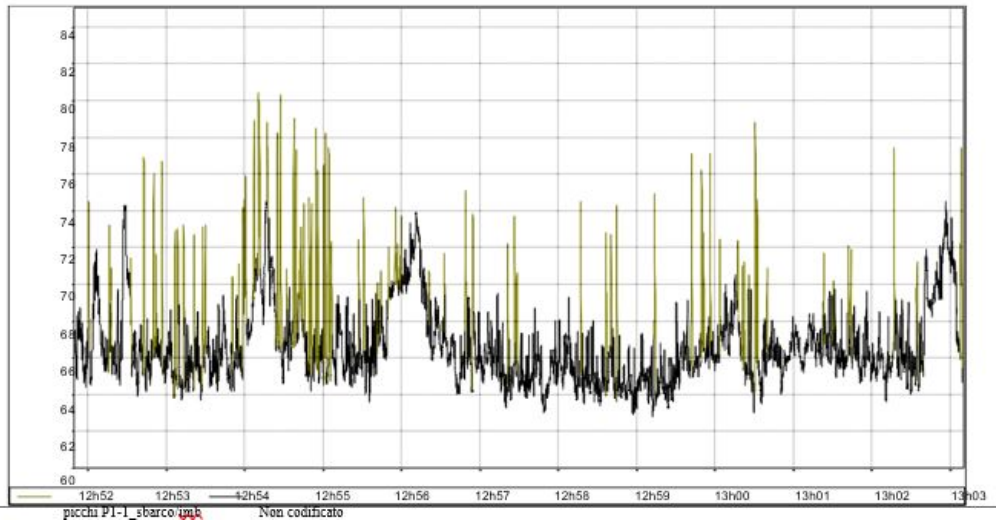


Tabella 4. LeqA e storia temporale – P1-1

P1-2

Sorgente	Leq Sorgente dB	L95 dB	L90 dB	L50 dB	L10 dB	L5 dB	L1 dB
picchi P1-2_sbarco/imbarco	72,0	67,3	67,7	69,8	75,0	76,5	79,6
Non codificato	68,4	66,6	66,9	67,8	69,5	70,5	73,4
Globale	69,2	66,6	66,9	68,0	70,4	72,0	75,7

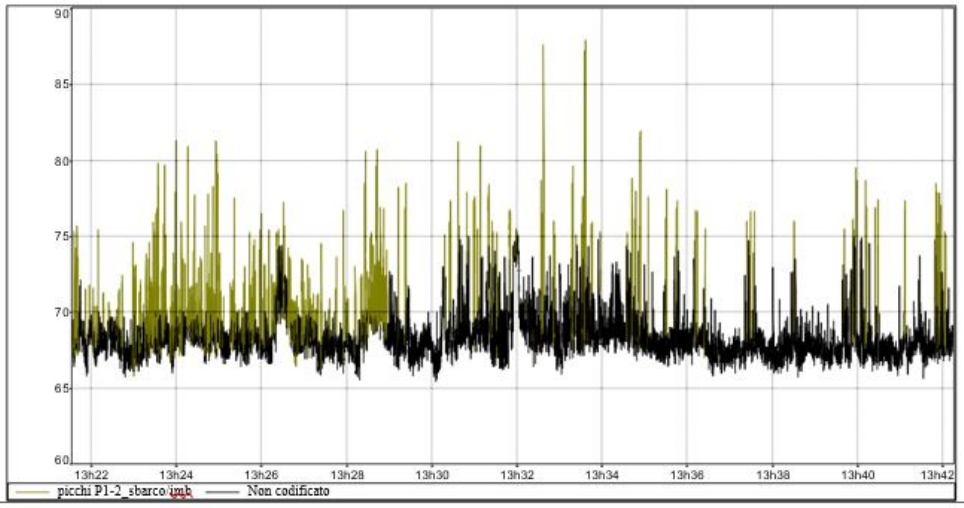


Tabella 5. LeqA e storia temporale – P1-2

P2-1

Sorgente	Leq Sorgente dB	L95 dB	L90 dB	L50 dB	L10 dB	L5 dB	L1 dB
picchi P2-1_sbarco/imbarco	75,3	63,6	65,1	71,9	78,8	80,6	84,4
Non codificato	64,7	54,9	56,6	62,5	67,9	69,6	72,4
Globale	66,2	55,0	56,7	62,7	68,6	70,8	76,1

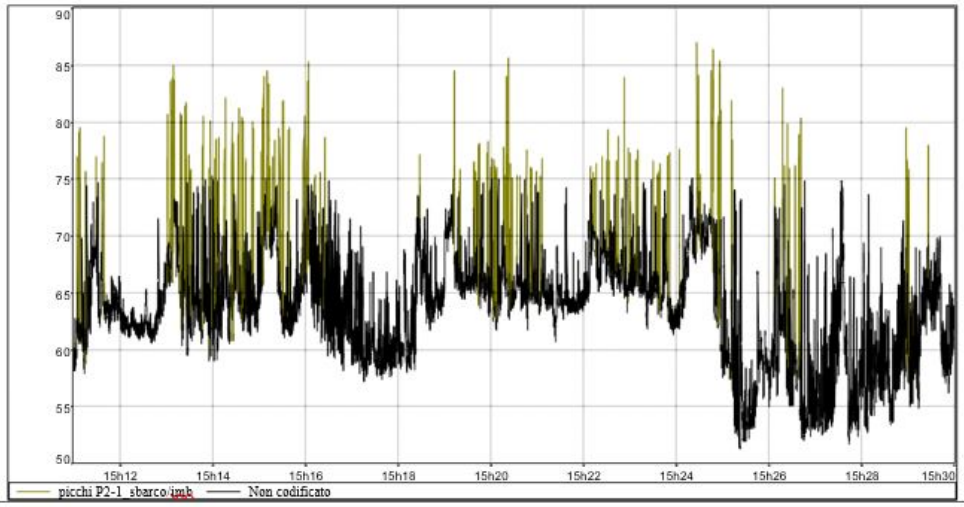


Tabella 6. LeqA e storia temporale – P2-1

P2-2

Sorgente	Leq Sorgente dB	L95 dB	L90 dB	L50 dB	L10 dB	L5 dB	L1 dB
P2-2_sbarco	73,1	59,8	61,6	70,1	77,1	78,5	80,9
Non codificato	63,7	56,8	57,6	60,8	66,5	68,7	73,4
Globale	67,0	56,9	57,8	61,3	70,2	73,6	78,0

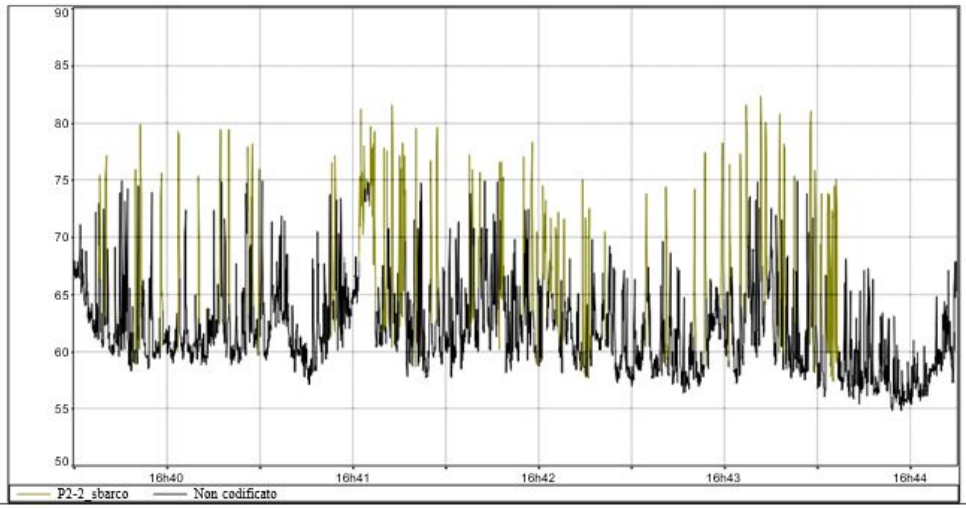


Tabella 7. LeqA e storia temporale – P2-2

Dal momento che tali picchi di livello di rumore soddisfano le seguenti condizioni:

- gli eventi sono ripetitivi, ovvero si verificano per più di dieci volte nell'arco di un'ora nel periodo diurno;
- la differenza tra L_{AImax} ed L_{ASmax} è superiore a 6 dB;
- la durata dell'evento a -10 dB dal valore L_{AFmax} è inferiore a 1 s;

si può affermare che è presente una componente di rumore impulsiva per cui occorre introdurre un fattore correttivo KI di +3 dB.

Nella successiva tabella si riepilogano i risultati dei livelli sonori rilevati nelle postazioni Pn.

	Leq [dB(A)]
Id punto di misura	*Livello globale*
P1-1	71,0
P1-2	72,2
P2-1	69,2
P2-2	70,0

Tabella 8. Riepilogo livelli sonori presso le postazioni di misura Pn

Nella successiva tabella si riportano i risultati delle misure in continua presso le postazioni CC1 e CC2; nello specifico, si indicano: i L_{eq} orari nei giorni di misura, il L_{eq} medio orario e il L_{eq} medio relativo ai periodi diurno e notturno.

Tabella 9. Leq orari e medi orari – misura CC1

	L_{eq}/h [dB(A)]								**$L_{eq\ MEDIO}$/h** [dB(A)]
	mar 16/07	mer 17/07	gio 18/07	ven 19/07	sab 20/07	dom 21/07	lun 22/07	mar 23/07	
6.00	-	66,0	64,9	63,3	64,8	63,1	62,7	66,1	64,6
7.00	-	68,9	66,9	65,8	64,5	64,6	66,1	64,8	66,2
8.00	-	64,8	64,9	65,4	65,9	64,0	63,8	66,1	65,1
9.00	-	63,4	63,9	65,8	65,7	63,7	65,7	66,2	65,0
10.00	-	66,6	67,9	66,5	65,1	64,5	66,9	66,0	66,3
11.00	-	65,3	65,9	70,2	67,5	67,4	66,0	66,0	67,2
12.00	-	66,4	66,7	67,3	68,2	64,3	66,0	64,8	66,4
13.00	64,8	65,3	64,4	67,2	65,4	65,0	65,2	-	65,4
14.00	65,0	65,0	65,1	65,2	65,5	67,5	65,2	-	65,6
15.00	65,8	65,0	65,0	65,8	67,4	64,4	66,2	-	65,8
16.00	65,8	65,6	68,0	65,6	65,7	66,3	65,5	-	66,2
17.00	65,5	64,6	66,6	65,9	64,9	66,8	67,9	-	66,2
18.00	66,4	64,6	65,5	66,0	68,2	66,0	66,0	-	66,2
19.00	64,1	64,5	64,3	68,1	65,8	67,6	67,0	-	66,2
20.00	64,1	65,1	63,6	64,1	63,6	64,8	63,4	-	64,1
21.00	65,4	62,5	62,7	65,3	62,4	62,1	62,1	-	63,4
22.00	62,9	60,6	61,4	62,6	61,9	61,1	61,7	-	61,8
23.00	63,4	60,4	60,2	62,1	62,2	60,3	61,4	-	61,6
0.00	61,4	64,1	60,4	60,0	62,0	59,7	63,6	-	61,9
1.00	60,9	57,4	57,4	58,4	61,0	56,4	63,0	-	59,8
2.00	60,5	56,0	56,5	57,0	59,6	56,1	57,7	-	58,0
3.00	61,1	56,1	55,9	56,4	59,4	56,1	57,8	-	58,0
4.00	63,6	61,7	61,6	57,8	60,6	60,1	61,5	-	61,3
5.00	62,2	59,2	59,6	58,9	60,9	64,3	63,0	-	61,6

H Totali	*G Totali*
168	*8*

									$L_{eq\ MEDIO}$ [dB(A)]
diurno	65,3	65,5	65,6	66,4	65,9	65,4	65,6	65,8	**65,7**
notturno	62,1	60,3	59,6	59,7	61,1	60,1	61,7		**60,7**

Tabella 10. L_{eq} orari e medi orari – misura CC2

	L_{eq}/h [dB(A)]								$L_{eq\ MEDIO}$/h [dB(A)]
	mar 16/07	mer 17/07	gio 18/07	ven 19/07	sab 20/07	dom 21/07	lun 22/07	mar 23/07	
6.00	-	65,7	64,8	65,8	64,4	62,7	63,4	64,6	64,6
7.00	-	65,9	64,9	63,8	64,1	63,6	65,9	64,3	64,7
8.00	-	67,5	66,1	68,5	68,1	66,1	67,2	67,4	67,4
9.00	-	65,7	66,0	67,8	66,3	65,2	66,6	67,5	66,5
10.00	-	68,8	68,1	65,7	66,6	64,3	66,3	67,5	67,0
11.00	-	65,9	67,2	69,0	64,6	65,2	66,3	67,9	66,8
12.00	65,3	66,5	65,8	66,5	66,4	64,6	65,6	67,0	66,0
13.00	64,4	66,1	64,9	66,0	66,1	64,5	65,0	-	65,3
14.00	65,3	63,7	64,7	65,4	67,2	64,0	64,4	-	65,1
15.00	65,9	66,6	66,6	67,0	65,4	64,7	64,4	-	65,9
16.00	65,4	65,4	64,5	64,7	64,1	65,4	64,7	-	64,9
17.00	67,6	67,3	67,8	66,2	65,5	67,3	67,9	-	67,2
18.00	68,0	66,8	67,8	66,9	69,4	67,5	65,3	-	67,5
19.00	66,0	65,1	65,1	64,7	66,9	70,3	69,7	-	67,4
20.00	67,4	66,7	67,3	66,4	63,3	66,1	66,7	-	66,4
21.00	61,6	64,6	63,3	64,4	60,9	61,8	63,8	-	63,1
22.00	60,1	60,1	58,9	64,7	61,6	61,7	62,1	-	61,7
23.00	63,8	64,0	64,0	63,1	61,7	61,0	62,5	-	63,0
0.00	60,6	64,6	63,7	60,1	61,0	59,6	62,7	-	62,1
1.00	60,0	58,0	57,2	58,5	59,7	56,5	57,0	-	58,3
2.00	59,4	56,7	56,5	57,5	57,5	56,1	56,1	-	57,3
3.00	59,6	56,4	55,9	56,7	56,6	56,1	56,2	-	57,0
4.00	60,5	59,2	58,2	57,9	57,1	58,1	58,3	-	58,6
5.00	62,6	62,2	57,8	58,4	58,7	59,0	59,4	-	60,1

H Totali	*G Totali*
168	*8*

									$L_{eq\ MEDIO}$ [dB(A)]
diurno	66,0	66,3	66,1	66,4	66,0	65,7	66,1	66,8	**66,2**
notturno	61,1	61,2	60,1	60,5	59,7	59,0	60,1		**60,3**

Nelle successive figure si riportano i grafici dell'andamento del L_{eq} medio orario relativamente alla postazione di misura CC1 e CC2.

Figura 5. Andamento del Leq medio orario nella postazione di misura CC1

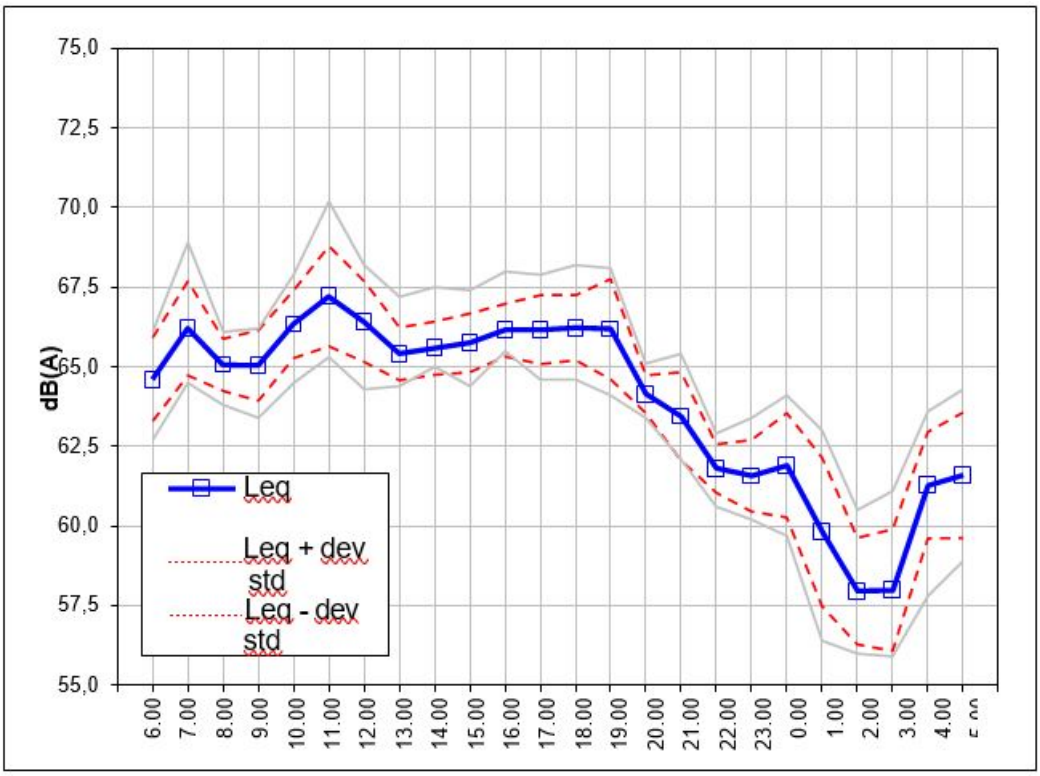
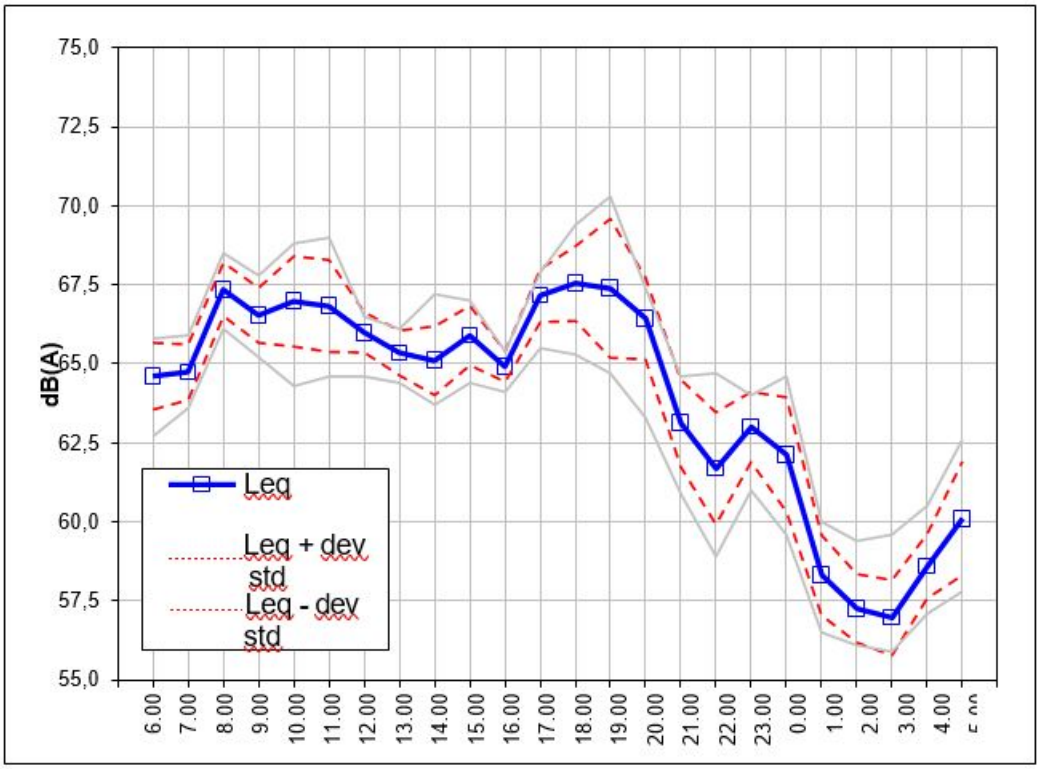


Figura 6. Andamento del Leq medio orario nella postazione di misura CC2



Dalla lettura dei precedenti grafici, si può constatare che il L_{eqA} medio orario si mantiene uguale e/o inferiore a il 60 dB(A) solo durante il periodo notturno dalle 1:00 alle 5:00 circa; nella fascia oraria dalle 20:00 alle 1:00, il L_{eqA} medio orario varia tra 60 dB(A) e 65 dB(A), e per il resto delle ore supera i 65 dB(A).

5 Individuazione della principale sorgente di rumore del porto

Dall'analisi delle misure eseguite nella campagna strumentale svolta nella settimana dal 16 al 23 luglio 2019, si evince che i rumori impulsivi, individuati durante le misure nelle postazioni Pn presso i moli, costituiscono la principale sorgente di rumore su cui è possibile intervenire al fine di mitigare l'impatto acustico delle attività portuali durante le fasi di sbarco/imbarco dalle navi-traghetto nel periodo estivo.

I suddetti rumori impulsivi vengono generati al passaggio dei veicoli sui portelloni di entrata/uscita delle navi Ro-Ro:

- dall'impatto dei portelloni contro le piastre di appoggio in acciaio adagiate sui moli;
- dall'impatto delle lastre di appoggio contro il cemento armato dei moli.

La risoluzione della causa che genera tale livello di picco di rumore, permetterebbe una riduzione dei

L_{eqA} compresa tra i 4 dB(A) e i 6 dB(A) grazie anche all'eliminazione del contributo di penalizzazione per componente impulsiva.

Nella successiva tabella si riportano i livelli sonori globali rilevati presso le postazioni di misura Pn, i livelli sonori con l'esclusione dei picchi di rumore (Livello non codificato) e il delta di riduzione dei livelli globali con l'esclusione di tali eventi sonori.

	Leq [dB(A)]		
Id punto di misura	*Livello globale*	*Livello non codificato (livello sonoro con l'esclusione dei picchi di rumore e relativa penalizzazione K_I)*	*Delta (= livello globale - livello non codificato)*
P1-1	71,0	67,1	3,9
P1-2	72,2	68,4	3,8
P2-1	69,2	64,7	4,5
P2-2	70,0	63,7	6,3

Tabella 11. Riepilogo livelli sonori presso le postazioni di misura Pn

Si evidenzia che i moli indagati durante la campagna di misure in oggetto sono i numeri 3-4-5 e 6; tali zone rappresentano le fonti di rumore portuale più impattanti per i ricettori aventi un più alto numero di popolazione esposta, infatti nell'intorno di tali aree sono presenti edifici a civile abitazione di più piani fuori terra (vedere tabella n.4). È auspicabile comunque un intervento su tutti i punti attracco, al fine di ridurre i livelli di rumore durante le fasi di sbarco/imbarco dei traghetti ed i ricettori indagati presso tutti i ricettori maggiormente esposti individuati.

Dall'analisi delle misure in continua, CC1 e CC2, si può dedurre che la componente del traffico stradale incide in maniera determinante sul clima acustico dell'area in esame, ed in particolare, nel periodo estivo considerato.

Per quanto concerne la misura di Pass-by, dall'analisi dei livelli sonori misurati, si può affermare che il passaggio delle navi-traghetto lungo la costa est non incide sul clima acustico di tale area.

6 Individuazione della soluzione tecnologica innovativa per la riduzione del rumore

Rumore impulsivi

Per quanto riguarda la rumorosità generata dagli impatti dei portelloni e delle piastre metalliche, si suggerisce l'utilizzo di un più durevole metodo di ancoraggio di queste ultime alla base in calcestruzzo. Si suggerisce inoltre l'interposizione di elementi resilienti tra di esse ed i portelloni stessi.

In linea di principio, un sistema di ancoraggio più durevole delle piastre metalliche può essere ottenuto utilizzando più lastre in acciaio di dimensioni ridotte anziché un'unica piastra di grandi dimensioni, in modo da evitare la generazione di sforzi di taglio dovute alla flessione della lastra e alle dilatazioni termiche, i quali comportano la formazione di rotture come visibile nella foto sottostante.

Figura 7. Rottura della saldatura tra piastre metalliche e barre di fissaggio

In alternativa e in aggiunta, si potrebbe prevedere un rinforzo sulla saldatura che permetta di distribuire lo sforzo (attualmente di natura puntiforme) su una superficie di contatto tra piastra e barra metallica di fissaggio più ampia, riducendo quindi la possibilità di rottura. Si mostra nelle immagini sottostanti un esempio di realizzazione:

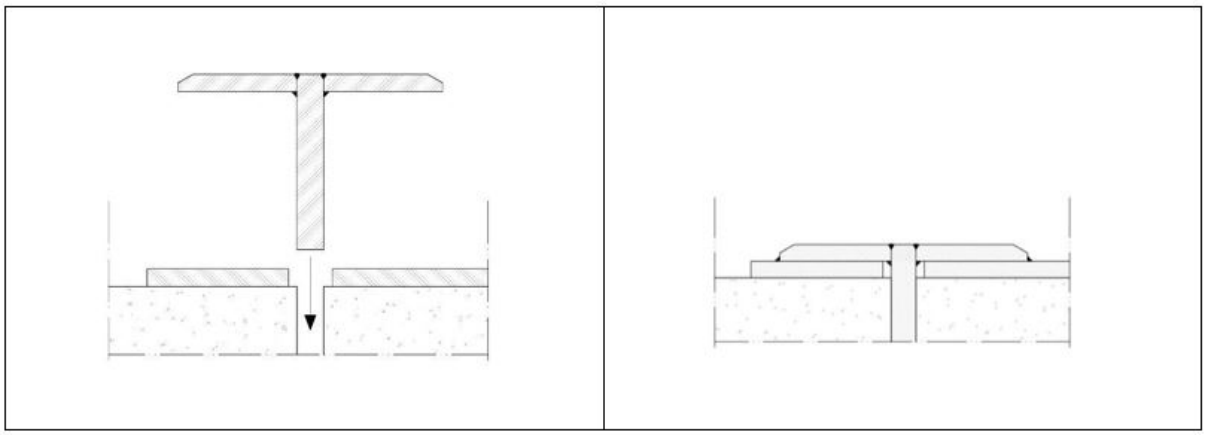


Figura 8. Ipotesi di sistema di ancoraggio più duraturo

Per quanto riguarda invece gli elementi resilienti da interporre tra piastra e portellone, si ritiene che la soluzione più semplice sia la stessa attualmente già adottata per compensare il dislivello variabile tra questi due elementi che si manifesta in funzione delle condizioni di marea, ossia l'interposizione di "tappeti" di spesso raggio formati da cime arrotolate. Si aggiunge la prescrizione di utilizzare sempre questi sistemi, senza limitarsi ad utilizzarli soltanto per compensare il dislivello di marea.

Rumore da traffico

Per la gestione del rumore da traffico, si suggerisce l'implementazione di schemi di traffico veicolare ottimizzati allo scopo di ridurre la congestione ed il conseguente inquinamento acustico. Tali schemi potranno essere definiti dall'Autorità Portuale in coordinamento con le compagnie di trasporto e con l'Amministrazione Comunale, sulla base di statistiche di lungo periodo sui mezzi che accedono all'isola. Potranno inoltre essere definite politiche di accesso e gestione del flusso di traffico mediante un tempestivo rilevamento dei veicoli in entrata/uscita dalle navi.

Le suddette strategie presuppongono la disponibilità di un adeguato sistema di rilevamento in tempo reale e catalogazione dei veicoli in ingresso ed in partenza in modo da consentire. Le principali soluzioni tecnologiche ad oggi disponibili per effettuare questo tipo di rilevamento sono di seguito elencate:

1. conta traffico con strisce piezoelettriche installate sul terreno
2. spire magnetiche installate sul terreno;
3. conta traffico radar su portale;
4. conta traffico mediante videocamera su portale;
5. conta traffico mediante laserscan 3D.

Il sistema 1 non risulta utilizzabile in questo contesto, in quanto le vibrazioni prodotte dal portellone della nave sul terreno possono interferire con il principio di funzionamento.

Anche il sistema 2 non risulta utilizzabile, in quanto richiede che i veicoli escano esattamente incanalati su corsie distinte. Questa configurazione non è possibile, in quanto i veicoli si allineano sulla strada in funzione delle dimensioni del portellone di ogni nave, variabile in modo imprevedibile a seconda della tipologia di nave in arrivo.

I sistemi 3 e 4, per poter rilevare correttamente veicoli che escono affiancati a distanza molto ravvicinata come in questo caso, richiedono l'installazione su portale e pertanto sono stati esclusi poiché avrebbero un impatto paesaggistico rilevante.

Il sistema 5, di nuova concezione rispetto ai precedenti sistemi tradizionali, è stato ritenuto quello adeguato. Si tratta di un dispositivo che mediante l'ausilio di un uno scanner laser, riesce a ricostruire la geometria in 3D dei veicoli, permettendo la distinzione in 8 classi con una accuratezza molto elevata, grazie ad algoritmi basati su intelligenza artificiale (IA). La possibilità di produrre il modello tridimensionale dei veicoli, con l'ausilio dell'IA, permette di rilevare anche i mezzi che transitano sulla corsia più distante e parzialmente schermata dai mezzi che transitano sulla corsia più vicina.

Il sistema individuato può essere montato a fianco delle postazioni di sbarco, ad una altezza di circa 7-10 metri. L'altezza di installazione è definita dalla linea visuale, data dalla distanza sul piano orizzontale tra sensore e corsia di transito. Il cui caso più critico da considerare è quello mostrato in figura sottostante.

Figura 9. Ipotesi di montaggio del rilevatore

Presso ogni postazione (7 in totale) potrà essere installato un sistema, grazie al quale sarà possibile rilevare in tempo reale ora di transito, altezza del veicolo, classe (moto, auto, furgone, autocarro, autobus, autocarro con rimorchio, autoarticolato, auto con rimorchio).

Sempre nell'ottica di ottimizzare la gestione del traffico del porto e gestire al meglio la temporizzazione e sincronizzazione degli eventuali sistemi ITS che potranno essere implementati, è molto utile avere il controllo in tempo reale della condizione di portellone nave aperto/chiuso. Per poter identificare questa condizione si può installare, in ciascun molo, un dispositivo radar. Tale dispositivo potrebbe essere installato in corrispondenza dell'area di appoggio a terra del portellone, a circa mezzo metro di distanza da bordo del molo e mare, all'interno di un pozzetto di circa 10 cm di diametro e 40 cm di profondità nel calcestruzzo. Il pozzetto dovrà essere tappato con materiale trasparente alle emissioni radar (ad esempio PVC) e in corrispondenza di esso dovrà essere forata anche la piastra metallica presente sul molo, come mostrato nella sezione sottostante.

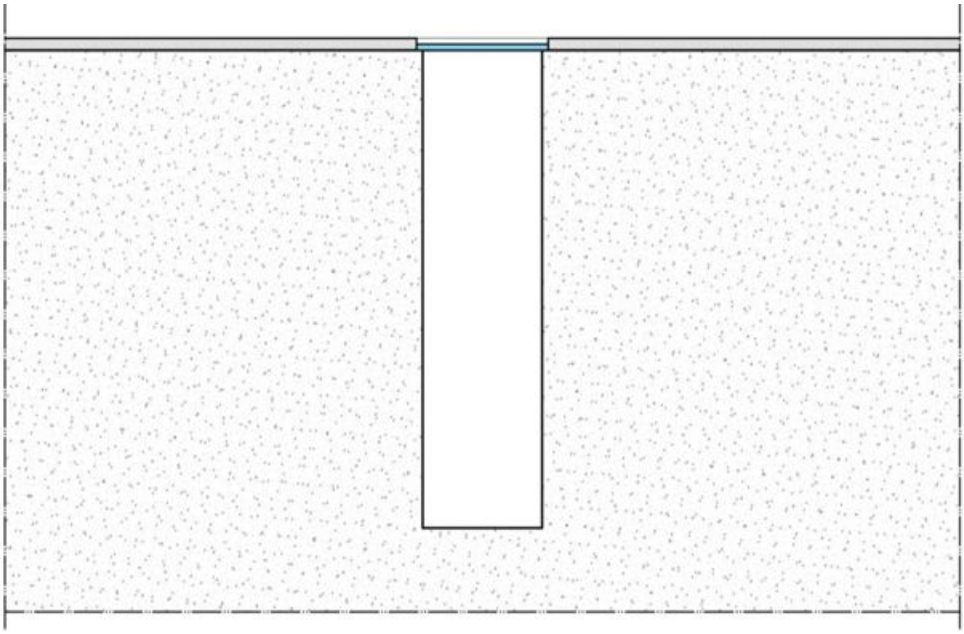


Figura 10. Foro per l'installazione a terra di radar detector

Il radar così installato potrà rilevare le fasi di abbassamento del portellone.

Oltre a queste tecnologie individuate, propedeutiche all'implementazione di schemi di traffico intelligenti finalizzati alla riduzione del rumore, si ricorda anche la possibilità di utilizzo degli asfalti fonoassorbenti.

7 Conclusione

Sono stati elaborati i rilievi dei monitoraggi acustici effettuati presso il Porto di Portoferrraio. Dalle analisi sono emerse alcune criticità, migliorabili tramite le soluzioni tecnologiche che sono state individuate e proposte nel presente rapporto.

Una volta implementate queste soluzioni, si procedura un'ulteriore campagna di rilievi acustici nei possibilmente nei medesimi punti al fine di poter valutare la bontà dell'intervento, si capirà se le aspettative in termini di riduzione del rumore sono effettivamente quelli previsti o meno.

Studio dell'inquinamento acustico nei porti, Piano d'azione transfrontaliero

PROGETTO DECIBEL

" DEPOLUTION ACOUSTIQUE DES CENTRES PORTUAIRES URBAINS ET INSULAIRES"

Asse 3 – Lotto 2, progetto N° 195

Componente T1 - Attuazione
Attività T1.2 – Realizzazione di una strategia e di un Piano d'azione transfrontaliero
Prodotto T1.2.2 – Piano d'azione transfrontaliero

Data di consegna prevista: 01/2020
Data di consegna effettiva: 02/2020

Livello di diffusione		
PU	Pubblico	**X**
CO	Confidenziale, solo per i partner	**X**

PORTO DI OLBIA

COMUNE DI OLBIA

ATTRAVERSO IL SUO PARTNER TECNICO DICAAR – UNIVERSITÀ DI CAGLIARI

Università degli Studi di Cagliari

Via Marengo, Cagliari

Organizzazione responsabile dello studio: DICAAR Università degli studi di Cagliari
(partner Tecnico del Comune di Olbia)
Responsabile del Progetto per il DICAAR: **Prof. Paolo Fadda**

8 RIFERIMENTI BUROCRATICI

9 SINTESI DELLE SCELTE DI CAPITOLATO

Al fine della individuazione della pavimentazione sono state considerate le seguenti istanze:

- La opportunità di indicare alla committenza tipologie sovrastrutturali non esclusivamente fono-assorbenti ma, più in generale, meno rumorose.
- La presenza di mezzi pesanti, con una percentuale a volte maggiore del 10% circa.
- Le indicazioni provenienti da progetti di ricerca aventi ad oggetto pavimentazioni stradali meno rumorose (per esempio, Life Nereide, Life E-VIA).
- Le indicazioni provenienti dalla letteratura internazionale di settore (si veda la bibliografia).
- La opportunità di contemperare aspetti prettamente meccanici ed aspetti ambientali.

Alla luce di quanto sopra sono state selezionate due miscele con dimensione nominale massima dell'aggregato piuttosto ridotta. In uno dei due casi si è considerata la introduzione di una percentuale di granulato di gomma. Le miscele e le relative caratteristiche volumetriche hanno carattere prevalentemente sperimentale.

10 STRATO SUPERFICIALE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO – TIPO 1

La struttura logica del presente capitolato è parzialmente conforme a quella del **capitolato CIRS** e del **capitolato ANAS** (cfr. bibliografia). Nel caso di disponibilità di pezzature in loco diverse, sarà necessaria la ri-calibrazione delle miscele.

10.1 Materiali costituenti-bitume

Il bitume sarà un 50/70 modificato ed avrà le caratteristiche seguenti.

Parametro	*Normativa*	*unità di misura*	*tipo* A
Penetrazione a 25°C	EN1426, CNR24/71	dmm	50-70
Punto di rammollimento	EN1427, CNR35/73	°C	≥ 65
Punto di rottura (Fraass)	EN 12593 CNR43 /74	°C	≤ - 15
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	PrEN 13072-2	Pa□s	≥ 0,4
Ritorno elastico a 25 °C	EN 13398	%	≥ 75%
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C Variazione del punto di Rammollimento	EN 13399	°C	≤ 0,5
Valori dopo RTFOT	EN12607-1		
Volatilità	CNR54/77	%	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	EN1426, CNR24/71	%	≥ 60
Incremento del punto di Rammollimento	EN1427, CNR35/73	°C	≤ 5

Tabella 1. Bitume- qualità

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del

prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati. Tale certificazione sarà rilasciata dal produttore o da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Additivi. Eventuali additivi della miscela o dei suoi componenti, ivi incluso l'uso di fibre, dovranno essere congruenti con quanto riportato nel presente capitolato, anche in termini di prestazioni attese.

10.2 Materiali costituenti-aggregati lapidei

Aggregati lapidei. L'**aggregato grosso** deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti (qualora determinabili) i requisiti indicati nelle tabelle seguenti. Si sottolinea che la impossibilità ad eseguire prove, o mancata esecuzione di prove, o lo stesso relativo soddisfacimento di prove non possono in alcun modo comportare o giustificare il mancato soddisfacimento degli ulteriori requisiti specificati nella presente relazione (anche in altra sezione, ed in particolare di quelli relativi ai controlli sul costruito).

Trattenuto al crivello UNI n. 5			
Indicatori di qualità			
Parametro	*Normativa*	*Unità di misura*	*Valore*
Los Angeles	CNR 34/73	%	≤ 20
Micro Deval umida	CNR 109/85	%	≤ 15
Quantità di frantumato	-	%	100
Dimensione max	CNR 23/71	*mm*	20
Sensibilità al gelo	CNR 80/80	%	≤ 30
Spogliamento	CNR 138/92	%	0
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≤ 1
Coefficiente di forma	CNR 95/84		≤ 3
Coefficiente di appiattimento	CNR 95/84		≤ 1,58
Indice appiattimento	CNR 95/84	%	≤ 20
Porosità	CNR 65/78	%	≤ 1,5
CLA	CNR 140/92	%	≥ 45

Tabella 2. Aggregato grosso- qualità

L'**aggregato fino** deve essere costituito da elementi naturali e di frantumazione, come in tabella.

AGGREGATO FINO (Passante al crivello UNI n. 5)			
Indicatori di qualità			
Parametro	*Normativa*	Unità di misura	*Valore*
Equivalente in sabbia	CNR 27/72	%	≥ 80
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≤ 2
Quantità di frantumato	CNR 109/85	%	100

Tabella 3. Aggregato fino- qualità

Il **filler**, frazione passante al setaccio 0,075 mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica,

polvere di asfalto, ceneri volanti. In ogni caso il filler per conglomerati bituminosi a caldo confezionati con bitume modificato deve soddisfare i requisiti indicati in tabella.

Filler (frazione sostanzialmente minore di 0.075mm)			
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base Binder Usura
Spogliamento	CNR 138/92	%	≤ 5
Passante allo 0.18	CNR 23/71	%	100
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≥ 80
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014		N.P.
Vuoti Rigden	CNR 123/88	%	30-45
Stiffening Power Rapporto filler/bitume = 1,5	CNR 122/88	ΔPA	≥ 5

Tabella 4. Filler - qualità

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio riconosciuto. La miscela degli aggregati da adottarsi per i diversi strati deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in tabella. La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella e si ispira concettualmente al raggiungimento di percentuali dei vuoti residui intorno al 7%.

Vaglio	% passante	Entro
mm	%	±
8	100	0
5.6	100	3
4	88	5
2	58	5
1	35	5
0.5	24	5
0.25	18	3
0.063	11	2
%b (rif. aggr)	**6.4**	**0.5**

Tabella 5. Granulometria aggregati e percentuale bitume riferita agli aggregati

NB. Soluzione senza PFU.

10.3 Miscela bituminosa

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In via transitoria si potrà utilizzare, in alternativa, il metodo Marshall. Lo spessore

della miscela in opera e compattata deve essere pari a 2.5cm. Le caratteristiche richieste sono riportate in tabella.

Sulla miscela definita con la pressa giratoria (provini confezionati al 98% della DG) deve essere sperimentalmente determinato un opportuno parametro di rigidezza (modulo complesso, modulo elastico, ecc.) che deve soddisfare le prescrizioni per esso indicate nel progetto della pavimentazione ed ha la funzione di costituire il riferimento per i controlli alla stesa.

Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Angolo di rotazione		1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	rotazioni/min	30
Pressione verticale	Kpa	600
Diametro del provino	mm	150
Risultati richiesti		
Vuoti a 10 rotazioni	%	10-18
Vuoti a 50 rotazioni (*)	%	5-9
Vuoti a 130 rotazioni	%	≥ 3
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm^2	> 0,4
Coefficiente di trazione indiretta[1] a 25 °C (**)	N/mm^2	> 30
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25
(*) La densità ottenuta con 50 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D_G (**) Su provini confezionati con 50 rotazioni della pressa giratoria		

Tabella 6. Giratoria

Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Costipamento	50 colpi x faccia	
Risultati richiesti		
Stabilità Marshall	KN	>5
Rigidezza Marshall	KN/mm	> 2,0
Vuoti residui (*)	%	**5-9**
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	□ 25
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm^2	> 0,4
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm^2	> 30
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D_M		

Tabella 7. Marshall

Il peso di volume deve essere calcolato tramite il metodo corelok o per paraffinatura.

[1] Coefficiente di trazione indiretta
CTI = π/2 DRt/Dc
dove
D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino
Dc = deformazione a rottura
Rt = resistenza a trazione indiretta

11 STRATO SUPERFICIALE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO – TIPO 2

Vale quanto stabilito per il tipo 1 con le seguenti modifiche e precisazioni. La miscela contiene aggregati lapidei, gomma da PFU e legante e la procedura esecutiva (miscelazione, in particolare) è quella denominata "dry". La granulometria (gomma da PFU + aggregati lapidei) permane quella in tabella 5, con la variazione della percentuale di bitume riferita agli aggregati (lapidei e non).

mm	%	±
8	Come in Tabella 5	
5.6		
4		
2		
1		
0.5		
0.25		
0.063		
%b ("aggr")	6.6	0.5

Tabella 8. Granulometria aggregati+gomma e percentuale bitume riferita al totale (escluso bitume)

La Gomma riciclata da PFU ha la granulometria riportata in tabella.

Mm	**% (peso)**	±
8	**100.00**	
4	**98**	2
2	**14**	5
0.5	**0**	
0.25	**0**	
0.063	**0**	

Tabella 9. Granulometria Gomma riciclata da PFU

Nel caso di granulometria diversa la miscela dovrà essere riprogettata anche in termini di percentuale di bitume. La percentuale di Gomma riciclata da PFU in peso rispetto agli aggregati è assunta essere pari al 5%.

12 ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati. Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'Impresa deve attenervisi rigorosamente. Nella curva granulometrica saranno ammesse variazioni delle singole percentuali del contenuto di aggregato grosso di ± 3, del contenuto di aggregato fino (passante al crivello UNI n. 5) di ± 2, del passante al setaccio UNI 0,075 mm di ± 1,5. Per la percentuale di bitume è

tollerato uno scostamento di ± 0,25. Tali valori devono essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto e alla stesa come pure dall'esame delle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

13 CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte. La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata. L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione. Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo. La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura. Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante. La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 170°C e 190° C e quella del legante tra 160° C e 180° C, in rapporto al tipo di bitume impiegato. Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati. L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

14 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del **manto di usura** a caldo è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio e l'impermeabilizzazione dello strato sottostante. La mano d'attacco può essere realizzata con emulsione di bitume modificato, spruzzata con apposita spanditrice automatica in modo che il bitume residuo risulti pari a 1,00 Kg/m^2; in alternativa può essere utilizzato bitume modificato steso a caldo nella stessa quantità per unità di superficie. Sulla mano d'attacco, per consentire il transito dei mezzi di stesa, dovrà seguire immediatamente la granigliatura con aggregati di

pezzatura 4/8 mm in ragione di 6/8 litri al metro quadrato. Allo stesso scopo potrà essere utilizzata sabbia o calce idrata. L'emulsione per mano d'attacco deve rispondere ai requisiti riportati in tabella.

Contenuto di acqua	CNR 101/84	%	30±1
Contenuto di legante	CNR 100/84	%	70±1
Contenuto di bitume	CNR 100/84	%	> 69
Contenuto flussante	CNR 100/84	%	0
Demulsività	ASTM D244		50-100
Omogeneità	ASTM D244	%	< 0,2
Viscosità Engler a 20 °C	CNR 102/84	°E	> 20
Sedimentazione a 5 g	CNR 124/88	%	< 5
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	CNR 24/71	dmm	50-70
Punto di rammollimento	CNR 35/73	°C	> 65
Punto di rottura (Frass)	CNR43/74	°C	≤ - 15
Ritorno elastico a 25 °C	EN 13398	%	> 75

Tabella 10. Emulsione

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche indicate in tabella sopra. Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale.

15 POSA IN OPERA DELLE MISCELE

La posa in opera dei manti di usura speciali viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. La velocità di avanzamento delle vibrofinitrici non deve essere superiore ai 3 – 4 m/min, con alimentazione continua del conglomerato. Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi. Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura. I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento. La sovrapposizione dei giunti longitudinali con quelli degli strati sottostanti

deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti. Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni. La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice deve risultare in ogni momento non inferiore a 140° C. La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Il conglomerato eventualmente compromesso deve essere immediatamente rimosso e successivamente lo strato deve essere ricostruito a spese dell'Impresa. La compattazione del conglomerato deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. Il costipamento deve essere realizzato mediante rullo statico a ruote metalliche del peso massimo di 10t. Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso. La superficie degli strati deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

16 CONTROLLI

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ. L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella tabella sotto. Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive. Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità. Sulla miscela vengono determinate: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la quantità di attivante d'adesione, la quantità di fibre e vengono inoltre controllate le caratteristiche di idoneità mediante la Pressa Giratoria. I provini confezionati mediante l'apparecchiatura Pressa Giratoria devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale a 25 °C (Brasiliana). In mancanza della Pressa Giratoria vengono effettuate prove Marshall: peso di volume (D_M), stabilità e rigidezza (CNR 40/73); percentuale dei vuoti residui (CNR 39/73); resistenza alla trazione indiretta (Prova Brasiliana – CNR 134/91).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori. Lo spessore dello strato viene determinato, per ogni tratto

omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%. Le stesse misure possono essere effettuate in continuo con apparecchiature georadar. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante. Per carenze superiori al 20% dello spessore di progetto si impone la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

La densità in sito, nel 95% dei prelievi, deve essere non inferiore al 98%, del valore D_G (ovvero D_M) risultante dallo studio della miscela. Le misure di densità vengono effettuate su carote prelevate dalla stesa oppure eseguite con sistemi non distruttivi, quali nucleo densimetri o simili, individuati dalla DL in accordo con l'Impresa, prima dell'inizio dei lavori. Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce:

- del 10 % dell'importo dello strato per densità in sito comprese tra 95 e 98 % di D_G (ovvero D_M);
- del 20 % dell'importo dello strato per densità in sito comprese tra 92 e 95 % di D_G (ovvero D_M).

Il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) misurato con l'apparecchiatura SCRIM (CNR 147/92) deve risultare ≥ 0,58. In alternativa si può determinare la resistenza di attrito radente con lo Skid Tester (CNR 105/85) che deve fornire valori di BPN (British Pendulum Number) ≥ 60.

L'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia CNR 94/83 deve essere ≥ 0,6. Misure eventualmente eseguite con apparecchiature a rilievo continuo[3] devono essere riferite all'altezza di sabbia (HS) con apposite correlazioni.

Le misure di CAT e HS devono essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico, per ogni corsia, con un "passo di misura" di 10 m. I valori misurati possono, eventualmente, essere mediati ogni 50 m per tenere conto di disomogeneità occasionali e localizzate.

Qualora il valore medio di CAT o HS, per ciascuna tratta omogenea (tratti di pavimentazione nei quali ricadono almeno 4 valori dell'indicatore distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale") sia inferiore ai valori prescritti, il manto di usura speciale (di qualsiasi tipo) viene penalizzato del 15% del suo costo.

La capacità drenante media, eseguita in sito ogni 250 m sfalsando di volta in volta la corsia e misurata con permeabilimetro a colonna d'acqua di mm 250 su un'area di 154 cm^2, deve essere misurata.

[3] Mini texture meter (WDM - TRRL), SUMMS, ecc.

TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2500 m^3 di stesa	Tabelle sopra
Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m^3 di stesa	
Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m^3 di stesa	
Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m^3 di stesa	
Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m^2 di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Carote x densità in sito	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia stesa	CAT≥ 0,58 (media su 50m). BPN ≥ (ogni 50 m)
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia stesa	HS ≥ 6 mm (media su 50m)
Pavimentazione	Pavimentazione	3 prove	CPX congruente con GPP

Tabella 11. Controlli

Ai sensi del DM 29 novembre 2000, devono essere effettuati dei controlli per la verifica dell'efficacia dell'intervento di risanamento acustico. A tal fine viene determinato il livello di emissione di rumore da rotolamento della pavimentazione (metodo "Close Proximity Method -CPX" -UNI EN ISO 118189-2), secondo il protocollo adottato dal Green Public Procurement "Road Design, Construction and Maintenance" (https://ec.europa.eu/environment/gpp/eu_gpp_criteria_en.htm) redatto dal Joint Research Center per conto della Commissione Europea. In particolare, è richiesto il collaudo acustico entro le 12 settimane dall'apertura al traffico, una seconda e una terza prova rispettivamente 30-36 mesi e 54-60 mesi dopo la posa in opera, per valutare la durabilità delle prestazioni acustiche. Il livello CPX misurato dovrà rispettare i limiti previsti dal succitato GPP "Road Design, Construction and Maintenance".

17 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Capitolato CIRS. Capitolati ANAS.

STP 204-19-Standard Test Section: ASPHALT MIXES - Procedures Manual Subject: ASPHALT FILM THICKNESS DETERMINATION

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - Norme Tecniche - ANAS S.p.A.- CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO - Parte 2ª Norme tecniche - Pavimentazioni stradali/autostradali

Massimo Losa, Pietro Leandri, Mauro Cerchiai , Improvement of Pavement Sustainability by the Use of Crumb Rubber Modified Asphalt Concrete for Wearing Courses, Article in International Journal of Pavement Research and Technology · November 2012.

WISCONSIN ASPHALT PAVEMENT ASSOCIATION, TECHNICAL BULLETIN, Porous Asphalt Pavements.

IPOOL, Campagna di indagine fonometrica "Ante Operam" per il progetto RUMBLE-Relazione.

Jørgen Kragh, Lykke Møller Iversen and Ulf Sandberg, VEJDIREKTORATET,RAPPORT 506, 2013 , NORDTEX FINAL REPORT -ROAD SURFACE TEXTURE FOR LOW NOISE AND LOW ROLLING RESISTANCE.

Jørgen Kragh, Jens Oddershede, Rasmus Holck Stahlfest Skov, Hans Bendtsen, Report number 2018-1, EAN number 9788793394704, **NordTyre - Tyre labelling and Nordic traffic noise – Analysis of data on passenger car tyres, 2014, 2015.**

Kragh, J., Bendtsen, H, Hildebrand, G., Noise classification for tendering quiet asphalt wearing courses, Procedia - Social and Behavioral Sciences 48 (2012) 570 – 579, 1877-0428 © 2012 Published by Elsevier Ltd. Selection and/or peer review under responsibility of the Programme Committee of the Transport Research, Arena 2012, doi: 10.1016/j.sbspro.2012.06.1035.

Raden Hendra Ariyapijati, Sigit Pranowo Hadiwardoyo, and R. Jachrizal Sumabrata, Contributions crumb rubber in hot mix asphalt to the resilient modulus, AIP Conference Proceedings 1855, 030005 (2017); https://doi.org/10.1063/1.4985475, Published Online: 15 June 2017.

Del Pizzo, A., Teti, L., Moro, A., Bianco, F., Fredianelli, L., Licitra, G., Influence of texture on tyre road noise spectra in rubberized pavements (2020) Applied Acoustics, 159, art. no. 107080 DOI: 10.1016/j.apacoust.2019.107080.

Praticò, F.G., Briante, P.G. Prediction of surface texture for better performance of friction courses (2020) Construction and Building Materials, 230, art. no. 116991, DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.116991.

Kragh, L.M. Iversen, U. Sandberg, Nordtex Final Report Road Surface Texture for Low Noise and Low Rolling Resistance, 2013.

P. Leandri, M. Losa, P. Rocchio, New low noise pavement surfaces by the use of crumb rubber, in: Euronise 2018, Crete, 2018, pp. 2679–2686.

D. Siebert, How wear affects road surface texture and its impact on tire/road noise texture, NTNU Norwegian University of Science and Technology, 2017.

Doreen Fritzsche, Svein Å. Storeheier, Helge Mork, the effect of asphalt mixture materials on changes of the road surface texture, Proceedings of 41st International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2012 (INTER-NOISE 2012). Institute of Noise Control Engineering (INCE). ISBN 978-1-62748-560-9

Studio dell'inquinamento acustico nei porti, Piano d'azione transfrontaliero

PROJET DECIBEL

" DEPOLUTION ACOUSTIQUE DES CENTRES PORTUAIRES URBAINS ET INSULAIRES"

Axe 3 – Lot 2, projet N° 195

Composante T1 – Mise en œuvre
Activité T1.2 – Réalisation d'une stratégie et d'un Plan d'action transfrontalier
Livrable T1.2.2 – Piano d'action transfrontalier

Date de livraison prévue : 01/2020
Date de livraison effective : 02/2020

Niveau de diffusion		
PU	Publique	**X**
CO	Confidentiel, seulement pour les partenaires	**X**

PORTOFERRAIO
UNIVERSITÀ DI Genova – ANCI Toscana

Sommario

1 Contexte 3
2 Liste d'actions en faveur de la réduction du bruit 3
3 Portoferraio 6
3.1 Quadre de mesure 6
3.2 Description de la campagne de mesura 8
3.3 Identification des récepteurs les plus exposés 10
4 Analyse des mesures 11
5 Identification de la source principale de bruit au port 18
6 Identification de la solution technologique innovante de réduction du bruit 20
7 Conclusion 24
8 Références Bureaucratique 27
9 RÉSUMÉ DES CHOIX DE CAHIER DES CHARGES 27
10 Couche superficielle en conglomérat BITUMINEUX – TYPE 1 27
10.1 Matériaux constituant le bitume 27
10.2 Matériaux constituants et granulats lapidaires 28
10.3 Mélange bitumineux 29
11 STRATO SUPERFICIALE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO – TYPE 2 31
12 Vérification des mélanges 31
13 Conditionnement des mélanges 32
14 Préparation des superficies à revêtir 32
15 MISE EN OEUVRE DES MÉLANGES 33
16 Contrôles 34
17 Références bibliographiques 37
18 Les ports français 39

1 Contexte

Ce document est la normale résultante du produit dénommé **Étude conjointe** dont l'objectif était de montrer l'applicabilité de la méthodologie développée comme partie de produit T1.1.1 pour les ports de Portoferraio, d'Olbia et de Giglio pour ce qui est des ports italiens, Bastia et Ile Rousse celui des ports français.
Le port de Portoferraio est un bon exemple de port insulaire dont l'activité est vitale pour la ville et de la commune en général. Toutefois, ces activités peuvent être source de bruit pour les résidents de la zone. Une particulière source a été en particulier objet de plaintes : C' est un bruit impulsif répétitif émis pendant la phase de chargement et de déchargement des bateaux Moby (qui amarre sur le quai 1-2-3), Toremar (quai 4-5), Corse Elba-ferries (quai 6), Bleu-Navy (quai 7) en raison d'un mouvement soudain de la rampe lors du passage d'un véhicule sur la rampe.

Dans la première partie de ce document, nous vous présentons une liste des différentes actions en faveur de la réduction du bruit qui peut être faite à différents niveaux (source, récepteur, mode de propagation), puis nous présenterons les différentes actions décidées par les différents ports (Autorité portuaire). En particulier celui de Portoferraio (fait en accord avec ANCI Toscane, Autorité Portuaire du Mar Tirenno Septentrional et UNIGE), successivement celui d'Olbia (fait en accord entre la Municipalité d'Olbia et son partenaire scientifique l'Université de Cagliari).

2 Liste d'actions en faveur de la réduction du bruit

Al En vue de la réduction du bruit, on peut intervenir de plusieurs manières : soit à la source, soit en prenant des mesures sur les récepteurs, soit des mesures sur le mode de propagation et des mesures organisationnelles.

Exemples de mesures de réduction à la source
Terminaux et installations:
• Couverture des parties ou zones bruyantes avec un isolant
• Utiliser des matériaux de construction absorbants
• Réduction du rayonnement sonore transmis à travers la structure
• Équipement silencieux (les modèles silencieux coûtent un peu plus cher)
• Réduire la vitesse de pose des conteneurs
• Conduite silencieuse (guide ECO)
• Service de suivi de réduction du bruit
• Positionnement automatique de l'épandeur
• Évitez les terminaux de nuit (autorisez les activités en bord de mer mais pas d'opération terrestre avec des remorques à travers les interstices)
• Vérifier la pression des pneus
• Placez la source dans un bâtiment ou des barrières autour de la source
• GPS dans des conteneurs pour réduire les pics sonores
• Tuyaux d'échappement silencieux
• L'électricité au lieu du diesel ou du diesel hybride
• Planter des arbres en tant que barrière (peut agir à la fois comme une barrière physique)
• L'autorité portuaire peut demander aux entreprises de mieux isoler leurs sources
• Utilisez le refroidissement par eau au lieu du refroidissement par air

• Utilisez un sol plus doux où les activités le permettent (par exemple, un asphalte silencieux)
Navires:
• Tuyaux d'échappement silencieux et ventilateurs
• Empêcher l'utilisation des hauts parleurs à l'ancrage
• Fournir de l'énergie au navire pendant l'accostage

Exemples de mesure de réduction lors de la propagation et mesures organisationnelles
• Planification général du port
• Planification urbaine (nouvelles aires résidentielles)
• Planification infrastructurelles (routes, chemin de fer)
• Barrières anti-bruit, en délimitant les routes et les rails
• Modélisation des scenarios d'expansion
• Utiliser les softwares de cartographie du bruit comme instrument de support décisionnel
• Changer de période de travail
• Changement dans la production et/ou dans les opérations
• Accepter plus de bruit dans un espace de temps précis en attente de déloger une entreprise ou une nouvelle technologie
• Respecter les limites de vitesse à l'intérieur de l'aire portuaire (réglages des indicateurs de la vitesse du trafic)
• Placer la source de manière à ce que le bruit soit dirigé loin des zones résidentielles
• Réduire les distances de transport
• Nouveaux édifices non résidentiels comme barrière
• Planification du chantier, ex : positionnement des containers de manière qu'ils puissent jouer le rôle de barrière
• Transfert des activités plus bruyantes
• Eloigner le portail d'entrée des zones résidentielles
• Installation des systèmes de mesure de bruit pendant 24 heures en zone résidentielles (pour localiser et documenter les piques de bruit)

Exemples de mesure de réduction du bruit au niveau du récepteur
• Fixation de murs antibruit entre les sources de bruit et les logements (par exemple, écrans et bâtiments)
• Augmenter l'isolation des maisons existantes
• Fenêtres insonorisées
• rendre silencieux les ventilateurs
• Diminution des ouvertures dans les logements existants
• Changer d'attitude par la communication
• Groupes de voisinage
• Présentez à la communauté les différentes opérations portuaires, par exemple amener les habitants au port et expliquer les opérations du port
• Assurer une communication proactive sur les changements / incidents / plans
• Nommer une personne de contact dans le port pour renforcer la confiance

Type de port	Interventions	Maintenance	Avantages	Inconvénients
Ports commerciaux et industriels	Barrière anti bruit	Si	Operations de maintenance facile	Empêche la visibilité du paysage
	Asphalte absorbant le bruit	Si	Résistant au vieillissement	Cout financier très élevé
	Clôtures pour les chantiers			
	Quais électriques	Si	Utilisation simple et facile	Installation complexe, prix de l'énergie électrique
	Modification des trajets			
	Planning pour optimiser la distribution temporelle du bruit			
Ports touristiques	Quais électriques	Si	Utilisation simple et facile	Installation complexe, prix de l'énergie électrique
	Asphalte absorbant le bruit	Si	Résistant au vieillissement	Cout financier très élevé.

3 Portoferraio

Prémisse

Dans le présent rapport sont analysés les résultats de la campagne de mesures acoustiques au port de Portoferraio du 16 au 23 juillet 2019. Cette activité de monitorage, demandé par l'A.n.c.i. Toscane, avait pour but le mesurage et la caractérisation acoustique des particulières activités portuaires dans la période estivale, donc arrivée/départ des bateaux et débarquement/embarquement des véhicules ; Au cours de cette campagne instrumentale, les niveaux de bruit sur les principales routes ont également été relevés afin de caractériser acoustiquement la phase de déversement des véhicules sur les routes urbaines.

Les mesures réalisées permettent de déterminer l'impact acoustique que la présence du port engendre dans la zone urbaine autour du port et de l'analyse des composantes de bruit des activités portuaires, il est possible de déterminer la plus correcte et adéquate solution technologique avec pour but de réduire les nuisances sonores dans les ports.

3.1 Cadre de mesure

Le port de Portoferraio, géré de l'Autorité Portuaire du mar Tirreno Septentrional, est principal port de l'Île d'Elba et est situé sur sa côte septentrionale ;

Le point principal d'abordage pour les unités de diporto est la Darsena Medicea. Le port touristique est géré par la municipalité de Portoferraio à travers la société spécifique de gestion "Cosimo de Medici". Le quai Alto Fondale (quai 7), situé à l'ouest de la Darse Medicea, constitue l'amarrage préférentiel pour les bateaux de croisière, à cause de la localisation en plein centre historique, à côté d'une grande aire de stationnement pour les autocars utilisés pour les excursions et les dimensions considérables des navires qui peuvent y accoster.

De Calata Italia, qui s'étend jusqu'à l'extrême Sud de la zone portuaire, se subdivise en trois jetées : la jetée G. Massimo (quais nn. 5 et 6), la jetée n. 3 (quais nn. 3 et 4) et la jetée n. 1 (quais nn. 1 et 2), destinés à terminal pour les navires qui relient l'Île avec le port de Piombino, auxquels peuvent trouver adéquat amarrage même les bateaux de croisière, dans les cas où le Haut Fond soit occupé.

Dans la figure suivante on rapporte une vue aérienne du Port de Portoferraio avec la détermination des quais et appontements décrits ci-dessus.

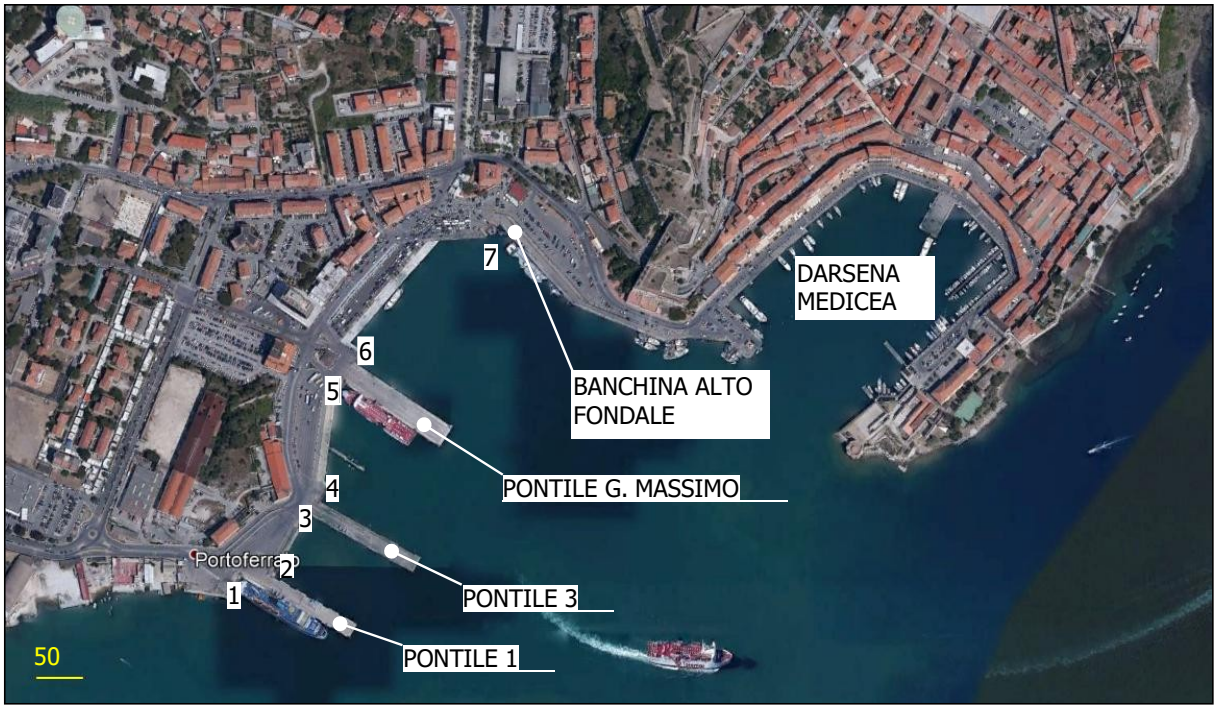


Figura 1. Vue aérienne du port de Portoferraio (LI)

Sur la figure suivante figure un extrait du Plan de Classification Acoustique de la commune de Portoferraio approuvé par le Délibéré C.C. n. 64 du 04/07/2011.

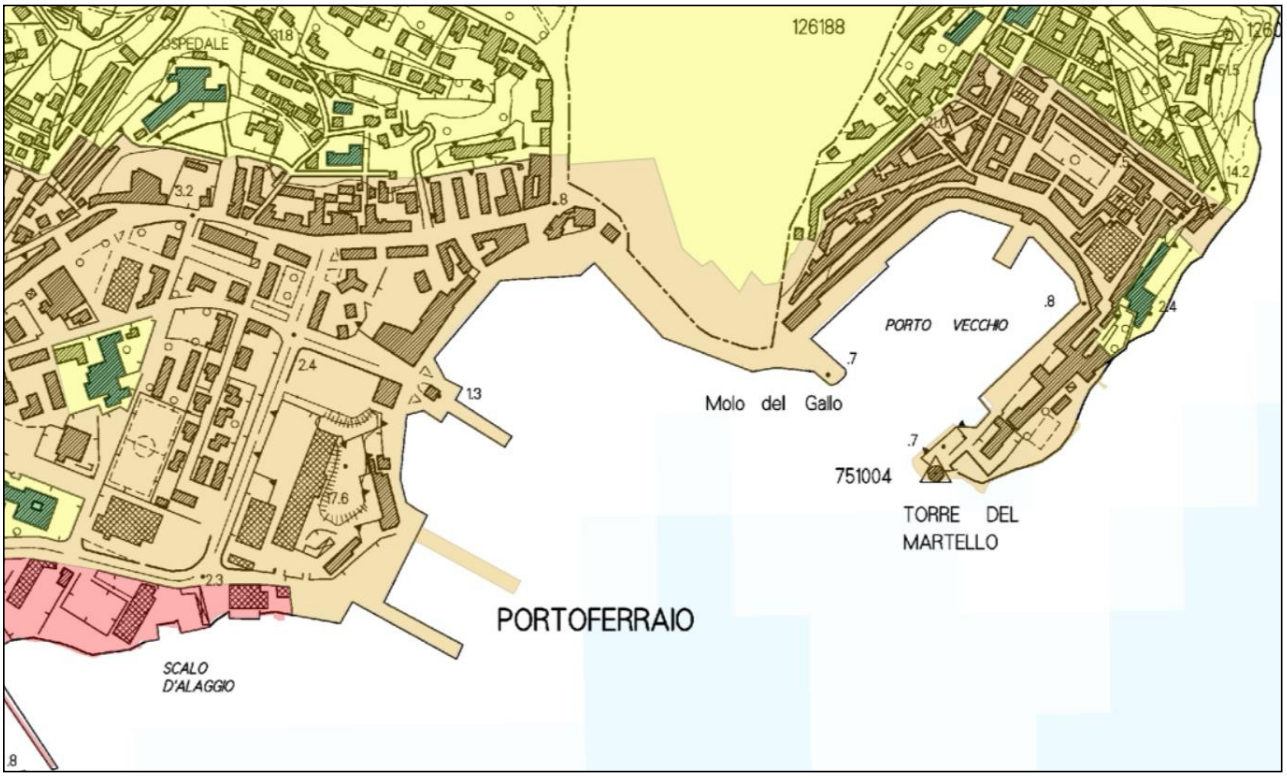


Figura 2. Extrait du PCCA

3.2 Description de la campagne de mesura

La campagne de mesures effectuée par le Studio Alfa S.p.A., a eu lieu dans la semaine du 16 au 23 juillet 2019, période représentative de la haute saison touristique estivale.

Les activités d'enquête se réfèrent à la pollution sonore produite par les transbordeurs qui atteignent le port de Portoferraio pendant cette période et à la phase de déversement des véhicules sur les routes de la ville.

Les relevés effectués au cours de la campagne de mesures se présentent comme suit :

- **CC1 et CC2** : postes d'installation de centrales pour l'exécution de mesures en continu hebdomadaire du 16/07/19 au 23/07/2019 ;
- **Pn**: mesures spot près des quais d'enquête (quais 3 - 5 - 6) pendant l'arrivée des bateaux-bacs et les suivantes opérations de débarque et embarquement dans le jour 16/07/2019 ;
- **Estn**: mesures spot exécutées en parallèle aux mesures Pn dans les rues de la ville;
- **Pass-by** : mesure spot le long du littoral (détection du passage de deux transbordeurs).

Les emplacements de mesure décrits sont indiqués sur l'image suivante.

Figure 3. Emplacement des points de mesure de la campagne acoustique

Les tableaux suivants résument les informations relatives aux mesures en continu et aux mesures ponctuelles en identifiant les événements détectés.

Id mesure	Emplacement	Début mesure	Durée Mesure	Fin mesure	Base Temporelle
CC1	Via Calata Italia presso jetée 3 (Quai 3-4)	12 :20 Mardi 16/07/2019	7 gg	12 :40 Mardi 23/07/2019	10 min
CC2	Via Calata Italia presso pontile Massimo (Quai 5-6)	11 :40 Mardi 16/07/2019	7gg	12 :20 Mardi 23/07/2019	10 min

Tableau 1. Description des mesures en continue

Id mesure	Quai	Début mesure	Durée Mesure et Base temporelle	Fin mesure	Eventi rilevati	Misure spot in parallelo
P1-1	5	12:44:10	24m50s 100 ms	13:09:00	Sbarco/imbarco nave-traghetto Toremar 12:51:50 – inizio sbarco 13:00:50 – fine sbarco/inizio imbarco 13:03:10 – fine imbarco	Est1-1 (presso CC1) base temporale: 1sec
P1-2	6	13:12:34	37m04s 100 ms	13:49:38	Sbarco/imbarco nave traghetto Elba-Ferries 13:21:35 – inizio sbarco 13:32:15 – fine sbarco/inizio imbarco 13:42:15 – fine imbarco	Est1-2 (incrocio stradale) base temporale: 1sec
P2-1	3	15:01:21	37m02s 100 ms	15:38:23	Sbarco/imbarco nave-traghetto Moby 15:11:00 – inizio sbarco 15:17:21 – fine sbarco/inizio imbarco 15:30:00 – fine imbarco	Est2-1 (presso CC2) base temporale: 1sec
P2-2	3	16:28:58	20m00s 100 ms	16:48:58	Sbarco nave-traghetto Moby 16:39:30 – inizio sbarco 16:44:15 – fine sbarco (nessun imbarco)	Est2-2 (incrocio stradale) base temporale: 1sec
Pass-by	-	17:20:00	31m42s 100 ms	17:51:42	passaggio navi-traghetto: intervallo 17:22:30-17:26:30 intervallo 17:38:40-17:44:00	-

Tableau 2. Description des mesures spot

Il convient de souligner que les véhicules en attente d'embarquement se trouvent dans les parkings prévus à cet effet, les moteurs étant à l'arrêt ; Les voitures ne sont allumées qu'après le débarquement et par les opérateurs.

3.3 Identification des récepteurs les plus exposés

Les récepteurs plus exposés au bruit produit des activités portuaires d'amarrage, débarquement/embarquement sont constitués des édifices en vue du port situés le long de la Via Calata Italia et déterminés dans la suivante image aérienne, par les rectangles jaunes et les sigles R.

Figure 4. Identification des récepteurs les plus exposés aux émissions sonores du port

Le tableau suivant résume la destination des récepteurs Rn les plus exposés identifiés ci-dessus, le nombre d'étages et le nombre de quais entraînant un impact acoustique accru sur le récepteur identifié.

Id de récepteur	Utilisation prévue	Nombre d'étages en dehors terre	Jetées les plus percutantes	notes
R1	Résidentiel	4	1-2	Bâtiment actuellement non habité
R2	Services liés à l'activité portuaire	2	3-4	-
R3	Résidentiel avec rez-de-chaussée commercial	2	3-4	-
R4	Résidentiel avec rez-de-chaussée commercial	9	5-6	-
R5	Résidentiel avec rez-de-chaussée commercial	14	5-6	-
R6	Résidentiel avec rez-de-chaussée commercial	4	6	-
R7	Résidentiel avec rez-de-chaussée commercial	8	6-7	-
R8	Résidentiel avec rez-de-chaussée commercial	5	6-7	-
R9	Commercial avec couverture à terrasse de référence civile habitation	1	7	-
R10	Résidentiel	3	7	-
R11	Résidentiel avec rez-de-chaussée commercial	4	7	-
R12	Résidentiel avec rez-de-chaussée commercial	3	7	-
R13	Résidentiel avec rez-de-chaussée commercial	4	7	-
R14	Commercial	1	7	-
R15	Résidentiel	4	7	-
R16	Commercial	1	7	-

Tabella 3. Individuazione dei ricettori maggiormente esposti

4 Analyse des mesures

En analysant les mesures spot P1-1, P1-2, P2-1 et P2-2, on relève de nombreux pics de bruit de nature impulsive pendant les phases de débarquement et d'embarquement des véhicules ; Ces bruits se font au moment où les véhicules passent à l'entrée et à la sortie sur les portes des transbordeurs.

Les tableaux suivants indiquent, pour chaque point de mesure, les valeurs du Leq en dB(A) pendant les phases de débarquement/embarquement, relatives :

- À toute la période de mesure de l'événement débarquement/embarquement (Global) ;
- Ai aux pics engendrés au passage des véhicules sur la porte des bateaux-bacs (pics Pn_débarquement/embarquement)
- Al au niveau sonore obtenu à l'exclusion des pics (non codés).
-

On rapporte également son Histoire Temporelle avec la détection des pics sonores analysés.

P1-1

Sorgente	Leq Sorgente dB	L95 dB	L90 dB	L50 dB	L10 dB	L5 dB	L1 dB
picchi P1-1_sbarco/imbarco	71,7	65,6	66,4	69,8	74,9	76,6	78,8
Non codificato	67,1	64,0	64,4	66,0	69,4	70,7	73,1
Globale	68,0	64,1	64,4	66,2	70,5	72,0	75,3

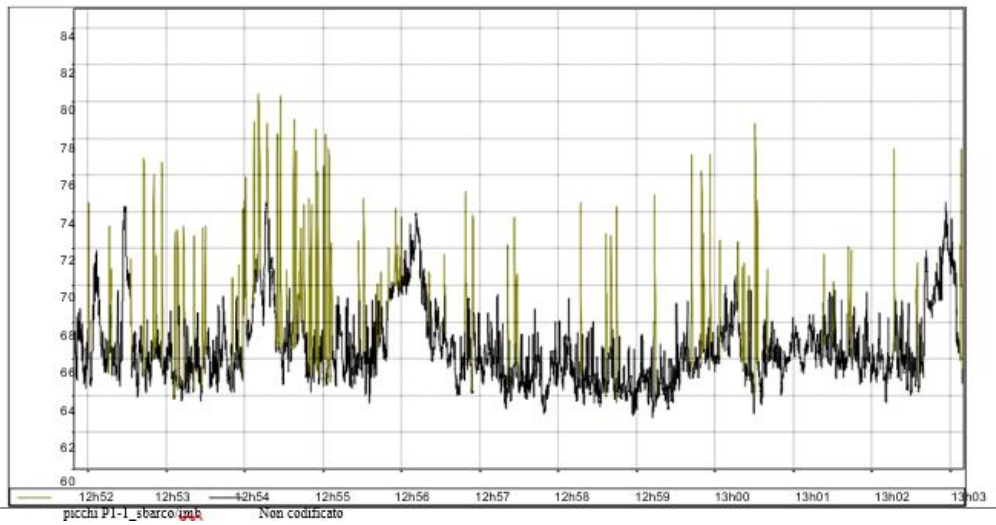


Tableau 4. LeqA et histoire temporelle - P1-1

P1-2

Sorgente	Leq Sorgente dB	L95 dB	L90 dB	L50 dB	L10 dB	L5 dB	L1 dB
picchi P1-2_sbarco/imbarco	72,0	67,3	67,7	69,8	75,0	76,5	79,6
Non codificato	68,4	66,6	66,9	67,8	69,5	70,5	73,4
Globale	69,2	66,6	66,9	68,0	70,4	72,0	75,7

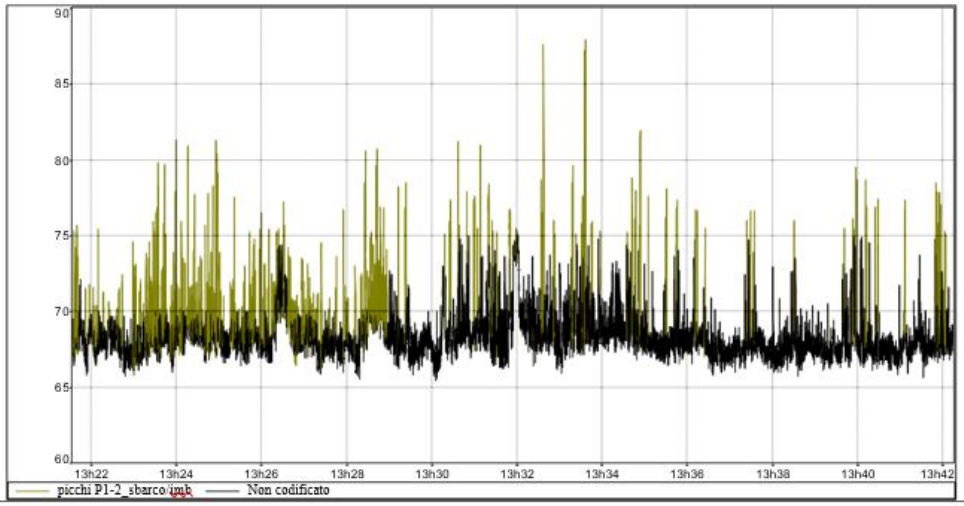


Tableau 5. LeqA et histoire temporelle - P1-2

P2-1

Sorgente	Leq Sorgente dB	L95 dB	L90 dB	L50 dB	L10 dB	L5 dB	L1 dB
picchi P2-1_sbarco/imbarco	75,3	63,6	65,1	71,9	78,8	80,6	84,4
Non codificato	64,7	54,9	56,6	62,5	67,9	69,6	72,4
Globale	66,2	55,0	56,7	62,7	68,6	70,8	76,1

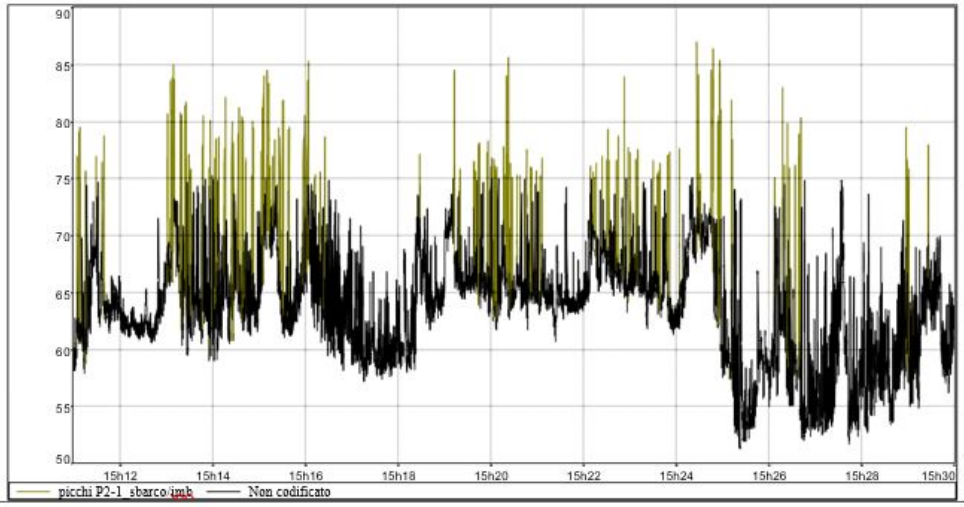


Tableau 6. LeqA et histoire temporelle – P2-1

P2-2

Sorgente	Leq Sorgente dB	L95 dB	L90 dB	L50 dB	L10 dB	L5 dB	L1 dB
P2-2_sbarco	73,1	59,8	61,6	70,1	77,1	78,5	80,9
Non codificato	63,7	56,8	57,6	60,8	66,5	68,7	73,4
Globale	67,0	56,9	57,8	61,3	70,2	73,6	78,0

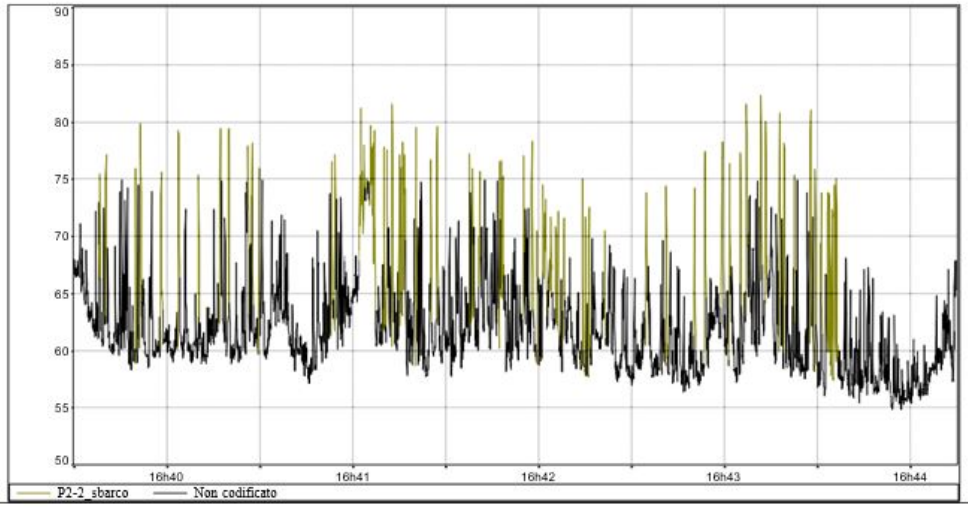


Tableau 7. LeqA et histoire temporelle – P2-2

Vu que ces pics de niveau sonore remplissent les conditions suivantes :

- Les événements sont répétitifs, c'est-à-dire qu'ils se produisent plus de dix fois par heure pendant la période diurne ;
- La différence entre Lalmax et Lasmax est supérieure à 6 dB ;
- La durée de l'événement à -10 dB de la valeur Lafmax est inférieure à 1 s ;

On peut affirmer qu'il existe une composante de bruit impulsif et qu'il convient donc d'introduire un facteur de correction KI de +3 dB.

Le tableau suivant résume les résultats des niveaux sonores relevés aux postes Pn.

	Leq [dB(A)]
Id point de misura	*Niveau global*
P1-1	71,0
P1-2	72,2
P2-1	69,2
P2-2	70,0

Tableau 8. Vue d'ensemble des niveaux sonores aux postes de mesure Pn

Le tableau suivant présente les résultats des mesures en continu aux postes CC1 et CC2 ; en particulier : les Leq horaires pendant les jours de mesure, le Leq horaire moyen et le Leq moyen pendant les périodes de jour et de nuit.

Tableau 9. Leq horaires et moyens horaires - mesure CC1

	L_{eq}/h [dB(A)]								**$L_{eq\ MEDIO}$/h** [dB(A)]
	mar 16/07	mer 17/07	gio 18/07	ven 19/07	sab 20/07	dom 21/07	lun 22/07	mar 23/07	
6.00	-	66,0	64,9	63,3	64,8	63,1	62,7	66,1	64,6
7.00	-	68,9	66,9	65,8	64,5	64,6	66,1	64,8	66,2
8.00	-	64,8	64,9	65,4	65,9	64,0	63,8	66,1	65,1
9.00	-	63,4	63,9	65,8	65,7	63,7	65,7	66,2	65,0
10.00	-	66,6	67,9	66,5	65,1	64,5	66,9	66,0	66,3
11.00	-	65,3	65,9	70,2	67,5	67,4	66,0	66,0	67,2
12.00	-	66,4	66,7	67,3	68,2	64,3	66,0	64,8	66,4
13.00	64,8	65,3	64,4	67,2	65,4	65,0	65,2	-	65,4
14.00	65,0	65,0	65,1	65,2	65,5	67,5	65,2	-	65,6
15.00	65,8	65,0	65,0	65,8	67,4	64,4	66,2	-	65,8
16.00	65,8	65,6	68,0	65,6	65,7	66,3	65,5	-	66,2
17.00	65,5	64,6	66,6	65,9	64,9	66,8	67,9	-	66,2
18.00	66,4	64,6	65,5	66,0	68,2	66,0	66,0	-	66,2
19.00	64,1	64,5	64,3	68,1	65,8	67,6	67,0	-	66,2
20.00	64,1	65,1	63,6	64,1	63,6	64,8	63,4	-	64,1
21.00	65,4	62,5	62,7	65,3	62,4	62,1	62,1	-	63,4
22.00	62,9	60,6	61,4	62,6	61,9	61,1	61,7	-	61,8
23.00	63,4	60,4	60,2	62,1	62,2	60,3	61,4	-	61,6
0.00	61,4	64,1	60,4	60,0	62,0	59,7	63,6	-	61,9
1.00	60,9	57,4	57,4	58,4	61,0	56,4	63,0	-	59,8
2.00	60,5	56,0	56,5	57,0	59,6	56,1	57,7	-	58,0
3.00	61,1	56,1	55,9	56,4	59,4	56,1	57,8	-	58,0
4.00	63,6	61,7	61,6	57,8	60,6	60,1	61,5	-	61,3
5.00	62,2	59,2	59,6	58,9	60,9	64,3	63,0	-	61,6

H Totali	*G Totali*
168	*8*

									$L_{eq\ MEDIO}$ [dB(A)]
diurne	65,3	65,5	65,6	66,4	65,9	65,4	65,6	65,8	**65,7**
notturne	62,1	60,3	59,6	59,7	61,1	60,1	61,7		**60,7**

Tableau 10. Leq horaires et moyens horaires - mesure CC2

	L_{eq}/h [dB(A)]								$L_{eq\ MEDIO}$/h [dB(A)]
	mar 16/07	mer 17/07	gio 18/07	ven 19/07	sab 20/07	dom 21/07	lun 22/07	mar 23/07	
6.00	-	65,7	64,8	65,8	64,4	62,7	63,4	64,6	64,6
7.00	-	65,9	64,9	63,8	64,1	63,6	65,9	64,3	64,7
8.00	-	67,5	66,1	68,5	68,1	66,1	67,2	67,4	67,4
9.00	-	65,7	66,0	67,8	66,3	65,2	66,6	67,5	66,5
10.00	-	68,8	68,1	65,7	66,6	64,3	66,3	67,5	67,0
11.00	-	65,9	67,2	69,0	64,6	65,2	66,3	67,9	66,8
12.00	65,3	66,5	65,8	66,5	66,4	64,6	65,6	67,0	66,0
13.00	64,4	66,1	64,9	66,0	66,1	64,5	65,0	-	65,3
14.00	65,3	63,7	64,7	65,4	67,2	64,0	64,4	-	65,1
15.00	65,9	66,6	66,6	67,0	65,4	64,7	64,4	-	65,9
16.00	65,4	65,4	64,5	64,7	64,1	65,4	64,7	-	64,9
17.00	67,6	67,3	67,8	66,2	65,5	67,3	67,9	-	67,2
18.00	68,0	66,8	67,8	66,9	69,4	67,5	65,3	-	67,5
19.00	66,0	65,1	65,1	64,7	66,9	70,3	69,7	-	67,4
20.00	67,4	66,7	67,3	66,4	63,3	66,1	66,7	-	66,4
21.00	61,6	64,6	63,3	64,4	60,9	61,8	63,8	-	63,1
22.00	60,1	60,1	58,9	64,7	61,6	61,7	62,1	-	61,7
23.00	63,8	64,0	64,0	63,1	61,7	61,0	62,5	-	63,0
0.00	60,6	64,6	63,7	60,1	61,0	59,6	62,7	-	62,1
1.00	60,0	58,0	57,2	58,5	59,7	56,5	57,0	-	58,3
2.00	59,4	56,7	56,5	57,5	57,5	56,1	56,1	-	57,3
3.00	59,6	56,4	55,9	56,7	56,6	56,1	56,2	-	57,0
4.00	60,5	59,2	58,2	57,9	57,1	58,1	58,3	-	58,6
5.00	62,6	62,2	57,8	58,4	58,7	59,0	59,4	-	60,1

H Totali	*G Totali*
168	*8*

									$L_{eq\ MEDIO}$ [dB(A)]
diurno	66,0	66,3	66,1	66,4	66,0	65,7	66,1	66,8	**66,2**
notturno	61,1	61,2	60,1	60,5	59,7	59,0	60,1		**60,3**

Les figures suivantes présentent les graphiques du Leq moyen horaire pour le poste de mesure CC1 et CC2.

Figure 5. Évolution du Leq horaire moyen à la station de mesure CC1

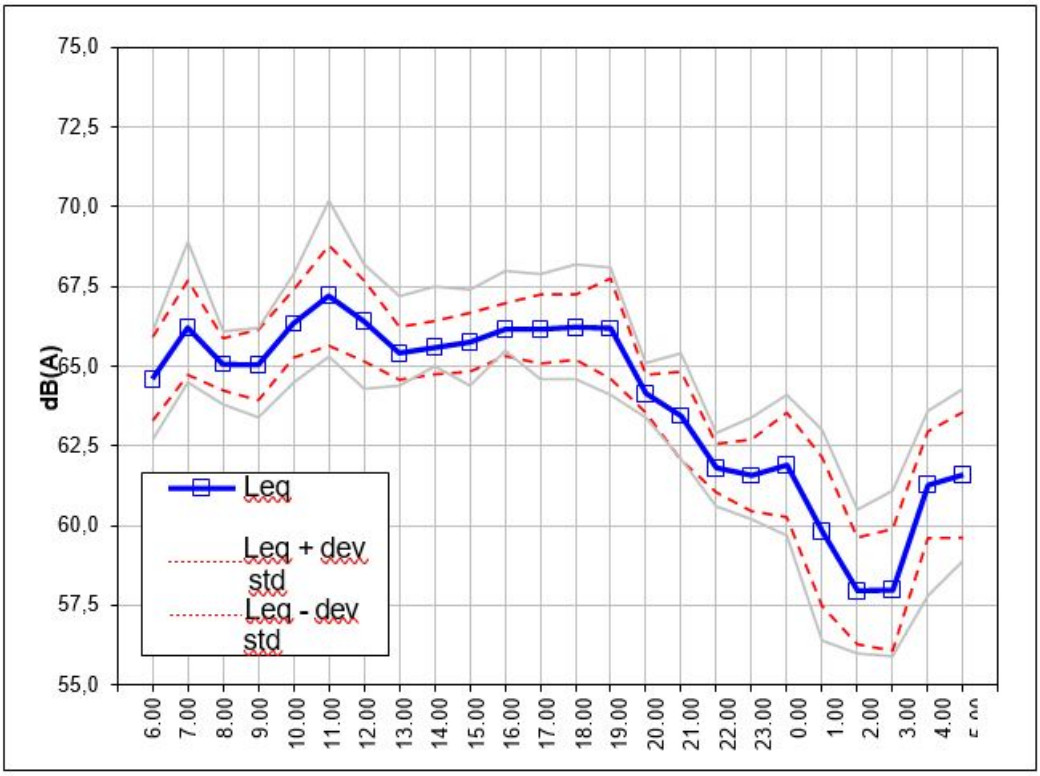
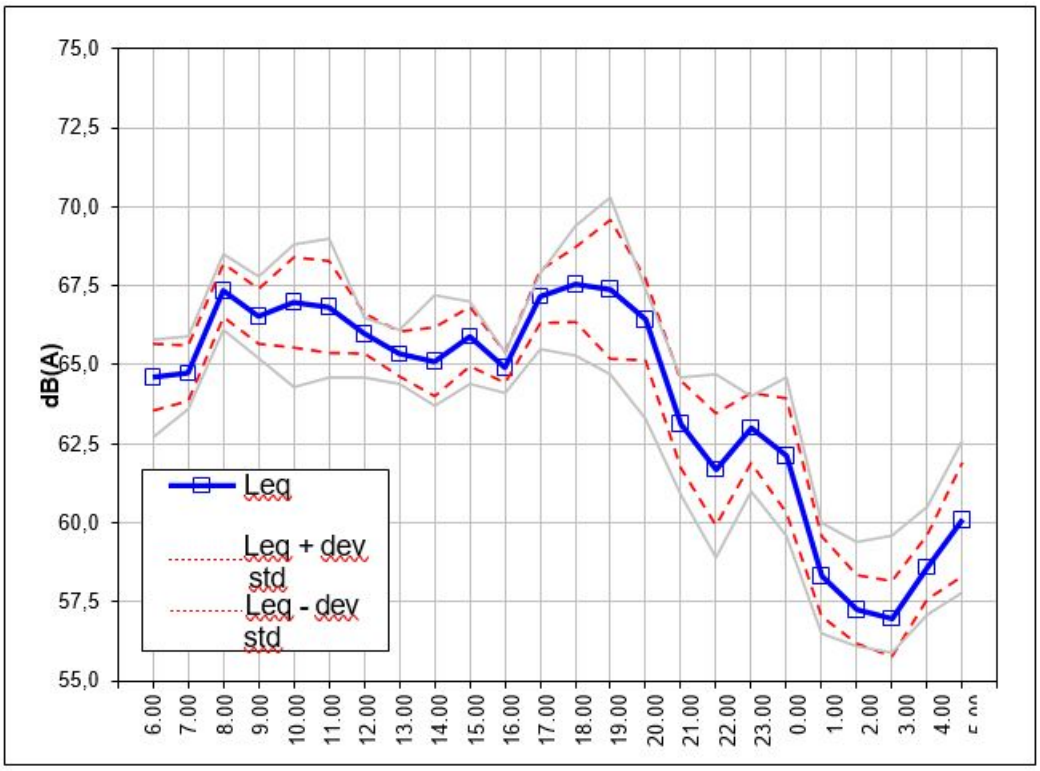


Figure 6. Évolution du Leq horaire moyen à la station de mesure CC2



De la lecture des graphiques précédents, on peut constater que le LeqA moyen horaire ne reste égal et/ou inférieur à 60 dB(A) que pendant la période nocturne de 1 :00 à 5 :00 environ ; dans la plage horaire de 20 :00 à 1:00, le LeqA moyen horaire varie entre 60 dB(A) et 65 dB(A), et pour le reste des heures il dépasse 65 dB(A).

5 Identification de la source principale de bruit au port

Il ressort de l'analyse des mesures effectuées durant la campagne instrumentale de la semaine du 16 au 23 juillet 2019 que les bruits impulsifs, détectés lors des mesures aux postes Pn près des quais, constituent la principale source de bruit sur laquelle il est possible d'intervenir afin d'atténuer l'impact acoustique des activités portuaires pendant les phases de débarquement/embarquement des bateaux-bacs en période estivale.

Ces bruits impulsifs sont générés lors du passage des véhicules sur les portes d'entrée/sortie des navires Ro-Ro :

- De l'impact des portes contre les plaques d'appui en acier posées sur les quais ;
- De l'impact des dalles d'appui contre le béton armé des quais.

La résolution de la cause générant ce niveau de pics de bruit permettrait une réduction des Laeq comprise entre 4 dB(A) et 6 dB(A) grâce aussi à l'élimination de la contribution de pénalisation par composante impulsive.

Le tableau suivant indique les niveaux sonores globaux relevés aux postes de mesure Pn, les niveaux sonores à l'exclusion des pics de bruit (niveau non codé) et le delta de réduction des niveaux globaux à l'exclusion de ces événements sonores.

	Leq [dB(A)]		
Id Point de mesure	*Niveau global*	*Niveau codifié (Niveau sonore hors pics de bruit et pénalisation relative K_I)*	*Delta (=Niveau global - Niveau non codifié)*
P1-1	71,0	67,1	3,9
P1-2	72,2	68,4	3,8
P2-1	69,2	64,7	4,5
P2-2	70,0	63,7	6,3

Tableau 11. Résumé des niveaux sonores aux postes de mesure Pn

Il est mis en évidence que les quais étudiés pendant la campagne de mesures en objet sont les nombres 3-4-5 et 6 ; telles zones représentent les sources de bruit portuaire plus impactantes pour les récepteurs ayant un plus haut nombre de population exposée, En effet, autour de ces zones, il y a des bâtiments à habitation civile de plusieurs étages hors sol (voir tableau n° 4). Il est souhaitable de toute façon une intervention sur tous les points d'amarrage, afin de réduire les niveaux de bruit pendant les phases de débarquement/embarquement des ferry et les récepteurs enquêtés prés de tous les récepteurs plus exposés déterminés.

Il ressort de l'analyse des mesures en continu, CC1 et CC2, que la composante du trafic routier a une influence déterminante sur le climat sonore de la zone considérée, et en particulier sur la période estivale considérée.

En ce qui concerne la mesure de Pass-by, il ressort de l'analyse des niveaux sonores mesurés que le passage des Ferry le long de la côte Est n'a pas d'incidence sur le climat sonore de cette zone.

6 Identification de la solution technologique innovante de réduction du bruit

Bruit impulsif

En ce qui concerne le bruit généré par les impacts des portes et des plaques métalliques, il est suggéré d'utiliser une méthode plus durable d'ancrage de ces dernières à la base en béton. On suggère en outre l'interposition d'éléments résilients entre elles et les portes mêmes.

En principe, un système d'ancrage plus durable des plaques métalliques peut être obtenu en utilisant plusieurs plaques d'acier de dimensions réduites plutôt qu'une seule grande plaque, de façon à éviter la génération d'efforts de coupe dus à la flexion de la plaque et aux dilatations thermiques, qui entraînent la formation de ruptures comme visible sur la photo ci-dessous.

Figure 7. Rupture du soudage entre plaques métalliques et barres de fixation

On pourrait également prévoir un renforcement de la soudure permettant de répartir l'effort (actuellement ponctuel) sur une surface de contact entre la plaque et la barre métallique de fixation plus large, réduisant ainsi la possibilité de rupture. Un exemple de réalisation est affiché dans les images ci-dessous :

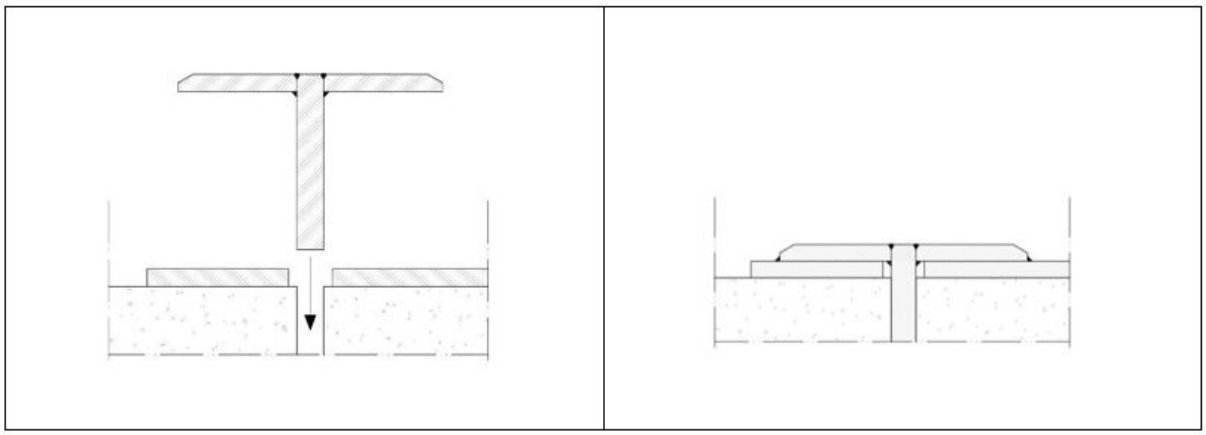


Figure 8. Hypothèse de système d'ancrage plus durable

En ce qui concerne les éléments résilients à interposer entre la plaque et le hayon, on considère que la solution la plus simple est la même que celle qui est actuellement déjà retenue pour compenser le dénivelé variable entre ces deux éléments qui se manifeste en fonction des conditions de marée, c'est-à-dire l'interposition de "tapis" souvent rayons formés de lisières enroulées. Il est ajouté la prescription d'utiliser toujours ces systèmes, sans se limiter à les utiliser seulement pour compenser le dénivelé de marée.

Bruit de circulation routière

Pour la gestion du bruit de la circulation, il est suggéré de mettre en place des schémas de circulation optimisés afin de réduire la congestion et les nuisances sonores qui en résultent. Des tels schémas pourront être définis par l'Autorité Portuaire en coordination avec les compagnies de transport et avec l'Administration Communale, sur la base de statistiques de longue période sur les véhicules qui accèdent à l'île. Des politiques d'accès et de gestion du flux de trafic pourront également être définies grâce à une détection en temps réel des véhicules entrant/sortant des navires.

Ces stratégies supposent la disponibilité d'un système adéquat de relevé en temps réel et de catalogage des véhicules entrants et sortants. Les principales solutions technologiques disponibles à ce jour pour effectuer ce type de relevé sont énumérées ci-dessous :

1. Compte trafic avec bandes piézoélectriques installées sur le terrain ;
2. Compte trafic radar sur portail ;
3. Compte du trafic via la caméra sur le portail ;
4. Compte trafic via laserscan 3D.

Le système 1 n'est pas utilisable dans ce contexte, car les vibrations produites par le hayon du navire au sol peuvent interférer avec le principe de fonctionnement.

Le système 2 n'est pas non plus utilisable, car il exige que les véhicules sortent exactement sur des voies distinctes. Cette configuration n'est pas possible, car les véhicules s'alignent sur la route en fonction des dimensions de la porte de chaque bateau, variable de manière imprévisible selon le type de bateau en arrivée.

Les systèmes 3 et 4, pour pouvoir détecter correctement les véhicules sortant côte à côte à très courte distance comme dans ce cas, nécessitent l'installation sur le portail et ont donc été exclus car ils auraient un impact significatif sur le paysage.

Le système 5, qui a été récemment conçu par rapport aux anciens systèmes traditionnels, a été jugé approprié. Il s'agit d'un dispositif qui, à l'aide d'un scanner laser, réussit à reconstruire la géométrie en 3D des véhicules, permettant la distinction en 8 classes avec une précision très élevée, grâce à des algorithmes basés sur l'intelligence artificielle (IA). La possibilité de produire le modèle tridimensionnel des véhicules, avec l'aide de l'IA, permet de détecter même les véhicules qui transitent sur la voie la plus éloignée et partiellement bloquée par les véhicules qui transitent sur la voie la plus proche.

Le système repéré peut être monté à côté des sites de débarquement, à une hauteur d'environ 7 à 10 mètres. La hauteur d'installation est définie par la ligne de vue, qui est la distance dans le plan horizontal entre le capteur et la voie de transit. Le cas le plus critique à prendre en considération est celui de la figure ci-dessous.

Figure 9. Hypothèse de montage du compteur

À chaque poste (7 au total) un système pourra être installé, grâce auquel il sera possible de détecter en temps réel l'heure de passage, la hauteur du véhicule, la classe (moto, voiture, camion, camion, autobus, camion avec remorque, véhicule articulé, voiture avec remorque).

Toujours dans l'optique d'optimiser la gestion du trafic du port et gérer au mieux la temporisation et la synchronisation des éventuels systèmes ITS qui pourront être implémentés, il est très utile d'avoir le contrôle en temps réel de l'état de porte du navire ouvert/fermé. Pour pouvoir identifier cette condition, il est possible d'installer, sur chaque jetée, un dispositif radar. Un tel dispositif pourrait être installé sur la zone d'appui au sol du hayon, à environ un demi-mètre de distance du bord du quai et de la mer, à l'intérieur d'un cockpit d'environ 10 cm de diamètre et 40 cm de profondeur dans le béton. Le puits doit être obturé par un matériau transparent aux émissions radar (PVC, par exemple) et la plaque métallique du quai doit également être percée au niveau du puits, comme indiqué dans la section ci-dessous.

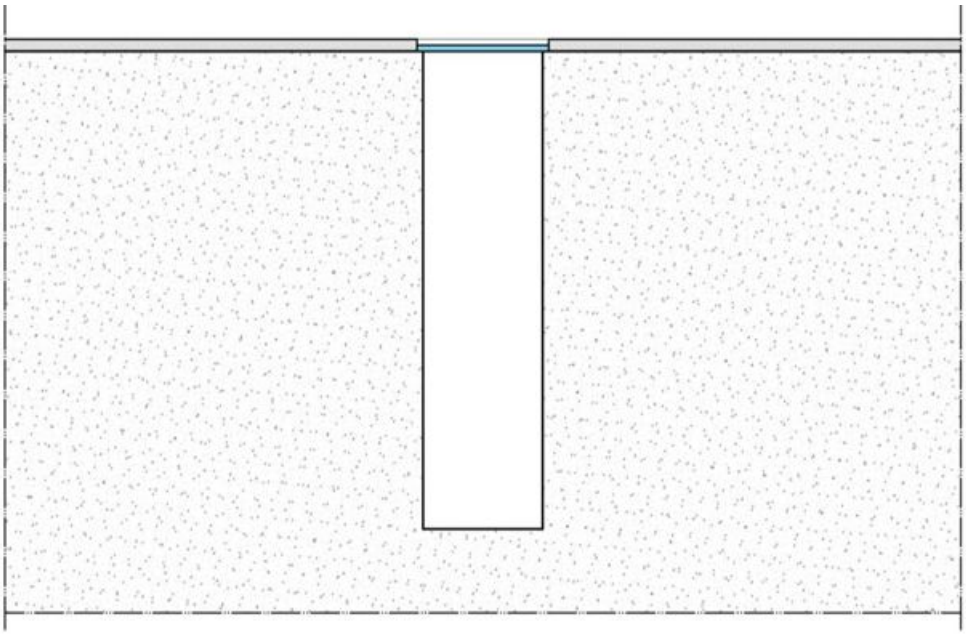


Figure 10. Trou pour l'installation au sol de détecteurs radar

Le radar ainsi installé pourra détecter les phases d'abaissement du hayon.

En plus de ces technologies identifiées, préparatoires à l'implémentation de schémas de trafic intelligents visant à la réduction du bruit, on rappelle aussi la possibilité d'utilisation des asphaltes phono-absorbants.

7 Conclusion

Il a été fait des monitorages acoustiques effectués auprès du Port de Portoferrraio. Des analyses ont montré quelques criticités, que l'on peut réduire par les solutions technologiques qui ont été déterminées et proposées dans le présent rapport.

Une fois ces solutions mises en œuvre, on procède à une nouvelle campagne de relevés acoustiques aux mêmes endroits si possible afin de pouvoir évaluer la qualité de l'intervention, on comprendra si les attentes en termes de réduction du bruit sont effectivement celles prévues ou non.

Studio dell'inquinamento acustico nei porti, Piano d'azione transfrontaliero

PROGETTO DECIBEL

" DEPOLUTION ACOUSTIQUE DES CENTRES PORTUAIRES URBAINS ET INSULAIRES"

Asse 3 – Lotto 2, progetto N° 195

Componente T1 - Attuazione
Attività T1.2 – Realizzazione di una strategia e di un Piano d'azione transfrontaliero
Prodotto T1.2.2 – Piano d'azione transfrontaliero

Data di consegna prevista: 01/2020
Data di consegna effettiva: 02/2020

Livello di diffusione		
PU	Pubblico	**X**
CO	Confidenziale, solo per i partner	**X**

PORT DI OLBIA

Municipalité de OLBIA

ATRAVERS SON PARTNER TECHNIQUE DICAAR – UNIVERSITÀ DI CAGLIARI

Università degli Studi di Cagliari

Via Marengo, Cagliari

Organisme responsable de l'étude : DICAAR Università degli studi di Cagliari
(Partner Technique de la municipalité de Olbia)
Responsable du Projet pour le DICAAR : **Prof. Paolo Fadda**

8 Références Bureaucratique

9 RÉSUMÉ DES CHOIX DE CAHIER DES CHARGES

Les instances suivantes ont été prises en compte pour la détection du revêtement :

- L'opportunité d'indiquer aux acheteurs des types de superstructures non seulement phono-absorbantes mais, plus généralement, moins bruyantes.
- La présence de poids lourds, avec un pourcentage parfois supérieur du 10% environ.
- Indications provenant de projets de recherche portant sur des revêtements routiers moins bruyants (par exemple, Life Nereide, Life E-VI A).
- Les indications provenant de la littérature internationale sectorielle (voir la bibliographie).
- L'opportunité de concilier aspects purement mécaniques et aspects environnementaux.

Compte tenu de ce qui précède, deux mélanges d'une taille nominale maximale relativement faible ont été sélectionnés. Dans l'un des deux cas, on a considéré l'introduction d'un pourcentage de granulés de caoutchouc. Les mélanges et leurs caractéristiques volumétriques sont essentiellement expérimentaux.

10 Couche superficielle en conglomérat BITUMINEUX – TYPE 1

La structure logique du présent cahier des charges est partiellement conforme à celle du **CIRS** et du **cahier des charges ANAS** (cf. bibliographie). En cas de disponibilité de dimensions différentes sur place, il sera nécessaire de recalculer les mélanges.

10.1 Matériaux constituant le bitume

Le bitume sera un 50/70 modifié et aura les caractéristiques suivantes.

Paramètre	*Réglementation*	*Unité de mesure*	*Type* A
Pénétration a 25°C	EN1426, CNR24/71	dmm	50-70
Point de ramollissement	EN1427, CNR35/73	°C	≥ 65
Point de rupture (Fraass)	EN 12593 CNR43 /74	°C	≤ - 15
Viscosité dynamique a 160°C, γ =10s^{-1}	PrEN 13072-2	Pa□s	≥ 0,4
Retour élastique a 25 °C	EN 13398	%	≥ 75%
Stabilité de stockage 3jj à 180°C Variation du point de ramollissement	EN 13399	°C	≤ 0,5
Valeur après RTFOT	EN12607-1		
Volatilité	CNR54/77	%	≤ 0,8
Pénétration résiduelle à 25°C	EN1426, CNR24/71	%	≥ 60
Accroissement du point de Ramollissement	EN1427, CNR35/73	°C	≤ 5

Tableau 1. Bitume- qualité

Pour l'acceptation, avant le début des travaux, l'entreprise est tenue de préparer la qualification du produit par certification attestant les exigences indiquées. Telle certification sera délivrée par le

producteur ou d'un Laboratoire reconnu du Ministère des Infrastructures et des Transports. Tout additif du mélange ou de ses composants, y compris l'utilisation de fibres, doit être conforme au présent cahier des charges, y compris en ce qui concerne les performances attendues.

10.2 Matériaux constituants et granulats lapidaires

Agrégats lapidaires. Le **gros granulat** doit être constitué d'éléments obtenus par concassage de roches lapidées. Ces éléments peuvent être de provenance ou de nature pétrographique différente, à condition que, pour chaque type, les conditions indiquées dans les tableaux suivants soient remplies (si elles peuvent être déterminées). Veuillez noter que l'impossibilité d'effectuer des essais ou la non-exécution d'essais ou la satisfaction d'essais ne peuvent en aucun cas conduire ou justifier que les exigences supplémentaires spécifiées dans le présent rapport ne soient pas respectées (également dans une autre section, notamment celles relatives aux contrôles de la construction).

Trattenuto al crivello UNI n. 5			
Indicateur de qualité			
Paramètre	*Réglementation*	*Unité de mesure*	*Valeur*
Los Angeles	CNR 34/73	%	≤ 20
Micro Deval umida	CNR 109/85	%	≤ 15
Quantité de bris	-	%	100
Dimension max	CNR 23/71	*mm*	20
Sensibilité au gel	CNR 80/80	%	≤ 30
Dépouillement	CNR 138/92	%	0
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≤ 1
Coefficient de forme	CNR 95/84		≤ 3
Coefficient d'aplatissement	CNR 95/84		≤ 1,58
Indice d'aplatissement	CNR 95/84	%	≤ 20
Porosité	CNR 65/78	%	≤ 1,5
CLA	CNR 140/92	%	≥ 45

Tableau 2. Agrégat gros- qualité

Le granulat fin doit être constitué d'éléments naturels et de concassage, comme dans le tableau.

GRANULAT FIN (Passante al crivello UNI n. 5)			
Indicateur de qualité			
Paramètre	*Réglementation*	Unité de mesure	*Valeur*
Équivalent en sable	CNR 27/72	%	≥ 80
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≤ 2
Quantité de bris	CNR 109/85	%	100

Tableau 3. Agrégat fin- qualité

La charge, qui passe au tamis 0,075 mm, provient de la fraction fine des granulats ou peut être constituée de poudre de roche, de préférence calcaire, de ciment, de chaux hydratée, de chaux hydraulique, de poussière d'asphalte, de cendres volantes. En tout état de cause, les charges pour conglomérats

bitumineux à chaud conditionnées avec du bitume modifié doivent satisfaire aux exigences du tableau.

Filler (fraction sensiblement inférieure di 0.075mm)			
Indicateur de qualité			Revêtement de sol
Paramètre	Réglementation	Unité de msura	Base Binder Usura
Dépouillement	CNR 138/92	%	≤ 5
Passante allo 0.18	CNR 23/71	%	100
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≥ 80
Indice Plasticité	CNR-UNI 10014		N.P.
Vuoti Rigden	CNR 123/88	%	30-45
Stiffening Power Rapport filler/bitume = 1,5	CNR 122/88	ΔPA	≥ 5

Tabella 4. Filler - qualité

Pour l'acceptation, avant le début des travaux, l'entreprise est tenue de préparer la qualification des agrégats par certification attestant les exigences requises. Cette certification doit être délivrée par un laboratoire agréé. Le mélange des granulats à adopter pour les différentes couches doit avoir une composition granulométrique contenue dans les fuseaux repris dans le tableau. Le pourcentage de liant par rapport au poids des granulats doit être compris dans les limites indiquées dans le même tableau et s'inspire conceptuellement de l'obtention de pourcentages de vides résiduels autour de 7%.

Vaglio	% passante	Entro
mm	%	±
8	100	0
5.6	100	3
4	88	5
2	58	5
1	35	5
0.5	24	5
0.25	18	3
0.063	11	2
%b (rif. aggr)	**6.4**	**0.5**

Tableau 5. Granulométrie agrégée et pourcentage de bitume rapporté aux granulats

10.3 Mélange bitumineux

La quantité de bitume effectivement utilisée doit être déterminée par étude volumétrique du mélange. La méthode Marshall peut également être utilisée à titre transitoire. L'épaisseur du mélange en place et compacté doit être de 2,5 cm. Les caractéristiques requises sont indiquées dans le tableau.

Un paramètre de rigidité approprié (module complexe, module élastique, etc.) doit être déterminé expérimentalement sur le mélange défini avec la presse tournante (échantillons conditionnés à 98% de la DG) qui doit satisfaire aux prescriptions de la conception du revêtement et doit servir de référence pour les essais.

Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Angolo di rotazione		1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	rotazioni/min	30
Pressione verticale	Kpa	600
Diametro del provino	mm	150
Risultati richiesti		
Vuoti a 10 rotazioni	%	10-18
Vuoti a 50 rotazioni (*)	%	5-9
Vuoti a 130 rotazioni	%	≥ 3
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm^2	> 0,4
Coefficiente di trazione indiretta[1] a 25 °C (**)	N/mm^2	> 30
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25
(*) La densità ottenuta con 50 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D_G (**) Su provini confezionati con 50 rotazioni della pressa giratoria		

Tableau 6. Giratoria

Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Costipamento	50 colpi x faccia	
Risultati richiesti		
Stabilità Marshall	KN	>5
Rigidezza Marshall	KN/mm	> 2,0
Vuoti residui (*)	%	**5-9**
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	□ 25
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm^2	> 0,4
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm^2	> 30
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D_M		

Tableau 7. Marshall

Le poids en volume doit être calculé par la méthode du corelok ou par paraffine.

11 STRATO SUPERFICIALE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO – TYPE 2

Les modifications et précisions suivantes s'appliquent au type 1. Le mélange contient des granulats en

[1] Coefficiente di trazione indiretta
CTI = π/2 DRt/Dc
dove
D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino
Dc = deformazione a rottura
Rt = resistenza a trazione indiretta

pierre, du caoutchouc de PFU et du liant, et la procédure d'exécution (mélange, en particulier) est celle appelée "dry". La granulométrie (gomme à PFU + granulats lapidaires) reste celle du tableau 5, avec la variation du pourcentage de bitume par rapport aux granulats (lapidaires et non).

mm	%	±
8	Come in Tabella 5	
5.6		
4		
2		
1		
0.5		
0.25		
0.063		
%b ("aggr")	6.6	0.5

Tableau 8. Granulométrie aggregat+caoutchouc et percentage de bitume par rapport au total (exclus le bitume)

Le caoutchouc recyclé à partir de PFU a la granulométrie indiquée dans le tableau.

Mm	**% (peso)**	±
8	**100.00**	
4	**98**	2
2	**14**	5
0.5	**0**	
0.25	**0**	
0.063	**0**	

Tableau 9. Granulométrie caoutchouc recyclé à partir du PFU

Dans le cas d'une autre granulométrie, le mélange doit également être repensé en termes de pourcentage de bitume. Le pourcentage de Caoutchouc recyclé par PFU en poids par rapport aux granulats est supposé être de 5%.

12 Vérification des mélanges

L'entreprise est tenue de présenter à la Direction des Travaux, en temps utile avant le début des travaux et pour chaque chantier de production, la composition des mélanges qu'elle envisage d'adopter ; chaque composition proposée doit être accompagnée d'une documentation complète des études effectuées. Une fois acceptée par la Direction des Travaux l'étude du mélange proposé, l'Entreprise doit s'y tenir strictement. Dans la courbe granulométrique, des variations des pourcentages individuels de la teneur en gros agrégat de 3, de la teneur en agrégat fin (passant au crible UNI n. 5) de 2, de la passant au tamis UNI 0,075 mm de plus ou moins 1,5 seront admises. Pour le pourcentage de bitume, un écart de plus ou moins 0,25 est toléré. Ces valeurs doivent être satisfaites par l'examen des mélanges prélevés à

l'installation et au sol ainsi que par l'examen des carottes prélevées in situ, compte tenu pour ces dernières de la quantité théorique du bitume d'ancrage.

13 Conditionnement des mélanges

Le conglomérat doit être conditionné au moyen d'installations fixes automatisées, de caractéristiques appropriées, qui doivent être maintenues en bon état de fonctionnement dans toutes leurs parties. La production de chaque installation ne doit pas être poussée au-delà de son potentiel pour assurer le séchage parfait, le chauffage uniforme du mélange et un criblage parfait assurant une reclassification appropriée des différentes classes des agrégats. Des installations continues (type drum-mixer) peuvent également être utilisées, à condition que le dosage des composants du mélange soit effectué au poids au moyen d'équipements appropriés dont l'efficacité doit être constamment contrôlée. En tout état de cause, l'installation doit assurer une production uniforme et être capable de réaliser les mélanges correspondant à ceux indiqués dans l'étude présentée en vue de l'acceptation. Chaque installation doit assurer le chauffage du bitume à la température requise et à la viscosité uniforme jusqu'au moment du mélange en plus du dosage parfait du bitume et de l'additif. La zone destinée au stockage des inertes doit être préalablement et convenablement aménagée pour annuler la présence de substances argileuses et de stagnation d'eau susceptibles de compromettre le nettoyage des granulats. En outre, les tas des différentes classes doivent être nettement séparés entre eux et l'opération de ravitaillement des pré-doseurs effectuée avec le plus grand soin. Le temps de mélange doit être déterminé en fonction des caractéristiques de l'installation, dans la mesure où il permet un revêtement complet et uniforme des inertes avec le liant. La température des granulats lors du mélange doit être comprise entre 170 et 190 dB C. C et celle du liant entre 160 dB. C et 180 dB C, par rapport au type de bitume utilisé. Pour la vérification de ces températures, les sécheurs, les chaudières et les trémies des installations doivent être équipés de thermomètres fixes en fonctionnement parfait et étalonnés périodiquement. L'humidité des granulats à la sortie du sécheur ne doit pas dépasser 0,25 % en poids.

14 Préparation des superficies à revêtir

Avant la réalisation du **revêtement d'usure** à chaud, il est nécessaire de préparer la surface de couverture afin d'assurer l'ancrage parfait et l'étanchéité de la couche sous-jacente. La main d'attaque peut être réalisée avec de l'émulsion de bitume modifié, pulvérisée avec une épandeuse automatique spéciale de sorte que le bitume résiduel soit égal à 1,00 kg/m2 ; ou bien du bitume modifié couché à chaud peut être utilisé dans la même quantité par unité de surface. Sur la main d'attelage, pour permettre le transit du support, il faut suivre immédiatement le grenaillage avec des agrégats de calibre 4/8 mm à raison de 6/8 litres au mètre carré. Du sable ou de la chaux hydratée peuvent être utilisés dans

le même but. L'émulsion à main d'attaque doit répondre aux exigences du tableau.

Teneur en eau	CNR 101/84	%	30±1
Teneur en liant	CNR 100/84	%	70±1
Contenuto di bitume	CNR 100/84	%	> 69
Contenu fluide	CNR 100/84	%	0
Démulsivité	ASTM D244		50-100
Homogénéité	ASTM D244	%	< 0,2
Viscosité Engler a 20 °C	CNR 102/84	°E	> 20
Sédimentation a 5 g	CNR 124/88	%	< 5
Residuo bituminoso			
Pénétration a 25 °C	CNR 24/71	dmm	50-70
Point de ramollissement	CNR 35/73	°C	> 65
Point de rupture (Frass)	CNR43/74	°C	≤ - 15
Retour élastique a 25 °C	EN 13398	%	> 75

Tableau 10. Emulsions

Le bitume modifié couché à chaud doit avoir les caractéristiques indiquées dans le tableau ci-dessus. Avant de poser la main d'attaque, le plan de pose doit être parfaitement propre et ne doit pas comporter de marquage au sol.

15 MISE EN OEUVRE DES MÉLANGES

La pose des enduits spéciaux est effectuée à l'aide de machines vibrofinitrices en parfait état d'efficacité et dotées d'automatismes d'auto-nivellement. La vitesse d'avancement des finisseurs ne doit pas dépasser 3 - 4 m/min, avec alimentation continue du conglomérat. En tout état de cause, les finisseuses doivent laisser une couche parfaitement formée, exempte d'égrenages, fissures et exempte de défauts dus à la ségrégation des éléments lithoïdes les plus gros. Il convient de veiller au maximum à la formation des joints longitudinaux, de préférence obtenus par l'adjonction en temps utile d'une bande à la bande précédente. Si la bordure est endommagée ou arrondie, la découpe verticale doit être effectuée avec un équipement approprié. Les joints transversaux résultant d'interruptions journalières doivent toujours être réalisés après découpage et enlèvement de la partie terminale de mise à zéro. Le chevauchement des joints longitudinaux avec ceux des strates sous-jacentes doit être programmé et réalisé de telle sorte qu'ils soient décalés d'au moins 20 cm entre eux et ne tombent jamais aux deux bandes de la voie

normalement concernée par les roues des véhicules lourds. Le transport du conglomérat de l'usine de confection vers le chantier naval doit être effectué à l'aide de moyens de transport d'un débit approprié, efficaces et rapides et toujours équipés de bâche de couverture pour éviter les refroidissements superficiels excessifs et la formation de croûtes. La température du conglomérat bitumineux au moment de la pose contrôlée immédiatement derrière la finisseuse doit être à tout moment au moins égale à 140 dB. C. La tige des conglomérats doit être suspendue lorsque les conditions météorologiques générales parfaite réussite du travail. Si le conglomérat est compromis, il doit être immédiatement retiré et la strate reconstruite aux frais de l'entreprise. Le compactage du conglomérat doit commencer dès que la vibro finitrice est déployée et se terminer sans interruption. Le compactage doit être réalisé au moyen d'un rouleau statique à roues métalliques d'un poids maximal de 10t. On veillera en outre à ce que le compactage soit conduit avec la méthodologie la plus appropriée pour obtenir uniforme épaississement en chaque point et éviter des fissures et des glissements dans la couche nouvellement étendue. La surface des couches doit se présenter, après compactage, sans irrégularités ni ondulations. Une tige rectiligne de 4 m de long, placée dans n'importe quelle direction sur la surface finie de chaque couche, doit y adhérer uniformément ; un écart maximal de 5 mm peut être toléré.

16 Contrôles

Le contrôle de la qualité des conglomérats bitumineux et de leur mise en œuvre doit être effectué par des essais de laboratoire sur les matériaux constituants, le mélange, les carottes extraites du pavage et par des essais in situ. La localisation des prélèvements et la fréquence des essais sont indiquées dans le tableau ci-dessous. Chaque prélèvement doit être constitué de deux échantillons ; un échantillon est utilisé pour les contrôles auprès d'un Laboratoire agréé du Ministère des Infrastructures et des Transports, l'autre reste à disposition pour des éventuelles vérifications et/ou vérifications techniques successives. Les caractéristiques d'acceptabilité des matériaux constitutifs doivent être vérifiées. Sur le mélange sont déterminés : le pourcentage de bitume, la granulométrie des granulats, la quantité d'activant d'adhésion, la quantité de fibres et les caractéristiques d'aptitude sont en outre contrôlées à l'aide de la Presse Giratoria. Les éprouvettes confectionnées à l'aide de l'appareillage Presse Giratoria doivent être soumises à une épreuve de rupture diamétrale à 25 kjb C (Brésilienne). En l'absence de la Presse Giratoire, des essais Marshall sont effectués : poids en volume (DM), stabilité et rigidité (CNR 40/73) ; pourcentage de vides résiduels (CNR 39/73); résistance à la traction indirecte (Essai Brésilien - CNR 134/91).

Après la pose, la Direction des Travaux prélèvera des carottes pour le contrôle des caractéristiques du conglomérat et la vérification des épaisseurs. L'épaisseur de la couche est déterminée, pour chaque section homogène d'étendue, en faisant la moyenne des mesures (quatre pour chaque carotte) relevées

par les carottes extraites du pavage, en écartant les valeurs d'épaisseur en excès par rapport à celle du projet de plus de 5%. Les mêmes mesures peuvent être effectuées en continu avec un équipement de géoréférence. Pour les épaisseurs moyennes inférieures à celles du projet, une déduction de 2,5 % du prix de la liste est appliquée pour chaque mm de matériau manquant. Pour des défauts supérieurs à 20% de l'épaisseur du projet, il est nécessaire de retirer la couche et de la reconstruire aux frais de l'entreprise.

La densité in situ, dans 95% des prélèvements, ne doit pas être inférieure à 98% de la valeur DG (ou DM) résultant de l'étude du mélange. Les mesures de densité sont effectuées sur des carottes prélevées sur la tige ou effectuées avec des systèmes non destructifs, tels que des densimètres ou des noyaux similaires, identifiés par la DL en accord avec l'entreprise, avant le début des travaux. Pour les valeurs de densité inférieures à la valeur prévue, une déduction est appliquée pour l'ensemble du tronçon homogène auquel la valeur se rapporte :

- 10 % du montant de la strate par densité de site comprise entre 95 et 98% de D_G (donc D_M);
- 20 % du montant de la strate par densité de site comprises entre 92 et 95 % di D_G (donc D_M).

Le coefficient d'adhérence transversal (CAT) mesuré à l'aide de l'équipement SCRIM (CNR 147/92) doit être supérieur ou égale 0,58. Il est également possible de déterminer la résistance à la friction avec le Skid Tester (CNR 105/85) qui doit fournir des valeurs de BPN (British Pendulum Number) ≥ 60.

La hauteur de sable (SH), déterminée selon la méthode CNR 94/83, doit être supérieur ou égale à 0,6. Les mesures éventuellement effectuées avec des équipements en relief continu3 doivent être rapportées à la hauteur de sable (HS) avec des corrélations appropriées.

Les mesures de CAT et de HS doivent être effectuées dans un délai compris entre 15 et 180 jours. De l'ouverture à la circulation, pour chaque voie, avec un "pas de mesure" de 10 m. Les valeurs mesurées peuvent : éventuellement, être médiés tous les 50 m pour tenir compte de disparités occasionnelles et localisées.

Lorsque la valeur moyenne de CAT ou HS, pour chaque tronçon homogène (tronçons de revêtement où tombent au moins 4 valeurs de l'indicateur réparties statistiquement selon une répartition "normale") est inférieure aux valeurs prescrites, le revêtement d'usure spécial (de toute nature) est pénalisé de 15% de son coût.

La capacité de drainage moyenne, mesurée sur une surface de 154 cm2, est mesurée tous les 250 m en décalant l'allée et mesurée avec une perméabilité à la colonne d'eau de 250 mm.

TYPE D'ECHANTILLON	EMPLACEMENT DU PRÉLÈVEMENT	FREQUENCE D'ESSAIE	EXIGENCES
Bitume	Cisterna	Hebdomadaire ou tous les 2500 m3 de surface	Tableaux ci - dessus
Gros granulat	Impianto	Hebdomadaire ou tous les 2500 m3 de surface	
Granulat fin	Impianto	Hebdomadaire ou tous les 2500 m3 de surface	
Filler	Impianto	Hebdomadaire ou tous les 2500 m3 de surface	
Conglomérat en vrac	Vibrofinitrice	Journalière ou tous les 5000 m2	Caractéristiques résultant de l'étude du mélange
Carote x spessori	Pavimentazione	Chaque 100 m de bande étendue	Épaisseur prévue en projet
Carote x densità in sito	Pavimentazione	Chaque 500 m de bande étendue	98% de la valeur résultant de l'étude du mélange
Pavage	Pavimentazione	Chaque 10 m de bande étendue	CAT≥ 0,58 (media su 50m). BPN ≥ (ogni 50 m)
Pavage	Pavimentazione	Chaque 10 m de bande étendue	HS ≥ 6 mm (media su 50m)
Pavage	Pavimentazione	3 essaies	CPX congruent avec GPP

Tableau 11. Contrôles

Aux termes du DM 29 novembre 2000, des contrôles doivent être effectués pour vérifier l'efficacité de l'action d'assainissement acoustique. À cette fin, le niveau d'émission de bruit de roulement de la chaussée est déterminé (methode "Close Proximity Method -CPX" -UNI EN ISO 118189-2), conformément au protocole adopté par le ministère public vert "Road Design, Construction and Maintenance" (https://ec.europa.eu/environment/gpp/eu_gpp_criteria_en.htm) rédigé par le Joint Research Center pour le compte de la Commission européenne. En particulier, un essai acoustique est exigé dans les 12 semaines suivant l'ouverture au trafic, un deuxième et un troisième essai respectivement 30-36 mois et 54-60 mois après la pose, pour évaluer la durabilité des performances acoustiques. Le niveau CPX mesuré doit respecter les limites du GPP "Road Design, Construction and Maintenance".

17 Références bibliographiques

Capitolato CIRS. Capitolati ANAS.

STP 204-19-Standard Test Section: ASPHALT MIXES - Procedures Manual Subject: ASPHALT FILM THICKNESS DETERMINATION

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - Norme Tecniche - ANAS S.p.A.- CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO - Parte 2ª Norme tecniche - Pavimentazioni stradali/autostradali

Massimo Losa, Pietro Leandri, Mauro Cerchiai , Improvement of Pavement Sustainability by the Use of Crumb Rubber Modified Asphalt Concrete for Wearing Courses, Article in International Journal of Pavement Research and Technology · November 2012.

WISCONSIN ASPHALT PAVEMENT ASSOCIATION, TECHNICAL BULLETIN, Porous Asphalt Pavements.

IPOOL, Campagna di indagine fonometrica "Ante Operam" per il progetto RUMBLE-Relazione.

Jørgen Kragh, Lykke Møller Iversen and Ulf Sandberg, VEJDIREKTORATET,RAPPORT 506, 2013 , NORDTEX FINAL REPORT -ROAD SURFACE TEXTURE FOR LOW NOISE AND LOW ROLLING RESISTANCE.

Jørgen Kragh, Jens Oddershede, Rasmus Holck Stahlfest Skov, Hans Bendtsen, Report number 2018-1, EAN number 9788793394704, **NordTyre - Tyre labelling and Nordic traffic noise – Analysis of data on passenger car tyres, 2014, 2015.**

Kragh, J., Bendtsen, H, Hildebrand, G., Noise classification for tendering quiet asphalt wearing courses, Procedia - Social and Behavioral Sciences 48 (2012) 570 – 579, 1877-0428 © 2012 Published by Elsevier Ltd. Selection and/or peer review under responsibility of the Programme Committee of the Transport Research, Arena 2012, doi: 10.1016/j.sbspro.2012.06.1035.

Raden Hendra Ariyapijati, Sigit Pranowo Hadiwardoyo, and R. Jachrizal Sumabrata, Contributions crumb rubber in hot mix asphalt to the resilient modulus, AIP Conference Proceedings 1855, 030005 (2017); https://doi.org/10.1063/1.4985475, Published Online: 15 June 2017.

Del Pizzo, A., Teti, L., Moro, A., Bianco, F., Fredianelli, L., Licitra, G., Influence of texture on tyre road noise

spectra in rubberized pavements (2020) Applied Acoustics, 159, art. no. 107080 DOI: 10.1016/j.apacoust.2019.107080.

Praticò, F.G., Briante, P.G. Prediction of surface texture for better performance of friction courses (2020) Construction and Building Materials, 230, art. no. 116991, DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.116991.

Kragh, L.M. Iversen, U. Sandberg, Nordtex Final Report Road Surface Texture for Low Noise and Low Rolling Resistance, 2013.

P. Leandri, M. Losa, P. Rocchio, New low noise pavement surfaces by the use of crumb rubber, in: Euronise 2018, Crete, 2018, pp. 2679–2686.

D. Siebert, How wear affects road surface texture and its impact on tire/road noise texture, NTNU Norwegian University of Science and Technology, 2017.

Doreen Fritzsche, Svein Å. Storeheier, Helge Mork, the effect of asphalt mixture materials on changes of the road surface texture, Proceedings of 41st International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2012 (INTER-NOISE 2012). Institute of Noise Control Engineering (INCE). ISBN 978-1-62748-560-9

18 Les ports français

Suite à l'étude réalisée dans les ports français du projet Decibel (Bastia et Ile Rousse), il a été décidé de changer le parc automobile de ces ports, en pratique, on passera des véhicules thermiques aux véhicules électriques.