Output T3.1 - Valutazione della riduzione dell'impatto acustico delle infrastrutture

Attività:		-
Componente:		T3- Monitoraggio e valutazione dell'efficacia delle opere portuali di mitigazione acustica
Partner Responsabile:		Università degli Studi di Genova
Date:		12/2021

1 Introduzione

Diverse campagne di misura sono state realizzate nei porti partner del progetto con lo scopo di valutare l'efficacia e la qualità degli interventi di mitigazione dell'impatto acustico messi in atto all'interno del progetto. Tali monitoraggi, effettuati prima e dopo la realizzazione delle opere di mitigazione, sono stati predisposti dai partner UNIGE e UNIPI tramite una metodologia di acquisizione dei dati ed indicazioni specifiche sulla strumentazione dal punto di vista della qualità (classe, requisiti), sulle caratteristiche tecniche della campagna di monitoraggio (posizionamento delle strumentazioni, durata delle misure) nonché sui parametri acustici da rilevare.

I valori rilevati ante operam e post operam, confrontati in dettaglio nell'attività T3.4, hanno consentito di ottenere la valutazione di efficacia delle infrastrutture di mitigazione realizzate che verrà riassunta nel presente documento.

Le opere di mitigazione descritte sono quelle realizzate nell'ambito della componente T2, oltre alla duna artificiale realizzata presso il porto di Genova Pra' finanziata interamente con fondi propri dall'ASPMLO.

Le misurazioni sono state realizzate dai partner gestori dei porti attraverso strumentazioni fonometriche e centraline di monitoraggio sia fisse che mobili, in parte acquisite nell'ambito del progetto RUMBLE o da altri progetti del cluster.

Durante il periodo nel quale si sono svolte le attività sono stati anche svolti dei focus group nell'ambito dei quali si sono condivise misurazioni e i dati ottenuti attraverso le campagne, che pur rimanendo di proprietà dei partner sono stati messi a disposizione di tutte le istituzioni pubbliche non partner competenti in materia, garantendo la fruibilità dei risultati nel tempo.

Questo documento consentirà una conoscenza approfondita dell'efficacia delle opere di mitigazione nei porti analizzati attraverso un'analisi comparata di dati di monitoraggio acustico, oltre che attraverso modelli numerici di simulazione.

In particolare, per i porti nei quali l'intervento è consistito nella stesura di asfalto fonoassorbente, la valutazione è stata effettuata tramite il metodo Close Proximity (CPX), descritto nella norma tecnica UNI EN ISO 11819-2 e nella ISO/TS 11819-3, che ha lo scopo di valutare l'emissione acustica dovuta all'interazione dello pneumatico con la pavimentazione, in condizioni in cui essa risulta dominante rispetto alle altre sorgenti di rumore.

Mediante l'uso di due microfoni montati in prossimità dello pneumatico posteriore destro (pneumatico di riferimento P1, SRTT di dimensioni 225/60 R16), viene acquisito il segnale di pressione acustica conducendo il veicolo a varie velocità costanti sulla pavimentazione oggetto di indagine. La particolare posizione dei microfoni risulta condizione sufficiente per ritenere dominante il rumore da interazione pneumatico/pavimentazione, per cui i contributi del rumore del motore, dell'impianto meccanico e del tubo di scappamento risultano trascurabili. Un encoder applicato alla ruota posteriore sinistra permette di acquisire lo spazio percorso e quindi la velocità istantanea. In fase di elaborazione dei dati, il segnale dello spazio percorso viene analizzato in modo da suddividere i segnali acquisiti secondo una base spaziale (sezione) pari a 20 m. I segnali di pressione acustica vengono quindi elaborati in modo da associare ad ogni sezione lo spettro in bande di terzi d'ottava nell'intervallo 315 - 5000 Hz. Tramite somma energetica dei livelli pesati A, dallo spettro in bande di terzi d'ottava si ottiene il livello L_{CPX}. Il protocollo richiesto dalla suddetta UNI EN ISO 11819-2 è adottato dal Report "Revision of Green Public Procurement Criteria for Road Design, Construction and Maintenance" (di seguito denominato GPP), edito dalla Commissione Europea, al fine di indicare agli Stati membri i criteri dell'UE per gli appalti pubblici verdi in materia di progettazione, costruzione e manutenzione stradale. I risultati di misura possono quindi essere posti a confronto con i limiti superiori che il GPP fissa per la verifica della conformità della produzione e della durata delle prestazioni acustiche di pavimentazioni low-noise.

Per quanto concerne invece la città di Genova, sono state svolte campagne di misura in continuo prima e dopo la costruzione della "duna" al porto di Pra'; rispetto alle misure ante-operam, effettuate in modo standard, in fase post-operam è stata anche effettuata un'acquisizione audio non compressa che ha dato la possibilità di effettuare analisi decisamente più approfondite ed accurate rispetto a quelle realizzate con metodologie precedenti, indicando in questo modo la via da seguire in futuro per una corretta caratterizzazione ed individuazione delle sogenti di rumore in ambito portuale.

2 Porto di Portoferraio

Figura 1: Area di studio per la valutazione dell'effetto della pavimentazione fonoassorbente

L'opera di mitigazione è consistita nella posa di una pavimentazione a bassa emissione lungo la strada antistante il porto. L'asfalto fonoassorbente si è rivelato efficace poiché le misurazioni effettuate nell'agosto 2020, effettuate con il metodo CPX e in entrambi i sensi di marcia della strada (direzione Nord e direzione Sud), hanno mostrato una riduzione del rumore di oltre 3 dBA rispetto alle misure ante-operam effettuate nel luglio 2019.

Portoferraio (Livorno) – Risultati CPX a 50 km/h

PAVIMENTAZIONE	L_{CPX} per corsia		$\sigma(L_{CPX})$	L_{CPX}	Limite GPP	$L_{CPX,max}$	Limite GPP
Ante Operam	Dir. Nord	92.5 ± 0.9	0.5	92.0 ± 0.6	94.0	93.6 ± 0.4	95.0
	Dir. Sud	91.4 ± 0.9	0.3				
PAVIMENTAZIONE	**L_{CPX} per corsia**		**$\sigma(L_{CPX})$**	**L_{CPX}**	**Limite GPP**	**$L_{CPX,max}$**	**Limite GPP**
Post Operam Low Noise	Dir. nord	88.8 ± 0.9	0.6	88.6 ± 0.5	91.0	89.8 ± 0.4	92.0
	Dir. Sud Marcia	88.5 ± 0.9	0.6				
	Dir. Sud Sorpasso	88.6 ± 0.9	0.5				

Riduzione del livello L_{CPX} di oltre **3 dB(A)**

3 Porto di Cagliari

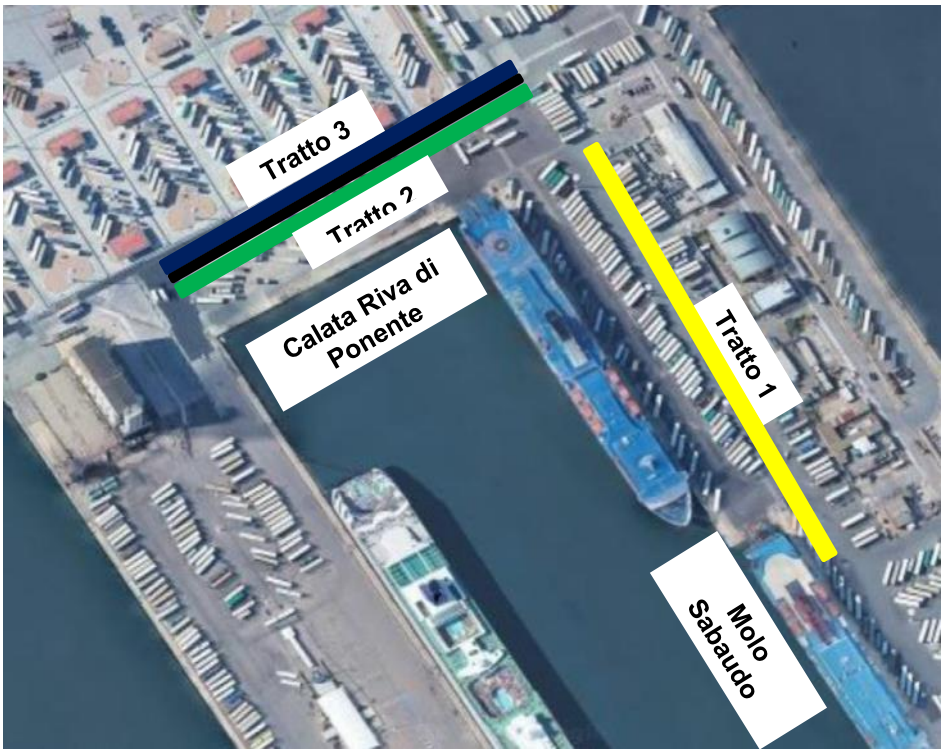


Figura 2: Area di studio per la valutazione dell'effetto della pavimentazione fonoassorbente

Anche a Cagliari, nella zona di pertinenza portuale, è stata realizzata una pavimentazione a bassa emissione sonora che ha consentito una riduzione dei livelli sonori in fase di misurazione Post Operam nei due metodi utilizzati: CPX e CPB. Nel primo caso, il livello medio L_{CPX} risulta inferiore di oltre 3 dB(A) rispetto a quello con pavimentazione presente nello stesso tratto prima dell'intervento di mitigazione. Nel caso dei livelli L_{CPB}, questi risultano essere inferiori di circa 1 dB(A) rispetto alla pavimentazione in conglomerato bituminoso AO CB e di quasi 6 dB rispetto alla pavimentazione in conglomerato cementizio AO CC.

PAVIMENTAZIONE	L_{CPX} per corsia		$\sigma(L_{CPX})$	L_{CPX}	Limite GPP	$L_{CPX,max}$	Limite GPP
Low Noise	Dir. nord	88.8 ± 0.9	0.6	88.6 ± 0.5	**91.0**	89.8 ± 0.4	**92.0**
	Dir. Sud Marcia	88.5 ± 0.9	0.6				
	Dir. Sud Sorpasso	88.6 ± 0.9	0.5				
PAVIMENTAZIONE	**L_{CPX} per corsia**		**$\sigma(L_{CPX})$**	**L_{CPX}**	**Limite GPP**	**$L_{CPX,max}$**	**Limite GPP**
AO	Dir. nord	92.5 ± 0.9	0.5	92.0 ± 0.6	**94.0**	93.6 ± 0.4	**95.0**
	Dir. sud	91.4 ± 0.9	0.3				

4 Porto di Ile Rousse

Figura 3: Area di studio per la valutazione dell'effetto della pavimentazione fonoassorbente

L'intervento di mitigazione sonora nel porto di Ile Rousse ha nuovamente compreso la posa in opera di tratti di pavimentazione con asfalto fonoassorbente (Low Noise) e l'installazione di stazioni di ricarica per i mezzi elettrici. I risultati ottenuti con i metodi CPX e CPB sono i seguenti: rispetto alla pavimentazione Ante Operam, coem evidente dalla tabella sottostante, il livello medio L_{CPX} è inferiore di oltre 4 dB(A), mentre quello LCPB presenta una riduzione di 2dB(A) con la pavimentazione "Low Noise" rispetto alla precedente Ante Operam.

PAVIMENTAZIONE	L_{CPX} per corsia		$\sigma(L_{CPX})$	L_{CPX}	Limite GPP	$L_{CPX,max}$	Limite GPP
Tratto 1 Low Noise	Dir. Nord	90.4 ± 0.9	0.3	90.5 ± 0.6	**94.0**	91.3 ± 0.6	**95.0**
	Dir. Sud	90.6 ± 0.8	0.3				
Tratto 2 Ante Operam (AO)	Dir. Nord	94.8 ± 0.9	0.5	95.0 ± 0.6	**94.0**	95.9 ± 0.9	**95.0**
	Dir. Sud	95.2 ± 0.9	0.3				
Tratto 3 Low Noise	Dir. Ovest	n.d.	n.d.	n.d.	**94.0**	n.d.	**95.0**

5 Porto di Genova – Pra'

Figura 4: Area di studio con postazioni di monitoraggio evidenziate

Nel porto di Genova Prà è stata costruita una barriera acustica semi-artificiale, definita "duna", sia lungo il lato di ponente (500 m) che lungo quello di levante (250 m) del porto. È stata effettuata una campagna di misure di monitoraggio ante-operam, tramite tre centraline di fonometriche acquistate dal partner ASPMLO che sono state dotate, per la fase post-operam, di schede di memoria da 128GB (a fronte delle schede di 2GB della fase ex-ante) in modo da poter registrare in continuo i file audio in formato .wav non compresso da analizzare per avere una valutazione finale il più completa possibile. Si sono coì ottenute registrazioni audio in formato post-processabile, di una intera settimana di durata, che hanno consentito una indivisuazione molto più certa delle sorgenti che componevano il paesaggio sonoro, dando la possibilità di scartare eventi (come verso di gabbiani, abbaiare di cani, veicoli in transito, cinguettio di uccelli) non correlati con le attività portuali.

I risultati sono stati ottenuti confrontando tra loro i dati della postazione più vicina al porto (le altre due postazioni hanno subito uno spostamento) per configurazioni quanto più possibile equivalenti, ossia con lo stesso numero di navi in banchina tra la fase ante e quella post operam. Nella configurazione con una sola nave si è osservata una riduzione del rumore di circa 3 dBA, in quella con due navi la riduzione è risultata di poco superiore ai 2 dBA ed infine con tre navi è nuovamente di oltre 3 dBA con scarsa variazione del livello di fondo.

Config.	Unità	Leq	L1	L10	L90	L95	L99
Una nave	dB(A)	3,1	2,2	3,7	3,4	3,5	4,0
Due navi	dB(A)	2,2	5,8	2,4	0,7	0,5	0,4
Tre navi	dB(A)	3,6	5,9	2,8	0,2	0,2	0,3

Tramite i risultati ottenuti nel progetto REPORT è stato inoltre possibile sfruttare il nuovo modulo portuale del software MITHRA-SIG, che include tra l'altro un algoritmo di generazione per le sorgenti navali, sia dal punto di vista geometrico che acustico. L'inserimento delle altre sorgenti di rumore portuali è stato possibile tramite il database del progetto IMAGINE (Improved Methods for the Assessment of the Generic Impact of Noise in the Environment), finanziato dal Sesto Programma Quadro dell'Unione Europea, che contiene oltre 1200 sorgenti di rumore.
L'area geografica considerata per le simulazioni è stata quella costituita dal limite amministrativo del porto e dalle circostanti ifrastrutture stradali e ferroviarie.
La zona di impatto comprende, oltre alla zona di emissione, i primi blocchi di edifici che si affacciano sul porto.

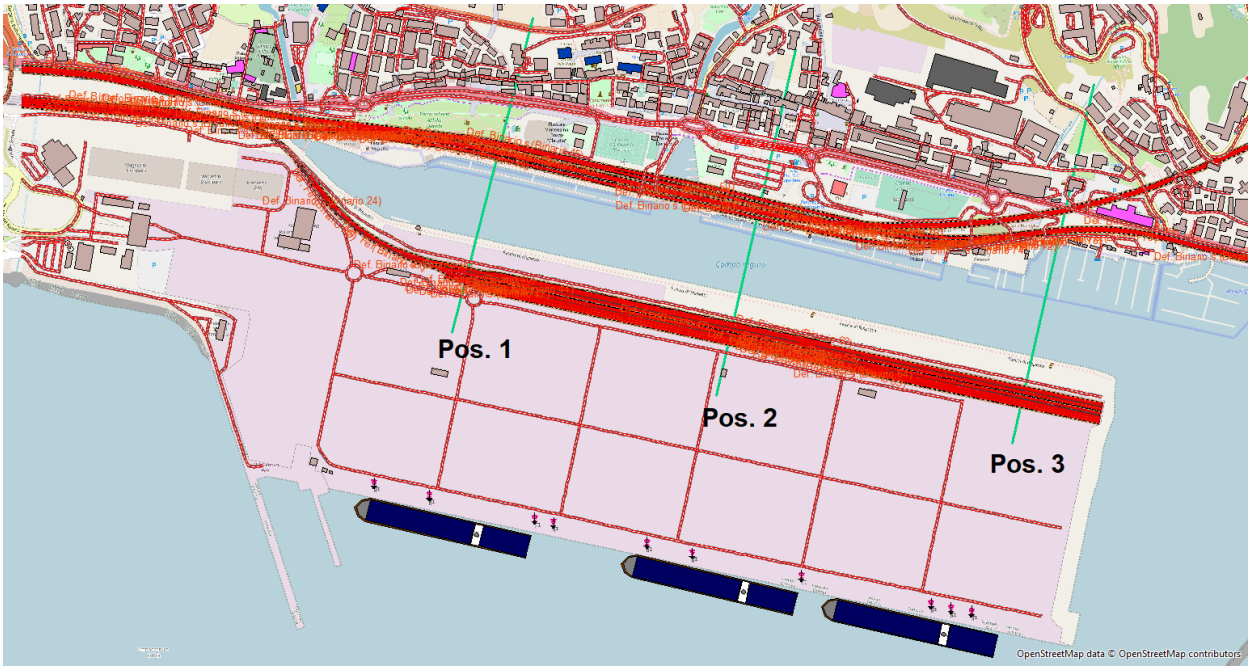
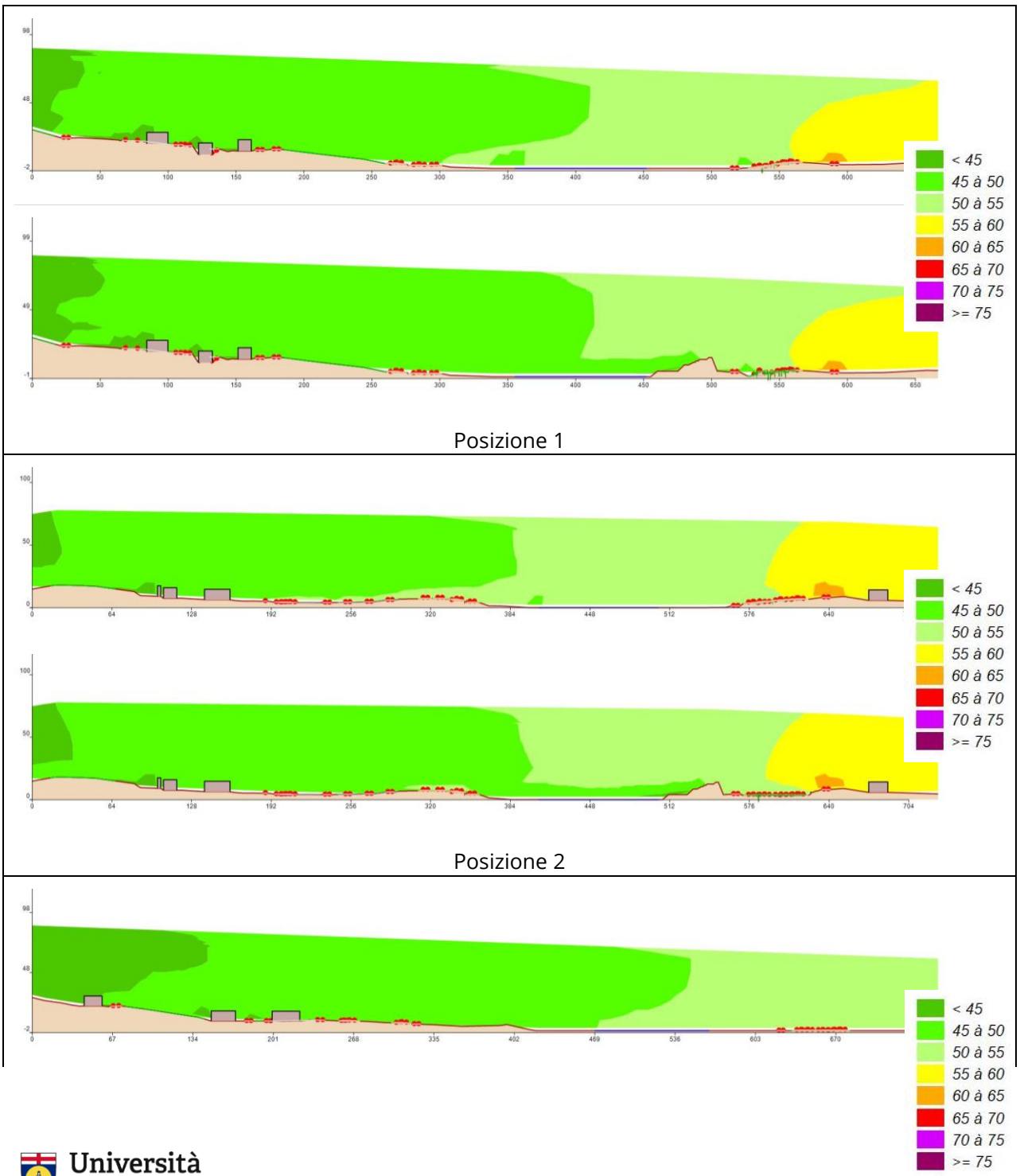


Figura 5: Area di studio per la valutazione dell'effetto della duna artificiale nel porto di Genova Pra': le linee verdi indicano le tre sezioni presentate in seguito

Per le simulazioni è stata ipotizzata la contemporanea presenza di tre navi all'ormeggio, oltre a sorgenti "standard" quali mezzi leggeri e pesanti, treni, gru, etc.

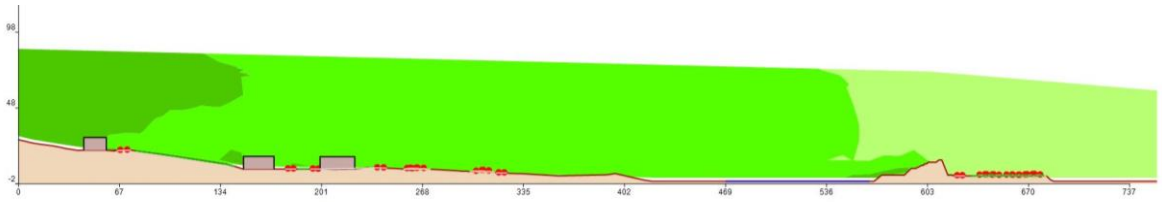
Le simulazioni sono state eseguite su tre diverse sezioni (denominate Posizione 1, 2 e 3, si veda figura 5) ai sensi del nuovo metodo di propagazione acustica adottato dall'Unione Europea CNOSSOS-2012.

Come prevedibile, si può osservare dalle mappature verticali ottenute dalle simulazioni (mostrate in figura 6 alla pagina seguente) che l'effetto della duna è simile a quello di una barriera acustica interposta tra sorgente e ricevitore, con una riduzione del rumore in prossimità della costa che arriva a circa 5 db(A). Va però sottolineato che, data l'altezza delle sorgenti portuali in gioco, per buona parte superiore a quella della duna stessa, si ha come risultato un effetto schermante ridotto ed apprezzabile solo per ricevitori relativamente vicini alla duna; per ricevitori più lontani, o addirittura posti in collina, l'effetto di riduzione del rumore appare trascurabile.



Posizione 1

Posizione 2



Posizione 3

Figura 6: Mappe di rumore verticali per la valutazione dell'effetto dell'effetto della duna artificiale nel porto di Genova Pra': per ogni posizione è rappresentata in alto la situazione ante-operam ed in basso quella post-operam

6 Conclusioni

Nell'ambito del progetto RUMBLE si è analizzata l'efficacia di diversi interventi per la attenuazione del rumore portuale, capaci di mitigare l'impatto acustico dei porti dell'area di eligibilità sul territorio urbano circostante e sulla popolazione lì residente.

Le varie azioni di mitigazione previste all'inizio del progetto sono state portate a compimento, finalizzando le azioni programmate e adeguandole, laddove necessario, alle mutate condizioni operative dei porti.

Per i porti di Portoferraio (Autorità Portuale di Sistema del Mar Tirreno Settentrionale), Cagliari (Autorità Portuale di Sistema del Mare di Sardegna) e Ile Rousse (Officie des Transports de la Corse) le opere sono consistite nella stesura di asfalto fonoassorbente sui piazzali di sbarco e imbarco dei porti. Per il porto di Genova si è valutato l'effetto di una duna di ampie dimensioni, realizzata presso il terminal container di Genova Prà e finalizzata alla diminuzione dell'impatto paesaggistico ed acustico sull'area urbana circostante. MNCA ha infine condotto il monitoraggio del clima acustico nell'area metropolitana di Nizza al fine di individuare le soluzioni infrastrutturali più efficaci da adottare per la mitigazione dell'impatto acustico dei porti.

Si sono quindi analizzati i risultati ottenuti dai diversi interventi in termini di riduzione dei livelli sonori mediante l'esecuzione di campagne di misura: una prima serie di campagne fonometriche ha valutato la situazione prima della esecuzione delle opere di mitigazione (ante operam) ; una seconda serie ha definito la situazione dopo l'esecuzione delle opere di mitigazione (post operam). Il confronto tra i livelli sonori ante operam e post operam ha infine permesso di analizzare l'efficacia dei diversi interventi.

La misurazione dei parametri sonori è stata realizzata dai partner gestori dei porti, in collaborazione con UNIPI e UNIGE ed ARPAL, attraverso strumentazioni acustiche sia fisse che mobili, in parte nella disponibilità degli Enti, in parte acquisite nell'ambito del progetto dai partner MNCA e APSMLO. In particolare gli Enti di ricerca hanno provveduto alla determinazione del posizionamento della strumentazione di acquisizione, alla definizione delle modalità tecniche di misura e dei parametri acustici da rilevare e hanno indirizzato le campagne di monitoraggio al fine di valutare il clima acustico precedente e successivo alla realizzazione delle opere di mitigazione.

In generale i confronti effettuati tra le misure di rumore condotte nello stato Ante Operam e Post Operam per i porti oggetto degli interventi di mitigazione evidenziano l'ottenimento di significativi benefici acustici:

La stesura di un manto di asfalto fonoassorbente sulla superficie dei piazzali prossimi ai porti o lungo le strade di collegamento tra porto e area urbana conduce ad una sensibile riduzione del rumore associato al transito dei veicoli stradali provenienti o diretti ai porti

Tale risultato appare molto significativo per quelle realtà portuali in cui il rumore è associato al traffico generato dal porto. Ricadono in questa categoria i porti in cui è prevalente il traffico passeggeri o la movimentazione delle merci mediante veicoli su gomma imbarcati a bordo delle navi

Questa soluzione agisce in modo particolarmente efficace quando il porto è a immediato contatto con le aree urbane abitate, come nel caso dei porti turistici di Portoferraio e Ile Rousse. In questo caso il rumore prodotto dalle attività portuali è dovuto principalmente ai veicoli, mentre il contributo diretto delle imbarcazioni è meno significativo. Pertanto il beneficio è relativamente meggiore

Andrà valutata nel tempo la durabilità dei risultati raggiunti dalla posa degli asfalti fonoassorbenti, per capire se l'effetto di invecchiamento può ridurre in modo sensibile i risultati ottenuti all'atto della posa

L'adozione di asfalti fonoassorbenti per i piazzali di imbarco/sbarco si sposa in modo molto efficace con l'uso di materiale viscoelastico nelle zone di appoggio dei portelloni. Quest'ultimo intervento è stato analizzato nel progetto INTERREG Marittimo Italia Francia DECIBEL e ha dato risultati molto promettenti nel ridurre il rumore impulsivo prodotto dai veicoli su gomma durante le fasi di imbarco e sbarco dalle navi.

Il monitoraggio condotto presso il porto di Nizza ha mostrato come una gestione attiva della mappatura acustica delle aree urbane prossime ai porti possa fornire indicazioni utili per una gestione operativa del porto capace di ridurre l'impatto sonoro sulle aree circostanti

Nel caso di grandi porti commerciali è altresì efficace l'adozione di schermi sonori tra il porto e l'area urbana prossima. È il caso di una duna in terra, ricoperta da vegetazione arborea e arbustiva, che circonda la zona destinata al deposito e alla movimentazione dei container nel porto di Genova Pra'.

Il beneficio acustico risulta significativo solo per la zona prossima al manufatto, mentre è limitato per le aree più lontane, soprattutto collinari, e per gli ultimi piani degli edifici che prospettano il porto. A tale conclusione, oltra che dal monitoraggio ante e post operam, si giunge anche tramite simulazioni eseguite ai sensi del nuovo metodo di propagazione acustica adottato dall'Unione Europea CNOSSOS-2012: da esse si osserva infatti che l'effetto della duna è simile a quello di una barriera acustica interposta tra sorgente e ricevitore, con una riduzione del rumore che arriva anche a circa 5 db(A): data però l'altezza delle sorgenti in gioco, l'effetto schermante è ridotto ed apprezzabile solo per ricevitori relativamente vicini alla duna; per ricevitori più lontani, o addirittura posti in collina, l'effetto di riduzione del rumore appare trascurabile.

Un elemento limitante è costituito dal ridotto effetto della barriera naturale in terra alle basse frequenze. Tali frequenze sono le più impattanti sia in termini di propagazione a grande distanza, sia in termini di emissioni provenienti dai fumaioli delle navi

Va considerato, in una valutazione in termini di costi-benefici, il miglioramento di natura estetica e paesistica che il manufatto porta. La duna è innanzitutto uno schermo visivo, che separa la zona destinata alle attività industriali del porto dalle aree ricreazionali e sportive. Questo elemento, combinato con un beneficio in termini di clima acustico, permette una migliore fruizione da parte dei cittadini del parco urbano "Fascia di Rispetto" e della Marina di Prà, rendendo certamente più sostenibile la convivenza tra porto e citta.

A tutto questo si aggiunge la realizzazione o lo sviluppo nell'ambito del progetto RUMBLE di reti di rilevamento fonometrico atte a valutare in modo permanente i livelli di rumore irradiati dai porti. In particolare, le strumentazioni acquistate dai partner MNCA e Autorità Portuale di Sistema del Mar Ligure Occidentale saranno anche manutenute, gestite e usate dai partner per attività di misurazione del clima acustico funzionale alla progettazione di opere di mitigazione dopo la fine del progetto. Inoltre, i dati saranno utili per arricchire i data base attualmente gestiti dal partner, al fine di controllare e monitorare lo stato di attuazione degli strumenti di pianificazione acustica attualmente vigenti e di competenza istituzionale. Pertanto i dati qui riportati saranno anche utili per arricchire i data base attualmente gestiti dai partner del progetto, al fine di controllare e monitorare lo stato di attuazione degli strumenti di pianificazione acustica attualmente vigenti e di competenza istituzionale.

Attraverso gli eventi transfrontalieri e territoriali i partner presenteranno la metodologia di acquisizione dei dati (con le indicazioni specifiche sulla strumentazione dal punto di vista della qualità, sulle caratteristiche tecniche della campagna di monitoraggio nonché sui parametri acustici da rilevare), con lo scopo di diffondere il modello ad altri Enti proprietari o Gestori dei porti dell'Alto Tirreno, e Istituzioni pubbliche competenti sul tema. Da questo punto di vista, la partnership del progetto RUMBLE costituirà un polo di diffusione delle attività realizzate ad altri partner di progetti finanziati dal programma INTERREG Marittimo Italia-Francia e più in generale ai diversi stakeholders portuali attivi nell'area di eligibilità, che fungeranno da soggetti moltiplicatori delle esperienze prodotte. Infine, a livello scientifico, UNIGE ed UNIPI trasferiranno nel follow up del progetto i risultati ottenuti alla Comunità scientifica interessata al tema, anche attraverso pubblicazioni in riviste di Settore o nell'ambito di Conferenza Nazionali ed Internazionali anche fuori area di cooperazione.