

PROGETTO REPORT

"Rumore e Porti"

CUP [D36C18000220006]

Prodotto C.3.2

[C.3.2 Pubblicazione finale congiunta "Rumore e Porti"]

Componente [C Comunicazione]

**Attività [C.3 Networking con i progetti paralleli
sul tema "Rumore e porti"]**

Data di consegna prevista: [Luglio 2021]

Data di consegna effettiva: [Luglio 2021]

Organizzazione responsabile della Componente: [UNIGE]

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

Numero della documentazione da consegnare:	[C.3.2]
Responsabile della documentazione da consegnare:	[UNIGE]
Componente:	[C.3]

Autore/i - in ordine alfabetico		
Nome	Organizzazione	E-mail
Bolognese Matteo	Arpat	m.bolognese@arpat.toscana.it
Fadda Paolo	Unica	fadda@unica.it
Kamdern Emile	Unige	Emile.leonard.waffo.kamdern@edu.unige.it

Licitra Gaetano	Arpat	g.licitra@arpat.toscana.it
Maillard Julien	Cstb	Julien.maillard@cstb.fr
Sollai Federico	Unica	Federico.sollai@gmail.com
Yousseu Adelphe	Unige	Adelphe.yousseu@edu.unige.it

Revisione del Documento			
Versione	Data	Modifiche	
		Tipo di modifiche	Modificato da

Sintesi
Il prodotto C.3.2 raccoglie e riassume le informazioni provenienti dal prodotto T4.1.1. In particolare, l'intento è quello di offrire ad un pubblico generalista e non esperto un prodotto dai contenuti chiari e semplici, che possa offrire una panoramica sui progetti del cluster lotta all'inquinamento acustico e sui relativi obiettivi e risultati ottenuti.

SOMMARIO

INTRODUZIONE	5
SEZIONE I. IL PROGETTO RUMBLE	7
1. INTRODUZIONE ED OBIETTIVI DEL PROGETTO.....	7
2. SINTESI DEL PROGETTO	8
3. I MODELLI E LE METODOLOGIE UTILIZZATE PER L'ABBATTIMENTO DELLE EMISISONI ACUSTICHE	9
4. I RISULTATI E GLI OUTPUT DEL PROGETTO.....	12
4.1 I risultati del progetto	12
SEZIONE II. IL PROGETTO DECIBEL	15
1. INTRODUZIONE ED OBIETTIVI DEL PROGETTO.....	15
2. SINTESI DEL PROGETTO	15
3. ALCUNE SPECIFICITÀ DELLA SIMULAZIONE DEL RUMORE PORTUALE. 17	
3.1 Identificazione e caratterizzazione delle fonti	17
3.2 Costruzione dei dati meteorologici	18
3.3 Modellazione geometrica e acustica delle navi.....	18
4.1 Diagnosi acustica.....	18
4.2 azioni correttive	21
SEZIONE III. IL PROGETTO LIST-PORT.....	22
1. INTRODUZIONE ED OBIETTIVI DEL PROGETTO.....	22
2. SINTESI DEL PROGETTO LIST-PORT.....	23
3. I MODELLI E LE MEDODOLOGIE UTILIZZATE PER L'ABBATTIMENTO DELLE EMISSIONI ACUSTICHE IN LIST-PORT.....	24
4. I RISULTATI E GLI OUTPUT DEL PROGETTO.....	25
4.1 I risultati del progetto	25
4.2 Analisi critica dei risultati e livello di raggiungimento degli obiettivi 26	
SEZIONE IV. IL PROGETTO MON ACUMEN	28
1. INTRODUZIONE ED OBIETTIVI DEL PROGETTO.....	28

2. SINTESI DEL PROGETTO	28
3. I SISTEMI DI MONITORAGGIO DEL RUMORE E LE MAPPE ACUSTICHE	30
4. I RISULTATI E GLI OUTPUT DEL PROGETTO	31
4.1 I risultati del progetto	31
4.2 Analisi critica dei risultati e livello di raggiungimento degli obiettivi	33
SEZIONE V. IL PROGETTO REPORT	34
1. INTRODUZIONE ED OBIETTIVI DEL PROGETTO.....	34
2. SINTESI DEL PROGETTO	35
3. I MODELLI SVILUPPATI PER LA PREVISIONE DEL RUMORE PORTUALE.	35
4. VALIDAZIONE DEI MODELLI SVILUPPATI E POSSIBILI MIGLIORAMENTI.	37
4.1 Validazione dei modelli sviluppati.	37
4.2 Analisi critica e possibili miglioramenti.....	38

INTRODUZIONE

Il porto è centro di attività e di commercio; è il cuore attorno al quale si sviluppa la città, ma anche fonte di disturbo per i cittadini residenti nelle aree prossime, incidendo sulla qualità della vita degli abitanti. Al fine di garantire delle risposte a tale problematica è nato il **Cluster “Controllo del rumore portuale”** finanziato all’interno del **Programma di Cooperazione transfrontaliero EU INTERREG Italia-Francia Marittimo**.

Il Cluster porta avanti **6 progetti** (REPORT, RUMBLE, MON ACUMEN, DECIBEL, LIST Port e TRIPLO) relativi a vari aspetti dell’impatto acustico portuale e della relazione rumore-porto. I progetti sono interconnessi l’uno all’altro, formando una rete il cui scopo è quello di mitigare il rumore portuale, indirizzare lo sviluppo dell’area di cooperazione verso una **crescita intelligente, sostenibile e inclusiva**, condividere le conoscenze comuni tra i progetti e attuare una cooperazione transfrontaliera per **risolvere i problemi legati al rumore portuale**, promuovere la mitigazione sonora e migliorare la qualità della vita degli abitanti.

Nel 2002 l’Unione Europea, conscia dei rischi sulla salute legati al rumore, ha approvato la **Direttiva 2002/49/CE (Environmental Noise Directive -END)** che richiede agli Stati Membri di produrre mappe acustiche e piani di azione per le principali infrastrutture di trasporto e per i centri urbani. Tuttavia, nella Direttiva il **rumore portuale è assimilato a quello industriale**, con un’attenzione insufficiente rispetto all’attuale rilevanza del problema. Non sono molti, inoltre, gli studi sulla caratterizzazione delle sorgenti portuali, sulle relative misure di mitigazione e sulla valutazione dell’esposizione della popolazione a tale tipologia di rumore. A ciò si unisce anche la **complessità degli ambienti portuali**, che rende questi studi ancora più difficili da sviluppare a causa di aspetti come le dimensioni delle aree interessate, il grande numero di sorgenti acustiche presenti, spesso sovrapposte, la loro varietà e le difficoltà di accesso alle varie zone portuali. In particolare, risultano particolarmente sfidanti le **misure del rumore portuale** per la difficoltà a identificare l’esatto contributo delle emissioni sonore generate dalle attività portuali in relazione al clima acustico complessivo nelle aree urbane prossime.

Complessivamente i 6 progetti del Cluster “Rumore e Porti” affrontano il tema secondo diverse prospettive concorrenti, in base a un approccio olistico capace di produrre metodiche efficaci per l’analisi e la mitigazione dell’inquinamento acustico portuale. Il miglioramento della sostenibilità dei porti commerciali e delle piattaforme logistiche collegate contribuendo alla riduzione dell’inquinamento

acustico è l'obiettivo specifico del cluster rumore e porti che è composto dei seguenti progetti: **Report, Rumble, MonAcumen, Decibel, e Listport.**

Per garantire una sinergia tra i progetti paralleli sulla tematica "Rumore e Porti", ottimizzare le risorse ed evitare ripetizioni dei contenuti comuni è stato istituito un comitato tecnico composto dai partner coinvolti nei progetti citati prima per l'elaborazione della pubblicazione finale collettiva in formato digitale contenente i contenuti e i risultati di tutti i progetti sulla tematica "Rumore e porti"

Il progetto **Report** che fa di capello a tutti gli altri progetti del cluster affronta la tematica del rumore portuale con un approccio multidisciplinare (tecnico, gestionale e socioeconomico) al fine di sviluppare metodi comuni e transnazionali per la gestione specifica del rumore portuale. L'approccio scelto dal progetto è garantire risultati di valenza generale e transnazionale, cercando anche di promuovere l'integrazione dei contenuti delle direttive europee di settore, sulla base dell'analisi normativa prodotta nel progetto. Lo sviluppo di nuovi algoritmi e metodologie nei diversi ambiti avviene con l'intento di proporre le migliori strategie transfrontaliere comuni e replicabili in grado di sostenere uno sviluppo sostenibile delle attività portuali in termini di emissioni sonore.

Il progetto **Rumble** si occupa della mitigazione del rumore nei porti commerciali di medie e grandi dimensioni.

Il progetto **Decibel** si occupa della mitigazione del rumore nei piccoli porti detti porti insulari urbani.

Il progetto **List-Port** si occupa della limitazione dell'inquinamento sonoro da traffico nei porti commerciali.

Il progetto **MonAcumen** affronta la tematica del rumore portuale nel lato della strumentazione e focalizzandosi sugli aspetti di pianificazione e controllo del rumore nei porti commerciali.

Nelle seguenti sezioni saranno brevemente presentati gli obiettivi, i metodi o modelli utilizzati per lo studio e la mitigazione del rumore e risultati ottenuti da ogni progetto.

Il programma rappresenta una tappa fondamentale nel **percorso verso una pianificazione e controllo dell'impatto acustico dei porti** non solo nella zona transfrontaliera di incidenza del programma INTERREG IT-FR Marittimo, ma anche nelle numerose altre aree del territorio comunitario in cui il problema della sostenibilità ambientale dei porti è divenuto un elemento chiave dello sviluppo. Gli interventi del programma, infatti, interessano direttamente **6,5 milioni di persone** che abitano l'area di cooperazione, ma sono di vasta portata e di lungo termine: si prevede che gli effetti positivi degli investimenti ricadano

su un bacino di popolazione molto più largo, e che si misurino negli anni, interessando anche le **generazioni future**.

SEZIONE I. IL PROGETTO RUMBLE

1. INTRODUZIONE ED OBIETTIVI DEL PROGETTO

L'obiettivo generale del progetto RUMBLE è contribuire a mitigare l'impatto delle emissioni sonore nelle aree prospicienti ai porti commerciali di medie e grandi dimensioni dello spazio di cooperazione Marittimo, contribuendo all'aumento della sostenibilità dei porti commerciali e riducendo l'inquinamento acustico da essi generato. A tal fine, il progetto RUMBLE intende sviluppare possibili politiche di risposta al problema delle emissioni sonore dei porti, elaborate in modo condiviso tra le istituzioni pubbliche francesi ed italiane che risentono del problema comune quali:

- aumentare le conoscenze e la consapevolezza di tutti gli attori interessati sul tema rumore e sugli impatti prodotti dalle sorgenti sonore nei porti, sulle problematiche relative alla accettabilità sociale del problema nelle aree urbane limitrofe, sulle soluzioni innovative che possono essere applicate nelle aree portuali.
- favorire la governance tra le istituzioni pubbliche competenti sul tema e la partecipazione popolazione urbana alle scelte strategiche e progettuali proposte al fine di aumentare l'accettabilità sociale delle attività portuali
- applicare di alcune soluzioni ritenute idonee per le aree portuali partner del progetto, tese a mitigare gli impatti delle emissioni sonore più significative e monitorare i risultati anche attraverso modelli di valutazione dell'efficacia.

Tra gli obiettivi specifici del progetto Rumble, si può citare:

- Aumentare le conoscenze sulla problematica dell'impatto delle emissioni sonore portuali e sulle infrastrutture di mitigazione ottimali.
- Elaborare strategie congiunte per favorire la partecipazione degli attori locali interessati alle scelte progettuali.

- Realizzare piccole infrastrutture per il controllo del rumore e monitorare l'efficacia delle opere di mitigazione acustica nei porti.

2. SINTESI DEL PROGETTO

Il progetto RUMBLE ha l'obiettivo generale di migliorare la sostenibilità dei porti commerciali contribuendo alla riduzione dell'inquinamento acustico, attraverso la realizzazione di studi e di piccole infrastrutture ed investimenti per la mitigazione del rumore e per la valutazione della loro efficacia, replicabili in tutte le realtà portuali dell'area di cooperazione. Ciò consentirà di ridurre le principali fonti di disturbo indotte dalle sorgenti sonore del porto a beneficio della popolazione residente nelle aree urbane limitrofe: il traffico su strada dei mezzi pesanti generato dalle attività portuali e dagli attracchi dei natanti. Gli interventi saranno definiti a seguito di un'indagine iniziale del clima acustico e tenendo in considerazione le rimozioni dei cittadini pervenute agli enti gestori dei porti e alle istituzioni pubbliche preposte.

Allo stesso tempo, al fine di operare in una maniera corretta ed efficiente, RUMBLE applicherà una strategia di monitoraggio:

- 1) connessa all'efficacia delle opere di mitigazione realizzate con i fondi del progetto nelle aree pilota di Cagliari, Livorno e Ajaccio.
- 2) finalizzata a valutare l'efficacia di un'opera di ampie dimensioni già realizzata con fondi propri nel Porto di Genova.
- 3) per definire i migliori interventi da realizzare in futuro nel porto dell'area Metropolitana di Nizza.

Le attività di comunicazione prevedono focus group ed eventi dedicati al coinvolgimento dei target group in tutte le fasi del progetto, anche per validarne i risultati: Enti pubblici competenti di pianificazione e monitoraggio acustico, imprese portuali e cittadini, anche rappresentati da Comitati. La replicabilità e la trasferibilità del progetto in altre realtà portuali sarà garantita a livello transfrontaliero dal Network con i capofila degli altri progetti, a livello europeo dalle presentazioni svolte dai partner negli eventi istituzionali, ma anche dalle Università partner presso la Comunità scientifica internazionale.

3. I MODELLI E LE METODOLOGIE UTILIZZATE PER L'ABBATTIMENTO DELLE EMISISONE ACUSTICHE

Nell'ambito del progetto Rumble sono stati realizzati delle piccole infrastrutture e investimenti per la mitigazione del rumore e di valutarne l'efficacia. In questo modo, soluzioni di successo possono essere teoricamente replicate in tutte le realtà portuali dell'area di cooperazione. In particolare, per quanto riguarda il porto di Genova, è stata realizzata una duna semi-artificiale, che si suddivide in due lotti: il primo lotto sul lato levante di 500m e il secondo sul lato ponente di 250m. La si suddivide in due lotti come evidenziato nell'immagine sottostante (figura 2): il primo lotto sul lato levante di 500m e il secondo sul lato ponente di 250m a duna ha un duplice effetto ambientale: nascondendo alla vista il terminal container di Pra' e fungendo da barriera al rumore proveniente dalle attività portuali come movimentazione merci, gru in movimento, ecc.



FIGURA I.1: INSERIMENTO DUNA PORTO DI PRÀ

Negli altri porti del progetto, sono stati realizzati investimenti e interventi per la mitigazione del rumore portuale attraverso l'installazione di cinque stazioni di ricarica per veicoli elettrici nei porti commerciali di Bastia e Ile Rousse (Corsica, Francia) e la realizzazione di conglomerato bituminoso riduttore di rumore (Porto commerciale di Ile Rousse, Corsica, Francia; Porto di Portoferraio, Toscana, Italia; Porto di Cagliari, Sardegna, Italia) con il relativo metodo CPX per valutarne l'efficienza.

Per quanto riguarda il porto di ile rousse, l'intervento di risanamento acustico è consistito nella posa in opera di una pavimentazione a basso impatto acustico sia all' interno dell'area di pertinenza portuale, sia lungo un tratto della strada pubblica a doppio senso che collega il centro cittadino al porto ed all'isola.

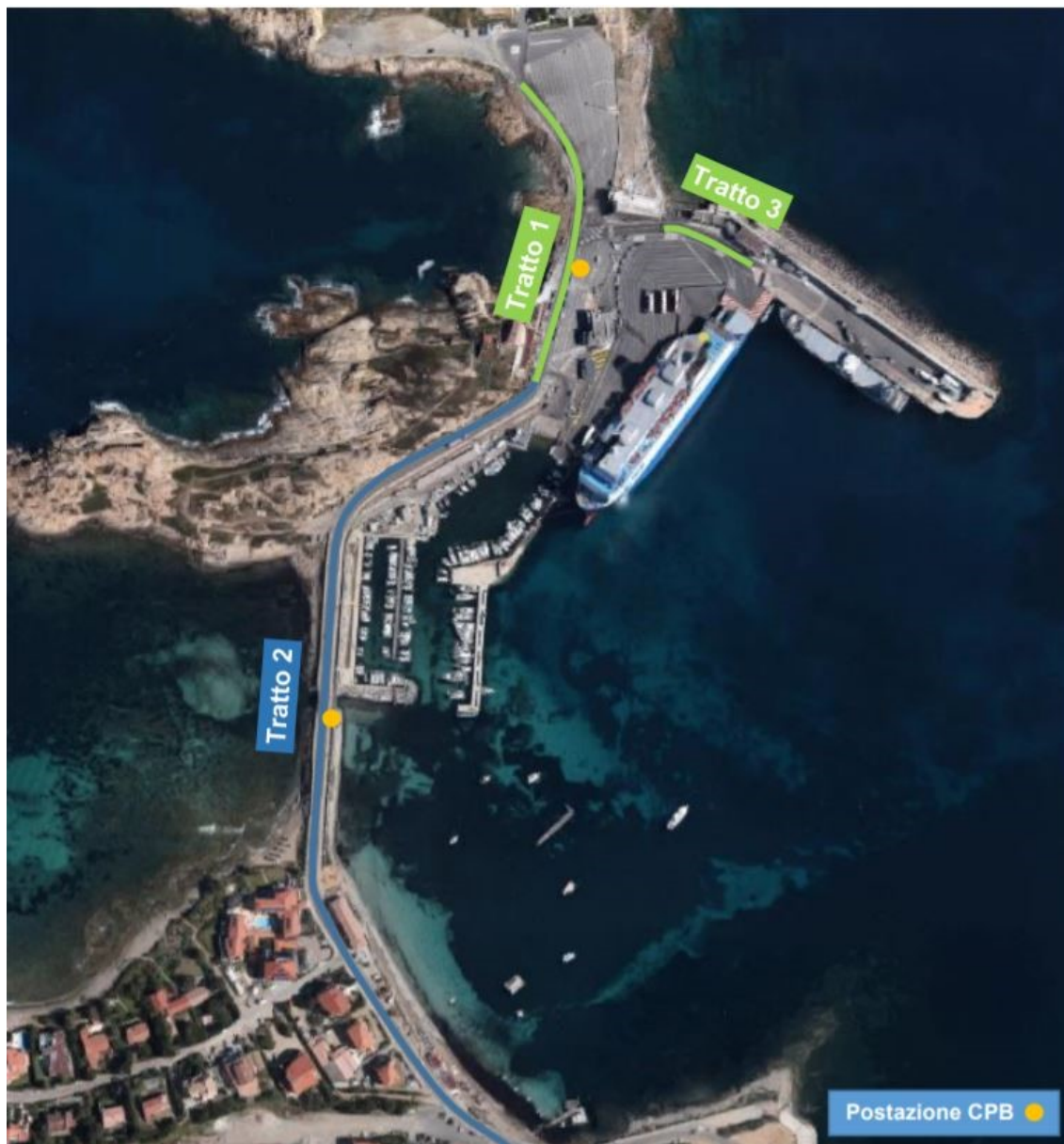


FIGURA I.2: TRATTI DELLA STRADA INDAGATA – PORTO DI ILE ROUSSE

Il luogo di esecuzione della fornitura e installazione delle 5 stazioni di ricarica per veicoli elettrici sono i Porti commerciali di Ile Rousse e Bastia (vedi i punti rossi).

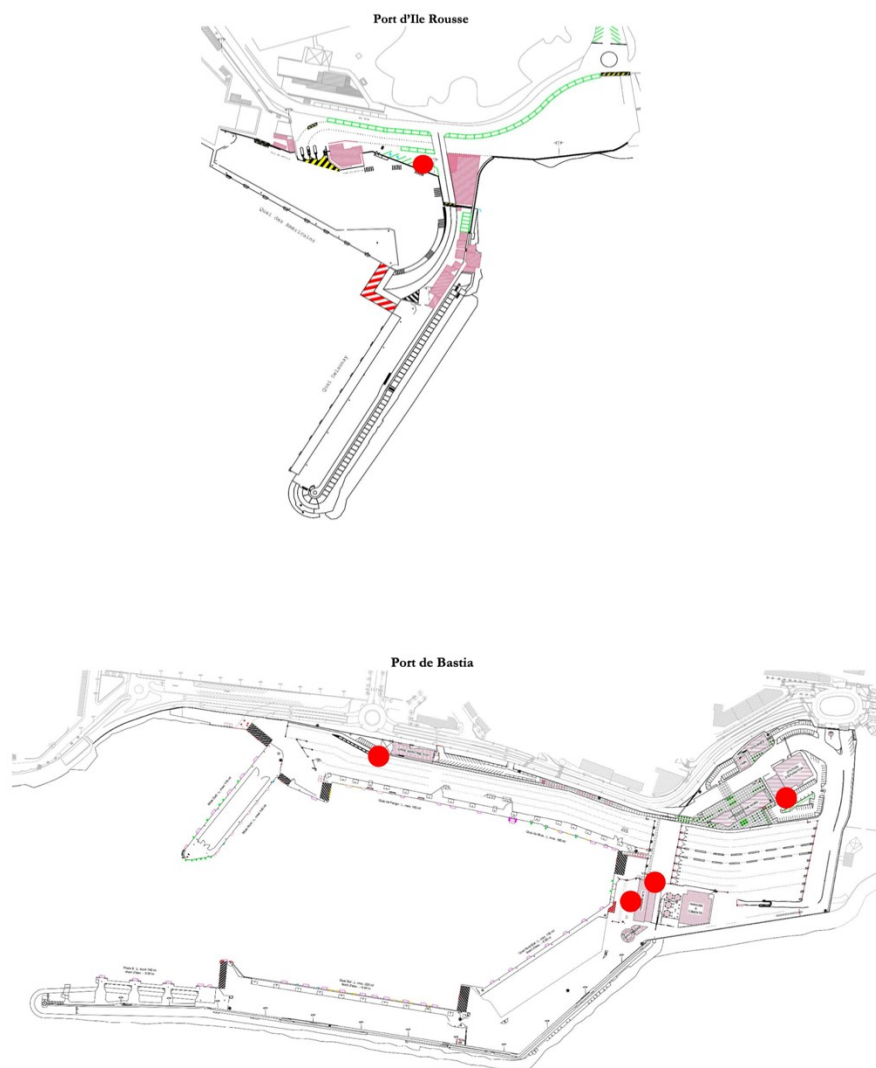


FIGURA I.3: LUOGO DI INSTALLAZIONE DELLE 5 STAZIONI DI RICARICA PER VEICOLI ELETTRICI NEI PORTI FRANCESI – IN ALTO IL PORTO COMMERCIALE DI ILE ROUSSE ED IN BASSO QUELLO DI BASTIA (CORSICA, FRANCIA)

Da un punto di vista tecnico, le quattro stazioni di ricarica per veicoli elettrici da installare devono avere le seguenti caratteristiche:

- Avere una potenza di 3-22Kw
- Avere una capacità di ricarica normale e accelerata a 22kVA e trifase
- Dare la possibilità di effettuare 2 ricariche contemporaneamente
- Essere sufficientemente protette dall'ambiente marino esterno
- Essere conformi alle norme in vigore
- Essere installate conformemente alle guide UTE C 15-722 e UTE C 17-722

Per la realizzazione di un'asfaltatura a bassa emissione sonora nel porto di Portoferraio (Toscana, Italia), Calata Italia è stato scelto il conglomerato bituminoso denominato "Low Noise".

Lo stato dei luoghi alla fine dei lavori è il seguente:



FIGURA I.4: IL PORTO DI PORTOFERRAIO (TOSCANA, ITALIA) DOPO I LAVORI PER LA REALIZZAZIONE DI ASFALTATURA A BASSA EMISSIONE SONORA

Sul Porto di Cagliari (Sardegna, Italia), gli interventi consistono nella realizzazione di una pavimentazione stradale in conglomerato bituminoso con caratteristiche fonoassorbenti e drenanti per un totale di 17.618 m². Le zone interessate dall'intervento sono ubicate nell'area portuale di Cagliari prossime alla via Roma.

4. I RISULTATI E GLI OUTPUT DEL PROGETTO

4.1 I risultati del progetto

I risultati delle analisi dei dati del porto di Genova Pra, raccolti nelle tre postazioni di misura (Fig. I.5), nelle tre diverse configurazioni (con una nave, due o tre in banchina), sono i seguenti: nel periodo giornaliero il rumore del porto non risulta essere predominante perché coperto dalle attività non portuali, nella prima mattina (h 4-7.30) il contributo sonoro che risulta essere maggiormente impattante è quello dato dalla fauna (gabbiani) e infine nel periodo notturno, in cui sono state considerate le misure pulite, sono stati individuati rumori impulsivi provocati dagli urti dei container e da diverse sirene (Figura I.6).

Nelle tre configurazioni considerate, l'impatto sulla postazione vicina al porto e su quella collinare varia a seconda del numero di navi, della loro posizione, ma soprattutto delle attività portuali correlate. Dal momento che tra le misurazioni ex-ante e quelle ex-post i siti ospitanti le postazioni sono cambiati, non è stato possibile effettuare un confronto preciso fra i dati.



FIGURA I.5: BANCHINA CON TRE NAVI

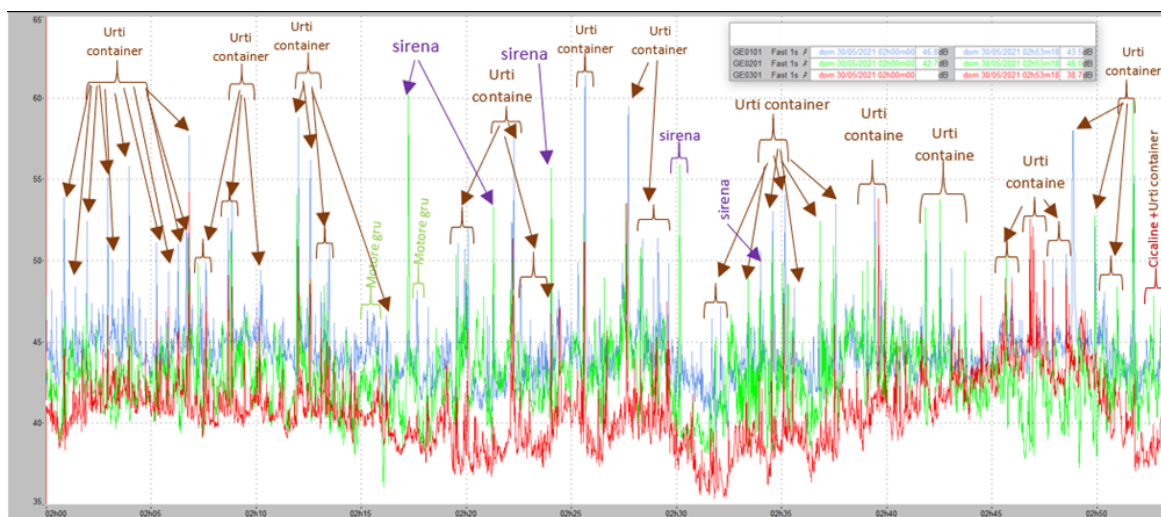


FIGURA I.6: CONFRONTO FRA GLI ANDAMENTI TEMPORALI DEI LIVELLI LAeq,1 s

La presente relazione concerne la valutazione delle prestazioni degli interventi di risanamento realizzati presso varie realtà portuali del progetto Rumble. Per omogeneizzare la verifica dell'efficacia degli interventi, tanto per la metodica CPX

che per quella CPB, è stato usato un criterio differenziale finalizzato al confronto delle prestazioni acustiche delle pavimentazioni ante opera e post opera. La seguente tabella riassume i risultati ottenuti per la velocità di riferimento di 50 km/h e quantifica il beneficio acustico derivante dagli interventi di risanamento realizzati in termini di riduzione di livelli di rumore:

	<i>Diff_{CPX} [dB(A)]</i>	<i>Diff_{CPB} [dB(A)]</i>
Portoferraio (LI)	-3.4 ± 0.8	-
Cagliari (CA)	-3.1 ± 1.3 $+0.7 \pm 1.3$ -0.1 ± 1.3	-5.7 ± 3.2 -1.0 ± 0.9
Ile Rousse (FR-2B)	-4.5 ± 0.8	-2.2 ± 1.3

TABELLA I.1: CONFRONTO PRESTAZIONI ACUSTICHE PAVIMENTAZIONI

Considerando i risultati relativi alla posa in opera di una pavimentazione a bassa emissione sonora nelle realtà portuali di Portoferraio e Ile Rousse, i risultati mostrano significative riduzioni dei livelli di rumore (da 2 fino ad oltre 4 dB(A)). Considerando i risultati relativi alla posa in opera di una pavimentazione a bassa emissione sonora nelle realtà portuali di Portoferraio e Ile Rousse, i risultati mostrano significative riduzioni dei livelli di rumore (da 2 fino ad oltre 4 dB(A)). Con riferimento all'intervento di risanamento effettuato nel porto di Cagliari, i risultati mostrano una maggiore variabilità. Va comunque tenuto in considerazione che la campagna di misura post operam è stata effettuata a Cagliari prima delle quattro settimane previste a partire dalla stesa, pertanto i risultati ottenuti consentono di avere una indicazione di massima delle prestazioni delle pavimentazioni indagate ed andrebbero confermati con successive campagne di misura.

SEZIONE II. IL PROGETTO DECIBEL

1. INTRODUZIONE ED OBIETTIVI DEL PROGETTO

Il progetto DECIBEL fa parte del programma comunitario transfrontaliero europeo "Maritime IT FR 2014 2020". I suoi obiettivi riguardano lo sviluppo sostenibile dei porti insulari transfrontalieri. In particolare, il progetto risponde ad una delle maggiori problematiche legate ai porti in generale: l'inquinamento acustico. Questo fastidio, come la qualità dell'aria e dell'acqua, ha comprovati effetti sulla salute e, naturalmente, provoca un notevole disagio nelle popolazioni esposte. Come conciliare dunque il mantenimento e lo sviluppo dell'attività commerciale di questi porti, essenziali per l'economia locale, e la riduzione o addirittura l'eliminazione dell'inquinamento acustico? Il progetto DECIBEL offre risposte a questo problema grazie allo sviluppo e alla diffusione di metodi diagnostici adattati ai porti insulari da un lato, e alla proposta e attuazione di piani d'azione per la riduzione dell'inquinamento acustico da un altro lato.

Questo lavoro viene svolto congiuntamente su ciascuno dei porti partner del progetto. Include anche la valutazione delle misure messe in atto che dovrebbero consentire di stabilire e diffondere buone pratiche in tutta l'area di cooperazione.

I partner del progetto DECIBEL sono:

- Il CCI de Haute Corse, Capofila e concessionario dei porti commerciali di Bastia e le-Rousse.
- L'Università degli Studi di Genova (UNIGE).
- Il comune di Olbia.
- L'Associazione Nazionale Comuni Italiani della Regione Toscana (ANCI Toscana).

2. SINTESI DEL PROGETTO

Il progetto copre due fasi essenziali delle strategie volte a limitare l'inquinamento acustico. In primo luogo, la fase di diagnosi e studi di impatto consente di quantificare l'esposizione al rumore proveniente dal porto e di valutare a monte l'efficacia delle diverse misure di contenimento del rumore. In secondo luogo, la definizione di piani d'azione basati sulle misure correttive più appropriate, a seguito dei risultati della prima fase, porta ad una strategia di riduzione dell'inquinamento acustico adattata alle specificità del sito studiato. La sua attuazione operativa è accompagnata da un sistema di monitoraggio al fine di monitorare l'efficacia delle misure adottate nel tempo.

Nell'ambito del progetto DECIBEL, queste due fasi principali vengono applicate in pratica ai 5 porti insulari, partner del progetto:

- Bastia (Corsica) ;
- L'Île-Rousse (Corsica) ;
- Olbia (Sardegna) ;
- Portoferraio (Toscana);
- Giglio (Toscana).

La metodologia proposta dal progetto è applicata a ciascuno dei porti studiati può essere scomposta nelle seguenti fasi:

1. Identificazione degli stakeholder
2. Definizione dei limiti spaziali dello studio
3. Funzionamento del porto e identificazione della fonte
4. Raccolta e impostazione dei dati necessari
5. Creazione del modello e calcolo degli indicatori di rumore
6. Analisi dei risultati
7. Attuazione di un piano d'azione per la limitazione del rumore
8. Monitoraggio dell'effetto del piano d'azione

Per ogni porta sono stati eseguiti i passaggi da 1 a 6. Questo lavoro riguarda sia le visite in sito necessarie per l'analisi del funzionamento delle attività portuali, sia la misurazione dell'emissione acustica delle sorgenti più rumorose, sia la modellazione del rumore generato dal calcolo. Questi modelli vengono realizzati utilizzando il software MithraSIG, che integra funzioni specifiche per aiutare a simulare il rumore dei porti. I risultati sono presentati attraverso diversi indicatori che descrivono i livelli di rumore associati alle diverse sorgenti sonore. Gli indicatori sono calcolati o per singole fasce orarie al fine di valutare il disturbo associato ad una specifica situazione, oppure per lunghi periodi, rappresentativi di una sequenza di attività, per valutare una dose media di esposizione al rumore.

Sulla base della diagnosi acustica e dei risultati associati a diversi scenari di utilizzo degli impianti portuali, viene proposta una strategia per la riduzione dell'inquinamento acustico. Questa strategia è costruita in collaborazione con le autorità di gestione del porto secondo i vincoli specifici di ogni installazione. Per ciascuna misura di riduzione considerata viene proposta una modalità di

monitoraggio per valutarne l'efficacia e verificare il raggiungimento degli obiettivi prefissati.

3. ALCUNE SPECIFICITÀ DELLA SIMULAZIONE DEL RUMORE PORTUALE.

La simulazione del rumore portuale utilizza i metodi standard per il calcolo della propagazione del rumore in un ambiente esterno, come il metodo ISO-9613 o il metodo europeo Cnossos-EU. Tuttavia, questi metodi sono sviluppati per il calcolo delle infrastrutture di trasporto terrestre e del rumore industriale. Questo tipo di fonte è presente anche nelle aree portuali, ma bisogna tener conto di altre fonti specifiche per le attività dei porti urbani insulari. Quindi, bisogna adattare i metodi esistenti alle specificità del rumore portuale.

3.1 Identificazione e caratterizzazione delle fonti

I porti presentano un'ampia varietà di sorgenti sonore, le cui condizioni operative variano considerevolmente e devono essere caratterizzate in base allo scenario di utilizzo nel tempo.

Tra queste ad esempio:

- Navi in navigazione: fonti di rumore attive sulle navi in arrivo e partenza dal porto (turbine, ventilazione, ciminiera).
- Navi all'ormeggio: fonti di rumore delle navi all'ormeggio (generatori, ventilazione).
- Movimentazione orizzontale ("Roll on Roll off"): (macchine tipo Douglas).
- Movimentazione verticale (gru).
- Salita/discesa dei veicoli sulle rampe (fischietti basculanti).

Oltre alle sorgenti di traffico stradale o ferroviario per le quali esistono modelli di emissione standardizzati, associati a modalità di calcolo e basate sui dati di traffico, le altre sorgenti individuate nell'area portuale vanno caratterizzate una ad una. In particolare, bisogna avere i livelli di potenza e la direttività delle sorgenti. Spesso per questi dati serve una campagna di misurazioni specifica.

3.2 Costruzione dei dati meteorologici

Le condizioni meteorologiche, in particolare le velocità e le direzioni del vento, influenzano significativamente la propagazione del suono nelle aree costiere. Un metodo pratico per la giusta parametrizzazione degli effetti meteorologici nei calcoli acustici da dati meteorologici specifici è incluso nella metodologia proposta da DECIBEL. La propagazione del suono è molto influenzata dall'interazione tra la natura del suolo e le condizioni atmosferiche. Per la valutazione del rumore ambientale va fatta una distinzione tra condizioni favorevoli alla propagazione (es. cielo notturno sereno o sottovento), neutre (es. cielo coperto con vento calmo) e sfavorevoli (es. vento contrario o una giornata molto soleggiata). Il metodo proposto consente di trasformare i dati meteorologici disponibili e di calcolare le frequenze di accadimento delle condizioni favorevoli alla propagazione per fascia oraria.

3.3 Modellazione geometrica e acustica delle navi

A differenza di un veicolo stradale la cui emissione acustica può essere modellata con una o due sorgenti puntiformi e le cui dimensioni sono abbastanza piccole da non influenzare la propagazione del suono, per le navi serve una modellazione più complessa. Le loro dimensioni, infatti, spesso equivalenti o superiori a quelle degli edifici, influenzano molto la propagazione del suono, per gli effetti di riflessione e diffrazione sopra e intorno alla loro struttura.

Per modellare le navi serve quindi una particolare cura per definire le dimensioni dei loro volumi, la posizione e le caratteristiche acustiche delle sorgenti sonore.

Il software MithraSIG usato per i calcoli previsionali del rumore portuale offre una funzione specifica per la modellazione delle navi ormeggiate, consentendo di specificare il tipo di nave, la geometria, la posizione e le caratteristiche delle sorgenti.

4. ALCUNI ESEMPI DI RISULTATI

4.1 Diagnosi acustica

I risultati della diagnosi eseguita su ogni porto includono i seguenti dati:

- 1) I livelli di rumore associati al solo traffico stradale, misurati da un livello di rumore equivalente nell'arco di un'ora
- 2) I livelli di rumore associati alle sole sorgenti portuali, misurati da un livello di rumore equivalente durante la durata di attivazione della sorgente variabile a seconda della sorgente considerata

- 3) I livelli di rumore associati al traffico stradale e alle fonti portuali
- 4) L'emergere di fonti portuali in relazione al traffico stradale definito come differenza tra i livelli in (3) e i livelli in (1)

Questi livelli sono calcolati sull'area di studio sotto forma di mappe acustiche orizzontali e su specifici punti di ricezione sul fronte di alcuni edifici.

Di seguito si riporta un esempio di risultati ottenuti al porto di Bastia per una configurazione per lo sbarco della nave "Pascal Paoli", in mattinata tra le 7 e le 8 del mattino. La mappa a sinistra (a) mostra il livello equivalente $L_{Aeq,T}$ durante il periodo di sbarco combinando sorgenti portuali e sorgenti stradali (traffico esistente senza attività portuale). La mappa a destra (b) mostra l'emergere delle sorgenti portuali rispetto alle sorgenti stradali.

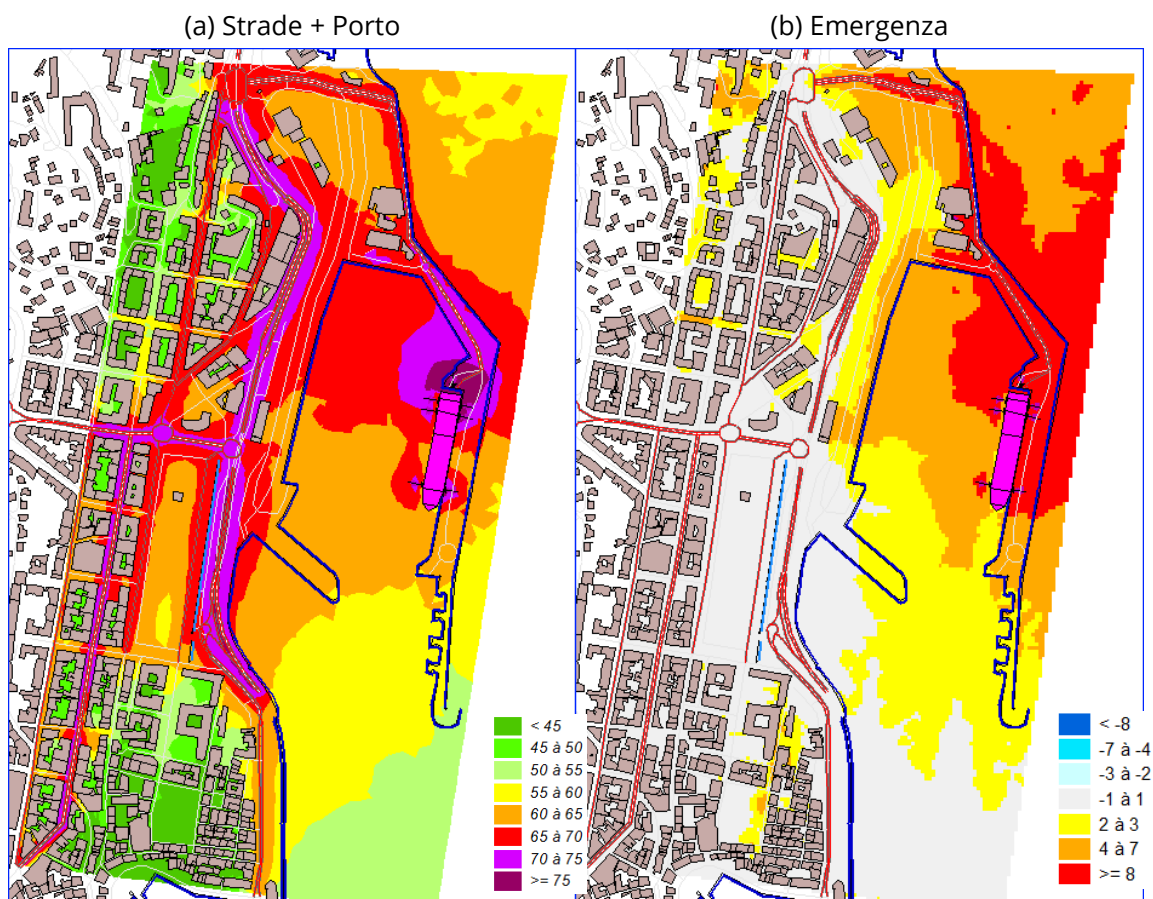


FIGURA II.2: PERIODO 7H-8H – PASCAL PAOLI (SCARICO) – EMERGENZA

I livelli di emergenza sugli edifici direttamente colpiti possono raggiungere da 2 a 3 dB (A). Si segnala che l'emergenza è potenzialmente maggiore nelle zone con un'atmosfera esistente più tranquilla, a minor traffico, protette da una prima fila di edifici.

La figura seguente mostra un altro esempio dell'emergenza del rumore portuale per Portoferraio in una configurazione di carico/scarico di tre navi. I livelli di emergenza sulla facciata degli edifici direttamente impattati superano i 4 dB(A) per tale configurazione.

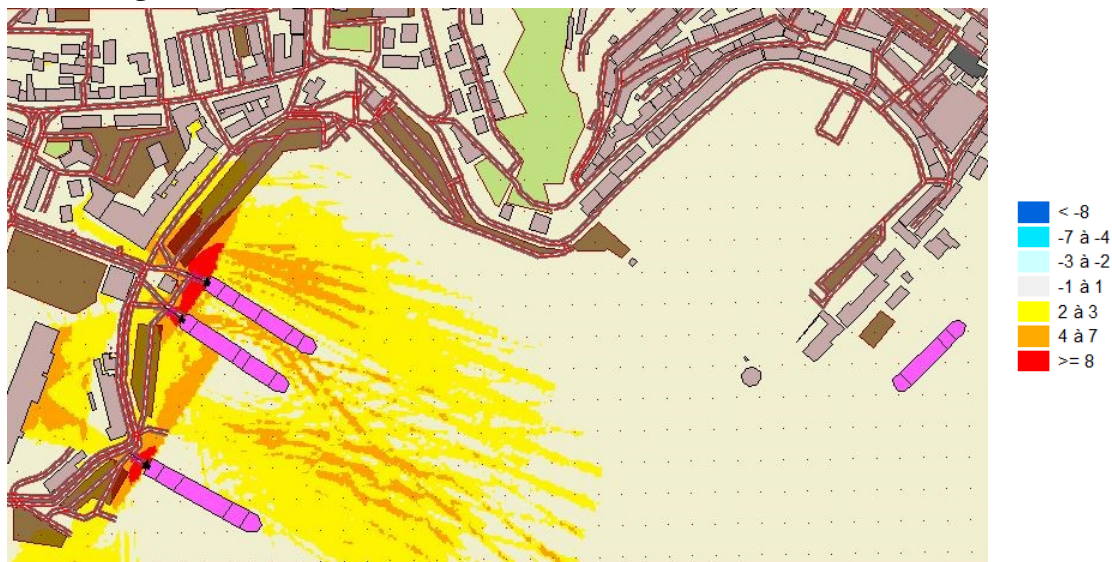


FIGURA II.3: PORTOFERRAIO –MAPPA DELL' EMERGENZA (DIFFERENZA TRA IL RUMORE TOTALE MENO QUELLO DEL TRAFFICO STRADALE)

Anche i livelli di rumore vengono analizzati più finemente a livello dei singoli ricevitori per tipo di sorgente e bande di frequenza. La figura seguente mostra un esempio di questo tipo di risultato per la fase di sbarco del "Mega Express I" sul ricevitore R1 del porto di Bastia.

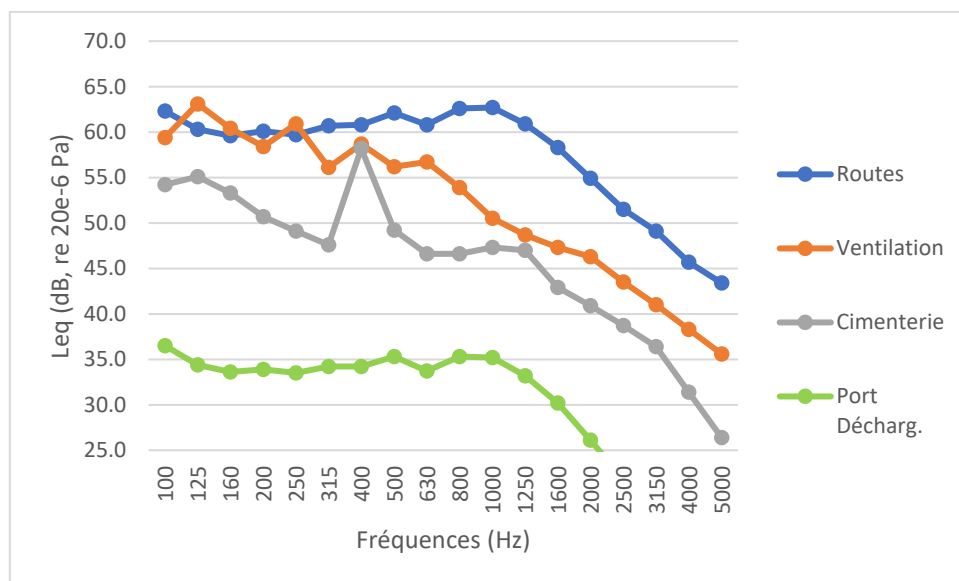


FIGURA II.4: PERIODO 7H-8H – MEGA EXPRESS I - SCARICO - RICETTORE R1.

Per questo ricevitore, posto sul fronte di un edificio direttamente prospiciente il porto, i livelli di frequenza evidenziano l'importanza delle fonti di ventilazione (in arancione), i cui livelli alle basse frequenze sono equivalenti ai livelli generati dal traffico stradale (in blu). Sebbene stazionario come il rumore del traffico, questo rumore di ventilazione è di natura diversa e quindi udibile e potenzialmente fastidioso.

Questi esempi di risultati mostrano che è possibile analizzare e comprendere quali sono le fonti più impattanti per i residenti locali e quindi adattare le misure correttive.

Si noti che nella maggior parte dei casi studiati, una delle fonti più fastidiose è il rumore dell'impatto dei veicoli in transito sul "fischio" delle navi durante le operazioni di carico/scarico. Infatti, sebbene in termini di livello medio calcolato su un'ora, l'emergenza di questa sorgente non sia molto importante, la natura impulsiva di questo rumore lo rende comunque molto riconoscibile e potenzialmente fastidioso.

4.2 azioni correttive

A seguito della diagnosi acustica, vengono proposti diversi accorgimenti per ridurre il fastidio associato all'emersione sonora legata alle sorgenti portuali.

Tra le possibili azioni, le seguenti misure hanno particolarmente attirato l'attenzione degli stakeholder:

- Sostituzione del manto stradale con un rivestimento più silenzioso su tutte o parte delle corsie di traffico nell'area portuale;
- Sostituzione dei veicoli commerciali con motori termici utilizzati nel porto con veicoli elettrici;
- Installazione di materiali ammortizzanti sulle piattaforme per limitare il rumore da impatto in entrata e in uscita dai veicoli;
- Elettificazione delle banchine per impedire il funzionamento dei generatori a bordo delle navi.

Oltre alle misure correttive sopra riassunte, i porti stanno anche pianificando l'installazione di un sistema per monitorare le emissioni sonore dalle sorgenti portuali e l'esposizione al rumore dalle abitazioni vicino al porto. Tale sistema di monitoraggio dovrebbe consentire di verificare l'efficacia delle misure attuate, e di comunicare ai residenti i risultanti dati di miglioramento acustico.

SEZIONE III. IL PROGETTO LIST-PORT

1. INTRODUZIONE ED OBIETTIVI DEL PROGETTO

Il progetto LIST-PORT (Limitazione Inquinamento Sonoro da Traffico nei Porti commerciali) ha come finalità quella di migliorare il "Clima acustico" delle città portuali pilota di Olbia, Piombino, Bastia e Vado Ligure, attraverso l'utilizzo di sistemi integrati "Intelligent Transportation System" di gestione del traffico.



FIGURA III.1: I PORTI DELLE CITTÀ PILOTA OGGETTO DEL PROGETTO LIST-PORT

L'obiettivo generale di LIST-PORT è quello di valutare in che modo le applicazioni ITS sulla gestione del traffico possano incidere sulla riduzione delle pressioni sonore in ambito portuale ed urbano, analizzando gli effetti che tali interventi determinano sull'ambiente urbano, al fine di mantenere le emissioni sonore sempre al di sotto dei limiti consentiti dalle normative vigenti.

La sfida territoriale comune intrapresa nel progetto è stata quella di perseguire alcuni obiettivi previsti nella direttiva 2002/49/CE, tra i quali la condivisione di una politica integrata e sinergica di azioni volte sia alla riduzione dell'inquinamento

acustico che allo sviluppo di buone pratiche in grado di definire un approccio metodologico standardizzato per le diverse città portuali.

2. SINTESI DEL PROGETTO LIST-PORT

Il rumore generato dalle attività portuali è prevalentemente imputabile a due componenti: le attività portuali interne allo scalo, ed il traffico leggero e pesante attratto dal nodo e che transita verso le infrastrutture stradali di collegamento. In particolare le emissioni determinate dal traffico stradale non si limitano a quelle emesse all'interno del porto ma, in relazione al traffico, generato dal porto sono quelle emesse lungo la rete stradale di ingresso ed attraversamento della città che conducono verso gli accessi portuali. Tali pressioni sonore raggiungono spesso livelli elevati negli orari di punta di imbarco e sbarco delle navi. La sfida del progetto List-Port è stata quella di individuare, attraverso un approccio comune e di sistema, per le città portuali pilota di Olbia, Bastia, Vado Ligure e Piombino, interventi di mitigazione del rumore prodotto dal traffico generato ed attratto dai nodi portuali attraverso la realizzazione di un sistema integrato "Intelligent Transportation System" (ITS) di gestione del traffico. Questo sistema è stato studiato per trasmettere automaticamente agli automobilisti messaggi di info-mobilità capaci di promuovere l'utilizzo di itinerari alternativi, al fine di razionalizzare la mobilità sulla rete stradale. Il sistema ITS invia informazioni agli automobilisti sulla base di elaborazioni effettuate attraverso l'impiego di modelli predittivi traffico-rumore. Tali modelli, in funzione dei flussi veicolari rilevati istantaneamente, elaborano in tempo reale lo stato acustico del comparto urbano in osservazione e, nel caso di superamento dei limiti di soglia, avviano il processo, di riassegnazione e regolazione delle correnti veicolari sulla rete. Il reindirizzamento dei flussi veicolari avviene, come detto, attraverso l'invio automatico di messaggi di info-mobilità che inducono gli utenti al cambiamento degli itinerari generati/attratti dal nodo portuale. Il decongestionamento delle arterie del waterfront portuale e di conseguenza l'abbassamento della pressione sonora costituiscono l'obiettivo dell'ITS.

3. I MODELLI E LE MEDODOLOGIE UTILIZZATE PER L'ABBATTIMENTO DELLE EMISSIONI ACUSTICHE IN LIST-PORT

Il progetto è in due fasi: una di indagine e modellizzazione, l'altra di realizzazione delle applicazioni e valutazione dell'efficacia ed efficienza dei sistemi e delle azioni pilota intraprese nella città pilota.

La prima fase è rivolta al monitoraggio dei livelli di traffico e di rumore nei porti e nelle principali arterie viarie a cui è seguita la parte della modellizzazione delle reti stradali con il software SUMO¹. Tale fase ha avuto lo scopo di disporre di un modello virtuale per simulare l'attuale situazione di traffico e i nuovi possibili scenari di rete. È stata anche sviluppata un'attività di caratterizzazione acustica per conoscere il clima acustico/ambientale delle città pilota e individuare, per le varie fasce orarie, le zone e i punti sensibili più esposti al rumore.

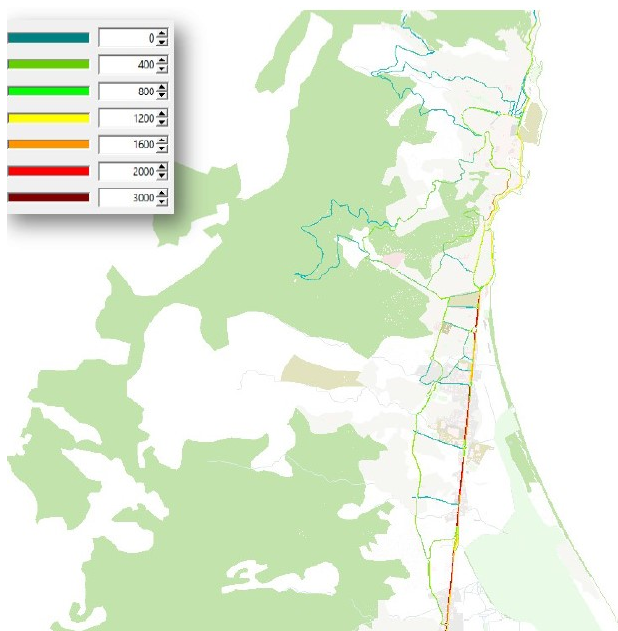


FIGURA III.2: ESEMPIO MODELLO DI TRAFFICO CON DISTRIBUZIONE DEI FLUSSI SULLA RETE STRADALE

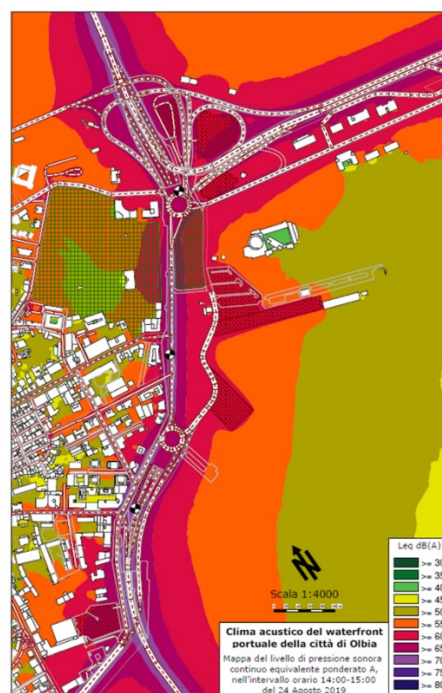


FIGURA III.3: ESEMPIO DI MAPPATURA ACUSTICHE

In seguito, si sono trovate soluzioni alternative di itinerario e/o di accesso ai porti che vengono suggerite agli automobilisti attraverso il sistema ITS della piattaforma di info-mobilità (PMV² o APP³), basate su informazioni in tempo reale di itinerari

¹ Simulation of Urban MObility

² Pannelli a Messaggio Variabile

³ Applicazioni per smartphone e device mobili

alternativi, blocchi su assi stradali, presenza di congestioni in alcuni punti della rete e altro ancora. La piattaforma, in funzione dei dati di input di traffico rilevati in tempo reale provenienti dagli apparati di monitoraggio del traffico veicolare posti a bordo strada ed elaborati dal modello traffico/rumore, gestisce in forma automatica, integrata e simultanea i messaggi e le informazioni di info-mobilità da inviare agli automobilisti. I messaggi sono di due tipi:

- di prossimità attraverso pannelli a messaggio variabile (PMV) posti lungo gli itinerari che conducono al porto o che consentono l'uscita dallo stesso
- di informazione-pianificazione del viaggio attraverso APP da installare sui dispositivi mobili (smartphone, tablet o altri device collegati alla rete internet).

Queste informazioni permettono di conoscere la congestione delle strade, il livello di emissione acustica con l'indicazione di eventuali criticità, l'itinerario alternativo o altri suggerimenti di guida finalizzati alla fluidificazione della rete stradale e all'abbattimento delle soglie critiche di pressione sonora.

Entrambi i sistemi hanno lo scopo di far modificare agli utenti i loro itinerari verso gli accessi al porto o in uscita da esso, di generare informazioni e indicare itinerari alternativi per gli automobilisti in transito sulla viabilità del waterfront portuale.

Il modello previsionale traffico-rumore è il "cuore" del DSS, è costituito da "un'applicazione software", sviluppata nel progetto, che mette in comunicazione la APP e il sistema di INFO-Mobilità con i PMV e i rilevatori di traffico.

Il DSS è costituito da un modulo per la previsione delle emissioni acustiche prodotte dal traffico stradale. Tramite tali valutazioni propone strategie di indirizzamento degli automobilisti alla luce della congestione stradale rilevata istante per istante e delle emissioni acustiche generate dall'intensità di traffico. Il DSS confronta inoltre tali emissioni con i valori limite stabiliti dalla normativa.

La piattaforma invia gli input a PMV e APP quando il livello di emissione di rumore generato dal traffico supera la soglia di guardia. Gli input attivano la selezione dello scenario di riassetto della mobilità più adatto fra quelli prestabiliti e che viene infine proposto agli automobilisti attraverso i PMV e la App.

4. I RISULTATI E GLI OUTPUT DEL PROGETTO

4.1 I risultati del progetto

La Figura III.4 rappresenta l'architettura del sistema ITS LIST-PORT realizzato nelle 4 città portuali pilota, in cui è schematizzata la dinamica del flusso di informazioni dell'interno del sistema. Ad oggi il sistema è in via di realizzazione e alcune città hanno già installato i PMV e i sistemi di monitoraggio del traffico. La APP, realizzata

dal partner UNIP, è giunta alla fase di validazione da parte di Apple ed Android, fase necessaria per essere immessa negli store a titolo gratuito.

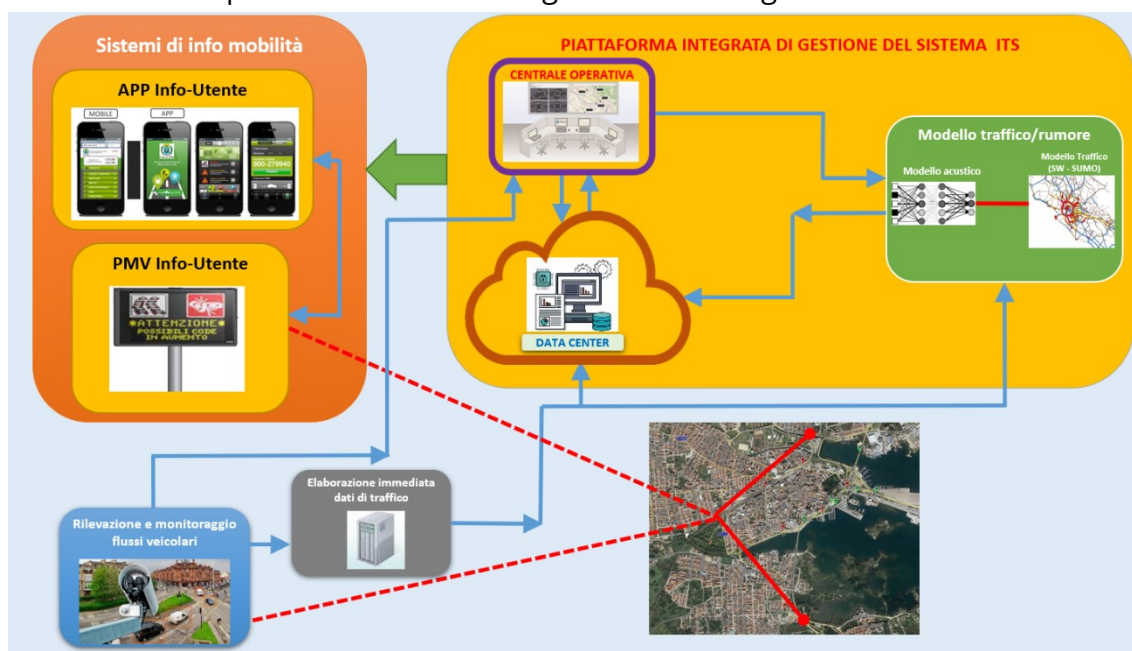


FIGURA III.4: L'ARCHITETTURA DEL SISTEMA ITS LIST-PORT

4.2 **Analisi critica dei risultati e livello di raggiungimento degli obiettivi**

La parte finale del progetto, come già detto, è costituita dalla sperimentazione dell'efficacia ed efficienza del sistema nel perseguire gli obiettivi del progetto. L'azione di valutazione ex post, prevista da progetto, ad oggi, non è ancora stata sviluppata poiché il sistema non è stato ancora implementato in alcuna delle città portuali pilota. Tale valutazione consisterà in una campagna di monitoraggio simultaneo dei flussi di traffico e della contestuale pressione sonora prodotta che permetta di misurare la variazione del fattore acustico al variare delle caratteristiche della corrispondente corrente veicolare. I beneficiari finali saranno i residenti e i turisti delle città portuali, inoltre si disporrà di un contesto portuale in cui sono ristabilite condizioni operative normali per ciò che concerne gli accessi al porto e il livello di congestione della viabilità e delle aree di sosta al suo interno. Il progetto, nello spirito dei programmi Interreg IT-FR, è fondato su un approccio transfrontaliero; i risultati, che si otterranno nelle sperimentazioni sulle 4 città pilota, verranno analizzati rispetto alle loro differenti conformazioni urbane, orografiche e territoriali. Tale analisi ha come scopo la ricerca della standardizzazione metodologica e modellistica al fine della replicabilità in altri contesti portuali.

Con LIST-PORT si è cercato di perseguire alcuni degli obiettivi previsti nella direttiva 2002/49/CE, tra cui: la condivisione di una politica integrata e sinergica di azioni

volte alla riduzione dell'inquinamento acustico e allo sviluppo di buone pratiche in grado di definire un approccio metodologico standardizzato per le diverse città portuali e la definizione di un procedimento progettuale che si presti alla scalabilità e replicabilità in altri contesti urbani portuali. Il progetto ha inoltre permesso di perseguire diversi obiettivi quali:

- lo sviluppo di processi di informazione dell'opinione pubblica e del personale portuale sull'entità del rumore ambientale e sui relativi effetti
- l'avvio di strategie comuni di lungo periodo per la riduzione del numero di cittadini esposti ad elevati valori di rumorosità ambientale. In questo contesto aver affrontato il problema attraverso un confronto transfrontaliero tra diverse città portuali europee ha permesso di definire quella varietà di esperienze e risultati, che sono frutto di una valutazione dell'insieme di criticità appartenenti alle singole città pilota portuali. Con la sperimentazione del modello nelle 4 città portuali esaminate si è potuto definire un processo di generalizzazione che permette la replicabilità in altri contesti portuali
- lo scambio di esperienze su ambiti e contesti urbani/territoriali diversi è stato analizzato anche in funzione della diversa declinazione della normativa europea nei diversi stati e regioni e delle differenti normative e regolamentazioni che si registrano a livello locale, provinciale e regionale, con limiti e classi di rumore spesso molto più articolati rispetto a quelli delle leggi nazionali
- la diversificazione dei partner ha permesso di acquisire varietà di esperienze e risultati, che permette di valutare nell'insieme le specifiche criticità locali volte alla definizione delle azioni di sistema; necessarie per affrontare il problema dell'inquinamento acustico/atmosferico nella sua interezza e complessità

Affrontare il problema solo a livello locale non avrebbe garantito una casistica sufficiente per poter standardizzare il processo e la metodologia di applicazione del modello ITS LIST-PORT. L'inclusione nel progetto di differenti realtà portuali inoltre permetterà di disporre, quando saranno disponibili i risultati della sperimentazione, di una sufficiente gamma di informazioni per la validazione del modello e per renderlo scalabile e replicabile.

SEZIONE IV. IL PROGETTO MON ACUMEN

1. INTRODUZIONE ED OBIETTIVI DEL PROGETTO

Il progetto MON ACUMEN affronta la tematica del rumore portuale focalizzandosi sugli aspetti di pianificazione e controllo del rumore nei porti commerciali nell'area di cooperazione del Mar Tirreno Settentrionale. Sono coinvolti i porti di Bastia, Cagliari, La Spezia e Livorno e le corrispondenti autorità portuali, rispettivamente, la Chambre de Commerce et d'Industrie de Bastia et de la Haute-Corse, AdSPMS, AdSPMLO e AdSPMTS. Il partenariato comprende inoltre due partner scientifici: l'Università degli studi di Genova (UNIGE) e l'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT).

Le attività portuali nell'area di cooperazione sono simili così come le caratteristiche del traffico portuale, tuttavia l'assenza di un approccio condiviso ha portato a una sostanziale difformità nelle modalità di monitoraggio acustico condotte prima del progetto. L'obiettivo del progetto è pertanto quello di sviluppare una metodologia di analisi, descrizione acustica e di rilevamento del rumore, comune ai porti dell'area di cooperazione italo francese.

Gli standard e le metodologie messe in pratica nel corso del progetto contribuiscono all'obiettivo mettendo in condizione gli enti gestori dei porti di attuare un approccio condiviso sul monitoraggio del rumore in ambito portuale, mentre i dati raccolti costituiranno una base conoscitiva comune e transfrontaliera incrementabile nel tempo.

Realizzando sistemi di monitoraggio con specifiche comuni e conformi agli standard normativi nazionali italiani e francesi, nonché agli standard europei, si rende infatti possibile il confronto diretto dei dati e la classificazione di questi in informazioni utili per la politica dei trasporti. Le informazioni raccolte e opportunamente elaborate costituiscono infine un valido strumento di comunicazione e informazione del cittadino così da renderlo maggiormente consapevole delle dinamiche in atto.

2. SINTESI DEL PROGETTO

Il Progetto MON ACUMEN si articola su quattro fasi consecutive:

1. studio dello stato dell'arte delle tecnologie nell'ambito del rumore portuale
2. realizzazione delle mappe di rumore
3. Individuazione ed articolazione dei sistemi di monitoraggio
4. verifica delle performance dei sistemi di monitoraggio

La prima fase consiste nello studio dello stato dell'arte attuale nel campo del rumore portuale e delle tecniche di rilevamento acustico in modo da costituire una base conoscitiva comune ai partner. Questa è necessaria per intraprendere al meglio le attività successive di studio del rumore portuale, di progettazione e di realizzazione dei sistemi di monitoraggio e, in ultimo, dell'analisi dei risultati del monitoraggio.

Nello spirito di collaborazione tra i progetti e di capitalizzazione dei risultati, comune a tutti i progetti del programma INTERREG Marittimo, lo studio è stato condotto con i progetti RUMBLE e REPORT, i quali condividevano l'esigenza di indagare il tema del rumore portuale nell'area di cooperazione. In tal modo si è ottenuto uno studio coordinato e integrato su tutti gli aspetti del rumore portuale comune ai tre progetti che ha visto coinvolta gran parte dei partner del programma.

Lo studio del clima acustico dei porti interessati (Bastia, Cagliari, La Spezia e Livorno), è stato effettuato mediante misure di rumore e successiva realizzazione di mappe di rumore.

Al fine di ottenere risultati uniformi e comparabili, i partner scientifici ARPAT e UNIGE hanno definito linee guida per la mappatura che hanno introdotto importanti innovazioni metodologiche. Seguendo tali indicazioni, gli enti gestori dei porti hanno realizzato mappe di rumore per le diversi sorgenti presenti nel porto:

- sorgenti stradali
- sorgente ferroviaria
- sorgente navale
- sorgente industriale
- sorgente portuale

Sulla base dei risultati delle mappe sono state individuate le posizioni nelle quali installare le centraline. Le specifiche tecniche delle centraline sono state definite dai partner scientifici, in modo da poter realizzare sistemi di monitoraggio conformi agli standard normativi in vigore e capaci di raggiungere gli obiettivi di interoperabilità e uniformità richiesti dal progetto.

Una volta realizzati e messi in funzione, le prestazioni dei sistemi di monitoraggio sono state valutate parallelamente alla sostenibilità tecnico finanziaria. In questo modo l'esperienza maturata all'interno del progetto è messa a disposizione di quanti interessati alla realizzazione di sistemi di monitoraggio in altri porti, anche al di fuori dell'area di cooperazione. Infine, i dati di rumore registrati nel primo periodo di monitoraggio sono stati analizzati per identificare eventuali

superamenti dei limiti imposti dalla normativa vigente, così da intraprendere azioni di risanamento.

3. I SISTEMI DI MONITORAGGIO DEL RUMORE E LE MAPPE ACUSTICHE

Le quattro fasi del progetto MON ACUMEN hanno visto l'impiego di diverse metodologie per l'abbattimento del rumore. La fase di studio preliminare è stata fondamentale per costituire una base conoscitiva comune e ha visto l'impiego di un questionario rivolto agli stakeholder del rumore portuale. Tuttavia, il cuore dell'attività del progetto è costituito dalle reti di monitoraggio del rumore. Queste, una volta ultimate consentono di monitorare in tempo reale i livelli di rumore presenti nell'area portuale e di identificare la sorgente responsabile di eventuali superamenti dei livelli limite stabiliti dalla normativa. Costituiscono quindi un formidabile strumento di gestione e controllo nelle mani degli enti gestori dei porti. Ciò che distingue le reti realizzate nel progetto da altri esempi già presenti è la completa conformità ai più alti standard qualitativi e la totale interoperabilità tra i sistemi dei diversi porti. Ciò consente di monitorare in tempo reale e in contemporanea i livelli di rumore presenti nei quattro porti, e in futuro, nei porti che realizzeranno sistemi di monitoraggio secondo le medesime specifiche. Il sistema di monitoraggio è composto da due componenti distinte e interagenti, quella hardware costituita dalle centraline, quindi dai sensori di rumore e meteorologici e una software costituita dall'infrastruttura informatica che si occupa di immagazzinare i dati, processarli e infine presentarli in un apposito sito web.

La realizzazione di sistemi di monitoraggio davvero efficaci non può prescindere da una fase preliminare di mappatura acustica dell'area portuale e quindi di studio delle sorgenti presenti. Pertanto, il progetto ha previsto una fase dedicata alla mappatura delle aree portuali. In questa fase sono stati definiti nuovi standard metodologici e una nuova tipologia di mappa del rumore. La mappatura oltre che necessaria per la realizzazione del sistema di monitoraggio costituisce a sua volta uno strumento di gestione del rumore, in quanto permette di conoscere quanti cittadini sono esposti al rumore del porto e a che livelli. Ciò permette di quantificare l'impatto del porto rispetto alle altre infrastrutture di trasporto e di ricavare le relazioni tra i volumi di traffico e quindi di attività portuali connesse e il rumore generato.

La relazione tra mappe di rumore e sistemi di monitoraggio è molto stratta. Se per realizzare i secondi è necessario realizzare una mappa, la presenza di un sistema di monitoraggio consente negli anni di aggiornare i risultati della mappa con maggior facilità e di realizzare mappe più accurate e veritiere, a tutto vantaggio della cittadinanza.

4. I RISULTATI E GLI OUTPUT DEL PROGETTO

Il progetto MON ACUMEN ha portato grandi risultati sin dalle fasi iniziali. Nel seguito si descrivono meglio i risultati.

4.1 I risultati del progetto

Lo studio dello stato dell'arte del rumore portuale condotto in collaborazione con i progetti RUMBLE e REPORT, svolto attraverso l'invio di un apposito questionario, ha indagato diversi aspetti del rumore portuale:

- morfologia del porto
- sistemi di monitoraggio
- campagne di monitoraggio
- mappatura acustica
- comitati antirumore ed esposti
- normativa

Il porto di Nizza e il porto di Livorno sono risultati i soli dotati rispettivamente di un sistema di monitoraggio e di una mappa acustica del porto. Le campagne di monitoraggio fatte, sono risultate non uniformi nelle metodiche, da cui l'impossibilità di confrontarne i risultati. L'assenza di una strategia efficace ha portato a misure non risolutive. Il quadro emerso raffigura un grado di conoscenza del rumore portuale assai basso.

La successiva attività di mappatura dei porti è stata svolta seguendo specifiche tecniche definite dai partner scientifici che hanno permesso di ottenere mappe di rumore uniformi nei risultati e nella rappresentazione per ogni sorgente nel porto:

- strade
- ferrovie
- navi
- industrie
- attività portuali

Unendo i risultati delle mappe delle singole sorgenti si è realizzata una nuova mappa, la mappa delle sorgenti predominanti (Figura IV.), che evidenzia in ciascun punto la sorgente che domina sulle altre, ha quindi permesso di identificare le

[illegible]

Una volta individuate le posizioni adatte, le autorità portuali hanno iniziato l'iter di realizzazione dei sistemi di monitoraggio. Questi, realizzati secondo specifiche tecniche fornite dai partner scientifici, sono conformi con la normativa vigente e con le richieste del progetto. I sistemi sono stati infatti dotati di una infrastruttura web che permette la consultazione di tutti i dati registrati dal sistema e la creazione di report informativi automatizzati per facilitare l'elaborazione dei dati. Il livello di prestazioni offerto dalle reti è stato valutato attraverso indicatori di performance (KPIs), definiti dai partner scientifici, che valutano l'effettiva capacità delle reti di effettuare un monitoraggio continuo del rumore e la loro onerosità in termini di costi di mantenimento e manutenzione. I risultati ottenuti dai vari sistemi sono stati confrontati per ricavare indicazioni operative per l'ottimizzazione dei sistemi attuali e la realizzazione di futuri sistemi di monitoraggio.

Infine, i risultati del primo periodo di monitoraggio sono stati analizzati e validati da tecnici competenti in acustica per conferire valore legale alle misurazioni effettuate e certificare il clima acustico presente nelle diverse aree portuali.

4.2 *Analisi critica dei risultati e livello di raggiungimento degli obiettivi*

Le carenze conoscitive emerse durante lo studio dello stato dell'arte avvalorano le tesi che hanno portato l'avvio del progetto MON ACUMEN cioè la poca conoscenza del rumore portuale e la mancanza di tecnologie di monitoraggio e controllo.

La successiva fase relativa alla mappatura portuale va nella direzione di una maggiore conoscenza del problema definendo un nuovo standard metodologico per la mappatura in ambito portuale e una nuova tipologia di mappe, mappe delle sorgenti predominanti, che sono un utile strumento da un lato di analisi nelle mani dei tecnici, dall'altro di comunicazione verso i cittadini.

Infine, i sistemi di monitoraggio realizzati durante il progetto consentiranno alle autorità portuali di operare un controllo preciso e in tempo reale dei livelli di rumore nell'area portuale, di informare correttamente i cittadini ed eventualmente di identificare situazioni che necessitano di interventi. I KPIs, ma anche le specifiche comuni, sono strumenti utili per la realizzazione di futuri sistemi di monitoraggio e per il mantenimento di quelli esistenti.

SEZIONE V. IL PROGETTO REPORT

1. INTRODUZIONE ED OBIETTIVI DEL PROGETTO

L'obiettivo generale del progetto REPORT è la mitigazione delle emissioni sonore e l'impatto acustico dei porti nell'area di cooperazione transfrontaliera per rendere più sostenibile le infrastrutture portuali dello Spazio Marittimo. A tal fine il progetto vuole realizzare la creazione di un approccio specifico per la corretta gestione del rumore portuale ad oggi mancante nel sistema normativo, destinato a tutti quei soggetti che intendono mitigare l'impatto acustico proveniente dai porti. Tale metodologia, sviluppata in maniera multidisciplinare grazie alle diverse competenze degli Enti Scientifici che compongono la partnership, mira ad essere recepita ed integrata all'interno della Direttiva 2002/49/CE che non richiede specificamente una valutazione del rumore emesso dai porti, ma lo assimila al rumore industriale senza tenere conto delle sue caratteristiche e peculiarità, quali:

- sorgenti complesse di diversa natura e caratteristiche;
- distribuzione delle sorgenti;
- caratteristiche peculiari di propagazione (ad es. specchio d'acqua antistante alle infrastrutture);

Le simulazioni numeriche e i nuovi algoritmi e metodologie atti a delineare e definire le migliori strategie comuni per l'abbattimento dell'inquinamento acustico sviluppati nell'ambito REPORT sono di carattere generale e quindi pensati per essere applicabili e replicabili in ogni realtà portuale. Ciò permette, quindi, di garantire lo sviluppo sostenibile dei porti commerciali e delle piattaforme logistiche collegate garantendone crescita ed espansione e andandone a limitare l'impatto sulla popolazione urbana circostante.

Tra gli obiettivi specifici del progetto REPORT, si può citare:

- Creare modelli di simulazioni multidisciplinari per valutare il rumore in ambito portuale.
- Realizzare metodiche specifiche ad oggi mancanti per la gestione e il controllo del rumore portuale.

- Diffondere metodiche per la gestione e il controllo del rumore portuale agli enti preposti e alla comunità scientifica.

2. SINTESI DEL PROGETTO

I porti affacciati sul Mediterraneo spesso sono circondati da aree urbane densamente popolate su cui impatta il rumore generato da sorgenti sonore portuali. L'obiettivo generale a lungo termine di REPORT è la mitigazione delle emissioni sonore dei porti nell'area di cooperazione transfrontaliera per rendere più sostenibili le infrastrutture portuali dello Spazio Marittimo. Ciò è ottenibile attraverso la creazione di un approccio specifico per la corretta gestione del rumore. Tale metodologia, multidisciplinare grazie alle diverse competenze degli Enti Scientifici che compongono la partnership, mira a essere recepita ed integrata all'interno della Direttiva 2002/49/CE la quale non richiede specificamente una valutazione del rumore portuale ma lo assimila a rumore industriale senza tenere conto delle caratteristiche e peculiarità di tali realtà, quali sorgenti sonore complesse di diversa natura e caratteristiche, distribuzione delle sorgenti stesse, caratteristiche peculiari di propagazione. Affrontando tale vuoto normativo, comune a tutto lo Spazio Marittimo in modo multidisciplinare (contemporaneamente dal punto di vista tecnico, gestionale e socioeconomico), e suggerendo metodi comuni per la gestione specifica del rumore portuale, l'approccio innovativo di REPORT risulta necessario al fine di raggiungere la dimensione comune e transnazionale caratteristica degli standard e delle direttive europee. La definizione dei nuovi algoritmi e metodologie nei diversi settori delineeranno e definiranno le migliori strategie transfrontaliere comuni e replicabili per l'abbattimento dell'inquinamento acustico, permettendo di affrontare l'aspetto della gestione del rumore in ambito portuale in maniera completa e pertanto sostenibile. Enti scientifici ed enti pubblici locali beneficeranno degli output di progetto in termini di maggiore consapevolezza nei confronti del problema e correttezza e rigore delle metodologie atte a descriverlo ed affrontarlo con successo.

3. I MODELLI SVILUPPATI PER LA PREVISIONE DEL RUMORE PORTUALE.

Le simulazioni numeriche e i nuovi algoritmi e metodologie atti a delineare e definire le migliori strategie comuni per l'abbattimento dell'inquinamento acustico

sviluppati nell'ambito del Progetto Report sono di carattere generale e quindi pensati per essere applicabili e replicabili in ogni realtà portuale. Ciò garantisce lo sviluppo sostenibile dei porti commerciali e delle piattaforme logistiche collegate, assicurarne crescita ed espansione e consentire di limitare l'impatto sulla popolazione urbana circostante.

In particolare, i modelli sviluppati sono 4, per ognuno dei quali è stata definita una precisa attività all'interno del progetto:

- Sviluppo di un modello di simulazione del rumore

Con il costante aggiornamento del programma, sono stati implementati vari comandi e funzionalità aggiuntive per facilitare la trasposizione da realtà a modello di uno scenario tipo di rumore portuale.

Innanzitutto, un nuovo comando apposito per la modellazione geometrica e acustica delle navi. L'oggetto nave è usato per rappresentare il rumore prodotto da essa e dagli elementi che la compongono: motori, ventilazione, generatori ecc.

Oltre alle informazioni di base, lunghezza, larghezza e altezza dei containers nel caso delle navi cargo, nelle versioni successive è stata aggiunta la possibilità di definire ulteriori dettagli, come le caratteristiche della sovrastruttura, l'offset del camino (a partire dalla sovrastruttura) e l'altezza delle sorgenti poste ai lati della nave.

Una delle novità è L'"oggetto rumore di fondo" che rende possibile indicare il rumore ambientale presente in una specifica area.

Sono state effettuate inoltre altre modifiche e aggiunti nuovi comandi, che contribuiscono al miglioramento generale delle funzionalità del programma.

- Analisi delle emissioni sonore al variare delle condizioni di traffico attraverso interventi di gestione e regolazione: Rete neurale.

Il modello, sviluppato nel corso dell'Attività T2.2 dal partner UNICA è basato su una rete neurale. La rete, una volta addestrata, sulla base di dati sul traffico fornisce livelli di rumore ambientale presso specifici ricettori. La rete neurale viene applicata al traffico stradale in prossimità dell'area portuale con lo scopo di permettere stime dei livelli sonori in punti specifici sulla base dei soli dati di traffico quali numero di transiti e velocità di transito per le quattro categorie di veicoli definite da CNOSSOS. Quindi è necessaria una compagna di monitoraggio del rumore e del traffico veicolare nella rete stradale adiacente al porto in esame. Nel corso dello sviluppo, campagne di monitoraggio a tal fine sono state eseguite a Olbia. Durante le campagne di monitoraggio ciascun arco stradale è stato monitorato attraverso un conta-traffico e un fonometro. I dati sono stati registrati con una risoluzione temporale di 100ms e forniti alla rete

neurale in forma aggregata con base temporale di un minuto, cinque minuti o un'ora. Una frazione dei dati (pari a circa il 20% del totale) è stata utilizzata per allenare la rete e la restante parte per validazione e test. I risultati così ottenuti sono risultati molto soddisfacenti.

- Analisi emissioni sonore attività portuali di movimentazione delle merci e delle persone nell'ipotesi di nuovi vettori energetici di propulsione
- Valutazione dei costi sociali associati all'inquinamento acustico nei porti

4. VALIDAZIONE DEI MODELLI SVILUPPATI E POSSIBILI MIGLIORAMENTI.

4.1 *Validazione dei modelli sviluppati.*

La validazione degli strumenti realizzati è avvenuta mediante la modellizzazione degli scenari nei software e il successivo confronto dei risultati in termini di livelli di rumore con i livelli misurati sul campo.

Per conferire maggiore credibilità ai risultati ottenuti nonché per dimostrarne la correttezza e l'efficacia, il progetto prevede un'attività di validazione specifica mediante specifiche campagne di misura. Il piano di validazione è riassumibile nelle fasi elencate nel seguito:

- esecuzione di una campagna di misura su uno scenario inedito alla rete.
- addestramento della rete su una frazione dei dati del monitoraggio.
- generazione di stime dei livelli di rumore attraverso la rete neurale sulla base dei soli dati di traffico.
- simulazione dello scenario su un software previsionale tradizionale.
- confronto delle stime fornite dalla rete neurale e di quelle fornite dal software previsionale tradizionale con i livelli misurati durante il monitoraggio.
- confronto del livello di incertezza della rete con quello fornito dal software tradizionale.

4.2 *Analisi critica e possibili miglioramenti.*

Nel corso del Progetto Report sono stati sviluppati diversi modelli matematici relativi al rumore portuale. In particolare, l'Università degli studi di Cagliari (UNICA) ha sviluppato una rete neurale che, sulla base del traffico transitante sulla rete stradale, è in grado di fornire stime del rumore generato. La rete permette di effettuare stime con base temporale molto breve, anche pari a un minuto. Nel produrre tali stime il Modello garantisce indubbi vantaggi in termini di potenza computazionale e tempo di elaborazione dei dati rispetto a un software di simulazione tradizionale.

Per quanto riguarda il software di simulazione del rumore sviluppato, nonostante le varie differenze riscontrate con uno di tipo tradizionale, una volta uniformate le unità di misura e posizionate le varie sorgenti e i vari ricevitori alle medesime coordinate, il delta tra i risultati ai ricevitori è inferiore a ± 1 dB(A).

A seguito di alcune difficoltà incontrate, sono riportati i suggerimenti per le possibili future implementazioni al programma, atte a facilitare o migliorare la modellazione delle sorgenti navali.

Potrebbe risultare facilitante per l'utente effettuare le seguenti modifiche:

- misurare l'offset del cammino a partire dal limite estremo della nave e non dal limite della sovrastruttura.
- Inserire la possibilità di specificare manualmente i parametri di rifrazione dell'oggetto nave (come avviene per gli edifici).
- Inserire la possibilità di definire con più precisione (manualmente) la posizione delle sorgenti lungo i "lati destro e sinistro" della nave.
- Dare all'utente la possibilità di ampliare manualmente lo spettro in bande d'ottava del livello di potenza L_w assegnabile alle sorgenti.
- Inserire la possibilità di definire una semplice sorgente areale, con la possibilità di impostare la potenza sonora anche in L_w /unità.

PROJETS REPORT

"Rumore e Porti"

CUP [D36C18000220006]

Produit C.3.2

[C.3.2 Publication finale conjointe "Rumore e Porti"]

Composante [C Communication]

**Activités [C.3 Mise en réseau avec des projets parallèles
sur le thème "Rumore e Porti"]**

/Date de livraison prévue: [Juillet 2021]

Date de livraison effective [Juillet 2021]

Organisation responsable de la composante: [UNIGE]

Niveau de diffusion		
PU	Public	X
CO	Confidentiel, uniquement pour les partner	

Nombre de documents à délivrer :	[C.3.2]
Responsable de la documentation à fournir :	[UNIGE]
Composante:	[C.3]

Auteur(s) - par ordre alphabétique		
Nom	Organisation	E-mail
Bolognese Matteo	Arpat	m.bolognese@arpat.toscana.it
Fadda Paolo	Unica	fadda@unica.it
Kamdem Emile	Unige	Emile.leonard.waffo.kamdem@edu.unige.it

Licitra Gaetano	Arpat	g.licitra@arpat.toscana.it
Maillard Julien	Cstb	Julien.maillard@cstb.fr
Sollai Federico	Unica	Federico.sollai@gmail.com
Yousseu Adelphe	Unige	Adelphe.yousseu@edu.unige.it

Revue des documents			
Version	Dates	Modifications	
		Type de changements	Modifié par

Synthèse
Le produit C.3.2 recueille et résume les informations du produit T4.1.1. Il s'agit notamment de proposer à la population commune et non expert un produit au contenu clair et simple, qui puisse offrir une vue d'ensemble des projets de pôles de lutte contre la pollution sonore et des objectifs et résultats obtenus.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	5
SECTION I. LE PROJET RUMBLE.....	7
1. INTRODUCTION ET OBJECTIFS DU PROJET	7
2. SYNTHÈSE DU PROJET	8
3. LES MODÈLES ET MÉTHODOLOGIES UTILISÉS POUR LA RÉDUCTION DE LES ÉMISSIONS SONORES	9
4. LES RÉSULTATS ET LES OUPUT DU PROJET	12
4.1 les résultats du projet.....	12
SECTION II. LE PROJET DECIBEL	15
1. Introduction et objectifs du projet.....	15
2. Du diagnostic au plan d'actions bruit	15
3. Quelques spécificités de la simulation du bruit portuaire	17
3.1 Identification et caractérisation des sources	17
3.2 Construction des données météorologiques.....	18
3.3 Modélisation géométrique et acoustique des navires	18
4. QUELQUES EXEMPLES DE RESULTATS.....	19
4.1 Diagnostics acoustiques.....	19
4.2 Mesures correctives.....	22
SECTION III. LE PROJET LIST-PORT	23
1. INTRODUCTION ET OBJECTIFS DU PROJET	23
2. RÉSUMÉ DU PROJET LIST-PORT	24
3. LES MODÈLES ET LES MÉTHODES UTILISÉS POUR LA RÉDUCTION DU BRUIT DANS LIST-PORT.....	24
4. RÉSULTATS ET OUTPUT DU PROJET	27
4.1 Résultats du projet.....	27
4.2 Analyse critique des résultats et du niveau de réalisation des objectifs	28
SECTION IV. LE PROJET MON ACUMEN.....	31

1. Introduction et objectifs du projet	31
2. SYNTHÈSE DU PROJET	31
3. SYSTÈMES DE SURVEILLANCE ET CARTES ACOUSTIQUES	33
4. I RÉSULTATS ET OUTPUT DU PROJET	34
4.1 Les résultats du projet.....	34
4.2 Analyse critique des résultats et niveau d'atteinte des résultats ..	38
SECTION V. LE PROJET REPORT.....	39
1. INTRODUCTION ET OBJECTIFS DU PROJET	39
2. SYNTHÈSE DU PROJET	40
3. LES MODÈLES ET MÉTHODOLOGIES UTILISÉS POUR LA RÉDUCTION DE LES ÉMISSIONS SONORES	40
4. VALIDATION DES MODÈLES DÉVELOPPÉS ET AMÉLIORATIONS POSSIBLES.....	42
4.1 Validation des modèles développés	42
4.2 Analyse critique et améliorations possibles.....	43

INTRODUCTION

Le port est un centre d'activité et de commerce ; c'est le cœur autour duquel se développe la ville, mais aussi une source de perturbations pour les citoyens résidant dans les quartiers avoisinants, affectant la qualité de vie des habitants. Afin d'assurer des réponses à cette problématique, le **cluster "Contrôle du Bruit Portuaire"** a été créé, financé dans le cadre du **Programme de Coopération Maritime Transfrontalier UE INTERREG Italie-France**.

Le cluster mène **6 projets** (REPORT, RUMBLE, MON ACUMEN, DECIBEL, LIST Port et TRIPLE) portant sur différents aspects de l'impact acoustique portuaire et de la relation bruit-port. Les projets sont interconnectés les uns aux autres, formant un réseau dont le but est d'atténuer le bruit portuaire, d'orienter le développement de la zone de coopération vers une **croissance intelligente, durable et inclusive**, de partager des connaissances communes entre les projets et de mettre en œuvre une coopération transfrontalière pour **résoudre les problèmes liés à bruits portuaires**, favoriser la réduction du bruit et améliorer la qualité de vie des habitants.

En 2002, l'Union européenne, consciente des risques sanitaires liés au bruit, a approuvé la **directive 2002/49/CE (Environmental Noise Directive -END)** qui oblige les États membres à produire des cartes de bruit et des plans d'action pour les principales infrastructures de transports et pour les centres urbains. Cependant, dans la directive, **le bruit portuaire est assimilé au bruit industriel**, avec une attention insuffisante par rapport à la pertinence actuelle du problème. Par ailleurs, il existe peu d'études sur la caractérisation des sources portuaires, sur les mesures d'atténuation associées et sur l'évaluation de l'exposition de la population à ce type de bruit. Ceci se conjugue également à la **complexité des environnements portuaires**, qui rend ces études encore plus difficiles à développer en raison d'aspects tels que la taille des zones concernées, le grand nombre de sources acoustiques présentes, souvent superposées, leur variété et les difficultés d'accès vers les différentes zones portuaires. En particulier, **les mesures du bruit portuaire** sont particulièrement difficiles en raison de la difficulté à identifier la contribution exacte des émissions sonores générées par les activités portuaires par rapport au climat acoustique global dans les zones urbaines voisines.

Globalement, les 6 projets du cluster « Bruit et Ports » abordent la problématique sous différents angles concurrents, basés sur une approche holistique capable de produire des méthodes efficaces d'analyse et d'atténuation des nuisances sonores portuaires. Améliorer la durabilité des ports commerciaux et des plateformes logistiques connectées en contribuant à la réduction des nuisances sonores est l'objectif spécifique du pôle bruit et ports qui est composé des projets suivants :

Report, Rumble, MonAcumen, Decibel, et Listport

Pour assurer la synergie entre les projets parallèles sur le thème « Bruit et Ports », optimiser les ressources et éviter la répétition de contenus communs, un comité technique a été mis en place composé des partenaires impliqués dans les projets mentionnés ci-dessus pour l'élaboration de la publication collective finale en format numérique contenant le contenu et les résultats de tous les projets sur le thème "Bruit et ports".

Le projet **Report** qui fait de chapeau à tous les autres projets du pôle aborde la question du bruit portuaire avec une approche pluridisciplinaire (technique, managériale et socio-économique) afin de développer des méthodes communes et transnationales de gestion spécifique du bruit portuaire. L'approche choisie par le projet est d'assurer des résultats de valeur générale et transnationale, en essayant également de promouvoir l'intégration du contenu des directives européennes dans le secteur, sur la base de l'analyse réglementaire produite dans le projet. Le développement de nouveaux algorithmes et méthodologies dans les différents domaines a lieu dans le but de proposer les meilleures stratégies transfrontalières communes et répliquables capables de soutenir le développement durable des activités portuaires en termes d'émissions sonores.

Le projet **Rumble** traite de l'atténuation du bruit dans les ports commerciaux de moyenne et grande taille.

Le projet **Decibel** traite de l'atténuation du bruit dans les petits ports appelés ports insulaires urbains.

Le projet **List-Port** porte sur la limitation des nuisances sonores dues au trafic dans les ports de commerce.

Le projet **MonAcumen** aborde la question du bruit portuaire du côté de l'instrumentation et se concentre sur les aspects de planification et de contrôle du bruit dans les ports commerciaux.

Dans les sections suivantes, les objectifs, méthodes ou modèles utilisés pour l'étude et l'atténuation du bruit et les résultats obtenus par chaque projet seront brièvement présentés.

Le programme représente une étape fondamentale sur la **voie de la planification et du contrôle de l'impact acoustique des ports**, non seulement dans la zone transfrontalière touchée par le programme INTERREG IT-FR Maritime, mais aussi dans les nombreuses autres zones de la communauté où le problème du développement durable des ports est devenu un élément clé du développement. Les interventions du programme, en effet, touchent directement **6,5 millions de personnes** qui vivent dans la zone de coopération, mais elles sont de grande envergure et à long terme : les effets positifs des investissements devraient toucher un bassin de population beaucoup plus vaste., et qui se mesurent au fil des années, affectant également les **générations futures**.

SECTION I. LE PROJET RUMBLE

1. INTRODUCTION ET OBJECTIFS DU PROJET

L'objectif général du projet RUMBLE est de contribuer à la réduction des nuisances sonores dans les zones faisant face aux moyens et grands ports de commerce de l'espace de coopération maritime, en contribuant à l'augmentation de la durabilité des ports de commerciaux et en réduisant les nuisances sonores qu'ils génèrent. A cette fin, le projet RUMBLE entend développer des politiques de réponse possibles au problème de nuisances sonores des ports, développées de façon étroite entre les institutions publiques françaises et italiennes concernées par la problématique commune telles que :

- Accroître la connaissance et la sensibilisation de tous les acteurs à propos du bruit et des impacts produits par les sources sonores dans les ports, sur les problèmes liés à l'acceptabilité sociale du problème dans les zones urbaines voisines, sur les solutions innovantes applicables dans les zones portuaires
- Promouvoir la gouvernance auprès des institutions publiques compétentes en la matière et la participation de la population urbaine aux choix stratégiques et de projets proposés afin d'accroître l'acceptabilité sociale des activités portuaires
- Appliquer certaines solutions jugées adaptées aux territoires portuaires partenaires du projet, visant à atténuer les impacts des émissions sonores les plus importantes et à surveiller les résultats également par le biais de modèles d'évaluation de l'efficacité

Parmi les objectifs spécifiques du projet Rumble, on peut citer :

- Accroître les connaissances sur la problématique de l'impact des émissions sonores portuaires et sur les infrastructures d'atténuation optimales
- Développer des stratégies communes pour favoriser la participation des acteurs locaux intéressés par les choix de projets
- Créer de petites infrastructures pour le contrôle du bruit et surveiller l'efficacité des travaux d'atténuation acoustique dans les ports

2. SYNTHÈSE DU PROJET

Le projet Rumble vise à améliorer la durabilité des ports commerciaux, à travers la réduction de la pollution sonore. Le projet prévoit la réalisation des études, des petites infrastructures et des investissements pour la mitigation de la pollution sonore, qui pourront être transposés dans d'autres ports de la zone de coopération, et de l'évaluation de leur efficacité. Les activités permettront de réduire les principales sources sonores du port à bénéfice de la population résidente dans les zones urbaines limitrophes : le trafic routier lié aux activités du port et au mouillage des navires. Les mesures seront définies, à la suite d'une étude initiale sur les émissions sonores et tenant en compte les réclamations présentées par les citoyens aux gérants des ports et aux institutions publiques compétentes.

Afin d'opérer de façon correcte et efficiente, Rumble mettra en œuvre une stratégie de monitoring :

- 1) Liée à l'efficacité des mesures de mitigation financés avec le projet pour la zone pilote de Cagliari, Livourne et Ajaccio
- 2) Finalisée à évaluer l'efficacité de l'opération de grandes dimensions, déjà réalisé avec le financement du Port de Genova
- 3) Pour définir les futures actions à réaliser dans le port de Nice

Dans les activités de communication on prévoit l'activation des groupes de discussion et des événements pour la participation des groupes cibles dans toutes les phases du projet, aussi pour la validation des résultats : les organismes publics avec compétence dans la planification du territoire et le monitoring des émissions sonores, les entreprises du port, les citoyens aussi représentés dans les comités. La

répétition et la transférabilité du projet dans d'autres ports seront garanties au niveau transfrontalier par le réseau parmi le chef de file des autres projets, à travers la participation aux événements institutionnels au niveau européen et le partage des connaissances parmi les universités partenaires et la communauté scientifique internationale.

3. LES MODÈLES ET MÉTHODOLOGIES UTILISÉS POUR LA RÉDUCTION DE LES ÉMISSIONS SONORES

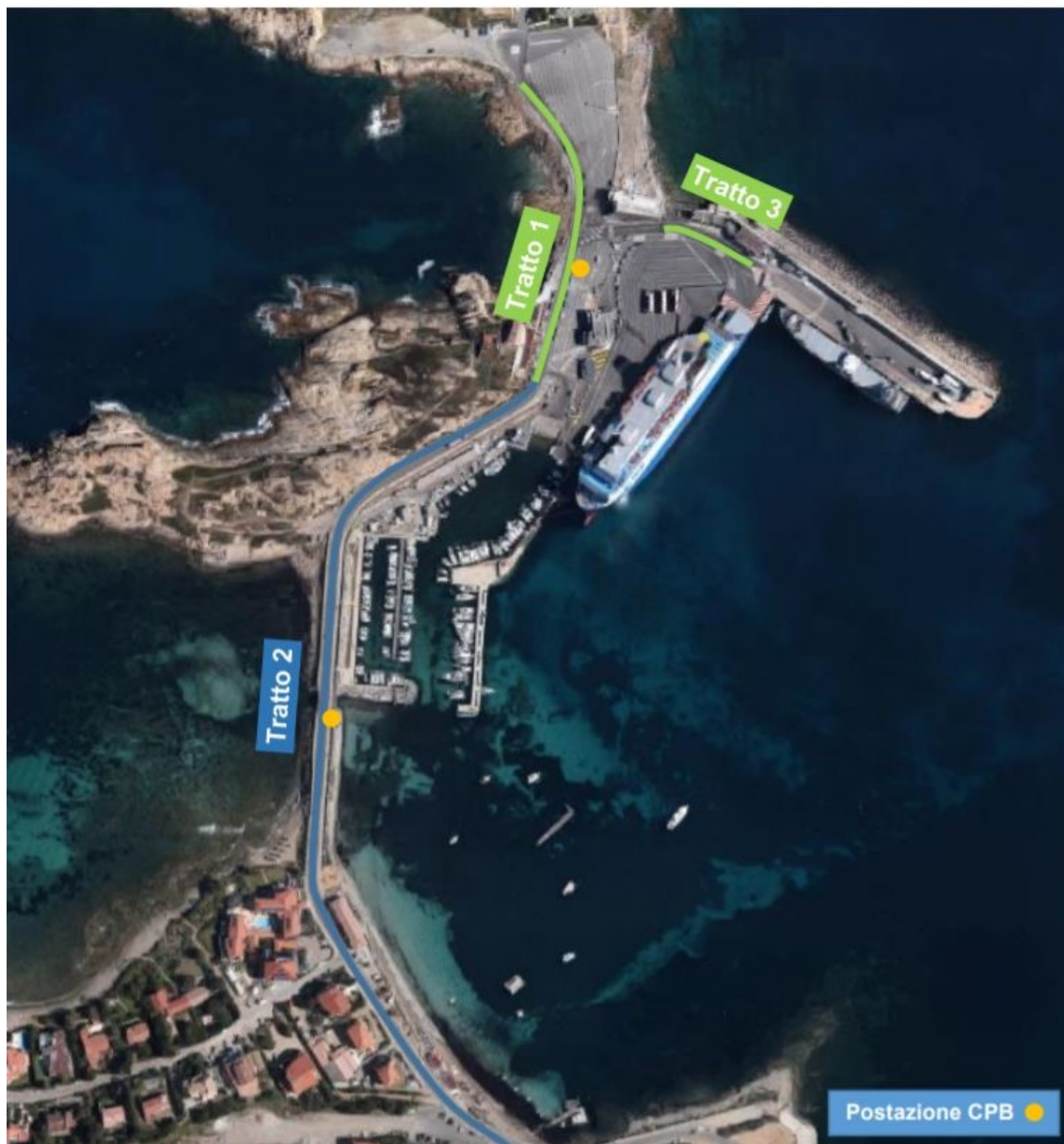
Dans le cadre du projet Rumble, de petites infrastructures et des investissements ont été réalisés pour atténuer le bruit et évaluer son efficacité. De cette manière, les solutions réussies peuvent théoriquement être répliquées dans toutes les réalités portuaires de la zone de coopération. En particulier, en ce qui concerne le port de Gênes, la construction d'une **dune artificielle** est prévue, ce qui aura un double effet environnemental : cacher le terminal à conteneurs de Pra' et servir de barrière au bruit des activités portuaires telles que la manutention des marchandises, grues mobiles, etc.



FIGURE I.1: CONSTRUCTION D'UNE DUNE AU PORT DE PRA

Dans les autres ports du projet, des investissements et des interventions ont été réalisés pour l'atténuation du bruit portuaire à travers l'installation de cinq bornes de recharge pour véhicules électriques dans les ports de commerciaux de Bastia et Ile Rousse (Corse, France) et un revêtement de sol insonorisant (port de commerce Ile Rousse, Corse, France ; port de Portoferraio, Toscane, Italie port de Cagliari, Sardaigne, Italie) avec la méthode CPX relative pour évaluer son efficacité.

Quant au port de l'île rousse, l'intervention de dépollution acoustique a consisté en la pose d'un revêtement de sol silencieux tant à l'intérieur de la zone portuaire que le long d'un tronçon de la voie publique à double sens qui relie le centre-ville au port et à l'île.



Le lieu d'exécution de la fourniture et de l'installation des 5 bornes de recharge pour véhicules électriques sont les ports de commerce d'Ile Rousse et de Bastia (voir les points rouges).

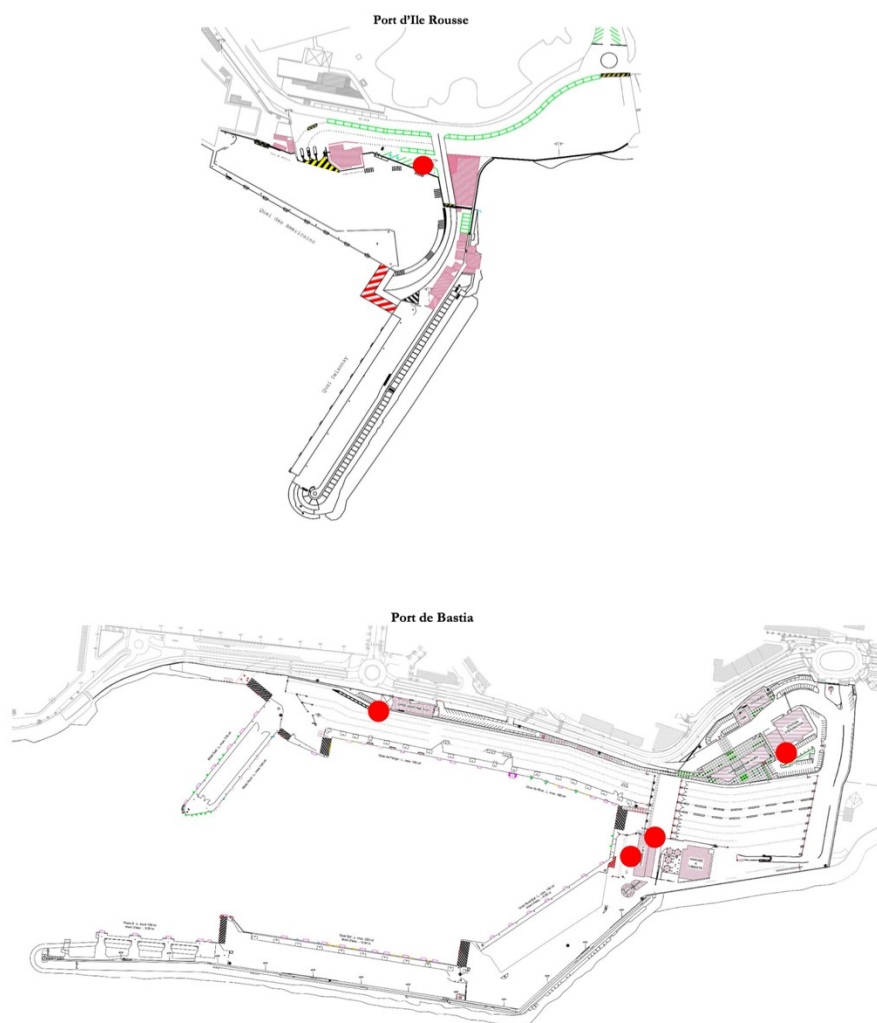


FIGURE I.3: LIEU D'INSTALLATION DES 5 STATIONS DE RECHARGE POUR VEHICULES ELECTRIQUES DANS LES PORTS FRANÇAIS - EN HAUT DU PORT COMMERCIAL D'ILE ROUSSE ET EN DESSOUS DE BASTIA (CORSE, FRANCE)

D'un point de vue technique, les quatre bornes de recharge pour véhicules électriques à installer doivent avoir les caractéristiques suivantes :

- Avoir une puissance de 3-22Kw
- Avoir une capacité de charge normale et accélérée à 22kVA et triphasé
- Donner la possibilité d'effectuer 2 recharges en même temps
- Être suffisamment protégé du milieu marin extérieur
- Être en conformité avec la réglementation en vigueur
- Être installé conformément aux guides UTE C 15-722 et UTE C 17-722

Pour la construction d'un bitumage silencieux dans le port de Portoferraio (Toscane, Italie), Calata Italia a choisi le conglomerat bitumineux appelé "Low Noise".

L'état des lieux à la fin des travaux est le suivant :



FIGURE I.4: LE PORT DE PORTOFERRAIO (TOSCANE, ITALIE) APRES TRAVAUX POUR LA CONSTRUCTION D'ASPHALTE A FAIBLE BRUIT

Sur le Port de Cagliari (Sardaigne, Italie), les interventions consistent en la construction d'une chaussée en conglomerat bitumineux avec des caractéristiques insonorisantes et drainantes pour un total de 17 618 m². Les zones affectées par l'intervention sont situées dans la zone portuaire de Cagliari à côté de Via Roma.

4. LES RÉSULTATS ET LES OUPUT DU PROJET

4.1 *les résultats du projet*

Les résultats de l'analyse des données du port de Gênes Pra, recueillies dans les trois stations de mesure (Fig. I.5), dans les trois configurations différentes (avec un navire, deux ou trois à quai), sont les suivants : en période journalière le bruit du port ne semble pas prédominant car couvert par des activités non portuaires, au petit matin (4-7h30) l'apport sonore qui semble avoir le plus d'impact est celui apporté par la faune (mouettes) et enfin dans la période nocturne, durant laquelle elles étaient considérées comme des mesures propres, des bruits impulsifs provoqués par des collisions de conteneurs et diverses sirènes ont été identifiés (Figure I.6).

Dans les trois configurations considérées, l'impact sur la position à proximité du port et sur le vallonné varie en fonction du nombre de navires, de leur position mais surtout des activités portuaires associées. Les sites hébergeant les stations ayant changé entre les mesures ex ante et ex post, il n'a pas été possible de faire une comparaison précise entre les données.



FIGURE I.5: QUAÏ AVEC TROIS NAVIRES

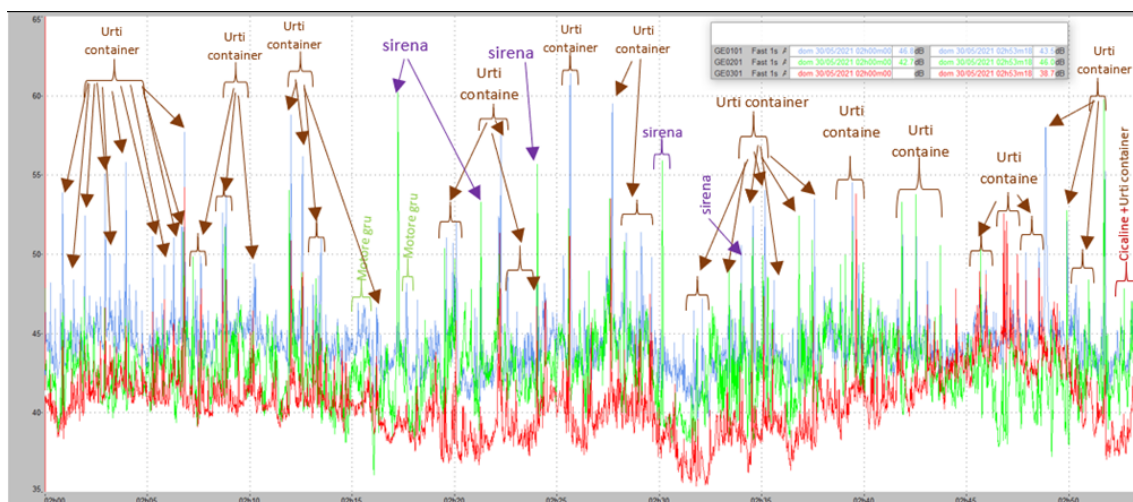


FIGURE I.6: COMPARAISONS DES TENDANCES TEMPORELLES DU LAeq,1 s

Ce paragraphe porte sur l'évaluation de la performance des interventions de réhabilitation réalisées aux différentes réalités portuaires du projet Rumble. Afin d'homogénéiser la vérification de l'efficacité des interventions, tant pour la méthode CPX que pour la méthode CPB, un critère différentiel a été utilisé pour comparer les performances acoustiques des revêtements de sol avant et après travaux. Le

tableau suivant résume les résultats obtenus pour la vitesse de référence de 50 km/h et quantifie le bénéfice acoustique découlant des travaux d'assainissement réalisés en termes de réduction des niveaux sonores.

	<i>Diff_{CPX}</i> [dB(A)]	<i>Diff_{CPB}</i> [dB(A)]
Portoferraio (LI)	-3.4 ± 0.8	-
Cagliari (CA)	-3.1 ± 1.3 +0.7 ± 1.3 -0.1 ± 1.3	-5.7 ± 3.2 -1.0 ± 0.9
Ile Rousse (FR-2B)	-4.5 ± 0.8	-2.2 ± 1.3

Compte tenu des résultats relatifs à la pose d'un revêtement de sol silencieux dans les zones portuaires de Portoferraio et de l'Ile Rousse, les résultats montrent des réductions significatives des niveaux de bruit (de 2 à plus de 4 dB(A)).

En référence à l'intervention de réhabilitation réalisée dans le port de Cagliari, les résultats montrent une plus grande variabilité. Cependant, il convient de considérer que la campagne de mesure post-construction a été réalisée à Cagliari avant les 4 semaines prévues à partir de la pose, donc les résultats obtenus permettent d'avoir une indication générale de la performance des chaussées étudiées et doivent être confirmés avec des campagnes de mesure.

SECTION II. LE PROJET DECIBEL

1. INTRODUCTION ET OBJECTIFS DU PROJET

Le projet DECIBEL fait partie du programme européen communautaire transfrontalier « Maritime IT-FR-2014-2020 ». Ses objectifs concernent le développement durable des ports insulaires transfrontaliers. Plus particulièrement, le projet répond à une des problématiques importantes liées aux ports de manière générale : la pollution sonore. Cette nuisance, tout comme la qualité de l'air et de l'eau, a des effets sanitaires avérés et bien évidemment, génère une gêne importante chez les populations exposées. Dès lors, comment peut-on concilier le maintien et le développement de l'activité commerciale de ces ports, essentielle à l'économie locale, et la réduction voire l'élimination des nuisances sonores ? Le projet DECIBEL propose des réponses à cette problématique grâce au développement et la diffusion de méthodes de diagnostics adaptées aux ports insulaires d'une part, et à la proposition et la mise en œuvre de plans d'actions pour la réduction de la pollution sonore d'autre part.

Ce travail est mené conjointement sur chacun des ports partenaires du projet. Il inclue également l'évaluation des mesures mises en place qui doit permettre d'établir et de diffuser les bonnes pratiques à l'ensemble de la zone de coopération.

Les partenaires du projet DECIBEL sont :

- La CCI de Haute Corse, chef de file et concessionnaire des ports de commerce de Bastia et de l'Île-Rousse.
- L'Université de Gênes (UNIGE).
- La commune d'Olbia.
- L'Association Nationale des Communes Italiennes de la région Toscane (ANCI Toscane).

2. DU DIAGNOSTIC AU PLAN D'ACTIONS BRUIT

Le projet couvre deux étapes essentielles des stratégies visant à limiter les nuisances sonores. Premièrement, l'étape du diagnostic et des études d'impact permet de quantifier l'exposition au bruit du port et d'évaluer en amont l'efficacité de différentes mesures de limitations du bruit. Deuxièmement, la définition de plans d'actions à partir des mesures correctives les plus adaptées, suivant les résultats de

la première étape, débouche sur une stratégie de réduction des nuisances sonores adaptée aux spécificités du site étudié. Sa mise en œuvre opérationnelle est accompagnée d'un système de monitoring de manière à suivre dans le temps de l'efficacité des mesures prises.

Dans le cadre du projet DECIBEL, ces deux grandes étapes sont appliquées concrètement aux 5 ports insulaires, partenaires du projet :

- Bastia (Corse) ;
- L'Île-Rousse (Corse) ;
- Olbia (Sardaigne) ;
- Portoferraio (Sardaigne) ;
- Giglio (Sardaigne).

La méthodologie proposée par le projet et appliquée à chacun des ports étudiés peut être décomposée suivant les phases suivantes :

1. Identification des parties prenantes
2. Définition des limitations spatiales de l'étude
3. Fonctionnement du port et identification des sources
4. Rassemblement et mise en place des données nécessaires
5. Création du modèle et calcul des indicateurs de bruit
6. Analyse des résultats
7. Mise en place d'un plan d'actions de limitation du bruit
8. Suivi de l'effet du plan d'actions

Pour chaque port, les étapes 1 à 6 ont été réalisées. Ce travail concerne à la fois des visites sur sites nécessaires à l'analyse du fonctionnement des activités portuaires ainsi qu'à la mesure de l'émission acoustique des sources les plus bruyantes, et la modélisation du bruit généré par le calcul. Ces modélisations sont effectuées à l'aide du logiciel MithraSIG, qui intègre des fonctionnalités spécifiques d'aide à la simulation du bruit portuaire. Les résultats sont présentés à travers plusieurs indicateurs décrivant les niveaux de bruit associés aux différentes sources sonores. Les indicateurs sont calculés soit pour des périodes horaires individuelles de manière à évaluer la gêne associée à une situation précise, soit pour des périodes longues, représentatives d'un enchaînement d'activités, de manière à évaluer une dose moyenne d'exposition au bruit.

A partir du diagnostic acoustique et des résultats associés à différents scénarii d'utilisation des installations portuaires, une stratégie de réduction des nuisances sonores est proposée. Cette stratégie est construite en collaboration avec les autorités de gestion du port en fonction des contraintes spécifiques à chaque

installation. Pour chaque mesure de réduction envisagée, une méthode de monitoring est proposée pour évaluer son efficacité et vérifier que les objectifs fixés soient atteints.

3. QUELQUES SPECIFICITES DE LA SIMULATION DU BRUIT PORTUAIRE

La simulation du bruit portuaire utilise les méthodes normalisées existantes de calcul de la propagation du bruit en milieu extérieur, telles que la méthode ISO-9613 ou la méthode européenne Cnossos-EU. Cependant, ces méthodes ont été développées principalement pour le calcul des infrastructures de transport terrestre et du bruit industriel. Ce type de sources est présent également en zone portuaire mais d'autres sources spécifiques des activités des ports urbains insulaires doivent être prises en compte. Par conséquent, il est nécessaire d'adapter les méthodes existantes aux spécificités du bruit portuaire.

3.1 *Identification et caractérisation des sources*

Les ports présentent une grande variété de sources sonores dont les conditions de fonctionnement sont également très variables et nécessitent d'être caractérisées suivant leur scénario d'utilisation dans le temps.

Parmi ces sources, on peut citer par exemple :

- Navires en navigation : sources de bruit actives sur les navires lors des arrivées et départs du port (e.g., turbines, ventilation, cheminée)
- Navires à quai : sources de bruit des navires à quai (e.g., générateurs, ventilation)
- Manutention horizontale (« Roll on Roll off ») : circulation des engins de manutention horizontale (e.g., engins de type Douglas)
- Manutention verticale (e.g., grues)
- Montée/descente des véhicules sur les rampes (bascullements des sifflets)

Hormis les sources de trafic routier ou ferroviaire pour lesquelles existent des modèles d'émission standardisés, associés aux méthodes de calculs et basés sur les données trafic de chaque axe, les autres sources particulières identifiées sur la zone portuaire doivent être caractérisées individuellement. En particulier, il est nécessaire de disposer des niveaux de puissance et de directivité acoustique des

sources. Ces données nécessitent dans la plupart des cas une campagne de mesures spécifiques.

3.2 Construction des données météorologiques

Les conditions météorologiques et en particulier les vitesses et directions du vent, variables au cours de la journée, ont une influence importante sur la propagation du son en zone côtière. Une méthode pratique pour le bon paramétrage des effets météorologiques dans les calculs acoustiques à partir de données météo spécifiques est incluse à la méthodologie proposée par DECIBEL. La propagation du son est fortement influencée par l'interaction entre la nature du sol et les conditions météorologiques. Pour l'évaluation du bruit environnemental, il convient de distinguer des conditions favorables à la propagation (par exemple sous un ciel de nuit clair ou par vent portant), des conditions neutres (par exemple sous un ciel couvert par vent calme) et des conditions défavorables (par exemple par vent contraire ou pendant une journée fortement ensoleillée.). La méthode proposée permet de transformer les données météo à disposition et de calculer les fréquences d'occurrence des conditions favorables à la propagation, par période horaire.

3.3 Modélisation géométrique et acoustique des navires

Contrairement à un véhicule routier dont l'émission acoustique peut être modélisée à l'aide d'une ou deux sources ponctuelles et dont les dimensions sont suffisamment petites pour ne pas influencer la propagation du son, les navires nécessitent une modélisation plus complexe. En effet, leur taille, souvent équivalente voire supérieure à celle de bâtiments, influence grandement la propagation du son, du fait des effets de réflexion et de diffraction sur et autour de la structure du navire.

La modélisation des navires nécessite donc une attention toute particulière afin de définir les dimensions des volumes le représentant et la position et les caractéristiques acoustiques des sources sonores.

Le logiciel MithraSIG utilisé pour les calculs prévisionnels du bruit portuaire propose une fonctionnalité spécifique de modélisation des navires à quai permettant de spécifier aisément le type de navire, la géométrie et le positionnement et les caractéristiques des sources.

4. QUELQUES EXEMPLES DE RESULTATS

4.1 *Diagnostics acoustiques*

Les résultats des diagnostics réalisés sur chacun des ports incluent les données suivantes :

- (1) Les niveaux de bruit associés aux trafics routiers seuls, mesurés par un niveau de bruit équivalent sur une heure
- (2) Les niveaux de bruit associés aux sources portuaires seules, mesurés par un niveau de bruit équivalent sur la durée d'activation de la source variable en fonction de la source considérée
- (3) Les niveaux de bruit associés aux trafics routiers et sources portuaires
- (4) L'émergence des sources portuaires par rapport aux trafics routiers définie comme la différence entre les niveaux en (3) et les niveaux en (1)

Ces niveaux sont calculés sur la zone d'étude sous la forme de cartes de bruit horizontales ainsi que sur des points récepteurs spécifiques en façade de certains bâtiments.

On donne ci-dessous un exemple de résultats obtenus sur le port de Bastia pour une configuration de déchargement du navire « Pascal Paoli », le matin entre 7 et 8h. La carte à gauche (a) présente le niveaux équivalent $L_{Aeq,T}$ durant la période de déchargement en combinant les sources portuaires et les sources routières (trafic existant sans activité portuaire). La carte à droite (b) présente l'émergence des sources portuaires par rapport aux sources routières.

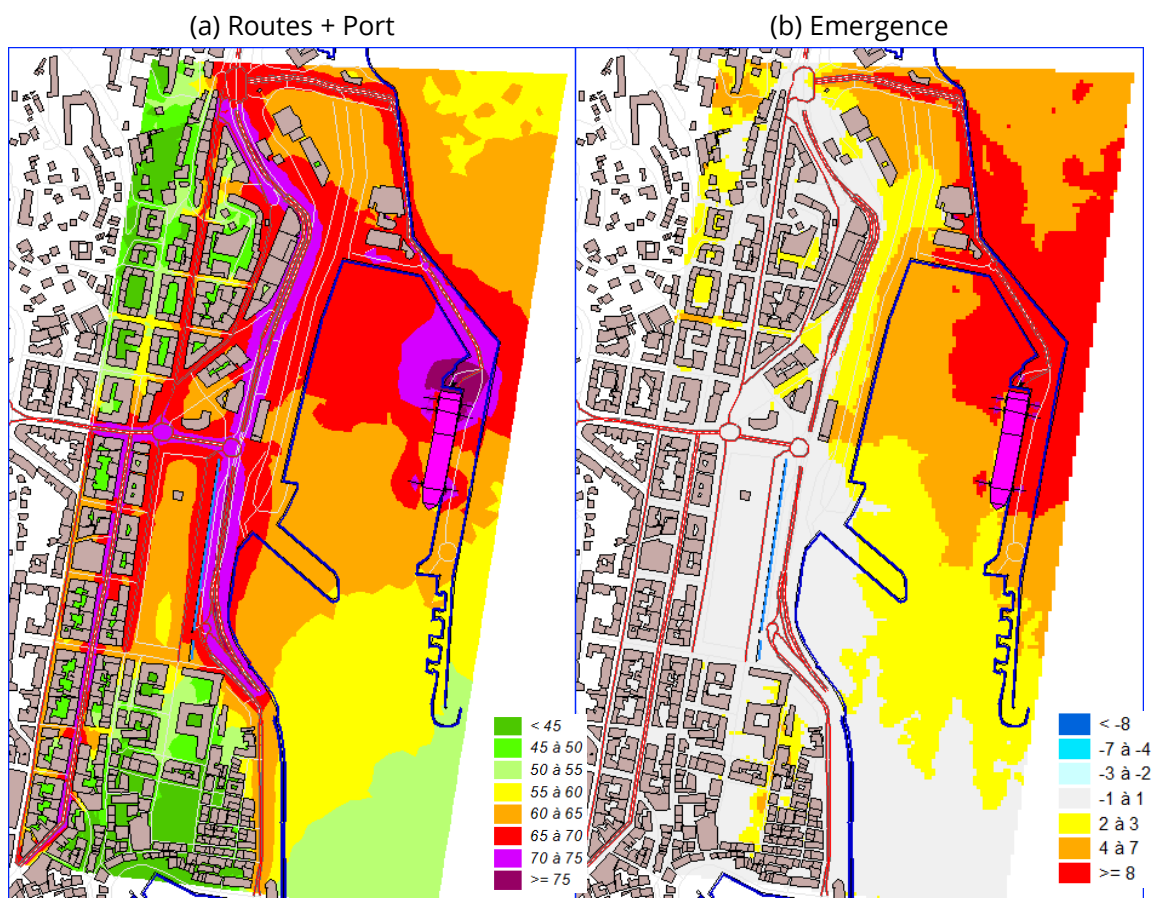


FIGURE 2 : PERIODE 7H-8H – PASCAL PAOLI (DECHARGEMENT) – EMERGENCE

Les niveaux d'émergence sur les bâtiments directement impactés peuvent atteindre 2 à 3 dB(A). Notons que l'émergence est potentiellement plus importante dans des zones d'ambiance existante plus calme, à plus faible trafic, protégées par une première rangée de bâtiments.

La figure suivante montre un autre exemple d'émergence du bruit portuaire pour Portoferraio dans une configuration de chargement/déchargement de trois navires. Les niveaux d'émergence en façade des bâtiments directement impactés dépassent pour cette configuration 4 dB(A).

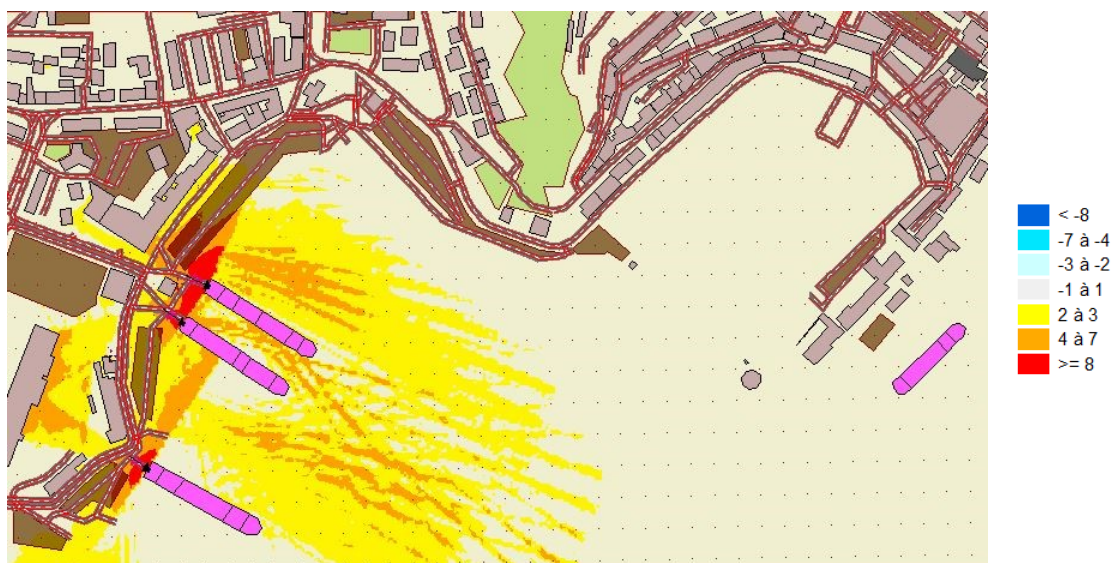


FIGURE 3 : PORTOFERRAIO –CARTE DE L'EMERGENCE (DIFFERENCE ENTRE LE BRUIT TOTALE MOINS CELUI CAUSE PAR LE TRAFIC ROUTIER)

Les niveaux de bruit sont également analysés plus finement au niveau de récepteurs individuels par type de source et bandes de fréquences. La figure ci-dessous présente un exemple de ce type de résultat pour la phase de déchargement du « Mega Express I » sur le récepteur R1 du port de Bastia.

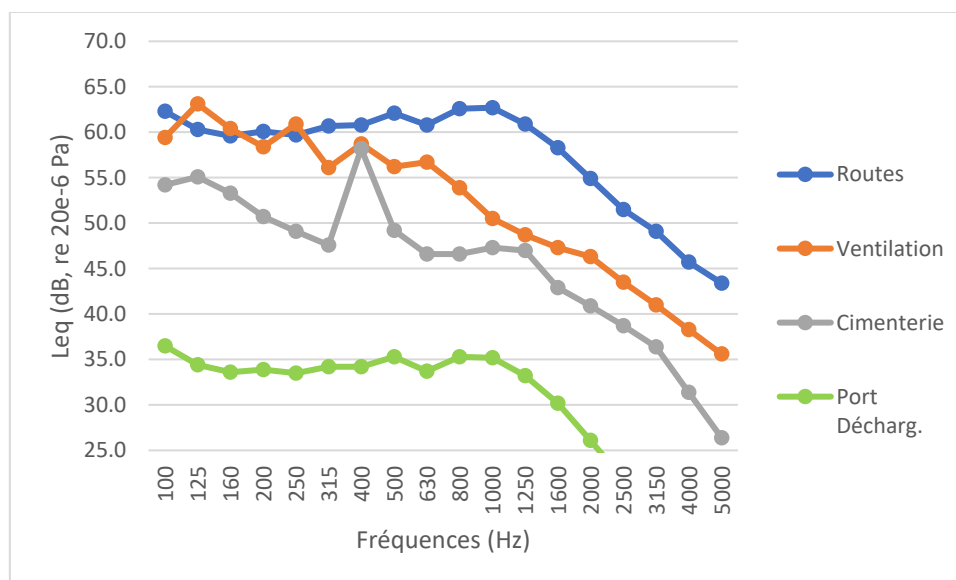


FIGURE 4 : PERIODE 7H-8H – MEGA EXPRESS I - DECHARGEMENT - RECEPTEUR R1.

Pour ce récepteur, situé en façade d'un bâtiment donnant directement sur le port, les niveaux fréquentiels montrent l'importance des sources de ventilation (en orange) dont les niveaux aux basses fréquences sont équivalents aux niveaux

engendrés par le trafic routier (en bleu). Bien que stationnaire comme le bruit de trafic, ce bruit de ventilation est de nature différente et par conséquent audible et potentiellement gênante.

Ces exemples de résultats montrent qu'il est possible d'analyser et de comprendre quelles sont les sources les plus impactantes pour les riverains et ainsi adapter les mesures correctives.

Notons que dans la majorité des cas étudiés, une des sources les plus gênantes est le bruit d'impact au passage des véhicules sur le « sifflet » des navires lors des opérations de chargement/déchargement. En effet, bien qu'en termes de niveau moyen calculé sur une heure, l'émergence de cette source ne soit pas très importante, la nature impulsive de ce bruit le rend encore très reconnaissable et potentiellement gênant.

4.2 Mesures correctives

Suite aux diagnostics acoustiques, plusieurs mesures sont proposées pour réduire la gêne associée aux émergences sonores liées aux sources portuaires.

Parmi les actions possibles, les mesures suivantes ont particulièrement retenu l'attention des parties prenantes :

- Remplacement du revêtement routier par un revêtement plus silencieux sur tout ou partie des voies de circulation dans la zone portuaire ;
- Remplacement des véhicules utilitaires à moteurs thermiques utilisés sur le port par des véhicules électriques ;
- Installation de matériaux amortisseurs sur les quais pour limiter les bruits d'impact lors de la montée et descente de véhicules ;
- Electrification des quais pour éviter le fonctionnement des générateurs à bord des navires.

Parallèlement aux mesures correctives résumées ci-dessus, les ports prévoient également l'installation d'un système de monitoring des émissions sonores des sources portuaires ainsi que de l'exposition au bruit des habitations riveraines du port. Un tel système de monitoring doit permettre de vérifier l'efficacité des mesures mises en place ainsi que de communiquer aux riverains les données d'amélioration de l'environnement sonore qui en résultent.

SECTION III. LE PROJET LIST-PORT

1. INTRODUCTION ET OBJECTIFS DU PROJET

L'objectif du projet LIST-PORT (Limitation de la pollution sonore due au trafic dans les ports commerciaux) est d'améliorer le "climat acoustique" des villes portuaires pilotes d'Olbia, Piombino, Bastia et Vado Ligure, grâce à l'utilisation de systèmes intégrés de gestion du trafic "Intelligent Transportation System".

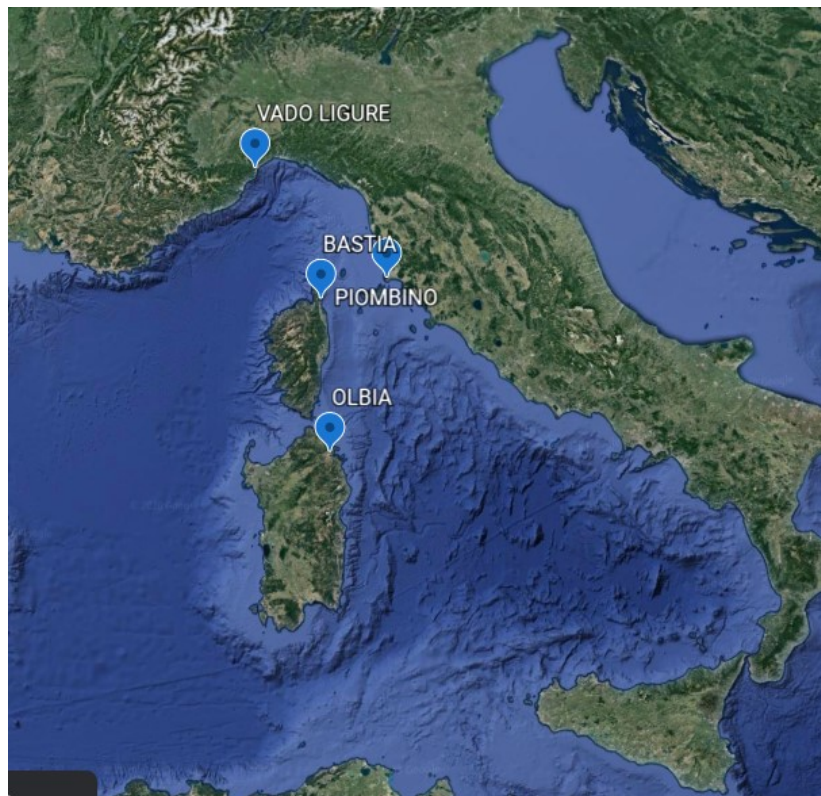


FIGURE III.1: LES PORTS DANS LES VILLES PILOTES COUVERTES PAR LE PROJET LIST-PORT

L'objectif général de LIST-PORT est d'évaluer comment les applications ITS de gestion du trafic peuvent influencer sur la réduction des pressions sonores dans les environnements portuaires et urbains, en analysant les effets que ces interventions ont sur l'environnement urbain, afin de maintenir les émissions sonores en dessous des limites autorisées par les réglementations en vigueur. Le défi territorial commun entrepris dans le cadre du projet consistait à poursuivre certains des objectifs fixés par la directive 2002/49/CE, notamment le partage d'une politique intégrée et synergique d'actions visant à la fois à réduire la pollution sonore et à développer des bonnes pratiques capables de définir une approche méthodologique standardisée pour les différentes villes portuaires.

2. RÉSUMÉ DU PROJET LIST-PORT

Le bruit généré par les activités portuaires est principalement attribuable à deux composantes : les activités portuaires à l'intérieur du port, et le trafic léger et lourd attiré par la plate-forme et passant par les infrastructures routières de connexion. En particulier, les émissions causées par le trafic routier ne se limitent pas à celles émises à l'intérieur du port mais, en ce qui concerne le trafic généré par le port, ce sont celles émises le long du réseau routier entrant et traversant la ville et menant aux entrées du port. Ces pressions sonores atteignent souvent des niveaux élevés aux heures de pointe, lorsque les navires embarquent et débarquent. Le défi du projet List-Port était d'identifier, par une approche commune et systémique, pour les villes portuaires pilotes d'Olbia, Bastia, Vado Ligure et Piombino, des interventions visant à atténuer le bruit produit par le trafic généré et attiré par les nœuds portuaires grâce à la mise en œuvre d'un "Intelligent Transportation System" (ITS) intégré pour la gestion du trafic. Ce système est conçu pour transmettre automatiquement des messages d'info-mobilité aux automobilistes afin de promouvoir l'utilisation d'itinéraires alternatifs, dans le but de rationaliser la mobilité sur le réseau routier. Le système ITS envoie des informations aux automobilistes sur la base d'élaborations réalisées à l'aide de modèles prédictifs trafic-bruit. Ces modèles, basés sur les flux de véhicules détectés instantanément, traitent en temps réel l'état acoustique de la zone urbaine observée et, en cas de dépassement des seuils limites, déclenchent le processus de réaffectation et de régulation des flux de véhicules sur le réseau. La réorientation des flux de véhicules se fait, comme mentionné, par l'envoi automatique de messages d'info-mobilité qui incitent les utilisateurs à changer les itinéraires générés/attraits par le nœud portuaire. La décongestion des artères du waterfront portuaire et, par conséquent, la réduction de la pression sonore sont les objectifs de l'ITS.

3. LES MODÈLES ET LES MÉTHODES UTILISÉS POUR LA RÉDUCTION DU BRUIT DANS LIST-PORT

Le projet a été divisé en deux phases : **la première phase préparatoire d'investigation et de modélisation, la seconde phase de mise en œuvre de l'application et d'évaluation de l'efficacité et de l'efficacité des systèmes et des actions pilotes entrepris dans la ville pilote.**

La phase préparatoire de l'application visait à surveiller les niveaux de trafic et de bruit dans les ports et sur les routes principales ; elle a été suivie par la modélisation

des réseaux routiers avec le logiciel SUMO¹. L'objectif de cette phase était de disposer d'un modèle virtuel capable de simuler la situation actuelle du trafic et les éventuels nouveaux scénarios de réseau. En outre, une activité de caractérisation acoustique a été développée dans le but de connaître le climat acoustique/environnemental des villes pilotes et d'identifier, pour les différentes tranches horaires de la journée, les zones et les points sensibles de plus grande exposition au bruit.



FIGURE III.2: EXEMPLE DE MODELE DE TRAFIC AVEC DISTRIBUTION DES FLUX SUR LE RESEAU ROUTIER

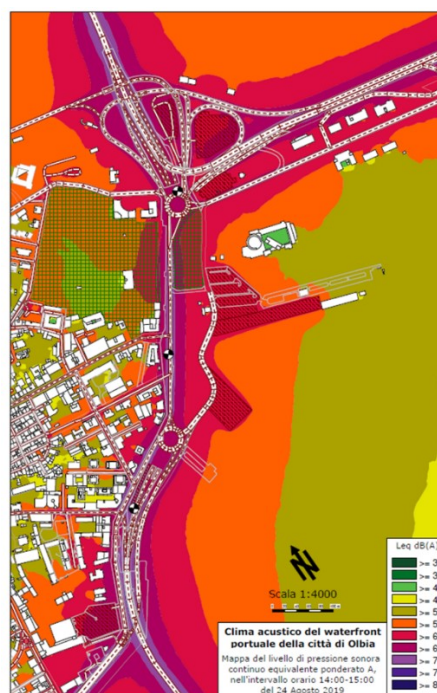


FIGURE III.3: EXEMPLE DE CARTOGRAPHIE DU BRUIT

Pour toutes les villes portuaires pilotes, une fois la criticité évaluée en raison des niveaux de pression acoustique critiques des points sensibles du réseau, des solutions alternatives d'itinéraire et/ou d'accès aux ports ont été identifiées. Ces alternatives sont celles qui sont suggérées aux automobilistes par l'utilisation du système ITS de la plateforme d'info-mobilité (PMV² o APP³), sur la base d'informations en temps réel sur les itinéraires alternatifs, les barrages routiers, les situations de congestion à certains points du réseau, etc. La plateforme ITS du projet LIST-PORT, basée sur les données d'entrée du trafic collectées en temps réel à partir

¹ Simulation of Urban MObility

² Panneaux à Messages Variables

³ Applications pour les smartphones et les appareils mobiles

des dispositifs de surveillance du trafic routier et traitées par le modèle de trafic/bruit, gère automatiquement, de manière intégrée et simultanée, les messages et informations d'info-mobilité à envoyer aux automobilistes. Les messages, selon le système avec lequel ils sont acheminés ou traités, sont de deux types :

- **de proximité** grâce à des panneaux à message variable (PMV) placés le long des routes menant au port ou vice versa permettant de sortir du port vers les destinations finales;
- **des informations sur les voyages** et leur planification au moyen d'APP à installer sur des appareils mobiles (smartphones, tablettes ou autres appareils mobiles connectés à Internet). Ces informations permettent, avant le début du trajet ou en tout cas avant que les usagers ne pénètrent sur le réseau routier urbain menant au nœud portuaire, de connaître l'état de congestion des routes, le niveau d'émission sonore avec indication des éventuels points critiques, l'itinéraire alternatif ou d'autres suggestions, y compris comportementales, de conduite, visant à fluidifier le réseau routier et à réduire les seuils critiques de pression acoustique.

Les deux systèmes ont pour fonction d'inciter les utilisateurs à modifier leurs itinéraires vers et depuis le port, ainsi que de générer des informations et d'indiquer des itinéraires alternatifs pour les automobilistes sur le réseau routier du waterfront du port.

Le modèle de prévision du trafic-bruit, intégré dans le système ITS LIST-PORT, est le "cœur" du DSS. Il consiste en "une application logicielle", développée dans le cadre du projet, qui permet à l'APP et au système INFO-Mobilité de communiquer avec les PMV et les détecteurs de trafic.

Le DSS se compose d'un module pour la prédiction des émissions sonores produites par le trafic routier. Grâce à ces évaluations, il propose des stratégies pour orienter les automobilistes non seulement en fonction des conditions de congestion détectées à chaque instant, mais aussi sur la base des émissions sonores générées par l'intensité du trafic. Le DSS est structuré de manière à pouvoir comparer ces émissions avec les valeurs limites fixées par la législation.

La plateforme envoie des "input" aux deux systèmes (PMV et APP) lorsque le niveau d'émission de bruit du trafic dépasse le seuil d'alerte. Les input, constituées d'informations envoyées, déclenchent la sélection du scénario de réorganisation de la mobilité le plus approprié parmi les scénarios prédéfinis. Les scénarios de réaménagement, qui ont été préparés dans la phase de développement du projet sur la base des criticités en matière de bruit et de transport des différentes villes portuaires pilotes, sont proposés aux automobilistes via les PMV (information de

proximité) et l'App (planification du trajet). Le module d'évaluation des émissions sonores traite les données relatives au trafic provenant de caméras ou d'enregistreurs de radars et évalue non seulement le niveau d'encombrement des routes, mais aussi le niveau d'émissions sonores qu'elles génèrent. Les indicateurs de bruit L_{den} , L_{day} , $L_{evening}$ et L_{night} définis dans la *Environmental Noise Directive* directive 2002/49/CE) ont été utilisés pour déterminer les émissions sonores. Pour l'Italie, il a également été fait référence au décret législatif n° 194 du 19 août 2005 (mis à jour par le décret législatif 42/2017 et aux valeurs limites pour L_{day} et L_{night} ; définies dans le DPCM 14/11/1997, tandis que pour Bastia, il a été fait référence à la réglementation française spécifique. Le modèle de calcul des émissions sonores, mis en œuvre dans le DSS, est réalisé par une application de la méthodologie CNOSSOS-UE.

Les données relatives au trafic sont utilisées pour calculer les émissions sonores, en particulier les flux par type et vitesse de véhicules. Ces données sont fournies, comme mentionné, par le système de surveillance du trafic, qui est effectué en continu grâce à l'utilisation de caméras ou d'équipements "Radar Recorder Laser". comme prévu dans le DSS.

4. RÉSULTATS ET OUTPUT DU PROJET

4.1 Résultats du projet

La Figure III.4 présente l'architecture du système ITS LIST-PORT mis en œuvre dans les 4 villes portuaires pilotes, dans laquelle la dynamique du flux d'informations au sein du système est illustrée de manière schématique. À ce jour, le système est en cours de construction et certaines villes ont déjà installé des PMV et des systèmes de surveillance du trafic. L'APP, réalisée par le partenaire UNIP, a atteint la phase de validation par Apple et Android, validation qui est nécessaire pour être placée gratuitement dans les magasins.

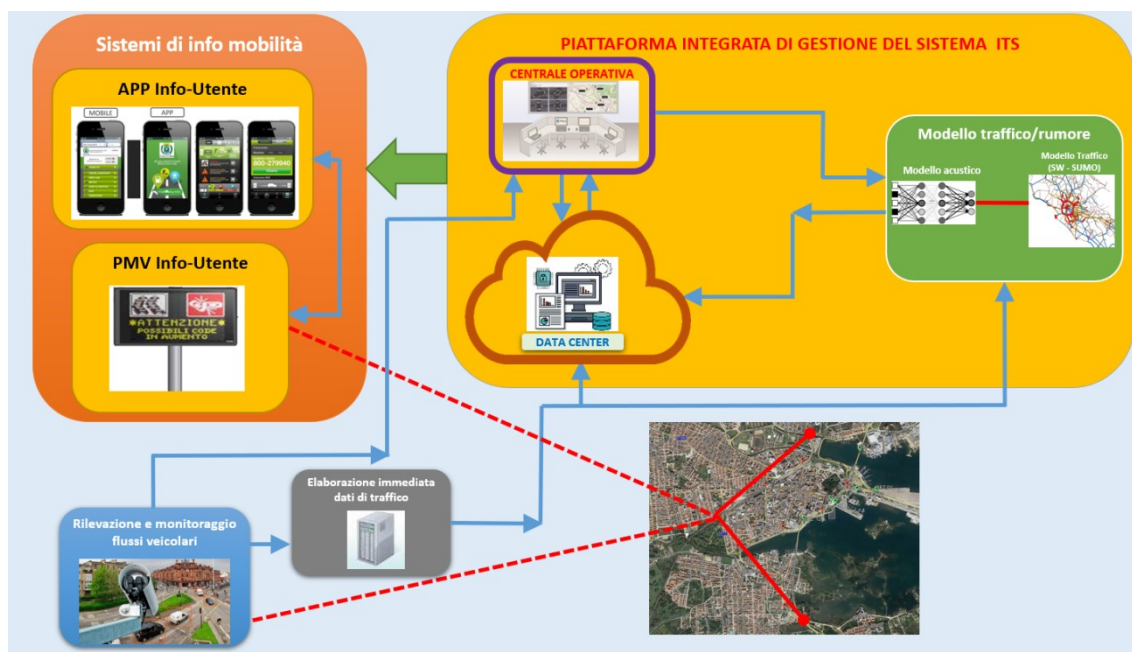


FIGURE III.4: L'ARCHITECTURE DU SYSTEME ITS LIST-PORT

4.2 Analyse critique des résultats et du niveau de réalisation des objectifs

La dernière partie du projet, comme indiqué dans les paragraphes précédents, consiste à tester l'efficacité et l'efficacité du système ITS List-Port dans la poursuite des objectifs du projet. En fait, **l'action d'évaluation ex post, prévue par le projet, n'a pas encore été développée du fait que le système n'a pas encore été mis en œuvre dans aucune des villes portuaires pilotes.** L'évaluation ex post consistera en une campagne de surveillance simultanée des flux de trafic et de la pression acoustique contextuelle produite, permettant de mesurer la variation du facteur acoustique en fonction des caractéristiques du flux de véhicules correspondant après l'introduction du système ITS LIST-PORT. Les bénéficiaires finaux seront les résidents et les touristes des villes portuaires, sans négliger le fait qu'il s'agit d'un contexte portuaire dans lequel les conditions normales de fonctionnement sont rétablies en ce qui concerne l'accès au port et le niveau de congestion des routes et des zones de stationnement à l'intérieur de celui-ci. Le projet, dans l'esprit des programmes Interreg IT-FR, est fondé sur une approche transfrontalière; les résultats obtenus lors des expériences menées dans les quatre villes pilotes seront analysés en fonction de leurs différentes configurations urbaines, orographiques et territoriales. Cette analyse vise à rechercher une standardisation de la méthodologie et de la modélisation afin de la reproduire dans d'autres contextes portuaires.

Le projet LIST-PORT a cherché à poursuivre certains des objectifs fixés par la directive 2002/49/CE, notamment : le partage d'une politique intégrée et synergique d'actions visant à réduire la pollution sonore et le développement de bonnes pratiques capables de définir une approche méthodologique standardisée pour les différentes villes portuaires ; la définition d'une procédure de conception qui se prête à l'extensibilité et à la reproductibilité dans d'autres contextes urbains portuaires. Le projet a également permis de poursuivre plusieurs objectifs tels que :

- le développement de processus visant à informer l'opinion publique et le personnel portuaire de l'ampleur du bruit dans l'environnement et de ses effets;
- le lancement de stratégies communes à long terme visant à réduire le nombre de citoyens exposés à des niveaux élevés de bruit dans l'environnement. Dans ce contexte, le fait d'avoir abordé le problème par le biais d'une comparaison transfrontalière entre différentes villes portuaires européennes a permis de définir une variété d'expériences et de résultats, qui sont le fruit d'une évaluation de l'ensemble des criticités propres à chaque ville pilote portuaire. En testant le modèle dans les quatre villes portuaires examinées (Olbia, Bastia, Vado Ligure, Piombino), qui diffèrent en termes de conformation, de trafic, de réseau routier, d'orographie et d'aménagement urbain, il a été possible de définir un processus de généralisation qui permet la reproduction dans d'autres contextes portuaires;
- l'échange d'expériences dans des contextes différents et des contextes urbains/territoriaux a également été analysé sur la base de la déclinaison différente de la législation européenne dans les différents états et régions et des différentes règles et réglementations au niveau local, provincial et régional, avec des limites et des classes de bruit souvent beaucoup plus articulées que celles des lois nationales;
- La diversification des partenaires a permis d'acquérir une variété d'expériences et de résultats, ce qui permet d'évaluer les criticités locales spécifiques dans leur ensemble en vue de définir des actions systémiques ; ces dernières sont nécessaires pour aborder le problème du bruit/pollution atmosphérique dans sa globalité et sa complexité.

Traiter le problème uniquement au niveau local n'aurait pas garanti un nombre suffisant d'exemples de cas, nécessaires pour normaliser le processus et la méthodologie d'application du modèle ITS LIST-PORT. En outre, l'inclusion de

différents ports italiens et français dans le projet fournira, lorsque les résultats de l'expérimentation seront disponibles, un éventail suffisant d'informations nécessaires pour valider le modèle afin de le rendre évolutif et reproductible dans d'autres contextes.

SECTION IV. LE PROJET MON ACUMEN

1. INTRODUCTION ET OBJECTIFS DU PROJET

Le projet MON ACUMEN aborde la question du bruit dans les ports en se concentrant sur les aspects de planification et de contrôle du bruit dans les ports commerciaux de la zone de coopération de la mer Tyrrhénienne du Nord. Les ports de Bastia, Cagliari, La Spezia et Livourne sont concernés et les autorités portuaires correspondantes, respectivement, la Chambre de Commerce et d'Industrie de Bastia et de la Haute-Corse, AdSPMS, AdSPMLO et AdSPMTS. Le partenariat comprend également deux partenaires scientifiques: l'Université de Gênes (UNIGE) et l'Agence régionale pour la protection de l'environnement de Toscane (ARPAT).

Les activités portuaires dans la zone de coopération sont similaires ainsi que les caractéristiques du trafic portuaire, cependant l'absence d'une approche partagée a conduit à un écart important dans les méthodes de surveillance acoustique menées en amont du projet. L'objectif du projet est donc de développer une méthodologie d'analyse, de description acoustique et de détection du bruit, commune aux ports de la zone de coopération italo-française.

Les normes et méthodologies mises en œuvre au cours du projet contribuent à l'objectif en permettant aux gestionnaires des ports de mettre en œuvre une approche partagée sur la surveillance du bruit dans la zone portuaire, tandis que les données collectées constitueront une base de connaissances commune et transfrontalière qui peut être augmenté dans le temps.

En créant des systèmes de surveillance aux spécifications communes et conformes aux normes réglementaires nationales italiennes et françaises, ainsi qu'aux normes européennes, il est en effet possible de comparer directement les données et de les classer en informations utiles pour la politique des transports. Enfin, les informations recueillies et convenablement traitées constituent un outil de communication et d'information valable pour les citoyens afin de les sensibiliser davantage aux dynamiques en cours.

2. SYNTHÈSE DU PROJET

Le Projet MON ACUMEN est divisé en quatre phases consécutives,

1. Etude de l'état de l'art des technologies dans le domaine du bruit portuaire ;
2. Création de cartes de bruit ;

3. Identification et organisation des systèmes de surveillance ;
4. Vérification de la performance des systèmes de surveillance.

La première phase consiste à étudier l'état de l'art actuel dans le domaine du bruit portuaire et des techniques de détection acoustique afin de construire une base de connaissances commune pour les partenaires. Cela est nécessaire afin de mieux entreprendre les activités ultérieures d'étude du bruit portuaire, de conception et de mise en œuvre de systèmes de surveillance et, finalement, d'analyse des résultats de surveillance.

Dans un esprit de collaboration entre les projets et de capitalisation des résultats, commun à tous les projets du programme INTERREG Maritime, l'étude a été menée en collaboration avec les projets RUMBLE et REPORT, qui partageaient la nécessité d'enquêter sur la question du bruit portuaire. De cette façon, il a été possible d'obtenir une étude coordonnée et intégrée sur tous les aspects du bruit portuaire communs aux trois projets qui ont impliqué la plupart des partenaires du programme.

L'étude du climat acoustique des ports concernés (Bastia, Cagliari, La Spezia et Livourne), a été réalisée à travers des mesures de bruit et la création ultérieure de cartes de bruit.

Afin d'obtenir des résultats homogènes et comparables, les partenaires scientifiques ARPAT et UNIGE ont défini des lignes directrices pour la cartographie qui ont introduit d'importantes innovations méthodologiques. Suite à ces indications, les organismes gestionnaires des ports ont créé des cartes de bruit pour les différentes sources présentes dans le port :

- sources routières ;
- source ferroviaire ;
- ressort naval ;
- source industrielle ;
- source de port.

Sur la base des résultats des cartes, les emplacements où installer les unités de contrôle ont été identifiés. Les spécifications techniques des unités de contrôle ont été définies par les partenaires scientifiques, afin de pouvoir créer des systèmes de surveillance conformes aux normes réglementaires en vigueur et capables d'atteindre les objectifs d'interopérabilité et d'homogénéité requis par le projet.

Une fois construits et mis en service, les performances des systèmes de surveillance ont été évaluées en parallèle avec la durabilité technique et financière. De cette manière, l'expérience acquise au sein du projet est mise à disposition de ceux qui s'intéressent à la mise en œuvre de systèmes de surveillance dans d'autres ports,

même en dehors de la zone de coopération. Enfin, les données de bruit enregistrées lors de la première période de surveillance ont été analysées afin d'identifier tout dépassement des limites imposées par la législation en vigueur, afin de pouvoir entreprendre des actions d'assainissement.

3. SYSTÈMES DE SURVEILLANCE ET CARTES ACOUSTIQUES

Les quatre phases du projet MON ACUMEN ont vu l'utilisation de différentes méthodologies pour la réduction du bruit. La phase d'étude préliminaire a été essentielle pour établir une base de connaissances commune et a vu l'utilisation d'un questionnaire adressé aux acteurs du bruit portuaire. Cependant, le cœur de l'activité du projet est constitué par les réseaux de surveillance du bruit. Ceux-ci, une fois terminés, permettent de surveiller en temps réel les niveaux de bruit présents dans la zone portuaire et d'identifier la source responsable de tout dépassement des niveaux limites fixés par la législation. Ils constituent donc un formidable outil de gestion et de contrôle entre les mains des gestionnaires du port. Ce qui distingue les réseaux créés dans le projet des autres exemples déjà présents, c'est le respect total des normes de qualité les plus élevées et l'interopérabilité totale entre les systèmes des différents ports. Cela permet de surveiller en temps réel et simultanément les niveaux de bruit présents dans les quatre ports, et à l'avenir, dans les ports qui mettront en œuvre des systèmes de surveillance selon les mêmes spécifications. Le système de surveillance est composé de deux composants distincts et interactifs, le matériel constitué des unités de contrôle, puis les capteurs de bruit et météorologiques et un logiciel constitué de l'infrastructure informatique qui se charge de stocker les données, de les traiter et enfin de les présenter dans un site web spécifique.

La création de systèmes de surveillance réellement efficaces est indissociable d'une phase préalable de cartographie acoustique de la zone portuaire et donc d'étude des sources présentes. Par conséquent, le projet a prévu une phase dédiée à la cartographie des zones portuaires. Dans cette phase, de nouvelles normes méthodologiques et un nouveau type de carte de bruit ont été définis. En plus d'être nécessaire à la mise en place du système de surveillance, la cartographie est à son tour un outil de gestion du bruit, car elle permet de savoir combien de citoyens sont exposés au bruit portuaire et à quels niveaux. Cela permet de quantifier l'impact du port par rapport aux autres infrastructures de transport et de déduire les relations entre les volumes de trafic et donc des activités portuaires associées et le bruit généré.

La relation entre les cartes de bruit et les systèmes de surveillance est très étroite. Si pour créer cette dernière il est nécessaire de créer une carte, la présence d'un système de suivi permet au fil des années de mettre à jour plus facilement les résultats de la carte et de créer des cartes plus précises et véridiques, au bénéfice des citoyens.

4. I RÉSULTATS ET OUTPUT DU PROJET

Le projet MON ACUMEN a produit des résultats importants depuis ses étapes préliminaires, à partir de l'étude de l'état de l'art jusqu'à la définition d'indicateurs de performance, en passant par des cartes innovantes telles que les cartes des sources prédominantes, les spécifications pour la bonne cartographie de la zone portuaire et les spécifications techniques des systèmes de surveillance continue. Dans le paragraphe suivant, nous décrivons ces résultats plus en détail.

4.1 Les résultats du projet

L'étude de l'état de l'art du bruit portuaire menée en collaboration avec les projets RUMBLE et REPORT, réalisée par l'envoi d'un questionnaire spécifique, a investigué différents aspects du bruit portuaire :

- morphologie du port ;
- systèmes de surveillance ;
- campagnes de suivi ;
- cartographie acoustique ;
- comités anti-bruit et exposés ;
- législation.

Le port de Nice et le port de Livourne étaient les seuls équipés respectivement d'un système de surveillance et d'une carte acoustique du port. Les campagnes de suivi réalisées se sont avérées non homogènes dans les méthodes, d'où l'impossibilité de comparer les résultats. Alors que l'absence d'une stratégie efficace a conduit à des mesures non décisives. L'image qui a émergé montre un niveau de conscience extrêmement faible du bruit dans les ports.

L'activité de cartographie portuaire qui a suivi a été réalisée selon des spécifications techniques définies par les partenaires scientifiques. Celles-ci ont permis d'obtenir des cartes de bruit homogènes dans les résultats et dans la représentation pour chacune des sources présentes dans le port :

- routes ;
- les chemins de fer ;

- navires ;
- les industries ;
- activités portuaires.

En combinant les résultats des cartes des sources individuelles, il a été possible de créer une nouvelle carte, la **carte des sources prédominantes** (Figure IV.1).

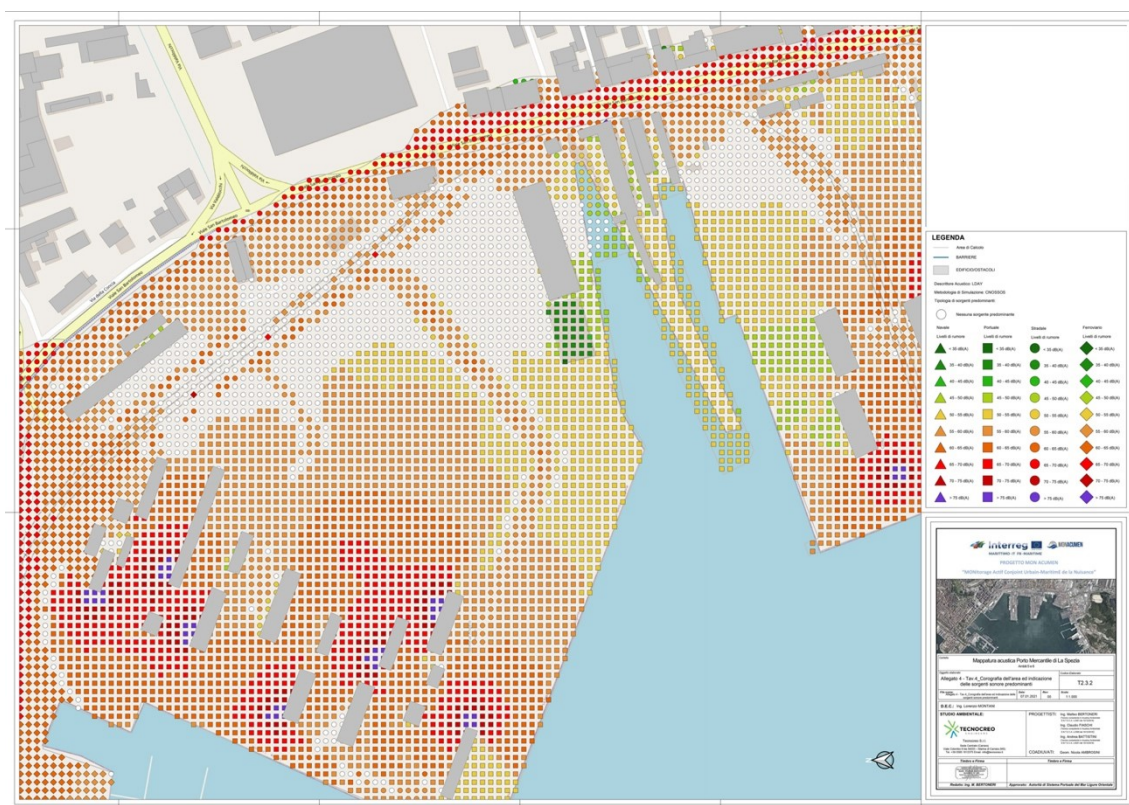


FIGURE IV.1: DETAIL DE LA CARTE DES SOURCES PREDOMINANTES DU PORT DE LA SPEZIA

Ce dernier met en évidence en chaque point la source qui domine les autres, il a donc permis d'identifier les positions les plus adaptées pour accueillir les stations de surveillance. En effet, installer une station à un endroit où une source spécifique domine les autres permet de surveiller cette source sans que les autres aient une influence décisive sur le résultat de la mesure. La figure IV.3 et la figure IV.4 suivante montrent les positions des unités de contrôle des systèmes de surveillance dans le port de Cagliari et La Spezia.

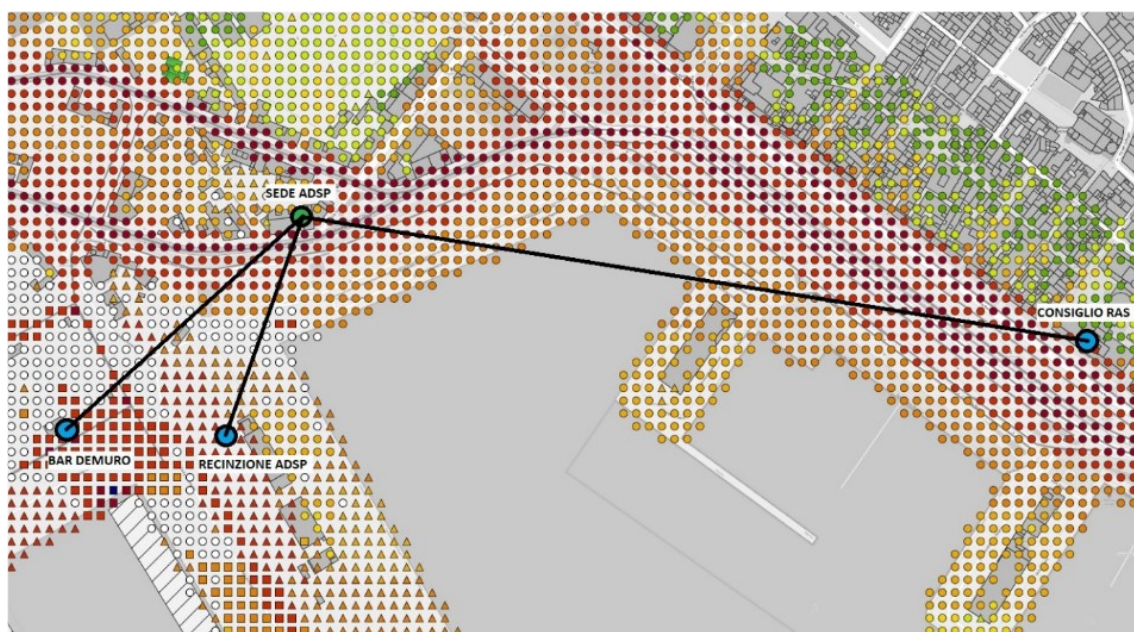


FIGURE IV.2: DETAIL DE LA CARTE DES SOURCES PREDOMINANTES DU PORT DE CAGLIARI SELON L'INDICATEUR L_{DAY} ET POSITIONS SELECTIONNEES POUR L'INSTALLATION DES UNITES DE COMMANDE DU SYSTEME DE SURVEILLANCE.



FIGURE IV.3: POSITIONS SELECTIONNEES POUR L'INSTALLATION DES UNITES DE COMMANDE DU SYSTEME DE SURVEILLANCE

Une fois les postes appropriés identifiés, les autorités portuaires ont entrepris le processus de mise en œuvre des systèmes de surveillance. Ceux-ci, réalisés selon des spécifications techniques fournies par les partenaires scientifiques, sont conformes à la législation en vigueur et répondent aux exigences du projet. Les systèmes ont en effet été équipés d'une infrastructure web qui permet la consultation de toutes les données enregistrées par le système et la création de

rapports d'information automatisés afin de faciliter le travail de traitement des données. La figure IV.5 montre un exemple d'instrumentation installée.



Figure IV.4: STATION DE SURVEILLANCE INSTALLÉE DANS LE PORT DE CAGLIARI.

Le niveau de performance offert par les réseaux a été évalué au travers d'indicateurs de performance (KPIs) définis par les partenaires scientifiques. Celles-ci évaluent la

capacité réelle des réseaux à effectuer une surveillance continue du bruit et leur charge en termes de maintenance et de coûts de maintenance.

Les résultats obtenus par les différents systèmes ont été comparés pour obtenir des indications opérationnelles pour l'optimisation des systèmes actuels et la mise en place des futurs systèmes de surveillance.

Enfin, les résultats de la première période de surveillance ont été analysés et validés par des techniciens compétents en acoustique pour donner une valeur légale aux mesures effectuées et certifier le climat acoustique présent dans les différentes zones portuaires.

4.2 Analyse critique des résultats et niveau d'atteinte des résultats

Les lacunes de connaissances qui ont émergé lors de l'étude de l'état de l'art corroborent les thèses qui ont conduit au projet MON ACUMEN, à savoir une mauvaise connaissance du bruit portuaire et un manque de technologies de surveillance et de contrôle.

La phase ultérieure relative à la cartographie portuaire va dans le sens d'une meilleure connaissance de la problématique en définissant une nouvelle norme méthodologique de cartographie de la zone portuaire et un nouveau type de cartes, les cartes des sources prédominantes. Ceux-ci, d'une part, constituent un outil d'analyse utile entre les mains des techniciens, d'autre part un outil utile pour communiquer avec le citoyen.

Enfin, les systèmes de surveillance mis en place au cours du projet permettront aux autorités portuaires d'opérer un contrôle précis et en temps réel des niveaux de bruit dans la zone portuaire, ainsi que d'informer correctement les citoyens et éventuellement d'identifier les situations nécessitant des interventions de remédiation. Les KPI, ainsi que les spécifications communes, sont des outils utiles pour la mise en œuvre des futurs systèmes de surveillance et pour maintenir l'efficacité de ceux mis en œuvre.

SECTION V. LE PROJET REPORT

1. INTRODUCTION ET OBJECTIFS DU PROJET

L'objectif général à long terme de REPORT est l'atténuation des émissions sonores et de l'impact acoustique des ports dans le domaine de la coopération transfrontalière pour rendre les infrastructures portuaires de l'Espace Maritime plus durables. Tout cela est réalisable grâce à la création d'une approche spécifique pour la gestion correcte du bruit portuaire actuellement absent du système réglementaire, destinée à tous ceux qui entendent atténuer l'impact acoustique des ports. Cette méthodologie, développée de manière pluridisciplinaire grâce aux différentes compétences des instances scientifiques qui composent le partenariat, a vocation à être mise en œuvre et intégrée dans la directive 2002/49/CE qui n'exige pas spécifiquement une évaluation du bruit émis par les ports mais l'assimile au bruit industriel sans tenir compte des caractéristiques et particularités de telles réalités, telles que :

- Les sources sonores complexes de nature et de caractéristiques différentes
- La répartition des sources
- Les caractéristiques particulières de propagation (ex : plan d'eau devant les infrastructures).

Les simulations numériques et les nouveaux algorithmes et méthodologies conçus pour esquisser et définir les meilleures stratégies communes de réduction des nuisances sonores développées dans le domaine REPORT sont de nature générale et donc conçus pour être applicables et reproductibles dans n'importe quelle réalité portuaire. Cela permet donc d'assurer le développement durable des ports de commerce et des plateformes logistiques connectées, assurant leur croissance et leur expansion, tout en limitant l'impact sur la population urbaine environnante. Parmi les objectifs spécifiques du projet Report, on peut citer :

- Création de modèles de simulation multidisciplinaires pour l'évaluation du bruit dans la zone portuaire
- Mise en œuvre de méthodes spécifiques actuellement manquantes pour la gestion et le contrôle du bruit portuaire

- Divulcation des méthodes de gestion et de contrôle du bruit portuaire aux instances en charge et à la communauté scientifique.

2. SYNTHÈSE DU PROJET

Les ports méditerranéens sont entourés de zones urbaines densément peuplées où le bruit généré par les sources sonores de leur activité a un impact très important. L'objectif à long terme du projet REPORT est la réduction des émissions sonores des ports de l'espace de coopération transfrontalier dans le but de rendre plus durables les installations portuaires de l'Espace Maritime. Ceci est effectué par le développement d'une approche dédiée de la gestion du bruit. Cette méthodologie, dont le caractère multidisciplinaire est assuré par les compétences des organismes scientifiques du partenariat, a pour finalité d'être implémentée et intégrée dans la Dir. 2002/49/CE qui n'exige pas spécifiquement une évaluation du bruit portuaire mais l'assimile à un bruit industriel sans prendre en compte les spécificités telles que la complexité des sources des ports, la répartition des sources acoustiques sur l'eau et les conditions particulières de propagation du son. En abordant cette lacune réglementaire, commune à tout l'espace maritime, ceci de façon multidisciplinaire (simultanément d'un point de vue technique, gestionnaire et socio-économique), et en proposant des méthodes communes pour la gestion du bruit dans les ports, l'approche novatrice de REPORT est nécessaire pour atteindre la dimension transnationale des normes et directives européennes. Le développement de nouveaux algorithmes et méthodologies dans différents secteurs décrira et définira les meilleures stratégies transfrontalières conjointes et reproductibles pour la réduction du bruit, permettant d'aborder la question de la gestion de l'environnement sonore dans les zones portuaires, d'une manière holistique et durable. Les organismes scientifiques et les autorités locales bénéficieront des résultats du projet en termes d'une plus grande prise de conscience de cette problématique ainsi que de l'équité et de la rigueur des méthodes pour la décrire et la traiter avec succès.

3. LES MODÈLES ET MÉTHODOLOGIES UTILISÉS POUR LA RÉDUCTION DE LES ÉMISSIONS SONORES

Les simulations numériques et les nouveaux algorithmes et méthodologies conçus pour esquisser et définir les meilleures stratégies communes de réduction des nuisances sonores développées dans le cadre du Report Project sont par nature de nature générale et donc conçus pour être applicables et reproductibles dans toutes

les réalités portuaires. Cela permet donc d'assurer le développement durable des ports de commerce et des plateformes logistiques connectées, assurant leur croissance et leur expansion, tout en permettant de limiter l'impact sur la population urbaine environnante.

En particulier, les modèles développés sont au nombre de quatre, pour chacun desquels une activité spécifique a été définie au sein du Projet.

- "Développement d'un modèle de simulation de bruit"

Avec la mise à jour constante du programme, diverses commandes et fonctions supplémentaires ont été implémentées pour faciliter la transposition de la réalité au modèle d'un scénario typique de bruit portuaire.

Tout d'abord, une nouvelle commande spécifiquement pour la modélisation géométrique et acoustique des navires. L'objet navire sert à représenter le bruit produit par celui-ci et par les éléments qui le composent : moteurs, ventilation, générateurs, etc.

En plus des informations de base, longueur, largeur et hauteur des conteneurs dans le cas des cargos, la possibilité de définir d'autres détails a été ajoutée dans les versions ultérieures, telles que les caractéristiques de la superstructure, le déport de la cheminée (à partir de la superstructure) et la hauteur des ressorts situés sur les côtés du navire.

L'une des nouveautés est l'"objet bruit de fond" qui permet d'indiquer le bruit ambiant présent dans une zone spécifique.

D'autres modifications ont également été apportées et de nouvelles commandes ajoutées, qui contribuent à l'amélioration générale des fonctionnalités du programme.

- « Analyse des émissions sonores au fur et à mesure que les conditions de circulation varient à travers des interventions de gestion et de régulation : réseau de neurones "Rete neurale"

Le modèle, développé lors de l'Activité T2.2 par le partenaire UNICA, est basé sur un réseau de neurones. Une fois formé, le réseau fournit des niveaux de bruit environnemental à des récepteurs spécifiques en fonction des données de trafic. Le réseau de neurones est appliqué au trafic routier à proximité de la zone portuaire dans le but de permettre des estimations de niveaux sonores à des points spécifiques basées uniquement sur des données de trafic telles que le nombre de passages et la vitesse de passage pour les quatre catégories de véhicules définies par le CNOSSOS. Par conséquent, un partenaire de surveillance du bruit et de la

circulation automobile est requis dans le réseau routier adjacent au port en question. Au cours du développement, des campagnes de surveillance à cet effet ont été menées à Olbia. Lors des campagnes de surveillance, chaque arche routière a été surveillée au moyen d'un compteur de trafic et d'un sonomètre. Les données ont été enregistrées avec une résolution temporelle de 100 ms et fournies au réseau de neurones sous forme agrégée avec une base de temps d'une minute, cinq minutes ou une heure. Une fraction des données (environ 20 % du total) a été utilisée pour former le réseau et la partie restante pour la validation et les tests. Les résultats ainsi obtenus sont très satisfaisants.

- Analyse des émissions sonores des activités portuaires pour la circulation des marchandises et des personnes dans l'hypothèse de nouveaux vecteurs énergétiques de propulsion"
- « Evaluation des coûts sociaux liés aux nuisances sonores dans les ports »

4. VALIDATION DES MODÈLES DÉVELOPPÉS ET AMÉLIORATIONS POSSIBLES

4.1 Validation des modèles développés

La validation de l'instrument Porto a eu lieu en modélisant les mêmes scénarios dans les logiciels et en comparant ensuite les résultats en termes de niveaux de bruit avec les niveaux mesurés sur le terrain.

Pour donner une plus grande crédibilité aux résultats obtenus à partir du réseau de neurones développé ainsi que pour démontrer son exactitude et son efficacité, le projet prévoit une activité de validation spécifique à travers des campagnes de mesures spécifiques. Le plan de validation peut se résumer aux phases suivantes :

- Réalisation d'une campagne de mesures sur un scénario nouveau sur le réseau.
- Entraîner le réseau sur une fraction des données de surveillance.
- Génération d'estimations des niveaux de bruit à travers le réseau de neurones sur la base des seules données de trafic.

- Simulation de scénario sur logiciel de prévision classique.
- Comparaison des estimations fournies par le réseau de neurones et celles fournies par les logiciels de prévision traditionnels avec les niveaux mesurés lors de la surveillance ;
- Comparaison du niveau d'incertitude du réseau avec celui fourni par les logiciels traditionnels.

4.2 Analyse critique et améliorations possibles

Au cours de la composante T2 du projet de rapport, plusieurs modèles mathématiques liés au bruit portuaire ont été développés. En particulier, l'Université de Cagliari (UNICA) a développé un réseau de neurones qui, sur la base du trafic transitant sur le réseau routier, est en mesure de fournir des estimations du bruit généré. Le réseau permet de faire des devis sur une base de temps très courte, voire une minute. En produisant ces estimations, le Modèle garantit des avantages incontestables en termes de puissance de calcul et de temps de traitement des données nécessaires pour prévoir les niveaux attendus par rapport aux logiciels de simulation traditionnels.

En ce qui concerne le logiciel de simulation de bruit développé, malgré les différentes différences constatées avec un type traditionnel, une fois les unités de mesure standardisées et les différentes sources et récepteurs positionnés aux mêmes coordonnées, le delta entre les résultats aux récepteurs est inférieur à ± 1 dB(A).

À la suite des difficultés rencontrées, des suggestions sont proposées pour d'éventuelles futures implémentations du programme, visant à faciliter ou à améliorer la modélisation des sources navales.

Il peut être plus facile pour l'utilisateur d'effectuer les modifications suivantes :

- Mesurer le déport de la cheminée « en partant de la limite extrême du navire et non de la limite de la superstructure.
- La possibilité de spécifier manuellement les paramètres de réfraction de l'objet navire (comme c'est le cas pour les bâtiments) pourrait être utile pour augmenter son interaction avec les sources actives dans le modèle.

- Donner la possibilité de définir plus précisément (manuellement) la position des sources le long des « Côtés Gauche et Droit » du navire.
- Donner à l'utilisateur la possibilité d'étendre manuellement le spectre dans les bandes d'octave du niveau de puissance L_w pouvant être affecté aux sources.
- Donner la possibilité de définir une source surfacique simple, avec la possibilité de régler la puissance acoustique également en L_w / unité.