



Interreg



TRIPO

MARITTIMO-IT F R-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

TRIPO

***“Trasporti e collegamenti Innovativi e sostenibili tra
Porti e piattaforme Logistiche”***

Rapporto sulla progettazione congiunta dei sistemi ITS

**Prodotto T2.3.1
Novembre 2020**

Sommario

1	Le attività propedeutiche alla progettazione dei sistemi	3
2	I sistemi di gestione dei trasporti terrestri mirati alla riduzione dell'inquinamento acustico	7
2.1	Rassegna di best practices "tradizionali" per riduzione inquinamento acustico.....	7
2.1.1	Interventi sulla sorgente sonora.....	8
2.1.2	Interventi sul percorso di propagazione sonora	12
2.1.3	Interventi al ricevitore	14
2.2	Rassegna di sistemi ITS di gestione traffico con ricadute positive in termini di riduzione rumore.....	15
2.2.1	Generalità	15
2.2.1	Le esperienze sviluppate nell'area Lucca-Pisa-Livorno	18
3	Conclusioni e spunti operativi.....	24

1 Le attività propedeutiche alla progettazione dei sistemi

Come già evidenziato nel prodotto T1.1.1 TRIPLo ha l'obiettivo di ricercare soluzioni operative per l'applicazione di strategie di contenimento e mitigazione dell'inquinamento acustico nei diversi contesti rappresentati dalle realtà territoriali dei partner progettuali; tale ricerca si informa anche alle risultanze dell'analisi di specifici parametri linguistici rilevati per valutare la percezione del fenomeno da parte della popolazione esposta.

Gli ambiti di riferimento del progetto, Area Vasta Toscana, Sardegna-Porto Torres e VAR, costituiscono, per caratteristiche intrinseche, una casistica assai differenziata che arricchisce i risultati del progetto in rapporto ad ipotesi di intervento anch'esse peculiari e relative alle specifiche problematiche da affrontare nei diversi contesti.

Tali problematiche si distinguono per i diversi *lay-out* delle direttrici di traffico che collegano i terminali marittimi con i rispettivi *hinterland*, rispetto alle aree urbanizzate contigue.

Il caso dell'Area Vasta Toscana si caratterizza per il maggior distanziamento tra terminale marittimo (Porto di Livorno) e piattaforma logistica (Distretto industriale lucchese) che implica anche transiti all'interno dell'area urbana di Pisa.

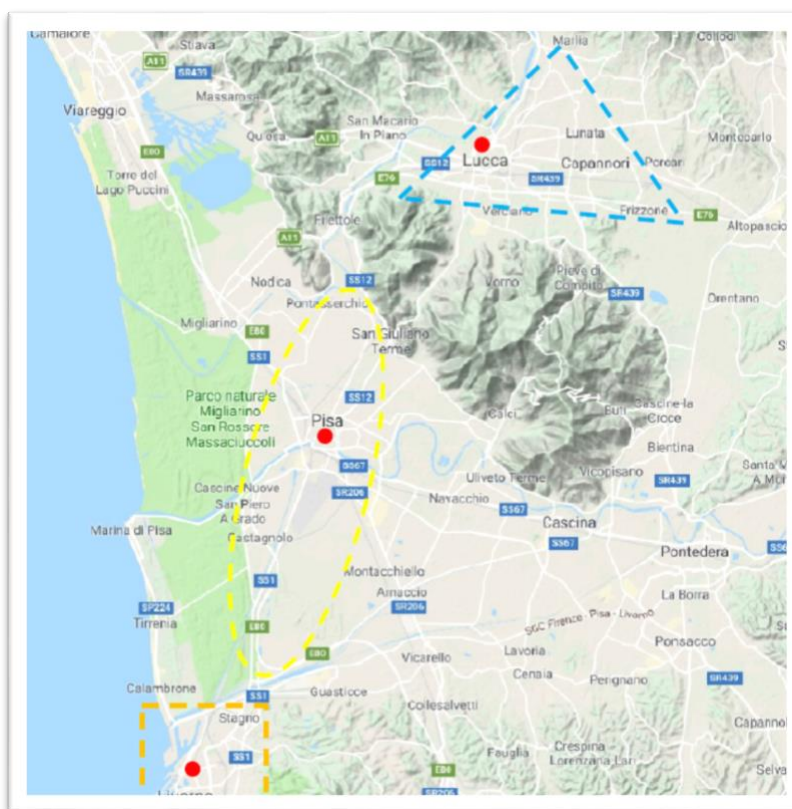


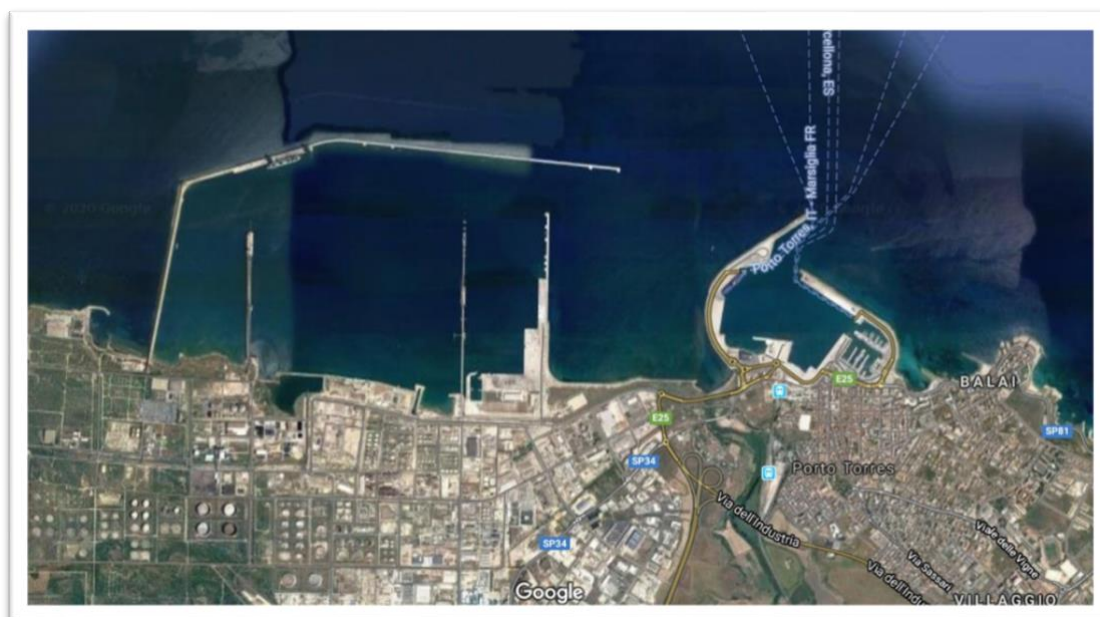
Figura 1 - Area vasta toscana (Lucca, Pisa, Livorno)

TERMINAL BREGAILLON

TERMINAL PASSAGERS
TOULON CÔTE D'AZUR

TERMINAL CROISIÈRES
TOULON / LA SEYNE

Ancora diverso il contesto sardo, relativo al terminale marittimo di Porto Torres, caratterizzato da problematiche inerenti al rapporto tra un traffico portuale con prospettive di notevole espansione ed il retroterra territoriale lungo le principali direttrici di spostamento.



La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au coeur de la Méditerranée



Interreg



TRIPLO

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale e

A configurazioni diverse corrispondono impatti quali-quantitativi altrettanto diversificati sulle popolazioni esposte ai livelli acustici generati dai traffici da/per i terminali portuali; almeno per quanto concerne l'Area Vasta Toscana. Dai Piani di Azione/Risanamento possono esser ricavati, in forma aggregata, i dati della popolazione esposta al rumore derivante da traffico autoveicolare.

Tali Piani di Azione/Risanamento e mappature acustiche, che sono adottati a norma di legge dagli Enti Locali e dai gestori delle infrastrutture di trasporto; risultano finalizzati all'individuazione delle criticità e dei relativi provvedimenti di mitigazione dell'inquinamento acustico, a medio e lungo termine, da attuare sulle sorgenti sonore, sulle vie di propagazione nonché sui ricettori.

Il Rapporto T1.1.1 contiene i risultati della campagna di rilevazione acustica svolta, nell'ambito delle attività di progetto, nelle aree di cooperazione.

Tramite l'impiego di fonometri e di registratori digitali sono stati acquisiti files sonori dei principali parametri acustici la cui elaborazione ha consentito il calcolo degli spettrogrammi relativi al periodo di registrazione, nonché l'estrazione di alcuni eventi specifici delle aree in esame. In particolare, si è provveduto al riascolto di tutte le registrazioni effettuate ed alla estrazione di specifiche porzioni di segnale ritenute significative per il prosieguo dello studio.

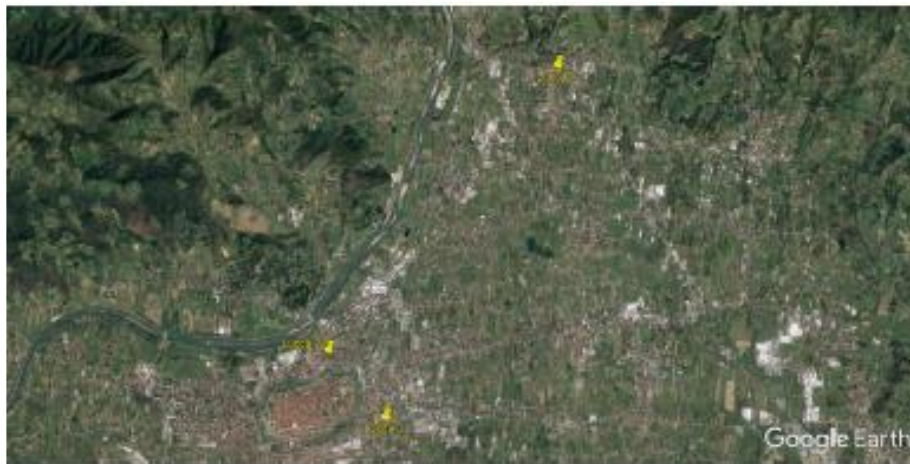


Figura 4 - Postazioni Lucca



Figura 5 - Lucca, postazione 1, 2 e 3

Post.	Posizione		Inizio rilievi		Fine rilievi	
	Lat.	Long.	Data	Ora	Data	Ora
1	43°53'33" N	10°33'19"E	04/12/2018	12:26	04/12/2018	12:31
2	43°51'05" N	10°30'32"E	04/12/2018	12:44	04/12/2018	12:49
3	43°50'29" N	10°31'13"E	04/12/2018	13:26	04/12/2018	13:31

Figura 6 - Riassuntivo rilievi Lucca

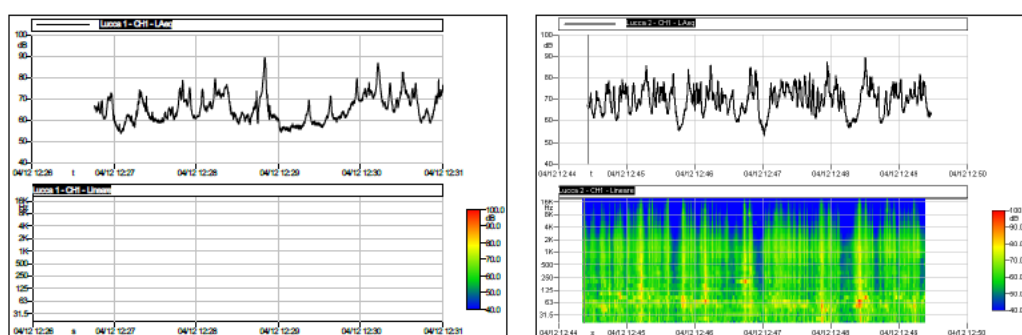


Figura 7 - Lucca, postazione 1 e 2

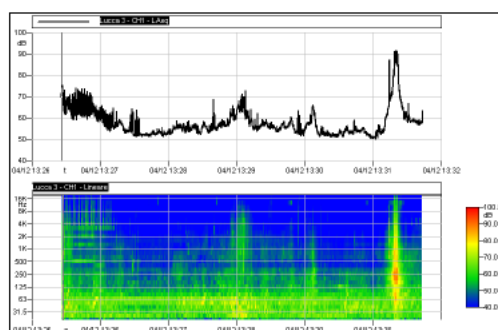


Figura 8 Lucca, postazione 3

Sulla base delle suddette attività di analisi il presente prodotto T2.3.1 procede all'approfondimento di strumenti e *best practices* utilizzabili per la definizione di interventi operativi di mitigazione, tradizionali ed innovativi (ITS).

2 I sistemi di gestione dei trasporti terrestri mirati alla riduzione dell'inquinamento acustico

2.1 Rassegna di best practices "tradizionali" per riduzione inquinamento acustico

Numerosi progetti europei incentrati sull'inquinamento acustico hanno affrontato il tema della gestione e riduzione del rumore con riferimento al traffico da infrastrutture lineari e risultano quindi interessanti dal punto di vista delle analisi condotte all'interno del progetto Interreg Triplo (ambito portuale e retroportuale).

Oltre al cluster degli altri progetti Interreg ad oggi attivi (RUMBLE, REPORT, MONACUMEN, DECIBEL, LIST PORT) si possono menzionare anche progetti anteriori quali NoMePorts e Sympic che fin dal 2006 hanno applicato l'implementazione degli strumenti di gestione del rumore di cui alla direttiva END 2002/49/CE (mappatura acustica).

Il progetto **Life Dynamap**, conclusosi nel 2019, suggerisce l'utilizzo di sistemi ITS di gestione del traffico finalizzato alla riduzione del rumore tramite l'utilizzo di una rete di monitoraggio acustico in tempo reale collegata ad un sistema che produce mappature acustiche e determina le classi di esposizione al rumore della popolazione.

Il progetto **Life Monza** coordinato da ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), conclusosi nel 2020, ha implementato la realizzazione di asfalti fonoassorbenti, promuovendo il concetto di LEZ (Low Emission Zone) e di mobilità smart (PEDIBUS) mediante l'utilizzo di App dedicata collegata ad una rete smart di monitoraggio acustico implementata in una zona residenziale del Comune di Monza.

Si può inoltre menzionare il progetto **Leopoldo** sviluppato in Toscana e coordinato dalla Provincia di Lucca, finalizzato alla "predisposizione delle Linee Guida per la progettazione ed il controllo delle pavimentazioni stradali per la viabilità ordinaria", volto alla caratterizzazione prestazionale dei materiali di impiego nelle infrastrutture stradali, nonché alla realizzazione e verifica dei modelli di propagazione dei disturbi sonori e vibrazionali derivanti dall'azione del traffico veicolare.

Per interventi di mitigazione acustica si intendono tutte quelle azioni la cui realizzazione consente l'abbattimento dei livelli di rumore presso i ricettori. L'obiettivo è quello di rientrare entro i limiti di legge qualora la sorgente di rumore non li rispetti.

Gli strumenti di valutazione e pianificazione previsti dalla normativa vigente sono le mappature acustiche e i piani di azione che i gestori di infrastrutture sono tenuti ad aggiornare con periodicità quinquennale consentendo all'autorità competente di avere un controllo sull'evoluzione della qualità acustica dell'ambiente.



Interreg



TRIPLO

MARITTIMO-IT F R- MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Le azioni di abbattimento e contenimento del rumore ambientale devono riguardare, in ordine di priorità, gli interventi sulla sorgente, gli interventi lungo la via di propagazione e solo in ultima istanza interventi diretti al ricettore. Il DM 29/11/2000 (art. 5, comma 3) disciplina i criteri di priorità da seguire negli interventi di risanamento acustico.

Le azioni di mitigazione possibili sulle infrastrutture di trasporto dipendono dal tipo di sorgente acustica e possono essere diverse per le sorgenti di trasporto lineari (strade e ferrovie) e per gli aeroporti.

Nel campo delle reti di trasporto terrestri (stradale e ferroviaria) le tecniche di mitigazione sonora sono quindi in generale riconducibili ad una delle tre seguenti tipologie:

1. riduzione del rumore direttamente sulla sorgente sonora, da preferire qualora applicabile essendo la più efficace;
2. riduzione del rumore lungo il percorso di propagazione sonora, separando la sorgente sonora da fruizioni acusticamente sensibili (ad es. aumentando la loro distanza o interponendo ostacoli, schermi);
3. protezione dal rumore al ricettore, da applicare qualora le precedenti tecniche non siano sufficienti e/o praticabili.

L'entità del rumore è spesso tale da richiedere l'impiego contemporaneo di diverse tecniche di mitigazione sonora per conseguire obiettivi prefissati. Nel processo di scelta tra le alternative disponibili devono essere inoltre considerati anche fattori non acustici, come ad es. gli impatti sulla popolazione e sull'ambiente.

2.1.1 Interventi sulla sorgente sonora

Relativamente al rumore stradale, questi interventi sono finalizzati a ridurre l'emissione sonora del veicolo e quella prodotta dal rumore di rotolamento generato dall'interazione pneumatico/pavimentazione o ruota/rotaia.

Veicoli

In campo stradale l'emissione sonora dei veicoli, diversificati per tipologie, è regolamentata da procedure standardizzate, come ad es. quella definita nella norma ISO 362-1:2015. Il progresso tecnologico ha permesso di ottenere significative riduzioni del rumore prodotto dalle molteplici sorgenti sonore presenti in un veicolo (motore, trasmissione, scarico gas combusti, etc.).

Tali miglioramenti, insieme alla crescente diffusione dei veicoli a trazione elettrica e ibrida, hanno reso sempre più importante negli ultimi tempi il rumore di rotolamento.



Interreg



TRIPLO

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

In campo ferroviario le fonti di rumore del veicolo sono in generale rappresentate da:

- motore;
- sistemi di ventilazione e raffreddamento;
- avvisatori acustici (fischio);
- rotolamento su rotaia e strisciamento (pantografo);
- impianto frenante.

Pneumatici a ridotta rumorosità

I requisiti acustici dei pneumatici nuovi sono definiti dal Regolamento CE 661/2009. In pneumatici a bassa rumorosità sono state osservate riduzioni di rumore rispetto a quelli tradizionali di circa 6dB.

Pavimentazioni stradali

Le pavimentazioni stradali rivestono un'influenza sempre più rilevante sul rumore prodotto dai veicoli su di esse transitanti. Le loro principali caratteristiche sono la rugosità, la porosità e l'elasticità. Questi fattori sono influenzabili dalla quantità e dal tipo di legante utilizzato (ad es. asfalto o cemento), dalla miscela e dal trattamento superficiale. Le pavimentazioni più efficaci per ridurre il rumore stradale sono quelle porose e quelle a strato sottile.



Figura 9 Risuonatori di Helmholtz

Le pavimentazioni a strato sottile risultano più adatte per le aree urbane in quanto le porose nel tempo possono essere ostruite dalla polvere, riducendo la loro efficacia nel ridurre il rumore. Queste pavimentazioni, ovviamente, hanno un'efficacia crescente all'aumentare dell'incidenza del rumore di rotolamento.



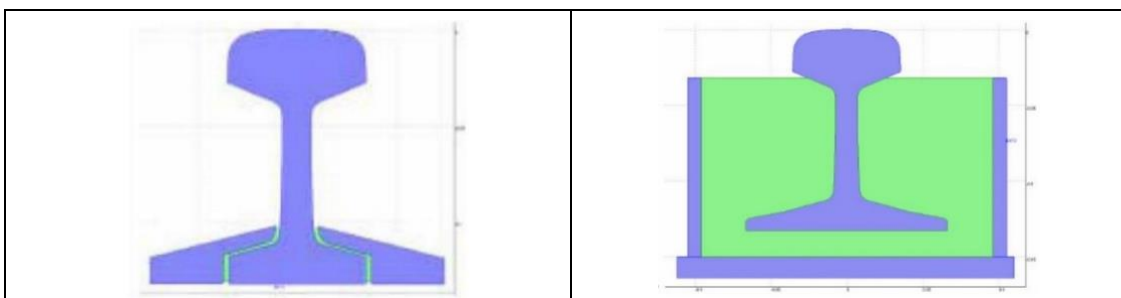
Interventi sul sistema ruota-rotaia

In campo ferroviario possono essere adottati interventi di mitigazione della rumorosità sulla sorgente sonora del tipo:

- materassino isolante sotto traversine delle rotaie;

la rotaia è immersa in materiale resiliente (*embedded rail*) che riduce il rumore di rotolamento da 1 a 3 dB(A)

a) b)



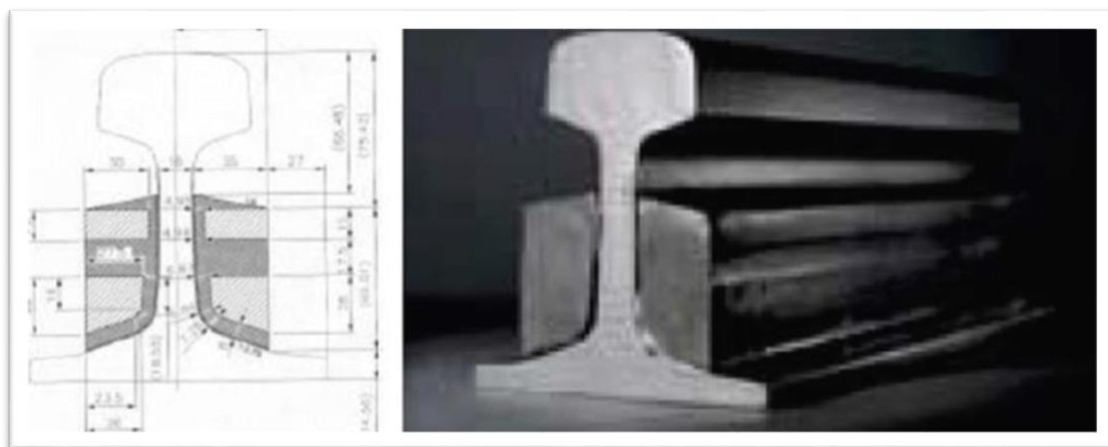
a)

b)

Figura 10 Esempi applicativi

- rotaie smorzate:

gli smorzatori accordati applicati lateralmente alla rotaia sono efficaci per la mitigazione del rumore da rotolamento in quanto riducono l'efficacia di radiazione della rotaia attenuando il rumore emesso al passaggio del materiale rotabile; applicati in combinazione con ruote silenziate possono raggiungere livelli di riduzione del rumore di rotolamento da 5 a 7 dB(A).





Interreg



TRIPLO

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale e

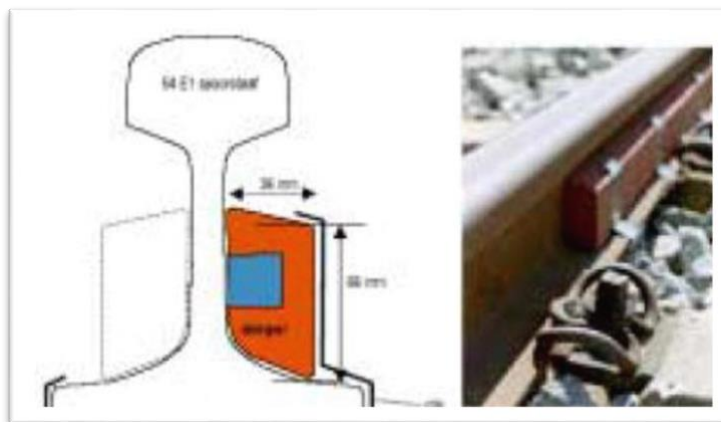


Figura 11 Esempi di smorzatori alla rotaia

- mitigazioni alla ruota:

l'irregolarità della superficie delle ruote, determinata dall'usura, è causata in generale dal sistema frenante adottato: i freni a disco, a tamburo o magnetici non modificano il profilo delle ruote, mentre i freni a ceppi rendono la superficie più o meno rugosa a seconda del materiale usato. In aggiunta al rumore di rotolamento causato da elevati livelli di rugosità sulla ruota e sul binario, un'altra causa di disturbo è il cosiddetto “*squeal noise*”, il tipico “stridio” che si genera al passaggio del materiale rotabile in curva causato da localizzate e ripetute perdite di aderenza della ruota che striscia sulla superficie della rotaia.

Tra le azioni che possono essere adottate alla ruota sono di seguito riportati esempi utilizzo di ruote silenziate.



Figura 12 - Ruote silenziate con materiale viscoelastico



Interreg



TRIPLO

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale e



Figura 13 Ruote silenziate con assorbitori di vibrazioni

Con tali sistemi accoppiati ad interventi di riprofilatura della ruota si possono ottenere riduzioni di rumore da rotolamento fino a 10 dB(A), in funzione della specifica soluzione adottata, della tipologia del mezzo e della velocità di percorrenza.

2.1.2 Interventi sul percorso di propagazione sonora

Questi interventi hanno la finalità di ostacolare la propagazione del rumore dalla infrastruttura al ricettore. Molteplici sono i sistemi impiegati, distinguibili in naturali (come ad es. terrapieni) e artificiali. Questi ultimi, realizzati con materiali diversi e in varie configurazioni, presentano caratteristiche estrinseche, ossia non dipendenti dal solo sistema ma anche dalla sua specifica installazione e intrinseche dipendenti, invece, solo dalle proprietà del sistema e, quindi, determinabili in laboratorio a prescindere dalla sua installazione.

Tipologicamente, sia per il settore stradale che ferroviario, possono essere classificati nelle seguenti tipologie.



Interreg



TRIPLO

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale e

- barriere acustiche: dispositivi, impiegati frequentemente, che ostacolano la trasmissione diretta del rumore dalla strada al ricettore. La deviazione delle onde sonore dal percorso diretto sorgente-ricettore produce un'attenuazione sonora espressa in termini di "*insertion loss*". Le barriere devono avere un adeguato isolamento acustico affinché il suono trasmesso direttamente al ricettore attraverso la barriera stessa sia trascurabile rispetto a quello diffratto al suo bordo superiore. La riduzione sonora aumenta al crescere dello spessore della barriera per cui terrapieni, edifici non residenziali (garage, magazzini, etc.) risultano buoni schermi. La maggiore attenuazione sonora si ottiene posizionando la barriera in prossimità della strada o del ricettore. Un fattore importante è anche l'inserimento ambientale della barriera che deve avere un impatto visivo tale da renderla accettabile sia all'utente della strada sia al ricettore protetto.



Figura 14 - Esempi di barriere acustiche

elementi diffrattori: questi elementi sono solitamente installati sul bordo superiore della barriera per ridurre l'entità del suono diffratto, aumentando così l'altezza effettiva della barriera stessa ai fini dell'attenuazione sonora.

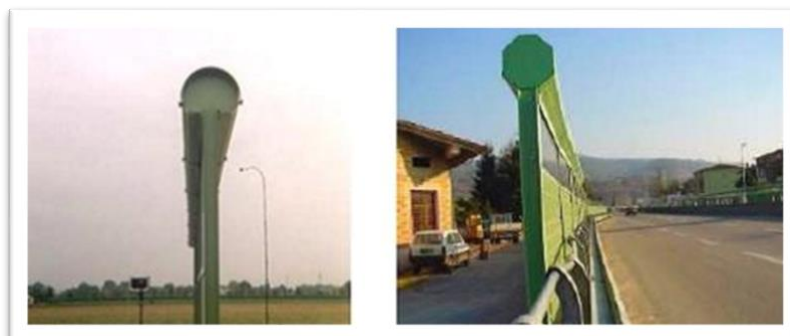


Figura 15 - Esempi di elementi diffrattori

- barriere innovative (a cristalli sonici):

la propagazione delle onde sonore tra elementi solidi distribuiti nell'aria secondo una configurazione geometrica periodica (detti anche cristalli sonici) presenta particolarità interessanti. I cristalli sonici, infatti, sono in grado di attenuare sensibilmente (fino a 25 dB) il suono in determinate bande di frequenza. Nel contempo consentono il passaggio dell'aria e della luce, proprietà che li rendono particolarmente adatti nei contesti urbani. Per aumentare l'isolamento acustico si utilizzano risuonatori e materiali fonoassorbenti applicati sui cristalli sonici stessi. Con opportune configurazioni geometriche periodiche costituite da pochi elementi, è possibile ottenere attenuazioni sonore comparabili con i sistemi di schermatura tradizionali.



Figura 16 - Barriere a cristalli sonici

2.1.3 Interventi al ricevitore

Si dovrebbe ricorrere a questi interventi solo quando non sia possibile conseguire la richiesta mitigazione sonora con le tipologie di intervento precedentemente esposte. Tra gli interventi mirati sui ricettori sono ricompresi accorgimenti costruttivi del tipo:

- configurazione di facciate e balconi:

una struttura tipo di cappotto termico può essere costituita da una parete in laterizi di pannellatura intonacata da un sistema termoisolante a cappotto con pannelli realizzati in lana di roccia. Si possono ottenere riduzioni di rumore fino a 4÷5 dB(A).

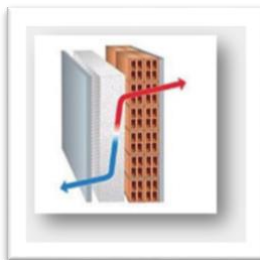


Figura 17 Incremento del potere fonoisolante della facciata



Interreg



TRIPLO

MARITTIMO-IT F R- MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

- finestre ventilate:

sono stati testati negli ultimi anni numerosi prototipi di infissi antirumore, con particolare riguardo alla tipologia innovativa di infissi ventilati, nonché diversi cassonetti per avvolgibili dotati di elevate proprietà di isolamento acustico. Le finestre ventilate antirumore sono caratterizzate da prestazioni di fonoisolamento elevate (-36÷42 dB), pur garantendo un adeguato ricambio d'aria dell'ambiente interno attraverso aeratori insonorizzati a ventilazione naturale o forzata. Le vetrate isolanti sono formate generalmente da due lastre di vetro piano separate da un'intercapedine riempita con aria disidratata o gas inerte (es. Argon).

- finestre non ventilate:

finestre costituite da materiale in PVC e/o Alluminio a tre guarnizioni e muniti, inoltre, di vetri a spessore differenziato il tutto per ottenere una buona tenuta ermetica finalizzata a un buon livello di isolamento acustico nonché termico. La guarnizione mediana e la guarnizione di battuta dell'anta provvedono ad un'elevata tenuta ermetica degli infissi, garantendo, quindi, anche l'isolamento dai rumori che passano attraverso le fughe. Prestazioni di fonoisolamento elevate (-35÷45 dB).

Agli interventi elencati si aggiunge l'opzione di rilocalizzazione dei ricettori che, a volte, è l'unica soluzione praticabile. In tali circostanze gli edifici esistenti sono convertibili dall'uso residenziale a impieghi meno sensibili al rumore (es. magazzini).

2.2 Rassegna di sistemi ITS di gestione traffico con ricadute positive in termini di riduzione rumore

2.2.1 Generalità

I sistemi intelligenti di trasporto, basati sull'interazione tra informatica, telecomunicazioni e uso combinato dei media, consentono di affrontare in modo innovativo i problemi legati alla mobilità pubblica e privata, sviluppando in modo organico e funzionale soluzioni orientate alla sicurezza, all'efficienza, efficacia, economicità e rispetto dell'ambiente.

In realtà, la costante evoluzione nel settore dello sviluppo tecnologico consente di gestire in modo "intelligente" il sistema di trasporto nella sua totalità e di affrontare tutte le diverse esigenze degli operatori e degli utenti del trasporto pubblico e privato. Oggi, ITS può essere considerato uno strumento imperdibile per la gestione della mobilità nelle aree urbane e metropolitane.

La Commissione Europea classifica gli ITS come sistemi per:

- Gestione del traffico e della mobilità
- Informazioni utente

- Gestione dei trasporti pubblici
- Gestione della flotta e del trasporto merci
- Pedaggio elettronico
- Controllo avanzato del veicolo per la sicurezza del trasporto
- Gestione delle emergenze e degli incidenti

I sistemi di trasporto ITS, utilizzati per la pianificazione, progettazione, esercizio, manutenzione e gestione dei sistemi di trasporto, possono contribuire alla riduzione del rumore stradale attraverso il controllo del flusso veicolare, della sua composizione e velocità.

La riduzione della velocità è indubbiamente utile per la mitigazione sonora ma questa strategia, qualora applicata su vasta scala territoriale, ha il principale svantaggio di aumentare i tempi di percorrenza, con incremento dei costi sociali.

Oltre a entità del flusso veicolare, sua velocità e composizione, i fattori di intervento dei sistemi ITS possono riguardare anche la sua modulazione nei diversi periodi della giornata e le zone a traffico limitato. Lo scorrimento regolare del flusso veicolare deve essere reso il più regolare possibile, evitando situazioni di congestione “*stop-and-go*” con frequenti accelerazioni e decelerazioni che comportano maggiore rumorosità. Ciò si verifica in particolare negli incroci la cui sostituzione con roatorie risulta più efficace della sincronizzazione semaforica che tende ad aumentare la velocità di marcia.

In ambito urbano il controllo delle prestazioni e conseguentemente della rumorosità, si esplica mediante una gestione della rete stradale che associa le diverse modalità di regolazione (semaforica, degli accessi, dei pedaggi), d'integrazione modale (priorità del trasporto pubblico, sistemi di trasbordo sincronizzati) e d'informazione agli utenti.

Le zone a traffico limitato (ZTL), delimitate da varchi per il riconoscimento dei veicoli autorizzati all'ingresso, riducono la congestione veicolare, l'inquinamento acustico e quello dell'aria. La restrizione dell'accesso può essere puntuale, estesa ad un'area ampia con varchi di accesso, regolata dal pagamento di un pedaggio (ad es. la London Congestion Charge) eventualmente determinato in base alla distanza percorsa o al tempo di permanenza nella zona.

Le “Low Emission Zones” (**LEZ**), sono aree urbane al cui interno sono ammessi solo veicoli con minori emissioni inquinanti in senso lato in quanto rispettano specifici criteri e/o standard ambientali. In alcuni Paesi europei le LEZ sono disciplinate da una legislazione nazionale ma non esiste ancora una Direttiva europea al riguardo. Gli effetti e i benefici in termini di mitigazione sonora non sono stati ancora studiati in modo sistematico e il rumore, solitamente, non è considerato nell'implementazione delle LEZ. Sono in corso, tuttavia, attività di approfondimento e progetti per l'introduzione e la gestione di “Noise LEZ”.

L'Infomobilità consente la regolazione del flusso veicolare (e quindi dei relativi impatti acustici) tramite la comunicazione con gli utenti della strada i quali, anche durante l'esecuzione degli spostamenti, possono essere raggiunti da informazioni utili alla scelta degli itinerari meno congestionati veicolati tramite supporti digitali.



Interreg



TRIPLO

MARITTIMO-IT F R- MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regional e

Il sistema è basato su processi di Real time monitoring che implicano un assetto organizzativo orientativamente composto:

- a) dispositivi periferici (sensori di rilevamento traffico);
- b) moduli centrali del Centro di Controllo (CC) (Sala Operativa, moduli software di gestione, elaborazione, archivio e comunicazione dati tra unità periferica e CC);
- c) servizi di informazione all'utenza (SMS, MMS, WEB, bollettini radio, messaggi su PMV, App).

Lo schema complessivo del *realtime monitoring* risulta

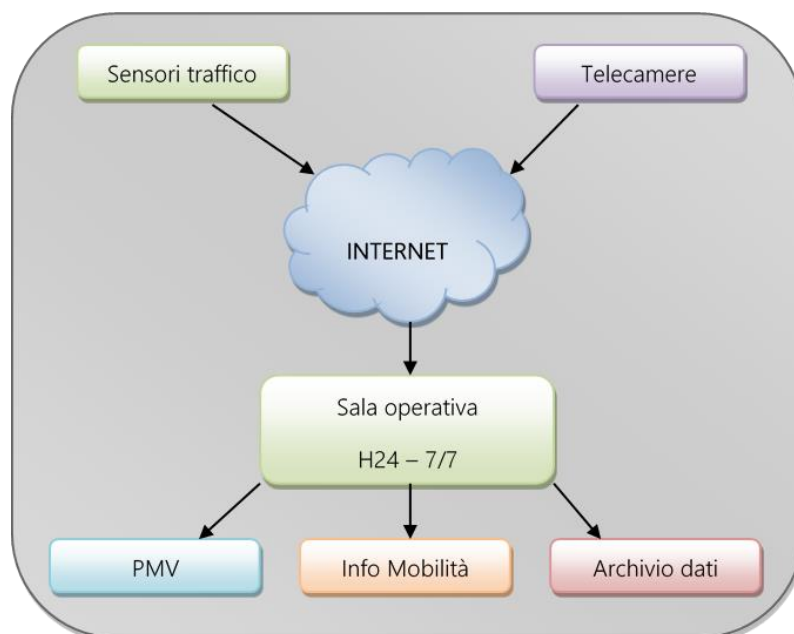


Figura 18 real time monitoring

Le correlazioni tra sensori e PMV

Il posizionamento di PMV e sensori contatraffico consente di selezionare i sotto-insiemi di questi ultimi che si possono porre in relazione con i singoli PMV.

Il criterio di correlazione tiene conto delle direzioni di marcia dei veicoli che "incontrano" i pannelli e dei loro potenziali itinerari e destinazioni.

I sensori di traffico situati "a monte" dei pannelli, lungo il prosieguo di tali potenziali itinerari, sono in grado di generare informazioni relative al grado di percorribilità delle strade interessate dipendente dalle condizioni di traffico.

Sulla base di tale criterio e tenuto conto del posizionamento dei singoli PMV e dei contatraffico riportato nella precedente corografia, sono state individuate le seguenti correlazioni:

- PMV 1 - SP 74 del Frizzone (direz. nord) correlato con sensori n. 2, 3, 4, 6, 9, 35, 84, 115;
- PMV 2 - SP 2 Lodovica (direz. nord) correlato con sensore n. 115;
- PMV 3 - SP 2 Lodovica (direz. sud) correlato con sensori n. 2, 3, 4, 5, 6, 9, 84.

Intensità di flusso veicolare e tipologie di messaggi

Per i tronchi stradali interessati dai sensori di traffico in oggetto, in precedenti studi, furono a suo tempo calcolati i valori soglia dei flussi veicolari corrispondenti ai diversi Livelli di Servizio (LoS, metodologia HCM 2000) assunti a riferimento dalla normativa (DM 5/11/2001) per la descrizione delle diverse condizioni di funzionamento delle infrastrutture stradali riguardo alla funzione di disimpegno traffico.

Trattandosi, nel caso in oggetto, di viabilità interamente appartenente alla classificazione "extraurbana secondaria" sono stati presi a riferimento i Livelli di Servizio (LoS) C e D.

Nel primo caso perché per la viabilità extraurbana secondaria il LoS C rappresenta, secondo la citata normativa, la condizione di ordinario funzionamento della strada; nel secondo perché il LoS D corrisponde a condizioni di pre-congestione delle condizioni di deflusso veicolare.

La registrazione da parte dei sensori (ed in particolare del loro superamento) dei valori di intensità di traffico calcolati per i LoS C e D di ciascun tronco stradale consente di generare le seguenti tipologie di messaggi pubblicabili sui PMV:

- superamento del valore di flusso relativo al LoS C ---> TRAFFICO INTENSO
- superamento del valore di flusso relativo al LoS D ---> RALLENTAMENTI E POSSIBILI CODE

Nel successivo Quadro sinottico sono sintetizzate le correlazioni tra le variabili descritte.

PMV	Sensori correlati	Intensità di traffico Valori soglia LoS (v/h)	Tipologie messaggi	Localizzazione evento
N 1 - SP 74 del Frizzone	n. 2	> 1.000 (LoS C) > 1.700 (LoS D)	Traffico intenso Rallentamenti e possibili code	Variante di Porcari Nord
	n. 3	> 1.000 (LoS C) > 1.600 (LoS D)	Traffico intenso Rallentamenti e possibili code	Via Pesciatina Est
	n. 4	> 1.000 (LoS C) > 1.700 (LoS D)	Traffico intenso Rallentamenti e possibili code	Variante di Porcari Sud
	n. 6	> 1.000 (LoS C) > 1.800 (LoS D)	Traffico intenso Rallentamenti e possibili code	Via Romana
	n. 9	> 900 (LoS C) > 1.600 (LoS D)	Traffico intenso Rallentamenti e possibili code	Via Romana Ovest
	n.35	> 1.000 (LoS C) > 1.700 (LoS D)	Traffico intenso Rallentamenti e possibili code	Via Lodovica – bv. Valdottavo
	n. 84	> 1.000 (LoS C) > 1.800 (LoS D)	Traffico intenso Rallentamenti e possibili code	Marlia - V.le Europa
	n. 115	> 900 (LoS C) > 1.600 (LoS D)	Traffico intenso Rallentamenti e possibili code	SR 445 - Fornoli Nord
N 2 - SP 2 Lodovica (Pte Dalla Chiesa)	n. 115	> 900 (LoS C) > 1.600 (LoS D)	Traffico intenso Rallentamenti e possibili code	SR 445 - Fornoli Nord
N 3 - SP 2 Lodovica (loc. bv. Valdottavo)	n. 2	> 1.000 (LoS C) > 1.700 (LoS D)	Traffico intenso Rallentamenti e possibili code	Variante di Porcari Nord
	n. 3	> 1.000 (LoS C) > 1.600 (LoS D)	Traffico intenso Rallentamenti e possibili code	Via Pesciatina Est
	n. 4	> 1.000 (LoS C) > 1.700 (LoS D)	Traffico intenso Rallentamenti e possibili code	Variante di Porcari Sud
	n. 5	> 1.000 (LoS C) > 1.700 (LoS D)	Traffico intenso Rallentamenti e possibili code	Via del Frizzone
	n. 6	> 1.000 (LoS C) > 1.800 (LoS D)	Traffico intenso Rallentamenti e possibili code	Via Romana
	n. 9	> 900 (LoS C) > 1.600 (LoS D)	Traffico intenso Rallentamenti e possibili code	Via Romana Ovest
	n. 84	> 1.000 (LoS C) > 1.800 (LoS D)	Traffico intenso Rallentamenti e possibili code	Marlia - V.le Europa

Tabella 1- Quadro sinottico

B) Il gate informatizzato del Centro intermodale Capannori Porcari

Il sistema in uso presso il gate informatizzato del Centro Intermodale Capannori Porcari si basa su tecnologie innovative (RFID - *Radio Frequency Identification* e *Cloud Computing*). Il sistema gestisce un Data Base di 3.000 veicoli e 200 imprese. Tale sistema denominato iTPass è stato inizialmente implementato nel 2013 nel progetto Europeo **MED.I.T.A** (*Mediterranean Information Traffic Application*). Successivamente le soluzioni tecnologiche dell'iTPass sono state adottate anche

nel progetto Europeo **PLISS** (Piattaforma Logistica Integrata di Sviluppo Sostenibile).

Il sistema associa ad ogni veicolo un tag RFID che lo identifica in modo univoco, e ne permette la comunicazione con l'hardware dell'infrastruttura. Il sistema riconosce anche i sigilli basati su tecnologia RFID utilizzati per verificare l'integrità del carico nelle fasi di ingresso/uscita. I veicoli transitano senza ulteriori formalità, con un miglioramento dell'efficienza della infrastruttura.

Il sistema consente inoltre la prenotazione/programmazione degli arrivi e delle partenze. Attraverso la piattaforma web si possono controllare i transiti dei veicoli e quindi l'arrivo e la partenza delle merci. Il sistema consente pertanto di programmare e gestire in efficienza i trasporti da/per il centro intermodale con ricadute positive sulla regolarità del traffico pesante e sui relativi impatti ambientali ed acustici.



Figura 20 - Gate informatizzato Centro Intermodale Capannori Porcari

C) Studi acustici in Quartiere S. Concordio (LU)

Gli studi sviluppati hanno avuto lo scopo di testare una metodologia di valutazione del contributo del traffico stradale al clima acustico del quartiere. E' stata pertanto realizzata la mappa acustica degli itinerari principali percorsi dai veicoli e delle strade limitrofe.



Interreg



UNIONE EUROPEA



TRIPLO

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale e

La distribuzione dei livelli acustici così ottenuta consente la stima dei livelli di esposizione al rumore della popolazione residente nel quartiere e la valutazione del beneficio acustico ottenuto da eventuali interventi di regolazione volti alla riduzione dei livelli di flusso veicolare e/o della velocità dello stesso attuati anche tramite l'impiego di sistemi ITS.

La metodologia applicata per realizzare la mappa acustica richiede la disponibilità dei dati geografici relativi al grafo stradale ed all'edificato (Fonte: portale Geoscopio Regione Toscana).

Le strade del quartiere sono state suddivise in 4 categorie, definite dalla Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure, redatta dal gruppo di lavoro Assessment of Exposure to Noise della Commissione Europea (WG-AEN):

- Dead end roads – strade a fondo chiuso
- Service roads – strade di quartiere, ad uso esclusivamente residenziale
- Collecting roads – strade di collegamento tra le strade di quartiere e le strade urbane a maggiore viabilità
- Small main roads – strade urbane a maggiore viabilità, caratterizzate da traffico non solo residenziale

Nella successiva figura 21 è riportato il grafo stradale dell'area interessata dalla mappatura acustica, con l'evidenziazione della suddivisione nelle suddette 4 categorie.



Figura 21.. : Visualizzazione dello strato informativo della rete stradale, e relativa suddivisione delle strade nelle categorie acustiche, presente nell'area oggetto di studio

Gli edifici sono stati suddivisi in base alla loro destinazione d'uso principale riportata sullo strato informativo rilasciato da Geoscopio. In particolare, sono stati utilizzati gli edifici ad uso residenziale come ricettori presso i quali calcolare i livelli acustici in facciata. Mentre l'edificato nel suo complesso è stato utilizzato per definire gli ostacoli alla propagazione, di cui è necessario tenere di conto per la valutazione del contributo diretto e del contributo diffratto dalla sorgente verso il ricettore.



Utilizzando i dati del censimento ISTAT 2011 è stato associato ad ogni edificio residenziale un numero di abitanti, stimato mediante redistribuzione statistica della popolazione residente nelle singole sezioni censuarie, mediante algoritmo basato sulle volumetrie degli edifici

Relativamente ai dati acustici l'unica sorgente considerata è il traffico stradale ovvero i volumi e le velocità di percorrenza di 5 categorie di veicoli. I volumi di traffico sono stati rilevati in campo lungo i principali itinerari del quartiere (via Formica, via Consani e via Guidiccioni).

Ulteriori dati di traffico sono stati desunti dai rilievi effettuati da Anas in seno allo studio della viabilità propedeutico al progetto del Sistema Tangenziale Est di Lucca e in base ad altri dati rilevabili negli strumenti urbanistici del Comune di Lucca, quali il PUMS e il PGU.

Nella successiva figura 22. è riportato un inquadramento di dettaglio di una piccola porzione di territorio, con tutte le caratteristiche geografiche considerate e l'evidenziazione dei punti ricettore.



Figura 22 : Inquadramento di dettagli di una piccola porzione di territorio attorno a via Formica con evidenziati i punti ricettori

Per il calcolo dei livelli acustici la procedura prevede i seguenti step:

- per ogni strada viene calcolata la potenza emissiva a partire dai dati di traffico e dalle caratteristiche della strada (pendenza e pavimentazione);
- ogni strada viene suddivisa in punti di emissione distanziati quanto la metà della distanza minima tra il punto ricevente e la strada;
- un raggio viene tracciato tra ogni punto di emissione e ogni punto ricettore;
- il livello di rumore viene calcolato come sommatoria energetica di tutti i raggi emissione-ricettore che raggiungono il punto ricettore, corretti in base alla divergenza geometrica, l'assorbimento atmosferico e le diffrazioni attorno agli ostacoli.

Al termine del calcolo la procedura consente l'associazione ad ogni punto ricettore di un livello acustico per ogni periodo di riferimento.

Ambito Pisa-Livorno

Per quanto riguarda gli ambiti di Pisa e Livorno, le progettualità sviluppate con il supporto del programma Interreg Marittimo Transfrontaliero Italia Francia hanno riguardato principalmente l'accessibilità ed il trasporto pubblico locale.

3 Conclusioni e spunti operativi

La disamina svolta nel presente Rapporto in riferimento sia ai sistemi c.d. “ordinari” che “innovativi” (ITS), ha consentito l'approfondimento delle caratteristiche di una vasta gamma di strategie ed interventi, adottabili ed in corso di sperimentazione, mirati al contenimento degli impatti acustici generati dalla mobilità terrestre di persone e merci.

L'ampiezza della rassegna analizzata, sia in campo stradale che ferroviario, ben si presta alla definizione di provvedimenti orientati al perseguimento degli obiettivi di TRIPLo in contesti così diversificati come quelli del suo partnerariato, ma comunque relativi alle relazioni tra terminali marittimi e piattaforme logistiche di riferimento.

Le *best practices* prese in considerazione variano da strategie di riequilibrio del *modal split* degli spostamenti, al controllo e alla regolazione del traffico stradale anche tramite *Intelligent Transport System* (ITS); dagli interventi sulle sorgenti emmissive (veicoli, pavimentazioni stradali, binari ferroviari) a quelle sui percorsi di propagazione, (barriere fonoassorbenti, diffrattori) ed alle misure di protezione dei ricettori, fino alla predisposizione di mappature acustiche real-time e/o dinamiche utilizzabili, sia per la simulazione degli effetti attesi in relazione ai provvedimenti ipotizzabili, che per la informazione nei confronti della cittadinanza.

Il lavoro svolto in questa sede costituisce pertanto la base cognitiva di riferimento per la definizione dei contenuti del Prodotto T2.4 (Piano Strategico Congiunto) nel quale, per ciascuno dei contesti partnerariali, saranno indicati mix di interventi valutati come ottimali da proporre ai decisori per l'opportuno coinvolgimento al fine del raggiungimento degli obiettivi assunti a riferimento dal progetto.