



SEMINARIO 15 novembre 2022

IMMISSIONI IN AMBITO URBANO

Riduzione del rumore attraverso asfalti innovativi

Chiara Bartalucci

Ingegnere PhD

chiara.bartalucci@vienrose.it



Vie en.ro.se.
Ingegneria

Indice

- Introduzione
 - Il rumore in ambito urbano
 - Gli interventi di riduzione del rumore
 - Gli asfalti fonoassorbenti/a bassa emissione di rumore
 - I metodi di misura del rumore
 - Risultati di progetti precedenti
- I progetti LIFE MONZA e LIFE E-VIA
- Il feedback dei cittadini
- Conclusioni
- Uno sguardo al futuro

Introduzione – Le principali sorgenti di rumore in ambito urbano

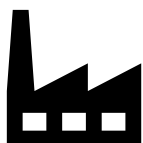
Infrastrutture di trasporto:

- strade
- ferrovie
- aeroporti
- porti



Attività rumorose:

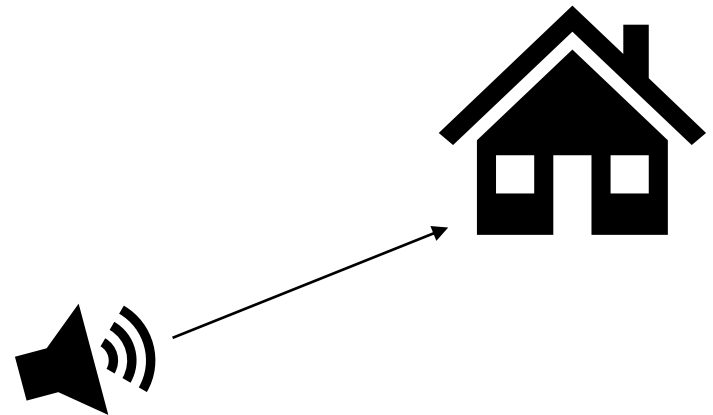
- attività industriali e artigianali
- impianti
- locali di divertimento notturni
- attività temporanee (cantieri, eventi di pubblico spettacolo,...)



Introduzione – Interventi di riduzione del rumore

Il Decreto Ministeriale del 29 novembre 2000, suddivide gli interventi di riduzione del rumore, in ordine prioritario, in:

- **interventi alla sorgente**, misure di riduzione che agiscono direttamente sul meccanismo di generazione del rumore (es. per il rumore ferroviario, riduzione delle asperità delle ruote e delle rotaie).
- **interventi sulla via di propagazione** tra sorgente e ricettore, i più utilizzati, es. barriere acustiche.
- **interventi al ricettore**, es. aumento isolamento di facciata.



Introduzione – Interventi di riduzione del rumore

Asfalti fonoassorbenti o a bassa emissione di rumore?



% vuoti pari a circa il 20%

Lavora sia sull'assorbimento che sul fenomeno di generazione del rumore da contatto pneumatico/asfalto

Autopulizia grazie alle velocità elevate (utilizzo in ambito extraurbano)



% vuoti pari a circa il 4%

Lavora sul fenomeno di generazione del rumore da contatto pneumatico/asfalto

Utilizzo in condizioni di traffico scorrevole anche se con velocità non elevata (utilizzo anche in ambito urbano)

Introduzione – Interventi di riduzione del rumore

Tipologia strato	Strato
Manto d'usura	
Binder	
Base	
Fondazione legata	
Fondaz. non legata	
Suolo sottostante	

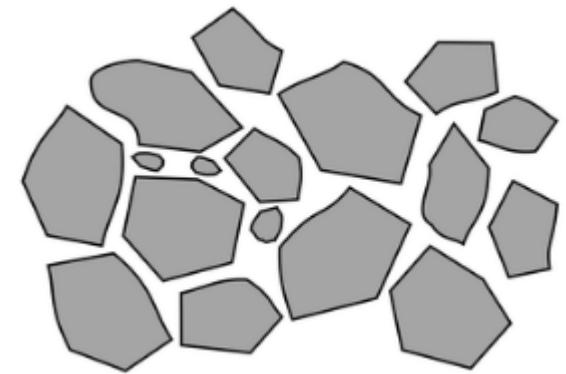
Abaco interventi proposto dal Progetto Leopoldo 1 – Regione Toscana

ID intervento	Tipologia di intervento	ID intervento specifico	Intervento specifico
1	Pavimentazioni a bassa rumorosità	1.1	Strato di usura tipo “open graded”
		1.2	Strato di usura tipo “gap graded”
		1.3	Strato di usura tipo “dense graded”
		1.4	Strato di usura speciale tipo microtappeto
		1.5	Strato di usura “dense graded” con argilla espansa
		1.6	Strato d'usura tipo “gap graded” con aggiunta di polimeri SBR/NR
2	Interventi sulla regolazione del traffico	2.1	Chicane/restringimenti
		2.2	Rotatorie
		2.3	Dossi rallentatori/attraversamenti pedonali rialzati
		2.4	Isole di traffico
		2.5	Dispositivi per il controllo elettronico della velocità
3	Interventi strategici	3.1	Piano Urbano del Traffico
		3.2	Mezzi pubblici elettrici
		3.3	Zona 30 km/h
4	Barriere antirumore	4.1	Barriere antirumore tradizionali
		4.2	Barriere basse alla sorgente

Introduzione – Pavimentazioni a bassa rumorosità – strati di usura

Open-graded

- Costituite da pietrischetti frantumati, poca sabbia e filler, impastata a caldo con bitume modificato che, dopo compattazione, presentano una porosità intercomunicante 4 o 5 volte superiore a quella di un tradizionale conglomerato per strato di usura.
- Elevata rugosità superficiale con funzione drenante e fonoassorbente, buona aderenza anche in caso di pioggia.
- Ottimizzazione delle prestazioni acustiche senza pregiudicare durabilità e stabilità.
- Elevato contributo alla sicurezza stradale.
- Buona applicazione sia nella costruzione di nuove pavimentazioni, sia nel rifacimento del manto di usura di pavimentazioni esistenti.



Introduzione – Pavimentazioni a bassa rumorosità – strati di usura

Microtappeto

- Miscele tipo open graded (sicurezza e versatilità).
- Pavimentazione, di tipo aperto, mostra inizialmente un buon assorbimento, che lentamente diminuisce nel tempo a causa della progressiva otturazione dei vuoti.
- Spessore manto di usura compreso tra 20-25 mm, con elevata rugosità superficiale, parzialmente drenanti e fonoassorbenti.
- Emissione da interazione di contatto pneumatico/pavimentazione: lenta diminuzione nel tempo della differenza rispetto al riferimento.
- Progressiva attenuazione della differenza ante-post della rumorosità a bordo strada.



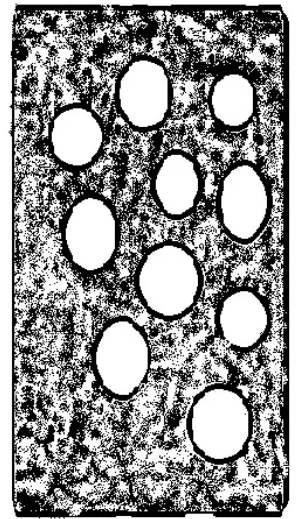
Introduzione – Pavimentazioni a bassa rumorosità – strati di usura

Gap-graded

- Tappeti di usura antisdrucchiolo, aventi spessori in opera di almeno 30 mm, costituiti da una miscela di pietrischetti, frantumati, sabbie di sola frantumazione e additivo (filler), impastata a caldo in appositi impianti con bitume modificato e talvolta con aggiunta di fibre organiche o minerali.
- Conglomerato chiuso e totalmente impermeabile agli strati sottostanti.
- Non mostra particolari caratteristiche assorbenti.
- Diminuzione assorbimento acustico negli anni, a causa dell'assestamento della pavimentazione.
- L'emissione da interazione di contatto/pneumatico comporta un progressivo aumento della rumorosità nel tempo.

Gap-graded SBR/NR

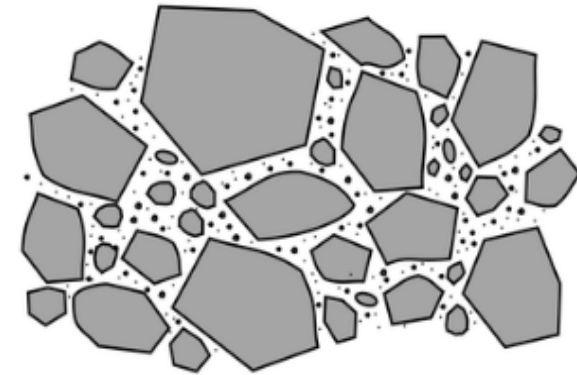
- Conglomerati bituminosi confezionati con bitume modificato mediante l'aggiunta di polimeri SBR/NR. Spessori in opera di almeno 50 mm.
- Miscele con buone prestazioni in termini di durabilità e prestazioni meccaniche.
- Legante: bitume modificato con polimero di gomma riciclata di pneumatici fuori uso.



Introduzione – Pavimentazioni a bassa rumorosità – strati di usura

Dense-graded

- Miscele di conglomerato bituminoso di tipo chiuso con caratteristiche granulometriche tali da ridurre le emissioni sonore generate dal contatto ruota/pavimentazione.
- Riduzione del rumore da rotolamento dovuta esclusivamente al particolare assortimento granulometrico.
- Nessun assorbimento degno rilievo nel tempo.
- Andamento non costante nel tempo dell'emissione da interazione di contatto pneumatico/pavimentazione, comunque con differenze significative.
- Rumorosità a bordo strada: mantenimento differenze ante-post significative.



Introduzione – Pavimentazioni a bassa rumorosità – strati di usura

Dense-graded con argilla espansa

- Miscela di conglomerato bituminoso di tipo chiuso.
- Proprietà fonoassorbenti: ottenute attraverso l'impiego di materiali sintetici leggeri in argilla espansa resistente in sostituzione volumetrica di una parte della frazione grossa di aggregati lapidei.
- Nessun assorbimento degno rilievo nel tempo.
- Elevato coefficiente di aderenza che si mantiene pressoché inalterato nel tempo.
- Costi contenuti del materiale.
- Consente l'impiego di inerti più poveri (calcari) in luogo dei più costosi basalti (inerti di prima categoria).



Introduzione – Pavimentazioni a bassa rumorosità – esempi

Asfalti Conglomerati Drenanti Fonoassorbenti

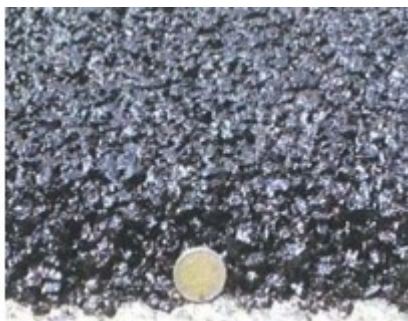
(CDF) monostrato - Elevata capacità drenante, buone condizioni di aderenza degli pneumatici, soprattutto in condizioni di pioggia, riduzioni della rumorosità nell'ordine di 3 dB(A). Incremento dei costi di costruzione, decadimento generale delle prestazioni nel tempo, difficile manutenzione nel periodo invernale.



Asfalti CDF a doppio strato - Strato superiore a granulometria fine che funziona da filtro per le impurità, e strato inferiore a granulometria grossa per l'evacuazione dell'acqua meteorica. Alti costi.

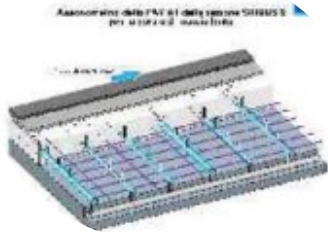
Introduzione – Pavimentazioni a bassa rumorosità – esempi

Microtappeti a caldo - Manti di usura di spessore ridotto, buone proprietà acustiche, da preferirsi in ambito urbano, buone proprietà di aderenza e drenabilità. Alti costi.



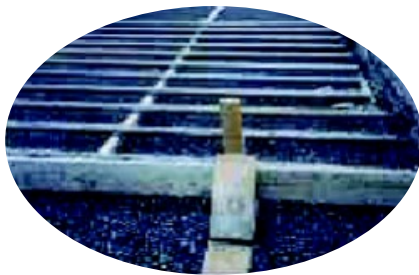
Pavimentazioni in asphalt rubber - Bitume modificato con una percentuale minima di polverino di gomma di pneumatico riciclata superiore al 15% sul peso totale del legante. Maggior mantenimento delle prestazioni nel tempo, riduzione dei livelli di emissione sonora rispetto a pavimentazioni tradizionali, riduzione impatto ambientale. Costi elevati.

Introduzione – Pavimentazioni a bassa rumorosità – esempi



Pavimentazione eufonica - Composta da una particolare lastra di calcestruzzo ad armatura continua sulla cui sommità viene steso un manto di asfalto poroso. La lastra ha al suo interno una serie di ampie cavità risonanti connesse con lo strato di usura drenante superiore ed interconnesse tra loro.

Asfalti CDF ecodrenanti - Sviluppati da Autostrade S.p.A
Spessore inferiore ma costo superiore.



Pavimentazione ecotecnica - “sconnessione” sopra gli strati portanti, costituita da un prefabbricato in acciaio che assorbe l’acqua ed il rumore provenienti dagli strati porosi soprastanti.

Introduzione – Pavimentazioni – metodi misura rumore

Pass-by statistico (UNI EN ISO 11819-1:2004) SPB

Misurazione del livello di rumore generato da un campione di veicoli, rappresentativo del flusso di traffico del tratto di strada analizzato, transitante tra due microfoni posti a distanza e altezza prefissate rispetto all'asse di marcia dei veicoli.

Per ogni passaggio si acquisisce LAFmax (dBA) e velocità di transito (km/h) per le 3 tipologie di veicoli (leggeri, pesanti a due assi, pesanti a più assi) che transitano a bassa, media e alta velocità.

Metodo robusto, ma utile alla caratterizzazione del sito e della pavimentazione nel suo complesso.



Introduzione – Pavimentazioni – metodi misura rumore

CPX (ISO/CD 11819-2:2000)

Consente la caratterizzazione della rumorosità delle pavimentazioni stradali generata dall'interazione ruota-pavimentazione stessa (rotolamento).

Prevede l'utilizzo di due microfoni, montati in corrispondenza della ruota del veicolo utilizzato per le prove; per ogni tratto si calcola il livello medio misurato da ogni microfono, normalizzandolo rispetto alla velocità di riferimento.



Metodo dinamico, che tuttavia è limitato a caratterizzare le proprietà acustiche dell'asfalto in relazione allo specifico veicolo e che richiede l'utilizzo di 4 diverse tipologie di pneumatico.

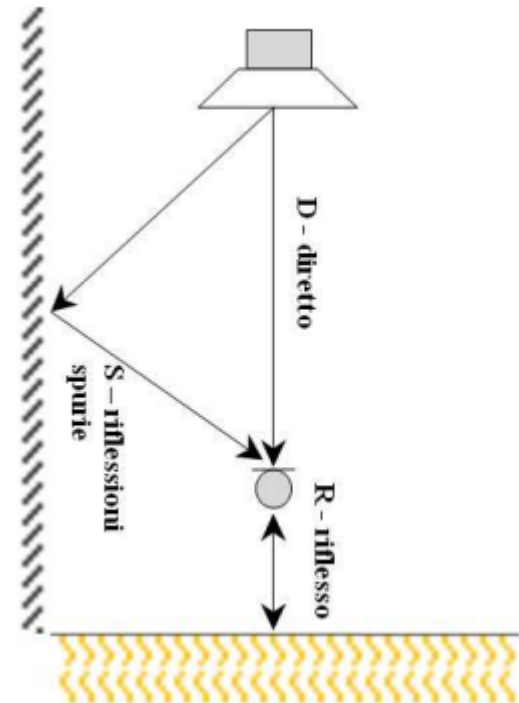
Introduzione – Pavimentazioni – metodi misura rumore

Adrienne (UNI ISO 13472-1:2004)

Procedura sperimentale standardizzata per la misura in situ del coefficiente di assorbimento acustico di superfici estese.

Questo si ottiene dal rapporto tra la potenza sonora riflessa e quella incidente sulla superficie di interesse che si ottiene misurando in successione un segnale diretto e uno riflesso.

Il segnale è generato da un altoparlante posto sopra il materiale da testare, mentre tra la sorgente e la superficie è interposto un microfono.



Introduzione – Pavimentazioni – metodi misura rumore

Tubo ad impedenza (Tubo di Kundt) UNI EN ISO 10534

Metodo di laboratorio utile alla valutazione del coefficiente di assorbimento acustico per incidenza normale di un provino prelevato dalla pavimentazione mediante carotaggio.

Il tubo è costituito da una cavità cilindrica realizzata con materiale riflettente.

Le misure sono effettuate grazie a due microfoni posizionati all'interno del tubo, ognuno dei quali riceve la somma dei contributi dell'onda progressiva (dall'altoparlante in direzione del provino) e regressiva (riflessa dal provino).

Dai segnali provenienti dai due microfoni si calcola il coefficiente di riflessione ad ogni frequenza.



Risultati – Pavimentazioni – metodi misura rumore

Risultati monitoraggi effettuati dal 2008 al 2012 nell'ambito del **progetto Leopoldo I** su infrastrutture extraurbane, in generale con condizioni di traffico scorrevole e velocità 50-70-90 km/h:

- Assorbimento acustico massimo, variabile da tipologia a tipologia in base al range di frequenze
- Emissione da interazione pneumatico/pavimentazione (CPX), progressiva riduzione delle prestazioni nel tempo
- Rumorosità a bordo strada (SPB), progressivo peggioramento nel tempo
- Spettri di emissione, variabilità nel tempo

Variabilità anche in base alle condizioni di prova.

Il progetto LIFE MONZA

Methodologies fOr Noise low emission Zones introduction And management

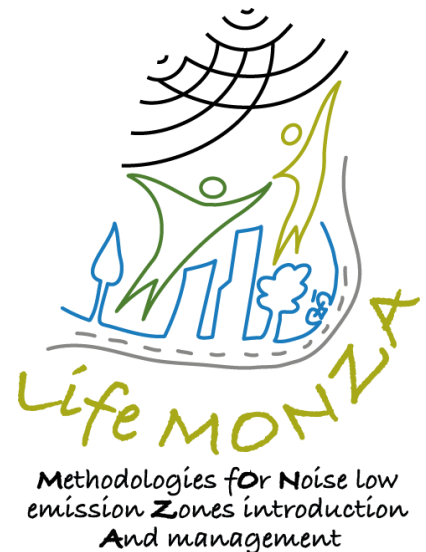
Progetto co-finanziato dalla Comunità Europea mediante il programma finanziario LIFE 2015

Durata: 2016-2020

Partners: ISPRA, Comune di Monza, Università di Firenze, Vie en.ro.se Ingegneria

Obiettivi:

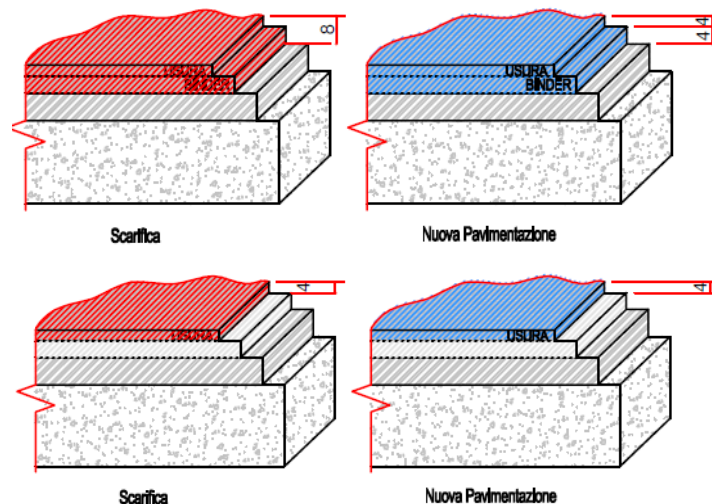
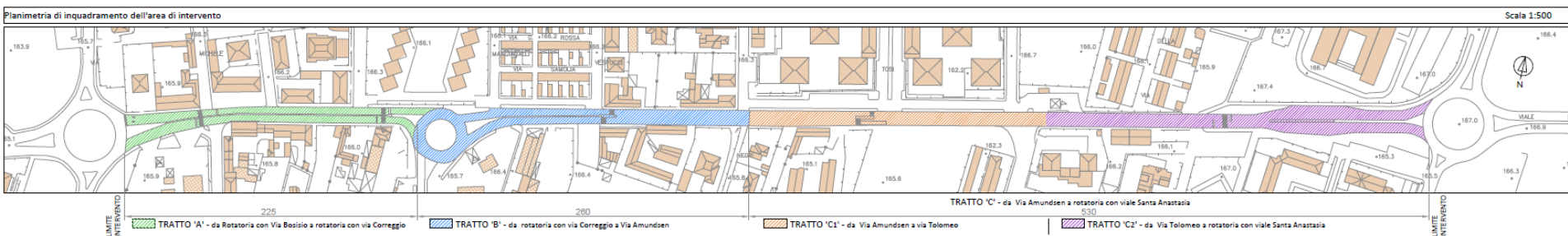
- 1) Sviluppare e sperimentare una metodologia, applicabile in differenti contesti, per l'individuazione e la gestione della Noise Low Emission Zone, area urbana sottoposta a limitazioni di traffico.
- 2) Analizzare gli effetti, dovuti all'introduzione della Noise Low Emission Zone, sulla qualità dell'aria e sulle condizioni di benessere delle persone.
- 3) Individuare la tipologia di interventi capaci di indurre effetti benefici e sinergici, quali la pianificazione dei flussi di traffico e pavimentazioni a bassa rumorosità, oltre al coinvolgimento attivo della popolazione.



Il progetto LIFE MONZA

Methodologies fOr Noise low emission Zones introduction And management

Il binder posato è di tipo tradizionale, mentre il tappetino d'usura è di tipo "dense-graded" a tessitura ottimizzata. Si tratta di un asfalto a bassa emissione di rumore chiuso, non poroso, che garantisce un abbattimento del rumore di 3-4 dB(A) in condizioni di traffico scorrevole e un periodo di efficienza pari ad almeno 5 anni.



ASSE VIARIO PRINCIPALE VIALE LIBERTA':

- Scarificazione s: 8 cm
- Stesura Strato di collegamento Binder s: 4 cm
- Strato di usura tipologia 'Dense Graded' s: 4 cm

VIABILITA SECONDARIA :

(Innesti su vaile Libertà come indicati in planimetria)

- Scarificazione s: 4 cm
- Strato di usura tipologia 'Dense Graded' s: 4 cm

Il progetto LIFE MONZA

Methodologies fOr Noise low emission Zones introduction And management

Modalità operative stesa tappetino a bassa emissione sonora: posa successiva al raffreddamento del binder.

Costo intervento totale: circa € 400.000 (secondo il quadro economico).

Costo tappetino a bassa emissione sonora: 1 €/m² superiore al costo del tappetino tradizionale, con un'incidenza del 12% circa.

Essendo fissi tutti gli altri costi, l'incidenza sul costo complessivo dell'intervento è inferiore al 5%.



Il progetto LIFE MONZA

Methodologies fOr Noise low emission Zones introduction And management

nov17 / gen19 dB[A]			mag17 / mag19 dB[A]			Differenza media Post operam - Ante operam dB[A]		
DAY	EVE	NIGHT	DAY	EVE	NIGHT	DAY	EVE	NIGHT
-2,0	-5,1	-6,2	-3,0	-4,7	-5,6	-2,5	-4,9	-5,9

Si evidenziano **riduzioni molto significative** pari a 5-6 dBA nei periodi serale e notturno (in cui il traffico è effettivamente scorrevole). Nel periodo diurno, con traffico non scorrevole, il beneficio è comunque presente, contenuto in 2-3 dBA.

Il progetto LIFE E-VIA

Electric Vehicle noise control by Assessment and optimisation of tyre/ road interaction

Progetto co-finanziato dalla Comunità Europea mediante il programma finanziario LIFE 2018

Durata: 2019-2023

Partners: Comune di Firenze, Continental, I-POOL, Université Gustave-Eiffel, Università Mediterranea di Reggio Calabria, Vie en.ro.se Ingegneria

Obiettivi:

- 1) Ridurre il rumore da traffico stradale all'interno di aree urbane densamente abitate, attuando misure di mitigazione volte a ottimizzare le superfici stradali e i pneumatici dei veicoli elettrici.
- 2) Stimare efficienza e potenziale di mitigazione di pneumatici, asfalti e traffico.
- 3) Fornire coefficienti di rumore di rotolamento per i veicoli elettrici in linea con il metodo CNOSSOS.
- 4) Sensibilizzare le persone sugli effetti dell'inquinamento acustico sulla salute e coinvolgendole attivamente nelle attività progettuali.



Il progetto LIFE E-VIA

Tipologia binder asfalto 50/70.

Specifiche ad hoc per ciascuna tipologia di aggregato (grossolano, intermedio e fine).

Aggiunta del 2% di crumb rubber di tipo RARX.

Stesa a temperature inferiori.



Il progetto LIFE E-VIA

Oltre a tipologie di misure quali CPB, CPX, extended surface, impedance, 3d texture, dynamic stiffness utili alla valutazione dell'interazione tra veicoli elettrici, nuovi pneumatici e nuovo asfalto, sono state svolte anche misure in facciata ai ricettori nello scenario ante e post-operam e nei due tratti di asfalto considerati (asfalto progettato dal progetto, asfalto nuovo ma standard) per un periodo di 2 settimane.

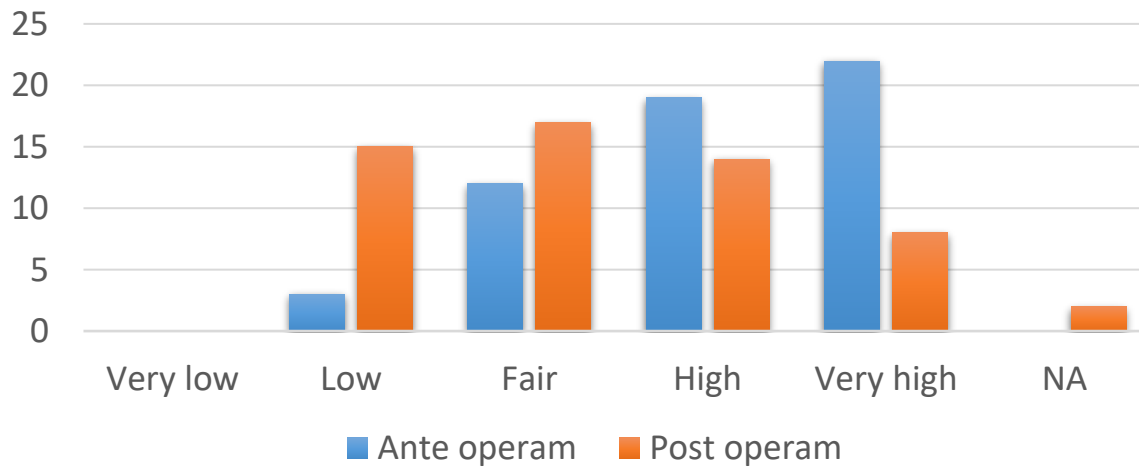
Asfalto LIFE E-VIA (confronto ante-post)		
	Lden	Lnight
Leq (ante-post) [dB]	3.4	4.4

Considerati in entrambi i casi giorni feriali, esclusi giorni di pioggia ed effettuata normalizzazione sulla base dei volumi di traffico.

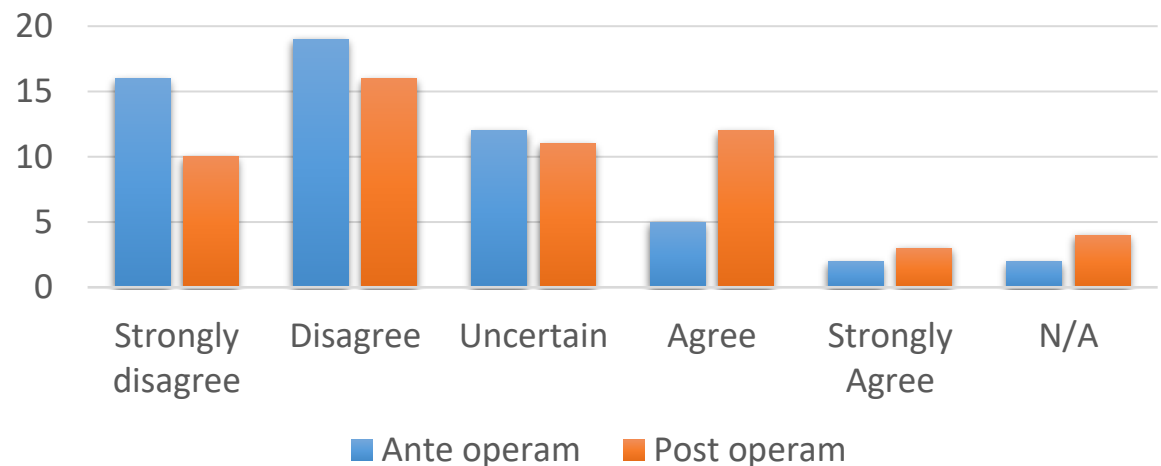
In corso: analisi dopo un anno dalla stesa dell'asfalto.

Il feedback dei cittadini - questionari

Perception of traffic sounds

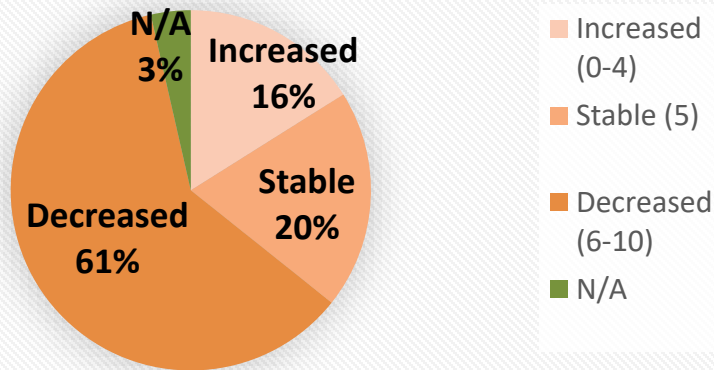


Is the soundscape enjoyable?

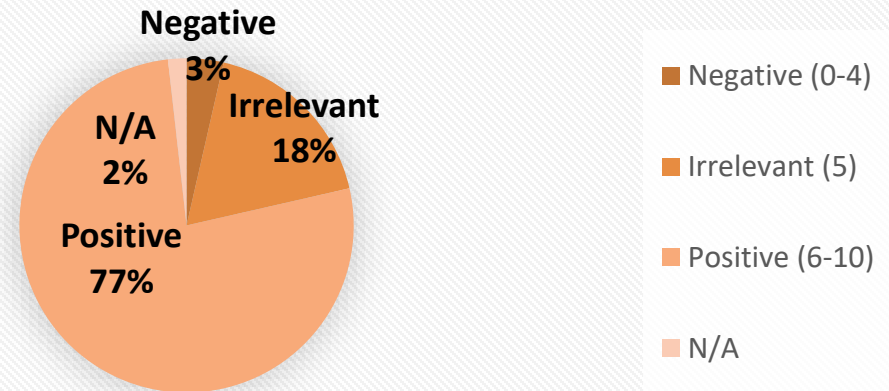


Il feedback dei cittadini - questionari

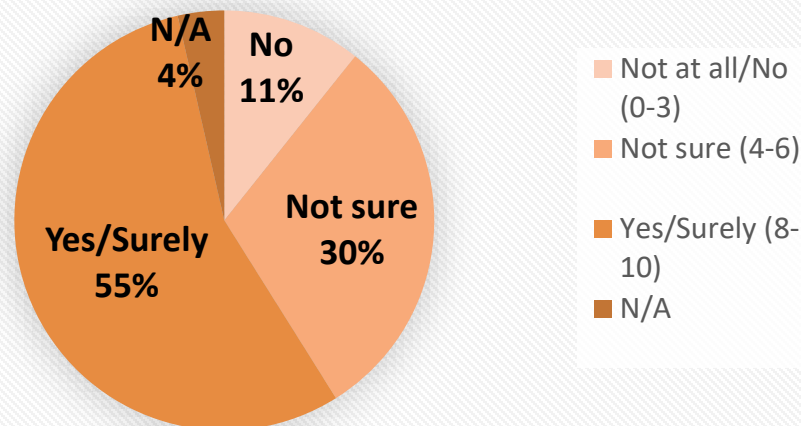
To what extent has the traffic noise changed in the past months?



How do you assess the effects of the re-paving with the new asphalt on the traffic noise ?

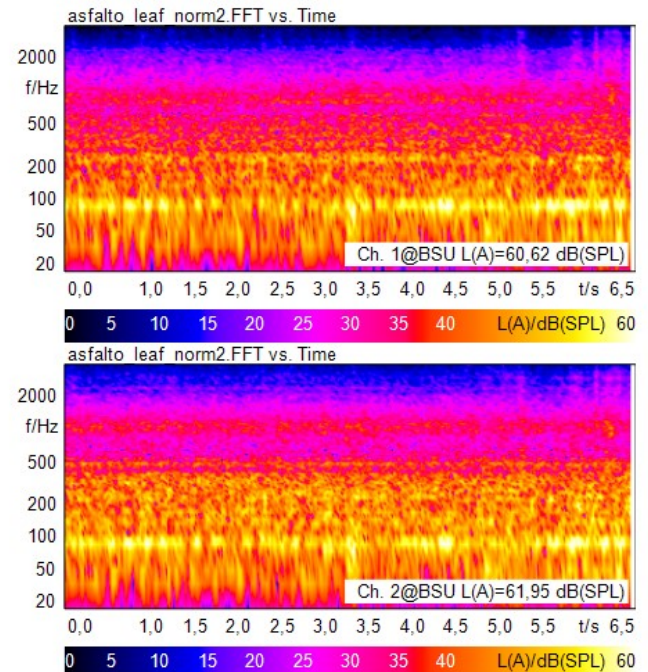
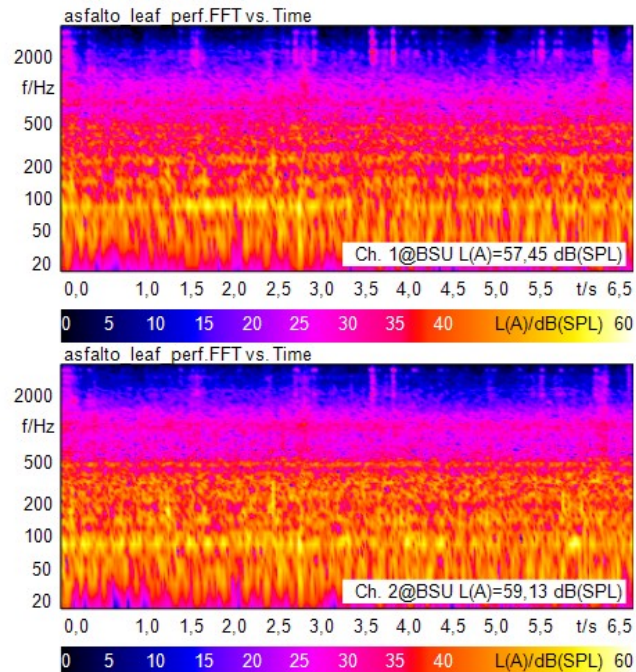


The implementation of a low-noise asphalt has increased the value of your home ?

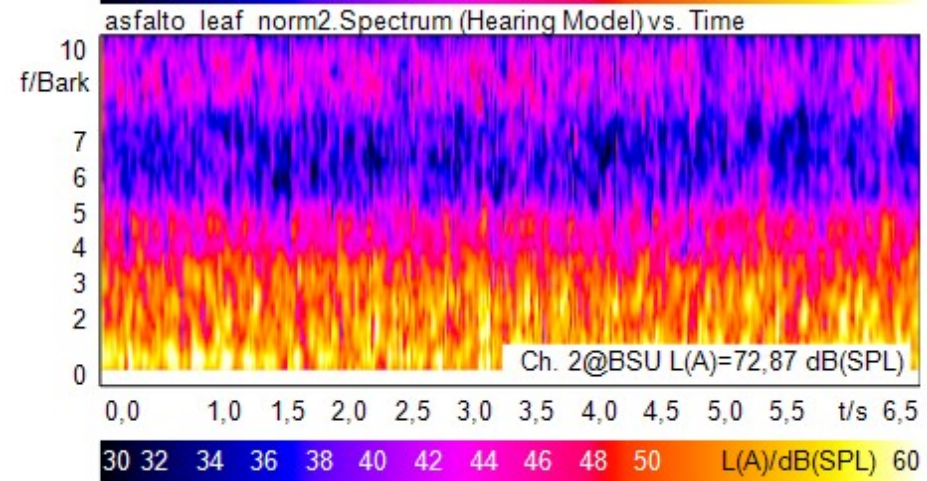
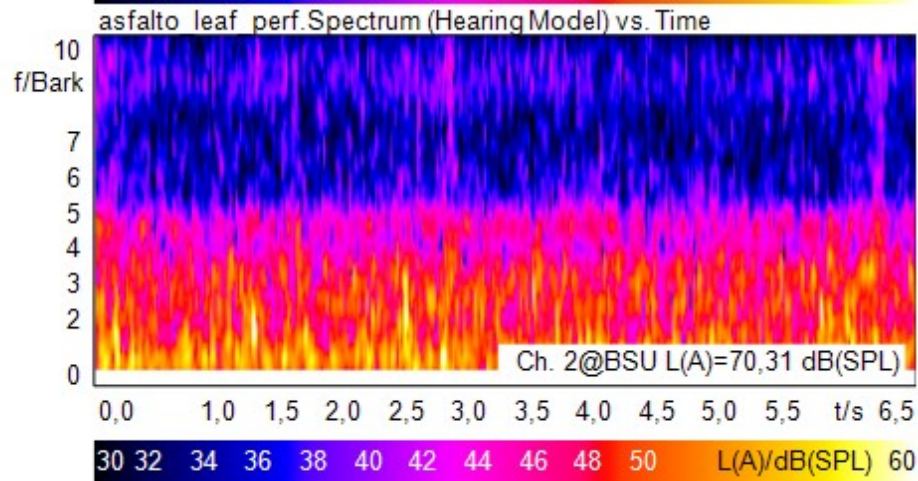
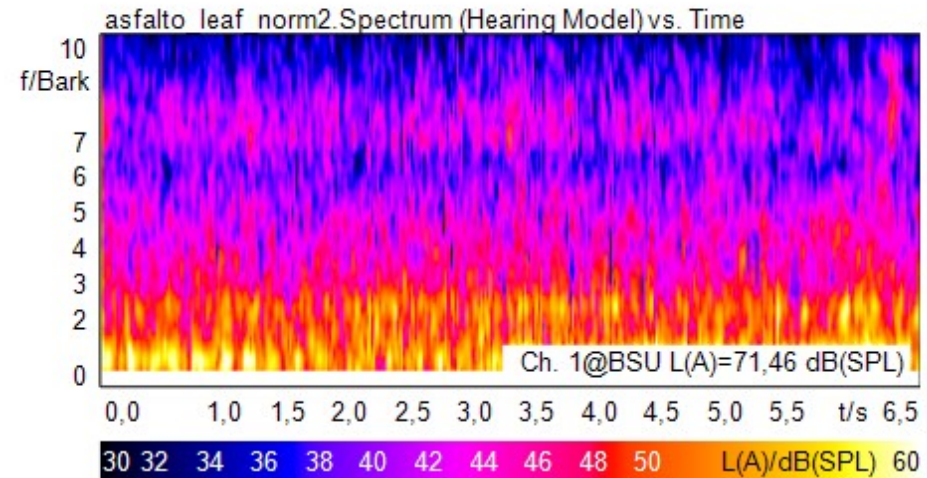
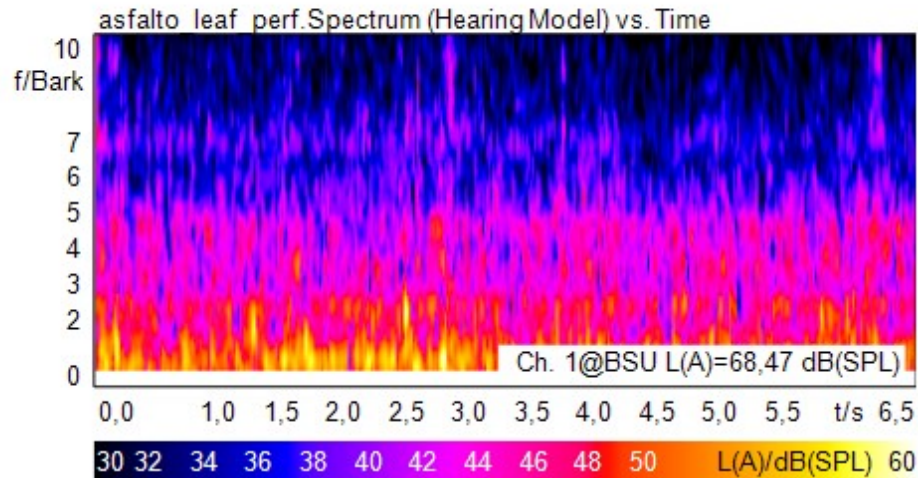


IMMISSIONI IN AMBITO URBANO

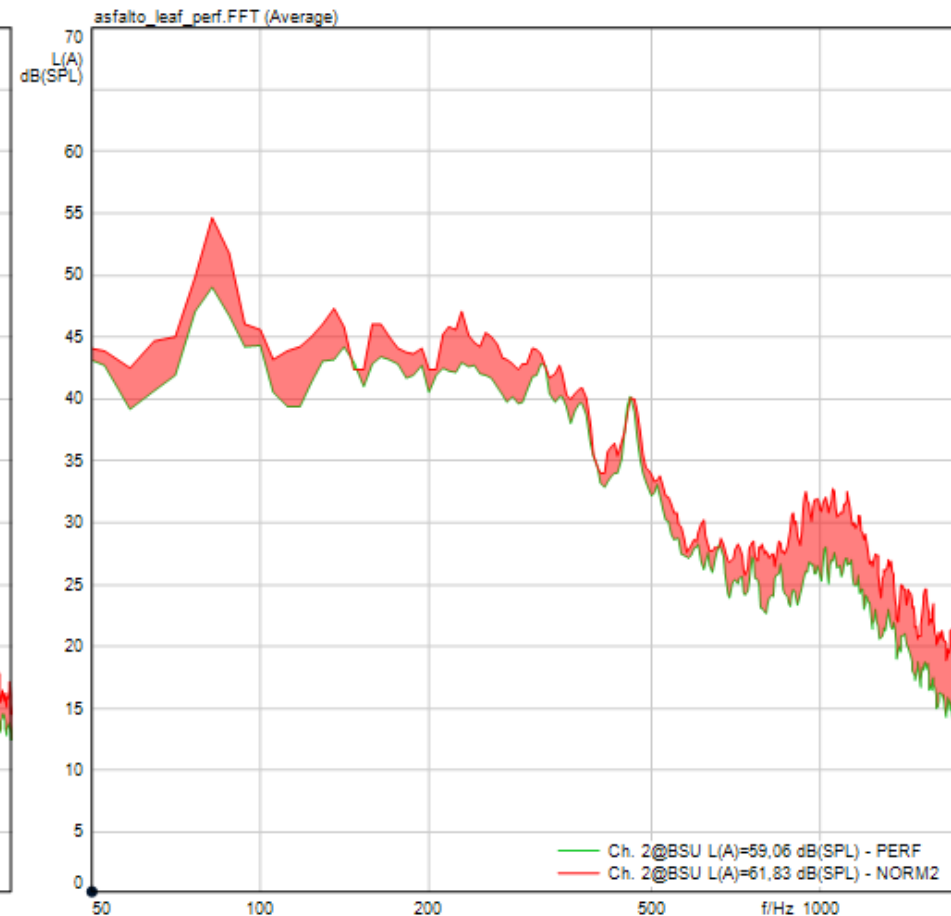
Il feedback dei cittadini - sonogrammi



Il feedback dei cittadini - sonogrammi



Il feedback dei cittadini - sonogrammi



Conclusioni

- Soluzioni per asfalti fonoassorbenti e a bassa emissione di rumore sempre più diffuse ed efficaci.
- Necessità di monitorare nel tempo l'efficacia in termini di riduzione del rumore e di adattare la soluzione scelta al caso specifico.
- Importanza di abbinare al dato oggettivo quello sulla percezione da parte delle persone.
- Nuove prospettive di ricerca e consulenza nell'ottica di uno scenario futuro in cui i veicoli elettrici saranno sempre più diffusi.

Uno sguardo al futuro



Progetto LIFE SNEAK (2021-2024): asfalto a bassa emissione di rumore e vibrazioni con nuovo metodo di produzione e stesa della miscela a freddo...



LIFE20 ENV/IT/000181

L'autostrada che suona (Ungheria)





GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Chiara Bartalucci

chiara.bartalucci@vienrose.it

