

LIFE SNEAK: RISULTATI PRELIMINARI DELLA CAMPAGNA DI MISURE POST-OPERAM DI RUMORE E VIBRAZIONI SVOLTA PRESSO IL CASO PILOTA DEL PROGETTO

Raffaella Bellomini (1), Gianfrancesco Colucci (1), Chiara Bartalucci (1), Sara Delle Macchie (1), Francesco Borchì (2), Lapo Governi (2), Giacomo Bai (3), Gaetano Licitra (4)

1) Vie en.ro.se. Ingegneria s.r.l., Firenze, raffaella.bellomini@vienrose.it

2) Università degli Studi di Firenze – Dipartimento di Ingegneria Industriale, Firenze, lapo.governi@unifi.it

3) Mopi s.r.l., Pisa, giacomobai@mopilab.com

4) Consiglio Nazionale delle Ricerche - IPCF, Pisa, g.licitra@arpat.toscana.it

SOMMARIO

Nell'ambito del progetto LIFE SNEAK è stata realizzata la stesa di un nuovo asfalto a bassa emissione di rumore in grado di mitigare anche le vibrazioni. È in corso l'analisi dello scenario post-operam: i partner Vie en.ro.se. Ingegneria, Università degli Studi di Firenze e Mopi hanno svolto misure acustiche in esterno e in interno, vibrazionali in interno e dei volumi di traffico, di tessitura stradale e di rigidità dinamica. Nel presente articolo si presentano i primi risultati ottenuti.

1. Il progetto LIFE SNEAK e lo stato di avanzamento

Il progetto LIFE SNEAK (*optimized Surfaces against Noise And vibrations produced by tramway track and road traffic*), coordinato dal comune di Firenze in partnership con ASSTRA, Ecopneus, MOPI s.r.l, Università di Firenze, Università Mediterranea della Calabria e Vie en.ro.se Ingegneria s.r.l., ha avuto inizio a settembre 2021 e si concluderà a febbraio 2026 [1]. L'idea alla base del progetto nasce dall'esigenza di progettare e testare delle soluzioni che permettano la riduzione del rumore e delle vibrazioni causate dalla convivenza, nei contesti urbanizzati, del traffico stradale e dei passaggi del tram. Tale idea ha visto una attuazione concreta a Firenze, dove in questo periodo è in corso la realizzazione di nuove linee tramviarie in corrispondenza di strade interessate anche da traffico veicolare. Tra l'11 e il 14 novembre 2024, in corrispondenza del tratto di Via la Marmora compreso circa tra i civici 14 e 28, è stata completata la stesa del nuovo asfalto ottimizzato, in grado di ridurre la propagazione delle vibrazioni generate sia dal traffico stradale che dalla nuova linea tramviaria, progettato dall'Università Mediterranea della Calabria e da MOPI. Inoltre, nel tratto compreso tra Piazza San Marco e il civico n. 14 di Via la Marmora e tra il civico n. 28 e l'incrocio con Viale Matteotti, è stato steso un nuovo asfalto di tipo tradizionale (Fig.1). Attualmente, è in fase di svolgimento l'analisi dello scenario post-operam: Vie en.ro.se. Ingegneria ha contribuito con l'effettuazione di misure di rumore ambientale e di volumi di traffico, di vibrazioni nel rispetto della UNI 9614-2017 e di rumore in ambiente interno, in concomitanza con quelle vibrazionali svolte in esterno dall'Università di Firenze; MOPI ha svolto misure di rumore di rotolamento con il metodo CPX (in accordo con la norma UNI EN ISO 11819-2), di tessitura stradale (ISO 13473 serie) e di rigidità dinamica mediante martello strumentato (ISO 7626-5:2019). Tale analisi sarà completata, nei prossimi mesi, con la somministrazione di un questionario post-operam ai residenti e fruitori di Via la Marmora e con la registrazione di file audio, al fine di poter valutare i principali parametri psicoacustici. Infine, è stata completata da parte dell'Università di Firenze la progettazione dei pannelli fonoassorbenti e delle minigonne da installare direttamente sui vagoni del tram. Nel presente articolo vengono presentati alcuni risultati preliminari relativamente alle misure post-operam di rumore e di vibrazioni in ambiente interno, di tessitura e di resistenza meccanica.

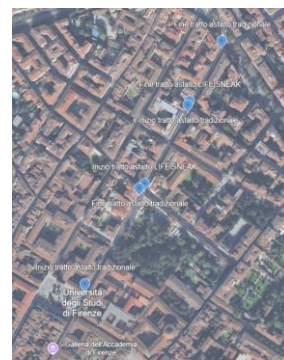


Figura 1 – Identificazioni tratti nei quali è stata effettuata la stesa di asfalto tradizionale e ottimizzato (LIFE SNEAK).

2. Progettazione della campagna di misure

La campagna di misure post-operam è stata svolta nel periodo gennaio-febbraio 2025 in corrispondenza di tre postazioni (coincidenti a quelle scelte anche per la campagna ante-operam): Liceo Castelnuovo (P01), edificio residenziale al civico 30 di via la Marmora (P02), e "Giardino dei semplici" a sud del Liceo Castelnuovo (P03).



Figura 2 – Postazioni di misura – fonte Google Earth.

2.1 Risultati misure acustiche e dei volumi di traffico

Le campagne di misura effettuate per la componente rumore hanno previsto l'installazione di due stazioni di monitoraggio a lungo termine (settimanali) nei punti di misura P01 e P02. Parallelamente, è stato effettuato un rilevamento dei flussi di traffico per mezzo di una stazione radar. In Tabella 1 si riporta il confronto sintetico tra i livelli LAeq medi relativi al periodo diurno e notturno, per le due tipologie di asfalto.

Tabella 1 – LAeq, sintesi confronto livello medio settimanale in P01 e P02.

	P01		P02	
	Lden (dBA)	Lnight (dBA)	Lden (dBA)	Lnight (dBA)
Media sett.ANTE	69,7	61,2	67,9	59,6
Media sett.POST	61,6	53,2	63,9	55,8
Media sett.DELTA	8,1	8	4	3,8

Si nota, inoltre, una riduzione del Traffico Giornaliero Medio del 60% rispetto allo scenario ante-operam, con particolare evidenza sui mezzi leggeri. Il numero di autobus in transito è quasi interamente stato sostituito dai tram. La Tabella 2 riassume i risultati delle campagne di misura ante e post-operam di rumore da rotolamento con metodo CPX, alla velocità di riferimento di 50 km/h.

Tabella 2 - Risultati CPX e confronto con i limiti del GPP. Valori in dB(A).

Pavimentazione	L _{CPX}	$\sigma(L_{CPX})$	Limite GPP+1	L _{CPX,max}	Limite GPP+2
LIFE SNEAK	86.8 ± 1.2	0.6	91.0	87.5 ± 0.8	92.0
Ante Operam 1	92.4 ± 1.0	0.8	94.0	93.6 ± 0.6	95.0
Ante Operam 2	91.2 ± 1.0	0.5	94.0	91.7 ± 0.3	95.0

2.2 Risultati misure vibrazionali

La campagna di monitoraggio ha incluso anche, nelle stesse sezioni presso le quali sono state effettuate le misure fonometriche, le misurazioni delle vibrazioni sia in esterno a bordo strada, che in ambienti interni, quest'ultime per valutare il disturbo in base alla norma UNI 9614 [2]. Oltre ai passaggi dei tram, ai fini del confronto con lo scenario ante-operam, sono stati misurati i passaggi di 6 autobus per ogni postazione di misura. Secondo la norma UNI 9614: 2017, il valore di riferimento per la valutazione del fastidio da vibrazioni in un ambiente interno è la vibrazione ponderata in frequenza con curva di ponderazione Wm. Nella tabella seguente si riportano i risultati ottenuti nelle postazioni esterne ed interne nelle sezioni P01 e P03. Non è stata considerata per il confronto la sezione P02 che nella campagna di misure ante-operam si era dimostrata differente rispetto alle altre sezioni investigate, sia in termini di manto di usura che come binder.

	Acc [mm/s ²] 1 - 250 Hz					
	P01			P03		
	Ante BUS	Post BUS	Post TRAM	Ante BUS	Post BUS	Post TRAM
Valore medio	2,6	0,8	1,1	1,0	0,9	1,0
σ	0,7	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
Max statistical value (M+1.8*STD)	3,9	1,1	1,6	1,6	1,5	1,5

Tabella 3 – Accelerazione media e deviazione standard, sintesi confronto misure vibrazionali (interne) in P01 e P03.

	Acc [mm/s ²] 1 - 250 Hz					
	P01			P03		
	Ante BUS	Post BUS	Post TRAM	Ante BUS	Post BUS	Post TRAM
Valore medio	48.1	4.8	12.9	19.1	15.2	23.2
σ	15.2	1.1	4.3	13.6	12.6	10.1
Max statistical value (M+1.8*STD)	75.4	6.8	20.6	43.5	37.8	41.5

Tabella 4 – Accelerazione media e deviazione standard, sintesi confronto misure vibrazionali (esterne) in P01 e P03.

2.3 Risultati misure impedenza meccanica

La Tabella 4 sintetizza i risultati della campagna di misura post operam, mettendoli a confronto con quelli relativi alla fase ante operam. In particolare, si riportano i risultati ottenuti su 3 punti di misura: i primi due punti sono localizzati sulla pavi-

mentazione sperimentale del progetto LIFE SNEAK, mentre il terzo punto fa riferimento alla campagna ante operam.

Tabella 4 – Confronto impedenza meccanica ante e post-operam.

Pavimentazione	K [MN/m]	Delta k [MN/m]	Intervallo di confidenza
Sneak	80,5	9,6	95%
Sneak	89,5	1,7	95%
Ante operam	127,1	7,7	95%

3. Conclusioni

Le attività del progetto LIFE SNEAK hanno raggiunto una fase di implementazione cruciale: l'asfalto ottimizzato è stato steso in un tratto di Via la Marmora a Firenze e, in due tratti attigui, è stato steso un asfalto nuovo, ma tradizionale. I risultati preliminari ottenuti a seguito della campagna di misura post-operam per il monitoraggio del rumore e delle vibrazioni in esterno e in interno agli edifici hanno superato le aspettative. Infatti, il target di progetto prevedeva una riduzione dei livelli di rumore espressi in termini di Lden/Lnight richiesti dalla END [3] pari almeno a 3 dB(A) e le riduzioni ottenute sono pari a 8,1/8,0 dB(A). Riguardo le misure di rumore di rotolamento eseguite con metodo CPX, i dati mostrano come la pavimentazione ottimizzata LIFE SNEAK sia caratterizzata da valori di LCPX ampiamente al di sotto dei limiti GPP, fornendo un significativo beneficio acustico in termini di riduzione dei livelli (dell'ordine di 4-5 dB(A)), rispetto alla condizione ante-operam. In termini di vibrazioni, a fronte di un target di riduzione del 5% di espresso in termini di vibration magnitude (m/s²) rispetto alla miscela e alla struttura di riferimento, nel tratto interessato dall'asfalto ottimizzato si è ottenuta una riduzione di circa il 70% relativamente alle vibrazioni causate dal passaggio degli autobus. Riguardo l'impedenza meccanica, i risultati mostrano una significativa riduzione dei valori di rigidità dinamica rispetto alla condizione ante operam: si passa infatti da valori di circa 130 MN/m a valori di 80-90 MN/m. Anche i rilievi del traffico hanno confermato i risultati attesi: una riduzione generale del numero di veicoli in transito, in particolare dei mezzi leggeri, e la quasi totale sostituzione dei passaggi degli autobus con quelli del tram. Nei prossimi mesi sarà completata l'elaborazione dei dati raccolti durante le campagne di misura post-operam, sarà somministrato il questionario sulla percezione soggettiva del rumore e delle vibrazioni e saranno effettuate registrazioni audio con strumentazione Ambisonics per la valutazione di parametri psicoacustici. Infine, i prossimi 8 e 9 maggio si terrà a Milano il Workshop di progetto organizzato in due mezze giornate durante le quali si parlerà di "Gomma riciclata e risanamento acustico: soluzioni sostenibili tra progetti, esperienze e casi studio" e "Il progetto LIFE SNEAK: interventi combinati per la riduzione di rumore e vibrazioni in contesti urbani".

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare tutti coloro che hanno sostenuto questa ricerca, in particolare la Commissione Europea per il suo contributo finanziario al progetto LIFE SNEAK nell'ambito del programma LIFE+2020.

4. Bibliografia

- [1] <https://www.lifesneak.eu/>
- [2] UNI 9614:2017 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo"
- [3] Direttiva 2002/49/EC "Direttiva 2002/49/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 25 giugno 2002, relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale"