

IL PROGETTO LIFE NEREIDE PER PAVIMENTAZIONI STRADALI A BASSA EMISSIONE SONORA

**DAL POLVERINO DI GOMMA RICICLATA DA PNEUMATICI FUORI USO AL FRESATO D'ASFALTO,
LE NUOVE PAVIMENTAZIONI PRODOTTE E POSATE CON TECNOLOGIA "WARM"
RIDUCENDO DEL 30% LE EMISSIONI DI IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI**

Il Progetto LIFE Nereide (Noise Efficiently REduced by RecycleD pavEments), coordinato dal Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale dell'Università di Pisa insieme ad ARPA Toscana, BRRC-Belgian Road Research Centre, Ecopneus, IDASC-CNR Istituto di Acustica e Sensoristica "Orso Maria Corbino" e la Regione Toscana, nasce con l'obiettivo primario di dare un contributo alla risoluzione delle problematiche ambientali connesse ai fenomeni di disturbo indotti dal rumore veicolare, particolarmente sentite in ambito urbano, e che sono strettamente dipendenti dalle caratteristiche superficiali della pavimentazione. A tal fine, il progetto si propone di definire delle linee guida per la progettazione, la costruzione e il monitoraggio di due siti sperimentali, realizzati utilizzando 12 miscele di conglomerato bituminoso per strati di usura a bassa emissione sonora; tali miscele saranno prodotte a temperature più basse rispetto a quelle dei tradizionali conglomerati a caldo, utilizzando le tecnologie cosiddette "a tiepido" o "warm", e saranno composte, oltre che da aggregati e bitumi di primo impiego, anche da fresato proveniente dalla demolizione di pavimentazioni esistenti e da polverino di gomma proveniente da Pneumatici Fuori Uso (PFU).



1. Le miscele saranno composte da polverino di gomma riciclata da Pneumatici Fuori Uso e fresato d'asfalto e prodotte con tecnologia a tiepido

Gli eco-obiettivi chiave che il Nereide mira a raggiungere sono quindi:

- la mitigazione dell'inquinamento acustico;
- la riduzione delle emissioni di CO₂ nell'atmosfera, resa possibile grazie all'abbassamento delle temperature di lavorazione e al reimpiego di materiali di risulta, altrimenti destinati a discarica.

Per la redazione delle linee guida, che conterranno indicazioni utili all'individuazione di tecnologie, materiali e tipologie d'intervento da adottare, senza pregiudicare le prestazioni meccaniche e i livelli di aderenza superficiale delle nuove pavimentazioni, il progetto prevede la costruzione di 12 tratti, uno per ogni miscela, perlopiù contigui e ciascuno avente una lunghezza di circa 400 m; essi saranno localizzati su due siti sperimentali distinti, individuati sulle strade urbane della Regione Toscana, scelti opportunamente tra quelli su cui sono previsti interventi nell'ambito dei piani regionali di risanamento acustico.



2. Le stese dei nuovi manti di usura sono previste in due periodi diversi, rispettivamente nell'autunno del 2017 e del 2018

Le stese dei nuovi manti di usura sono previste in due periodi diversi, distanziati tra loro di circa un anno, rispettivamente nell'autunno 2017 e nel 2018.

In aggiunta ai tratti sperimentali in conglomerato bituminoso, nella primavera del 2018 è prevista anche la sperimentazione, prima in Belgio e poi in Italia, di una pavimentazione poro-elastica, PERS (PoroElastic Road Surface), con la quale sarà possibile reimpiegare percentuali maggiori di gomma da PFU.

Allo stato attuale, a un anno dall'inizio del progetto, e con la previsione di iniziare le stese dei manti di usura contenenti polverino di gomma entro la fine dell'autunno 2017, sono state svolte le seguenti attività.

L'individuazione dei siti sperimentali

I tratti di strada urbana oggetto di intervento sono stati scelti sulla base di un indice di priorità legato alla presenza contemporanea di più plessi scolastici e di oltre 800 persone esposte a livelli di rumore diurni superiori a 65 dB(A). Il primo sito sperimentale, che complessivamente si estende per una lunghezza di 2.400 m, è stato individuato sulla "S.R.T. 439 Sarzanese-Valdera" nel comune di Massarosa (LU).



3. Il primo sito sperimentale, che complessivamente si estende per una lunghezza di 2.400 m, è stato individuato sulla "S.R.T. 439 Sarzanese-Valdera" nel comune di Massarosa (LU)

Il progetto delle miscele sperimentali e Life Cycle Assessment

Il mix design delle miscele rappresenta senza dubbio la task più importante del progetto; un'approfondita conoscenza dei materiali costituenti, della composizione volumetrica e delle caratteristiche meccaniche della miscela addensata è fondamentale per prevederne il comportamento in opera.

Dopo una revisione dello stato dell'arte sulle tecnologie esistenti, finalizzata alla definizione delle massime quantità di materiali riciclati (polverino di gomma e fresato) che possono essere utilizzate nelle miscele e all'individuazione di additivi o tecnologie specifiche impiegati per la riduzione delle temperature di stesa e messa in opera, è stato condotto il mix design in laboratorio delle miscele previste nel primo periodo di stesa.

Nel dettaglio, si tratta di:

- due miscele di controllo "tradizionali" a caldo;
- una miscela drenate 0-12;
- una miscela Splittmastix Asphalt (SMA) 0-12;
- quattro miscele innovative "a tiepido", contenenti polverino di gomma a granulometria discontinua, di cui due con assortimento granulometrico tipo "open graded" e due tipo "gap graded"; per ciascun assortimento granulometrico, saranno utilizzate le due metodologie di introduzione del polverino all'interno del conglomerato bituminoso (processo "dry" e "wet").

Allo scopo di identificare e quantificare i consumi di materia e di energia nonché le emissioni nell'ambiente associate al ciclo di vita delle pavimentazioni sperimentali proposte, è stata condotta un'accurata indagine LCA (Life Cycle Assessment) comparativa su tutte le possibili combinazioni di strati di usura contenenti fresato, polverino di gomma e prodotte con la tecnologia warm, confrontandole con un'usura chiusa tradizionale, confezionata a caldo, assunta come riferimento.

I risultati ottenuti dall'analisi LCA comparativa hanno mostrato che l'effetto combinato della produzione delle miscele con tecnologia warm e dell'utilizzo di materiali riciclati consente una

considerabile riduzione degli oneri ambientali associati ai processi di costruzione e manutenzione degli strati di usura, rappresentando una valida alternativa alle tecnologie tradizionali; essa risulta in grado di soddisfare pienamente i



4. L'impiego di materiali riciclati consente un risparmio di materie prime vergini, mentre la riduzione delle temperature di produzione e messa in opera limita le emissioni ambientali durante le operazioni

requisiti "eco-ambientali" attesi. In particolare, l'impiego di materiali riciclati permette, soprattutto nel caso del fresato, un considerevole risparmio di materie prime vergini quali bitume e aggregati. In aggiunta, la riduzione delle temperature di produzione e messa in opera, ottenuta con l'impiego delle tecnologie warm, consente di limitare le emissioni ambientali durante tali operazioni.

LA CAMPAGNA DI MONITORAGGI ANTE-OPERAM

Parallelamente alla sperimentazione di laboratorio, sul tratto individuato della S.R.T. 439 "Sarzanese-Valdera" in località Massarosa (LU), dove è prevista la posa in opera delle prime sei miscele, sono state eseguite le campagne di monitoraggio ante-operam degli indicatori acustici, strutturali e funzionali. Lo scopo è quello di poter quantificare i benefici ottenuti seguendo un approccio di tipo before-after.

I rilievi strutturali e le caratteristiche superficiali

Il rilievo delle caratteristiche strutturali è stato condotto con apparecchiatura Falling Weight Deflectometer (FWD) corredata da rilievo in continuo degli spessori della pavimentazione esistente con Ground Penetrating Radar (GPR).

A causa delle disomogeneità costruttive della pavimentazione indagata, le usuali procedure di analisi strutturale delle pavimentazioni risultano, in linea generale, applicabili con poca affidabilità. La S.R.T. 439 "Sarzanese-Valdera", infatti, rientra tra quelle strade delle viabilità ordinaria realizzate sui sedimi di antiche strade storiche, caratterizzate dalla presenza di uno strato intermedio, posto sul sottofondo, realizzato con scapoli di pietre naturali di spessore variabile, e da esigui spessori degli strati in conglomerato bituminoso. Le usuali procedure di analisi, utilizzando rilievi deflettometrici eseguiti con FWD, operano una stima dei valori dei moduli elastici degli strati mediante metodi di backanalysis e, successivamente, utilizzando i valori dei moduli così calcolati, stimano i parametri critici per la determinazione della vita utile residua delle pavimentazioni. Per questa ragione si è preferito eseguire una stima delle deformazioni critiche utilizzando metodi più stabili e meno sensibili alle variazioni di spessori, mediante l'analisi dei parametri di bacino.

La valutazione delle caratteristiche superficiali è stata eseguita in termini di macrotestitura e aderenza. La tessitura è stata acquisita mediante l'utilizzo di un profilometro laser mobile e dai profili acquisiti è stata valutata la macrotestitura in termini di ETD. Le misure di aderenza, condotte con Skiddometer BV11, sono state espresse in termini di BPN, CAT ed F60 (secondo il modello dell'IFI). Tali indicatori rientrano tra i Life Performance Indicators-LPI, che rappresentano degli indici di monitoraggio degli impatti del progetto.

I rilievi acustici e protocolli di misura

Le performance acustiche sono state valutate da ARPAT (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana) e da CNR-IDASC (Istituto di Acustica e Sensoristica "Orso Mario Corbino") in termini di rumore da rotolamento, con metodi Close Proximity Index (CPX) e Standard Pass-By (SPB), e assorbimento acustico con metodo Adrienne.

I livelli sonori degli indicatori psicoacustici, ricavati dal metodo Close Proximity Index (CPX), sono stati calcolati per ogni singolo tratto di strada su cui saranno stese le miscele sperimentali, tenendo conto del tratto specifico (diversi flussi e velocità), dell'orografia e di altre specificità come la presenza di attività rumorose. Oltre ai rilevamenti fonometrici standard, è stato condotto un sondaggio sulla popolazione così da avere un quadro del disturbo percepito. I risultati fonometrici confermano una situazione di grave disturbo, con livelli di L_{den} superiori a 65 dB(A) e di L_{night} superiori a 60 dB(A) per tutti i tratti; d'altra parte, i valori forniti dal metodo CPX, che misura la qualità acustica della superficie stradale, confermano la possibilità di un netto miglioramento con l'utilizzo di opportune pavimentazioni fonoassorbenti o basso emissive.

Parallelamente al monitoraggio, ARPAT e IDASC stanno sviluppando protocolli di misura, in aggiunta a quelli



5. I livelli sonori calcolati per ogni tratto di strada su cui saranno stese le miscele sperimentali confermano una situazione di grave disturbo, con livelli di L_{den} superiori a 65 dB(A) e di L_{night} superiori a 60 dB(A) per tutti i tratti

standard previsti dalla Normativa, che consentano una migliore stima dell'influenza del tipo di pavimentazione nei confronti dell'emissione sonora.

In particolare, ARPAT ha messo appunto un protocollo che è in grado, per il tramite di normali centraline fisse di monitoraggio acustico e un semplice contatrafico, di derivare gli indicatori SPB così come definiti dalla Norma ma senza la necessità di misure presidiate. Tale protocollo prevede l'utilizzo del SEL invece dell' L_{Amax} in linea con il progetto Harmonoise che, una volta validato, renderà possibile la stima del disturbo delle singole categorie veicolari, facilitando le politiche di mobilità. IDASC sta sviluppando un sistema che ha come obiettivo il miglioramento del metodo di misura dell'assorbimento acustico in situ, usando sonde pressione-velocità montate a bordo di un veicolo, in sostituzione di un microfono per la misura dell'onda riflessa, come previsto nel metodo Adrienne. Il nuovo protocollo di misura sarà confrontato col metodo normato (Adrienne) e validato sulle nuove pavimentazioni del progetto.

LE ATTIVITÀ FUTURE

Alla realizzazione delle prime sei stese sperimentali faranno seguito le campagne di monitoraggio acustico e funzionale post-operam nelle quali saranno sperimentati i nuovi protocolli acustici di misura.

Nel contempo, saranno eseguiti i monitoraggi ante-operam sui tratti del secondo sito, dove sono previste le stese delle sei restanti miscele sperimentali contenenti fresato e polverino di gomma oltre all'usura tipo PERS. ■

⁽¹⁾ Professore Ordinario del Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale dell'Università di Pisa

⁽²⁾ Professore Associato del Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale dell'Università di Pisa



6. Saranno eseguite campagne di monitoraggio acustico e funzionale post-operam sulle sei stese sperimentali, nelle quali saranno implementati i nuovi protocolli acustici di misura