

Pavimentazioni fono-assorbenti a confronto

A comparison of road pavements with phono-absorbing properties



Stefano Ravaioli
SITEB

Riassunto

L'inquinamento acustico è argomento di grande interesse in particolare se collegato al rumore prodotto da traffico veicolare. L'articolo tratta il tema della rumorosità della pavimentazioni stradali, confrontando tra loro varie tecnologie esistenti nell'ambito dei conglomerati bituminosi, materiali che già in partenza offrono maggiori garanzie di assorbimento acustico rispetto ad altri materiali utilizzati per la realizzazione di manti stradali.

Summary

The noise pollution is an item of great interest, in particular when related to the road traffic noise. The paper tackles the theme of road surface noise level and compares several technologies based on the asphalt mix, a material which already is characterized by higher sound absorption properties, compared with other materials used in road surfaces.

1. Premessa

Quasi il 70% dei cittadini europei vive in città e questo numero è destinato a crescere. La città offre maggiori attrazioni rispetto alla campagna, maggiori opportunità di lavoro e di contatti sociali. A fronte di tutto ciò però la città è anche il luogo in cui l'urbanizzazione crescente produce una massa notevole di rifiuti urbani, inquinamento del suolo, inquinamento delle acque, inquinamento atmosferico, inquinamento acustico.

Uno dei principali problemi per chi vive in città è il traffico stradale e il rumore che questo produce. L'inquinamento acustico nei centri urbani infatti è una delle prime cause di stress cui è soggetta la popolazione residente. L'esposizione prolungata al rumore del traffico genera malessere e problemi fisici nei soggetti più esposti, con significativo aumento della pressione sanguigna e della frequenza del battito cardiaco. Oltre al disturbo uditivo, un recente studio pubblicato sull'European Heart Journal, dimostra che una esposizione a livelli di rumorosità superiori di 10 dB(A) rispetto a quelli fissati



dalla Organizzazione Mondiale della Sanità, produce nella popolazione un aumento dei rischi da ictus variabile dal 14 al 27%.

Per migliorare le condizioni di vita dei cittadini, è quindi doveroso trovare soluzioni che possano mitigare il fenomeno della rumorosità nell'ambiente e poiché non sempre è possibile silenziare ulteriormente i veicoli o ridurre il flusso di traffico, si deve intervenire necessariamente sugli elementi a contorno, introducendo ad esempio barriere antirumore o manti stradali fonoassorbenti.

Le barriere antirumore tuttavia costituiscono un intervento fortemente invasivo e possono essere realizzate solo in determinate situazioni mentre i manti stradali fonoassorbenti possono offrire una efficace riduzione del rumore senza eccessivi costi e senza alcun impatto visivo.

2. Rumore nelle città europee

L'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) fissa in 40 dB(A) il limite massimo di rumore notturno per tutelare la salute dei cittadini; l'EEA (European Environment Agency) ha dimostrato invece che nelle città europee di medie dimensioni, i livelli di rumore sono superiori a 65 dB(A) durante il giorno e 55 dB(A) durante la notte. I limiti massimi di esposizione al rumore differiscono da Paese a Paese ma il problema c'è e tutti lo riconoscono. La sola cosa certa è che prevenire il rumore in situazioni nuove è più facile che ridurlo in situazioni esistenti; non solo, se si interviene sulla sorgente, il risultato è più efficace. Il rumore prodotto dal traffico veicolare è certamente

una componente significativa dell'inquinamento acustico complessivo e il rumore da traffico veicolare nasce dall'interazione fra il veicolo, il pneumatico e il fondo stradale. Il livello sonoro prodotto dal rotolamento dei pneumatici a sua volta è influenzato da diversi fattori fra cui: il peso del veicolo, la sua velocità di avanzamento, la scolpitura del pneumatico, le caratteristiche della superficie stradale.

La possibilità di realizzare pavimentazioni capaci di attenuare la rumorosità è ormai ampiamente riconosciuta e documentata e secondo sperimentazioni attendibili, si possono ottenere riduzioni sensibili della rumorosità intervenendo semplicemente sul tipo di pavimentazione stradale che viene posto in opera.

3. Tipologia di pavimentazione

È ovvio, e ampiamente noto, che un traffico che scorre su una superficie stradale piana e regolare produce meno rumore rispetto ad un traffico che scorre su strade irregolari che presentano buche e disconnessioni del piano viabile. A parità di regolarità superficiale tuttavia c'è notevole differenza anche tra i materiali che vengono utilizzati per realizzare i manti stradali. Per citare solo i tre più diffusi, tutti gli studi scientifici dimostrano che al primo posto per rumorosità immessa nell'ambiente c'è la superficie stradale realizzata con "sanpietrini di porfido" o con "basoli di pietra naturale" (83-85 dB(A)), seguita dalla pavimentazione in calcestruzzo (80-82 dB(A)). La superficie in asfalto (conglomerato bitumi-



noso) con i suoi (76-78 dB(A)) chiude la classifica dei materiali al terzo posto. Pur trattandosi di rilevazioni medie che possono differire di qualche dB(A) in relazione al tipo di strumento e alle modalità di prova, restano tuttavia inalterate le posizioni riferite ai materiali. Gli studi scientifici dimostrano inoltre che se la superficie stradale è bagnata anziché asciutta, oltre ad un aumento della pericolosità, si ha l'incremento medio di 1 dB(A) di rumorosità su tutti i valori sopra riportati.

La scelta di un materiale rigido (pietra o cemento) rispetto ad un materiale duttile (conglomerato bituminoso), comporta quindi un aumento medio di rumorosità di circa 4-5 dB(A). Verificato che la scelta dei materiali bituminosi offre condizioni decisamente migliori, possiamo dire che all'interno della gamma esistono numerose varianti per migliorare l'assorbimento acustico.

4. Conglomerati drenanti

L'asfalto drenante-fonoassorbente (mediamente 73-74 dB(A)) costituisce senz'altro la prima e più nota variante e la riduzione è notevole se si considera che la scala dei decibel è logaritmica.

I conglomerati drenanti sono composti da pietrischetti frantumati (dim. max 16 mm.) appartenenti ad una particolare classe granulometrica, caratterizzata da poca sabbia e dalla mancanza di una frazione granulometrica intermedia. Sono impastati a caldo con filler e bitume modificato. Quest'ultimo è indispensabile perché è più resistente, più elastico e meno suscettibile alla temperatura rispetto al bitume tradizionale ed è l'unico che può garantire la tenuta del punto di contatto tra inerti, aspetto critico della pavimentazione drenante.

L'assenza di una frazione di inerti di granulometria intermedia, determina la presenza di una notevole quantità di vuoti interstiziali (20-22%). I vuoti devono essere intercomunicanti e tali devono rimanere anche dopo la compattazione, eseguita con rullo statico. Il conglomerato di usura drenante è un conglomerato di tipo aperto e mantiene una porosità 4 o 5 volte superiore a quella di un tradizionale conglomerato chiuso per strato di usura.

L'acqua piovana può così scorrere all'interno dello strato di asfalto fino ad incontrare lo strato impermeabile sottostante precedentemente predisposto, ed essere



convogliata con la dovuta pendenza verso il margine della carreggiata per essere smaltita. Un conglomerato drenante presenta valori di capacità drenante dell'ordine di 20 l/min.

Questa particolare porosità del conglomerato drenante genera effetti efficaci di fono-assorbimento. Sopra i 40-50 km/h, il rumore prodotto dal contatto ruote/strada supera quello prodotto dal motore e dalle vibrazioni della carrozzeria. L'assorbimento acustico aumenta al diminuire del diametro massimo dei pietrischi e all'aumentare dello spessore dello strato. Per velocità dei veicoli comprese tra 60 e 120 km/h, la massima riduzione del rumore si ottiene con inerti da 8-10 mm, su spessori teorici di 30 cm.

Il veicolo in movimento impatta l'aria davanti a sé che viene compressa e laminata sotto le ruote. L'aria laminata, passa attraverso la scolpitura del pneumatico e produce un'onda sonora che riverbera tra il fondo stradale e la scocca del veicolo per essere immessa nell'ambiente circostante.

La notevole porosità della superficie stradale che caratterizza l'asfalto drenante riduce la pressione sonora e produce una diminuzione della compressione e della successiva espansione dell'aria intrappolata tra ruota e l'asfalto. »

In tal modo si dissipa l'energia sonora all'interno delle cavità, trasformandola in calore, e si riduce il rumore prodotto dal veicolo in avanzamento fino a 3-4 dB(A).

L'assorbimento è anche funzione della temperatura dell'aria, che interviene sulla densità e sulla propagazione per cui durante l'inverno si sente più rumore che in estate.

Le prestazioni di assorbimento acustico dei drenanti nel tempo però decadono causa l'occlusione della porosità iniziale che si verifica per effetto del pulviscolo e delle impurità che si formano sull'asfalto (dopo un anno e mezzo circa, si passa da un abbattimento dell'ordine di 3-4 dBA a 1,5-2,0 dBA). Ciò ha indotto i ricercatori a sviluppare una nuova generazione di asfalti drenanti. Sovrapponendo al conglomerato drenante classico uno strato di conglomerato micro-drenante si ottiene così il cosiddetto conglomerato "doppio strato drenante" che offre una ulteriore riduzione del rumore generato dal rotolamento dei pneumatici.

5. Conglomerati drenanti doppio strato

Il "doppio strato drenante" presenta un picco di assorbimento intorno a 600 Hz; particolarmente utile per abbattere le emissioni sonore generate dal traffico veicolare. Le prestazioni acustiche iniziali dei drenanti doppio strato possono essere ripristinate mediante pulizia periodica e la sostituzione, a fine vita, del solo strato superiore. Oltre alla riduzione acustica per porosità, gli asfalti a doppio strato drenante, grazie alla tessitura più fine dello strato superiore, riducono i fenomeni di vibrazione del pneumatico.

I manti stradali in conglomerato drenante doppio strato, sono costituiti da uno strato superiore di inerti a granulometria fine 4-8 mm (generalmente di natura basaltica), di spessore pari a 1,5-2 cm, che funziona da filtro per le impurità, e da uno strato inferiore realizzato con inerti a granulometria grossa 12-16 mm (generalmente di natura calcarea) di spessore 3,5-4 cm per l'evacuazione dell'acqua meteorica.

Entrambi gli strati presentano una curva granulometrica discontinua e perciò sono caratterizzati da elevata porosità che comunque nel complesso è inferiore di qualche punto a quella di un drenante tradizionale (18-20%).

Particolare attenzione richiede la posa in opera, in quanto "l'incollaggio" dei due strati drenanti va eseguito sen-

za interposizione di emulsione bituminosa che ne falserebbe il funzionamento. Il tipo di bitume modificato utilizzato per il confezionamento è pertanto fondamentale perché deve mantenere buone caratteristiche di adesione anche a distanza di ore prima di cominciare a ossidarsi e indurirsi eccessivamente.

Da esperienze condotte in ambito europeo, si è visto che sfruttando la capacità auto-pulente dovuta al passaggio dei veicoli, i conglomerati drenanti doppio strato, non si intasano e mantengono invariate le loro proprietà acustiche e drenanti per 4-5 anni.

I conglomerati in doppio strato drenante sono adatti all'ambito urbano dove possono garantire valori assorbimento acustico anche di 4-5 dB(A) rispetto a conglomerati tradizionali (almeno 2 dB(A) in più rispetto ai drenanti classici monostrato).

6. Conglomerati Asphalt Rubber con PFU

PFU significa pneumatici fuori uso. L'abbinamento PFU /conglomerato bituminoso, ha avuto inizio quarant'anni fa negli Stati Uniti. Gli obiettivi erano diversi ma su tutti quello primario era lo smaltimento intelligente di un rifiuto (il pneumatico) certamente "ingombrante". Una volta eliminata, dai pneumatici dismessi e giunti a fine vita, la carcassa in fili metallici e ridotto in granulo di gomma, più o meno fine, tutto il resto, la tecnica consiste nell'inserirne una certa percentuale nella miscela bituminosa. Nel processo Dry, il polverino/granulo di gomma di dimensioni 0-6 mm viene inserito insieme ad inerti e bitume direttamente nell'impianto di miscelazione del conglomerato.

Nel processo Wet il polverino di gomma viene aggiunto come modificante al legante bituminoso al fine di migliorarne le prestazioni. Il processo prende il nome di "Asphalt Rubber (AR)". La norma ASTM D8-88 definisce l'*Asphalt Rubber* come una miscela di bitume e polverino in cui il polverino, presente in quantità di almeno il 15% sul peso totale della miscela, deve reagire con il bitume riscaldato ad alta temperatura in modo da garantire il rigonfiamento delle singole particelle di gomma. L'AR è utilizzato come bitume modificato per il confezionamento di usure semichiusate (Gap) o porose (*Open-graded*), caratterizzate da percentuali di legante tra il 7 e il 9%, a cui corrisponde una percentuale di

polverino di gomma pari all'1-1,8%.

Oltre al tendenziale miglioramento delle caratteristiche meccaniche della pavimentazione e al grande contributo alla sicurezza in termini di miglioramento dell'aderenza, l'impiego del polverino di gomma all'interno del conglomerato bituminoso *open graded* ha anche il non trascurabile pregio di consentire un abbattimento dell'inquinamento acustico e delle vibrazioni indotte dal traffico garantito dalla presenza dei vuoti (14-16%) e all'azione di *friction* o *rubbling* della gomma di pneumatico sullo strato superficiale della pavimentazione. Sperimentazioni effettuate negli USA hanno rilevato una riduzione del livello sonoro fino a 6-7 dBA; in particolare l'abbattimento sonoro si manifesta nell'intervallo di frequenze compreso tra 500 e 4.000 hz, su strade con bassa percentuale di veicoli pesanti.

7. Conglomerati bituminosi con argilla espansa

Si tratta di una miscela di conglomerato bituminoso "chiuso", analoga a quelle tradizionalmente utilizzate per gli strati di usura, in cui le proprietà acustiche di fono assorbimento vengono ottenute attraverso l'impiego di materiali sintetici leggeri in argilla espansa resistente (idonea per gli impieghi stradali) in sostituzione volumetrica di una parte della frazione grossa di aggregati lapidei. Nei conglomerati chiusi, aumentando la percentuale in peso di argilla espansa all'11-13% (27-33% in volume), si ottiene una riduzione del rumore di almeno 3 dB(A). Tale proprietà è confermata dal monitoraggio di vari interventi realizzati in Italia in ambito urbano, dove è stato realizzato un manto d'usura con argilla espansa nella pezzatura 5-10 mm a sostituzione del 10-5% in peso degli aggregati e con il 6-7% in peso di bitume. La riduzione del livello sonoro equivalente registrata è stata superiore ai 3 dB(A) nei primi mesi dopo la stesa, riducendosi successivamente a livelli anche inferiori ai 2 dB(A).

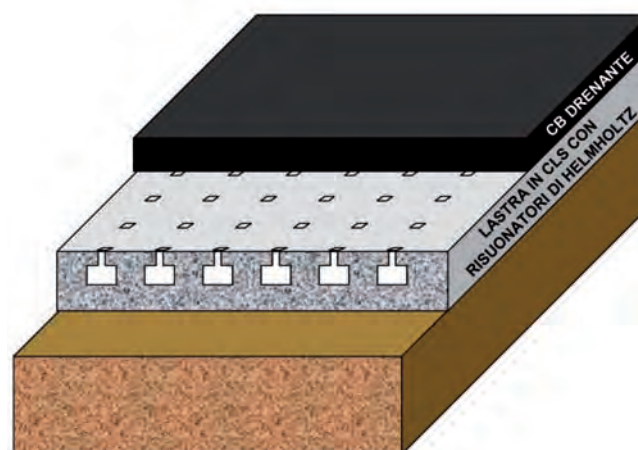
8. Pavimentazione eufonica

Sono pavimentazioni sperimentali composte da una particolare lastra di calcestruzzo ad armatura continua sul-

la cui sommità viene steso un manto di asfalto poroso. La lastra di cemento ha al suo interno una serie di ampie cavità risonanti connesse con lo strato di usura drenante superiore ed interconnesse tra loro attraverso una serie di tubi immersi nel calcestruzzo. Il rumore subisce quindi una notevole riduzione alle frequenze medio-alte per mezzo della superficie porosa; le basse frequenze invece vengono attenuate dalle cavità risonanti presenti nella lastra.

Le pavimentazioni eufoniche sono costituite da due strati:

- ▶ uno strato superiore in conglomerato bituminoso drenante, di spessore pari a 4-6 cm;
- ▶ uno strato inferiore in conglomerato cementizio ad armatura continua, di spessore maggiore, nel quale sono ricavate le cavità risonanti; tali risonatori hanno volumi intorno a circa 500 cm³ e sono distribuiti parallelamente e ortogonalmente all'asse.



L'energia del suono incidente è prevalentemente assorbita per risonanza all'interno delle cavità ed il massimo assorbimento si verifica nell'intorno della frequenza di risonanza. Uno studio sperimentale su una pavimentazione eufonica con cavità riempite con ghiaia e pietrisco ha consentito di ottenere una riduzione fino a 6-7 dB(A), in riferimento al passaggio di veicoli leggeri. Data la complessità e gli elevati spessori del pacchetto, questa tecnologia di per sé affascinante, risulta di particolare interesse soprattutto nel progetto di nuove infrastrutture piuttosto che per interventi di bonifica su infrastrutture esistenti. »

9. Pavimentazione PERS poro-elastica

Anche le pavimentazioni con tecnologia PERS risultano tra le applicazioni sperimentali.

Le superfici poro-elastiche (PERS-*Poro-Elastic Road Surface*) sono manti d'usura con un elevato contenuto di vuoti intercomunicanti che consente il drenaggio dell'aria e dell'acqua. Risultano, inoltre, dotate di una certa elasticità fornita dall'impiego di gomma (o qualsiasi altro materiale elastico) come aggregato principale. Dal punto di vista compositivo, tali superfici sono costituite da una percentuale di vuoti compresa tra il 25-40% in volume e da un contenuto di gomma pari ad almeno il 20% in peso. Le miscele per la realizzazione di una PERS sono generalmente costituite da granuli di gomma (naturale o Pneumatici Fuori Uso), eventuali aggregati lapidei o sabbia, il tutto legato insieme da resine poliuretaniche o artificiali in quantità variabili tra il 5-15% in peso. Gli spessori sono tipicamente attorno a 3-4 cm. Le PERS possono essere realizzate direttamente in sito o fornite in opera sotto forma di pannelli, ancorati al supporto rigido inferiore mediante l'impiego di resine epossidiche. La notevole elasticità di questa superficie, che limita fortemente le vibrazioni prodotte da tutte le altre superfici rigide, insieme alle sue spiccate caratteristiche fonoassorbenti, permettono di ottenere consistenti riduzioni delle emissioni di rumore, anche fino a 12 dB(A). Tali superfici presentano però degli svantaggi che, ad oggi, ne hanno limitato l'utilizzo come intervento attivo per

la riduzione dell'inquinamento acustico da traffico veicolare. Tra i problemi rilevati si citano le difficoltà di ancoraggio dei pannelli allo strato inferiore di supporto, l'insufficiente resistenza all'usura, i bassi livelli di aderenza su bagnato, i danni causati dal transito dei mezzi spazzaneve, i costi elevati di realizzazione e la scarsa resistenza al fuoco. Date le rilevanti performance acustiche di questa tipologia di superficie, in molti Paesi sono state intraprese nuove sperimentazioni e ricerche nell'intento di giungere ad una loro nuova formulazione che sia in grado di porre termine agli inconvenienti sopra elencati.

10. Conclusioni

Un corretto dimensionamento acustico della pavimentazione, necessita della definizione dello spettro di emissione del rumore da attenuare che a sua volta dipende dal tipo e dalla composizione del traffico veicolare. Un traffico caratterizzato da veicoli pesanti e velocità modeste esalta le componenti legate alle basse frequenze, mentre sulle strade a scorrimento veloce avviene esattamente l'opposto. Ne consegue che l'approccio progettuale più corretto è quello di "calibrare" il tipo di pavimentazione in funzione dello spettro di frequenze da abbattere tenendo ben presente che i materiali più rigidi sono più rumorosi e che la porosità più elevata esercita capacità di assorbimento acustico. ■

Pavimentazioni fonoassorbenti a confronto

CARATTERISTICA	DRENANTE MONOSTRATO	DRENANTE DOPPIO STRATO	ASPHALT RUBBER (OPEN GRADE)	ARGILLA ESPANSA	EUFONICA	PERS
Spessore in opera (cm)	3-4	5-6	3-4	3-4	4-6 (+15 cls)	3-4
Porosità (% vuoti)	20-22	18-20	14-16	3-5	20-22 (+ risuonatori)	25-40
% bitume	4,8-5,0	4,8-5,0	7,0-9,0	5,5-6,5	4,8-5,0	5,0-15,0 (resina)
Abbattimento acustico in dB(A) rispetto a ch tradizionale	-3	-5	-6	-2	-7	-12

Nota bibliografica

Per la stesura del presente documento si è fatto largo uso del materiale contenuto negli archivi del SITEB proveniente da fonti autorevoli e qualificate, atti di convegni in Italia e all'estero, testi forniti dalle aziende associate oppure frutto della ricerca dei gruppi di studio interni al SITEB.