QUADERNO DELLE URBANIZZAZIONI

LE PAVIMENTAZIONI

CITTA’ DI TORINO - DIREZIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITA’ - S. URBANIZZAZIONI

Indice

Introduzione

Le tipologie in uso e le tecniche applicative

Schede delle principali pavimentazioni utilizzate negli interventi di nuove urbanizzazioni

Griglia tipologie ed interventi

INTRODUZIONE

Le pavimentazioni costituiscono un importante elemento nella progettazione degli spazi pubblici aperti di natura pubblica o privata assoggettati all'uso pubblico.

Negli spazi aperti che accolgono funzioni pubbliche o sociali le pavimentazioni rivestono un ruolo strettamente funzionale alle attività che si devono svolgere, le variabili di importanza diventano la qualità delle finiture, il colore e la caratteristiche tecniche.

In questi luoghi le superfici di pavimentazione devono essere innanzi tutto funzionali (codificabili funzionalmente) e costituire una risposta alle esigenze di transito del pubblico, offrendo quindi facilità di fruizione, benessere e più in generale sicurezza.

Le pavimentazioni permettono la ricucitura formale e prospettica dei luoghi: disegnare e definire i limiti di una pavimentazione significa intervenire anche sulla morfologia del sito.

Il rifacimento o la nuova realizzazione di una pavimentazione deve essere, infatti, un'occasione di ricucitura urbana, di definizione del disegno dei sistema connettivo, che contribuisce alla differenziazione tipologica e gerarchica dei diversi luoghi in cui «stare», «andare», «osservare» ecc.

Le esigenze funzionali di ogni luogo sono connesse al tipo di fruizione che lo caratterizza e tale tipo di fruizione può condizionare la scelta del disegno da proporre, quella dei materiali da utilizzare e il tipo di operazione di posa da adottare.

Dal punto di vista formale, inoltre, le pavimentazioni di piazze, giardini e viali devono rispondere a esigenze di carattere percettivo-paessagistico e storico-iconografìco, recuperando, laddove è possibile, le tradizioni costruttive del sito, adattandosi alle tradizioni cromatiche e materiche, considerando la situazione climatica e di luminosità, nonché l'atmosfera gerarchico-simbolica del luogo.

Nella scelta del disegno e dei materiali di pavimentazione, inoltre, è necessario anche considerare gli aspetti tattili e acustici che le loro superfìci possono determinare: il passaggio da una superficie ruvida a una liscia e viceversa, ai cambiamenti cromatici dei materiali sono sicuramente fra i principali strumenti di «comunicazione» delle intenzioni formali e funzionali che il progettista esprime tramite il disegno di uno spazio.

Il rifacimento di una pavimentazioni può, infatti, diventare un'occasione per evidenziare gli elementi di pregio presenti e per sottolineare "l'identità dei luoghi".

Le piazze o i giardini pubblici, vuoti urbani d'incontro e di sosta, o di rispetto di importanti edifìci storici o rappresentativi, sono, da sempre, i principali spazi di riferimento nella memoria collettiva degli abitanti.

La loro forma e caratterizzazione dipendono dalla morfologia urbana, dalla «qualità» dell'architettura degli edifìci che li circondano, ma anche dai materiali delle pavimentazioni che ne disegnano gli spazi, dando forma al «vuoto» urbano e al suo sistema connettivo e di relazione.

Negli esempi contemporanei di piazze e giardini pubblici appare evidente la molteplicità di soluzioni tecniche e di materiali oggi a disposizione.

Questa pubblicazione raccoglie nella prima parte sinteticamente le pavimentazioni stradali e pedonali attualmente in uso, mentre nella seconda si sono individuati e poi schedate la principali e più diffuse tipologie di pavimentazione utilizzate in questi ultimi anni nei lavori di urbanizzazione e di riqualificazione dalla Città.

La pavimentazione stradale deve svolgere tre funzioni fondamentali:

- garantire una superficie di rotolamento regolare e poco deformabile;
- ripartire sul terreno le azioni statiche e dinamiche dei veicoli, in modo tale da non determinare deformazioni permanenti dannose alla sicurezza ed al confort di moto;
- proteggere il corpo stradale dagli agenti atmosferici che possono provocare instabilità del piano viabile.

In generale una pavimentazione è costituita da più strati sovrapposti, formati da miscele di aggregati lapidei e legante. La differenza tra i vari tipi di pavimentazione è data dalla omposizione dei vari strati e da come questi trasferiscono i carichi al terreno. Possono essere classificate in due gruppi:

- pavimentazioni storiche quali il basolato, la pavimentazione bianca e di terra, il pavè, i sanpietrini ed il selciato;
- pavimentazioni moderne nate dall'esigenza di una sovrastruttura stabile, in grado di conferire confort e sicurezza di moto per rispondere al traffico moderno diventato sempre più veloce, pesante e ripetitivo.

Queste ultime si dividono in pavimentazioni: flessibili; semirigide; rigide; ad elementi.

Pavimentazioni storiche

Le pavimentazioni storiche si differenziano da quelle moderne non solo per la natura dei materiali utilizzati ma anche per le tecniche di realizzazione.

Il basolato è una tecnica utilizzata dai romani per collegare Roma e le altre regioni dell'Impero. I basoli utilizzati erano costituiti da leucitite. Il basolato lavico, invece, è una tecnica adottata a partire dall'Ottocento in Campania ed in Sicilia che utilizza come materiale principale lastre laviche chiamate basoli. Attualmente si utilizza per la riqualificazione dei centri storici urbani. Questo materiale presenta pregi come:

- elevata resistenza agli agenti atmosferici e, di conseguenza, minor costi di manutenzione;
- maggiore valore estetico rispetto al conglomerato bituminoso, senza problemi di esalazioni cancerogene nella fase della posa in opera.

Presenta, però, alcuni difetti quali:

- maggiori costi e tempi di realizzazione;
- diminuzione del comfort di moto a causa delle irregolarità dei basoli.

Le strade bianche, invece, sono costituite da uno strato di breccia rossa e da un legante più debole rispetto al bitume. Questo tipo di strade garantisce un buon drenaggio delle acque evitando la formazione di ghiaccio ed assicurando aderenza anche in presenza di neve. Le strade sterrate sono, al contrario del basolato lavico, le più economiche nella realizzazione. Uno dei difetti principali, però, è la perdita di consistenza in caso di piogge abbondanti. Si utilizzano in zone con scarso traffico.

Il pavè è un termine francese che indica un tipo di pavimentazione formato da cubetti di piccole dimensioni, dell'ordine di una decina di centimetri (quando si utilizzano grandi lastre di pietra si parla di lastricato). Esistono due tipi di pavè:

- quello realizzato con cubi di basalto (i cosiddetti sampietrini) o di porfido (i bolognini) cementati tra di loro con il catrame;
- quello formato da ciottoli arrotondati (acciottolato).

Questo tipo di pavimentazione è oggi in disuso poiché provoca instabilità del moto, soprattutto di cicli e motocicli, ed è poco confortevole per la circolazione. Come il basolato lavico, inoltre, è una pavimentazione molto costosa che richiede un'assidua manutenzione.
Per questo si utilizza generalmente solo per centri storici.
Il sampietrino, in particolare, è un termine che deriva da San Pietro ed indica un preciso taglio del blocchetto di porfido utilizzato per la realizzazione del lastricato stradale di uso comune nella capitale. Nell'Italia settentrionale si chiama bolognino poiché utilizzato anticamente nelle pavimentazioni di Bologna. Il sanpietrino è una tipologia di pavè il cui pregio principale è quello di "lasciar respirare il terreno" attraverso gli spazi interposti tra una piastrella e l'altra. Si adatta facilmente alle irregolarità del terreno ed è un molto resistente. Presenta, però, dei lati negativi in quanto rappresenta una superficie non regolare che provoca rumore e assenza di confort durante il transito dei mezzi, ha bisogno di una costante manutenzione e, se bagnato, può diventare scivoloso e rappresentare un pericolo per l'utenza.

Una pavimentazione costituita da pietra a lastre o blocchi si chiama generalmente selciato. Il nome deriva dal fatto che in passato si usavano lastre di selce, sostituite in seguito dal porfido o dal granito. Gli elementi vengono posati a secco su un letto di magrone, sabbia o colla con fughe stuccate o aperte.

Le pavimentazioni storiche, oggi in disuso per la realizzazione di assi viari destinati alla circolazione dei nuovi mezzi di trasporto, sono impiegate per la rivalutazione dei centri storici, delle piazze, dei parchi (basolato, pavè, sampietrini, selciato) o per la realizzazione di vie limitrofe ai centri urbani.

Pavimentazioni attuali

Le moderne sovrastrutture si dividono in:

- flessibili (Fig. 1.1): sono generalmente costituite da uno strato di usura, uno strato di collegamento (binder), uno strato di base ed una fondazione.

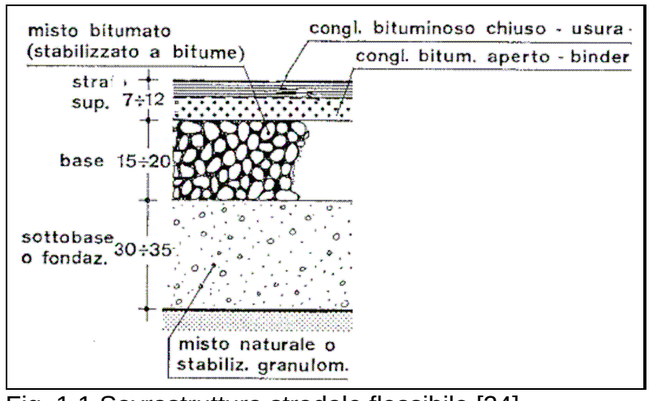


Fig. 1.1 Sovrastruttura stradale flessibile [24]

- semirigide (Fig. 1.2): presentano, in aggiunta agli strati della sovrastruttura flessibile, uno strato di misto cementato interposto tra la fondazione e lo strato di base

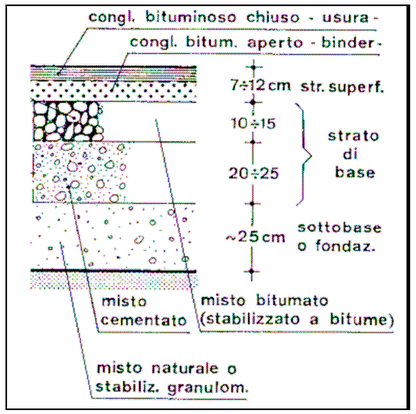


Fig.1.2 Sovrastruttura stradale semirigida [24]

rigide (Fig. 1.3): sono realizzate da lastre di calcestruzzo, armato o non armato, dotate di forte resistenza al taglio e di discreta resistenza flessionale. Sono impiegate su strade sottoposte ad elevata intensità di traffico. Gli strati che la compongono sono una lastra in calcestruzzo che può essere armata o non armata, uno strato di base in misto cementato ed uno strato di fondazione.

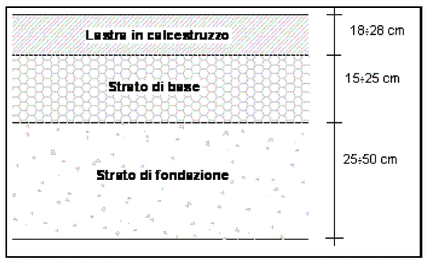


Fig. 1.3 Sovrastruttura stradale rigida [9]

ad elementi: nei centri urbani un'alternativa al conglomerato bituminoso è rappresentata dalle pavimentazioni ad elementi, in particolare quelle costituite dai masselli autobloccanti in calcestruzzo (Fig. 1.4). I masselli autobloccanti sono degli elementi che, sotto l'azione del traffico, tendono ad autobloccarsi per mutua azione sulle superfici laterali o verticali. Gli strati che compongono la pavimentazione in masselli sono: uno strato di masselli autobloccanti, uno in sabbia di allettamento, uno strato di base (non sempre presente) ed uno strato di fondazione

Fig. 1.4 Sovrastruttura stradale in masselli [9]

Materiali e tecniche di realizzazione

Gli inerti e gli addittivi

Gli aggregati sono componenti fondamentali del conglomerato bituminoso e del calcestruzzo costituiti da elementi lapidei integri o frantumati, naturali o artificiali, aventi forma e dimensioni prestabilite. Gli aggregati possono essere costituiti da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce di cava massive o di origine alluvionale, da elementi naturali a spigoli vivi o arrotondati. I diversi componenti e in particolare le sabbie, devono essere privi di materie organiche, solubili, alterabili e friabili. In particolare devono essere:

- non idrofili;
- resistenti all'abrasione e all'urto;
- spigolosi con buona tessitura e di forma adeguata: sono da preferire basalti, porfiriti, dioriti;
- puliti e non plastici.

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti alla miscela, migliorano le prestazioni del conglomerato. Gli attivanti di adesione, ad esempio, sono sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume-aggregato, utilizzati per migliorare la durabilità all'acqua delle miscele bituminose. Il loro dosaggio deve essere indicato da progetto e varia a seconda delle condizioni di impiego, degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

Il bitume

Il bitume è il legante. Per impieghi di tipo stradale si utilizzano i bitumi derivati dai residui della distillazione del petrolio grezzo. Attraverso ulteriori lavorazioni quali la distillazione sotto vuoto, la conversione termica, l'ossidazione parziale o la precipitazione con solvente si ottengono diversi tipi di bitume che vengono in genere classificati con la prova di penetrazione. Attualmente si fa uso del bitume modificato definito come "un bitume le cui proprietà reologiche 12 sono state modificate durante la produzione attraverso l'uso di uno o più agenti chimici" (EN 12597). Per agenti chimici si intendono le gomme naturali, i polimeri sintetici, eventualmente lo zolfo e composti organo-metallici. La nomenclatura e le sigle dei polimeri utilizzati per la modifica dei bitumi sono elencate nella normativa ISO 1629. Tra tutti sono state utilizzate con successo solo le gomme termoplastiche tipo SBS (stirene-butadiene-stirene), i plastomeri tipo EVA (etilenevinilacetato) ed EMA (etilene-metacrilato) e le gomme sintetiche tipo SBR (stirene-butadiene). Lo scopo della modifica del bitume è quello di diminuirne la suscettibilità termica, in modo da diminuire il rammollimento alle alte temperature e la rottura alle basse temperature. Inoltre i bitumi modificati potenziano la componente elastica, presentano maggiore resistenza meccanica, migliorano il comportamento a fatica del conglomerato, hanno un lento invecchiamento, aumentano la viscosità alle alte temperature e migliorano l'adesione ai materiali lapidei. Si utilizzano solitamente per conglomerati bituminosi drenanti, trattamenti superficiali, malte bituminose a freddo, Splitt Mastic Asphalt.

Il conglomerato bituminoso

Il conglomerato bituminoso è una miscela di inerti e bitume a cui possono essere aggiunti addittivanti per il miglioramento delle caratteristiche meccaniche. La confezione dei conglomerati bituminosi a caldo avviene in impianti fissi dove la temperatura degli aggregati è di 150÷170℃, mentre quella del legante è di 150 ÷180℃. Prima de lla posa viene stesa una mano di ancoraggio con emulsione bituminosa al 60÷65%. La stesa avviene per mezzo di macchine vibrofinitrici e la temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa deve risultare in ogni momento non inferiore a 130℃. La compattazione avviene attraverso rulli vibranti o gommati e alla fine di tale procedura la densità del conglomerato deve superare il 97% del valore ottenuto con la prova Marshall. Le proprietà dei singoli elementi che formano il 13 conglomerato bituminoso cambiano in base allo strato da realizzare. Nel seguito si analizzeranno nel dettaglio le caratteristiche dei vari strati che compongono le pavimentazioni stradali.

Il calcestruzzo

I calcestruzzi utilizzati per le sovrastrutture stradali sono differenti rispetto a quelli strutturali poiché devono conferire un'adeguata resistenza flessionale, devono essere lavorabili, avere un basso ritiro ed assicurare resistenza agli urti, aderenza e regolarità al piano viabile.

A tal fine si utilizza una curva granulometrica degli inerti continua, la cui dimensione massima non deve superare i 35÷40 mm ed il corrispondente coefficiente Los Angeles non deve superare il 45%. Il rapporto acqua/cemento deve essere minore di 0.55 e le percentuali di eventuali additivi rispetto al peso di cemento devono essere:

- plasticizzanti ed areanti: 0.20÷0.40%;
- superplasticizzanti: 0.75÷1.5%.

La confezione del calcestruzzo avviene, solitamente, in impianti fissi all'interno di betoniere ed il trasporto si effettua attraverso l'utilizzo di mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli elementi o di deterioramento della miscela. Nel caso di grandi distanze la miscelazione avviene a secco e, durante il trasporto con le autobetoniere si effettua l'immissione delle percentuali di cemento ed acqua come previsto dagli elaborati di progetto. La preparazione del piano di posa consiste non solo nella verifica delle quote e delle pendenze ma anche nella predisposizione del drenaggio longitudinale, con i relativi scarichi trasversali, e nell'umidificazione del piano di posa per evitare la perdita di umidità del calcestruzzo. La stesa avviene con macchine a casseforme scorrevoli con apposita trave vibrante che ha il compito di spargere il materiale, livellarlo e costiparlo. La finitura superficiale si effettua con un'apposita macchina dotata di un pettine che passa in direzione trasversale al futuro moto dei veicoli. Si applica, infine, un prodotto di "curing" per la protezione della presa. A 14 maturazione avvenuta il calcestruzzo ha resistenza cubica pari a 270÷320 Kg/cm2.

Strati delle pavimentazioni

Gli strati superficiali devono avere elevata resistenza meccanica a compressione, flessione e taglio, elevata aderenza, devono essere impermeabili ed essere oggetto di scarse manutenzioni. Lo strato di base, invece, deve avere elevata resistenza ai fenomeni di fatica.

.Lo strato di fondazione trasferisce i carichi al terreno e funge da filtro per la risalita di materiali fini.

Strato di usura

Lo strato d'usura è quello più superficiale della pavimentazione, quello soggetta all'usura dovuta al traffico ed esposto agli agenti atmosferici. La sua funzione è quella di sopportare carichi e sollecitazioni, offrire aderenza ed impermeabilizzare gli strati sottostanti. E' realizzato in conglomerato bituminoso le cui caratteristiche dipendono dalle proprietà degli elementi che lo compongono.

Gli inerti devono presentare le seguenti caratteristiche (Fig. 1.5):

- coefficiente Los Angeles < 20%;
- indice dei vuoti < 0.80;
- coefficiente di imbibizione < 0.015;
- resistenza a compressione > 1400 Kg/cm2;
- resistenza all'usura > 0.60;
- frazione grossa di natura basaltica o porfirica pari almeno al 30% del totale.

L'equivalente in sabbia dell'aggregato fino deve avere un valore maggiore del 55%; l'additivo deve essere costituito o da polvere di rocce calcaree o da cemento.

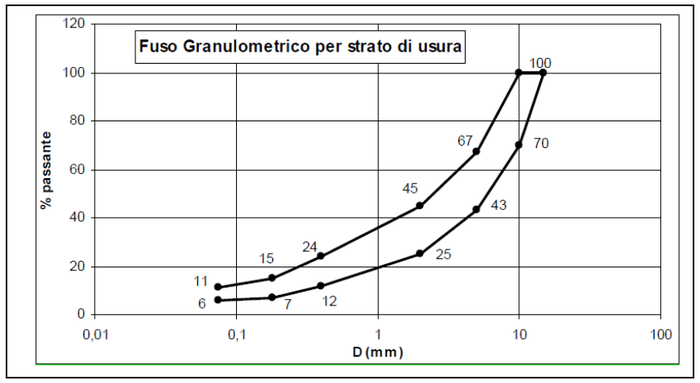


Fig. 1.5 Fuso granulometrico per lo strato di usura [9]

Il legante è il bitume con indice di penetrazione pari a 60÷70 dmm. La miscela deve contenere una percentuale di bitume pari a 4.5÷6% ed avere una permeabilità pari a k=10−6 cm/s.

La prova Marshall (75 colpi) deve fornire i seguenti risultati:

- stabilità > 1000 Kg;
- rigidezza > 300 Kg/mm;
- % vuoti: 3÷6%;
- stabilità dopo immersione per 15gg > 75% rispetto al valore originale.

La percentuale di vuoti del conglomerato bituminoso per lo strato di usura a fine rullatura deve essere compresa tra il 4÷8%, dopo un anno di vita utile della pavimentazione tra il 3÷6%.

Strato di collegamento (binder)

Lo strato di collegamento in conglomerato bituminoso ha la funzione di collegamento tra lo strato di base e quello di usura.

Le proprietà degli inerti sono:

- coefficiente Los Angeles < 25%;
- indice dei vuoti < 0.80;
- coefficiente di imbibizione < 0.015. L'equivalente in sabbia, gli additivi utilizzati e l'indice di penetrazione del bitume utilizzato sono gli stessi dello strato di usura (Fig. 1.6).

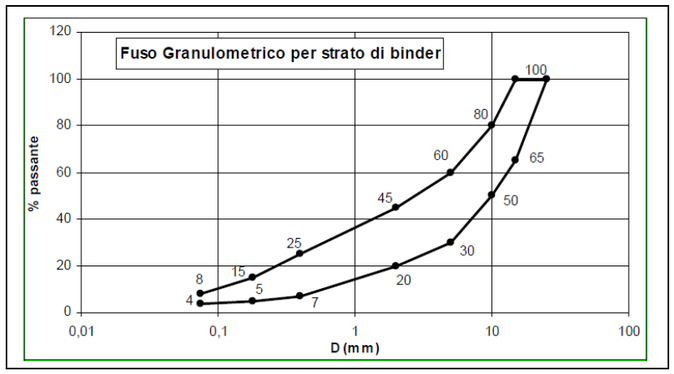


Fig. 1.6 Fuso granulometrico per lo strato di collegamento [9]

La percentuale di bitume della miscela deve essere pari a 4÷5.5%.

La prova Marshall (75 colpi) deve fornire i seguenti risultati:

- stabilità > 900 Kg;
- rigidezza > 300 Kg/mm;
- % vuoti: 3÷7%;
- stabilità dopo immersione per 15gg > 75% rispetto al valore originale.

Strato di base

Lo strato di base ha la funzione di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dai veicoli e di avere un'adeguata flessibilità per resistere, sotto gli stessi carichi, a qualunque eventuale assestamento del sottofondo. In particolare deve resistere ai fenomeni di fatica, all'ormaiamento e, prevalentemente, alle sollecitazioni di trazione.

E' costituito da conglomerato bituminoso. Gli inerti devono avere un coefficiente Los Angeles < del 25%, l'equivalente in sabbia deve essere 17 <50% e l'additivo è costituito dal 90% del passante al setaccio UNI 0.18 e UNI 0.075 (Fig. 1.7). Il bitume ha le stesse proprietà di quello utilizzato negli strati superficiali.

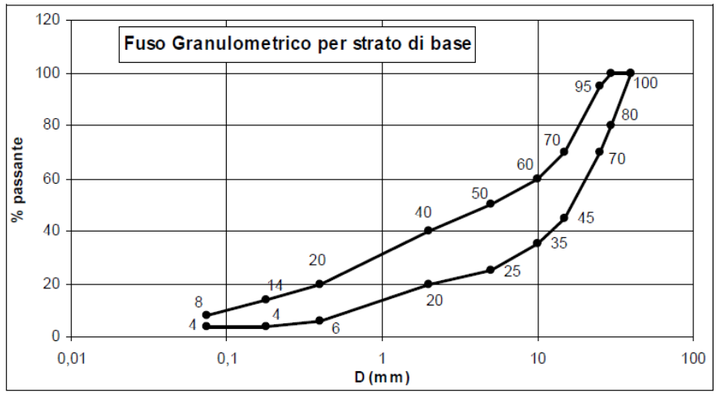


Fig. 1.7 Fuso granulometrico per lo strato di base [9]

La percentuale di bitume all'interno della miscela deve essere il 3.5÷4.5%. Le caratteristiche finali della miscela devono conferire i seguenti valori:

- stabilità > 700 Kg;
- rigidezza > 250 Kg/mm;
- % vuoti: 4÷7%.

Misto cementato

Il misto cementato è uno strato interposto tra lo strato di base e lo strato di fondazione; non sostituisce il conglomerato bituminoso ma è associato e sottostante ad esso. La sua presenza conferisce alla sovrastruttura stradale maggiore rigidezza diminuendo la formazione di deformazioni permanenti ed aumentando la resistenza a fatica. E' costituito da una miscela di inerti, legante e acqua.

La percentuale di frazione grossa degli inerti, le cui dimensioni non devono superare i 4 cm, è compresa tra il 30 ed il 60%. Il coefficiente 18 Los Angeles deve avere un valore inferiore al 30%, l'equivalente in sabbia compreso fra 30 e 60 e indice plastico pari a zero.

Il legante è cemento Portland con percentuale in peso compresa tra 2.5÷3.5% rispetto agli inerti.

L'acqua deve essere esente da impurità. La preparazione avviene in impianti fissi con betoniere ad asse verticale, il trasporto con autocarri o autobetoniere. La stesa avviene con la vibrofinitrice al termine della quale si sparge emulsione bituminosa al 55% per la protezione del misto cementato. A fine stesa la densità deve risultare maggiore del 97% rispetto a quella di progetto; si prelevano inoltre campioni che vengono fatti maturare per 7gg. La resistenza in laboratorio deve risultare più o meno 20% di quella di progetto e il modulo di deformazione (ottenuto con la prova di carico con piastra) deve essere compreso tra i seguenti valori: Md=6000÷9000 Kg/cm2.

Strato di fondazione

Lo strato di fondazione ha due funzioni principali: ripartire i carichi sul terreno e fungere da filtro per evitare la risalita di particelle fini. E' composto da stabilizzato granulometrico cioè da una miscela di aggregati lapidei eventualmente corretta con l'aggiunta o la sottrazione di determinate frazioni granulometriche per migliorarne le proprietà fisico-meccaniche. Il misto granulare è costituito da aggregati grossi e fini. Gli aggregati devono presentare le seguenti caratteristiche:

- dimensioni minori a 7.1 cm;
- forma regolare, né piatta né lunga;
- coefficiente Los Angeles < 30%;
- equivalente in sabbia 25<ES<65;
- indice di portanza CBR dopo quattro giorni di imbibizione (eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm) deve essere maggiore di 50;
- indice plastico IP = 0;
- rapporto tra il passante al setaccio UNI 0.075 mm ed il passante al setaccio UNI 0.4 mm deve essere inferiore a 2/3.

Il piano di posa dello strato deve avere le quote, la sagoma, i requisiti di portanza prescritti ed essere ripulito da materiale estraneo. La stesa viene effettuata attraverso motograder appositamente equipaggiati. A lavoro ultimato il peso dell'unità di volume della parte solida γs deve essere maggiore del 95% del peso dell'unità di volume massimo e il modulo di deformazione ottenuto con la prova di carico con piastra deve risultare maggiore di 800 Kg/cm2.

Lastre di calcestruzzo

Lo strato superficiale della pavimentazione rigida, come già detto, è realizzato con lastre di calcestruzzo, armate o non armate. I punti deboli di queste lastre sono i giunti. I giunti sono praticati sia in senso trasversale che longitudinale in modo da consentire il ritiro durante la presa (giunti di contrazione), gli allungamenti causati da variazioni volumetriche stagionali e giornaliere (giunti di dilatazione) e le riprese di getto e di lavoro (giunti di costruzione). I giunti di contrazione sono disposti sia trasversalmente (consentono gli accorciamenti dovuti alla diminuzione di temperatura e al ritiro) che longitudinalmente (servono a prevenire eventuali cedimenti differenziali permettendo alla lastra di ruotare); non interessano tutto lo spessore della pavimentazione ma solo 1/5 dell'altezza della lastra con larghezza di 8 mm. Il taglio si effettua a calcestruzzo parzialmente indurito ogni 7÷10 m con barre di trasferimento dei carichi (Fig.1.8, Fig. 1.9).

I giunti di dilatazione sono presenti trasversalmente in tutti i tipi di pavimentazione mentre longitudinalmente solo nel caso di piste aeroportuali o di grandi piazzali di sosta. Interessano tutto lo spessore della lastra, sono larghi circa 20 mm e sono dotati di barre longitudinali per il trasferimento dei carichi (Fig.1.10) .

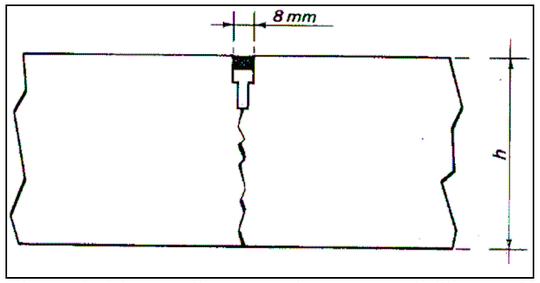


Fig. 1.8 Giunto di contrazione con sigillatura [24]

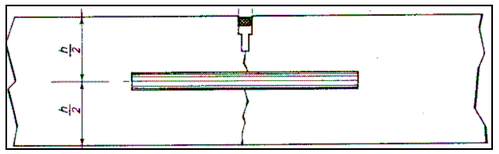


Fig. 1.9 Giunto di contrazione con barra di trasferimento degli sforzi [24]

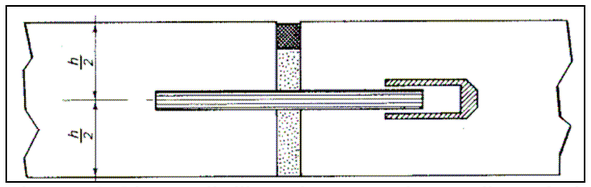


Fig. 1.10 Giunto di dilatazione con barra di trasferimento [24]

I giunti di costruzione vengono interposti tra due lastre contigue dopo l'arresto dei lavori alla fine di ogni giornata di lavoro. Si considerano tali tutte le interruzioni di durata superiore a 30 minuti

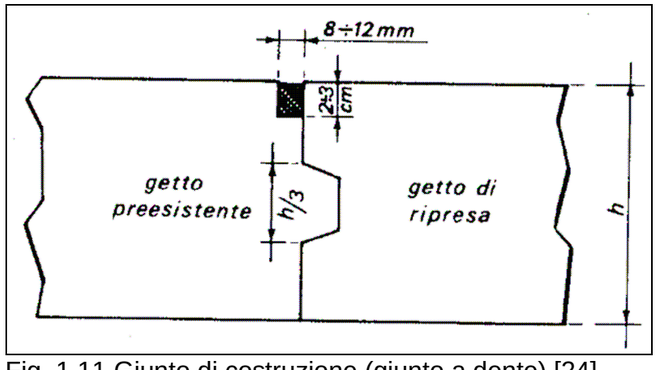


Fig. 1.11 Giunto di costruzione (giunto a dente) [24]

I giunti, seppur fondamentali, presentano aspetti negativi poiché riducono il confort di moto e, se sigillati male, provocano l'infiltrazione di acqua e il conseguente effetto "pumping". Questo fenomeno è molto dannoso perché provoca, sotto l'azione delle sollecitazioni, l'espulsione di elementi fini verso l'alto e, di conseguenza, la creazione del vuoto al di sotto della lastra che non ha più appoggio e si spacca. Inoltre la creazione dei giunti causa la concentrazione di tensioni in corrispondenza degli stessi.

Le pavimentazioni in calcestruzzo ad armatura continua possono presentare le armature sia nell'intradosso che nell'estradosso della lastra oppure semplicemente nell'estradosso. Sperimentazioni di questo tipo di pavimentazione sono state effettuate sulla variante A1 di Roma. Le pavimentazioni in calcestruzzo armato precompresso sono poco utilizzate a causa della difficoltà di esecuzione dei lavori di realizzazione; il loro pregio principale è quello di permettere la riduzione dello spessore della pavimentazione del 30÷40%. L'unica applicazione effettuata in Italia è stata sull'autostrada del Brennero; il loro impiego è invece diffuso nelle piste aeroportuali.

In generale le pavimentazioni rigide presentano un notevole costo di costruzione ed un basso costo di manutenzione. Si tende, al giorno d'oggi, alla realizzazione di lastre poco armate ma con spessori elevati (25÷30 cm).

Masselli autobloccanti

Una pavimentazione in masselli autobloccanti è formata da uno strato di base ed uno di fondazione sottostanti ad un letto di sabbia sul quale sono posti i masselli. Lo strato di base non è sempre presente; si utilizza solitamente nel caso di sottofondo con scarsa capacità portante e di strade sottoposte a carichi pesanti.

Lo strato di sabbia di allettamento ha la funzione di riempire la parte più bassa dei giunti e costituire un letto di posa regolare dei masselli.

Assorbe, inoltre, le tolleranze costruttive dei masselli e contribuisce alla trasmissione dei carichi sul sottofondo.

I masselli autobloccanti sono elementi che, sotto l'azione del traffico, tendono ad autobloccarsi per mutua azione sulle superfici laterali o verticali. Si classificano in tre differenti categorie (Fig. 1.12 e 1.13):

- ad incastro orizzontale la cui dimensione massima non supera i 22.5 cm, peso non maggiore a 4.5 Kg e spessori variabili si 6,8 e 10 cm;
- ad incastro verticale con dimensione massima 25÷30 cm, sono più pesanti e hanno spessore minimo di 10 cm; sono inoltre molto costosi a causa delle forme particolari ed il loro posizionamento è piuttosto complicato;
- masselli forati e griglie hanno le stesse forme dei masselli ad incastro orizzontale, lunghezze comprese tra 25 e 50 cm, larghezze tra 17 e 35 cm.

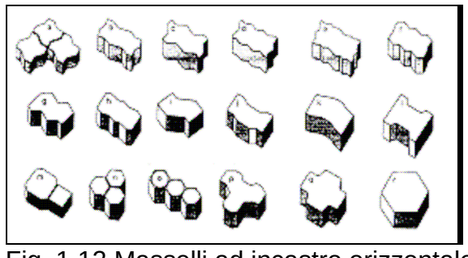


Fig. 1.12 Masselli ad incastro orizzontale [9]

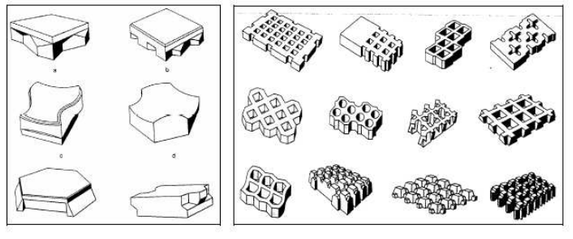


Fig. 1.13 Masselli ad incastro verticale e forati [9]

Grazie alle versatilità delle combinazioni è possibile realizzare diversi disegni (Fig. 1. 14 e 1.15).

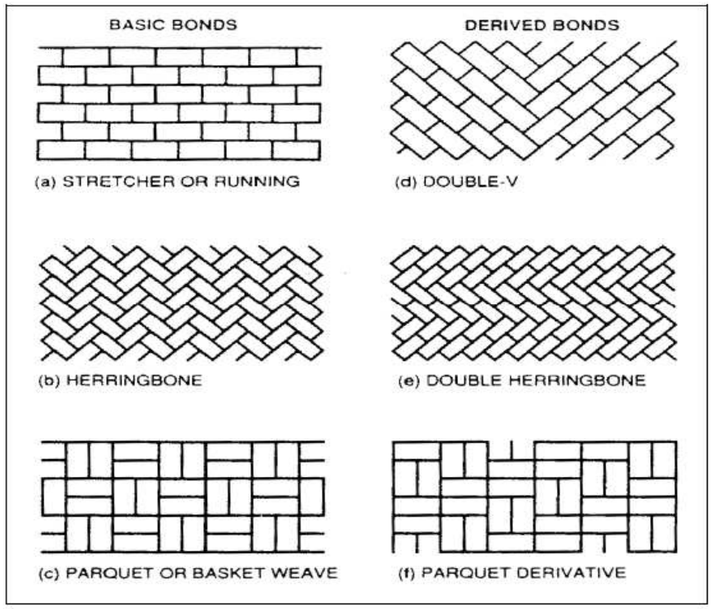


Fig. 1.14 Composizioni con masselli autobloccanti rettangolari [9]

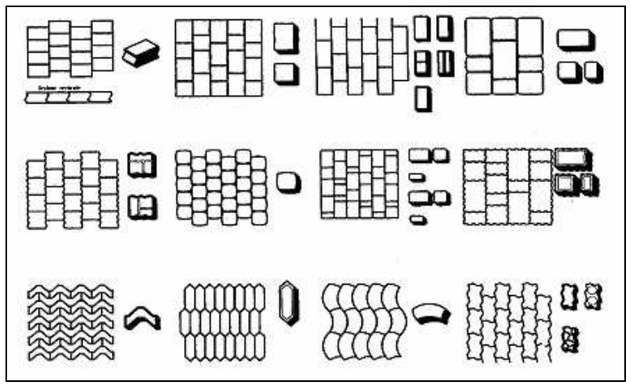


Fig. 1.15 Composizioni con masselli autobloccanti [9]

Le pavimentazioni con masselli autobloccanti hanno non solo un aspetto estetico gradevole ma buona aderenza ed elevata resistenza all'abrasione, permettono la sostituzione degli elementi e si integrano bene con il paesaggio urbano. Si utilizzano anche negli interporti e nei luoghi in cui si ha traffico pesante non veloce. Il loro comportamento sotto traffico è però determinato da diversi fattori quali: lo spessore dello strato di allettamento, che non deve essere troppo elevato poiché può causare la creazione di deformazioni permanenti come le ormaie;

- la granulometria e la forma della sabbia, che deve contenere un minimo di argilla o di limo per evitare l'instabilità quando è bagnata;
- l'umidità della sabbia durante le operazioni di costipamento ed in servizio deve essere pari al 6%.

Pavimentazioni Speciali

Le pavimentazioni speciali nascono dall'esigenza di coniugare le loro funzioni tradizionali con le problematiche moderne degli agglomerati urbani: sicurezza, inquinamento ed impatto ambientale.

Inoltre, tra i temi ambientali più sentiti il rumore si afferma come uno dei problemi più rilevanti rispetto alla qualità dell'ambiente urbano, anche perché riguarda ormai tutte le aree cittadine ed è effetto diretto della crescita del volume di traffico che si è avuto negli ultimi anni. I più immediati e frequenti effetti dell'inquinamento acustico sono quelli che interessano il sonno.

Non è da trascurare il rispetto dell'ambiente. In accordo con le raccomandazioni europee per il miglioramento dell'integrazione delle infrastrutture viarie con l'ambiente in aree considerate sensibili è necessario sviluppare nuove tecnologie per la valutazione dell'impatto ambientale e per la riduzione di questo ultimo all'interno delle aree urbane.

I tappeti speciali si sono dimostrati una risposta positiva alla complessità ed alla varietà dei problemi della città e del territorio 40 contemporaneo. Il loro contributo nell'aumento della capacità drenante delle pavimentazioni, dell'aderenza, dell'assorbimento del rumore, nell'incremento della resistenza all'abrasione degli inerti del tappeto d'usura, nella riduzione dell'emissione di inquinanti nell'atmosfera e del rumore di rotolamento ha dato notevoli risultati in campo sperimentale

Pavimentazioni, sicurezza ed impatto ambientale

Conglomerati bituminosi drenanti e fonoassorbenti Il conglomerato bituminoso drenante e fonoassorbente (Fig. 3.1) è costituito da una miscela composta prevalentemente da pietrischetto e/o graniglia frantumati, sabbia e filler impastata a caldo con bitume modificato ed eventuale attivante di adesività. I vantaggi di questo manto d'usura sono:

- eliminazione del ristagno d'acqua dalla superficie stradale e conseguente fenomeno dell' "aquaplaning";
- eliminazione degli spruzzi e delle nebbie d'acqua;
- eliminazione dell'effetto di riflessione dei raggi luminosi;
- aumento del coefficiente di aderenza trasversale;
- miglioramento della visibilità longitudinale;
- abbattimento del rumore di rotolamento [7].

Fig. 3.1 Differenza tra pavimentazione tradizionale e drenante fonoassorbente [31]

Gli aggregati lapidei grossi devono avere le seguenti caratteristiche:

- porosità;
- elevata rugosità superficiale e resistenza al levigamento;
- coefficiente Los Angeles <20%.

Per l'aggregato fino è preferibile l'utilizzo di sabbia frantumata in una percentuale inferiore all'80% della miscela. Il legante deve essere bitume modificato con ottime caratteristiche di adesione, coesione e di comportamento alle alte e basse temperature in modo da compensare le carenze strutturali derivanti dall'alta percentuale di vuoti. Inoltre, deve possedere buone proprietà elastomeriche, una notevole capacità di deformazione e di ritorno elastico anche alle basse temperature. Il dosaggio varia tra il 4.5 ed il 6.5% in peso sugli inerti. La miscela deve presentare un andamento della curva granulometrica fortemente discontinua:

- per assicurare l'elevato contenuto di vuoti intergranulari (che deve essere non inferiore al 18%);
- per contribuire all'ottenimento di un'adeguata resistenza meccanica. Sono i vuoti intergranulari, infatti, ad ottimizzare la capacità drenante e fonoassorbente del conglomerato. La preparazione del conglomerato avviene in impianti automatizzati di mescolamento a caldo. Importante è controllare sempre la temperatura degli inerti e del legante. La posa deve essere preceduta da alcune operazioni indispensabili per il corretto funzionamento del manto drenante fonoassorbente:
- verifica dell'efficienza delle opere di smaltimento delle acque e della canaletta di raccolta;
- rispetto delle pendenze trasversali e longitudinali;
- perfetta pulizia del piano di posa;
- mano d'attacco realizzata mediante spruzzatura a caldo di bitume modificato (1.00 kg/m2 su superfici lisce o già aperte al traffico, 2 kg/m2 su superfici nuove).

La stesa avviene come un normale conglomerato bituminoso evitando interruzioni di stesa ed interventi manuali per la correzione di anomalie. Nella fase della compattazione si utilizzano rulli tandem non vibranti ed in seguito rulli gommati. Le pavimentazioni drenanti fonoassorbenti possono essere mono-strato o bi-strato (Fig. 3.2, Fig. 3.3).

Fig. 3.2 Strato drenante fonoassorbente mono-strato e bi-strato [7]

Fig. 3.3 Strato bi-strato [7]

Splitt Mastix Asphalt (SMA)

Il conglomerato di usura antisdrucciolo Splittmastix asphalt (Fig. 3.5) è un conglomerato chiuso, impermeabile verso gli strati sottostanti, costituito da una miscela di pietrischetto, graniglia, sabbia (tutti da frantumazione) e filler impastato a caldo con bitume modificato. Si fonda sul presupposto di poter riempire la quantità di vuoti (18-20%) in modo da ottenere un tappeto finito la cui percentuale di vuoti arriva ad 43 essere pari al 3-5%. E' nato dalla necessità di superare alcuni inconvenienti dei tappeti drenanti fonoassorbenti:

- occlusione dei pori;
- formazione di ghiaccio;
- difficoltà di trattamento in presenza di neve o ghiaccio.

Le finalità dello SMA sono:

- migliorare l'aderenza;
- ridurre il velo di acqua superficiale;
- incrementare la portanza.

Lo SMA, grazie all'alto contenuto di graniglia, è caratterizzato da un'elevata macrorugosità che conferisce aderenza anche in presenza di acqua riducendo il fenomeno spray ed il rumore di rotolamento. L'impiego di elevate quantità di legante non risulta dannoso se adeguatamente stabilizzato con fibre che contribuiscono al miglioramento delle caratteristiche meccaniche del conglomerato. La curva granulometrica (Fig. 3.4) è di tipo discontinuo con la forte presenza di pezzatura grossolana a discapito della frazione fine. Il filler deve essere in quantità maggiore rispetto ai conglomerati tradizionali per agevolare la riduzione dei vuoti. Gli additivi provengono dalla frantumazione di rocce calcaree e sono costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica la cui quantità deve essere del 2% in peso rispetto agli inerti della miscela.

Il bitume deve essere di tipo modificato in quantità tali da ottenere un conglomerato a masse chiuse. La consistente quantità di bitume e filler determina la formazione di spesse pellicole che conferiscono al conglomerato:

- durabilità;
- resistenza alle azioni climatiche;
- aumento della lavorabilità e compattabilità.

Il rischio nella fase del trasporto è della posa è la separazione del bitume dallo scheletro litico. Per evitare tale fenomeno si aggiungono le fibre stabilizzanti..

Fig. 3.5 Esempio di pavimentazione Slitt Mastix Asphalt [7]

Conglomerati bituminosi colorati

I conglomerati bituminosi colorati si sono dimostrati un'ottima soluzione per le pavimentazioni urbane. I vantaggi di queste pavimentazioni speciali sono:

- riduzione dell’impatto ambientale;
- riduzione di incidenti (le pavimentazioni chiare diminuiscono l’effetto “black hole” e migliorano la percezione visiva del conducente);
- risparmio energetico (si risparmia fino al 30-40% in illuminazione sfruttando le proprietà fotometriche delle superfici chiare).

Le pavimentazioni colorate possono essere ottenute attraverso tre metodi:

- verniciatura;
- miscelazione di pigmenti;
- leganti trasparenti o emulsioni.

La verniciatura ha il vantaggio di poter essere applicata su manti d’usura tradizionali con una vasta gamma di colorazioni ma ha una durata limitata a causa dell’erosione del film colorato. Inoltre non può essere applicata a tutti i tipi di superfici per problemi di aderenza e porosità. I prodotti utilizzati per la verniciatura sono:

- pitture a solvente caratterizzate dal basso costo e dalla facilità di applicazione;
- pitture ecologiche che non emettono sostanze tossiche;
- laminati, ritagliati in sito e applicati a freddo caratterizzati dall’elevata rifrangenza soprattutto in condizioni di scarsa visibilità (nebbia e ore notturne).

Una delle applicazioni è lo Street Print, tecnica di stampa e resinatura nata in Canada ed utilizzata per l’arredo urbano, per la realizzazione di parcheggi, marciapiedi, piste ciclabili, aree destinate alla dissuasione del traffico. La realizzazione si compone di due fasi (Fig. 3.6):

- l’imprimitiura in cui si stende il conglomerato bituminoso, si compatta

con una leggera e veloce rullatura, si poggiano le matrici metalliche

sul tappeto ancora caldo (circa 70℃) che vengono impresse attraverso l’utilizzo di piastre vibranti, infine si correggono gli eventuali errori o irregolarità;

- la resinatura in cui si spruzza la resina con attrezzature specifiche e si spazzola meccanicamente (per conferire alla pavimentazione uniformità estetica) o manualmente (se è necessario alternare più tonalità cromatiche).

Fig. 3.6 Alcune fasi della lavorazione Street Print [29]

Un’ulteriore soluzione che trasforma il conglomerato bituminoso in una pavimentazione piacevolmente colorata è la pavimentazione in gommasfalto (Fig. 3.7) realizzata dalla Vesmaco le cui applicazioni sono molto vaste:

- superfici multiuso carrabili/sportive;
- piste ciclabili;
- piazze con ornamenti (con segni geometrici);
- parcheggi (con gradevoli combinazioni di colore);
- marciapiedi;
- piazzali antistanti attività industriali, commerciali, residenziali;
- elisuperfici;
- protezione incolore o pigmentata con caratteristiche antiolio dell’asfalto;
- impermeabilizzazione, protezione antiossidante, antidisgregante del conglomerato bituminoso in genere;
- evidenziazione e distinzione di grandi aree tramite l’uso di differenti colori segnale; trattamento segnaletico di evidenziazione di particolari aree in asfalto all’interno di circuiti automobilistici e artistici;
- trattamento colorante protettivo di aree in asfalto stampato mediante imprimitura meccanica;
- maxigrafica orizzontale;
- trattamento antipolvere, antiolio di superfici in calcestruzzo [39].

Fig. 3.7 Applicazioni di rivestimenti sintetici per superfici civili [42]

La colorazione del tappeto d’usura attraverso l’utilizzo di pigmenti (Fig. 3.8) ha il vantaggio di essere più duraturo rispetto alla verniciatura.

I pigmenti aggiunti alle miscele sono di natura organica:

- 1% biossido di titanio per ottenere il colore bianco;
- 2% ossido di ferro rosso per il rosso;
- 1% blu oltremare + 1% di biossido di titanio per il blu;
- 2% ossido di ferro giallo per il giallo.

Per ottenere buoni risultati è opportuno rispettare alcuni accorgimenti fondamentali:

- il colore degli aggregati deve essere il più possibile prossimo alla tonalità che si desidera ottenere;
- il colore del filler deve essere simile alla colorazione finale che si vuole ottenere.

L’usura della pavimentazione provocata dal traffico veicolare riporta a vista gli aggregati il cui colore andrà a miscelarsi con quello del legante. Rispettando, però, gli accorgimenti elencati l’effetto estetico non viene compromesso dallo spogliamento dell’aggregato. La Sintexcal S.p.A.

ha studiato e confezionato un nuovo prodotto granulare per la colorazione delle pavimentazioni: colorfalt, costituito da una miscela di pigmenti naturali ed artificiali e da un aggregante polimerico (EVA). La caratteristica è il suo particolare tipo di formato, il pellet, che garantisce un’elevata dispersione del prodotto nel conglomerato bituminoso sviluppando colorazioni eccellenti. Il empo di miscelazione per assicurare un’adeguata fusione del prodotto nel conglomerato deve essere aumentato di alcuni secondi

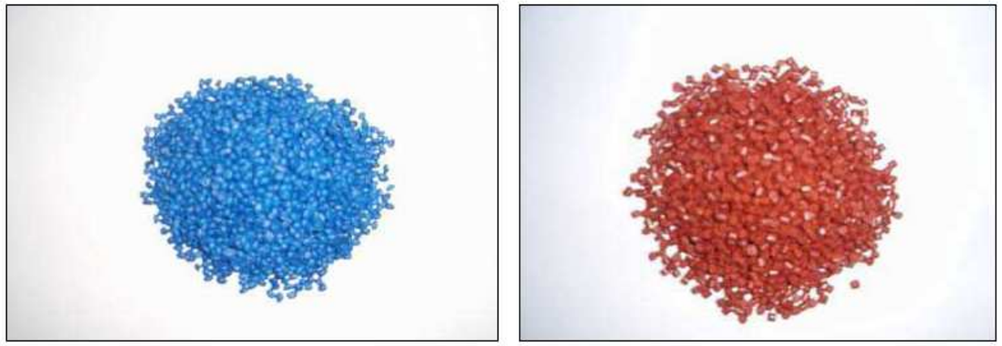


Fig. 3.8 Esempi di Colorfalt blue e red [39]

L'utilizzo dei leganti trasparenti nasce dall'esigenza di integrare le pavimentazioni con il paesaggio urbano. I leganti sintetici trasparenti sono caratterizzati dal basso contenuto di asfalteni (5% a fronte del 15% dei bitumi) e la quantità presente nella miscela è circa il 5.0-7.0% rispetto al peso totale a secco degli aggregati. Inoltre permettono la colorazione della pavimentazione senza l'utilizzo dei pigmenti ma semplicemente evidenziando il colore degli inerti (Fig. 3.9, Fig. 3.10). E' possibile, però, anche una lieve pigmentazione con basse percentuali di colorante o utilizzando filler colorato. I vantaggi che offrono i leganti trasparenti sono:

- maggiore aderenza (rispetto alla verniciatura);
- maggiore durata del colore;
- riduzione del 50% del pigmento necessario;
- compatibilità con polimeri elastomerici e termoplastici; perfetta integrazione con l'ambiente circostante;
- impermeabilizzazione della superficie stradale.

La preparazione, il trasporto e la messa in opera usufruisce delle stesse attrezzature dei conglomerati tradizionali. Il tempo di miscelazione deve essere più lungo in modo da permettere il completo rivestimento degli inerti. Il trasporto è un po' più delicato, infatti, si necessita l'uso di teloni per evitare il raffreddamento superficiale e la formazione di addensamenti. La compattazione avviene esclusivamente con l'utilizzo di rulli lisci di idoneo peso.

Fig. 3.9 Diversa colorazione del legante trasparente [19]

Fig. 3.10 Pavimentazione con legante trasparente ed inerti rossi [28]

Gli svantaggi di queste pavimentazioni sono la notevole sollecitazione del legante (a causa della diminuzione dei punti di contatto conseguentemente all'aumento della % di vuoti) ed i fenomeni di ossidazione e di stripping per l'azione degradante dell'acqua). Gli svantaggi di queste pavimentazioni sono la notevole sollecitazione del legante (a causa della diminuzione dei punti di contatto conseguentemente all'aumento della % di vuoti) ed i fenomeni di ossidazione e di stripping per l'azione degradante dell'acqua).

Bisogna puntualizzare che il comportamento del legante sintetico trasparente nella prova palla anello è anomalo (non si deforma sotto il peso della biglia fino al raggiungimento della temperatura critica in corrispondenza della quale si ha un improvviso collasso) e che le sue caratteristiche di trasparenza sono assicurate fino ad una temperatura di 120℃.

Le emulsioni trasparenti si presentano con un colore bianco latte che diviene traslucido a rottura. I vantaggi di queste "strade bianche" rispetto alle tradizionali sono:

- eliminazione delle strie nere sui bordi e delle ombreggiature delle normali emulsioni bituminose;
- più sicure;
- più confortevoli;
- resistenti a carichi ed intemperie;
- non rilasciano polvere.

Le emulsioni trasparenti possono essere utilizzate per trattamenti ecologici, superficiali e Slurry Seal ed in tutti questi casi non è esclusa la possibilità di colorazione, sia sfruttando il colore degli inerti, sia aggiungendo in piccole quantità pigmenti naturali o artificiali. La posa può avvenire con macchina spanditrice ed operatore oppure con macchina spanditrice combinata la cui caratteristica è quella di spargere contemporaneamente emulsione e graniglia. Un'applicazione del tappeto realizzato con emulsione trasparente è stata messa in opera dalla Emulcolorbit nella Villa Caprile, situata nel "Parco Naturale Regionale di San Bartolo" (Fig. 3.11). Risultati notevoli badato l'applicazione delle emulsioni trasparenti in galleria.

Fig. 3.11 Particolare della macchina spanditrice combinata e della rullatura nella realizzazione di un tappeto con emulsione trasparente [2]

Risultati notevoli si sono ottenuti con l'applicazione delle pavimentazioni colorate in galleria, riducendo l'effetto "black hole", aumentando la visibilità e l'attenzione del conducente nonché il risparmio energetico (Fig. 3.12).

Fig. 3.12 Differenza tra pavimentazione tradizionale e pavimentazioni colorate in galleria [11]

Pavimentazioni semiflessibili bicomponenti

Le pavimentazioni semiflessibili bicomponenti sono pavimentazioni che combinano le prestazioni meccaniche della malta cementizia ad alta resistenza con la flessibilità dei conglomerati bituminosi a struttura aperta. La struttura della pavimentazione (Fig. 3.13) mette in evidenza come questa sia una tipologia intermedia tra quelle rigide e flessibili.

Fig. 3.13 Strati della pavimentazione semiflessibile bicomponente [23]

Il Grouted Macadam (Fig. 3.14, Fig. 3.15) è lo strato più superficiale della pavimentazione composto da uno scheletro di conglomerato bituminoso caratterizzato da un'elevata porosità (pari al 25-35%) al quale viene aggiunto uno strato di malta cementizia che penetra negli interstizi

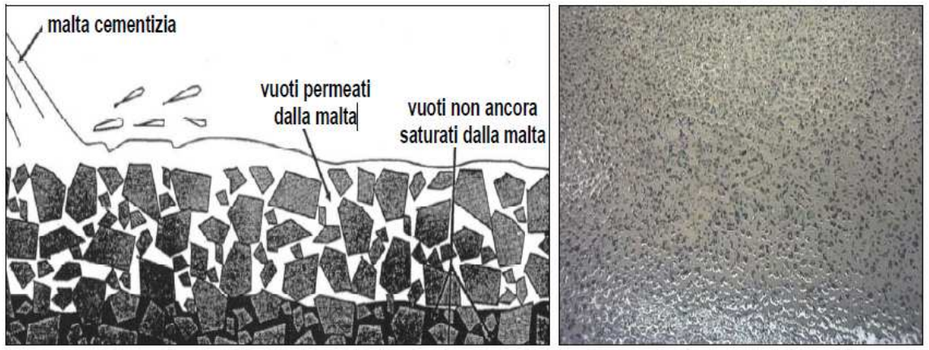


Fig. 3.14 Formazione del Grouted Macadam ed il suo aspetto a realizzazione ultimata [23-39]

I vantaggi di questa pavimentazione sono:

- combinazione fra resistenza e flessibilità;
- superficie senza giunti adatta sia per la posa in ambienti chiusi sia per ambienti esterni;
- durabilità;
- stabilità a temperature di –50℃ e +90℃;
- portanza elevata, adatta a sopportare intensi carichi statici; microstruttura dalla densità elevata;
- elevata resistenza ai cicli gelo/disgelo;
- elevata resistenza ad agenti chimici;
- resistenza all'usura;
- velocità di messa in opera;
- non crea polveri nocive alla salute dell'uomo;
- possibilità di applicazione su tutti i tipi di materiale.

Gli svantaggi:

- fenomeno di fessurazione per fatica legato all'elevata rigidezza;
- variazioni volumetriche dovute alla temperatura ed al ritiro della malta cementizia;
- scarsa aderenza in sito.

Le applicazioni sono:

- porti e interporti;
- parcheggi mezzi pesanti;
- pavimenti industriali;
- ipermercati;
- piste aeroportuali;
- fermate autobus, caselli autostradali;
- aree di lavaggio.

A causa della mancanza di una normativa di riferimento che regola la produzione del Grouted Macadam si fa riferimento, per la composizione granulometrica, ai conglomerati bituminosi drenanti. Importante è la microrugosità degli inerti, solitamente di origine basaltica. Qualora non fossero disponibili si utilizzano inerti naturali o artificiali (argilla espansa, scorie d'altoforno)

caratterizzate da un'elevata rugosità superficiale e resistenze meccaniche accettabili. Il bitume utilizzato può essere standard o modificato, con ottime caratteristiche di adesione, di coesione e di comportamento alle alte e basse temperature. Il dosaggio varia tra il 4.5 ed il 6.5% in peso sugli inerti. La viscosità del bitume deve essere media perché una bassa viscosità provocherebbe la segregazione degli aggregati, un'alta viscosità non garantirebbe un 54 sufficiente rivestimento di questi ultimi. Il contenuto dei vuoti è compreso tra il 25 ed il 35% ed influisce in modo notevole sulla possibilità per la malta di permeare negli interstizi del conglomerato. Le fibre di cellulosa aumentano il film che ricopre gli aggregati lapidei evitando la segregazione del bitume che avviene solo nel fondo dello strato. La malta cementizia è composta da cemento, inerte fine ed acqua. Negli Stati Uniti in aggiunta alla miscela sopra descritta sono presenti anche ceneri volanti (per aumentare la viscosità senza accelerare la presa) ed agenti modificanti (riducono la viscosità facilitandone l'infiltrazione nei vuoti intergranulari). Il rapporto acquacemento è pari a 0.7. La messa in opera è costituita da due fasi:

- posa del manto poroso;
- posa della malta cementizia (dopo 24 h della fase precedente). La compattazione avviene con rulli vibranti per facilitare l'infiltrazione della malta. L'apertura al traffico può avvenire anche solo dopo 24 h dalla fine della realizzazione.

Fig. 3.15 Pavimentazione semiflessibile bicomponente ultimata [39]

Pavimentazioni, inquinamento ed impatto ambientale

Conglomerati bituminosi a bassa energia

Gli obiettivi dei conglomerati bituminosi a bassa energia, tiepidi e semitiepidi, sono:

- riduzione delle temperature di produzione e di stesa (con conseguente risparmio energetico e miglioramento delle condizioni di lavoro, Fig. 3.17, Fig. 3.18);
- riduzione delle emissioni inquinanti.

Il principio è quello di ottimizzare il processo di confezionamento e posa sfruttando alcune caratteristiche chimico-fisiche dei bitumi. Le miscele prodotte legate a bitume sono caratterizzate da una minore viscosità a temperature più basse; per ottenere ciò si fa uso di additivi, doppio rivestimento, ricopertura sequenziale, schiumatura per immissione di sabbia umida ed aggiunta di acqua. I vantaggi che si ottengono sono:

- fino al 40-50% di risparmio energetico in produzione;
- fino al 40% in meno di emissioni di CO2 (anidride carbonica), 30% in meno di CO (ossido di carbonio), 60% in meno di NOx (ossidi da azoto e miscele);
- fino al 50% in meno di emissioni di polveri;
- riduzione o addiruttura assenza di ustioni;
- riduzione dei fumi emessi e differente composizione nella fase operativa di stesa;
- a parità di temperatura finale, copertura di maggiori distanze di trasporto del materiale proveniente dagli impianti di confezionamento;
- riduzione dei tempi di attesa per l'apertura al traffico di tratti di pavimentazione appena messa in opera;
- estensione del periodo lavorativo anche nelle stagioni meno calde. minor invecchiamento del legante bituminoso, per cui maggior durabilità ed in genere miglior caratteristiche prestazionali;
- minor usura dei mezzi di produzione.

Le fasi di produzione e di stesa dei conglomerati bituminosi sono caratterizzate da temperature differenti.

Fig. 3.17 Differenza di temperatura tra un conglomerato prodotto a caldo ed uno a bassa energia (in questo caso il Wam foam) [11]

Fig. 3.18 Temperatura finale dopo la stesa di un conglomerato a bassa energia [21]

Le tipologie di produzione dei conglomerati a bassa energia si dividono in due categorie:

- additivazione con fluidificanti del bitume (riducono la viscosità del bitume);
- schiumatura del bitume (rendono la miscela più fluida).

Appartengono al primo gruppo le tecnologie che impiegano sostanze organiche solubili nel bitume atte a modificarne le caratteristiche reologiche in merito alle variazioni di temperatura. Queste sono:

- SASOBIT®: utilizza come additivante le paraffine o le cere cristalline (con tenore del 3-4% in peso del bitume) che, fondendo ad una temperatura superiore agli 80℃, riducono la viscos ità del legante e conferiscono fluidità alle temperature di confezionamento e stesa dei conglomerati. A questi conferiscono rigidità anche a temperature elevate. Permettono la produzione del conglomerato ad una temperatura di circa 130℃ ed una compattazione eff icace anche ad 80℃;
- ITERLOW-T: è un composto chimico liquido che viene aggiunto direttamente al bitume con un dosaggio che varia dallo 0.3 all'1% in peso sul bitume. Questo prodotto esplica un'azione tensioattiva che permette la riduzione dell'attrito interno della miscela. Il confezionamento avviene ad una temperatura di 120℃ , la stesa e la co mpattazione a 90℃;
- 3°«LT»: questa tecnologia utilizza il legante LT, mod ificato con additivi e polverizzato sugli inerti. La produzione del conglomerato avviene ad una temperatura di circa 120℃, la messa in opera tra gli 80 e i 110℃;
- ECOFLEX®: anche questa utilizza il legante LT (quantità compresa tra il 5.1 ed il 5.5% in peso di bitume), bitume puro modificato con additivi pronti all'uso. Gli aggregati sono riscaldati ad una temperatura di 130℃, nella produzione e nella posa oscilla tra i 100° ed i 120℃.

Il secondo gruppo è composto da:

- WAM FOAM: la tecnica si basa sull'uso di bitumi soft ed hard (a bassa ed alta penetrazione) e utilizza impianti standard, sia continui che discontinui, corredati di attrezzatura specifica per la schiumatura del bitume. Il dosaggio totale del legante rispetto alla miscela è di circa il 6%. Inizialmente si immette nel miscelatore il bitume soft (30% del totale), poi il bitume hard (il restante 70%) che, prima di raggiungere il miscelatore, viene mandato all'interno di una camera di espansione dove avviene la schiumatura. La temperatura di produzione oscilla tra i 120 ed i 125℃, quella di posa è di circa 80-90℃ . Il processo di produzione è sintetizzato in Fig. 3.20;

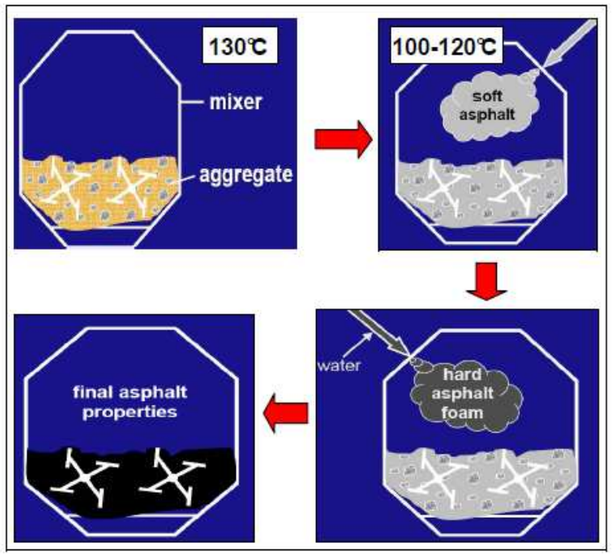


Fig. 3.19 Processo Wam-Foam [10]

LEA: questa tipologia è denominata tecnologia delle sabbie umide poiché il principio su cui si basa consiste nella non completa rimozione dagli aggregati dell'acqua naturale e da una schiumatura del bitume agevolata dall'uso di additivi. La presenza di acqua residua conferisce una buona lavorabilità alla miscela anche ad una temperatura di stesa di 70℃. La temperatura del pr ocesso di produzione è invece di 100℃. Questo p rocedimento r ichiede un maggior numero di passate con i rulli. Le fasi del procedimento LEA sono illustrate in Fig. 3.20

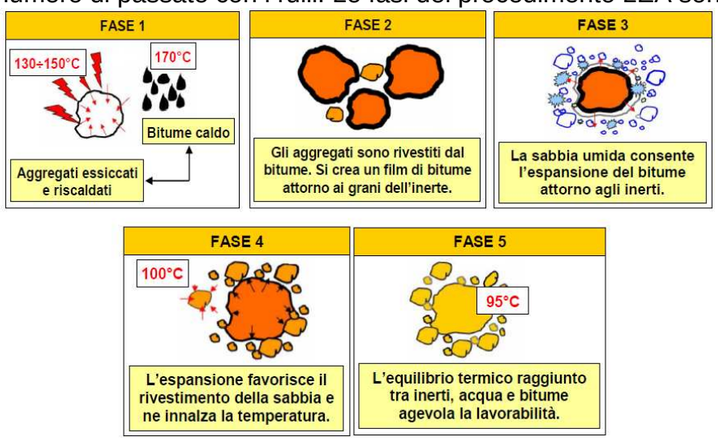


Fig. 3.20 fasi del procedimento LEA [10]

ASPHA-MIN®: è una tecnologia franco tedesca che utilizza una zeolite sintetica (Fig. 3.21) strutturata internamente come una spugna capace di trattenere acqua fino al 21% del peso totale. Una volta riscaldata (tra gli 85 ed i 180℃) la zeolite emette vapore che attiva il processo di schiumatura controllata e graduale del bitume.

La schiumatura “programmata” permette la lavorabilità del conglomerato fino alla temperatura di 90-100℃. Que sta tecnologia, inoltre: può essere applicata a tutte le miscele in produzione, viene inserita direttamente nel miscelatore senza il prolungamento dei tempi di miscelazione, si può utilizzare in condizioni climatiche critiche e l’impatto ambientale nei centri urbani è minimo, permette un’apertura al traffico più rapida

Fig. 3.21 Zeolite naturale e zeolite sintetica [10]

LT- ASPHALT®: si basa sulla scelta di riscaldare gli aggregati ad una temperatura di 90℃ (inferiore alla temperatura di evaporazione dell’acqua) ed in seguito di mescolare insieme la schiuma di bitume. La presenza di acqua sotto forma di vapore acqueo facilita la stesa e la compattazione dei conglomerati a bassa temperatura. Questa umidità sparisce con asciugatura spontanea;

- EVOTHERM®: è una miscela di sostanze chimiche additivanti tese a migliorare le caratteristiche di rivestimento, lavorabilità e adesione. La temperatura di stoccaggio è di 80℃, il dosaggio degli additivanti è dello 0.5% in peso dell’emulsione, normalmente composta dal 70% da bitume. Le miscele a tiepido con emulsioni schiumate raggiungono un livello prestazionale di poco inferiore a quello delle miscele a caldo, ma suscettibile di miglioramento con il passare del tempo;
- 3°«DB»: utilizza aggregati disidratati a 125℃ ve n gono miscelati prima con bitume tenero, in seguito con bitume duro;
- 3°«DM»: utilizza aggregati disidratati a 125℃ mi scel ati prima con bitume caldo, in seguito con schiuma di bitume;
- ECOMAC®: questa tecnologia permette un risparmio energetico tre volte superiore rispetto alla produzione di un normale conglomerato a caldo. La temperatura di questo prodotto a freddo, successivamente riscaldato, è di 50-60℃. Il riscal damento riguarda la parte litica, il legante è un’emulsione di bitume puro, la curva granulometrica può essere continua o discontinua. Dopo la stesa e la compattazione è possibile aprire direttamente la strada al traffico;
- VEGECOL®: è un legante innovativo fabbricato a partire da materie prime vegetali e rinnovabili. Non solo consente l’abbassamento della temperatura di fabbricazione di 40℃ ma la sua tras parenza lo rende utilizzabile dove è necessario far risaltare il colore degli inerti ed in ambito urbano (è possibile, infatti, l’aggiunta di pigmenti per la colorazione).

Pavimentazioni fotocatalitiche

Le pavimentazioni fotocatalitiche sfruttano il fenomeno di fotocatalisi, ossia quel processo per cui una sostanza (in questo caso il biossido di titanio TiO2), sfruttando la luce, incrementa la velocità di una reazione chimica. I benefici dei materiali fotocatalizzatori sono:

- antinquinamento: è la proprietà di depurare l’aria da numerose sostanze inquinanti, le quali vengono trasformate in sali minerali ed altri residui del tutto innocui per l’uomo;
- antisporcamento: è la proprietà di mantenere inalterato nel tempo il colore e l’aspetto estetico dei manufatti realizzati con materiali fotocatalitici. Questa capacità antisporcante (detta anche autopulente) si basa in parte sulla decomposizione degli inquinanti e in parte sulla superidrofilia tipica dei fotocatalizzatori irradiati ed è molto importante anche perché, evitando l’accumulo superficiale di sostanze estranee, preserva nel tempo l’esposizione del materiale alla luce e all’aria e quindi ne garantisce un’efficienza duratura;
- antibattericità: con questo termine si intende la possibilità da parte del materiale di attaccare organismi biologici di diversa natura. La realizzazione di una pavimentazione fotocatalitica può avvenire utilizzando tre tecniche:
- pavimentazioni fotocatalitiche bitume-cemento (Fig. 3.22): è la tecnica costruttiva attualmente più utilizzata poiché ha dato notevoli risultati sia a livello prestazionale, sia a livello antinquinante. Vengono utilizzate per strade ad elevata intensità di traffico e sono composte da uno strato di conglomerato bituminoso aperto parzialmente intasato da una malta cementizia fotocatalitica. Il bitume deve essere di tipo modificato, con elevate caratteristiche di adesione e coesione per sopperire, in termini di resistenza meccanica complessiva, alle carenze di contatti aggregatoaggregato tipiche delle miscele ad elevato volume di vuoti. Lo strato di usura fotocatalitico, grazie al colore chiaro, migliora la visibilità e riduce il gradiente termico della pavimentazione [10];

Fig. 3.22 Applicazione della malta cementizia fotocatalitica e superficie di pavimentazione fotocatalitica usurata da pneumatici con permanenze

di biossido di titanio nelle zone compresse [6]

pavimentazioni rivestite con malta cementizia fotocatalitica: è stata la prima tecnica adottata per la realizzazione di strade fotocatalitiche. Consiste nell’applicare uno strato, più o meno sottile, di malta cementizia fotocatalitica sul conglomerato bituminoso esistente. E’ utilizzato esclusivamente per la realizzazione di piste ciclabili e marciapiedi;

- pavimentazioni in masselli autobloccanti ecoattivi (Fig. 3.23): si tratta di pavimentazioni in masselli autobloccanti realizzati o rivestiti con cemento fotocatalitico il quale conferisce alla pavimentazione proprietà antinquinanti;

Fig. 3.23 Esempio di masselli fotocatalitici (via Borgo Palazzo, Bergamo) [5]

pavimentazioni bituminose fotocatalitiche: sono pavimentazioni ecoattive in cui il fotocatalizzatore è disperso in un supporto inorganico alternativo legato direttamente al conglomerato bituminoso.

In Italia tutte le pavimentazioni fotocatalitiche bitume-cemento sono state realizzate con un prodotto denominato Fototluid, un premiscelato in polvere composto da cemento fotocatalitico di colore chiaro ed inerti silicei a granulometria selezionata che conferiscono alla pavimentazione buone caratteristiche di aderenza. Inoltre sono state fatte molte applicazioni all'interno di gallerie e sottopassi ottenendo notevoli risultati non solo per la riduzione di inquinper la conseguente pulizia delle superfici e per il risparmio energetico a livello di illuminazione.

Riciclato a freddo con schiuma di bitume (RAP)

In Italia vengono prodotte annualmente circa 14 milioni di tonnellate di fresato; tuttavia il nostro è il paese in cui esso viene riciclato solo per il 15% del totale, contro il 100% dei Paesi Bassi, il 90% del Regno Unito e l'80% di Germania, USA e Giappone. Uno spreco assurdo se si considera che, di norma, il problema che impedisce una corretta manutenzione stradale è di carattere esclusivamente economico e potrebbe essere ridotto ricorrendo in maniera sistematica al riciclaggio a freddo che, rispetto alle tecniche tradizionali, presenta costi e strumenti minori e una soglia di sfruttamento del fresato che può raggiungere il 100%. L'elemento fondamentale del riciclaggio a freddo è il bitume schiumato (o espanso), un legante ottenuto aggiungendo al bitume caldo (180℃) circa il 2-3% di acqua. L'acqu a e vapora istantaneamente provocando la schiumatura esplosiva del bitume che aumenta di volume di 15-20 volte [34]. La schiuma incrementa la superficie specifica del bitume e riduce considerevolmente la sua viscosità, rendendo il legante più adatto alla miscelazione con gli aggregati freddi e umidi. I fattori che influenzano la "schiumabilità" del bitume sono:

- volume di schiuma prodotto;
- quantità di acqua usata;
- temperatura di schiumaggio del bitume.

anti emessi ma anche

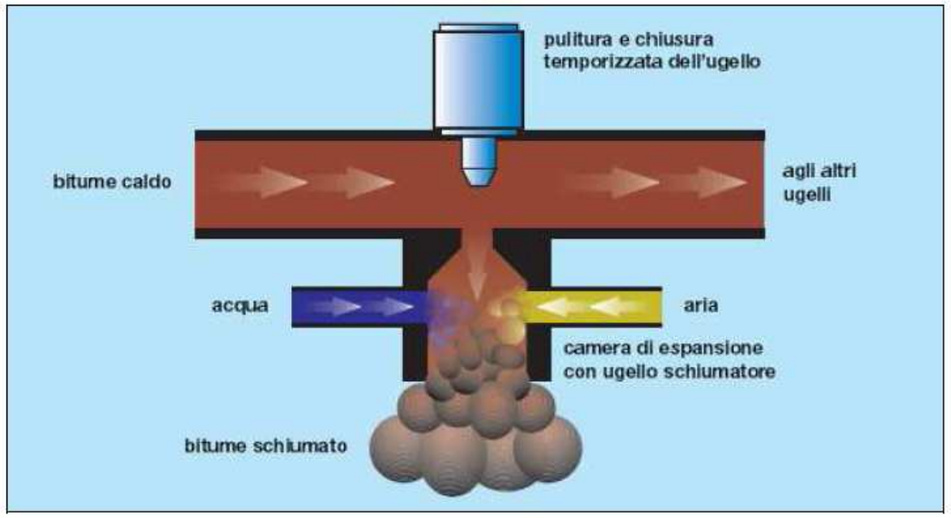


Fig. 3.24 Sistema di espansione del bitume [27]

La schiumatura del bitume avviene all'interno di una serie di camere di espansione (Fig. 3.24) separate e dotate di ugelli attraverso i quali il bitume viene iniettato uniformemente. Il controllo del processo di schiumatura e delle quantità aggiunte è affidato ad un microprocessore, tenendo conto di larghezza e profondità di lavoro, velocità di avanzamento e densità del materiale esistente. L'acqua e l'aria sono iniettate tramite ugelli indipendenti. Il riciclaggio a freddo può avvenire "in-plant", cioè trasportando il materiale recuperato da una strada esistente ad un deposito centralizzato, dove viene rigenerato in un apposito impianto fisso oppure "in-place", ossia in sito, utilizzando una macchina riciclatrice. Il riciclaggio in impianto fisso è spesso l'opzione più onerosa in termini di costo per metro cubo di materiale rigenerato, soprattutto perché si deve sostenere il costo del trasporto, che viene meno riciclando il materiale in sito. Quest'ultima, invece, ha acquisito popolarità grazie all'avvento di macchine riciclatrici grandi e potenti, in grado di ripristinare le pavimentazioni ad una frazione del costo dei metodi di ricostruzione convenzionali. Inoltre, alla luce dello stato di degrado delle pavimentazioni stradali in ogni parte del mondo, la necessità di ripristinare le pavimentazioni esistenti è di gran lunga più consistente della domanda di nuove infrastrutture viarie.

I principali vantaggi offerti dal confezionamento delle miscele in un impianto fisso rispetto alla miscelazione in sito sono: maggiore controllo dei materiali aggiunti;

- qualità di miscelazione;
- stoccabilità.

La rigenerazione in sito a freddo deve essere realizzata mediante un "treno" di riciclaggio (Fig. 3.26) costituito da: fresa (Fig. 3.25), macchina stabilizzatrice attrezzata con il dispositivo per la produzione di schiuma di bitume e almeno 2 rulli. La messa in opera della miscela deve essere effettuata in modo da ottenere uno strato perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione di elementi litoidi più grossi. La miscela appena stesa deve essere immediatamente compattata mediante un rullo vibrante ed un rullo gommato. I rulli impiegati devono garantire l'ottenimento delle densità di progetto.

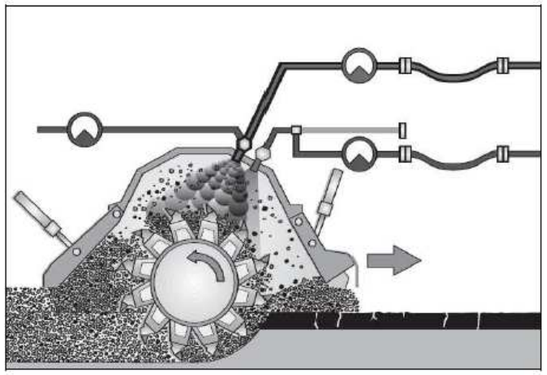


Fig. 3.25 Funzionamento della fresatrice [27]

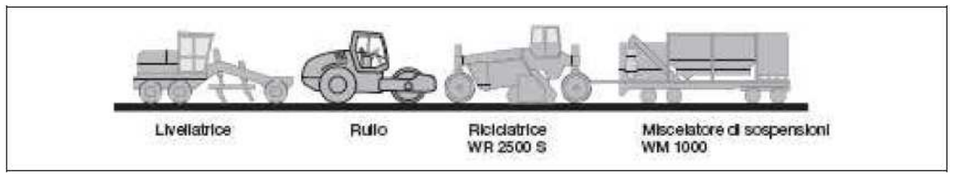


Fig. 3.26 Tipico treno di riciclaggio [27]

Asphalt Rubber

L'utilizzo del bitume modificato con polverino di gomma proveniente da pneumatici dimessi ha avuto inizio quarant'anni fa negli Stati Uniti per contrastare la fessurazione delle pavimentazioni flessibili generate da gradienti di temperatura elevati che sottoponevano il conglomerato ad un notevole stress termico. Con il termine Asphalt rubber si indica un tipo specifico di bitumi, con una granulometrica specifica di gomma, e che viene prodotto direttamente in opera, in stretta prossimità del cantiere stradale, tramite apparecchiature specializzate. Tali tecnologie e metodologie rappresentano una soluzione ai problemi legati alla gestione delle discariche di pneumatici a causa dell'elevato volume di applicazione, del rischio di incendio e di instabilità del corpo della discarica, dell'inquinamento dovuto alla loro degradazione. Gli pneumatici dimessi (Fig. 3.27) appartengono alla categoria dei "rifiuti speciali" non pericolosi; in Italia se ne producono circa 360000 tonnellate all'anno (20% quelli che hanno subito già la ricostruzione, il restante 80% non ricostruiti). La gomma si distingue in naturale (prodotto ricavato dalla pianta Hevea Brasilienis in Brasile con il 70% di elastomeri) e sintetica (costituito da polimeri artificiali con quantità inferiore al 50% di elastomeri). Non vengono mai impiegate allo strato grezzo non solo per le scarse proprietà meccaniche ed elastiche ma anche per la loro vulnerabilità rispetto al tempo ed alle temperature. Al fine di stabilizzare tali proprietà vengono sottoposte ad un processo di vulcanizzazione che determina la formazione di una struttura molecolare tridimensionale stabile. Gli elementi che costituiscono la mescola di gomma sono:

- i vulcanizzanti e gli acceleranti: consentono il passaggio del materiale dallo stato plastico a quello elastico con conseguente aumento della resistenza meccanica e riduzione della solubilità;
- le cariche (nerofumo e ossido di zinco): incrementano il carico di rottura, la resistenza all'abrasione alla lacerazione e ai solventi La triturazione avviene per via meccanica o criogenicamente. La prima fornisce un granulato non regolare che favorisce la reazione chimico-fisica tra gomma e bitume chiamata "digestione". La seconda fornisce un granulato di pezzatura ridottissima depurato da "elementi inquinanti" (fibre di natura tessile o metallica) a costi maggiori. Il granulato è denominato:
- CRM (Crumb Rubber Modifier): pezzatura compresa tra 0.24 e 5 mm;
- PRM (Powdered Rubber Modifier): pezzatura minore di 0.24 mm;
- poverino ultrafine: pezzatura inferiore a 0.074 mm.

Fig. 3.27 Pneumatici dimessi [28]

I processi per la realizzazione di conglomerati bituminosi con granulato di gomma sono due:

- Wet;
- Dry.

Il processo Wet consiste nell'aggiungere la gomma sotto forma di polverino (10-30% in peso del legante) al bitume ottenendo così un legante modificato. Non comporta sostanziali modifiche all'impianto di produzione ed il processo può essere continuo o discontinuo. La gomma conferisce allegante migliore elasticità e flessibilità mentre gli antiossidanti ne ritardano l'invecchiamento. Con il processo Wet si ottengono le seguenti caratteristiche reologiche del bitume:

- maggiore densità;
- maggiore punto di rammollimento;
- minore suscettività termica;

maggiore resistenza allo scorrimento;

- minore invecchiamento;
- minor tendenza alla fessurazione;
- impermeabilità.

Questi requisiti li rendono idonei per la realizzazione di conglomerati drenanti (Fig. 3.28).

Fig. 3.28 Corsia drenante realizzata con Asphalt Rubber [1]

Nel processo Dry la gomma ha la funzione di microammortizzatore viscoelastico migliorando la risposta del conglomerato alle sollecitazioni ed impedendo fenomeni di sfioramento e sgranamento. Il consumo di gomma, però, risulta dieci volte maggiore rispetto a quello utilizzato nel processo Wet. In esercizio l'impiego della gomma nei conglomerati bituminosi si è tradotto in:

- aumento della vita utile delle pavimentazioni;
- maggiore resistenza al ghiacciamento;
- riduzione del fenomeno dell'aquaplaning;
- riduzione del rumore di rotolamento;
- riduzione della risalita delle fessurazioni;
- maggiore aderenza;
- maggiore visibilità.

Il processo di produzione è schematizzato in Fig. 3.29:

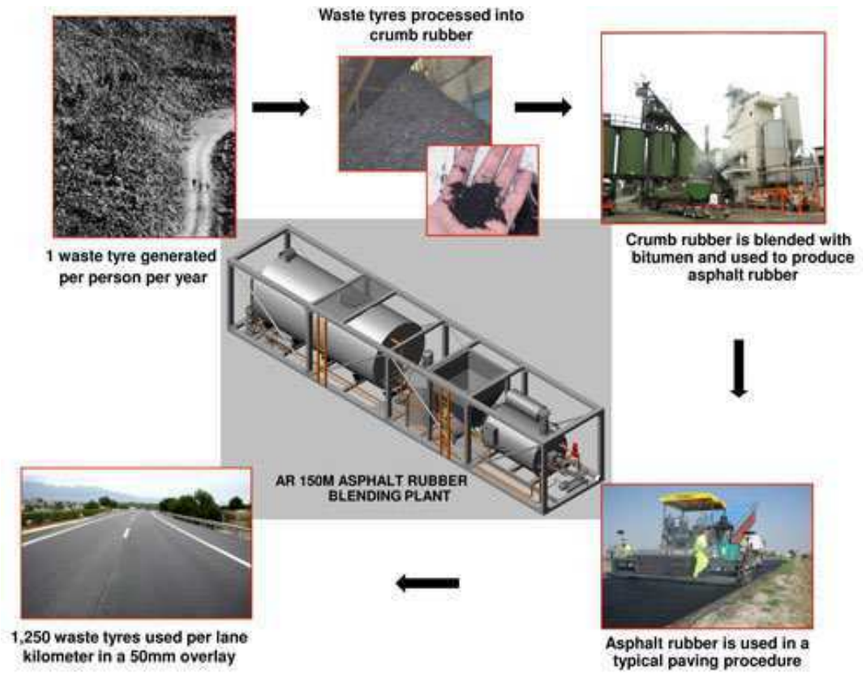


Fig. 3.29 Processo di produzione del conglomerato bituminoso con Asphalt Rubber [37]

Masselli antitrauma

I masselli autobloccanti antitrauma (Fig. 3.30) sono realizzati con granuli di gomma riciclata, solitamente derivante da pneumatici dimessi. Sono comunemente usati nei parcheggi, nelle areepedonali e ciclabili, nei parchi giochi. I vantaggi di queste pavimentazioni sono:

- rapido asciugamento;
- proprietà antiscivolo;
- vasta gamma di possibili colorazioni;
- minima manutenzione;
- sistema di pigmentazione atossica [10].

Non è necessario alcuna speciale tecnica di posa ne' di leganti speciali. Si posano su uno strato livellato di sabbia, su una gettata di cemento o su qualsiasi altra superficie ben livellata. Possono essere utilizzati all'esterno senza perdita di colore o di usura fisica [32

Fig. 3.30 Masselli antitrauma [32]

TECNOLOGIE IN FASE DI SPERIMENTAZIONE

La richiesta di pavimentazioni stradali sempre più sicure e performanti ha portato alla costante ricerca di nuovi materiali e di nuove tecnologie. In seguito si descriveranno delle nuove soluzioni in fase di sperimentazione quali conglomerati bituminosi con specchi, l'utilizzo di scorie di acciaieria come inerti e di vetro come filler.

Conglomerati bituminosi con frammenti di specchio (Scintiflex)

Scintiflex è stato creato nel 1997 dalla ditta Screg in Francia ma solo ora sta riscuotendo successo. E' un conglomerato bituminoso prodotto e messo in opera come un normale tappeto tradizionale che risponde a due obiettivi:

- fornire all'utente una superficie di rotolamento duratura, sicura e confortevole;
- apportare delle proprietà fotometriche particolari grazie all'aggiunta all'interno della miscela di frammenti di specchio in sostituzione di una parte di aggregati.

I frammenti di specchio incorporati nello scheletro riflettono la luce in diverse direzioni; il rivestimento è così capace di riflettere i raggi luminosi dell'ambiente circostante che provocano un effetto di scintillamento. Scintiflex utilizza materiali tradizionali; le proprietà fotometriche sono prodotte dai detriti di specchi prodotte dall'industria. Questi vengono schiacciati, vagliati ed utilizzati come aggregati di roccia naturale. Questa semplicità permette la produzione con costi non elevati. Grazie alla sua particolarità Scintiflex è adatto per:

- risaltare l'estetica di un sito (è applicato, infatti, sugli itinerari di prestigio o per abbellire vie, nelle zone semipedonali o nelle rotonde di accesso ai centri abitati);
- aumentare la sicurezza attirando l'attenzione del conducente nei pressi di rotonde, incroci pericolosi, zone di transito dei tram;
- aumentare la visibilità della strada e delle gallerie contribuendo al risparmio energetico.

In Francia alcune applicazioni sono state effettuate a Toulouse, Hermanville-sur-mer, Villepreux, Nantes.

Fig. 4.1 Applicazioni di Scintiflex [43]

Scorie di acciaieria: i nuovi aggregati

Il forno elettrico ad arco, utilizzato nell'industria siderurgica per la produzione di acciaio, genera un sottoprodotto denominato scoria di acciaieria. Questo materiale si forma sopra il bagno di fusione dell'acciaio come risultato dell'ossidazione delle impurezze e dei composti generati dagli additivi inseriti nel forno elettrico [17]. La granella è un materiale adatto al confezionamento di manti in conglomerato bituminoso speciale ad elevate prestazioni. Infatti ha caratteristiche fisiche e meccaniche migliori rispetto agli inerti pregiati di origine effusiva, quali basalto e porfido, normalmente impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi speciali ad alte prestazioni.

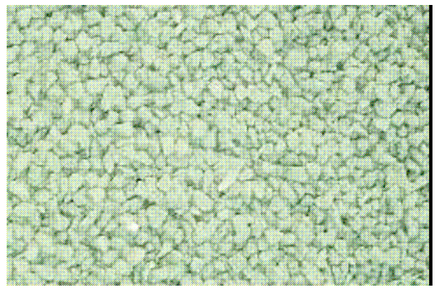


Fig. 4.2 Granella [17]

La scoria del forno viene colata nell'apposita fossa dove gli operatori addetti la prelevano e la depositano nell'area di raffreddamento. La solidificazione in blocchi avviene all'aria aperta o viene accelerata spruzzando acqua.

Fig. 4.3 Scoria d'altoforno e fase di raffreddamento [15]

La scoria raffreddata viene prelevata con mezzi meccanici e trasportata nell'impianto di trasformazione dove viene sottoposta ad un'adeguata stagionatura di circa sei mesi. Terminato il periodo di stagionatura si effettuano analisi chimiche del prodotto verificando le percentuali di alluminio, ferro, calcio, magnesio, silicio. Il materiale viene caricato all'interno di una tramoggia dotata di griglia (di 30 cm) che consente la separazione dei crostoni metallici in seguito frantumati e riciclati nel forno elettrico. Attraverso il nastro trasportatore si accompagna il materiale ad un separatore magnetico di grandi dimensioni in cui avviene la prima separazione. La parte non trattenuta viene sottoposta d una prima vagliatura con maglie da 50 mm a 5 mm. Il passante inferiore ai 5 mm viene espulso e classificato come granella 0/4 mm. Il materiale più grossolano viene trasportato al frantoio a mascelle; il trattenuto (tra i 5 e i 50 mm) viene convogliato al frantoio a cono a campana corta. Si effettua nuovamente la separazione magnetica ed il vaglio; il materiale con dimensioni maggiori inizia il ciclo completo. La granella con pezzature intermedie viene convogliata ad un frantoio a campana mentre quella di pezzatura più fine è indirizzata verso il vaglio finitore. Le pezzature che si ottengono sono: 8/14 mm, 4/8 mm, 0/4 mm.

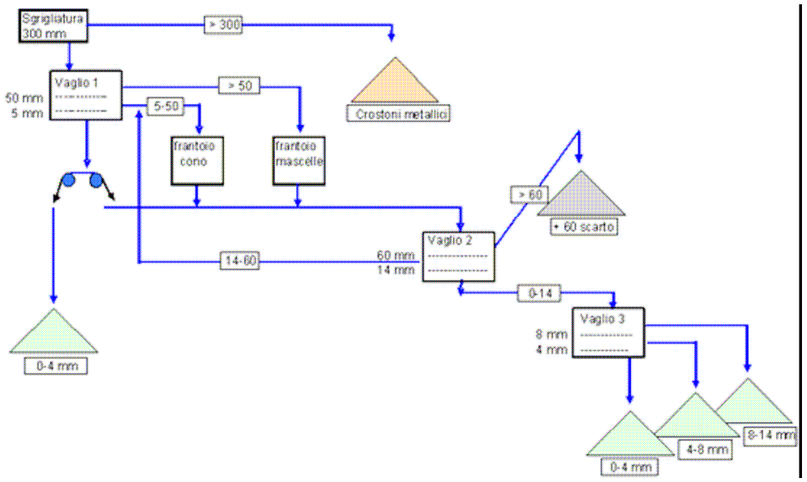


Fig. 4.4 Impianto di produzione di granella [15]

Fig. 4.5 Separatore magnetico, frantoio a mascelle, frantoio a cono [15]

La granella soddisfa pienamente i requisiti richiesti per gli aggregati dei conglomerati bituminosi con valori anche migliori rispetto agli aggregati di natura basaltica.

L'utilizzo di questo nuovo aggregato si proietta verso tutte quelle applicazioni dove si devono avere le migliori combinazioni di micro e macrorugosità per l'aumento dell'aderenza e la riduzione degli spazi di frenata.

Dal 1°Giugno 2004 questi aggregati sono certificat i e dotati di marchio CE in conformità alla direttiva 89/106/EEC e secondo la norma UNI EN 13043 [15].

Glassphalt

Glassphalt è una miscela di conglomerato bituminoso tradizionale e vetro riciclato. E' stato sviluppato come alternativa allo smaltimento di vetro colorato. Questo, infatti, è inadatto per la realizzazione di nuovi
contenitori. Se non ci sono alternative per i vetri colorati e l'unica opzione è quella dello smaltimento in discarica con elevati costi, importante si rileva questa nuova tecnologia. In sito Glassphalt non è
visibile ad eccezione di frammenti di vetro leggermente più grandi; se messo in opera correttamente non rappresenta un pericolo né per l'utente né per gli pneumatici. Inoltre, grazie al contenuto di vetro, le
pavimentazioni resistono meglio alle variazioni termiche e, in caso di pioggia, asciugano più velocemente a causa dell'impermeabilità dei frammenti di vetro. L'utilizzo di Glassphalt non è consigliato nelle
autostrade poiché i frammenti di vetro dopo compattazione si dispongono parallelamente alla superficie stradale riducendo l'aderenza tra pneumatico e pavimentazione. Glassphalt è un conglomerato
bituminoso tradizionale prodotto a caldo ad eccezione del fatto che una percentuale di aggregati sono sostituiti da vetro riciclato. I vetri devono essere puliti e frantumati, in seguito sono miscelati con aggregati vergini, bitume modificato, additivi. Al fine di soddisfare i requisiti della prova Marshall la quantità di vetro riciclato deve essere inferiore al 20%. E' importante, inoltre, aggiungere nella miscela prodotti antistripping per evitare lo spogliamento degli aggregati. Prima di utilizzare vetro riciclato per la confezione di conglomerati bituminosi è bene progettare adeguatamente la miscela apportando le modifiche necessarie affinché la pavimentazione esplichi le sue funzioni senza problemi. Progetti già realizzati hanno dato risultati insoddisfacenti a causa dell'inadeguato controllo del materiale e della progettazione

Fig. 4.6 Glassphalt [30]

[a] FACOLTÀ DI INGEGNERIA BOLOGNA Corso di Laurea in Ingegneria Civile DISTART- Strade Costruzione di Strade, ferrovie ed aeroporti
Elaborato finale di laurea di **Fiavia Rapino** *Relatore:* Prof. Ing. **Giulio Doadi** *Correlatrice:*Dott. **Valeria Vignali** *2007 — 2008*
[1] Antunes i., Giuliani F,, Scusa J. B., Way G., Asphait Rubber: bitume modificato con polverino di gomma di pneumatico riciclata, Strade e Autostrade, 4-2007, pp. 60-68;
[2] Bonafé P., Nasce l'emulsione trasparente per strade meglio inserite nell'ambiente, Pavimentazioni & Manti, Strade e Autostrade, 3-2007, pp. 55-58;
[3] Bucchi A., Appunti delle lezioni, Costruzione di strade ferrovie ed aeroporti, Anno Accademico 2006-2007;
[4] Bucchi A., New Tecnologies and modeling toois for roads, Implementation and cases studies-Pavements, Internationai Congress SilV, Firenze, 27-29/10/2004;
[5] Cavalli C., Principi attivi fotocataiitici: Bianco per sempre, Le Strade 10/2007;
[6] Da Rios G., Lambrugo S., Pavimentazioni di supporto ad azioni fotocatalitiche, Strade & Autostrade 3-2007, pp.2-8;
[7] Domenichini L, Strumenti e metodi per la mitigazione dei disturbo acustico prodotto dalie infrastrutture di trasporto, Infrastrutture stradali, Miscele per pavimentazioni ad elevate prestazioni acustiche;
[8] Dondi G., Tomesani L., Mannelli M., il catasto strade delia regione Emilia Romagna, www.provincia.fe.it:
[9] Dondi G., Vignali V., La sovrastruttura stradale per la mobilità non motorizzata, , IX Corso di Aggiornamento "Tecniche per la sicurezza in ambito urbano", Ciclo di lezioni sul tema "Interventi per incentivare la
mobilità non motorizzata", organizzato dall'Università degli Studi di Brescia e da Centro Studi Città Amica (CeSCAm), Desenzano dei Garda (Brescia). 24-25 ottobre 2005;
[10] Dondi G,, Vignali V., Dezi G., Le diverse tipologie di pavimentazione per gli spazi pedonali e ciclabili, XII Corso di aggiornamento "Tecniche per la sicurezza in ambito urbano", Ciclo di lezioni sul tema "Progettazione e gestione degli spazi esterni alla carreggiata", organizzato dall'Università degli Studi di Brescia e da Centro Studi Città Amica (CeSCAm), Desenzano del Garda (Brescia), 23-24 ottobre 2008;
[11] Giuliani F,, Materiali bituminosi innovativi, 4°Corso di Alta Formazion e alla Ricerca ICAR-04, Cingoli;
[12] Laboratorio Giepi S.r.l., Prove di carico su piastra e densità in sito, Foggia;
[13] Laboratorio sperimentale stradale, Dipartimento di Ingegneria Civile, Pisa;
[14] Laboratorio prove materiali da costruzione, Prove di aderenza superficiale di una pavimentazione stradale, Provincia di Verona;
[15] Manchi E., Studio e raccolta dati sui processo relativo alle scorie di acciaieria utilizzate per la produzione di aggregati per conglomerati bituminosi speciali per le pavimentazioni stradali;
[16] Marradi A., Verifiche prestazionali su materiali riciclati a freddo, Coid recycling 2007, Cìvita Castellana, 13 Marzo 2007;
[17] Maschietto M., Grandesso P., Scorie di acciaieria: un nuovo aggregato ad elevate caratteristiche per conglomerati bituminosi speciali;
[18] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Capitolato speciale d'appalto tipo per lavori stradali, ART. 2, ART.10;
[19] Parati F., Cromoterapia, Materiali-Conglomerati colorati, Le Strade;
[20] Praticò F. G., Rosolino V., Stone Mastic Asphalt: performance e caratteristiche superficiali;
[21] Rebecchi C., Gellini G. G., Emulsione modificata e ASPHA-MIN®: alte prestazioni ecosostenibili, Manutenzione pavimentazioni, Strade & Autostrade 1-2007, pp.24-27;
[22] Santagata A., Portanza dei sottofondi, Costruzione di strade ferrovie ed aeroporti;
[23] Simone A., Sangiorgi C., Vignali V., Le pavimentazioni semiflessibili:caratterizzazione dei Grouted Macadam, XVI Convegno Nazionale S.I.I.V. - Campus di Arcavacata di Rende (CS) - 20-22
Settembre 2006;
[24] Sterpi E., Le Pavimentazioni, Costruzione di infrastrutture per I trasporti 1 pp. 7-11 ;
[25] Vespa A., La regina delle bolle di bitume, Wirtgen, Eventi, MT Febbraio 2008;32;
[26] Zardini M., "Asfalto: il carattere della città", Triennale di Milano, 2003;
[27] Wirtgen Group, Manuale dì riciclaggio a freddo Wirtgen, Riciclaggio a freddo, Seconda edizione Novembre 2004;
[28] www.bitem.it
[29] www.busanaseQnaietica.com;
[30] www.cambridgema.gov:
[31] www.costruzionicancemisri.it ;
[32] www.euchora.com:
[33] www.iterchimica.it;
[34] it.wikipedia.org;
[35] www.icpc.fr Laboratoire Centra! des Ponts et Chaussèes, Products, Catalogne of mlpc Equipment ;
[36] www.mastrad.com;
[37] www.Dhoenixindustries.co, Asphalt Rubber - thè Truly "Green" Pavement;
[38] www.sineco.co.it. Prodotti e servizi, Tecnologie non distruttive, Sistemi ad alto rendimento;
[39] www.sintexcai.com:
[40] www.stradeanas.it ANAS S.p.A, Servizi ad atto rendimento, li Centro sperimentale stradale di Cesano;
[41] www.stradeeautostrade.it:
[42] www.vesmaco.com:
[43] www.screa.fr.

PRINCIPALI TIPOLOGIE DI PAVIMENTAZIONE UTILIZZATE NEGLI INTERVENTI DI URBANIZZAZIONE

Materiale: Asfalto drenante

Utilizzo: Parcheggi, Strade, Percorsi perdonali, Piste Ciclabili

Dimensioni: variabili

Caratteristiche tecniche:

Caratteristiche tecniche:
Proprietà degli aggregati
- Conformità UNI EN 13043:2004
- Conformità UNI EN 932-1÷6
- Conformità UNI EN 1936:2001

Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati
- Conformità UNI EN 933-1÷10
- Conformità UNI EN 1097-1,2

Prove per determinare le proprietà fisiche e meccaniche degli aggregati
- Conformità UNI EN 1097-3÷10

Prove per determinare le proprietà termiche e degradabilità degli aggregati – Prove sul filler
- Conformità UNI EN 1367-1÷5
- Conformità UNI EN 13179-1,2

Bitume e leganti bituminosi
- Conformità UNI EN 12597:2002
- Conformità UNI EN 58:2005
- Conformità UNI EN 1426÷1431 :2002
- Conformità UNI EN 12592÷12596
- Conformitò UNI EN 12606-1,2
- Conformità UNI EN 12607-1,2,3
- Conformità UNI EN 13302-133304-13305-13357-13398-13399-13702-1,2-13703-13587-13589-13924-14023

Emulsioni bituminose
- Conformità UNI EN 12846÷12850 :2004
- Conformità UNI EN 13075-1,2 :2004

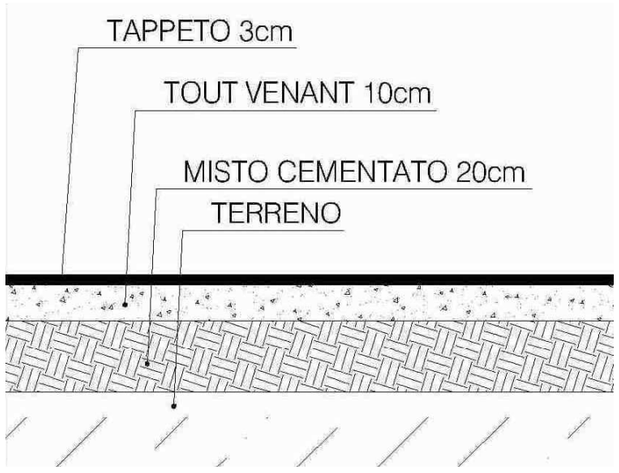
Trattamenti superficiali
- Conformità UNI EN 12271÷12274-8

Miscele bituminose – Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo
- Conformità UNI EN 13108-1÷8,20,21 :2006
- Conformità UNI EN 12697-1÷43

Caratteristiche superficiali delle pavimentazioni stradali e aeroportuali
- Conformità UNI EN 13036-1,3,4,7

Materiali per la sigillatura a caldo dei giunti
- Conformità UNI EN 13880-1÷13

Asfalto drenante



Sezione

Asfalto drenante rosso

Stampa a caldo

Materiale: Asfalto colato

Utilizzo: Parcheggi, Strade, Percorsi perdonali, Piste Ciclabili

Dimensioni: variabili

Caratteristiche tecniche:
Proprietà degli aggregati
- Conformità UNI EN 13043:2004
- Conformità UNI EN 932-1÷6
- Conformità UNI EN 1936:2001

Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati
- Conformità UNI EN 933-1÷10
- Conformità UNI EN 1097-1,2

Prove per determinare le proprietà fisiche e meccaniche degli aggregati
- Conformità UNI EN 1097-3÷10

Prove per determinare le proprietà termiche e degradabilità degli aggregati – Prove sul filler
- Conformità UNI EN 1367-1÷5
- Conformità UNI EN 13179-1,2

Bitume e leganti bituminosi
- Conformità UNI EN 12597:2002
- Conformità UNI EN 58:2005
- Conformità UNI EN 1426÷1431 :2002
- Conformità UNI EN 12592÷12596
- Conformitò UNI EN 12606-1,2
- Conformità UNI EN 12607-1,2,3
- Conformità UNI EN 13302-133304-13305-13357-13398-13399-13702-1,2-13703-13587-13589-13924-14023

Emulsioni bituminose
- Conformità UNI EN 12846÷12850 :2004
- Conformità UNI EN 13075-1,2 :2004

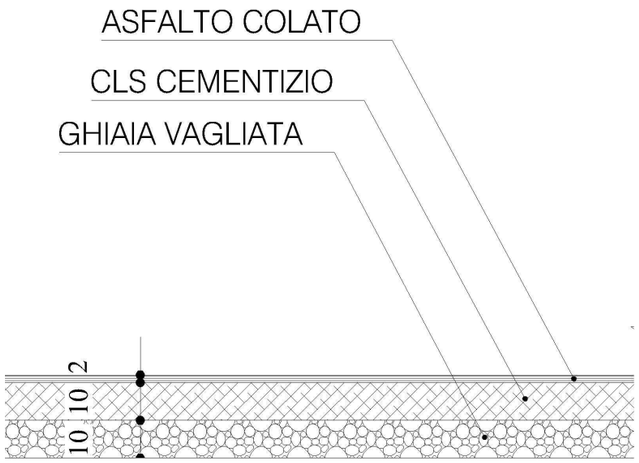
Trattamenti superficiali
- Conformità UNI EN 12271÷12274-8

Miscele bituminose – Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo
- Conformità UNI EN 13108-1÷8,20,21 :2006
- Conformità UNI EN 12697-1÷43

Caratteristiche superficiali delle pavimentazioni stradali e aeroportuali
- Conformità UNI EN 13036-1,3,4,7

Materiali per la sigillatura a caldo dei giunti
- Conformità UNI EN 13880-1÷13

Immagine 1



Sezione

Asfalto non drenante

I

Asfalto stampato

Materiale: Asfalto

Utilizzo: Parcheggi, Marciapiedi, Vie Pedonali, Strade

Dimensioni: variabili

Caratteristiche tecniche:
Proprietà degli aggregati
- Conformità UNI EN 13043:2004
- Conformità UNI EN 932-1÷6
- Conformità UNI EN 1936:2001

Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati
- Conformità UNI EN 933-1÷10
- Conformità UNI EN 1097-1,2

Prove per determinare le proprietà fisiche e meccaniche degli aggregati
- Conformità UNI EN 1097-3÷10

Prove per determinare le proprietà termiche e degradabilità degli aggregati – Prove sul filler
- Conformità UNI EN 1367-1÷5
- Conformità UNI EN 13179-1,2

Bitume e leganti bituminosi
- Conformità UNI EN 12597:2002
- Conformità UNI EN 58:2005
- Conformità UNI EN 1426÷1431 :2002
- Conformità UNI EN 12592÷12596
- Conformità UNI EN 12606-1,2
- Conformità UNI EN 12607-1,2,3
- Conformità UNI EN 13302-133304-13305-13357-13398-13399-13702-1,2-13703-13587-13589-13924-14023

Emulsioni bituminose
- Conformità UNI EN 12846÷12850 :2004
- Conformità UNI EN 13075-1,2 :2004

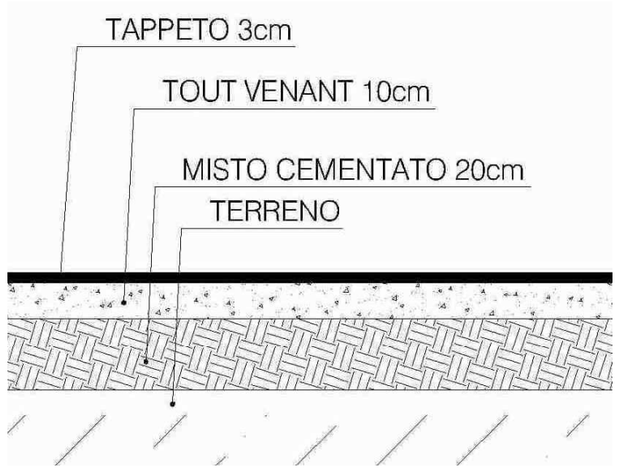
Trattamenti superficiali
- Conformità UNI EN 12271÷12274-8

Miscele bituminose – Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo
- Conformità UNI EN 13108-1÷8,20,21 :2006
- Conformità UNI EN 12697-1÷43

Caratteristiche superficiali delle pavimentazioni stradali e aeroportuali
- Conformità UNI EN 13036-1,3,4,7

Materiali per la sigillatura a caldo dei giunti
- Conformità UNI EN 13880-1÷13

Asfalto colorato



Sezione

Asfalto stampato

Immagine 3

Materiale: Calcestruzzo

Utilizzo: Parcheggi, Marciapiedi, Vie Pedonali, Strade

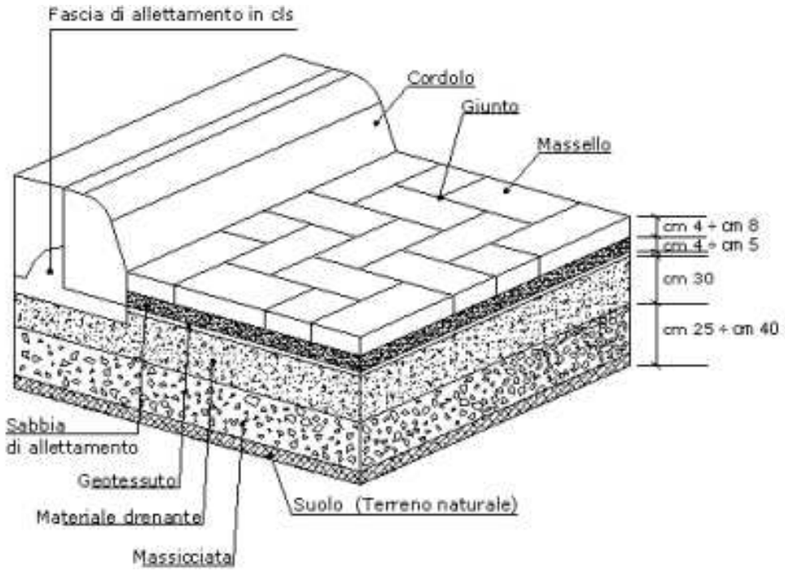
Dimensioni: variabili a seconda della tipologia utilizzata

Caratteristiche tecniche:

- Conformità UNI 6131:2002, UNI 6134:1972,
- Conformità UNI 6393:1988, UNI11307:2008,
- Conformità UNI 7087:2002, UNI 7122:2008,
- Conformità UNI 7122:2008, UNI 7123:1972,
- Conformità UNI 7548-1,2:1992, UNI 7699:2005,
- Conformità UNI 8981-1÷8:1999, UNI 9417:1989,
- Conformità UNI 9525:1989, UNI 9526:1989,
- Conformità UNI 9535:1989 + A1:1992, UNI 9747:1990 + A1:1994,
- Conformità UNI 9771:1990, UNI 9944:1992,
- Conformità UNI 10157:1992, UNI 10322:1994,
- Conformità UNI 10766:1999, UNI 11039-1,2:2003,
- Conformità UNI 11040:2003, UNI 11041÷45:2003,
- Conformità UNI 11104:2004, UNI 11146:2005,
- Conformità UNI 11164:2005, UNI EN 206-1:2006,
- Conformità UNI EN 992:1997, UNI EN 1354:2005,
- Conformità UNI EN 1766:2001, UNI EN 1799:2000,
- Conformità UNI EN 12617-3:2003, UNI EN 12350-1÷7:2001,
- Conformità UNI EN 12504-1 2002, EC 1-2010 UNI EN 12504-2:2001,
- Conformità UNI EN 12504-3,4:2005, UNI EN 12390-1÷8,
- Conformità UNI EN 13395-3:2003, UNI EN 14068:2004,
- Conformità UNI EN 14651:2007, UNI EN 14721:2007,
- Conformità UNI CEN/TS 12390-9:2006, UNI EN 12350-8÷12:2010,
- Conformità UNI CEN/TS 12390-11:2010, UNI 11385:2010

immagine 1

immagine 2



Sezione

Immagine 3

Materiale: Calcestruzzo

Utilizzo: Parcheggi, Marciapiedi, Vie Pedonali, Strade

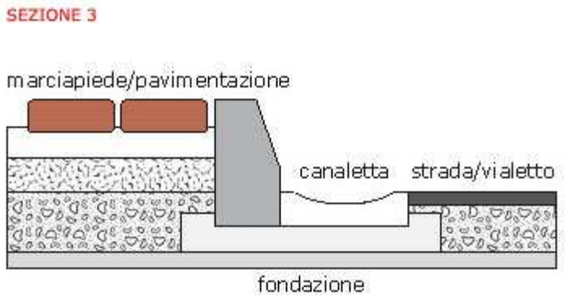
Dimensioni: variabili a seconda della tipologia utilizzata

Caratteristiche tecniche:

- Conformità UNI 6131:2002, UNI 6134:1972,
- Conformità UNI 6393:1988, UNI11307:2008,
- Conformità UNI 7087:2002, UNI 7122:2008,
- Conformità UNI 7122:2008, UNI 7123:1972,
- Conformità UNI 7548-1,2:1992, UNI 7699:2005,
- Conformità UNI 8981-1÷8:1999, UNI 9417:1989,
- Conformità UNI 9525:1989, UNI 9526:1989,
- Conformità UNI 9535:1989 + A1:1992, UNI 9747:1990 + A1:1994,
- Conformità UNI 9771:1990, UNI 9944:1992,
- Conformità UNI 10157:1992, UNI 10322:1994,
- Conformità UNI 10766:1999, UNI 11039-1,2:2003,
- Conformità UNI 11040:2003, UNI 11041÷45:2003,
- Conformità UNI 11104:2004, UNI 11146:2005,
- Conformità UNI 11164:2005, UNI EN 206-1:2006,
- Conformità UNI EN 992:1997, UNI EN 1354:2005,
- Conformità UNI EN 1766:2001, UNI EN 1799:2000,
- Conformità UNI EN 12617-3:2003, UNI EN 12350-1÷7:2001,
- Conformità UNI EN 12504-1 2002, EC 1-2010 UNI EN 12504-2:2001,
- Conformità UNI EN 12504-3,4:2005, UNI EN 12390-1÷8,
- Conformità UNI EN 13395-3:2003, UNI EN 14068:2004,
- Conformità UNI EN 14651:2007, UNI EN 14721:2007,
- Conformità UNI CEN/TS 12390-9:2006, UNI EN 12350-8÷12:2010,
- Conformità UNI CEN/TS 12390-11:2010, UNI 11385:2010

immagine 1

immagine 2



Sezione

Immagine 3

Materiale: Calcestruzzo

Utilizzo: Parcheggi, Vie Pedonali, Aree Verdi

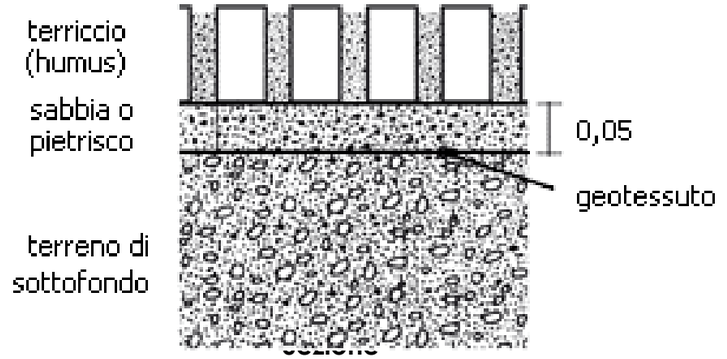
Dimensioni: variabili a seconda della tipologia utilizzata

Caratteristiche tecniche:

- Conformità UNI 6131:2002, UNI 6134:1972,
- Conformità UNI 6393:1988, UNI11307:2008,
- Conformità UNI 7087:2002, UNI 7122:2008,
- Conformità UNI 7122:2008, UNI 7123:1972,
- Conformità UNI 7548-1,2:1992, UNI 7699:2005,
- Conformità UNI 8981-1÷8:1999, UNI 9417:1989,
- Conformità UNI 9525:1989, UNI 9526:1989,
- Conformità UNI 9535:1989 + A1:1992, UNI 9747:1990 + A1:1994,
- Conformità UNI 9771:1990, UNI 9944:1992,
- Conformità UNI 10157:1992, UNI 10322:1994,
- Conformità UNI 10766:1999, UNI 11039-1,2:2003,
- Conformità UNI 11040:2003, UNI 11041÷45:2003,
- Conformità UNI 11104:2004, UNI 11146:2005,
- Conformità UNI 11164:2005, UNI EN 206-1:2006,
- Conformità UNI EN 992:1997, UNI EN 1354:2005,
- Conformità UNI EN 1766:2001, UNI EN 1799:2000,
- Conformità UNI EN 12617-3:2003, UNI EN 12350-1÷7:2001,
- Conformità UNI EN 12504-1 2002, EC 1-2010 UNI EN 12504-2:2001,
- Conformità UNI EN 12504-3,4:2005, UNI EN 12390-1÷8,
- Conformità UNI EN 13395-3:2003, UNI EN 14068:2004,
- Conformità UNI EN 14651:2007, UNI EN 14721:2007,
- Conformità UNI CEN/TS 12390-9:2006, UNI EN 12350-8÷12:2010,
- Conformità UNI CEN/TS 12390-11:2010, UNI 11385:2010

immagine 1

immagine 2



Materiale: Calcestruzzo

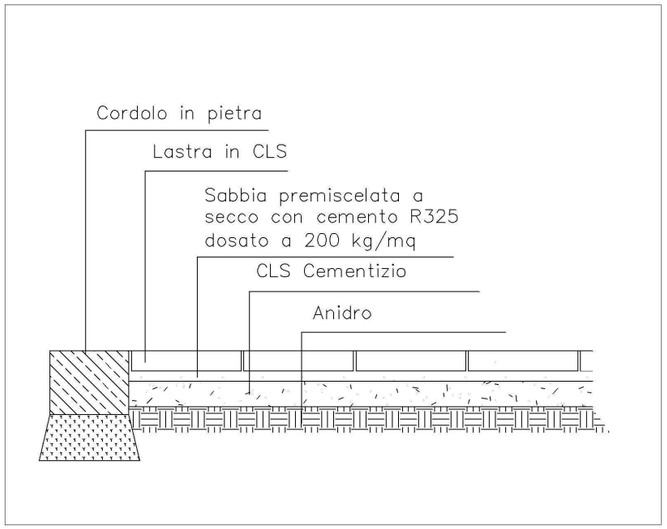
Utilizzo: Parcheggi, Marciapiedi, Vie Pedonali, Strade

Dimensioni: variabili a seconda della tipologia utilizzata

Caratteristiche tecniche:

- Conformità UNI 6131:2002, UNI 6134:1972,
- Conformità UNI 6393:1988, UNI11307:2008,
- Conformità UNI 7087:2002, UNI 7122:2008,
- Conformità UNI 7122:2008, UNI 7123:1972,
- Conformità UNI 7548-1,2:1992, UNI 7699:2005,
- Conformità UNI 8981-1÷8:1999, UNI 9417:1989,
- Conformità UNI 9525:1989, UNI 9526:1989,
- Conformità UNI 9535:1989 + A1:1992, UNI 9747:1990 + A1:1994,
- Conformità UNI 9771:1990, UNI 9944:1992,
- Conformità UNI 10157:1992, UNI 10322:1994,
- Conformità UNI 10766:1999, UNI 11039-1,2:2003,
- Conformità UNI 11040:2003, UNI 11041÷45:2003,
- Conformità UNI 11104:2004, UNI 11146:2005,
- Conformità UNI 11164:2005, UNI EN 206-1:2006,
- Conformità UNI EN 992:1997, UNI EN 1354:2005,
- Conformità UNI EN 1766:2001, UNI EN 1799:2000,
- Conformità UNI EN 12617-3:2003, UNI EN 12350-1÷7:2001,
- Conformità UNI EN 12504-1 2002, EC 1-2010 UNI EN 12504-2:2001,
- Conformità UNI EN 12504-3,4:2005, UNI EN 12390-1÷8,
- Conformità UNI EN 13395-3:2003, UNI EN 14068:2004,
- Conformità UNI EN 14651:2007, UNI EN 14721:2007,
- Conformità UNI CEN/TS 12390-9:2006, UNI EN 12350-8÷12:2010,
- Conformità UNI CEN/TS 12390-11:2010, UNI 11385:2010

immagine 1



Sezione

immagine 2

Immagine 3

Materiale: Calcestruzzo

Utilizzo: Vie Pedonali, Aree Pedonali

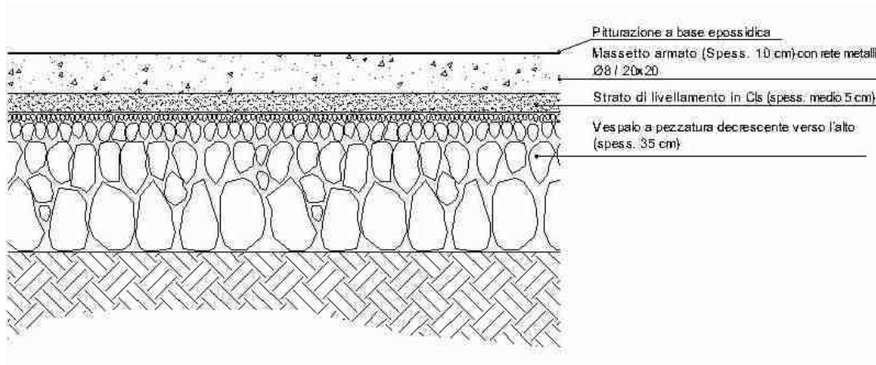
Dimensioni: variabili

Caratteristiche tecniche:

- Conformità UNI 6131:2002, UNI 6134:1972,
- Conformità UNI 6393:1988, UNI11307:2008,
- Conformità UNI 7087:2002, UNI 7122:2008,
- Conformità UNI 7122:2008, UNI 7123:1972,
- Conformità UNI 7548-1,2:1992, UNI 7699:2005,
- Conformità UNI 8981-1÷8:1999, UNI 9417:1989,
- Conformità UNI 9525:1989, UNI 9526:1989,
- Conformità UNI 9535:1989 + A1:1992, UNI 9747:1990 + A1:1994,
- Conformità UNI 9771:1990, UNI 9944:1992,
- Conformità UNI 10157:1992, UNI 10322:1994,
- Conformità UNI 10766:1999, UNI 11039-1,2:2003,
- Conformità UNI 11040:2003, UNI 11041÷45:2003,
- Conformità UNI 11104:2004, UNI 11146:2005,
- Conformità UNI 11164:2005, UNI EN 206-1:2006,
- Conformità UNI EN 992:1997, UNI EN 1354:2005,
- Conformità UNI EN 1766:2001, UNI EN 1799:2000,
- Conformità UNI EN 12617-3:2003, UNI EN 12350-1÷7:2001,
- Conformità UNI EN 12504-1 2002, EC 1-2010 UNI EN 12504-2:2001,
- Conformità UNI EN 12504-3,4:2005, UNI EN 12390-1÷8,
- Conformità UNI EN 13395-3:2003, UNI EN 14068:2004,
- Conformità UNI EN 14651:2007, UNI EN 14721:2007,
- Conformità UNI CEN/TS 12390-9:2006, UNI EN 12350-8÷12:2010,
- Conformità UNI CEN/TS 12390-11:2010, UNI 11385:2010

immagine 1

immagine 2



Sezione

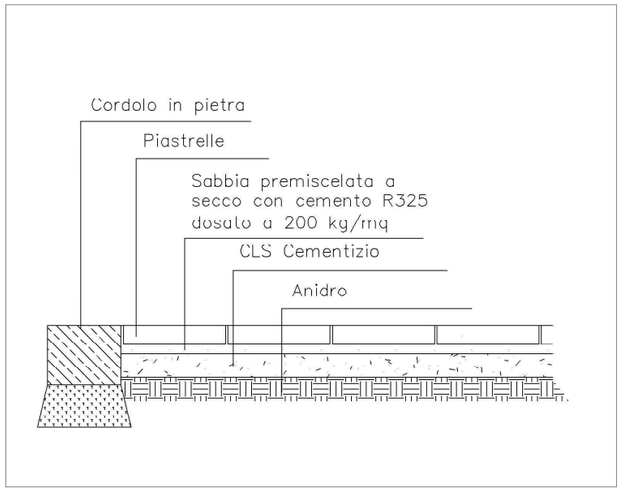
Immagine 3

Materiale: Ceramica, gres ecc.
Utilizzo: Vie Pedonali, Aree Pedonali
Dimensioni: variabili
Caratteristiche tecniche:

- Conformità UNI EN 14411 : 2004 Piastrelle in ceramica – Definizione, classificazione, caratteristiche e marcatura
- Conformità UNI EN 101 : 192 Piastrelle in ceramica – Determinazione della durezza della superficie secondo la scala di Mohs
- Conformità UNI EN ISO 10545-3 : 2000 Piastrelle in ceramica – Determinazione dell'assorbimento di acqua, della porosità apparente, della densità relativa apparente e della densità apparente
- Conformità UNI EN ISO 10545-4 : 2000 Piastrelle in ceramica – Determinazione della resistenza a flessione e della forza di rottura
- Conformità UNI EN ISO 10545-5 : 2000 Piastrelle in ceramica – Determinazione della resistenza all'urto mediante misurazione del coefficiente di restituzione
- Conformità UNI EN ISO 10545-6 : 2000 Piastrelle in ceramica – Determinazione dell'abrasione profonda per piastrelle non smaltate
- Conformità UNI EN ISO 10545-7 : 2000 Piastrelle in ceramica – Determinazione dell'abrasione superficiale per piastrelle non smaltate
- Conformità UNI EN ISO 10545-8 : 2000 Piastrelle in ceramica – Determinazione della dilatazione termica lineare
- Conformità UNI EN ISO 10545-9 : 2000 Piastrelle in ceramica – Determinazione della resistenza agli sbalzi termici
- Conformità UNI EN ISO 10545-10 : 2000 Piastrelle in ceramica – Determinazione della dilatazione dovuta all'umidità
- Conformità UNI EN ISO 10545-11 : 2000 Piastrelle in ceramica – Determinazione della resistenza al cavillo per piastrelle smaltate
- Conformità UNI EN ISO 10545-12 : 2000 Piastrelle in ceramica – Determinazione della resistenza al gelo
- Conformità UNI EN ISO 10545-13 : 2000 Piastrelle in ceramica – Determinazione della resistenza chimica
- Conformità UNI EN ISO 10545-14 : 2000 Piastrelle in ceramica – Determinazione della resistenza alle macchie
- Conformità UNI EN ISO 10545-15 : 2000 Piastrelle in ceramica – Determinazione del piombo e cadmio caduto dalle piastrelle smaltate
- Conformità UNI EN ISO 10545-16 : 2000 Piastrelle in ceramica – Determinazione delle piccole differenza di colore.

immagine 1

immagine 2



Sezione

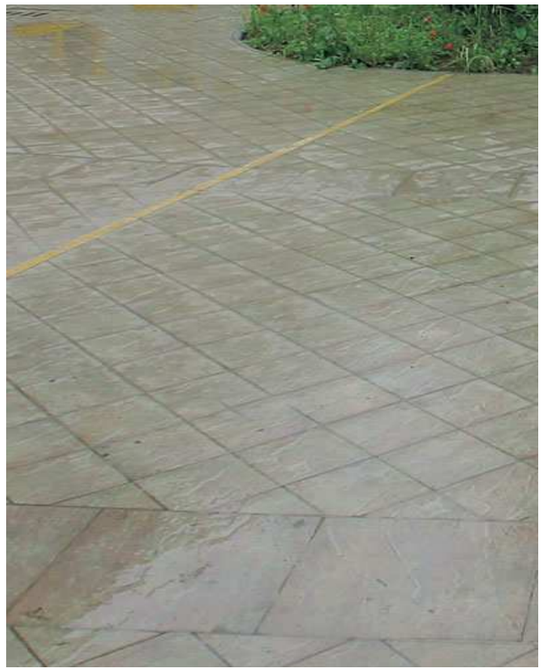


Immagine 3

Materiale: Legno

Utilizzo: Parcheggi, Vie Pedonali, Aree Verdi

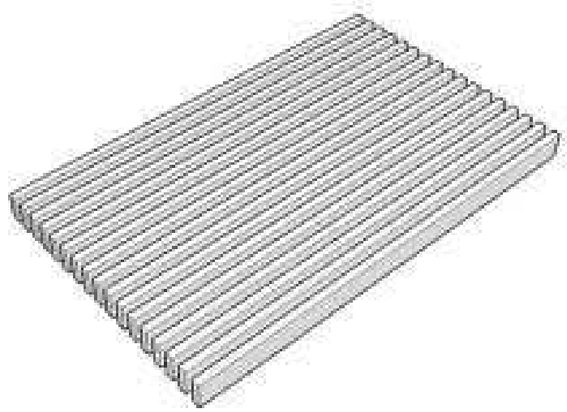
Dimensioni: variabili a seconda della tipologia utilizzata

Caratteristiche tecniche:

- Conformità UNI EN 14342 : 2005 Pavimentazioni in legno – Caratteristiche, valutazione di conformità e marcatura.
- Conformità UNI EN 1534 : 2002 Parquet e Pavimentazioni in legno – Determinazione della resistenza alla penetrazione (Brinell) – Metodo di prova
- Conformità UNI ENV 13696 : 2002 Parquet e Pavimentazioni in legno – Determinazione dell'elasticità e della resistenza all'usura e all'abrasione.
- Conformità UNI EN 1533 : 2002 Parquet e Pavimentazioni in legno – Determinazione delle proprietà a flessione – Metodi di prova

immagine 1

immagine 2



Particolare

Immagine 3

Materiale: Pietra

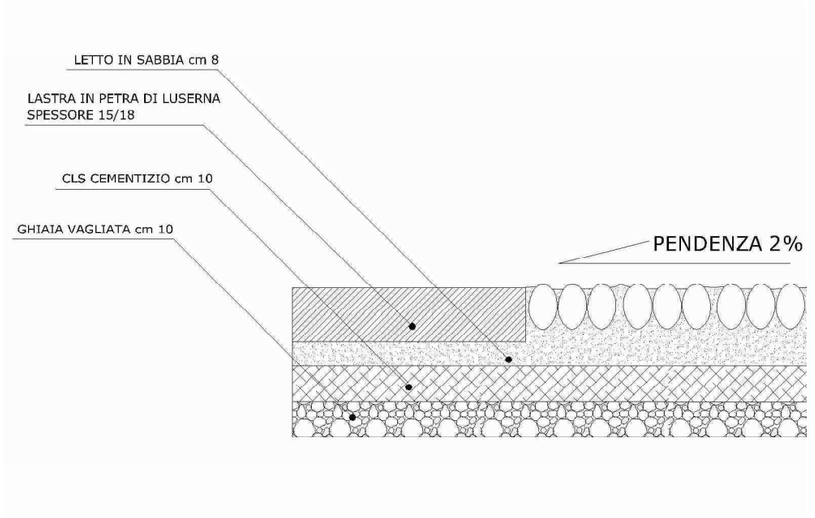
Utilizzo: Parcheggi, Marciapiedi, Vie Pedonali, Strade

Dimensioni: variabili a seconda della tipologia utilizzata

Caratteristiche tecniche:

- Conformità UNI EN 1341 : 2003 – Lastre in pietra naturale per pavimentazioni esterne – Requisiti e metodi di prova
- Conformità UNI 9379 : 1989 Edilizia, Pavimenti lapidei. Terminologia e classificazione.
- Conformità UNI EN 12058 : 2005 Prodotti di pietra naturale – Lastre per pavimentazioni e per scale – Requisiti
- Conformità UNI EN 12670 : 2003 Pietre naturali - Terminologia

immagine 1



Sezione

immagine 2

Immagine 3

Materiale: Pietra

Utilizzo: Vie Pedonali, Aree Pedonali

Dimensioni: variabili

Caratteristiche tecniche:

- UNI 12670:2003 Pietre naturali - Terminologia
- UNI EN 1341:2003 Lastre di pietra naturale per pavimentazioni esterne - Requisiti e metodi di prova
- UNI EN 12407:2001
  Metodi di prova per pietre naturali - Esame petrografico
- UNI EN 1926:2004
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a compressione
- UNI EN 1936:2001
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione delle masse volumiche reale e apparente e della porosità totale e aperta
- UNI EN 12370:2001
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza alla cristallizzazione dei sali
- UNI EN 12371:2003
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza al gelo
- UNI EN 12372:2001
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a flessione sotto carico concentrato
- UNI EN 13161:2003
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a flessione sotto momento costante
- UNI EN 13364:2003
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione del carico di rottura in corrispondenza dei fori di fissaggio
- UNI EN 13373:2004
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione delle caratteristiche geometriche degli elementi
- UNI EN 13755:2002
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione dell'assorbimento d'acqua a pressione atmosferica
- UNI EN 13919:2004
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza all'invecchiamento dovuto a SO2 in presenza di umidità

immagine 1

immagine 2

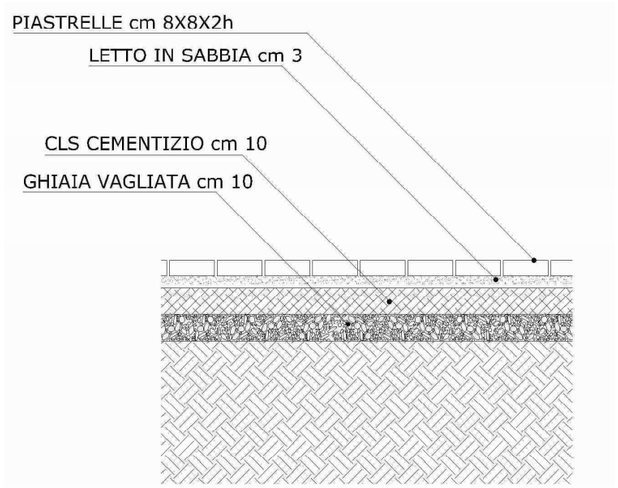


Immagine 3

Materiale: Pietra

Utilizzo: Parcheggi, Marciapiedi, Vie Pedonali, Strade

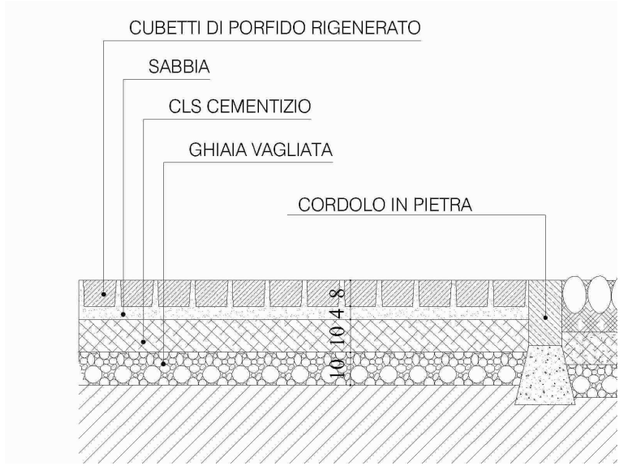
Dimensioni: variabili a seconda della tipologia utilizzata

Caratteristiche tecniche:

- UNI 12670:2003 Pietre naturali - Terminologia
- UNI EN 1343:2003
  Cordoli di pietra naturale per pavimentazioni esterne - Requisiti e metodi di prova
- UNI EN 12407:2001
  Metodi di prova per pietre naturali - Esame petrografico
- UNI EN 1926:2004
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a compressione
- UNI EN 1936:2001
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione delle masse volumiche reale e apparente e della porosità totale e aperta
- UNI EN 12370:2001
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza alla cristallizzazione dei sali
- UNI EN 12371:2003
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza al gelo
- UNI EN 12372:2001
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a flessione sotto carico concentrato
- UNI EN 13161:2003
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a flessione sotto momento costante
- UNI EN 13364:2003
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione del carico di rottura in corrispondenza dei fori di fissaggio
- UNI EN 13373:2004
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione delle caratteristiche geometriche degli elementi
- UNI EN 13755:2002
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione dell'assorbimento d'acqua a pressione atmosferica
- UNI EN 13919:2004
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza all'invecchiamento dovuto a SO2 in presenza di umidità

immagine 1

immagine 2



Sezione

Immagine 3

Materiale: Pietra

Utilizzo: Parcheggi, Vie Pedonali, Aree Verdi

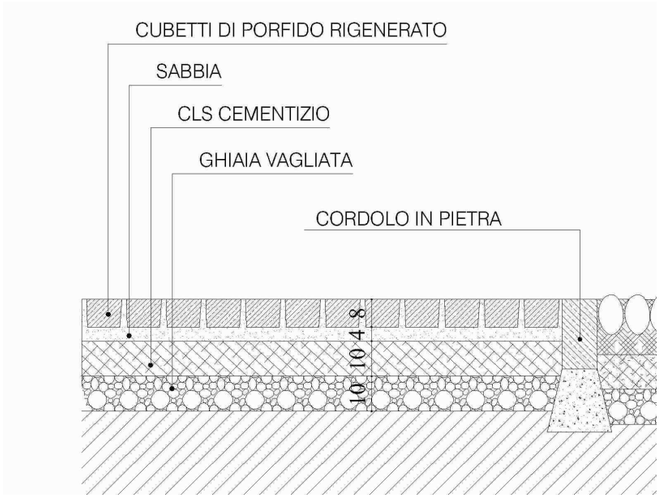
Dimensioni: variabili a seconda della tipologia utilizzata

Caratteristiche tecniche:

- UNI 12670:2003 Pietre naturali - Terminologia
- UNI EN 1342:2003 Cubetti di pietra naturale per pavimentazioni esterne - Requisiti e metodi di prova
- UNI EN 12407:2001
  Metodi di prova per pietre naturali - Esame petrografico
- UNI EN 1926:2004
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a compressione
- UNI EN 1936:2001
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione delle masse volumiche reale e apparente e della porosità totale e aperta
- UNI EN 12370:2001
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza alla cristallizzazione dei sali
- UNI EN 12371:2003
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza al gelo
- UNI EN 12372:2001
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a flessione sotto carico concentrato
- UNI EN 13161:2003
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a flessione sotto momento costante
- UNI EN 13364:2003
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione del carico di rottura in corrispondenza dei fori di fissaggio
- UNI EN 13373:2004
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione delle caratteristiche geometriche degli elementi
- UNI EN 13755:2002
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione dell'assorbimento d'acqua a pressione atmosferica
- UNI EN 13919:2004
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza all'invecchiamento dovuto a SO2 in presenza di umidità

immagine 1

immagine 2



Sezione

Immagine 3

Materiale: Pietra

Utilizzo: Parcheggi, Vie Pedonali, Aree Verdi

Dimensioni: variabili

Caratteristiche tecniche:

- UNI 12670:2003 Pietre naturali - Terminologia
- UNI EN 12407:2001
  Metodi di prova per pietre naturali - Esame petrografico
- UNI EN 1926:2004
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a compressione
- UNI EN 1936:2001
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione delle masse volumiche reale e apparente e della porosità totale e aperta
- UNI EN 12370:2001
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza alla cristallizzazione dei sali
- UNI EN 12371:2003
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza al gelo
- UNI EN 12372:2001
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a flessione sotto carico concentrato
- UNI EN 13161:2003
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a flessione sotto momento costante
- UNI EN 13364:2003
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione del carico di rottura in corrispondenza dei fori di fissaggio
- UNI EN 13373:2004
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione delle caratteristiche geometriche degli elementi
- UNI EN 13755:2002
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione dell'assorbimento d'acqua a pressione atmosferica
- UNI EN 13919:2004
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza all'invecchiamento dovuto a SO2 in presenza di umidità

immagine 1

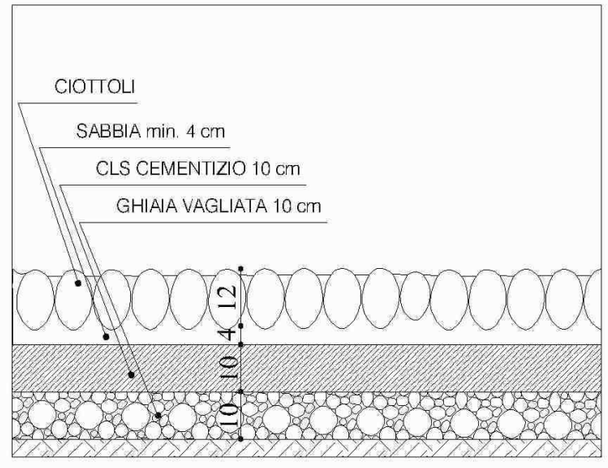


immagine 2

Materiale: Pietra

Utilizzo: Vie Pedonali, Aree Pedonali

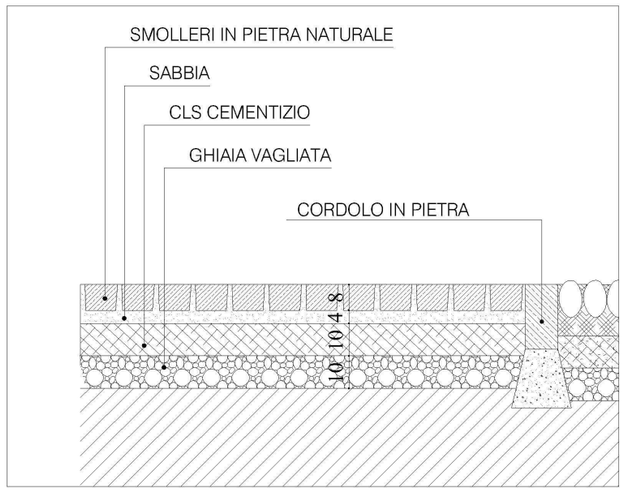
Dimensioni: variabili

Caratteristiche tecniche:

- UNI 12670:2003 Pietre naturali - Terminologia
- UNI EN 1342:2003 Cubetti di pietra naturale per pavimentazioni esterne - Requisiti e metodi di prova
- UNI EN 12407:2001
  Metodi di prova per pietre naturali - Esame petrografico
- UNI EN 1926:2004
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a compressione
- UNI EN 1936:2001
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione delle masse volumiche reale e apparente e della porosità totale e aperta
- UNI EN 12370:2001
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza alla cristallizzazione dei sali
- UNI EN 12371:2003
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza al gelo
- UNI EN 12372:2001
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a flessione sotto carico concentrato
- UNI EN 13161:2003
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a flessione sotto momento costante
- UNI EN 13364:2003
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione del carico di rottura in corrispondenza dei fori di fissaggio
- UNI EN 13373:2004
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione delle caratteristiche geometriche degli elementi
- UNI EN 13755:2002
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione dell'assorbimento d'acqua a pressione atmosferica
- UNI EN 13919:2004
  Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza all'invecchiamento dovuto a SO2 in presenza di umidità

immagine 1

immagine 2



Sezione

immagine 3

Materiale: Ricomposti, resilienti

Utilizzo: Aree gioco, aree pedonali

Dimensioni: variabili a seconda della tipologia utilizzata

Caratteristiche tecniche:
Resilienti
- Conformità UNI EN 685:2005 Rivestimenti resilienti, tessili e laminati per pavimentazioni – Classificazione
- Conformità UNI EN 423:2002 ÷ UNI EN 436:1997
- Conformità UNI EN 660-1-2004 ÷ UNI EN 684:1997
- Conformità UNI EN 1081:2001– Determinazione della resistenza elettrica
- Conformità UNI EN 1399:1999 – Determinazione della resistenza alla bruciatura di sigaretta e di mozziconi di sigaretta
- Conformità UNI EN 1815:1999 – Valutazione della propensione all'accumulo di elettricità statica

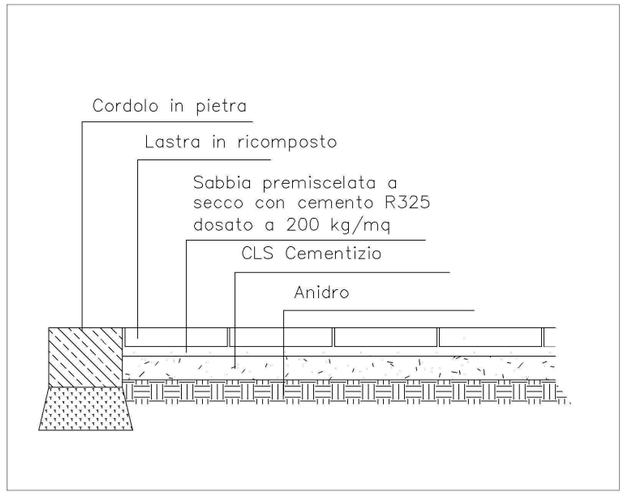
Resilienti in PVC
- Conformità UNI EN 649:1998 ÷ UNI EN 654:1998
- Conformità UNI EN 718:1997 Determinazione della massa areica di un'armatura o di un supporto dei rivestimenti di PVC per pavimentazioni
- Conformità UNI EN 13413:2002 Rivestimenti di pavimenti a base di PVC su supporto di fibra minerale – Specifiche
- Conformità UNI EN 13553:2003 Rivestimenti per pavimenti di PVC su supporto di fibra minerale per aree umide speciali– Specifiche

Resilienti in Linoleum
- Conformità UNI EN 548:2004 Specifica per linoleum liscio e Decorativo
- Conformità UNI EN 670:1999 Identificazione del linoleum e determinazione del contenuto di cemento e della cenere residua
- Conformità UNI EN 686:1998 Specifica per linoleum liscio e decorativo su supporto di schiuma

Resilienti in Gomma
- Conformità UNI EN 1816:2001 Specifica per rivestimenti in gomma liscia omogenei ed eterogenei con supporti di schiuma per pavimentazioni
- Conformità UNI EN 1817:2001 Specifica per rivestimenti in gomma liscia omogenei ed eterogenei per pavimentazioni
- Conformità UNI 8272-1,2,6,8,11
- Conformità UNI EN 12199:2001 Specifica per rivestimenti in gomma con rilievo omogenei ed eterogenei per pavimentazioni
- Conformità UNI EN 14521:2004 Specifica per rivestimenti in gomma liscia per pavimentazioni con o senza supporto di schiuma con uno strato decorativo

immagine 1

immagine 2



Sezione

Immagine 3

Materiale: Ricomposti, resilienti

Utilizzo: Vie Pedonali, Aree Pedonali

Dimensioni: variabili

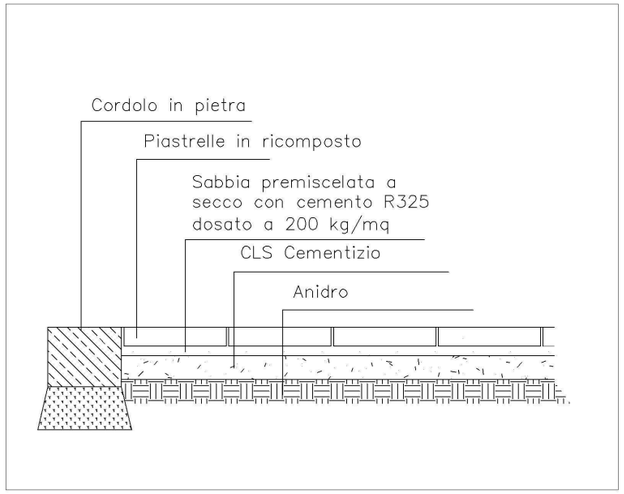
Caratteristiche tecniche:
Resilienti
- Conformità UNI EN 685:2005 Rivestimenti resilienti, tessili e laminati per pavimentazioni – Classificazione
- Conformità UNI EN 423:2002 ÷ UNI EN 436:1997
- Conformità UNI EN 660-1-2004 ÷ UNI EN 684:1997
- Conformità UNI EN 1081:2001– Determinazione della resistenza elettrica
- Conformità UNI EN 1399:1999 – Determinazione della resistenza alla bruciatura di sigaretta e di mozziconi di sigaretta
- Conformità UNI EN 1815:1999 – Valutazione della propensione all'accumulo di elettricità statica

Resilienti in PVC
- Conformità UNI EN 649:1998 ÷ UNI EN 654:1998
- Conformità UNI EN 718:1997 Determinazione della massa areica di un'armatura o di un supporto dei rivestimenti di PVC per pavimentazioni
- Conformità UNI EN 13413:2002 Rivestimenti di pavimenti a base di PVC su supporto di fibra minerale – Specifiche
- Conformità UNI EN 13553:2003 Rivestimenti per pavimenti di PVC su supporto di fibra minerale per aree umide speciali– Specifiche

Resilienti in Linoleum
- Conformità UNI EN 548:2004 Specifica per linoleum liscio e Decorativo
- Conformità UNI EN 670:1999 Identificazione del linoleum e determinazione del contenuto di cemento e della cenere residua
- Conformità UNI EN 686:1998 Specifica per linoleum liscio e decorativo su supporto di schiuma

Resilienti in Gomma
- Conformità UNI EN 1816:2001 Specifica per rivestimenti in gomma liscia omogenei ed eterogenei con supporti di schiuma per pavimentazioni
- Conformità UNI EN 1817:2001 Specifica per rivestimenti in gomma liscia omogenei ed eterogenei per pavimentazioni
- Conformità UNI 8272-1,2,6,8,11
- Conformità UNI EN 12199:2001 Specifica per rivestimenti in gomma con rilievo omogenei ed eterogenei per pavimentazioni
- Conformità UNI EN 14521:2004 Specifica per rivestimenti in gomma liscia per pavimentazioni con o senza supporto di schiuma con uno strato decorativo

immagine 1



Sezione

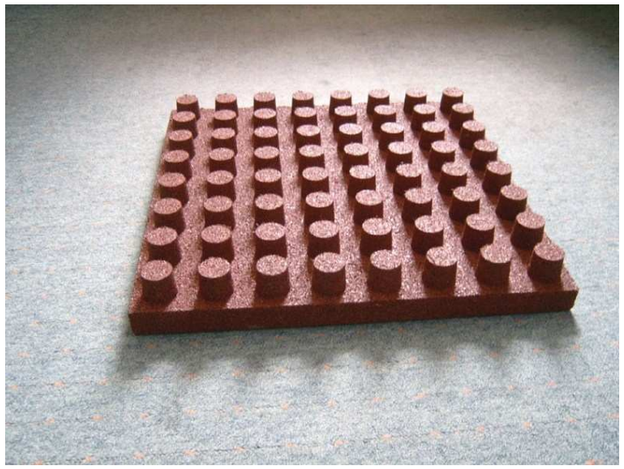


immagine 2

Immagine 3

Materiale: Resine plastiche

Utilizzo: Parcheggi, Vie Pedonali, Aree Verdi

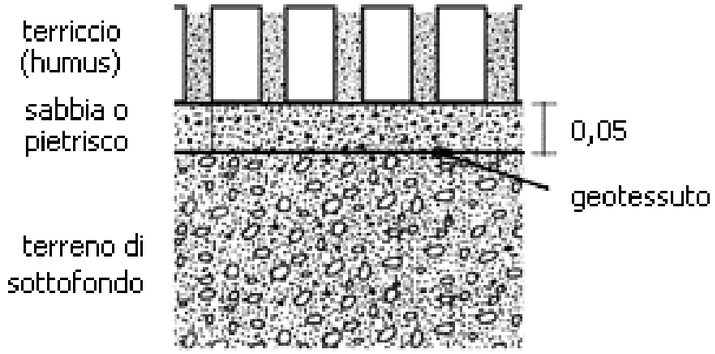
Dimensioni: variabili a seconda della tipologia utilizzata

Caratteristiche tecniche:
Resilienti
- Conformità UNI EN 685:2005 Rivestimenti resilienti, tessili e laminati per pavimentazioni – Classificazione
- Conformità UNI EN 423:2002 ÷ UNI EN 436:1997
- Conformità UNI EN 660-1-2004 ÷ UNI EN 684:1997
- Conformità UNI EN 1081:2001– Determinazione della resistenza elettrica
- Conformità UNI EN 1399:1999 – Determinazione della resistenza alla bruciatura di sigaretta e di mozziconi di sigaretta
- Conformità UNI EN 1815:1999 – Valutazione della propensione all'accumulo di elettricità statica

Resilienti in PVC
- Conformità UNI EN 649:1998 ÷ UNI EN 654:1998
- Conformità UNI EN 718:1997 Determinazione della massa areica di un'armatura o di un supporto dei rivestimenti di PVC per pavimentazioni
- Conformità UNI EN 13413:2002 Rivestimenti di pavimenti a base di PVC su supporto di fibra minerale – Specifiche
- Conformità UNI EN 13553:2003 Rivestimenti per pavimenti di PVC su supporto di fibra minerale per aree umide speciali– Specifiche

immagine 1

immagine 2



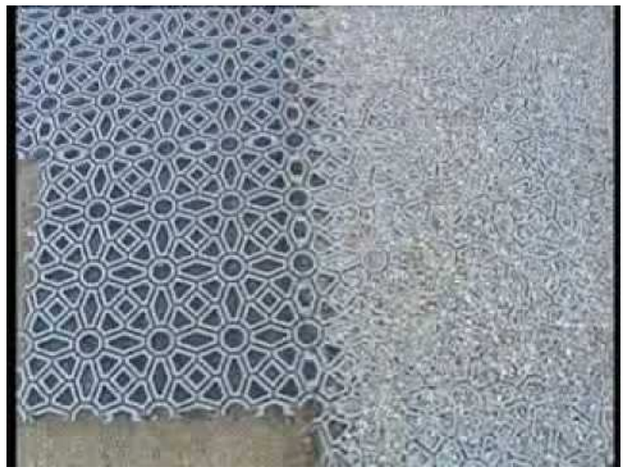


Immagine 3

Materiale: Ricomposti, resilienti

Utilizzo: Aree gioco

Dimensioni: variabili a seconda della tipologia utilizzata

Caratteristiche tecniche:

Resilienti in Gomma

- Conformità UNI EN 1816:2001 Specifica per rivestimenti in gomma liscia omogenei ed eterogenei con supporti di schiuma per pavimentazioni
- Conformità UNI EN 1817:2001 Specifica per rivestimenti in gomma liscia omogenei ed eterogenei per pavimentazioni
- Conformità UNI 8272-1,2,6,8,11
- Conformità UNI EN 12199:2001 Specifica per rivestimenti in gomma con rilievo omogenei ed eterogenei per pavimentazioni
- Conformità UNI EN 14521:2004 Specifica per rivestimenti in gomma liscia per pavimentazioni con o senza supporto di schiuma con uno strato decorativo

immagine 1

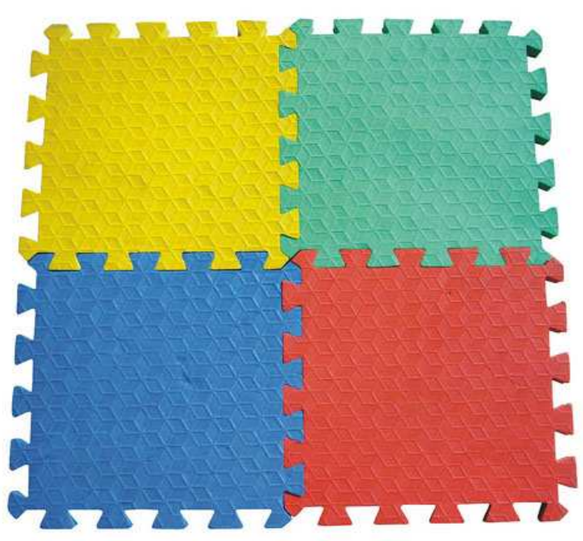
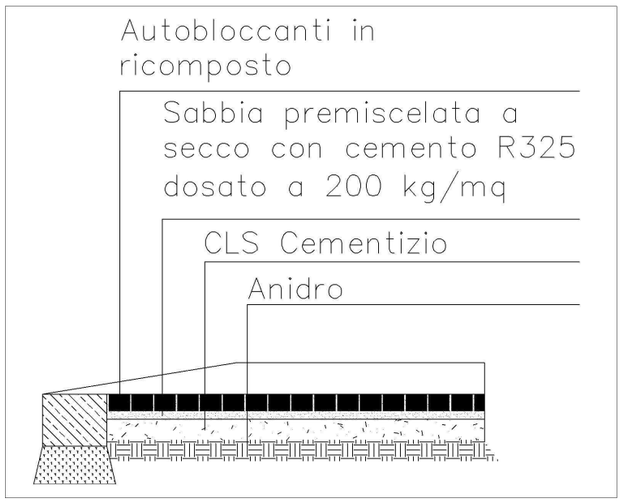


immagine 2



Sezione

Immagine 3

Materiale: Gomma, resine plastiche

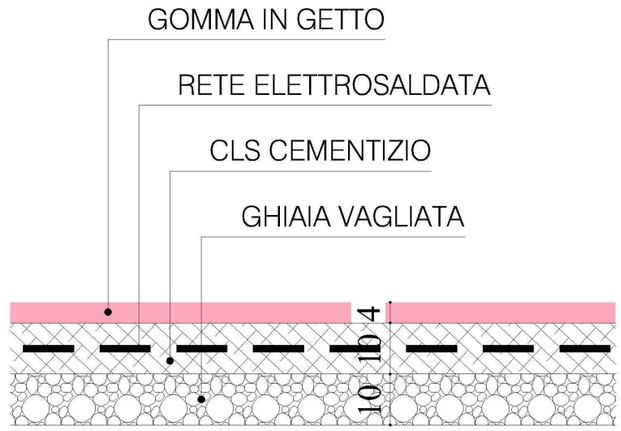
Utilizzo: Aree gioco

Dimensioni: variabili

Caratteristiche tecniche:
Resilienti
- Conformità UNI EN 685:2005 Rivestimenti resilienti, tessili e laminati per pavimentazioni – Classificazione
- Conformità UNI EN 423:2002 ÷ UNI EN 436:1997
- Conformità UNI EN 660-1-2004 ÷ UNI EN 684:1997
- Conformità UNI EN 1081:2001– Determinazione della resistenza elettrica
- Conformità UNI EN 1399:1999 – Determinazione della resistenza alla bruciatura di sigaretta e di mozziconi di sigaretta
- Conformità UNI EN 1815:1999 – Valutazione della propensione all'accumulo di elettricità statica

Resilienti in Gomma
- Conformità UNI EN 1816:2001 Specifica per rivestimenti in gomma liscia omogenei ed eterogenei con supporti di schiuma per pavimentazioni
- Conformità UNI EN 1817:2001 Specifica per rivestimenti in gomma liscia omogenei ed eterogenei per pavimentazioni
- Conformità UNI 8272-1,2,6,8,11
- Conformità UNI EN 12199:2001 Specifica per rivestimenti in gomma con rilievo omogenei ed eterogenei per pavimentazioni
- Conformità UNI EN 14521:2004 Specifica per rivestimenti in gomma liscia per pavimentazioni con o senza supporto di schiuma con uno strato decorativo

immagine 1



Sezione

immagine 2

immagine 3

Materiale: Terra stabilizzata

Utilizzo: Vie Pedonali, Aree Pedonali, Piste ciclabili, Aree verdi

Dimensioni: variabili

Caratteristiche tecniche:

- Conformità UNI EN 12620
- Conformità UNI EN 13242
- Conformità UNI EN 932-3 CNR BU 104 – Analisi petrografica sommaria - Determinazione delle caratteristiche petrografiche e mineralogiche dell'aggregato
- Conformità UNI EN 8520-22 – Determinazione della potenziale radioattività degli aggregati in presenza di alcali.
- Conformità UNI EN 1744-1 – Determinazione dei cloruri idrosolubili mediante metodo di Volhard
- Conformità UNI EN 1744-1 p.12 - Determinazione dei solfuri idrosolubili
- Conformità UNI EN 1744-1 p.11 – Determinazione del contenuto di zolfo totale
- Conformità UNI EN 933-1 CNR BU 23 - Determinazione della distribuzione granulometrica mediante analisi granulometrica con vagliatura

immagine 1

immagine 2

Sezione

SCHEDATURA DELLE TIPOLIE UTILIZZATE NEGLI INTERVENTI DEGLI ULTIMI ANNI

INTERVENTI	CATEGORIE							TIPOLOGIE DI ELEMENTI									
	A Cls	B Asfalto	C Pietra	D Ceramica, clinker, cotto, gres	E Legno	F Ricomposti, resine palstiche	G Terra stabilizzata, ghiaia	1 Cubetti	2 Lastre	3 Piastrelle	4 Binderi	5 Smolleri	6 Cordoli	7 - Ciottoli	8 - Grigliati	9 - Continue gettate in opera	10- Masselli autoblocc.
U03 BISTAGNO																	
U08 CASCINA GRANCIA																	
U16 INDUNO																	
U22 VENCHI UNICA																	
U29 SOMALIA																	
U42-U72 TOSCANA MOLISE																	
U44 FERRARI																	
U47 SCHIAPPARELLI																	
U48 MOSSO																	
U51 BUENOS AIRES																	
U55 POSTUMIA																	
U71 TE FOGGIA																	
U81 OMERO																	
U104 EX CEAT VIA PISA																	
U111 BELLONO																	
U123 QUARIERE DORA																	
U129 NIETZSCHE ILLUMINAZIONE																	
P2B IVREA CARENA																	
S3 SPINA 3 INGEST																	
UB2-3 URBAN2																	
A2 ARQUATA																	
A9 GHEDINI																	
DINA																	
U62A CASCINA MALETTA																	

U62B CASCINA MALETTA CC	
U84 AREA VIA TIRRENO	
U85 PEPE	
U103 PORTONE	
U105 BOSELLI SUB4	
U06 RIVOIRA	
U10 VILLARETTO	
U37 TROYA	
U57 TANGENZIALE EST	
U58 BENEVENTO 1-2	
U83 MADONNA DI CAMPAGNA	
U88 REFRANCORE	
P3B CINCINNATO	
S3 SPINA 3 SAVIGLIANO	
S3 SPINA 3 VITALI	
S3 SPINA 3 PARACCHI	
S3 SPINA 3 VIA LIVORNO	
S3 SPINA 3 VIA ORVIETO	
P4 CASINO BAROLO	
P7 E27-E29	
U49 TAZZOLI	
U134 DE PANIS	
A12 PRIN VILLARETTO CIRCONVALL.	
U14 SAN MICHELE	
U15 VILLA GLORI	
U40 FRAMTEK	
U56 FONDERIE ROZ	
U63 RUBBERTEX 2-CL2	
U78 RUBBERTEX 2-CL1	
U93 CASCINA CITTA'	
U95 CACCE	
U112 CHABERY SUD	
U117 CARPANO AREA C	
U128 CARPANO LINGOTTO LOTTO V	
U131 DESANA	
U139 BANDELLO BERTOLLA NORD	
U140 CERVINO	
U39 PRIN LANCIA	
S3 SPINA 3 VALDOCCO LOTTO 1	
S3 SPINA 3 VALDOCCO LOTTO 2	
S3 SPINA 3 VALDOCCO LOTTO 3	
S4 SPINA 4 B	
S4 SPINA 4 C	
S4 SPINA 4 D	
P5 LA GRANCIA	
U61 SANTO STEFANO	

U69 CARRIERA	
U70 CUNEO	
U73 SPINA 3 METEC	
U80 VALENTINO	
U91 STADIO DELLE ALPI	
U100 LINGOTTO LOTTO 5	
U106 PRIN COMAU	
S3 PONTE VIA LIVORNO	
S3 CORSO MORTARA	
U01 MONGRANDO	
U02 DOCKS NORD	
U04 ADDA 1	
U07 DE VALLE	
U09 GFT	
U11 CHAMBERY NORD	
U12 VIA TOFANE	
U13 U46 GARDINO	
U18 LUNGO DORA SAVONA	
U26 CASTELLO DI LUCENTO	
U33 IMPERIA	
U36 ACACIA	
U38 GALLARATE	
U41 12EA GAIDANO	
S2 SPINA 2 SUB AMBITO 1	
U59 ALBERT	
U60 CAVAGNOLO	
U68 SERVAIS	
U75 AREA AUCHAN	
U76 NEBIOLO	
U79 FLEMING	
P1A EXPERIMENTA	
P1B COLONNETTI NORD	
P1C COLONNETTI SUD	
U133 CASE ARTOM	
P1F BORGATA MIRAFIORI	
P3A DON GNOCCHI	
S1 SPINA 1	
S1 SPINA 1 CORSO LIONE	
P6 SUPERGA	
P8 MADAMA CRISTINA	