

3. SUPRASTRUCTURA DRUMURILOR

Activitatea practică de construcție, modernizare și întreținere a drumurilor preconizează utilizarea unor materiale de calitate care să fie procurate, pe cât posibil, din apropierea zonei de amplasament a drumului, astfel încât cheltuielile de transport să fie minime. Luând ca determinant pentru găsirea soluției optime de execuție costul minim al lucrărilor, se poate ajunge la utilizarea unor materiale diverse, care, pe baza unor cercetări sistematice și prin folosirea unor tehnologii adecvate, se pot aduce în stadiul de utilizare curentă în tehnica rutieră.

Marea varietate de materiale folosite în tehnica rutieră (pământuri, agregate naturale, lianți) și de tehnologii conduce impicit la apariția unei diversități largi de straturi rutiere a căror comportare în exploatare sub acțiunea solicitărilor (trafic și condiții climaterice) trebuie corect apreciată prin calcule de dimensionare specifice.

Abordarea problematicii dimensionării structurilor rutiere nu se poate realiza pentru fiecare structură rutieră posibilă, astfel încât marea varietate de straturi și structuri rutiere existente trebuie grupate după principii bine determinate, fiecărei grupări corespunzându-i o metodă specifică de calcul. De asemenea, și din punct de vedere al terminologiei rutiere este convenabilă o clasificare pragmatică a structurilor rutiere.

3.1. Clasificarea structurilor rutiere

Pentru o corectă clasificare a structurilor rutiere este necesar să se cunoască în totalitate materialele utilizabile în straturile rutiere prin caracteristicile lor care intervin în cadrul metodelor de dimensionare adoptate, precum și modul de comportare al acestora în exploatare, care poate conduce, prin studii atente și, din păcate de durată, la concluzii interesante, menite de multe ori să influențeze etapele de calcul de dimensionare, tehnologiile de execuție, implementarea unor noi soluții etc.

În concordanță cu diversificarea tipurilor de structuri rutiere, se remarcă preocupările specialiștilor din domeniu pentru elaborarea criteriilor de clasificare a acestora, precum și pentru perfecționarea metodelor de dimensionare.

În acest domeniu, pornind de la realitățile sectorului rutier din țara noastră din anii '80 (grosimi reduse de straturi bituminoase), s-a urmărit stabilirea unor principii clare, care să conducă la o definire și clasificare obiective și concise ale structurilor rutiere, pe baza studierii comportării în exploatare a acestora.

S-a ținut seama de faptul că segmentarea exagerată în clasificarea structurilor rutiere are repercusiuni însemnate asupra terminologiei utilizate, dar mai ales asupra metodelor de dimensionare aplicate, care în mod practic trebuie să fie adaptate fiecărei categorii de structuri rutiere considerate. De asemenea, s-a avut în vedere că, urmare a multiplelor lucrări de îmbunătățire a stării de viabilitate a drumurilor, a lucrărilor de modernizare sau ranforsare, precum și a apariției și aplicării de noi materiale și tehnologii (în special diversificarea și folosirea tot mai frecventă a straturilor din agregate naturale stabilizate cu ciment sau cu lianți puzzolanici), s-a ajuns la o diversitate foarte mare de structuri rutiere, care nu mai puteau fi încadrate în categoriile de structuri rutiere recunoscute la acea dată.

Cercetările desfășurate au condus la necesitatea punerii în discuție a următoarelor propuneri vizând definirea și clasificarea structurilor rutiere:

- o nouă definire a structurilor rutiere și a complexelor rutiere;
- o nouă clasificare a structurilor rutiere;
- luarea în considerare, în toate cazurile, la dimensionare, ranforsare, pentru stabilirea strategiei de întreținere etc., a complexelor rutiere și nu numai a structurilor rutiere.

Pentru atingerea acestor obiective s-a făcut apel la concepția generală de alcătuire și proiectare a construcțiilor, care se referă la dimensionarea unei structuri de rezistență, plasată pe o fundație adusă la anumiți parametri tehnici bine stabiliți, la solicitările sigure sau posibile de-a lungul duratei de exploatare prognozate.

În baza acestei concepții, s-a ajuns la concluzia înlocuirii termenului de sistem rutier cu structură rutieră, care de altfel se constituie în elementul de rezistență al drumului.

Dezbaterile purtate pe plan național au condus la acceptarea noii concepții vizând definirea și clasificarea structurilor rutiere, care va fi prezentată în continuare.

Definirea și clasificarea structurilor rutiere și a complexelor rutiere au fost concretizate așa cum se va vedea în continuare.

Structura rutieră este elementul de rezistență al drumului, prevăzută și realizată pe partea carosabilă și pe benzile de încadrare, alcătuită dintr-un ansamblu de straturi executate din materiale pietroase stabilizate sau nu cu lianți, după tehnologii adecvate, și dimensionate conform anumitor norme, având în ansamblu o capacitate portantă stabilită în principal funcție de intensitatea traficului greu.

Structura rutieră în baza concepției sus-menționate se construiește pe o fundație formată din:

- terasamente, în care se include, după caz, stratul de formă;
- terenul natural;

Ținând seama de modul de alcătuire și de comportare în exploatare, s-a ajuns la următoarea clasificare a structurilor rutiere:

- **structura rutieră suplă** este alcătuită dintr-un ansamblu de straturi realizate din materiale necoezive stabilizate mecanic sau/și cu lianți hidrocarbonați, îmbrăcăminte și stratul de bază fiind realizate din mixturi asfaltice, sau, în mod excepțional, din macadam bituminos sau din macadam (pietruire);

- **structura rutieră rigidă** este alcătuită dintr-un ansamblu de straturi stabilizate sau nu cu lianți, peste care se realizează o îmbrăcămintă din beton de ciment;

- **structura rutieră mixtă** este constituită din straturi din agregate naturale stabilizate mecanic și cu lianți hidraulici sau puzzolanici, în care apar în timp fisuri din contracție, iar îmbrăcăminte și eventual stratul de bază sunt straturi bituminoase. Stratul rutier din agregate

naturale stabilizate cu ciment sau cu lianți puzzolanici poate fi strat de fundație sau/și strat de bază.

Straturile rutiere care alcătuiesc structurile rutiere s-a propus să aibă următoarele denumiri:

- îmbrăcămintea rutieră (strat de uzură și strat de legătură, pentru structurile rutiere suple și mixte, respectiv strat de uzură și strat de rezistență pentru structurile rutiere rigide);
- stratul de bază (pentru structurile rutiere suple și mixte);
- stratul (sau straturile) de fundație, care s-ar putea denumi strat de rezistență (pentru structurile rutiere suple și mixte);
- stratul (sau straturile) de fundație, care s-ar putea denumi strat portant (pentru structurile rutiere rigide);
- stratul (sau straturile) de protecție.

Din alcătuirea structurilor rutiere poate să lipsească unul sau mai multe straturi, iar unele dintre straturi pot să îndeplinească unul sau mai multe roluri.

Complexul rutier poate fi definit ca o construcție alcătuită din fundație (terasamente și teren natural) și structura rutieră, cu scopul de a servi în bune condiții și în siguranță circulația rutieră.

Se desprinde deci, necesitatea proiectării întregului complex rutier, acordându-se o importanță majoră alcătuirii fiecărui strat, precum și conlucrării dintre terasamente, teren natural și structura rutieră.

Se impune acordarea unei atenții deosebite **stratului de formă**, definit ca fiind stratul superior al terasamentelor, amenajat pentru uniformizarea și sporirea capacității portante la nivelul patului drumului (vezi punctul 2.3).

Având în vedere modul de alcătuire, materialele și tehnologiile folosite, metodele de dimensionare și comportarea în exploatare a structurilor rutiere realizate în România, s-a obținut clasificarea acestora în forma prezentată în fig. 3.1.

În cadrul acestei concepții, împărțirea structurilor rutiere cu îmbrăcăminți bituminoase în suple și mixte este dictată de existența sau nu în alcătuirea structurii rutiere a cel puțin unui strat realizat din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici. Pe de altă parte, grosimea straturilor bituminoase considerată în cazul acestei abordări este relativ redusă, stratul din agregate naturale stabilizate cu ciment sau cu lianți puzzolanici putând fi strat de fundație sau strat de bază.

Straturile rutiere obținute prin stabilizarea agregatelor naturale cu ciment sau cu lianți puzzolanici, dacă lucrează ca elemente monolit, posedă o rigiditate ridicată care sporește continuu până la o anumită vârstă și trebuie dimensionate la oboseală.

În cazul unor astfel de straturi rutiere se manifestă contracții de tipurile următoare:

- contracții primare, care cuprind contracția dinaintea întăririi și contracția hidrostatică. Acestea sunt responsabile de primele contracții lente ale materialului după punerea sa în operă și se produc chiar dacă materialul este puțin rezistent;
- contracții termice, care sunt asociate fie variațiilor de temperatură zilnice, fie celor anuale. Primele sunt de ordinul a 20...30 °C, în timp ce celelalte pot atinge valori de 50...60 °C.

Contracția materialelor stabilizate crește în timp, iar capacitatea lor de alungire (fără fisurare) scade o dată cu vârsta și numărul de solicitări suportate.

Sub efectul contracțiilor, straturile rutiere de acest tip fisurează, fisurile transversale echidistante care apar având în permanență tendința de propagare prin straturile bituminoase superioare, sub efectul traficului și al variațiilor de temperatură.

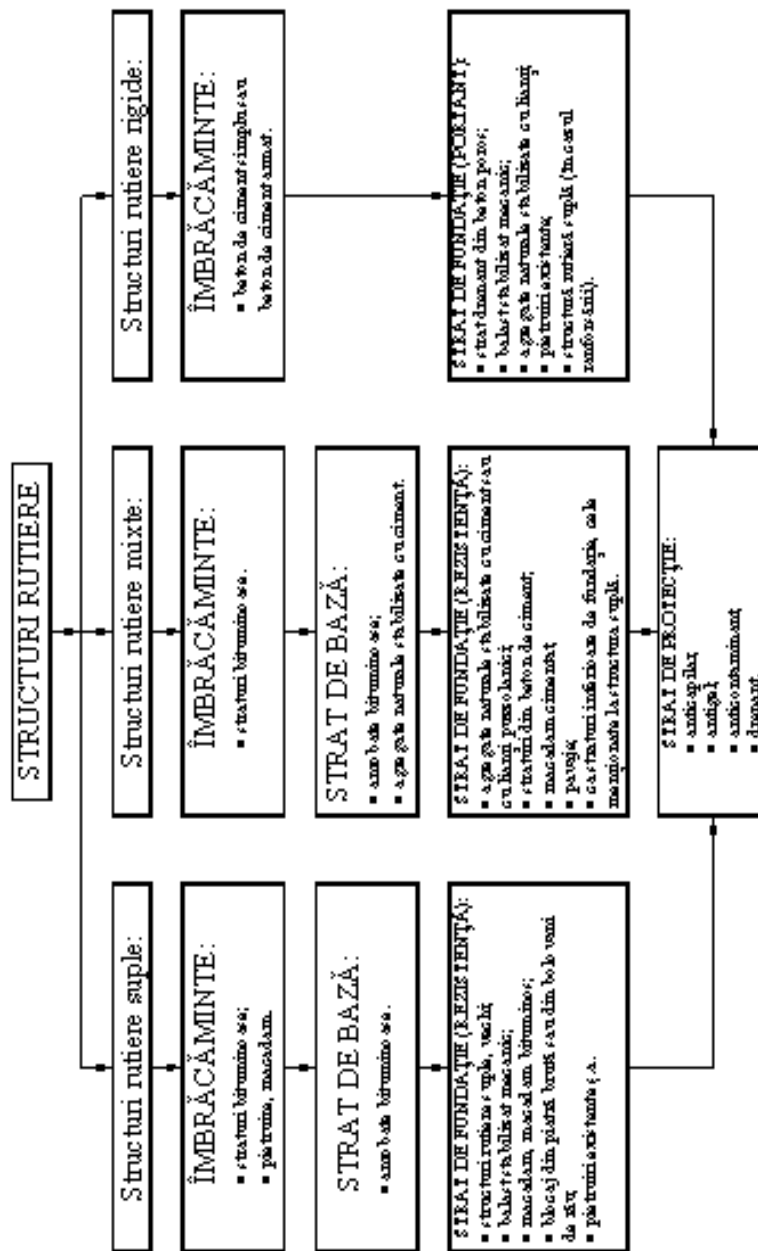


Fig. 3.1. Clasificarea structurilor rutiere.

Dacă straturile rutiere din agregate naturale stabilizate cu ciment sau cu lianți puzzolanici nu funcționează ca un element monolit, ci ca un element microfisurat, nu se dimensionează la oboseală, iar comportarea lor în exploatare este intermediară între straturile monolit și cele obținute din agregate naturale stabilizate mecanic.

În altă ordine de idei, apariția straturilor rutiere din agregate naturale stabilizate cu ciment sau cu lianți puzzolanici a determinat necesitatea luării în considerare a unor noi criterii de dimensionare și, implicit, apariția unei noi categorii de structuri rutiere, și anume a structurilor rutiere mixte. Apariția acestor noi structuri rutiere trebuie privită ca o consecință a următoarelor realități:

- costurile scăzute ale materialelor locale, subproduselor de carieră sau industriale, care se pot găsi în cantități suficiente în zona de amplasament a drumului și care, prin stabilizare cu ciment sau cu lianți puzzolanici, pot depăși deficiențele inițiale de calitate pentru a fi folosite în straturi rutiere;
- aspectul ecologic pe care îl ridică depozitele nevalorificate de astfel de materiale;
- realizarea unor importante economii de materiale prin construcția unor straturi rutiere mai subțiri, dar cu o capacitate portantă ridicată;
- economisirea lianților tradiționali (mai scumpi) prin înlocuirea lor, totală sau parțială, cu lianți puzzolanici.

În cadrul structurilor rutiere mixte, se presupune că straturile rutiere din agregate naturale stabilizate cu ciment sau cu lianți puzzolanici sunt straturi monolit, situație care se va aborda cu precădere în continuare.

3.2. Rolurile straturilor rutiere

Principalele tipuri de straturi rutiere care pot alcătui o structură rutieră au fost menționate în subcapitolul 3.1, fiecare dintre ele caracterizându-se prin anumite particularități care trebuie să le permită îndeplinirea rolurilor specifice.

Îmbrăcămintea rutieră este situată la partea superioară a structurii rutiere și poate fi alcătuită din unul sau două straturi care suportă direct acțiunea traficului rutier și a factorilor climaterici. Tipurile de îmbrăcăminți rutiere moderne sunt: îmbrăcăminți rutiere bituminoase, îmbrăcăminți rutiere din beton de ciment și îmbrăcăminți rutiere din piatră fasonată.

Îmbrăcămintea rutieră bituminoasă în două straturi este alcătuită din stratul de uzură și din stratul de legătură. Îmbrăcămintea rutieră din beton de ciment în două straturi are în alcătuire stratul de uzură și stratul de rezistență. În ambele cazuri, dacă îmbrăcămintea este executată într-un singur strat, acesta va avea caracteristicile stratului superior și se va numi strat de uzură. În general, îmbrăcămintea din beton de ciment se execută într-un singur strat.

Stratul de uzură este stratul superior al structurii rutiere menit să reziste acțiunilor tangențiale date de trafic și la acțiunea factorilor climaterici. Stratul de uzură trebuie să aibă în plus o rugozitate corespunzătoare, să asigure o bună drenare a apelor din precipitații și să împiedice pătrunderea acestora în corpul drumului.

Stratul de legătură este stratul inferior al îmbrăcămintei bituminoase în două straturi, care face legătura dintre stratul de uzură și stratul de bază sau stratul superior de fundație al structurii rutiere. Principalele roluri ale stratului de legătură sunt de a prelua o

parte din eforturile unitare tangențiale și de a repartiza pe suprafețe mai mari eforturile unitare verticale datorate traficului.

Stratul de bază este situat între îmbrăcămintea bituminoasă și stratul (straturile) de fundație. Acesta are rolul de a prelua încărcările date de trafic, în special eforturile unitare tangențiale și de întindere, și de a repartiza eforturile unitare verticale pe suprafețe mai mari, predându-le apoi stratului inferior în limita capacității portante a acestuia. Tipul clasic de strat de bază, preferat, care îndeplinește aceste condiții, este cel realizat din anroabate bituminoase.

Stratul (straturile) de fundație este situat între stratul de bază sau îmbrăcămintea rutieră și terenul de fundare, având următoarele roluri:

- **rol de rezistență:** preia eforturile unitare verticale de la stratul rutier superior, le repartizează pe suprafețe mai mari și le transmite stratului imediat inferior sau terenului de fundare în limita capacității portante a acestora. În acest scop, straturile de fundație trebuie să fie alcătuite astfel încât sarcinile statice sau dinamice din trafic să fie preluate în așa măsură încât terenul de fundare să nu fie solicitat peste limitele admisibile.

Straturile de fundație trebuie să aibă o rezistență stabilă și o grosime suficientă pentru a repartiza cât mai uniform eforturile unitare verticale pe terenul de fundare.

Deformabilitatea acestor straturi trebuie să fie cât mai mică, cu atât mai mult cu cât straturile superioare sunt mai subțiri și cu capacitate portantă mai redusă. În general, din acest punct de vedere, o compactare ridicată a stratului de fundație este garanția unei bune comportări în exploatare a structurii rutiere.

În cazul în care stratul superior de fundație îndeplinește și rolul stratului de bază, proiectarea și execuția acestuia trebuie să se facă din materiale mai rezistente, deoarece primește și solicitările transmise prin îmbrăcămintea rutieră (șocuri, vibrații, o parte din eforturile unitare tangențiale etc.). De aceea, se evită să se folosească în stratul superior de fundație materiale pietroase din rocă slabă (calcare moi, șisturi și roci alterabile etc.);

- **rol drenant:** asigură drenarea și evacuarea apelor infiltrate în structura rutieră, împiedicând stagnarea acestora la nivelul patului drumului. Acest rol este esențial pentru menținerea constantă a capacității portante a structurii rutiere. Prezența apei este deosebit de dăunătoare, ea provocând o reacție în lanț ce conduce în final la distrugerea structurii rutiere;

- **rol anticapilar:** rupe ascensiunea capilară a apelor subterane. Acest rol este îndeplinit de straturi rutiere alcătuite din materiale granulare având o grosime mai mare decât înălțimea ascensiunii capilare a apelor subterane, amplasate pe terenul de fundare;

- **rol antigel:** împiedică pătrunderea înghețului până la nivelul pământului din patul drumului, recomandându-se, în acest caz, folosirea în straturile de fundație a unor materiale negelive, cu o conductibilitate termică redusă;

- **rol anticontaminant (izolator):** oprește pătrunderea argilei din terenul de fundare spre straturile rutiere superioare de rezistență ale structurii rutiere.

Cele mai frecvente cazuri de nereușită în exploatarea straturilor de fundație se datoresc sensibilității la acțiunea apei a materialelor din care acestea sunt realizate și contaminării straturilor rutiere din materiale necoezive cu argila din patul drumului.

Dacă se exclude contactul cu apa al materialelor din patul drumului și din straturile rutiere de fundație, condițiile de rezistență sunt satisfăcătoare și se mențin corespunzătoare în majoritatea cazurilor, întrucât eforturile unitare ce apar în straturile inferioare sunt relativ mici.

Dacă straturile de fundație nu pot realiza unul sau mai multe din rolurile: drenant, anticapilar, antigel și anticontaminant, se impune realizarea între patul drumului și primul strat de fundație al unui strat de protecție.

Straturile de protecție sunt așezate pe pământul din patul drumului, în scopul de a feri structura rutieră de unele efecte dăunătoare. Straturile de protecție pot avea rol drenant, anticapilar, antigel și anticontaminant, în funcție de condițiile locale și de necesități.

Stratul drenant se execută din balast în scopul colectării și evacuării apelor din precipitații care pătrund în straturile de fundație în timpul execuției sau ulterior, prin acostamente, fisuri, crăpături, rosturi etc. În acest scop, se vor lua măsuri în vederea evacuării apelor din acest strat rutier în afara corpului drumului. Grosimea stratului drenant este de min. 10 cm după compactare. Acest strat rutier se ia în considerare la calculul de dimensionare a structurilor rutiere și grosimea lui se include în grosimea totală a structurii rutiere pentru verificarea acesteia la acțiunea îngheț-dezghețului.

Stratul anticapilar se execută din balast cu o grosime de min. 15 cm după compactare și mai mare decât înălțimea capilară maximă. Și acest strat de protecție se ia în considerare în calculele de dimensionare și de verificare la îngheț-dezgheț a structurii rutiere.

Stratul anticontaminant (izolator) se execută din nisip sau din geotextile, atunci când nu se realizează strat de formă sau atunci când straturile de fundație, respectiv celelalte straturi de protecție, nu îndeplinesc și acest rol. Grosimea stratului anticontaminant din nisip este de 7 cm după compactare și nu se ia în considerare la dimensionarea structurii rutiere și la verificarea acesteia la acțiunea îngheț-dezghețului. Stratul izolator din geotextile poate îndeplini și rol drenant, cu condiția executării sale până la taluzurile șanțurilor, caz în care cota sa va fi cu min. 15 cm mai mare decât cota fundului dispozitivului de scurgere a apelor de suprafață.

Stratul antigel se execută din zgură expandată clasa 900...1 200, sort 0–7, sau din zgură granulată de furnal clasa A, cu grosimea de min. 12 cm după compactare. Acest strat de protecție nu se ia în considerare la dimensionarea structurii rutiere, dar se include în grosimea totală a structurii rutiere pentru efectuarea verificării acesteia la acțiunea îngheț-dezghețului.

Modul de evacuare a apelor din stratul de protecție sau stratul inferior de fundație diferă în funcție de situația existentă, și anume:

- dacă există posibilitatea evacuării apelor prin șanțuri (rigole) sau pe taluzurile rambleurilor, se prevede un strat drenant continuu până la taluzurile drumului. Suprafața pe care se execută acest strat va avea panta transversală de 10...12 % pe ultimii 80 cm, până la taluzurile drumului.

În cazul lărgirii platformei existente, se pot prevedea drenuri transversale de acostament cu lățimea de 25...35 cm și grosimea de 30...50 cm, situate la distanțe de 10...20 m, în funcție de declivitatea drumului. Drenurile transversale de acostament au panta de 4...5 % și se realizează normal pe axa drumului când declivitatea este mai mică de 2 % sau, în caz contrar, cu o înclinare de circa 60 ° în direcția declivității;

- dacă drumul este situat în debleu sau la nivelul terenului natural și nu există posibilități de evacuare a apelor prin șanțuri (rigole), se prevăd drenuri longitudinale sub acostamente sau sub șanțuri (rigole), cu panta de min. 0,3 %.

În cazul rambleurilor realizate din pământuri necoezive sau permeabile, nu se prevăd măsuri de evacuare a apelor din straturile de fundație.

Patul drumului este suprafața amenajată a terasamentelor pe care se așază structura rutieră.

Straturile structurii rutiere prezintă caracteristici fizico-mecanice și de portanță diferite, în funcție de materialele din care sunt realizate, tehnologia de execuție folosită și de rolul pe care îl îndeplinesc în alcătuirea ansamblului.

Condițiile de calitate ale straturilor rutiere trebuie să sporească de la straturile inferioare spre cele superioare, cele ale îmbrăcămintei fiind cele mai performante.

Referitor la modul de alcătuire și de execuție a straturilor rutiere, se rețin următoarele principii structurale:

- principiul structural al compactării presupune că materialul din care este alcătuit stratul rutier are o granulozitate care să permită realizarea, printr-o compactare adecvată, unei densități maxime, obținându-se astfel o capacitate portantă cât mai ridicată;

- principiul structural al macadamului se referă la realizarea stratului rutier prin așternerea în reprize a unor sorturi monogranulare din piatră spartă de dimensiuni din ce în ce mai mici, fiecare repriză de așternere fiind urmată de o compactare corespunzătoare, până în momentul în care granulele sortului așternut nu mai pătrund în stratul format, ci se sfărâmă sub rulourile compactatorului;

- principiul structural al betonului se referă la realizarea stratului rutier din agregate naturale legate între ele cu un liant care prin întărire permite obținerea unui material cu rezistențe mecanice mari;

- principiul structural al pavajelor se referă la realizarea stratului rutier din materiale pietroase fasonate de diverse forme și dimensiuni așezate pe un strat suport corespunzător, astfel încât acestea să formeze un ansamblu uniform și stabil.

Grosimile straturilor rutiere se determină prin calcule care au la bază metode de dimensionare specifice fiecărei categorii de structură rutieră.

3.3. Tratamente bituminoase

Tratamentele bituminoase sunt învelișuri subțiri realizate pe suprafața îmbrăcăminților rutiere prin stropirea acestora în mod uniform și continuu cu un liant hidrocarbonat, urmată de acoperirea cu criblură care se fixează prin cilindrare.

Tratamentele bituminoase se execută în următoarele scopuri:

- etanșarea suprafețelor poroase;
- mărirea rugozității suprafeței de rulare;
- întreținerea și regenerarea îmbrăcăminților rutiere vechi și uzate;
- închiderea macadamurilor bituminoase.

În paralel cu rolul de bază, tratamentele bituminoase mai asigură:

- o bună drenare a apelor pluviale de pe suprafața de rulare;
- întreruperea filmului de polei chiar de la formarea sa.

Tratamentele bituminoase îmbunătățesc starea de viabilitate a drumului pe care se execută, dar nu sporesc capacitatea portantă a complexului rutier.

3.3.1. Clasificarea tratamentelor bituminoase

În mod curent clasificarea tratamentelor bituminoase se efectuează astfel:

- a. **După modul de punere în operă a liantului hidrocarbonat** se deosebesc:
- tratamente bituminoase executate la cald, care se realizează numai pe timp uscat și călduros, la o temperatură ambiantă de min. 8 °C, folosind bitum încălzit la temperatura de 170...190 °C;
 - tratamente bituminoase cu execuția la rece, care se realizează cu bitum tăiat sau emulsie bituminoasă, la o temperatură ambiantă de min. 5 °C, putând fi aplicate și pe suprafețe umede, însă nu pe ploaie;
- b. **După tehnologia de execuție** se disting:
- tratamente bituminoase simple, care se realizează printr-o simplă stropire urmată de răspândire de criblură și cilindrare;
 - tratamente bituminoase duble sau multiple, realizate prin două sau mai multe stropiri cu bitum urmate de fiecare dată de răspândire de criblură și cilindrare;
 - tratamente bituminoase întărite, care se execută cu agregate naturale în prealabil bitumate;
 - tratamente bituminoase cu agregate naturale anrobate in situ (Trabinsit), obținute prin așternerea de agregate naturale pe suprafața de rulare urmată de stropirea cu liant hidrocarbonat și cilindrare;
 - tratamente bituminoase armate cu geotextile (Trabintex), care presupun în principiu intercalarea între îmbrăcămintea rutieră și tratamentul bituminos cu agregate naturale anrobate in situ a unui geotextil.

Reușita tratamentului bituminos este determinată în mod deosebit de curățenia suprafeței pe care se execută lucrarea și de curățenia agregatelor naturale folosite. Un rol important în reușita tratamentului bituminos îl are stropirea uniformă și continuă, la un dozaj bine stabilit, a liantului hidrocarbonat.

3.3.2. Executarea tratamentelor bituminoase

Executarea tratamentelor bituminoase **la cald** sau **la rece** presupune urmărirea aceluiași lanț tehnologic, singura diferență semnificativă fiind dată de temperatura la care se stropește liantul hidrocarbonat. În ansamblu, pentru executarea unui tratament bituminos este necesară următoarea succesiune de activități:

- stabilirea sectoarelor de drum pe care se vor executa tratamente bituminoase și a tipului de tratament bituminos, pe baza unei revizii tehnice efectuate de o echipă de specialiști, urmată de elaborarea proiectului de execuție;
- aprovizionarea și depozitarea în apropierea viitorului șantier a materialelor necesare;
- repararea tuturor defecțiunilor apărute la nivelul suprafeței de rulare cu tehnologii adecvate înainte cu cel puțin două săptămâni de executarea tratamentului bituminos. După realizarea reparațiilor sectorul de drum se menține în circulație până la începerea lucrării;
- semnalizarea sectoarelor de lucru în conformitate cu reglementările în vigoare;
- realizarea efectivă a lucrării. De exemplu, pentru realizarea unui **tratament bituminos simplu la cald** se procedează astfel:

- se curăță temeinic cu perii mecanice suprafața de tratat și dacă este necesar se spală cu jet de apă;
- se stropește bitumul în cantitate de 0,8...1,2 kg/m², cu ajutorul autostropitorului de bitum care trebuie să asigure o stropire uniformă și continuă a liantului pe întreaga suprafață în lucru (fig. 3.2). Bitumul folosit este, de regulă, D 180/200, încălzit la o temperatură de 170...190 °C. Pentru menținerea temperaturii bitumulului în timpul transportului,

autostropitoare au rezervoarele izolate termic și sunt prevăzute cu arzătoare pentru încălzirea bitumului;

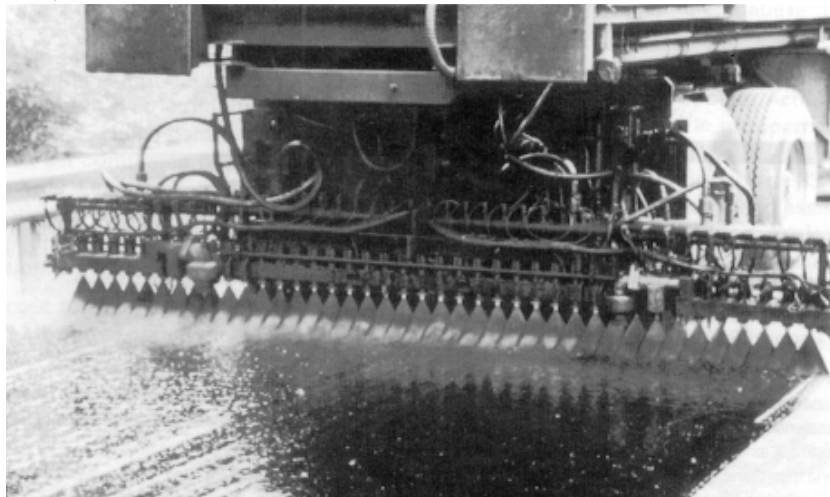


Fig. 3.2. Stropirea liantului bituminos.

- se răspândește uniform criblură 3...8 mm sau 8...16 mm, în cantitate de 10...15 kg/m², respectiv 14...18 kg/m², imediat după stropirea bitumului cald. Pentru răspândirea agregatelor naturale se folosesc distribuitoare mecanice atașate la bena autobasculantelor (caz în care răspândirea criblurii se face prin mers înapoi) sau cu autorăspânditoare special adaptate acestui scop;

- se cilindrează învelișul format cu compactoare cu pneuri sau cu compactoare cu rulouri netede. Se efectuează 3...4 treceri pe aceeași suprafață, începând de la marginea părții carosabile spre axă;

- după cilindrare este recomandată folosirea mașinilor aspiratoare care culeg criblura nefixată, împiedicând astfel împrăștierea ei prin circulație în parbrizele altor autovehicule;

- deschiderea circulației se efectuează după răcirea bitumului.

Tratamentele bituminoase la rece se execută, de regulă, cu emulsii bituminoase cationice cu rupere rapidă având un conținut de bitum de min. 60 %. Tehnologia de execuție a tratamentelor bituminoase la rece este similară cu cea a tratamentelor bituminoase executate la cald, oferind însă o serie de avantaje. Cele mai importante facilități pe care le aduce tehnologia la rece sunt următoarele:

- se evită dificultățile privind încălzirea bitumului la temperatura de 160...190 °C, emulsiile bituminoase stropindu-se la temperatura ambiantă;

- emulsia bituminoasă este mai fluidă și deci se poate stropi mai uniform, cu un pericol mai mic de înfundare a duzelor autostropitorului;

- emulsia bituminoasă se poate doza mai ușor și mai exact;

- se pot folosi și agregate naturale umede;

- se obține o bună adhezivitate și la agregate naturale de natură acidă, când se folosește emulsie bituminoasă cationică;

- se pot executa tratamente bituminoase pe suprafețe umede, dar nu pe ploaie.

În toate cazurile, se impune urmărirea comportării tratamentelor bituminoase în exploatare și orice defecțiune constatată trebuie remediată imediat prin soluții tehnice adecvate.

3.4. Straturi rutiere de fundație

Straturile rutiere de fundație trebuie să respecte principiile de alcătuire și să îndeplinească rolurile sus-menționate, ele putând fi realizate din:

- agregate naturale (nisip, balast, pietruiri vechi);
- balast amestec optimal sau piatră spartă amestec optimal;
- piatră spartă mare, sort 63-90;
- blocaj din piatră brută;
- pietruiri vechi;
- agregate naturale stabilizate mecanic;
- agregate naturale stabilizate cu ciment sau cu lianți puzzolanici.

Principalele tipuri de straturi de fundație, funcție de modul de alcătuire a structurilor rutiere, sunt prezentate în tabelul 3.1.

Aceste tipuri de straturi rutiere din agregate naturale nestabilizate cu lianți se folosesc diferențiat, în funcție de posibilitatea de utilizare a materialelor locale.

Balastul amestec optimal este alcătuit fie dintr-un amestec de sorturi corespunzătoare de nisip și pietriș, fie din balasturi concasate sau deșeuri de carieră a căror granulozitate trebuie să se înscrie în limitele prevăzute în fig. 3.3. Acest balast trebuie să îndeplinească următoarele condiții tehnice: sort 0–71 (din care sub 0,02 mm, max. 3 %; sub 0,2 mm, 4...10 %; 0...7,1 mm, 30...45 %; 31,5...71,0 mm, 25...40 %), echivalentul de nisip de min. 30 % și uzura Los Angeles de max. 30 %.

Piatra spartă amestec optimal trebuie să aibă o granulozitate care se înscrie în limitele prevăzute în fig. 3.4 (piatră spartă amestec optimal 0–40) și fig. 3.5 (piatră spartă amestec optimal 0–63).

Condițiile tehnice ale celorlalte materiale utilizate pentru realizarea straturilor din agregate naturale nestabilizate cu lianți trebuie să corespundă reglementărilor în vigoare (vezi cap. 1).

3.4.1. Condiții tehnice pentru straturi rutiere de fundație

Panta transversală a patului drumului trebuie să fie:

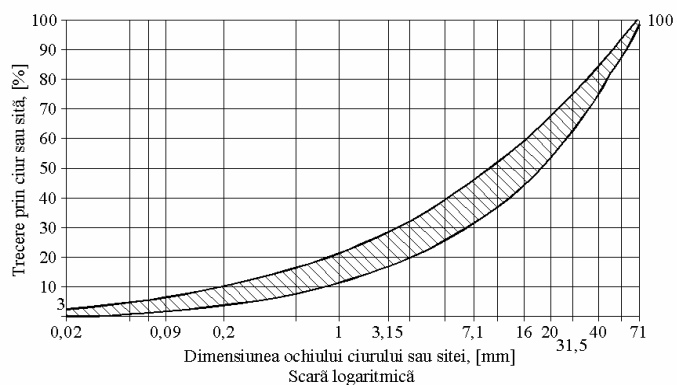
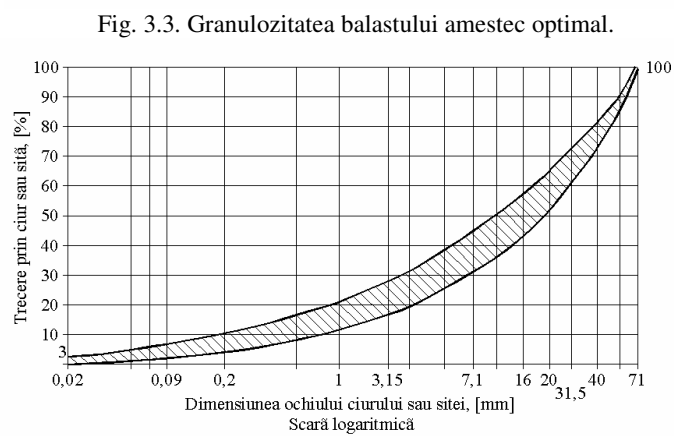
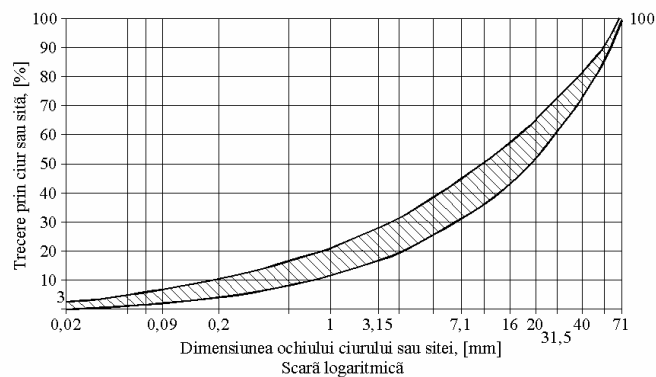
- aceeași cu cea a îmbrăcămintei rutiere, dacă terasamentele sunt executate din pământuri necoezive sau în cazul terasamentelor prevăzute cu un strat de formă;
- de min. 4 %, dacă terasamentele sunt executate din pământuri coezive, fără strat de formă.

În profil longitudinal, patul drumului va avea aceeași declivități cu cele ale îmbrăcămintei, admițându-se aceleași toleranțe cu ale acesteia.

Pantele transversale și declivitățile suprafeței straturilor de fundație sunt aceleași cu cele ale îmbrăcăminților sub care se execută și în conformitate cu reglementările în vigoare.

Denivelările admise la execuția straturilor de fundație sunt următoarele:

- în profil transversal cu $\pm 0,5$ cm diferite de cele admisibile pentru îmbrăcămințile sub care se execută;



Tabelul 3.1

Nr. crt	Straturi de fundație		Strat de bază		Tipuri de îmbrăcămînți									
	Mod de alcătuire	Grosimi minime Constructive după compactare, cm	Mod de alcătuire	Grosimi minime constructive după compactare cm	Macadam	Macadam penetrant și semipenetrant		Clasa tehnică a drumului						
								V	III	IV	V	I	II	III
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Balast	15	-	-	da	-	da	da	-	-	-	-	-	-
			Macadam	8	-	-	-	-	-	-	-	-	da	da
			agregate naturale stab. cu lianți hidraulici sau puzzolanuci	12	-	-	-	-	-	-	da	da	da	da
			mixturi asfaltice	5 pt. agregate fine și mijlocii 6 pt. agregate mari	-	-	-	-	-	-	-	da	da	da
			beton de ciment	Din calcul	-	-	-	-	da	da	da	-	-	-
2	Nisip	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Un strat inferior de balast și un strat superior din balast amestec optimal	10 pentru stratul inferior;	-	-	da	-	-	da	-	-	-	-	-	da
		10 pentru stratul superior	macadam	8	-	-	-	-	-	-	-	da	da	da
4	Un strat inferior de balast și un strat superior de piatră spartă mare sort 63-90 sau piatră spartă amestec optimal	10 pentru stratul inferior; 12 pentru stratul superior	-	-	da	da	da	-	-	-	-	da	da	da
			macadam	8	-	-	-	-	-	-	-	da	da	da
			mixturi asfaltice	5 pt. agregate fine și mijlocii 6 pt. agregate mari	-	-	-	-	da	da	da	da	da	-
			beton de ciment	din calcul	-	-	-	-	da	da	da	-	-	-
5	Un strat inferior de balast, un strat mijlociu din blocaj de piatră brută și un strat de strat de egalizare de piatră spartă	10 pentru stratul inferior 21 pentru stratul mijlociu (inclusiv 5 cm nisip) 6 pentru stratul de egalizare	-	-	-	da	-	-	-	-	da	-	-	-
			macadam	8	-	-	-	-	-	da	da	-	-	-
			mixturi asfaltice	5 pt. agregate fine și mijlocii 6 pt. agregate mari	-	-	-	-	-	da	da	-	-	-
6	Un strat inferior de balast și un strat superior din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici	10 pentru stratul inferior 12 pentru stratul superior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			mixturi asfaltice	5 pt. agregate fine și mijlocii 6 pt. agregate mari	-	-	-	-	da	da	da	da	da	da
			piatră spartă împănată cu split bitumat	9	-	-	-	-	-	-	da	da	da	da
			agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici	12	-	-	-	-	da	da	da	da	da	-

Tabelul 3.1 (continuare)

Nr crt	Tipuri de îmbrăcămînți															Condiții tehnice speciale pentru îmbrăcămînți bituminoase	
	Beton de ciment					Pavaj de calupuri		Pavej de pavele abnorme și normale					Pavaj de bolovani și piatră brută		Grosimea minimă totală a straturilor bituminoase ce alcătuiesc îmbrăcămintea și stratul de bază, cm	E _{d,ech.max} , N/mm ² , ****)	
	Clasa tehnică a drumului conform reglementărilor în vigoare																
	I	II	III	IV	V	I	II	III	II	III	IV	V	IV	V			
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
1	-	-	da	da	da	-	-	-	-	da*	da*	da	da	da	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	da	-	da	-	da	-	-	3 la covor asfaltic 6 în două straturi	40 50	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	da	da	-	-	-	8** pt. Clasele IV și V 10** pt. Clasa III	55 60	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11 în cazul stra-tului de bază cu agregate fine și mijlocii 12 în cazul stratului de bază cu agregate mari	45	
	-	-	-	-	-	da	da	da	da	da	-	-	-	-	12 **pt. Clasele II și III 15 pentru clasa I	-	
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	da	-	da	-	-	
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	40	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3 la covor 6 în două straturi	50	
4	-	-	da	da	da	-	-	-	-	da	da	da	da	-	7	50	
	-	-	-	-	-	da	da	da	da	da	-	-	-	-	3 la covor 6 în două straturi	50 60	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10 și 12 pt. clasele III și IV în cazul stratului de bază cu agregate fine și mij-locii respectiv mari 15 pt. clasele I și II	-	
	-	-	-	-	-	da	da	da	da	da	-	-	-	-	12*** pt. clasele II și III 15 pt. clasa I	-	
5	-	-	-	-	-	-	-	-	da	da	-	-	-	-	7	65	
	-	-	-	-	-	da	da	-	da	-	-	-	-	-	6 pt. Clasa III 12 pt. clasa II	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11 în cazul stratului de bază cu agregate fine și mijlocii 12 în cazul stratului de bază cu agregate mari	-	
6	da	da	da	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8** pt. clasele IV și V 10** pt. clasa III 15 pt. clasele I și II	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	
	-	-	-	-	-	da	da	da	da	da	-	-	-	-	8** pt. clasa IV 10** pt.clasa III 15 pt. clasele I și II	-	

Observații: * Cu ocazia bitumării rosturilor;
** Cu riscul apariției în timp a unor fisuri de contracție;
*** Se recomandă alcătuirea stratului superior de fundație din piatră
partă amestec optimal;

**** $E_{d,ech,max}$ complexului rutier, la care se limitează folosirea unora din
tipurile de straturi de fundație și de bază sub îmbrăcămini bituminoase.

- în profil longitudinal, denivelările admisibile sub dreptarul de 3 m sunt de max. 2 cm în cazul straturilor de fundație din pământ stabilizat mecanic, agregate naturale, balast amestec optimal, piatră spartă și piatră brută și de max. 1,5 cm în cazul straturilor de fundare din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici.

Grosimile minime constructive, după compactare, sunt indicate în tabelul 3.1, pentru diferite tipuri de straturi de fundație.

Se recomandă ca straturile de fundație din balast sau agregate naturale stabilizate mecanic să nu depășească grosimea de 30 cm, deoarece folosirea unor grosimi mai mari este neeficientă.

Straturile de fundație trebuie recepționate înainte de a fi acoperite, verificându-se calitatea materialelor, grosimile, pantele transversale și declivitățile longitudinale, gradul de compactare etc.

3.4.2. Execuția straturilor de fundație

Pregătirea patului drumului și realizarea stratului de formă sunt primele operații la construcția unui drum nou. Execuția straturilor de fundație se începe numai după verificarea și recepția patului drumului.

Procese tehnologice privind execuția straturilor de fundație din agregate naturale nestabilizate cu lianți sunt descrise în continuare.

3.4.2.1. Straturi de fundație din balast

Execuția straturilor de fundație din balast necesită următoarele operații:

- așternerea și nivelarea agregatului natural la șablon, manual sau mecanic, în straturi de max. 15 cm, înainte de compactare. Grosimea materialului așternut înainte de compactare poate depăși 15 cm în cazul folosirii unor utilaje de compactare ale căror caracteristici tehnice permit compactarea unor grosimi mai mari. În acest caz, grosimea de așternere se va determina pe șantier înainte de începerea execuției;

- adăugarea prin stropire a cantității necesare de apă pentru asigurarea umidității optime de compactare Proctor modificat;

- îndesarea nisipului prin pilonare sau vibrație și a balastului prin compactare și vibrație.

Descărcarea din autocamioane a agregatelor naturale se va face prin basculare, de preferință în mers, iar împrăștierea și nivelarea acestora, cu autogrederul sau buldozerul.

3.4.2.2. Straturi de fundație din piatră spartă

Execuția straturilor de fundație din piatră spartă mare 63...90 mm, denumite și rassel, comportă următoarele operații:

- așternerea și compactarea la uscat a pietrei sparte până la încheștarea acesteia. Compactarea se face cu ajutorul compactoarelor cu rulouri netede de 60 kN, după care operația se continuă cu compactoare cu pneuri sau vibratoare de 100...140 kN;
 - împănarea pietrei sparte cu split 16...25 mm, care se compactează și se răspândește succesiv pe toată suprafața;
 - înnoirea sau colmatarea stratului cu nisip sau savură urmată de o compactare corespunzătoare;
 - acoperirea cu material de protecție (nisip grăunțos sau savură), în cazul în care așternerea stratului superior nu se face imediat.
- În cazul în care stratul superior este din macadam sau beton de ciment, nu se prevede înnoirea și protecția stratului de piatră spartă.

3.4.2.3. Straturi de fundație din piatră spartă amestec optimal

Executarea straturilor de fundație din piatră spartă amestec optimal necesită următoarele operații:

- stabilirea proporțiilor de amestec ale diferitelor sorturi de piatră spartă pentru realizarea granulozității amestecului optimal și a umidității optime de compactare Proctor modificat;
- realizarea amestecului într-o instalație de nisip stabilizat prevăzută cu predozator cu 4 compartimente;
- așternerea materialului cu răspânditorul - finisor și eventuala completare a cantității de apă corespunzătoare umidității optime de compactare determinate în laborator;
- compactarea stratului cu ajutorul compactoarelor cu pneuri sau vibratoare.

3.4.2.4. Straturi de fundație din blocaj de piatră brută

Execuția fundațiilor din blocaj de piatră brută necesită următoarele operații:

- așternerea manuală a pietrei brute pe un strat din balast sau nisip. Piatra se așază cu baza mare în jos, pietrele fiind dispuse cât mai strâns unele lângă altele, cu rosturile pe cât posibil țesute și cu lățimea mai mare în sens perpendicular pe axa drumului;
- împănarea (umplerea) golurilor dintre pietre cu piatră spartă, astfel încât să se realizeze o bună suprafață;
- compactarea ușoară a blocajului concomitent cu introducerea de nisip, balast sau piatră spartă în goluri, cu ajutorul periilor;
- compactarea finală și corectarea suprafeței.

3.4.2.5. Straturi de fundație din pietruiri vechi

Modul de utilizare a pietruirilor existente la realizarea unor straturi rutiere se stabilește în funcție de grosimea și calitatea materialelor constitutive, astfel:

- în cazul în care pietruirea nu este pe toată lățimea patului drumului, iar grosimea ei este mai mică de 10 cm, nu se ia în considerare în alcătuirea noii structuri rutiere, dar se va scarifica și se va reprofila;
- în cazul în care pietruirea este pe toată lățimea patului drumului, iar grosimea ei este de min. 10 cm, aceasta va alcătui stratul de formă sau stratul de fundație care va fi luat în considerare în calculul de dimensionare a structurii rutiere;
- în cazul în care pietruirea nu este pe toată lățimea patului drumului, dar are o grosime mai mare de 10 cm, aceasta se scarifică, se reprofilează și se compactează,

alcătuind stratul de formă sau stratul de fundație care va fi considerat în calculul de dimensionare a structurii rutiere.

Pietruirile existente, în afară de cazul în care se prevede o scarificare totală a acestora, se scarifică pe o grosime care trebuie să depășească cu cel puțin 5 cm adâncimea denivelărilor și gropilor existente. Materialul provenit din scarificarea parțială sau totală a pietruirii existente se profilează cu sau fără adaos de materiale noi și se compactează. Pietruirea existentă poate constitui un strat de protecție sau un strat de fundație numai dacă este alcătuită ca atare, sau în adaos cu alte agregate naturale din materiale care satisfac condițiile tehnice pentru aceste straturi rutiere.

În cazul utilizării ca straturi de fundație sau straturi de bază a unor îmbrăcămînți vechi, grosimea reală a straturilor din structura rutieră existentă și calitatea materialelor din alcătuirea lor se stabilesc prin prelevări de probe și sondaje și prin determinări de laborator specifice.

De asemenea, în cazul îmbrăcămînților bituminoase existente se vor face și măsurători ale deformabilității complexului rutier, cu ajutorul deflectometrelor cu pârghie sau cu alte dispozitive adecvate.

La **lărgirea straturilor de fundație existente** se adoptă o structură rutieră care să aibă o capacitate portantă echivalentă cu cea a structurii rutiere existente, pentru a se evita tasări ulterioare diferențiate.

La lărgiri mai mici de 0,75 m, tipul straturilor de fundație se adoptă în funcție de utilajele de compactare existente pentru această lățime de lucru, recomandându-se beton de ciment, agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici, blocaj din piatră brută.

La lărgirea părții carosabile pentru separarea numărului de benzi, îmbinarea diferitelor straturi rutiere ale celor două straturi rutiere se face decalat și în trepte de min. 15 cm pentru fiecare strat.

3.4.2.6. Compactarea straturilor de fundație nestabilizate

Faza de execuție care prezintă o importanță deosebită, a cărei realizare incorectă poate periclita reușita întregii construcții rutiere, este compactarea straturilor de fundație.

Acostamentele se completează și se compactează o dată cu straturile de fundație, astfel ca acestea să fie permanent încadrate de acostamente.

Denivelările care se produc în timpul compactării straturilor de fundație sau rămân după compactare se corectează cu materiale de aport și se recilindrează.

Suprafețele cu denivelări mai mari de 4 cm se decapează după un contur regulat și stratul de fundație se reface, la nivelul suprafețelor adiacente.

Compactarea straturilor de fundație se face, de obicei, cu utilaje, urmărindu-se realizarea următoarelor condiții tehnice:

- viteza utilajelor de compactare va fi constantă și cât mai redusă;
- deplasarea utilajelor va fi liniară, fără șerpuiți, opriri și porniri bruște;
- fâșiile succesive de compactat trebuie să se suprapună cu min. 20 cm lățime, pentru o bună înnădire;
- nu este permisă întoarcerea utilajelor pe porțiunile care se compactează sau care au fost de curând compactate.

Compactarea straturilor de fundație din balast se realizează cu compactoare vibratoare, compactoare cu pneuri, sau, în lipsa acestora, cu compactoare cu rulouri netede.

Compactarea cu ajutorul compactoarelor cu pneuri se recomandă pentru materiale cu echivalentul de nisip de 25...40 %, iar cu compactoare vibratoare, pentru materiale cu echivalentul de nisip de min. 40 %.

Straturile de fundație din balast trebuie compactate până la realizarea gradului de compactare 95...98 % Proctor modificat, pentru drumurile din clasele tehnice IV și V, și 98...100 % Proctor modificat, pentru drumurile din clasele tehnice I, II și III.

Pentru obținerea unui grad de compactare corespunzător, o contribuție însemnată o are și dirijarea circulației pe întreaga suprafață a fundației, dirijare ce se obține prin blocarea axei drumului.

Din cercetările efectuate prin măsurători s-a tras concluzia că stratul de fundație bine compactat nu transmite decât 10 % din presiunea aplicată pe suprafața patului drumului, în timp ce în cazul unei compactări insuficiente, valorile presiunilor transmise cresc la cca 25 %.

Compactarea straturilor de fundație din piatră spartă se face folosind mai întâi pentru încheștarea pietrei sparte compactoare cu rulouri netede de 60 kN și continuând apoi cu compactoare vibratoare sau cu pneuri de 100...140 kN. În practică se poate obține variația masei compactorului prin lestarea rulourilor metalice ale compactoarelor obișnuite.

Verificarea compactării se face prin supunerea la strivire a unei pietre, de natura și dimensiunea celor folosite la executarea stratului, aruncată în fața utilajului cu care s-a executat compactarea. Compactarea se consideră corespunzătoare dacă piatra respectivă este strivită fără ca stratul să sufere dislocări sau deformări.

Verificarea capacității portante la nivelul straturilor de fundație se efectuează cel mai frecvent prin măsurători cu deflectometrul, în conformitate cu reglementările în vigoare.

3.4.2.7. Straturi de fundație din pământuri stabilizate mecanic

Prin stabilizare mecanică se înțelege complexul de operații prin care se realizează îmbunătățirea granulozității și ridicarea gradului de compactare a materialelor, în vederea executării de straturi rutiere cu o capacitate portantă sporită, fără întrebuițare de lianți.

Straturile rutiere din pământuri stabilizate mecanic pot fi alcătuite din pământuri necoezive (bolovăniș, pietriș, nisip), materiale rezultate din pietruirile existente scarificate, balasturi, pietrișuri concasate și deșeuri de carieră. Proprietățile fizice ale materialelor de stabilizat trebuie să corespundă anumitor prescripții, și anume:

- indicele de plasticitate $I_p = 6...8 \%$;
- echivalent de nisip $EN \geq 30 \%$;
- granulozitatea continuă, care să se încadreze în zona din fig. 3.6.

De asemenea, materialul de stabilizat nu trebuie să conțină bulgări de argilă, resturi organice sau alte impurități și nici elemente moi și gelive în proporție mai mare de 5 % din masa totală a fracțiunilor cu dimensiuni de 16...71 mm.

Umiditatea optimă de compactare w_{opt} se determină după metodologia cunoscută.

Grosimea minimă, admisă pe considerente constructive, a stratului stabilizat mecanic este de 10 cm, iar grosimea maximă de compactare este de 15 cm. Dacă din calcul rezultă o grosime a stratului mai mare de 15 cm, stabilizarea se face în mai multe straturi.

O deosebită importanță se va acorda încercărilor de determinare a caracteristicilor de compactare ale materialelor. În cadrul acestor încercări se determină următoarelor caracteristici:

- densitatea în stare uscată ρ_d ;
- densitatea în stare uscată prin metoda Proctor modificat $\rho_{d\max}$;
- umiditatea optimă de compactare w_{opt} ;
- gradul de compactare D :

$$D = \frac{\rho_d}{\rho_{d\max}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (3.1)$$

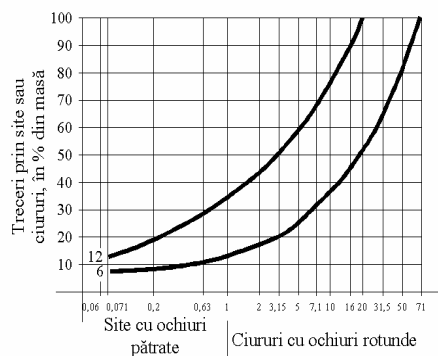


Fig. 3.6. Zonă de granulozitate pentru materiale stabilizate mecanic.

Pentru îmbunătățirea calității materialelor care urmează a fi stabilizate mecanic se folosesc diferite metode, prin care se acționează asupra caracteristicilor materialelor. Astfel, se poate acționa asupra mărimii frecării interioare a scheletului mineral din amestec, asupra coeziunii date de proprietățile de liant ale argilei conținute în material sau asupra gradului de îndesare a materialului, asigurat de granulozitatea și compactarea amestecului.

Rezultate bune se obțin prin:

- concasarea parțială a agregatului mare (peste 30...40 mm);
- utilizarea în exclusivitate de material concasat cu agregat mare;

- încorporarea prin cilindrare, de piatră spartă dură cu dimensiuni de 25...40 mm în partea superioară a stratului;
- încorporarea în amestecul utilizat ca strat de uzură a unor substanțe chimice higroscopice (cum sunt clorura de calciu sau clorura de sodiu), care asigură menținerea umidității stratului la o valoare de echilibru chiar și pe vreme uscată.

Rezultate bune se obțin în toate cazurile, dacă materialul ce se stabilizează mecanic are o granulozitate adecvată și operația de compactare se face în condiții bune.

3.4.2.8. Straturi de fundație din agregate naturale stabilizate cu ciment sau cu lianți puzzolanici

O îmbunătățire însemnată a proprietăților fizico-mecanice ale materialelor de masă folosite în straturile rutiere de fundație poate fi obținută prin stabilizarea acestora cu lianți hidraulici sau puzzolanici. Stabilizarea agregatelor naturale cu ciment sau cu lianți puzzolanici necesită analiza calității materialelor folosite, proiectarea dozajelor prin metode adecvate, omogenizarea amestecului, punerea în operă a materialului compozit, compactarea acestuia și tratarea lui ulterioară.

Condiții impuse materialelor care se stabilizează

Pământurile necoezive (nisipuri, balasturi, deșeuri de carieră, pietruiri existente scarificate etc.) sau pământurile coezive (praf, praf nisipos, nisip argilos, nisip prăfos etc.) care urmează a fi **stabilizate cu ciment** trebuie să îndeplinească o serie de condiții privind caracteristicile fizico-mecanice și chimice. Dintre acestea se menționează:

- granulozitatea trebuie să fie continuă (fig. 3.7);
- dimensiunea maximă a granulei va fi de 25 mm pentru stratul de bază, de 31,5 mm pentru stratul de fundație și de 63 mm pentru stratul de formă;
- coeficientul de neuniformitate, min. 8;
- uzura Los Angeles, max. 35 %;
- echivalentul de nisip EN > 30 %;
- indicele de plasticitate, max. 10 %;
- conținutul de sulfuri și sulfuri, exprimat în anhidridă sulfurică (SO_3), < 0,2 %;
- conținutul de săruri de magneziu, exprimat în oxid de magneziu (Mg), < 2 %;
- concentrația ionilor de hidrogen, pH > 5 %.

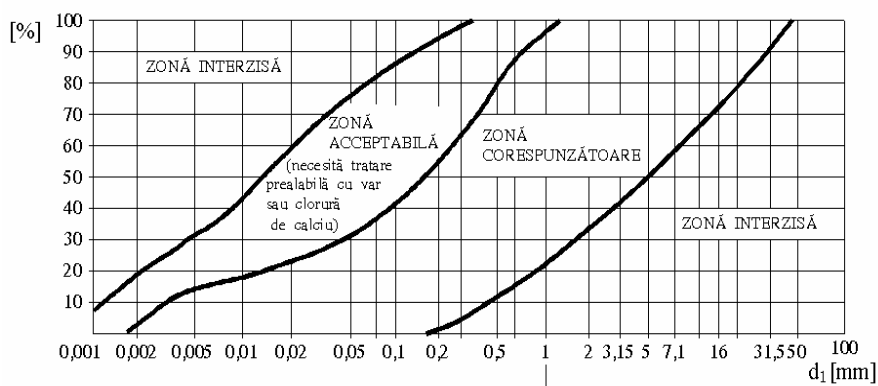


Fig. 3.7. Zona de granulozitate a materialelor care pot fi stabilizate cu ciment.

Pământurile care nu satisfac caracteristicile de mai sus se pot corecta prin:

- adaosuri de agregate naturale, zgură granulată de furnal, cenușă de termocentrală în funcție de fracțiunea granulară deficitară pentru corectarea granulozității;
- adaosuri de var bulgări, var nehidratat sau var hidratat în pulbere pentru corectarea plasticității pământurilor coezive;
- adaosuri de clorură de calciu pentru corectarea conținutului de substanțe organice și humus.

Cimentul pentru stabilizări poate fi utilizat sub toate formele și tipurile existente. Se recomandă cimenturile Portland belitice, cu un conținut mai mare de silicat tricalcic și un grad de finețe corespunzător cimentului P 40, întrucât dau contracții mai reduse în timpul prizei și întăririi.

Apa pentru lucrările de stabilizare trebuie să satisfacă cerințele tehnice prevăzute pentru lucrările de betoane și mortare de ciment.

Pentru execuția straturilor din **materiale stabilizate cu lianți puzzolanici**, pot fi utilizate următoarele agregate naturale:

- agregate naturale neprelucrate (balast, nisip, pietriș);
- produse de carieră prelucrate;
- deșeuri de carieră.

Granulozitatea materialului împreună cu liantul puzzolanic și activatorul trebuie să se încadreze în zona de granulozitate din fig. 3.8. În cazul în care granulozitatea amestecului total nu se încadrează în zona prescrisă (fig. 3.8), se va corecta granulozitatea agregatelor naturale prin adaosuri de sorturi granulare, în vederea completării fracțiunilor deficitare.

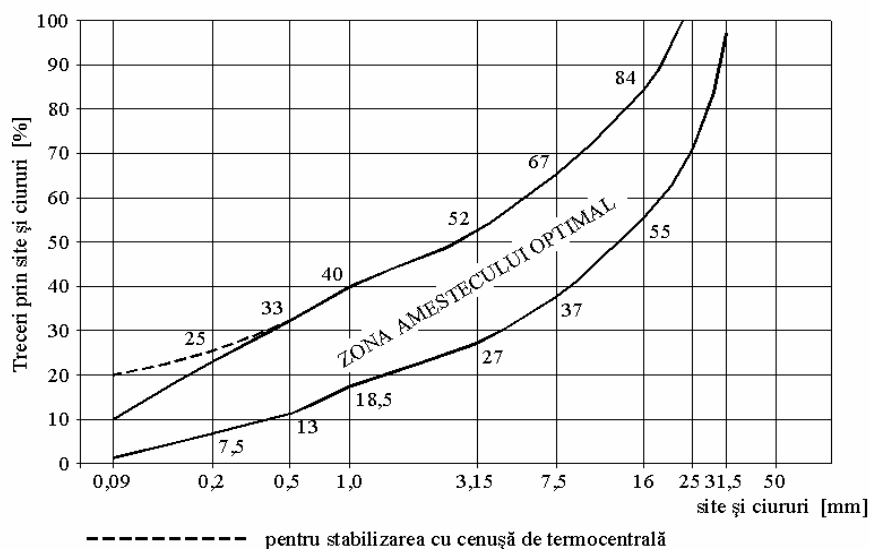


Fig. 3.8. Zona de granulozitate prescrisă pentru amestecurile din agregate naturale, lianți puzzolanici și activator.

Celelalte caracteristici fizico-mecanice ale materialelor care se stabilizează cu lianți puzzolanici trebuie să respecte aproximativ aceleași condiții ca și cele menționate la stabilizarea cu ciment.

Proiectarea dozajului optim

În scopul realizării unor straturi stabilizate de bună calitate se impune, în primul rând, stabilirea unui dozaj de liant care să asigure obținerea unor caracteristici fizico-mecanice corespunzătoare. Pentru stabilirea dozajelor de liant se folosește cel mai frecvent așa-numita metodă clasică, care presupune următoarele etape:

- se aleg mai multe dozaje de liant posibile pentru stabilizarea materialului cercetat în următoarele limite:

- 4...6 % ciment pentru stabilizarea unui balast;
- 6...8 % ciment pentru stabilizarea unui nisip;
- 8...10 % ciment pentru stabilizarea pământurilor coezive;
- 20; 25 și 30 % pentru zgura granulată (raportată la masa amestecului uscat de agregate naturale, zgură granulată și activator) funcție de dimensiunea maximă a agregatelor naturale;
- 10; 20 și 30 % pentru cenușa de termocentrală (raportată la masa amestecului uscat de agregate naturale, cenușă de termocentrală și activator);

- 6; 8 și 10 % pentru tuful vulcanic măcinat (raportată la masa amestecului uscat de agregate naturale, tuf vulcanic măcinat și activator);
- pentru activator (var sau ciment) se adoptă dozajele de 2...3 % în funcție de tipul activatorului și de tehnologia de preparare a amestecului, și anume: 3 % activator în cazul tehnologiei de preparare a amestecului prin procedeul de amestecare pe loc și 2 % activator în cazul tehnologiei de preparare a amestecului în stații fixe;
- pentru fiecare dozaj de liant ales se determină în laborator caracteristicile de compactare Proctor modificat (ρ_{dmax} și w_{opt});
- pe baza caracteristicilor de compactare, pentru fiecare dozaj, se prepară epruvete cilindrice prin presare astfel încât gradul lor de compactare să fie de min. 95 %. . Păstrarea epruvetelor se face până la încercare în anumite condiții, după cum urmează:
 - atmosferă umedă (7, 14 și 28 zile);
 - imersare în apă 7 zile, după 7 zile păstrare în atmosferă umedă;
 - saturare-uscare (14 cicluri), după 7 zile păstrare în atmosferă umedă;
 - îngheț-dezghet (14 cicluri), după 7 zile păstrare în atmosferă umedă.

Un ciclu de saturare-uscare presupune menținerea epruvetelor timp de 18 ore în etuvă la temperatura de 69...73 °C și, după o răcire la temperatura ambiantă timp de o jumătate de oră, imersarea lor în apă timp de 5 ore la temperatura de 23...27 °C, după care sunt lăsate să se scurgă apa timp de o jumătate de oră.

Un ciclu de îngheț-dezghet presupune menținerea epruvetelor timp de 16 ore la temperatura de -4...-6 °C într-o instalație frigorifică, urmată de imersarea lor în apă timp de 8 ore la temperatura de 23...27 °C;

- epruvetele fiecărui dozaj vor fi supuse încercărilor prezentate în tabelul 3.2 și 3.3. Pentru fiecare dozaj, din cantitatea totală de amestec se vor prepara câte minimum 14 epruvete, rezultatul fiind media a minimum două încercări.

Dozajul optim va fi procentul minim de liant raportat la masa totală a amestecului care va conduce la obținerea caracteristicilor fizico-mecanice impuse prin valorile din tabelul 3.2 și 3.3.

Omogenizarea amestecului și punerea lui în operă

Omogenizarea amestecului alcătuit din pământuri, lianți (eventual cu activatori) și apă se realizează prin trei tehnologii, și anume:

- tehnologia de omogenizare la fața locului, numită “in situ”;
- tehnologia de omogenizare în instalații fixe;
- tehnologia de stabilizare in situ a materialelor din unele straturi rutiere.

Tehnologia amestecării la fața locului (in situ) se utilizează, de regulă, în cazul lucrărilor de terasamente, a stratului de formă și a unor straturi de fundație (acolo unde se acceptă obținerea unei omogenități mediocre).

În acest caz, agregatele naturale sunt transportate pe șantier cu autobasculanta și se depozitează în grămezi pe partea carosabilă, după care sunt răspândite cu autogrederul. Răspândirea cimentului, respectiv a liantului puzzolanic și a activatorului (varul sau cimentul) se efectuează manual sau mecanic cu utilaje adaptate acestui scop.

Amestecarea componentelor se efectuează cu autogrederul prin aducerea materialului în cordon continuu și apoi reașternerea lui, operație care se repetă până la omogenizarea corespunzătoare. În paralel cu operația de omogenizare, se efectuează și stropirea apei cu autostropitorul, până la atingerea umidității optime de compactare Proctor modificat. În final, materialul se așterne la profilul.

Tabelul 3.2

Denumirea stratului și a lucrării	Rezistența la compresiune la vârsta de 7 și 28 zile, N/mm ²		Stabilitatea la apă, %, max.			Pierdere de masă, %, max.	
	R_{c7}	R_{c28}	Scăderea rezist. la compresiune ΔR_{ci}	Umflarea volumică U_i	Absorbția de apă A_i	Saturarea P_{su}	Înghiț-dezgheț P_{id}
Strat de bază pentru structuri rutiere nerigide, platforme și locuri de parcare	1,5...2,2	2,2...5,0	20	2	5	7	7
Strat de fundație pt. structuri rutiere nerigide sau rigide; consolidarea benzilor de încadrare și a acostamentelor	1,2...1,8	1,8...3,0	25	5	10	10	10
Strat de formă	0,8...1,2	1,2...2,0	-	-	-	-	-

Tabelul 3.3

Caracteristici	Tipul liantului puzzolanic					
	Zgură granulată de furnal înalt		Cenușă de termocentrală		Tuf vulcanic măcinat	
	Strat de fundație	Strat de bază și la ranforsare	Strat de fundație	Strat de bază și la ranforsare	Strat de fundație	Strat de bază și la ranforsare
Rezistența la compresiune la: - 14 zile, daN/cm ² - 28 zile, daN/ cm ²	min. 5 min. 8	min. 7 min. 13	min. 7 min. 13	min. 12 min. 22	min. 3 min. 5	min. 6 min. 9
Scăderea rezistenței la compresiune prin imersare în apă timp de 7 zile, %	max. 25					

Pentru **prepararea amestecului în instalații fixe** se folosesc fabrici în **flux discontinuu** (în general pentru cantități mici de materiale stabilizate) sau fabrici în **flux continuu** (pentru lucrări de anvergură). În general, se pot întâlni trei tipuri de instalații în flux continuu, și anume:

- instalații cu sisteme de dozare a componentilor prin dispozitive simple, care permit doar reglarea debitelor. Aceste debite nu sunt înregistrate, dozarea fiind volumetrică cu verificări prin cântărire;
- instalații la care sistemul de dozare permite controlul permanent al fiecărui material din amestec, prin înregistrare. Înregistrarea debitului de apă nu este necesară, dar este deosebit

de importantă reglarea acestuia astfel încât umiditatea amestecului să fie egală cu umiditatea optimă de compactare Proctor modificat.

- instalații ale căror sisteme de dozare permit reglarea automată a dozajului în funcție de controlul efectuat asupra debitelor. Există instalații la care întreg fluxul tehnologic este urmărit, verificat și corectat în caz de necesitate cu ajutorul unui calculator. Calculatorul permite stocarea în memorie a mai multor dozaje de lucru (cca 40), fapt care conduce la trecerea cu ușurință de la un dozaj la altul pe parcursul aceleiași zile de lucru. Este cazul instalațiilor de mare productivitate care lucrează cu mai multe șantiere diferite, fiecare dintre acestea folosind un alt dozaj.

În cadrul acestor instalații, cele mai utilizate malaxoare sunt cele orizontale cu ax dublu cu palete, cantitatea materialului omogenizat depinzând de timpul de malaxare, de numărul, poziția și starea paletelor și de viteza de rotație.

Așternerea amestecului se efectuează cu răspânditoare-finisoare de mare productivitate.

Tehnologia de stabilizare in situ a materialelor din unele straturi rutiere aflate în exploatare se bazează pe frezarea materialelor pe o grosime de 30...35 cm, omogenizarea acestora, eventual cu adaos de agregate naturale noi, și stabilizarea amestecului realizat cu ciment. Totalitatea operațiilor sus-menționate se efectuează prin intermediul unui singur utilaj de complexitate deosebită. Reașternerea materialului tratat și omogenizat corespunzător se face o dată cu trecerea utilajului.

Compactarea stratului din pământuri stabilizate

Compactarea amestecului de agregate naturale, liant (eventual activator) și apă puse în operă la umiditatea optimă de compactare se efectuează cu următoarele utilaje:

- compactor cu pneuri;
- compactor cu rulouri netede;
- compactor vibrator.

Se recomandă pentru compactare utilizarea compactoarelor cu vibratoare și a celor cu pneuri. Este de dorit utilizarea unui atelier de compactare constituit dintr-un compactor cu pneuri și dintr-un compactor vibrator.

Utilizarea compactoarelor cu rulouri netede nu este recomandată decât în cazul în care șantierul nu dispune de celelalte tipuri de utilaje de compactare.

Este interzisă utilizarea compactoarelor cu rulouri netede la compactarea nisipurilor stabilizate cu ciment sau cu lianți puzzolanici.

Compactarea se efectuează începând de la margine, avansând progresiv către axa drumului, prin treceri succesive. Inversarea sensului de mers al utilajelor de compactare trebuie făcută lin și progresiv, pentru a se evita vălurirea suprafeței. Se vor evita de asemenea mersul șerpuit și întoarcerile utilajelor de compactare pe suprafața stratului.

După primele 2...3 treceri ale utilajului de compactare se verifică uniformitatea suprafeței stratului și realizarea pantelor transversale, făcându-se eventualele rectificări, completări și înlocuiri de material în zonele cu segregări, astfel încât după terminarea compactării să se asigure grosimea și suprafața corespunzătoare a stratului.

Compactarea trebuie astfel realizată încât, după efectuarea ei, să se obțină:

- în cazul **straturilor stabilizate cu ciment** se impune:

- un grad de compactare de min. 100 % în cel puțin 95 % din numărul punctelor de măsurare și de min. 98 % în toate punctele de măsurare, pentru drumuri de clasa tehnică I, II și III;

- un grad de compactare de min. 98 % în cel puțin 95 % din numărul punctele de măsurare și de min 95 % în toate punctele de măsurare, pentru drumuri de clasa tehnică IV și V, platforme, locuri de parcare, consolidarea benzilor de staționare, a benzilor de încadrare și a acostamentelor;

- în cazul **straturilor stabilizate cu lianți puzzolanici** se impune obținerea unui grad de compactare de min. 95 % în min. 95 % din numărul punctelor de măsurare.

După terminarea compactării straturilor obținute prin stabilizare cu lianți puzzolanici se recomandă ca sectorul de lucru să fie dat în circulație în scopul realizării unui spor de compactitate al stratului.

Protejarea și tratarea ulterioară

Indiferent de tehnologia adoptată pentru realizarea stratului din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici, acesta trebuie protejat împotriva uscării pe o anumită perioadă de timp prin procedee adecvate (peliculă de emulsie bituminoasă, strat de nisip udat periodic etc.)

Tratarea ulterioară a **stratului stabilizat cu ciment** se poate realiza prin unul din următoarele procedee:

- acoperirea cu un strat de 1...2 cm nisip și stropirea cu apă de 2...4 ori pe zi timp de minimum 7 zile după executare. În acest timp, tronsonul respectiv nu trebuie dat în circulație;

- stropirea suprafeței cu un liant hidrocarbonat, la rece, pentru crearea unei pelicule care să împiedice evaporarea apei. De obicei se folosește bitum tăiat sau emulsie bituminoasă, în cantitate de 0,3...0,5 L/m²;

- acoperirea cu folii de polietilenă.

Straturile realizate din **agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici** vor fi acoperite cu un alt strat rutier, după cel mult trei zile de la execuție. Pe perioada dintre execuția stratului stabilizat și acoperirea cu stratul următor, suprafața stratului stabilizat se tratează cu apă în vederea menținerii umidității.

Stratul de mixtură asfaltică se va executa numai după umezirea prealabilă a suprafeței stratului stabilizat. Dacă stratul rutier din materiale stabilizate cu lianți puzzolanici nu poate fi acoperit în termen de trei zile de la execuție din motive justificate, acest interval poate fi de:

- max. 10 zile, cu condiția ca stratul să nu fie sub circulație în condiții atmosferice nefavorabile, iar stratul să fie tratat cu apă pentru menținerea umidității;

- max. 30 zile, cu condiția execuției unui strat de protecție alcătuit din emulsie bituminoasă cationică de 0,3...0,4 kg/m² și nisip în cantitate de 4...6 kg/m².

Înainte de așternerea stratului rutier superior, se verifică suprafața stratului stabilizat, eventualele denivelări îndepărtându-se prin efectuarea de decapări și completări de amestec nou, umezire și recompactare.

3.5. Straturi de bază

Straturile de bază se pot realiza din următoarele materiale:

- macadam;
- macadam penetrat sau semipenetrat;
- piatră spartă împănată cu split bitumat;
- agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici;

- mixturi asfaltice;
- beton de ciment.

Tipul clasic de strat de bază este cel realizat din mixturi asfaltice, și anume din **anrobate bituminoase** (A. B.), (vezi capitolul 3.7).

Straturile de bază din mixturi asfaltice au grosimi constructive de min. 5...6 cm, în funcție de mărimea granulelor din agregatul natural folosit. De regulă, în cazul straturilor de bază bituminoase, îmbrăcăminte rutieră se realizează din mixturi asfaltice (vezi structurile rutiere suple și mixte).

Tehnologia de realizare a straturilor de bază din agregate naturale stabilizate cu ciment a fost descrisă la capitolul 3.4.2.8.

În continuare sunt prezentate alte câteva soluții frecvent folosite pentru realizarea stratului de bază.

3.5.1. Macadam

Stratul rutier denumit macadam, întâlnit foarte des în alcătuirea structurilor rutiere, este alcătuit din piatră spartă monogranulară, cilindrată până la fixare, apoi împănată cu split răspândit uniform, udată și cilindrată până la încleștare, după care urmează umplerea golurilor rămase cu savură sau nisip și cilindrarea în continuare până la fixarea definitivă.

Macadamul se poate folosi ca îmbrăcăminte sau ca strat de bază pentru diverse tipuri de structuri rutiere. Ca strat de bază se poate utiliza în cazul îmbrăcăminților bituminoase și pavajelor (vezi tabelul 3.1). Macadamul poate fi folosit ca îmbrăcăminte la drumuri cu o intensitate a circulației care se încadrează în clasa de trafic foarte ușor.

3.5.1.1. Elemente geometrice

Grosimea macadamului folosit ca îmbrăcăminte va fi de min. 10 cm după cilindrare, iar cea a macadamului folosit ca strat de bază va fi de min. 8 cm după cilindrare.

Lățimea macadamului folosit ca îmbrăcăminte rutieră trebuie să depășească cu 0,25, m pe ambele părți, lățimea părții carosabile. În cazul unui strat de bază, lățimea macadamului trebuie să fie în conformitate cu reglementările în vigoare privind lățimea părții carosabile și modul de realizare a benzilor de încadrare.

Profilul transversal, în aliniament, se execută sub formă de acoperiș cu două pante egale și cu o racordare printr-un arc de cerc în treimea mijlocie, iar în curbe și zonele de amenajare aferente, profilul transversal va fi amenajat în funcție de viteza de proiectare.

Pe străzi și alei se admite și executarea în profil transversal curb, având bombamentul 1/50...1/60, în funcție de lățimea străzii sau a aleii. La drumurile cu o singură bandă de circulație sau în cazuri speciale, când asigurarea scurgerii apelor se face într-o singură parte, se poate executa un profil transversal cu pantă unică.

În profilul transversal, macadamul folosit ca îmbrăcăminte, se execută cu următoarele pante:

- 3 % pentru drumuri și străzi în aliniament cu cel puțin două benzi de circulație;
- 4 % pentru drumuri și străzi în aliniament având o singură bandă de circulație;
- 3...4 % pentru trotuare și alei, în funcție de lățimea acestora.

În profilul longitudinal, macadamul utilizat ca îmbrăcăminte poate avea declivitățile maxime variind între 4 %, pentru viteza de proiectare de 100 km/oră, și 8 %, pentru viteza de proiectare de 25 km/oră. La construcția drumurilor noi, declivitatea nu poate depăși 6 %, decât în cazuri cu totul excepționale.

Pantele profilului transversal și declivitățile în profil longitudinal ale macadamului folosit ca strat de bază vor avea aceleași valori ca pantele îmbrăcăminte ce se va executa pe macadam.

3.5.1.2. Materiale utilizate

Materialele și cantitățile care sunt necesare la executarea macadamului sunt prezentate în tabelul 3.4.

Tabelul 3.4

Materiale	Macadam folosit ca îmbrăcăminte	Macadam folosit ca strat de bază
Piatră spartă, kg/m ²	175...180	140...145
Split, kg/m ²	20...24*	16...20*
Savură sau nisip, kg/m ²	35...40**	30...35**
Nisip sau savură, kg/m ²	15...18	15...18
Apă, L /m ²	30...35	25...30

* Când piatra spartă provine din roci de duritate mijlocie (calcare, gresii etc.) consumul de split se reduce la 18...22 kg/m² și, respectiv, 14...18 kg/m², mărindu-se corespunzător consumul de piatră spartă.

** Materialul granular mărunt poate fi alcătuit numai din savură sau nisip, ori dintr-un amestec în părți egale din aceste două materiale.

În cazurile în care macadamul folosit ca strat de bază este dat în circulație pe o perioadă mai mare de trei luni, sau în cazul macadamurilor neprotejate folosite ca îmbrăcăminte, se prevăd materiale de întreținere, folosindu-se de preferință split sorturile 8–16 și 16–25 sau amestec 8–25. În aceste situații, materialul se răspândește pe măsura necesităților.

Liantul la executarea macadamului este o pulbere minerală rezultată din sfărâmarea pietrelor, care, umezită, capătă anumite proprietăți de aglomerant.

3.5.1.3. Execuția macadamului

În vederea realizării macadamului, piatra spartă se așterne pe fundație într-un strat uniform și se cilindrează la uscat până la fixare, apoi se așterne splitul de împănare de obicei în două reprize, se stropește cu apă și se continuă cu cilindrarea până la încleștare.

Umplerea golurilor rămase se face cu savură sau nisip, așternute uniform în două reprize, stropite și cilindrate concomitent până la fixarea definitivă.

Așternerea pietrei sparte se face în grosime cât mai uniformă, folosindu-se în acest scop benzi-reper din agregatele naturale folosite, la cota prescrisă în proiect.

Așternerea se face astfel ca marginile îmbrăcămînții și suprafața ei să corespundă condițiilor de suprafață stabilite, condiții care se verifică folosindu-se dreptarul.

Grosimea de așternere a pietrei sparte va fi cu circa 25 % mai mare decât grosimea prevăzută după cilindrare, procentul exact stabilindu-se pe bază de încercări pe șantier, pe un sector experimental realizat înainte de începerea execuției (fig. 3.9).

Cilindrarea uscată a pietrei sparte se face cu compactoare cu rulouri netede ușoare (60...80 kN) și apoi cu compactoare cu rulouri netede mijlocii (100...140 kN) până la fixare.

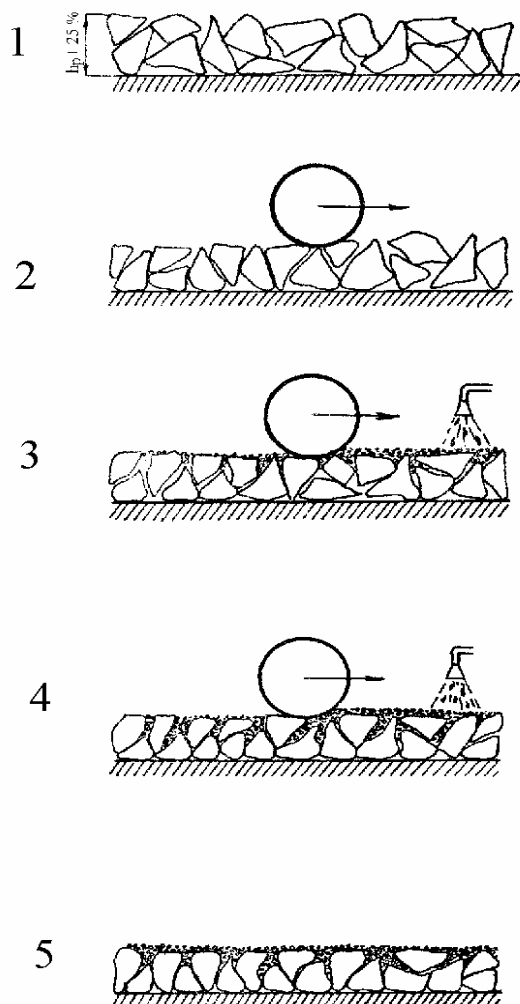


Fig. 3.9. Fazele de execuție ale macadamului
(1 – așternerea pietrei sparte (sort 40 – 63, cantitatea 140...180 kg/m²; 2 – cilindrarea uscată a pietrei sparte până la fixare (circa % din numărul trecerilor); 3 – împănare, cilindrare și udare (split sort 16 – 25, 16...24 kg/m² în două reprize; apă); 4 – umplerea golurilor, cilindrare, udare (săvură sort 0 – 8 sau nisip sort 0 – 7, 30...40 kg/m²; 5 – aplicarea stratului de protecție (săvură sort 0 – 8 sau nisip sort 0 – 7, 15...18 kg/m²).

După fixarea pietrei sparte se face împănarea scheletului macadamului prin așternerea uniformă a splitului în minimum două reprize și prin stropire succesivă cu apă, concomitent cu cilindrarea până la încheștare. Cilindrarea se face cu compactoare cu rulouri netede mijlocii sau grele (peste 140 kN), până la încheștare.

După așternerea fiecărei reprize se trece de 2...3 ori cu compactorul cu rulouri netede, se udă și se continuă cilindrarea până la completa încheștare a stratului de macadam.

După încheștare, se face umplerea golurilor cu săvură sau nisip așternut uniform în două reprize stropite cu apă și ciliate concomitent, până la fixarea definitivă.

Fixarea definitivă a macadamului se consideră terminată când rulourile compactorului greu nu mai lasă nici un fel de urme pe suprafața macadamului, sau când mai multe pietre de aceeași mărime și natură cu piatra folosită la executarea macadamului nu mai pătrund în macadam, ci sunt sfărâmate la trecerea compactorului.

După fixarea definitivă a macadamului se așterne un strat de nisip grăunțos, sau săvură în grosime de circa 1 cm pentru protecție.

Suprafața macadamului terminat trebuie să prezinte un aspect de mozaic, cu o textură uniformă.

Pentru a împiedica deformarea marginilor macadamului în timpul cilindrării și a le menține la nivel în aliniament, acostamentele se execută la cota prevăzută în proiect, înainte de așternerea pietrei sparte pentru macadam. Acestea trebuie să fie bine compactate, pentru a împiedica împingerea laterală a macadamului în timpul cilindrării și menținerea constantă a lății părții carosabile.

O deosebită atenție trebuie acordată procesului de cilindrare a stratului de macadam.

Astfel, în profiluri transversale sub formă de acoperiș, cilindrarea se începe de la acostamente și se continuă spre axa drumului, pe fâșii paralele și succesive. Fiecare fâșie se suprapune peste fâșia anterioară pe min. 20 cm. Se începe cu un număr de treceri pe prima bandă de circulație și se trece apoi simetric, cu același număr de treceri pe banda de sens opus, continuându-se compactarea către axă. Pe axă, compactorul va călca ambele benzi de circulație în mod egal.

În profilurile transversale cu o singură pantă sau în curbe supraînălțate, cilindrarea se începe de la piciorul pantei și se continuă spre partea opusă.

În timpul compactării nu se permite schimbarea de direcție a compactorului pe lungimea sectorului care se cilindrează, iar deplasarea utilajelor trebuie să se facă liniar și fără șerpuiuri. Viteza compactoarelor trebuie să fie constantă și mai redusă în timpul cilindrării la uscat a pietrei sparte (viteza maximă la compactarea macadamului este de 1,0...1,5 km/h și în nici un caz mai mare de 3,0 km/h).

Se recomandă ca, după execuție, macadamul care servește ca strat de bază și în special ca strat de bază sub covoare asfaltice, să fie lăsat în circulație dirijată minimum o lună de zile înainte de așternerea îmbrăcăminții bituminoase.

3.5.2. Macadam penetrat cu bitum (M.P. 7)

Macadamul penetrat este un strat rutier executat din piatră spartă împănată și cilindrată, fixată prin penetrare cu bitum, care se poate folosi ca strat de bază sau ca îmbrăcămintă bituminoasă ușoară.

Macadamul penetrat realizat din piatră monogranulară cilindrată puternic are un unghi de frecare interioară foarte ridicat datorită încleștării și înfigerii pietrelor unele în altele.

În cazul macadamului simplu, sub influența traficului deplasarea pietrelor este mai ușor posibilă și în această situație echilibrul interior este deranjat, ceea ce poate conduce la dislocări și dezgrădinări ale stratului. Prin penetrare, deplasarea pietrei din strat este împiedicată. Datorită existenței peliculei de bitum care leagă agregatele între ele și datorită împănării cu split, frecarea interioară crește, forțele de coeziune mențin stratul compactat ceea ce îi dă o mai mare rezistență la solicitări și îi asigură o durată de exploatare îndelungată.

Penetrarea se realizează în două reprize, fiecare repriză fiind urmată de acoperire cu split și cilindrare. Suprafața se încheie cu un tratament bituminos.

La executarea macadamului penetrat cu bitum, de 8 cm grosime după cilindrare, se folosesc următoarele **materiale**:

- agregate naturale:

- piatră spartă sort 40–63, în cantitate de 112...116 kg/m², pentru formarea scheletului mineral de rezistență al stratului rutier propriu-zis;
- split sort 16–25, în cantitate de 11...15 kg/m², pentru împănarea scheletului mineral;
- split sort 16–25, în cantitate de 20...25 kg/m², pentru acoperire după prima penetrare;
- split sort 8–16, în cantitate de 15...20 kg/m², pentru acoperire după penetrarea a doua;
- criblură sort 3 – 8, în cantitate de 10...15 kg/m², pentru tratamentul bituminos de închidere;
- lianți:
 - bitum tip D 80/120 în cantitate de 3,0...3,5 kg/m², pentru prima penetrare (stropire) plus 2,0...2,5 kg/m², pentru penetrarea a doua;
 - bitum tip D 180/200 în cantitate de 1,0...1,2 kg/m², pentru tratamentul bituminos de închidere.

Principalele **utilaje** folosite la executarea macadamului penetrat cu bitum sunt următoarele:

- autogreder, pentru nivelarea și așternerea pietrei sparte (eventual pentru scarificare și reprofilare);
- autostropitor de apă, pentru udarea agregatelor naturale la nevoie;
- autostropitor de bitum, pentru executarea stropirii liantului în vederea penetrării macadamului;
- distribuitor de split și criblură;
- compactor cu rulouri netede de 100...160 kN, pentru executarea fazelor de cilindrare din procesul tehnologic;
- autocamioane, pentru transportul materialelor.

Procesul tehnologic de execuție a macadamului penetrat cu bitum prevede realizarea acestuia pe fundații corespunzător dimensionate, stabile și verificate, eventual în circulație de cel puțin o lună de zile.

Pe fundația pregătită corespunzător și curată se așterne în grosime uniformă stratul de piatră spartă sort 40–63 în cantitate de 112...116 kg/m², după care se execută cilindrarea până la încheștarea pietrei sparte.

După cilindrarea la uscat a pietrei sparte, se execută împănarea macadamului cu split sort 16–25 în cantitate de 11...15 kg/m², prin așternere uniformă, într-o singură repriză. Această operație este urmată de stropirea cu apă a splitului de împănare și de o nouă cilindrare, la început cu compactoare cu rulouri netede, mijlocii, de 60...80 kN, apoi cu cele grele de 100...120 kN. Cilindrarea se execută dinspre marginea de lângă acostamente spre axa drumului, pe fâșii paralele suprapuse parțial. Suprafața macadamului trebuie să aibă un aspect de mozaic, cu pietrele răspândite uniform.

În cazul utilizării rocilor acide, pentru asigurarea adezivității liantului la acestea, se execută o stropire cu lapte de var diluat (circa 1 L/m²).

Urmează stropirea cu bitum tip D 80/120, încălzit la temperatura de 160...180 °C. În vederea asigurării unei repartizări uniforme a liantului, stropirea bitumului se execută cu autostropitoare de bitum. Imediat după stropire, înainte de răcirea bitumului, se așterne uniform splitul sort 16-25 în cantitate de 20...25 kg/m² pentru acoperire după prima penetrare. Splitul așternut se cilindrează până la fixare, apoi se îndepărtează prin măturare

splitul în exces și urmează a doua penetrare cu bitum topit, stropindu-se cantitatea de 2,0...2,5 kg/m² bitum tip D 80/120, încălzit tot la temperatura de 160...180 °C.

Urmează așternerea celui de al doilea strat de split de acoperire, sort 8-16 în cantitate de 15...20 kg/m², și cilindrarea acestuia până la fixare.

După executarea celei de a doua penetrări și a curățării suprafeței macadamului de splitul în exces, se execută tratamentul bituminos de închidere prin stropire cu 1,0...1,2 kg/m² bitum tip D 180/200 și acoperire cu criblură 3...8 mm în cantitate de 10...15 kg/m² urmată de cilindrare. Macadamul penetrat cu bitum astfel executat se dă în circulație imediat după răcirea bitumului.

3.5.3. Macadam semipenetrat cu bitum (M.P. 5)

Macadamul semipenetrat este un strat rutier executat din piatră spartă împănată și cilindrată până la fixare, având golurile dintre pietre umplute printr-o singură penetrare cu bitum și acoperite cu split. Similar ca la macadamul penetrat, suprafața macadamului semipenetrat se închide cu un tratament bituminos de etanșare. Acest strat rutier poate fi folosit ca strat de bază sau ca îmbrăcăminte bituminoasă ușoară pe drumuri cu trafic redus.

În vederea executării unui macadam semipenetrat, de 8 cm grosime după cilindrare, se utilizează următoarele **materiale**:

- agregate naturale:

- piatră spartă sort 40-63, în cantitate de 112...116 kg/m², pentru formarea scheletului mineral de rezistență;

- split sort 16-25, în cantitate de 11...15 kg/m², pentru împănarea scheletului mineral;

- split sort 16-25, în cantitate de 20...25 kg/m², pentru acoperire după penetrare;

- criblură sort 3-8, în cantitate de 16...20 kg/m², pentru tratamentul bituminos de închidere;

- lianți:

- bitum tip D 80/120, în cantitate de 3,5...4,3 kg/m², pentru penetrare;
- bitum tip D 180/200, în cantitate de 1,2...1,6 kg/m², pentru tratamentul de închidere.

Utilajele folosite la executarea macadamului semipenetrat sunt identice cu cele utilizate la macadamul penetrat.

Procesul tehnologic de execuție în cazul macadamului semipenetrat constă în aceleași operații ca la macadamul penetrat, cu singura remarcă importantă că se realizează numai o singură penetrare urmată de tratamentul de etanșare.

3.5.4. Macadam penetrat cu emulsie bituminoasă (M.P.E.)

Emulsia de bitum se pretează în condiții foarte bune și la executarea penetrărilor. Datorită fluidității sale, ea pătrunde ușor între golurile dintre pietre și favorizează anrobarea lor în întregime.

Din punct de vedere al naturii chimice a rocilor, se menționează că pot fi folosite atât roci bazice cât și roci acide, cu condiția să fie omogene și curate. Forma pietrelor trebuie să fie regulată, cele alungite sau plate îndepărtându-se.

Se menționează că dacă materialul pietros este de natură acidă sau condițiile atmosferice sunt defavorabile (timp ploios) se va utiliza emulsie bituminoasă cationică.

O atenție deosebită se va da fluidității emulsiei; atât emulsia prea fluidă cât și cea prea vâscoasă conduce la obținerea unor penetrări nesatisfăcătoare. În consecință, pentru a realiza o penetrare de bună calitate, se va ține seama de faptul că emulsia trebuie să anrobeze agregatele și să umple golurile din masa pietrei sparte așternute.

Pentru a realiza aceste condiții, se recomandă pentru penetrare, în condiții similare de climă și anotimp, emulsii de natura celor destinate tratamentelor bituminoase, adică emulsii cationice cu 60 sau 65 % conținut de bitum.

În scopul evitării scurgerii emulsiei la baza stratului, se recomandă următoarele:

- alegerea unei emulsii cu rupere rapidă;
- acoperirea macadamului, înainte de stropirea emulsiei cu split, pentru micșorarea volumului de goluri.

Dozarea emulsiei pentru penetrarea macadamului cu schelet de rezistență realizat din piatră spartă sort 40–63 se face ținându-se seama de următoarele:

- în cazul macadamului de 8 cm grosime după cilindrare, grosime ce se proiectează de obicei, se va utiliza 2,1 kg/m² bitum pur, deci 3,5 kg/m² emulsie cu un conținut de bitum 60 %;

- la cantitatea de emulsie destinată penetrării propriu-zise a macadamului, se va adăuga emulsia destinată anrobării și fixării materialului de acoperire, putându-se lua în considerare faptul că 1 kg bitum pur fixează circa 15 L (20 kg) de split sau criblură de acoperire.

Pentru materialele pietroase umede sau mai poroase, dozajul de emulsie se va mări cu 5...10 %, iar în regiunile mai răcoroase dozajul în emulsie va fi mai mare decât în regiunile călduroase.

Tehnologia de execuție a unei penetrări cu emulsie bituminoasă este următoarea (fig. 6.37):

- se pregătește stratul suport, prin scarificare și reprofilare, cu sau fără adaos de noi materiale, acordându-se o atenție deosebită scurgerii apelor de suprafață;

- se așterne piatră spartă sort 40-63 în grosimea proiectată, ținându-se seama de faptul că după cilindrare se produce o tasare de 25...30 %;

- cilindrarea stratului de piatră spartă așternut în grosimea prescrisă (de obicei 8...10 cm înainte de cilindrare) se recomandă a se face cu compactoare cu rulouri netede de 100...120 kN. Cilindrarea se începe pe benzile exterioare și se termină pe banda centrală; se recomandă ca înainte de începerea cilindrării să se execute și acostamentele, care în acest caz sprijină stratul de piatră spartă, evitându-se răspândirea sa;

- în cazul folosirii emulsiei bituminoase cationice, macadamul poate fi udat pentru facilitarea deplasărilor relative ale pietrelor și ameliorarea încleștării lor;

- stropirea cu emulsie, urmată de acoperire cu split și cilindrare, are loc în continuare după tehnica tratamentelor bituminoase; cilindrarea splitului are scopul de a-l fixa în stratul de rezistență, precum și de a umple golurile dintre pietre;

- nu se va trece la o nouă stropire cu emulsie, până când emulsia din stratul precedent nu s-a rupt; în cazul emulsiilor cationice ruperea durează câteva minute (procesul tehnologic se va organiza în consecință).

Macadamul penetrat executat la rece cu emulsii bituminoase prezintă avantajul unei tehnologii ușoare, cu posibilități largi de mecanizare și realizarea unei anrobări corespunzătoare.

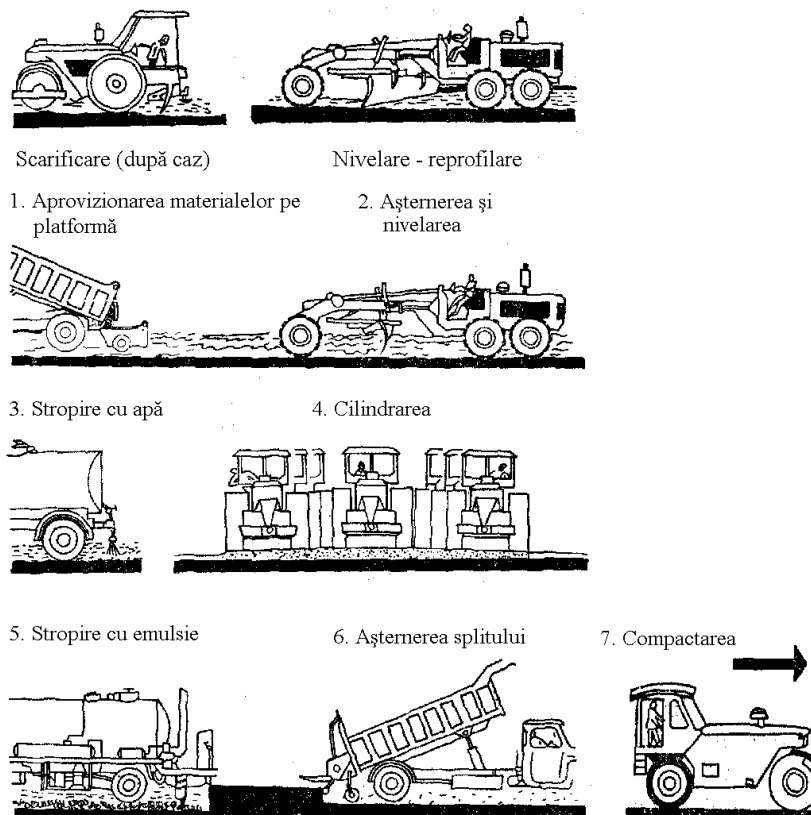


Fig. 3.10. Tehnologia de execuție a macadamului penetrat cu emulsie bituminoasă.

Cantitățile de materiale, în kg, ce se consumă pe metru pătrat de suprafață executată sunt următoarele:

- piatră spartă sort 40-63	150;
- split sort 16-25 pentru împănare	11;
- emulsie bituminoasă pentru prima penetrare	2;
- emulsie bituminoasă pentru a doua penetrare	1,8;
- split sort 16-25 pentru prima acoperire	10;
- split sort 8-16 pentru a doua acoperire	10;
- emulsie bituminoasă pentru protecție și etanșare	1,6;
- criblură sort 3-8 pentru protecție și etanșare	8,5.

După a treia penetrare se execută un tratament bituminos, de închidere.

Macadamurile bituminoase trebuie executate înainte de începerea sezonului rece și numai pe timp frumos și cald.

3.6. Îmbrăcăminți rutiere

Îmbrăcămintea este stratul cel mai important al structurii rutiere care preia direct solicitările din trafic și din acțiunea agenților climaterici. Din aceste considerente, îmbrăcămintea rutieră trebuie să fie alcătuită din materialele cele mai rezistente care se vor pune în operă prin tehnologii performante, astfel încât să fie asigurate obținerea unor caracteristici fizico-mecanice ridicate și o mare durabilitate în exploatare.

Pornind de la tipul de material din care se execută, îmbrăcămințile rutiere moderne se clasifică astfel:

- îmbrăcăminți rutiere bituminoase;
- îmbrăcăminți rutiere rigide;
- îmbrăcăminți rutiere din piatră fasonată.

Îmbrăcămințile rutiere sunt alcătuite din unul sau două straturi. Îmbrăcămințile rutiere în componența cărora intră bitumul se numesc **îmbrăcăminți bituminoase**, iar cele care se realizează cu ciment se numesc **îmbrăcăminți rigide** (îmbrăcăminți din beton de ciment și macadam cimentat). Îmbrăcămințile rutiere realizate prin utilizarea diferitelor tipuri de piatră fasonată se numesc **îmbrăcăminți din piatră fasonată**.

Îmbrăcămințile bituminoase sunt cele mai răspândite în țara noastră. Structurile rutiere cu îmbrăcăminți bituminoase pot fi executate în etape pe măsura creșterii traficului și a necesității măririi capacității portante a complexului rutier (este aplicabil principiul consolidărilor succesive prin ameliorări progresive).

La rândul lor, îmbrăcămințile bituminoase se clasifică, în funcție de caracteristicile materialelor din care sunt realizate și de durata de exploatare proiectată, astfel:

- îmbrăcăminți bituminoase provizorii;
- îmbrăcăminți bituminoase ușoare;
- îmbrăcăminți bituminoase grele;
- îmbrăcăminți bituminoase speciale.

Îmbrăcămințile bituminoase provizorii se execută pe drumuri cu trafic redus, de importanță locală, pentru o durată de exploatare de câțiva ani (max. 7 ani). În general, astfel de îmbrăcăminți se realizează din macadam protejat cu tratamente bituminoase, în scopul evitării formării prafului și noroiului, etanșării structurii rutiere și conservării pietruirilor existente.

Îmbrăcămințile bituminoase ușoare au în țara noastră o mare arie de răspândire. Ele sunt proiectate pentru o durată de exploatare de 8...12 ani, în funcție de materialele locale disponibile și posibilitățile de execuție. În această categorie se înscriu îmbrăcămințile executate din macadamuri bituminoase, anrobate bituminoase protejate cu tratamente bituminoase, mortare asfaltice pe macadam și betoane asfaltice realizate cu nisip bituminos.

În general, prin noțiunea de îmbrăcămintă bituminoasă ușoară se înțelege un complex de lucrări care au drept scop principal întreținerea unor drumuri pietruite prin aplicarea unor tehnologii cuprinzând, în principal, următoarele activități:

- amenajarea elementelor geometrice ale drumului existent, cu păstrarea zestrei existente a structurii rutiere;
- asigurarea scurgerii apelor și refacerea podețelor necorespunzătoare;
- mărirea siguranței circulației;
- executarea unei îmbrăcăminți bituminoase, prin una din tehnologiile menționate și cu folosirea la maximum a agregatelor naturale din zona șantierului.

Îmbrăcămințile bituminoase grele se proiectează pentru drumuri importante cu trafic greu și intens, pentru o durată de exploatare de min. 12 ani. Din această categorie fac parte toate îmbrăcămințile rutiere ce se realizează din betoane asfaltice sau asfalturi turnate, în grosime de min. 6,0 cm, așternute, de regulă, pe un strat de bază din anrobate bituminoase.

Îmbrăcămințile bituminoase speciale se realizează în condiții deosebite, cu scopuri bine determinate. Ele au o aplicabilitate restrânsă (îmbrăcăminți bituminoase: colorate, prefabricate, pentru calea pe poduri, cu performanțe ridicate etc.), fiind mai scumpe decât celelalte îmbrăcăminți bituminoase și mai dificil de realizat.

Pentru realizarea îmbrăcăminților rutiere, mixturile asfaltice sunt materialele cele mai frecvent utilizate în țara noastră, motiv pentru care se vor trata mai explicit în capitolul 3.7.

Îmbrăcămințile rutiere din beton de ciment sunt elementul principal al structurii rutiere rigide. În concluzie, comportarea în exploatare a structurilor rutiere rigide se confundă cu comportarea îmbrăcămintei rutiere. Îmbrăcămințile rutiere din beton de ciment se realizează pe toată lățimea părții carosabile și a benzilor de încadrare, sub forma unor dale din beton de ciment cu grosimea de 16...25 cm, având rosturi longitudinale de contact și rosturi transversale de contracție și de dilatație (fig. 3.11).

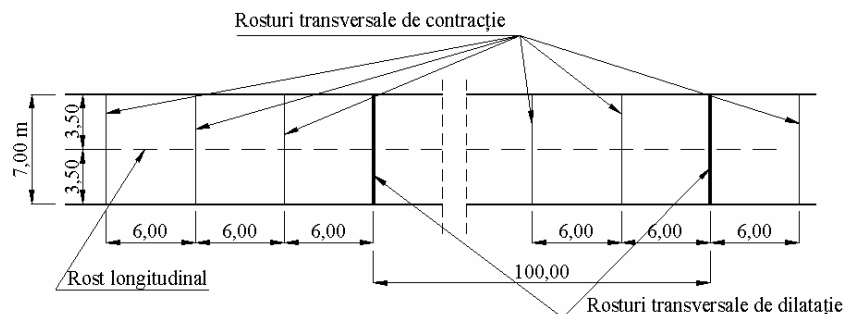


Fig. 3.11. Vedere în plan a unei îmbrăcăminți rutiere din beton de ciment.

În comparație cu îmbrăcămințile rutiere bituminoase, îmbrăcămințile rutiere din beton de ciment prezintă următoarele avantaje:

- au rezistențe mecanice mai mari și durate de exploatare ridicate (cca 30 ani), motive care le recomandă pentru traficuri intense și grele;
- sunt rezistente la uzură și la acțiunea agenților climaterici, a carburanților și lubrifianților;
- au culoare deschisă, deci prezintă o vizibilitate mai bună;
- nu permit producerea de deformații permanente (făgașe, văluriri) sub acțiunea traficului și a agenților climaterici;
- au o rugozitate ridicată;
- permit folosirea în mai mare măsură a agregatelor naturale din zona șantierului;
- necesită un volum de lucrări de întreținere foarte redus, dacă sunt corect executate;
- cheltuielile totale de execuție și de întreținere pe perioada lor de exploatare sunt mai reduse decât cele necesare îmbrăcăminților rutiere bituminoase.

Principalele dezavantaje ale îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment față de îmbrăcămințile rutiere bituminoase sunt următoarele:

- cheltuieli inițiale pentru construcție relativ mari;

- posibilitățile de ranforsare a structurilor rutiere din beton de ciment impun utilizarea unor tehnologii de execuție mai complexe;
- existența rosturilor transversale care deranjează circulația autovehiculelor;
- defecțiunile și eventualele greșeli de execuție se elimină foarte greu și cu cheltuieli însemnate;
- îmbrăcăminte nu poate fi dată în exploatare decât după ce betonul de ciment atestă rezistențe mecanice corespunzătoare (de regulă 3 săptămâni), fapt care poate necesita construcția de variante ocolitoare.

În țara noastră îmbrăcămintele rutiere din beton de ciment au, până în prezent, o arie de răspândire destul de restrânsă. Principiile care stau la baza execuției acestor tipuri de îmbrăcăminți rutiere se vor evidenția în capitolul 3.8.

Îmbrăcămintele rutiere din piatră fasonată (pavaje) au fost primele îmbrăcăminți rutiere moderne. Acest tip de îmbrăcăminți rutiere se pot clasifica, după forma și dimensiunile pietrei fasonate folosite, astfel:

- pavaje din pavele normale care folosesc două tipuri de pavele: de tip dobrogean (cu fața dreptunghiulară) sau de tip transilvănean (cu fața pătrată), (vezi tabelul 1.1);
- pavaje din pavele abnorme, cu pavele de formă prismatică și cu dimensiunile laturilor încadrate în anumite limite (vezi tabelul 1.1);
- pavaje din calupuri, pentru realizarea cărora se folosesc pavele mici de formă cubică (vezi tabelul 1.1).

Pavajele sunt rar folosite în tehnica rutieră actuală, în special datorită următoarelor dezavantaje:

- necesită un consum important de manoperă atât pentru producerea pietrei fasonate cât și pentru executarea propriu-zisă;
- suprafața de rulare realizată este neuniformă, producând prin vibrații o uzură mai mare a autovehiculelor. Pe de altă parte vibrațiile autovehiculelor produc o poluare importantă a mediului înconjurător;
- urmare unui trafic intens și greu, pavajele se lustruiesc, pierzându-și rugozitatea geometrică inițială, îmbrăcăminte devenind alunecoasă (poate favoriza derapajul).

Asupra îmbrăcăminților din piatră naturală fasonată nu se va insista în continuare.

Alegerea tipului de îmbrăcămintă se face pe baza unor calcule tehnico-economice complexe care iau în considerare avantajele și dezavantajele celor trei tipuri de îmbrăcăminți rutiere prezentate, precum și experiența acumulată în executarea unei anumite tehnologii.

3.7. Mixturi asfaltice

Mixturile asfaltice sunt materiale de construcție realizate din amestecuri obținute pe baza unor doze judicioase stabilite, din agregate naturale sau artificiale și filer, aglomerate cu bitum, printr-o tehnologie adecvată.

Agregatele naturale utilizate la prepararea mixturilor asfaltice sunt:

- criblurile de toate sorturile;
- nisipurile naturale și nisipul de concasaj;
- balasturile și pietrișurile concasate sau nu, sortate la dimensiuni corespunzătoare;
- deșeurile de carieră, care se pot folosi doar în anumite condiții bine stabilite.

Agregatele artificiale care pot fi luate în considerare, în anumite condiții locale, la prepararea mixturilor asfaltice sunt, în special, zgura de furnal înalt și granulitul.

Filerul cel mai frecvent folosit la prepararea mixturilor asfaltice este cel obținut prin măcinarea pietrei de calcar (filer de calcar).

Bitumul folosit pentru prepararea mixturilor asfaltice are o importanță hotărâtoare asupra calității mixturii asfaltice. La noi în țară, pentru prepararea mixturilor asfaltice se folosesc, după caz, bitumul D 80/120 (livrat în două tipuri D 80/100 și D 100/120) sau D 60/80. Se menționează faptul că folosirea bitumului D 60/80 (mai dur) permite realizarea unor mixturi asfaltice cu care se execută straturi rutiere cu o stabilitate mai mare (rezistență sporită la deformări plastice: făgașe, vâluriri etc.).

Determinarea dozajului componenților în mixtura asfaltică se efectuează cu deosebită grijă, prin calcule și încercări specifice de laborator, cu luarea în considerare a calității materialelor disponibile, intensității traficului, rolului stratului în structura rutieră, grosimii stratului rutier, perioadei de execuție, zonei climaterice în care se situează sectorul de drum considerat etc.

3.7.1. Clasificarea mixturilor asfaltice

Tipurile de mixturi asfaltice care se produc la noi în țară pot fi grupate astfel:

- betoane asfaltice (B. A.);
- asfaltul turnat (A. T.);
- mortare asfaltice (M. A.);
- anrobate bituminoase (A. B.).

Betoanele asfaltice sunt amestecuri alcătuite, după doze judicios stabilite, din cribluri, nisip și filer aglomerate cu bitum, după o tehnologie adecvată. Ele se utilizează în principal pentru realizarea îmbrăcăminților bituminoase cu durată de exploatare îndelungată, pe drumuri cu solicitări importante din trafic și din condițiile climaterice.

În funcție de necesități, betoanele asfaltice se pot proiecta și realiza într-o mare diversitate, și anume:

- **betoane asfaltice cu execuția la cald**, grupă care cuprinde:

- **betonul asfaltic bogat în criblură**, care se poate realiza în două variante: cu agregate naturale până la 8 mm (B. A. 8) sau cu agregate naturale până la 16 mm (B. A. 16). Scheletul mineral este alcătuit din criblură 3-8, respectiv 3-8 și 8-16, în proporție de 45...70 %, filer și fracțiuni de nisipuri sub 0,09 mm în proporție de 8...12 %, restul de până la 100 % fiind ocupat de filer și nisipuri cu dimensiunea granulelor de 0,09...3,15 mm. Conținutul de bitum D 80/120 sau D60/80 este diferențiat în funcție de clasa tehnică a drumului, respectiv de categoria tehnică a străzii pe care se aplică, încadrându-se în ecartul 6,0...7,5 %, procent raportat la masa mixturii asfaltice. Aceste tipuri de betoane asfaltice se folosesc ca strat de uzură pe drumuri și străzi cu trafic important și cu declivități ce nu depășesc 6 %. Grosimea minimă a stratului de uzură în acest caz este de 4,0 cm;

- **betonul asfaltic rugos** (B. A. R. 16) are scheletul mineral format din criblură 3,15...16 mm în proporție de 58...70 %, filer și nisip sub 0,09 mm în proporție de 8...10 %, respectiv filer și nisip cu dimensiunea de 0,09...3,15 mm restul de până la 100 %. Conținutul de bitum, raportat la masa mixturii asfaltice, este de 5,7...6,2 %. Betonul asfaltic rugos se pune în operă în straturi cu grosimea de min. 4,0 cm după compactare, pe drumuri cu declivități de până la 9 %. Se folosește pentru executarea stratului de uzură, fiind recomandat mai ales pe sectoarele unde există pericolul de derapare (declivități mai mari de 6 %, curbe fără vizibilitate, serpentine etc.);

• **betonul asfaltic rugos prin clutaj** (B. A. R. C. 16) se obține prin tratarea stratului de uzură din beton asfaltic bogat în criblură, în faza finală a compactării acestuia, cu criblură 8-16 preanrobăată cu emulsie bituminoasă, după care se efectuează compactarea definitivă. Criblura preanrobăată pătrunde numai parțial sub efectul compactării în stratul suport permițând obținerea unei rugozități ridicate a suprafeței de rulare. Această tehnologie este recomandată pentru realizarea de straturi de uzură pe sectoare de drumuri cu declivitatea de min. 6 %;

• **betonul asfaltic cu nisip bituminos** (B. A. N. B. 16) are în compoziția sa, ca material de bază, nisipul bituminos. Granulozitatea nisipului monogranular din nisipul bituminos se corectează prin adaos de agregate naturale de balastieră și de carieră, iar consistența redusă a bitumului natural din nisipul bituminos se îmbunătățește prin diferite procedee (în special prin adaos de bitum dur sau/și prin oxidare-polimerizare în uscător). Acest tip de mixtură asfaltică s-a folosit în țara noastră în perioade de criză, când bitumul era considerat un material deficitar, mare înglobator de energie. În prezent, mixturile asfaltice pe bază de nisip bituminos nu se mai folosesc în tehnica rutieră românească;

• **betonul asfaltic cu agregat mare** (B. A. 25) se realizează cu criblură 3-8; 8-16 și 16-25 în proporție de 50...70 %, filer și nisip sub 0,09 mm în proporție de 5...12 %, respectiv filer și nisip cu dimensiunea de 0,09...3,15 mm restul de până la 100 %. Conținutul de bitum, raportat la masa mixturii asfaltice, este de 5,5...7,0 %, fiind diferențiat funcție de clasa tehnică a drumului și de categoria străzii pe care se execută. Se folosește pentru realizarea stratului de uzură cu grosimea de min. 4,0 cm pe drumuri și străzi de importanță locală și cu trafic redus.

La prepararea betoanelor asfaltice B. A. 8, B. A. 16 și B. A. 25 se folosește nisip de concasaj sau nisip de concasaj în amestec cu nisip natural, caz în care în amestecul de nisipuri nisipul natural nu va depăși 20 %;

• **betonul asfaltic deschis** se poate executa cu criblură 3...25 mm, nisip natural și nisip de concasaj (B. A. D. 25), cu nisip și pietriș concasat (B. A. D. P. C. 25) sau cu pietriș 7-31 și nisip natural (B. A. D. 31). Scheletul mineral este format din cribluri sau pietriș concasat în proporție de 65...80 % (pentru B. A. D. 25 și B. A. D. P. C. 25), respectiv din pietriș sortat 7...31 mm în proporție de 47...68 % (pentru B. A. D. 31), la care se adaugă fracțiunea sub 0,09 mm în proporție de 1...6 % și fracțiunea 0,09...3,15 mm care reprezintă restul de agregat natural până la 100 %. La B. A. D. 25 se folosește nisip de concasaj sau amestecuri de nisip de concasaj cu nisip natural, caz în care nisipul natural din amestecul respectiv este de 30...50 %. Conținutul de bitum este de 4,0...5,0 %, raportat la masa mixturii asfaltice. Betoanele asfaltice deschise se folosesc pentru executarea stratului de legătură al îmbrăcăminților bituminoase, grosimea minimă a acestuia fiind de 4,0 cm;

• **betoanele asfaltice speciale** se folosesc pentru executarea stratului de uzură pentru condiții de exploatare deosebite. În această categorie se înscriu betoanele asfaltice colorate (roșu, galben, alb etc.) și betoanele asfaltice cu caracteristici superioare (bitum + polimeri, bitum + sulf, bitum + cauciuc etc.);

- **betoane asfaltice cu execuția la rece**, grupă în care se încadrează:

• **betonul asfaltic stocabil cu bitum tăiat** (B. A. B. T. 8) se realizează cu criblură 3-8 din rocă bazică în proporție de 43...60 %, filer și nisip de concasaj sub 0,09 mm în proporție de 10...14 % și filer și nisip, fracțiunea 0,09...3,15 mm restul de agregat natural până la 100 %. Ca liant se folosește bitumul provenit din bitumul tăiat (68 % bitum D 80/120,

naftenat de cupru 2 % și petrosin 30 %) în proporție de 7,8...8,5 %, raportat la masa mixturii asfaltice.

Pentru prepararea mixturii asfaltice stocabile cu bitum tăiat, criblura și nisipul se trec prin uscător, astfel încât la ieșire să aibă o temperatură de cca 120°C. Agregatele naturale calde cântărite corespunzător se introduc în malaxor, după care se introduc filerul și bitumul tăiat dozate corespunzător. La terminarea malaxării se adaugă lapte de var în proporție de 2 % din masa mixturii asfaltice, continuându-se malaxarea încă 1...2 min. Mixtura asfaltică astfel preparată se depozitează în șoproane sau magazine închise și se acoperă cu folii de polietilenă. După 24...48 h, mixtura asfaltică se reafânează prin lopătare și se depozitează în saci de polietilenă (mai ales pentru timp îndelungat de păstrare) sau în grămezi acoperite cu folii de polietilenă;

- **betonul asfaltic stocabil cu emulsie bituminoasă cationică** (B. A. E. B. 16) se realizează cu nisip natural 0-7 (nisipul de concasaj nu se poate folosi deoarece conduce la ruperea rapidă a emulsiei bituminoase) în proporție de 10...15 %, criblură 8-16 în proporție de 60...70 % și criblură 3-8 restul de agregat natural până la 100 % sau din nisip 0-7 în proporție de 60...70 % și pietriș 7-15 restul de agregat natural până la 100 %. Conținutul de bitum rezidual din mixtura asfaltică trebuie să fie de 4...5 %, obținut din emulsia bituminoasă cationică cu un conținut de liant de 60 %. Pentru reglarea timpului de rupere, emulsia bituminoasă conține 10 % petrosin. Pentru preparare se folosesc malaxoare speciale cu șnecl elicoidal, care permit omogenizarea la rece, în flux continuu, a materialelor sus-menționate. Depozitarea mixturii asfaltice se face în grămezi acoperite cu folie de polietilenă pentru cantități de min. 5 t, respectiv în saci de polietilenă pentru cantități mai mici;

- **betonul asfaltic cu suspensie de bitum filerizat** (B. A. S. 16) folosește ca liant suspensia de bitum filerizat (subif). Nu se folosește curent în tehnica rutieră actuală.

Betoanele asfaltice cu execuția la rece sunt utilizate pentru repararea îmbrăcăminților rutiere în perioadele când instalațiile de producere a mixturilor asfaltice (I. P. M. A.) nu sunt în funcțiune.

Asfaltul turnat este una din cele mai vechi tipuri de mixturi asfaltice cunoscute, fiind utilizat ca îmbrăcămintă bituminoasă pentru trotuare și străzi.

Asfaltul turnat este un beton asfaltic compact, având toate golurile umplute cu bitum și din această cauză complet impermeabil. Ca urmare a acestor proprietăți, asfaltul turnat este utilizat pentru etanșări și impermeabilizări. Asfaltul turnat se pune în operă manual sau mecanic, prin așternere și nivelare, fără a necesita compactare.

În funcție de natura agregatelor naturale folosite la executarea acestui tip de mixtură asfaltică se disting:

- **asfaltul turnat dur** (A. T. 16) care se realizează cu criblură 3...8 mm sau 3...16 mm în proporție de 30...50 %, filer 25...30 % și nisip restul de agregat natural până la 100 %. Se folosește bitum D 40/50 sau D 25/40 în proporție de 7,5...9,5 % din masa mixturii asfaltice;

- **asfaltul turnat** (A. T. 7) se execută cu nisip grăunțos 3-7 în proporție de 30...40 %, filer 20...25 % și nisip restul de agregat natural până la 100 %. Ca liant se folosește bitumul D 40/50 sau D 25/40 în proporție de 7,5...9,5 % din masa mixturii asfaltice.

Asfaltul turnat dur se utilizează pe străzi și drumuri cu trafic intens pentru realizarea stratului de uzură și ca îmbrăcămintă pentru calea pe poduri definitive. Asfaltul turnat se poate folosi și pentru realizarea stratului de uzură pentru drumuri și străzi cu trafic redus și mijlociu și pe podețe definitive, ca îmbrăcămintă în piețe, pe alei, trotuare, piste pentru cicliști etc.

Mortarul asfaltic este un amestec obținut în anumite condiții din nisip natural, nisip de concasaj, filer și bitum. Mortarul asfaltic se utilizează la executarea îmbrăcăminților bituminoase ușoare, ca strat de uzură, pe drumuri de clasa tehnică III...IV sau la închiderea suprafețelor îmbrăcăminților bituminoase executate din anrobate bituminoase care au un volum de goluri ridicat. Mortarele asfaltice se pot realiza:

- **la cald**, și anume:

- **mortarul asfaltic cu bitum cald** (M. A. B. C. 7) care are scheletul mineral format din filer și nisip sub 0,09 mm în proporție de 10...16 %, filer și nisip, fracțiunea 0,09...3,15 mm, în proporție de 74...90 % și din fracțiunea de nisip 3,15...7,00 mm în proporție de 0...10 %. Se recomandă folosirea nisipului natural în proporție de max. 20 %. Conținutul de liant este de 8,0...10,0 %, raportat la masa mixturii asfaltice;

- **mortarul asfaltic cu nisip bituminos și bitum dur** (M. A. N. B. 7) se realizează prin corectarea granulozității nisipului monogranular din nisipul bituminos cu nisip natural și/sau nisip de concasaj și filer precum și prin corectarea consistenței bitumului natural din nisipul bituminos prin adaos de bitum industrial parafinos dur (penetrația 5/20 și punctul de înmuiere înel și bilă 85...100 °C). Acest tip de mixtură asfaltică nu se mai utilizează în mod curent în tehnica rutieră din țara noastră;

- **mortarul asfaltic turnat** (M. A. T. 7) se utilizează în special pentru executarea șapei hidrofuge la poduri din beton armat sau la unele suprastructuri metalice (poduri cu dale ortotrope). Pentru realizarea lui se folosesc: agregate naturale peste 3 mm în proporție de 5...20 %, filer și nisip sub 0,09 mm în proporție de 25...35 %, respectiv filer și nisip, fracțiunea 0,09...3,15 mm, restul de agregat natural până la 100 %. Conținutul de bitum D 50/80 sau D 80/100 este de 11,0...12,0 %, din masa mixturii asfaltice;

- **la rece**, și anume:

- **mortarul asfaltic cu suspensie de bitum filerizat (mortar subif)**, (M. A. S. 7) constă într-un amestec de nisip natural și suspensie de bitum filerizat. Nu se mai folosește în prezent;

- **mortar asfaltic cu emulsie bituminoasă** (M. A. E. B. 7) este un amestec de nisip natural și emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă.

Deoarece mortarele asfaltice obținute la rece nu se folosesc în prezent în mod curent în tehnica rutieră, nu se va insista asupra lor. De altfel, mortarele asfaltice au o arie de aplicabilitate foarte restrânsă deoarece conțin un procent ridicat de bitum și realizează o îmbrăcămințe bituminoasă cu o suprafață insuficient de rugoasă.

Anrobatele bituminoase sunt amestecuri alcătuite, după doze bine stabilite, în principal din agregate naturale locale ca balast, nisip, pietriș, deșeuri de carieră etc., neconcasate sau concasate parțial sau total și filer, aglomerate cu bitum printr-o tehnologie specifică, fiind utilizate pentru executarea îmbrăcăminților bituminoase ușoare sau a straturilor de bază.

Din punct de vedere calitativ anrobatele bituminoase sunt inferioare betoanelor asfaltice, întrucât se realizează din agregate naturale locale fără o prelucrare specifică, granulozitatea prescrisă fiind mai largă, iar conținutul de liant mai redus.

Anrobatele bituminoase pot fi realizate la cald sau la rece într-o mare varietate de tipuri, dintre care se menționează:

- **cu execuția la cald:**

- **anrobate bituminoase cu bitum D 80/120** (A. B. B. C. 31). Acest tip de anrobate bituminoase se realizează, după caz, cu pietriș 3,15...31,00 mm, nisip natural, split 16-

25, filer și bitum. Conținutul de bitum D 80/120 este de 4,0...5,0 % din masa mixturii asfaltice, iar proporțiile în care agregatele naturale sus-menționate intră în amestec variază în limite foarte largi;

- **anrobate bituminoase cu nisip bituminos și bitum dur** (A. B. N. B. 31).

Anrobatele bituminoase cu nisip bituminos se realizează în aceleași condiții ca și betoanele asfaltice cu nisip bituminos, cu respectarea regulilor de compoziție specifice pentru anrobatele bituminoase;

- **cu execuția la rece:**

- **anrobate bituminoase cu suspensie de bitum filerizat (subif)**, (A. B. S.

31). Acest tip de mixtură asfaltică nu se mai utilizează în tehnica rutieră românească;

- **anrobate bituminoase cu emulsie bituminoasă** (A. B. E. B. 31).

Anrobatele bituminoase de acest tip se realizează cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă, utilizându-se rar pentru lucrări importante.

Alegerea tipului de mixtură asfaltică din care să se realizeze îmbrăcămințile bituminoase prezintă o deosebită importanță tehnică și economică. Din aceste considerente proiectantul, pe baza studiilor privind: existența materialelor locale și posibil de aprovizionat, condițiile climaterice, evoluția traficului etc. și luând în considerare caracteristicile mixturilor asfaltice, este obligat să indice necondiționat modul de alcătuire a tuturor straturilor bituminoase ale structurii rutiere și mai ales a tipului de mixtură asfaltică pentru îmbrăcămintă.

3.7.2. Producerea mixturilor asfaltice

Mixturile asfaltice se prepară în instalații mecanice speciale, pe baza unui proces tehnologic adecvat. Tehnologia de preparare a mixturilor asfaltice se poate derula "la cald", caz în care agregatele naturale sunt încălzite în vederea anrobării lor cu bitum care la rândul lui este cald, respectiv "la rece", caz în care omogenizarea agregatelor naturale cu liantul (de regulă emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă) se desfășoară la temperatura mediului ambiant. Dintre cele două tehnologii, dezvoltarea cea mai mare o are tehnologia "la cald" asupra căreia se va insista în continuare.

3.7.2.1. Instalații pentru producerea mixturilor asfaltice

Instalațiile de producere a mixturilor asfaltice (I. P. M. A.) cuprind o gamă foarte mare de tipuri care se pot clasifica după mai multe criterii, astfel:

- **după productivitate** există o mare varietate de I. P. M. A. care asigură producții de mixtură asfaltică de la 7 t/h (așa-numitele instalații A. N. G., încă în funcțiune pe unele șantiere de drumuri locale din țara noastră) până la 500 t/h sau chiar până la 1 000 t/h. Până în prezent, în țara noastră cele mai răspândite I. P. M. A. - uri sunt L. P. X. - urile, cu o productivitate de 25...30 t/h;

- **după modul de derulare a procesului tehnologic se disting:**

- **instalații în flux discontinuu** care în principiu necesită, la nivelul malaxorului, dozarea separată a agregatelor naturale, filerului și bitumului, operație care necesită o întrerupere a fluxului tehnologic la fiecare șarjă (fig. 3.12);

- **instalații în flux continuu** care permit omogenizarea agregatelor naturale cu filerul și bitumul fără nici o întrerupere a fluxului tehnologic (fig. 3.13);

- **instalații uscător-malaxor** la care uscătorul are și rolul de malaxor, mixtura asfaltică produsă în flux continuu fiind gata preparată la ieșirea din uscătorul-malaxor, fiind preluată și depozitată în buncărul de stocare sau direct în autobasculantă (fig. 3.14).

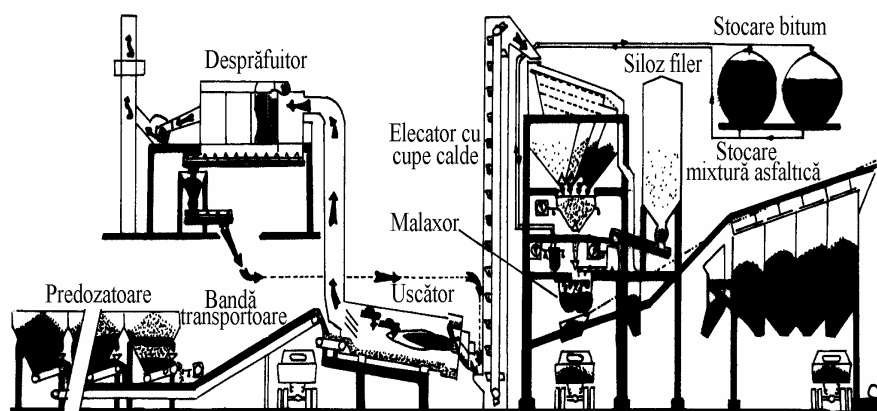


Fig. 3.12. Instalație în flux discontinuu.

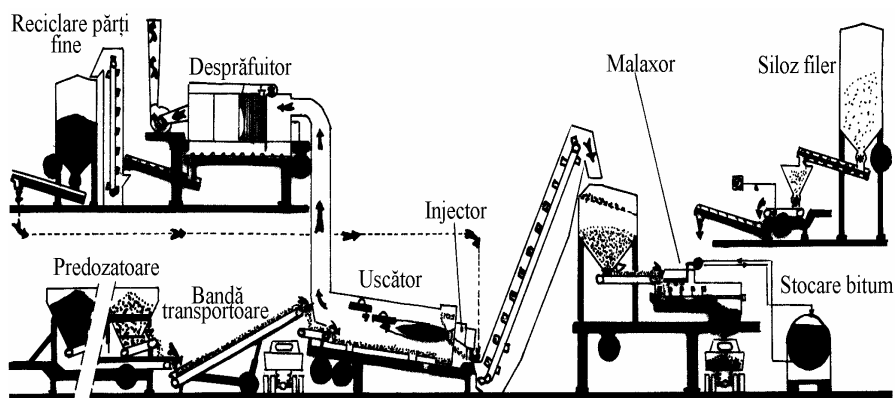


Fig. 3.13. Instalație în flux continuu.

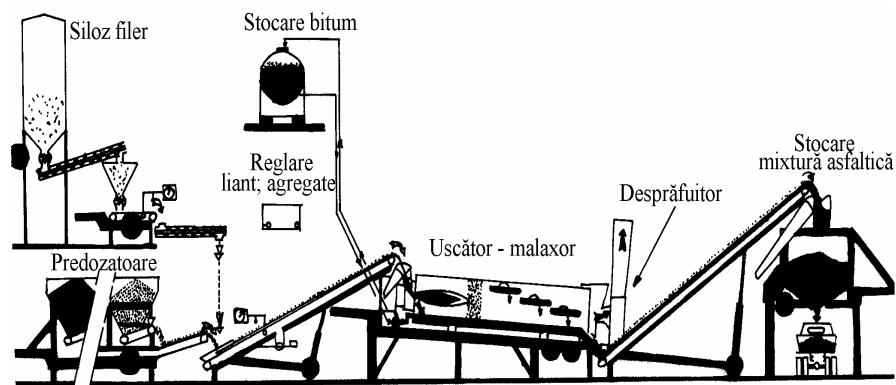


Fig. 3.14. Instalație tip uscător - malaxor.

- **după locul de amplasare** se disting:

- **instalații fixe** care sunt amplasate în orașe sau comune și permit distribuirea de mixtură asfaltică pe șantieri situate în interiorul unei suprafețe circulare cu raza de 20...40 km;

- **instalații mobile** care răspund eforturilor de execuție a unor lucrări pe șantieri situate în afara razei de acțiune a instalațiilor fixe. Aceste I. P. M. A. - uri nu sunt încă dezvoltate în mod deosebit în țara noastră.

Instalațiile de produs mixturi asfaltice fixe sunt mai numeroase și au o capacitate de producție superioară celor mobile. De exemplu, antreprizele franceze de drumuri dispun de cca 400 I. P. M. A. - uri, din care cca 70 % sunt instalații fixe. Dintre cele 182 instalații fixe, peste 85 % sunt instalații în flux discontinuu și continuu, iar cca 15 % sunt instalații de tip uscător-malaxor.

3.7.2.2. Prepararea mixturilor asfaltice

Procesul tehnologic de fabricare a mixturilor asfaltice la cald cuprinde următoarele faze: predozarea agregatelor naturale, încălzirea lor, dozarea și amestecarea agregatelor naturale cu filerul și bitumul în malaxor. În continuare se va prezenta succint procesul tehnologic de preparare a mixturilor asfaltice în instalații fixe în flux discontinuu.

În cadrul unei instalații de produs mixturi asfaltice în flux discontinuu (fig. 3.15) agregatele naturale sunt predozate cu ajutorul predozatoarelor, după care sunt preluate de banda transportoare care le ridică în pâlnia de alimentare a uscătorului. În uscător are loc încălzirea agregatelor naturale în contracurent cu ajutorul gazelor calde de ardere produse de flacăra unui injector și desprăfuirea lor cu un dispozitiv de special. De aici, cu elevatorul de materiale calde, agregatele naturale trec pe sitele vibratoare care le resortează, după care agregatele naturale calde se depozitează pe sorturi și se cântăresc. Agregatele naturale cântărite trec într-un malaxor unde se adaugă filerul rece adus cu banda transportoare din buncărul de filer și bitumul cald, din dozatorul de bitum, ambele dozate în funcție de tipul mixturii asfaltice. Din malaxor, mixtura asfaltică gata preparată este ridicată cu ajutorul unui schip și depozitată în buncărul de stocare de unde este descărcată direct în autobasculante.

În continuare, se va prezenta mai detaliat fiecare fază din procesul tehnologic de producere a mixturilor asfaltice.

Predozarea agregatelor naturale este asigurată prin predozatoare care permit alimentarea continuă și regulată a instalației de produs mixturi asfaltice. Predozatoarele sunt alcătuite din buncărele alimentare prevăzute la partea inferioară cu un dispozitiv care permite scurgerea unei cantități constante de material din buncărul respectiv. Transportul amestecului de agregate naturale astfel rezultat se efectuează cu ajutorul unei benzi transportoare, în mod continuu și în cantitate constantă.

Predozatoarele sunt prevăzute cu vibratoare, care asigură debitul constant și ușurează evacuarea agregatelor naturale fine (nisipuri), mai ales atunci când acestea sunt umede și când au tendința de a forma o boltă în predozator. Dispozitivele de predozare trebuie reglate în funcție de tipul de mixtură asfaltică care urmează să fie fabricat. Reglarea se face prin încercări, prin cântărirea agregatelor naturale evacuate într-un anumit timp de funcționare, în regim de lucru normal. Se modifică deschiderea predozatorului până la atingerea debitului necesar. Operația de reglare necesită foarte multă atenție și trebuie corect realizată pentru fiecare dozator în parte.

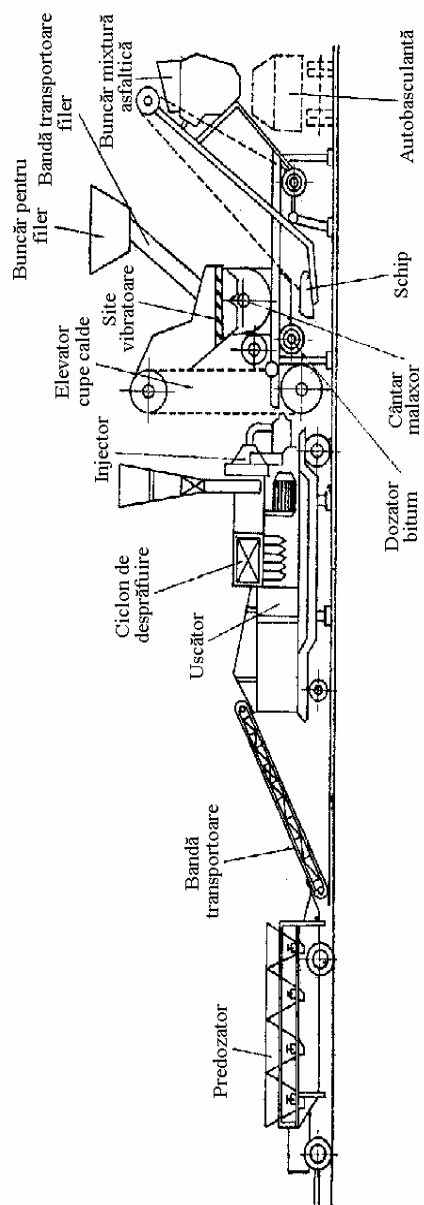
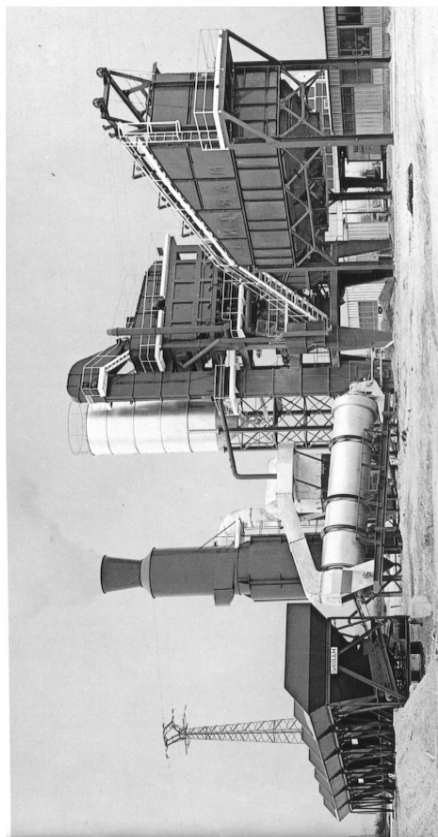


Fig. 3.15. Instalație de produs mixturi asfaltice în flux discontinuu.

Uscarea, încălzirea și desprăfuirea agregatelor naturale sunt operații deosebit de importante întrucât pentru a se realiza o bună anrobare cu bitum a agregatelor naturale, acestea trebuie să aibă o temperatură corespunzătoare și să fie curate.

Din buncărul de depozitare, agregatele naturale sunt ridicate cu elevatorul cu cupe reci sau cu o bandă transportoare și trecute în uscător.

Uscătorul are formă cilindrică și este ușor înclinat față de orizontală (cca 6 °). Acesta este executat din oțel și este prevăzut cu dispozitiv pentru încălzire. Tamburul uscătorului se rotește continuu în jurul axului său, permițând înaintarea agregatelor naturale și uniformizarea temperaturii. Uscătorul este prevăzut cu un injector în contracurent și permite un schimb eficient de căldură.

Agregatele naturale sunt încălzite de gazele calde de ardere o dată cu înaintarea lor în contracurent prin uscător. Tirajul este asigurat cu ajutorul ventilatoarelor. În interior, uscătorul este prevăzut cu palete, care preiau și ridică agregatele naturale pe care apoi le lasă să cadă prin curentul de gaze calde.

Rotirea uscătorului este asigurată prin dispozitive adecvate. Temperatura agregatelor naturale la ieșirea din uscător trebuie să fie de 165...190 °C, întrucât în malaxor se adaugă filerul rece, iar temperatura după amestecarea cu filerul trebuie să fie de 150...170 °C.

Uscarea agregatelor naturale este o operație de importanță majoră care are o influență preponderentă asupra randamentului instalației și a consumului de combustibil. Factorii principali care trebuie luați în considerare în procesul de uscare și încălzire sunt:

- umiditatea agregatelor naturale;
- granulozitatea agregatelor naturale;
- temperatura necesară pentru o anrobare corespunzătoare.

Parametrii asupra cărora se acționează sunt durata menținerii agregatelor naturale în uscător, reglarea injectorului și debitul de aer. În cadrul activităților de reglare a acestor parametrii, se va urmări cu precădere temperatura agregatelor naturale la ieșirea din uscător, precum și arderea corectă și completă a combustibilului.

Gazele calde antrenează cu ele o parte a elementelor fine din agregatele naturale. Pentru a evita poluarea, gazele trec printr-o instalație de desprăfuire. Pentru desprăfuire se folosesc cicloane, unde gazele urmează un traseu elicoidal și astfel sunt parțial desprăfuite, sau desprăfuitoare pe cale umedă, care au un randament foarte bun.

Agregatele naturale la ieșirea din uscător sunt preluate de elevatorul cu cupe calde și sunt conduse la un siloz, care poate fi prevăzut cu instalații de sortare și dozare. Elevatorul cu cupe calde este acoperit pentru a evita pierderile de căldură și pierderile de particule fine.

Dozarea și malaxarea se fac astfel încât să se poată realiza mixturi asfaltice cât mai omogene, respectându-se dozajele date de laborator.

Sortatorul-distribuitor are ca scop ciuruirea agregatelor naturale calde, separându-le pe fracțiuni și reconstituind astfel un amestec perfect dozat. El este format din mai multe ciururi, care permit sortarea agregatului natural total pe fracțiuni. Deficiența acestui dispozitiv constă în faptul că nu permite separarea granulelor cu dimensiuni mai mici de 3 mm, deoarece ar necesita un timp prea mare și deci ar micșora semnificativ randamentul instalației. Totuși, prin faptul că permit dozarea corectă a agregatelor naturale cu dimensiuni mai mari de 3 mm, sortatoarele-distribuitor sunt apreciate ca utile.

Agregatele naturale calde cântărite de către sortatorul-distribuitor sunt introduse în malaxor. Se adaugă apoi filerul rece și se caută obținerea unei cât mai bune omogenizări a

agregatelor naturale cu filerul. Se adaugă bitumul fierbinte la temperatura de 150...170 °C și se continuă amestecarea.

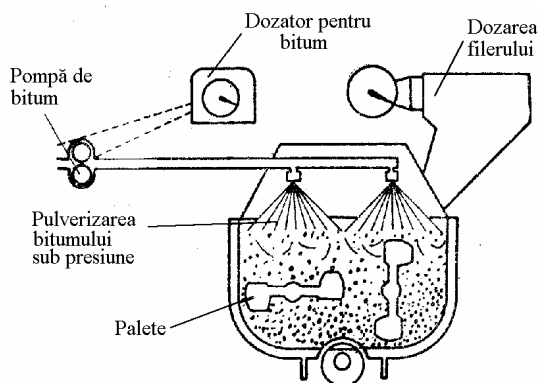


Fig. 3.16. Malaxor pentru mixtură asfaltică.

Încălzirea bitumului se poate realiza cu picurătoare sau mai eficient cu serpentine prin care circulă ulei mineral fierbinte. Dozarea bitumului se poate face gravimetric sau volumetric, iar dozarea filerului se face cu ajutorul unui dozator specific, prin cântărire.

Malaxoarele cele mai răspândite sunt cele cu ax orizontal prevăzute cu palete (fig. 3.16). Malaxoarele cu ax vertical sunt folosite mai ales pentru amestecarea agregatelor naturale cu dimensiuni mai mari, până la 40 mm.

Durata de malaxare depinde de tipul instalației și trebuie să asigure o anrobare completă și uniformă a granulelor de agregat natural cu bitum. O malaxare insuficientă conduce la o repartitie neuniformă a liantului, cu zone cu bitum insuficient alături de zone cu bitum în exces, în cadrul aceleiași șarje de mixtură asfaltică. O malaxare prea intensă nu îmbunătățește anrobarea, dar micșorează randamentul instalației.

Încălzirea agregatelor naturale la temperaturi foarte ridicate (peste 200 °C), precum și încălzirea prelungită a bitumului sau reîncălzirea aceleiași cantități de bitum de mai multe ori trebuie evitate, deoarece în asemenea situații bitumul suferă transformări care îi schimbă caracteristicile, putându-se ajunge la arderea bitumului, ceea ce echivalează cu pierderea adezivității și îmbătrânirea lui prematură.

La ieșirea din malaxor, mixtura asfaltică se depozitează provizoriu într-un buncăr de unde este încărcată în autobasculante și transportată la locul de punere în operă. Temperatura mixturii asfaltice livrată de instalație trebuie să fie 140...170 °C, în funcție de temperatura atmosferică și de distanța de transport. Pentru betoanele asfaltice rugoase, temperatura de livrare trebuie să fie de 155...170 °C.

3.7.2.3. Transportul, așternerea și compactarea

Transportul mixturilor asfaltice se realizează cu ajutorul autobasculantelor. Pe timp nefavorabil se recomandă acoperirea benei autobasculantelor cu prelate, iar în cazurile când se lucrează la temperaturi mai scăzute sau distanța de transport este mare se recomandă să se folosească bene termoizolante sau prevăzute cu dispozitive de încălzire. Este necesar un număr suficient de autobasculante pentru transportul continuu al mixturii asfaltice la așternere.

Așternerea mixturilor asfaltice pe stratul suport se face cu ajutorul răspânditoarelor-finoare (fig. 3.17), care sunt formate în principiu din: șasiu automotor pe șenile sau pe pneuri, un buncăr în care se descarcă autobasculantele (situat în partea din față a utilajului), un alimentator construit dintr-o bandă transportoare metalică și două șnecuri pentru repartizarea

mixturii asfaltice pe întreaga lățime a benzii de executat, o grindă vibratoare și o placă nivelatoare care în general este încălzită. Lățimea de așternere este de max. 4,00 m.

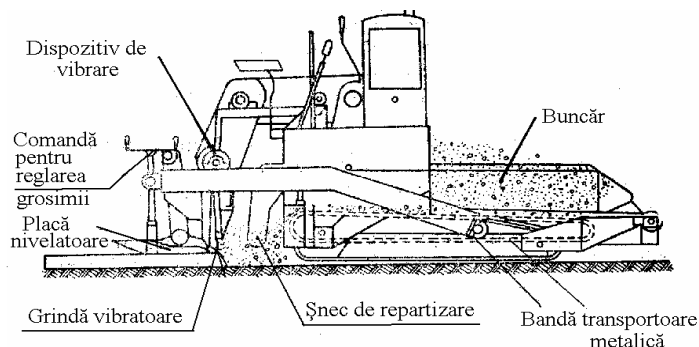


Fig. 3.17. Repartizator-finisor.

Repartizatorul-finisor este prevăzut cu un dispozitiv de reglare a grosimii mixturii asfaltice cu ajutorul a două palpatoare ce se deplasează pe două fire de oțel montate lateral în conformitate cu cotele și cu configurația profilului prevăzute în proiect.

Viteza normală de deplasare a repartizatorului-finisor este de 8...10 m/min, putându-se așterne astfel 80...200 t de mixtură asfaltică într-o oră de lucru.

Înainte de așternerea mixturii asfaltice, stratul suport trebuie pregătit cu grijă prin executarea în principal a următoarelor operații:

- repararea cu tehnologii adecvate a tuturor defecțiunilor existente;
- curățirea temeinică a stratului suport de praf și de alte impurități;

- amorsarea stratului suport în vederea realizării unei bune acroșări, folosind în acest scop emulsie bituminoasă, bitum tăiat sau suspensie de bitum filerizat, astfel încât să se răspândească uniform o cantitate de 0,3...0,5 kg/m³ bitum pur (rezidual).

Temperatura mixturii asfaltice la așternere trebuie să fie de min. 130 °C, iar pentru betoanele asfaltice rugoase de min. 145 °C. Așternerea mixturii asfaltice se va efectua numai pe timp uscat, la o temperatură a mediului ambiant de min. 5 °C.

Compactarea mixturilor asfaltice este operația de îndesare a materialului din stratul rutier și se realizează cu ajutorul unor utilaje adecvate, care să permită obținerea unor caracteristici fizico-mecanice optime pentru stratul bituminos.

După compactare stratul bituminos trebuie să aibă un grad de compactare de min. 96 % pentru straturile de uzură și de legătură și de min. 95 % pentru stratul de bază din anrobate bituminoase.

Compactarea mixturilor asfaltice este o operație deosebit de importantă pentru obținerea unor straturi rutiere de calitate. Dintre factorii care influențează calitatea compactării se menționează următorii:

- **dozajul și consistența liantului.** Cu cât dozajul de bitum este mai ridicat cu atât volumul de goluri este mai mic și deci gradul de compactare mai mare, dar o dată cu creșterea dozajului de liant sau/și cu micșorarea consistenței lui stabilitatea stratului rutier, mai ales la temperaturi ridicate, scade;

- **granulozitatea agregatelor naturale.** Mixturile asfaltice cu un conținut ridicat de cribluri prezintă o rezistență la compactare mai mare decât cele realizate cu un conținut redus de cribluri;

- **temperatura mixturii asfaltice la punerea în operă și în timpul compactării.** În general, o dată cu scăderea temperaturii de compactare se micșorează și posibilitatea obținerii gradului de compactare proiectat (de exemplu: scăderea temperaturii cu 25 % față de cea optimă de compactare conduce la mărirea volumului de goluri remanent, pentru același lucru mecanic de compactare, cu 100 %);

- **lucrul mecanic de compactare** trebuie efectuat cu utilaje adecvate care lucrează în cadrul unui atelier de compactare, după o tehnologie specifică. Dacă compactarea se efectuează la temperaturile prescrise, lucrul mecanic consumat pentru obținerea gradului de compactare proiectat este minim. Mărirea energiei de compactare la temperaturi reduse ale mixturii asfaltice are un efect redus asupra creșterii gradului de compactare;

- **grosimea stratului de compactat** se alege funcție de tipul mixturii asfaltice, de dimensiunea constructivă minimă sau maximă admisă pentru stratul respectiv, de atelierul de compactare sau de utilajul de compactare de care se dispune etc. Chiar dacă tendința actuală este de a pune în operă straturi bituminoase cu grosime mare nu trebuie neglijată importanța realizării unui grad de compactare suficient inclusiv la baza stratului respectiv.

Compactarea mixturilor asfaltice se face pentru fiecare strat în parte, în grosimi de max. 8...10 cm. Compactarea se face în lungul drumului de la margini spre axă, iar pe sectoarele în rampă sau cu pantă transversală unică compactarea se efectuează de la marginea mai joasă spre cea mai ridicată. Fiecare urmă a compactatorului se va suprapune cu 20...30 cm peste cea precedentă. Compactoarele vor lucra fără șocuri pentru a evita vălurirea stratului bituminos.

Se recomandă ca temperatura mixturii asfaltice la așternere să fie de cca 110 °C, respectiv cca 130 °C pentru betoanele asfaltice rugoase. Compactarea va începe imediat după așternere cu viteze mici (2...4 km/h), iar trecerile următoare se pot face cu viteze mai mari de până la 6 km/h.



Fig. 3.18. Compactator cu rulouri netede.

Alte reguli de bază care trebuie respectate în timpul compactării sunt următoarele:

- nu este admisă staționarea compactoarelor pe mixtura asfaltică caldă;

- rulourile sau pneurile compactorului vor fi udate pentru a se evita lipirea mixturii asfaltice de acestea (cantitatea de apă folosită nu trebuie să modifice temperatura mixturii);
- temperatura mixturii asfaltice trebuie să fie suficientă pentru a permite obținerea gradului de compactare propus, dar nu prea ridicată pentru a evita apariția vâlvurilor.

Indiferent de numărul și caracteristicile compactoarelor disponibile, este recomandat ca stabilirea atelierului de compactare să se facă pe bază de studii pe sectoare experimentale pentru fiecare tip de mixtură asfaltică și grosime de strat folosite. Se recomandă începerea compactării cu un compactor cu rulouri netede tandem ușor de 60 kN (fig. 3.18), după care se va folosi un compactor cu pneuri de 120...160 kN (fig. 3.19). Încheierea compactării se va face cu un compactor cu rulouri netede tandem sau tridem de 100 kN (fig. 3.20).



Fig. 3.19. Compactor cu pneuri.

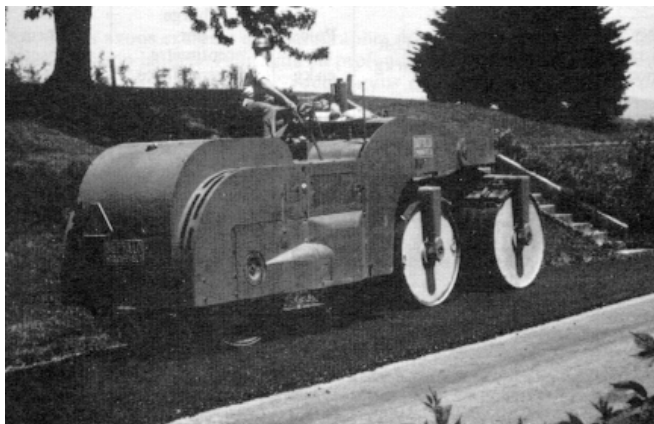


Fig. 3.20. Compactor cu rulouri netede (tridem).

După terminarea compactării, până la răcirea stratului, traficul este oprit (cca 6 h).

3.8. Betoane de ciment rutiere

Betoanele de ciment sunt amestecuri bine omogenizate de agregate naturale, ciment și apă care după întărire dau un material cu aspectul conglomeratului.

În betoanele de ciment partea activă este cimentul (liant neorganic) iar partea practic inertă este scheletul mineral format din agregatele naturale (nisip, pietriș, piatră spartă sau cribluri).

3.8.1. Materiale utilizate

La realizarea îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment se utilizează următoarele materiale de bază:

- agregate naturale neprelucrate (nisip și pietriș);
- produse de carieră prelucrate, sub formă de piatră spartă și cribluri;
- cimenturi de tipuri și mărci obișnuite sau speciale;
- apă;
- aditivi (plastifianți, superplastifianți, antrenori de aer etc.);
- alte materiale (oțel-beton, fibre de oțel, materiale pentru rosturi etc.).

Agregatele naturale utilizate la prepararea betoanelor de ciment rutiere trebuie să respecte în principal condițiile menționate în capitolul 1.

Cimenturile folosite sunt în general cimenturi obișnuite, chiar dacă în unele țări unde se construiesc multe drumuri și în special autostrăzi cu îmbrăcămini din beton de ciment se utilizează cimenturi rutiere speciale.

Principalele cerințe impuse cimentului rutier (rezistență mare la întindere și contracție redusă) sunt contradictorii având în vedere că prin creșterea rezistențelor mecanice se mărește și pericolul de fisurare a betonului în perioada de întărire.

Din această cauză studiile efectuate au scos în evidență necesitatea alegerii unui tip de ciment rutier, cu rezistențe mecanice medii și priză lentă, considerat eficient din punct de vedere tehnic pentru a fi utilizat la realizarea îmbrăcăminților din beton de ciment.

Având în vedere că cele mai importante proprietăți ale cimentului sunt determinate în primul rând de caracteristicile componenților mineralogici și de proporția în care aceștia se regăsesc în compoziție, s-a demonstrat experimental că proprietățile unui ciment sunt cu aproximație funcții aditive de compoziție mineralogică, conform expresiei:

$$P = \alpha \cdot C_3S + \beta \cdot C_2S + \gamma \cdot C_4AF + \delta \cdot C_3A \quad (3.2)$$

în care:

α, β, γ și δ sunt coeficienți de proporționalitate stabiliți statistic;

C_3S, C_2S, C_4AF, C_3A – componenți mineralogici, în %.

Pentru alegerea unei compoziții mineralogice care să corespundă condițiilor impuse îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment, în literatura de specialitate au fost tratate caracteristicile componenților mineralogici pe compuși chimici individuali (tabelul 3.5).

Din analiza modului de comportare a componenților mineralogici individuali, prezentată sintetic în tabelul 3.5, rezultă următoarele concluzii:

- C_3S (silicatul tricalcic) este cel mai important component, prezentând din toate punctele de vedere caracteristici optime pentru cimenturile rutiere. Proporția de C_3S în aceste cimenturi se consideră că trebuie să fie mai mare de 55 %, recomandabil între 60 și 70 %;

- prezența unor cantități mari de C_2S (silicat bicalcic) este contraindicată în cimenturile rutiere;
- este necesar să se limiteze strict conținutul de C_3A (aluminat tricalcic) în componența cimentului rutier, admițându-se maximum 6 % (10 % în cazul îmbrăcăminților revibrate).

Tabelul 3.5

Caracteristica	Componentul			
	C_3S	C_2S	C_4AF	C_4A
Rezistența mecanică	Foarte mare*	Inițial mică	Medie	Mică**
Contrația	Mică*	Medie	Medie	Mare**
Gelivitatea	Foarte bună*	Bună	Slabă	Foarte slabă**
Rezistența la uzură	Bună*	Scăzută**	Medie	Medie
Modulul de elasticitate	Foarte mare*	Mediu	Mare*	Mediu
Viteza de hidratare	Moderată*	Foarte lentă	Rapidă	Foarte rapidă**
Căldura de hidratare	Mare	Mică	Medie*	Foarte mare**

*Comportări favorabile cimenturilor rutiere.

** Comportări nefavorabile cimenturilor rutiere.

În aceste condiții se poate aprecia că un ciment rutier trebuie să aibă caracteristicile unui ciment feroportlanditic, care este capabil să furnizeze rezistențe corespunzătoare la compresiune, întindere din încovoiere, la uzură și gelivitate, având totodată contracții reduse.

Adivivii folosiți la prepararea betoanelor de ciment sunt substanțe care, adăugate în cantități mici în compoziție, pot influența în mod favorabil unele caracteristici ale betonului proaspăt sau întărit. Dintre aceste substanțe se menționează:

- **plastifianții** sunt substanțe care se adsorb la suprafața particulelor solide și micșorează tensiunea superficială, determinând fenomene ca: dispersarea, hidratarea cimentului și formarea structurii de rezistență.

Rolul plastifianților este de a îmbunătăți lucrabilitatea betonului proaspăt, permițând o reducere a conținutului de apă, respectiv a raportului apă/ciment, la aceeași consistență a betonului.

Cei mai frecvenți plastifianți utilizați în tehnica rutieră sunt produși pe bază de lignosulfonați. Dozajul de plastifiant este de cca 0,5 % din masa cimentului;

- **superplastifianții** sunt adaosuri tensioactive de mare eficiență, mai nou folosiți și în tehnica rutieră și care se utilizează în cantități de 1...3 % din masa cimentului, având repercusiuni imediate asupra caracteristicilor reologice, a procesului de priză și formării structurii de rezistență;

- **antrenorii de aer** sunt substanțe tensioactive care adăugate în proporții mici formează și antrenează în masa betonului un număr mare de microbule de aer cu dimensiuni cuprinse între 20 și 60 μm , distribuite uniform la distanțe de 0,1...0,2 mm.

În aceste condiții, suprafața specifică a acestor microbule de aer este foarte mare, fiind cuprinsă între 300 și 600 cm^2/cm^3 , ceea ce reprezintă 100 000...500 000 bule/ cm^3 .

Antrenorii de aer permit îmbunătățirea lucrabilității betonului proaspăt și măresc rezistența betonului la îngheț-dezghet. Prezintă dezavantajul că reduc până la 10 % rezistențele mecanice ale betonului.

Volumul de aer antrenat în beton se recomandă să fie cuprins între 3 și 5 % fără să depășească valoarea de 6 % din volumul total al betonului întărit.

- **acceleratorii de priză și de întărire** sunt substanțe care modifică viteza de hidratare și hidroliză a componentilor mineralogici ai cimentului. Un accelerator cunoscut și des utilizat este clorura de calciu $CaCl_2$ care se folosește în proporție de maximum 2...3 % din masa cimentului.

Apa necesară fabricării betoanelor de ciment rutiere trebuie să fie satisfacă în principal condițiile impuse apei potabile. Se impune ca sărurile dizolvate în apă să fie cel mult de 1 g/L din care mai puțin de 0,5 g clorură de calciu, iar conținutul de materii în suspensie trebuie să fie sub 0,5 g/L.

3.8.2. Clasificare betoanelor de ciment rutiere

În funcție de stratul din îmbrăcămintea rutieră la care se folosește, se deosebesc betoane pentru straturile de rezistență și betoane pentru stratul de uzură, ultimele prezentând caracteristici fizico-mecanice superioare.

Pentru realizarea îmbrăcăminților rutiere rigide se utilizează betoane de ciment rutiere, împărțite în **clase** pe baza criteriului rezistenței caracteristice la încovoiere R_{inc}^k .

Rezistența caracteristică la încovoiere se definește ca valoarea rezistenței sub care se pot întâlni statistic cel mult 5 % din rezultatele obținute prin încercarea la încovoiere, la vârsta de 28 zile a epruvetelor prismatice de beton având dimensiunile 150x150x600 mm, încărcate cu două forțe egale și simetrice (R_{inc150}^k).

Clasele de betoane rutiere, natura lor și valorile rezistențelor caracteristice la încovoiere sunt prezentate în tabelul 3.6.

Tabelul 3.6

Clasa de beton rutier	R_{inc150}^k [Mpa]
BcR 3,5	3,5
BcR 4,0	4,0
BcR 4,5	4,5
BcR 5,0	5,0

Rezistența caracteristică la încovoiere se poate determina și pe prisme de 100x100x550 mm, în acest caz valorile acesteia trebuind să fie cel puțin egale cu cele din tabelul 3.6.

Având în vedere criteriile de clasificare cunoscute ale betoanelor de ciment în general, betoanele destinate îmbrăcăminților rutiere trebuie să se încadreze în următoarele categorii ale acestora:

- în funcție de densitatea aparentă în stare întărită la 28 zile, betoanele rutiere fac parte din categoria betoanelor “grele”, având densitatea aparentă de 2 001...2 500 kg/m³;
- în funcție de rezistența caracteristică la încovoiere determinată pe prisme, la vârsta de 28 zile, se utilizează curent betoane rutiere având clasa BcR 4,0 și BcR 4,5;
- în funcție de rezistența la îngheț-dezgheț, betoanele rutiere trebuie să prezinte un grad de gelivitate G 100, rezistând la un număr de 100 cicluri de îngheț-dezgheț.

În funcție de clasa tehnică a drumului sau categoria străzii și clasa de trafic, normativele românești dau clasele de betoane recomandate (de exemplu: pentru drumuri publice, funcție clasa tehnică a drumului și clasa de trafic, stratul de rezistență se va executa

din beton de ciment clasa BcR 3,5 sau BcR 4,0, respectiv stratul de uzură din beton de ciment clasa BcR 4,0...5,0).

3.8.3. Producerea betoanelor de ciment

Producerea betonului de ciment presupune o serie de operații tehnologice în urma cărora agregatele naturale, cimentul și apa, în proporții bine stabilite, vor fi corect omogenizate.

3.8.3.1. Centrale pentru producerea betoanelor de ciment

Prepararea betonului pentru executarea îmbrăcămintei rutiere din beton de ciment se face în centrale pentru betoane, amplasate astfel ca transportul materialelor de la sursă până la centrală, precum și transportul betonului de la centrală la lucrare, să fie cel mai economic.

Organizarea generală a lucrărilor de preparare și transport ale betoanelor de ciment poate fi realizată în mai multe variante, dintre care se amintesc următoarele:

- prepararea betonului în centrale fixe, transportul betonului la locul de punere în operă asigurându-se cu autobasculante sau autobetoniere;
- prepararea betonului în instalații mobile la locul de punere în operă.

Cele mai întâlnite centrale de preparare a betoanelor de ciment sunt cele fixe, asupra cărora se va insista în continuare. Dacă transportul materialelor necesare se efectuează preponderent pe calea ferată, atunci organizarea de șantier în cazul acestor centrale se va face în apropierea unei stații de cale ferată ca în fig. 3.21

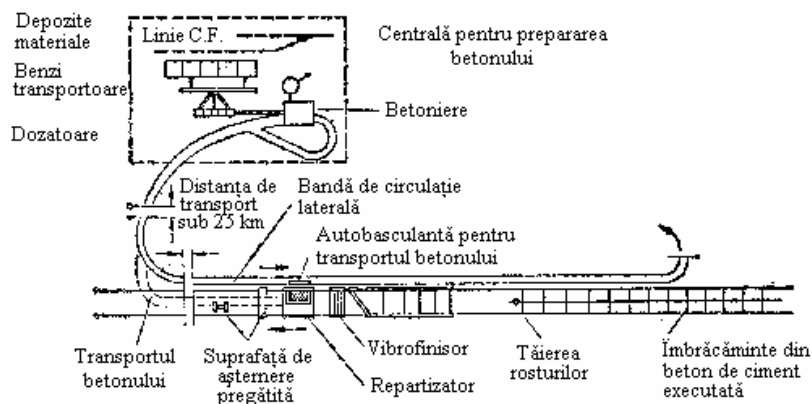


Fig.3.21. Organizarea procesului tehnologic de preparare și transport al betonului, în cazul centralelor fixe.

Centralele fixe pentru preparare betoanelor de ciment utilizate cu prioritate pe marile șantieri de drumuri (peste 95 % din situații) prezintă avantajul unui control mai bun al calității betoanelor preparate, distanța de transport a betonului fiind însă limitată.

Prin adoptarea soluției cu centrală fixă pentru prepararea betoanelor se asigură depozitarea corespunzătoare a tuturor materialelor, folosirea rațională a utilajelor sau instalațiilor de apropiere a materialelor la betoniere, utilizarea dozatoarelor automate de

materiale, folosirea unui laborator central pentru controlul calității betoanelor, amenajarea drumurilor interioare și de legătură, construcția clădirilor administrative și sociale, asigurarea unei surse economice de apă și energie etc.

Locul de amplasare a centralelor pentru prepararea betoanelor trebuie să corespundă ca spațiu, să fie cât mai aproape de sursa de apă și asigurat contra inundațiilor, iar distanța față de punctul cel mai îndepărtat de turnare să fie de maximum 10...25 km, asigurându-se o viteză medie de circulație pentru transportul betonului de 30...60 km/h.

În cazul în care distanțele de transport sunt mai mari de 15 km, se folosesc autobetoniere, prepararea betonului făcându-se în timpul transportului. Autobetonierele sunt încărcate în stație cu amestecul uscat de agregate și ciment, apa introducându-se în timpul transportului.

Pentru prepararea betoanelor de ciment se folosesc de regulă betoniere cu funcționare discontinuă și amestecare forțată.

Numărul de betoniere și capacitatea acestora se alege astfel încât să se asigure punerea în operă în mod continuu a cantităților de betoane necesare în funcție de tipul utilajului folosit la așternere, respectiv de productivitatea acestuia, care depinde de lățimea de betonare și viteza de înaintare.

În prezent, pe șantierele de autostrăzi se folosesc betoniere având capacități mari de malaxare în jur de 1 000 L, care asigură o productivitate a centralei pentru betoane de 700...3 000 m³/zi, respectiv 100...400 m³/h și chiar mai mari.

În fig. 3.22 se prezintă o centrală pentru betoane, având producția orară de 100 m³ beton proaspăt, la care se disting în prim plan dozatoarele de agregate și benzile transportoare spre betonieră. Betoniera este de tip special în contra curent cu ax orizontal. În spate se găsesc silozurile de ciment care folosesc sistemul de transport pneumatic. Întreaga stație este prevăzută cu telecomandă electro-pneumatică.



Fig. 3.22. Centrală de mare productivitate pentru prepararea betoanelor.

Referitor la depozitarea materialelor în incinta centralei se rețin următoarele:

- depozitarea agregatelor naturale se face pe platforme betonate, special amenajate, depozitele diverselor sorturi despărțindu-se între ele prin pereți, astfel încât atât amestecarea sorturilor, cât și contaminarea lor să fie împiedicate. Platformele se amplasează cât mai aproape de centrala pentru prepararea betoanelor, asigurându-se acces

direct la aceasta în cazul alimentării betonierelor cu ajutorul unor autoîncărcătoare de materiale;

- cimentul se depozitează în apropierea centralei pentru prepararea betoanelor, în magazii sau silozuri metalice verticale, etanșe, în care acesta este ferit de alterare și în primul rând de posibilitatea de umezire;

- aditivii necesari se depozitează sub formă de soluții în cisterne speciale;

- apa se va obține prin construirea unui castel de apă, la care se va asigura o diferență de nivel de peste 5 m față de nivelul apometrelor centrale sau, după posibilități, prin racordarea la rețeaua publică de apă potabilă.

Pe marile șantiere rutiere în ultima perioadă au început să se utilizeze **centrale automatizate** pentru prepararea betonului dotate cu utilaje și aparatură de comandă și control care permit automatizarea întregului proces tehnologic de preparare a betonului în condiții de calitate superioară.

În general, o centrală automatizată de mare capacitate cuprinde următoarele grupe de instalații:

- instalații de primire și depozitare a materialelor, asigurându-se capacități de stocare de 500 t pentru fiecare sort de agregate și de 50...100 t pentru ciment;

- grup de dozare a agregatelor, cimentului, apei și soluțiilor de aditivi, la care respectarea dozajelor de fabricație se asigură automat;

- instalație de malaxare cu una sau mai multe betoniere de mare capacitate;

- punct de comandă pentru servirea întregii centrale, având funcționarea automată sau semiautomată.

Aceste avantaje ale preparării betoanelor de ciment de bună calitate, prin asigurarea automatizării întregului proces tehnologic și a controlului acestuia, conduc la alegerea cu prioritate a centralelor fixe automatizate, în cadrul organizării șantierelor rutiere.

3.8.3.2. Procesul tehnologic de preparare a betoanelor de ciment

Compoziția betonului (dozajul de fabricație) se determină pe baza analizei materialelor utilizate și a încercărilor preliminare asupra unor betoane preparate în condiții bine stabilite. Aceste încercări sunt efectuate de un laborator de specialitate care determină dozajul optim al constituenților pentru obținerea calității de beton cerută de lucrarea la care urmează să se folosească.

Procesul tehnologic de preparare a betonului cuprinde o amestecare la uscat a agregatului natural și cimentului, după care se introduce în același timp apa și soluția de aditiv în toba betonierei, efectuându-se o nouă amestecare. Fiecare betonieră trebuie dotată cu rezervoare închise pentru soluția de aditivi, amplasate pe platforma betonierei și cu dozator special pentru soluție.

Dozarea agregatului natural total și a cimentului se impune a se realiza gravimetric, iar apa, cu dozatorul de apă, pe baza măsurării volumului sau a debitului.

Pentru a asigura uniformitatea granulozității agregatelor naturale, trebuie să se asigure cântărirea separată a acestora pe sorturi.

Dozarea cantității de apă necesară la amestecare este cea mai importantă operație la prepararea betonului, ea influențând hotărâtor calitatea betonului prin modificarea raportului A/C (apă/ciment) și a lucrabilității.

De asemenea, scăderea densității în grămadă a nisipului în funcție de umiditate (înfoierea nisipului) este importantă și trebuie luată în considerare la dozarea exactă și corectă a nisipului și a apei în beton.

Din această cauză, pe șantier este necesar să se cunoască permanent umiditatea agregatelor naturale, precum și lucrabilitatea betonului proaspăt obținut, atât la preparare cât și la locul de punere în operă, folosindu-se metode rapide de determinare a acestor caracteristici cu o aparatură simplă.

Durata de amestecare a componentelor betonului în betonieră se determină din momentul terminării introducerii tuturor componentelor în toba betonierei până în momentul începerii descărcării tobei și se stabilește de laboratorul de șantier prin încercări făcute la începerea lucrărilor, astfel încât să se obțină o bună omogenizare a betonului. Durata de amestecare este în funcție de lucrabilitatea prescrisă a betonului și de tipul betonierei, fiind mai mare în cazul betoanelor vârtoase sau care conțin cantități mari de părți fine (2...4 min). Durata minimă de amestecare a unei șarje într-o betonieră cu amestec forțat este de 50 s, iar în cazul celor cu cădere liberă, de 120 s.

La orice oprire a betonierelor pentru o perioadă de peste o oră, se efectuează spălarea acestora pentru evitarea întăririi betonului rămas în tobă și deteriorării paletelor.

Se menționează că din punct de vedere al preparării și punerii în operă, executarea îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment într-un singur strat poate fi mai avantajoasă decât în cazul când îmbrăcămintea se realizează în două straturi (uzură și rezistență) cu calități diferite, datorită utilizării unui singur dozaj la fabricație și folosirii unui singur utilaj la așternere.

3.8.4. Executarea îmbrăcăminților din beton de ciment

Execuția îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment se caracterizează prin volumul mare de materiale care se manipulează și se pun în operă, ceea ce impune mecanizarea proceselor tehnologice.

Funcție de gradul de mecanizare sau de automatizare atins pe șantierele rutiere, respectiv de utilajele de care se dispune, se deosebesc mai multe procedee sau fluxuri tehnologice de execuție a îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment. În toate cazurile însă, fazele de execuție principale sunt aproape aceleași:

- pregătirea stratului suport;
- transportul betonului;
- așternerea și compactarea betonului;
- executarea rosturilor;
- finisarea, protejarea și tratarea ulterioară a betonului;
- controlul calității și recepția lucrărilor.

În cadrul paragrafelor următoare se prezintă în mod special tehnologia tradițională de execuție a îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment arătată schematic în fig. 3.21.

3.8.4.1. Pregătirea stratului suport

Îmbrăcămințile rutiere din beton de ciment se realizează în general pe un strat de fundație alcătuit din balast, care uneori poate fi stabilizat cu ciment, pe o pietruire veche reprofilată etc.

Metodele de dimensionare a structurilor rutiere rigide scot în evidență faptul că grosimea fundațiilor la îmbrăcămințile rutiere realizate din beton de ciment nu intervine în

mod hotărâtor în atingerea unei capacități portante stabilite pentru complexul rutier, straturile din materiale granulare având în primul rând un rol de protecție a stratului din beton de ciment, rol anticontaminant, antigel, anticapilar și de egalizare a suprafeței suport.

Uniformitatea stratului suport din punct de vedere al capacității portante este hotărâtoare pentru buna comportare în exploatare a îmbrăcăminților din beton de ciment, verificarea acestora făcându-se prin încercări specifice pe teren.

Înainte de punerea în operă a betonului se efectuează verificarea elementelor geometrice ale fundației și calitatea materialelor granulare utilizate. Verificarea se referă la respectarea lățimii prescrise a fundației, a pantelor în profil transversal și a declivității în profil longitudinal al suprafeței, acestea din urmă trebuind să fie aceleași cu cele ale îmbrăcămintei. Se verifică, cu ajutorul aparatului de nivel, cotele fundației în axa drumului.

În cazul realizării stratului suport din materiale stabilizate cu ciment, având în vedere posibilitatea asigurării unui contact direct dintre dala de beton de ciment și suprafața stratului suport, nu este necesar să se aștearnă stratul de nisip de egalizare.

În cazul modernizării unor drumuri existente, pentru asigurarea circulației publice pe perioada execuției îmbrăcămintei din beton de ciment, ținând seama că se realizează o bandă din îmbrăcămintă pe un sens cu o lungime de 2...3 km, este necesar să se studieze în cadrul proiectului posibilitatea devierii circulației publice pe alte trasee sau să se prevadă drumuri tehnologice provizorii separate, soluție ce prezintă însă dezavantajul ocupării de terenuri. O soluție care ar putea asigura circulația în două sensuri o reprezintă balastarea întregii platforme, care însă va trebui mărită la 10,60 m în loc de 9 m cât este cea uzuală.

Alegerea soluției privind asigurarea circulației publice va trebui să rezulte dintr-un studiu tehnico-economic comparativ care să ia în considerare atât costul lucrărilor suplimentare necesare, cât și costul transporturilor publice efectuate pe alte trasee sau în condițiile restricțiilor de circulație pe șantier.

3.8.4.2. Transportul betonului

Betonul preparat în centrale fixe se transportă la locul de punere în operă, de regulă, cu autobasculante, ferite de condițiile atmosferice defavorabile (ploaie, vânt, soare), la distanța maximă de 10 km pe drumuri pe care se asigură o viteză de circulație de cel puțin 30 km/h, urmărindu-se evitarea segregării și uscării excesive a betonului. Realizarea acestor condiții impuse de prescripțiile în vigoare este de cele mai multe ori legată de multiple dificultăți organizatorice, de aceea se recomandă ca în cazurile frecvente de transport al betonului la distanțe mai mari să se folosească autoagitatoare sau autobetoniere cu dispozitive de amestecare în timpul transportului.

Având în vedere faptul că descărcarea betonului din mijloacele de transport nu se poate face în general prin spate (pentru a nu degrada stratul suport sau din cauza stratului anterior așternut), autobasculantele trebuie să aibă un sistem de descărcare laterală, fiind recomandate din acest punct de vedere autobetonierele la care descărcarea se poate asigura printr-un jgheab. Transportul betonului trebuie să se facă în toate cazurile cu autovehicule care au obloanele închise etanș. În caz că se constată segregarea betonului în timpul transportului, acesta se va reamesteca obligatoriu înainte de punerea în operă.

Timpul care se scurge de la prepararea betonului pentru straturile de rezistență și până la completa finisare a suprafeței stratului de uzură trebuie să nu depășească cu mai mult de o oră durata începutului prizei cimentului.

În unele țări se recomandă ca durata între prepararea betonului și așternere să nu depășească 45 min, în cazul folosirii autobasculantelor, sau 1 h și 30 minute, în cazul folosirii autobetonierelor pentru transportul betonului.

Numărul necesar de autobasculante pentru transportul betonului se stabilește astfel încât să se asigure punerea în operă în mod continuu a cantității de beton preparat.

3.8.4.3. Așternerea și compactarea betonului

Punerea în operă a betonului de ciment în cazul îmbrăcăminților rutiere se face folosind diferite metode și tipuri de utilaje pentru așternere, compactare și nivelare care se aleg în funcție de o serie de factori dintre care se amintesc: importanța drumului, ritmul de betonare și volumul betonului pus în operă, gradul de uniformitate dorit și spațiul lateral necesar față de lățimea de betonare (tabelul 3.7).

Tabelul 3.7

Caracteristica tehnologică	Tipul utilajului de așternere și compactare		
	Cu cofraje fixe	Cu șenile	Mașină cu cofraje glisante
Lățimea maximă de lucru, m	5	5	8...15
Sistemul de ghidare	Longrine	Cale de rulare pentru șenile	Fir lateral Laser
Spațiul lateral minim necesar, m	0,50	0,75...1,00	2,40...3,00
Viteza teoretică maximă de înaintare, m/min	0,5...0,7	1,8	2,8...3
Randamentul teoretic maxim, m/8 h	290	870	1 350
Randamentul mediu practic, m/8 h	100...150	200...250	350...450
Modul de vibrare	Grindă	Grindă	Special
Frecvența de vibrare, Hz	50	50...66	100...200
Cantitatea de beton pusă în operă, m ³ /h	10...15	20...30	80
Necesarul de mijloace de transport al betonului, autobasculante/kilometru	0,5	1	2
Muncitori necesari pentru punerea în operă a betonului, număr/oră și kilometru	72	30	18

Din punct de vedere tehnologic se deosebesc următoarele două metode de punere în operă a betonului de ciment:

- cu cofraje fixe (longrine, șine, borduri etc.);
- cu cofraje glisante (mașini speciale).

În primul caz, executarea îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment se face în sistemul clasic (tradițional), prin care betonul este așternut în cofraje laterale fixe alcătuite de obicei din longrine metalice, ce delimitează lățimea și grosimea dalei din beton, cofraje care se înlătură numai după întărirea betonului. Această metodă are dezavantajul unei productivități reduse și unui necesar mare de forță de muncă.

Mașinile cu cofraje glisante sunt utilaje de mare productivitate, introduse în ultima perioadă pe marile șantieri rutiere fiind cele mai bine adaptate tehnologiilor de realizare a îmbrăcăminților din beton de ciment. De menționat este faptul că prin folosirea acestor mașini se pot realiza numai îmbrăcămini rutiere într-un singur strat.

Mașinile cu cofraje glisante au posibilitatea de a realiza straturi de grosimi până la 30...45 cm și cu lățimi de 3,00...15,00 m. O mașină cu cofraje glisante de mică capacitate este prezentată în fig. 3.23.

Mașinile cu cofraje glisante prezintă următoarele caracteristici legate de punerea în operă a betonului din îmbrăcămințile rutiere:

- șasiul mașinii este montat pe 2 sau 4 șenile, prin 4 suspensii hidraulice;
- viteza de înaintare este de 1,5...3,0 m/min;
- vibrarea betonului se face de obicei cu o baterie de pervibratoare;
- cofrajele laterale glisante, putând avea diferite forme în profil transversal, sunt montate între șenile și au o lungime de 4 m și se deplasează o dată cu utilajul;
- betonul este mulat între stratul suport, cofrajele laterale și superioare ale mașinii;
- ghidarea mașinii se face automat, de regulă, cu ajutorul unui fir montat lateral;
- echipamentele mașinii sunt acționate hidraulic.

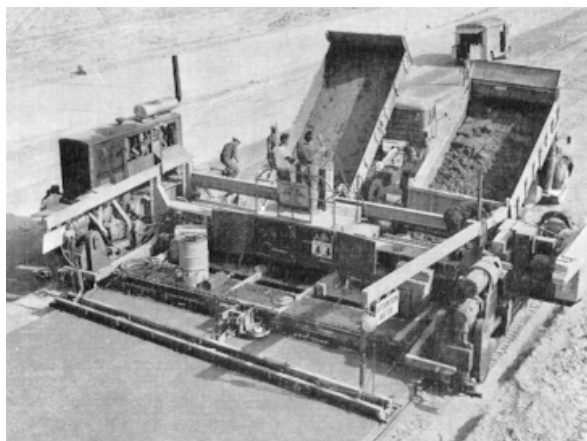


Fig. 3.23. Mașină cu cofraje glisante.

Toate mașinile cu cofraje glisante fabricate în prezent sunt automatizate și comandate electronic, având sistemul de control integrat în echipamentul de bază al mașinii. Asupra acestei tehnologii nu se va insista în continuare.

Tehnologia clasică presupune așternerea betonului manual sau cu repartizatoare mecanice, iar compactarea betoanelor se face prin vibrare folosind grinzi sau plăci vibratoare sau prin pervibratoare.

Pe șantierele mici la care se pun în operă între 30 și 50 m³ de beton pe zi, sau în cazul unor suprafețe reduse, la care folosirea utilajelor nu este justificată din punct de vedere tehnico-economic (curbe cu raze foarte mici, declivități mari peste posibilitățile de lucru ale utilajelor, platforme sau locuri de parcare cu suprafețe mici și izolate, alei etc.) așternerea se poate face manual, iar compactarea se asigură cu ajutorul unei **plăci sau grinzi vibratoare**, având 3 000 vibrații/minut și frecvență de 48 Hz. Cu acest sistem se pot realiza pe zi între 50 și 80 m de îmbrăcămințe de 3,50 m lățime și 0,16...0,20 m grosime.

Pe șantierele mijlocii (120...150 m³ de beton pe zi) așternerea betonului se face cu repartizatorul mecanic, iar compactarea și nivelarea cu ajutorul vibrofinisorului. Ambele utilaje au lățimea maximă de lucru de 5 m.

Repartizatorul este un utilaj autopropulsat cu deplasarea pe șine care preia betonul din mijloacele de transport prin intermediul unui buncăr de primire (frontal sau

lateral) și-l distribuie pe întreaga lățime de betonare la grosimea prescrisă, prin intermediul unui ax orizontal cu palete sau șnec.

Vibrofinisorul este un utilaj autopropulsat care se deplasează pe șine sau șenile cu o viteză maximă de lucru de 0,7...1,4 m/min, execută un complex de operații de nivelare, compactare și finisare a betonului și se compune din următoarele dispozitive:

- roata de nivelare, care asigură nivelarea inițială a betonului proaspăt;
- dispozitiv de vibrație care realizează compactarea betonului, putând fi cu vibrație internă (previbratoare cu 10 000 vibrații/minut, suspendate pe o platformă și amplasate la 50...75 cm distanță unele de altele în funcție de efectul de compactare obținut, folosite în cazul grosimilor mari ale stratului de beton) sau cu vibrație de suprafață (grindă sau placă vibratoare cu 2 000...4 000 vibrații/minut și frecvență de 50 Hz, folosite frecvent în cazul grosimilor mici, sub 20 cm);
- grinzi finisoare vibratoare, oscilante sau statice, care pot avea și mișcare oblică, pentru a asigura uniformitatea suprafeței în profil longitudinal.

În cazul îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment executate în două straturi sunt necesare repartizatoare și vibrofinisoare separate pentru fiecare din straturi, însă pentru stații de betoane cu capacități mici de preparare se pot folosi aceleași utilaje pentru ambele straturi. În această situație după așternerea și compactarea stratului de rezistență pe 50...60 m, grupul de utilaje revine și se așterne stratul de uzură, urmărindu-se ca betonul din stratul inferior să fie acoperit în maximum o oră de la așternere de către betonul din stratul superior, pentru a se evita pierderea apei prin evaporare sau începerea prizei înainte de compactare.

Lucrări pregătitoare

Prescripțiile tehnice de la noi din țară privind realizarea îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment prevăd ca înainte de începerea turnării betonului din stratul de rezistență, să se execute o serie de lucrări premergătoare (fig. 3.24).

Una dintre aceste lucrări este **execuția benzilor din mortar de ciment** pentru montarea longrinelor cu ajutorul cărora se asigură executarea corectă a îmbrăcămintei rutiere la cotele și cu elementele geometrice prescrise în documentația tehnică, privind grosimea și lățimea dalelor. Lățimea benzilor va fi de cel puțin 25 cm, iar mortarul se realizează cu un dozaj de 160 kg ciment/m³ nisip. După așternere, benzile din mortar se nivelează astfel încât să asigure sprijinirea longrinelor pe toată suprafața tălpii lor, pentru a evita deformarea lor sub greutatea utilajului și producerea în consecință a unor denivelări locale ale suprafeței de rulare a îmbrăcămintei.

După întărirea mortarului din benzi (cel puțin 7 zile de la turnare) **se montează longrinele** care joacă un rol de cofraj lateral pentru betonul proaspăt. Longrinele sunt de obicei metalice (profile laminate rigide cu talpă având $L = 3$ m, $h = 0,20$ m și $b = 0,25$ m), iar în cazul curbilor se pot folosi longrine din lemn sau borduri din beton. Longrinele alinate se fixează pe banda din mortar prin crampe de oțel și se îmbină între ele prin ecluse astfel încât să nu se poată deplasa sub greutatea vibrofinisorului. Peste longrine se montează șinele, care joacă rol de cale de rulare pentru utilajele de așternere și compactare a betonului.

Între longrinele montate, pe fundația în prealabil umezită, se așterne un **strat de nisip de egalizare** a suprafeței acesteia, care se cilindrează, verificându-se suprafața lui cu un șablon chertat la margini, prin alunecarea acestuia pe șinele longrinelor (fig. 3.25). Grosimea stratului de nisip va fi de 2 cm după cilindrare, admitându-se abateri de ± 5 mm.

Pentru a împiedica scurgerea pastei de ciment și unirea betonului cu stratul de fundație, suprafața stratului de nisip se acoperă cu hârtie Kraft, hârtie de ambalaj, sau cu folii de polietilenă, într-un singur strat, petrecerile fâșiilor fiind de 10 cm în sens longitudinal și de 20 cm la capete în sens transversal.

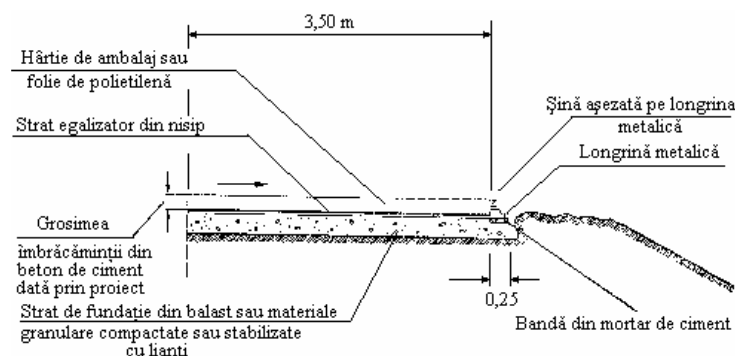


Fig. 3.24. Lucrările pregătitoare pentru punerea în operă a betonului rutier.

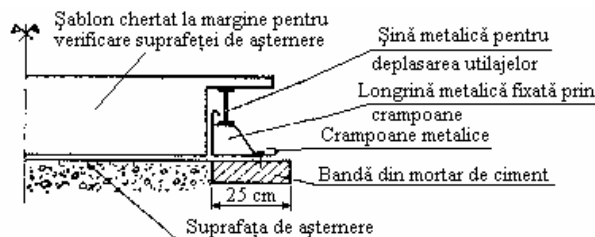


Fig. 3.25. Detaliu privind montarea longrinelor.

Fețele verticale interioare ale longrinelor se ung cu ulei pentru a împiedica aderența betonului turnat la acestea.

Punerea în operă a betonului

După executarea lucrărilor pregătitoare descrise mai înainte, betonul pentru stratul de rezistență se descarcă între longrine peste folia de polietilenă sau hârtia așternută în prealabil. Betonul se basculează în 2-3 locuri, în funcție de capacitatea mijlocului de transport.

Grămezile de beton se aștern între longrine cu ajutorul paletelor de la ruloul repartizatorului mecanic, urmărindu-se repartizarea uniformă a betonului, astfel ca după vibrare să se ajungă la cota prescrisă a îmbrăcăminții. Grosimea stratului înainte de compactare prin vibrare se va determina prin încercări, aceasta fiind cu circa 25 % mai mare decât grosimea stratului compactat. Compactarea betonului se realizează prin vibreare, cu cel puțin două treceri ale vibrofinisorului.

Între cele două vibrări, se efectuează controlul calității stratului de beton, efectuându-se corecturile sau remediile necesare.

Pe suprafața stratului de rezistență se așază ancorele din oțel-beton cu care se armează rostul longitudinal de contact, înfigându-se ciocurile lor în betonul proaspăt. Jumătatea ancorei care va fi introdusă în betonul turnat în cea de a doua bandă de circulație, vecină celei executate anterior, va fi lipită de longrină, pentru ca după demontarea longrinei, să se poată dezdoi și întinde ancora, fără inflexiuni, peste stratul de rezistență al celei de a doua benzi de circulație. Distanța dintre ancore în lungul drumului este de 1 m.

Stratul de uzură al îmbrăcămintei rutiere se așterne peste cel de rezistență, imediat după executarea acestuia, adică peste betonul proaspăt vibrat se descarcă și se împrăștie betonul stratului de uzură, în același fel ca la stratul de rezistență. Pentru așternerea și compactarea lui se utilizează un repartizator și un vibrofinisor, altele decât cele utilizate la stratul de rezistență.

Longrinele dinspre acostament se pot demonta după 24 h de la execuția îmbrăcămintei, iar cele dinspre axă după 48 h.

Îmbrăcămințile din beton de ciment se execută la temperatura efectivă de lucru de cel puțin + 5 °C. Sub această temperatură, dar numai până la - 5 °C, în mod excepțional, pentru cantități reduse se pot executa lucrări numai dacă se asigură măsuri speciale în ceea ce privește prepararea și protejarea betonului contra înghețului, pe întreaga durată a prizei și întăririi lui, până se atinge o rezistență de minimum 50 % din marcă.

3.8.4.4. Finisarea, tratarea și protejarea ulterioară a suprafeței

După așternerea și compactarea betonului de ciment din îmbrăcămințile rutiere, se execută un complex de operații tehnologice prin care se urmărește asigurarea planeității și rugozității suprafeței de rulare, precum și protecția suprafeței stratului de uzură.

Finisarea suprafeței de rulare

Pentru obținerea unei planeități corespunzătoare a suprafeței de rulare, prescripțiile tehnice de la noi din țară recomandă ca denivelările longitudinale constatate la suprafața stratului de uzură să se elimine cu ajutorul unui rulou metalic, având o lungime de 4 m, diametrul de 20...25 cm și o masă de 200 kg, acesta rostogolindu-se pe suprafața betonului proaspăt în sens perpendicular pe axa drumului, fără a lovi longrinele. Operația de finisare se consideră terminată atunci când ruloul este în contact direct cu suprafața betonului pe toată lungimea lui, în deplasarea acestuia pe întreaga lățime a benzii din beton executate.

După executarea acestei operații, suprafața betonului se finisează cu drișca metalică și mistria, acordându-se o atenție deosebită finisării stratului de uzură la marginile benzii din beton și pe lungimea rosturilor.

În țările cu tehnologie avansată, pentru asigurarea planeității suprafeței de rulare, în special în lungul drumului, finisarea se realizează cu ajutorul unor utilaje având o grindă finisoare. Grinda de finisare este susținută de un cadru cu roți și este dispusă în plan având o oblicitate de 30 ° față de axa benzii. Grinda finisoare execută operația de nivelare pe întreaga lățime a benzii de beton turnat, utilajul acționând de obicei în urma vibrofinisorului la o distanță de peste 6 m de acesta.

Asigurarea rugozității

În urma acțiunii utilajelor de așternere, compactare și nivelare-finisare, suprafața betonului din stratul de uzură trebuie tratată astfel încât să se obțină o îmbrăcămintă având suprafața rugoasă, cu caracteristici antiderapante.

Procedeele care se folosesc pentru îmbunătățirea rugozității cele mai întâlnite sunt următoarele:

- **măturarea suprafeței**, care permite îndepărtarea mortarului în exces de la suprafața betonului, rezultat din vibrare, obținându-se o macrostructură corespunzătoare a suprafeței betonului. Se recomandă, în acest caz, perierea suprafeței betonului proaspăt cu ajutorul unor perii piassava, în direcție perpendiculară pe axa drumului;

- **strierea suprafeței**, care este un procedeu mai eficient și mai durabil în timp, putându-se realiza transversal sau longitudinal pe suprafața îmbrăcămintei din beton de ciment (betonul aflându-se în curs de întărire). **Strierea transversală** se poate executa cu ajutorul unei mașini de tăiat rosturi la care se atașează un dispozitiv special sau cu ajutorul unor utilaje speciale (se executa concomitent 20...22 de strieri, pe o lățime de 30...60 cm, striurile realizate având 2,5...3,0 mm adâncime și 5,0...7,5 mm lățime). **Strierea longitudinală** se execută, de asemenea, prin tăierea betonului cu utilaje speciale având cuțite din diamant sau oțel dur, cu ajutorul cărora se realizează striuri paralele cu axa drumului, de 2...3 mm lățime și 4...5 mm adâncime, cele mai eficiente fiind cele care au distanța între ele redusă, de 25 mm;

- **clutajul**, care este un procedeu ce constă în înfigerea în stratul de uzură al betonului proaspăt, prin vibrare, a unor agregate naturale din roci dure eruptive. Se obține astfel o macrotextură a suprafeței, care conferă îmbrăcămintei calități drenante și antiderapante superioare, la toate vitezele de circulație și care se mențin în timp;

- **dezvelirea** parțială a agregatelor naturale din stratul de uzură în scopul obținerii unei macrorugozități constă în stropirea cu apă a betonului proaspăt înainte de începutul întăririi, măturarea sau extragerea mortarului de la suprafața betonului fără a scoate agregatele. Această operație se efectuează cu ajutorul unui utilaj special.

Protejarea suprafeței betonului

Necesitatea de a asigura o protecție corespunzătoare a suprafeței betonului proaspăt este legată de influența factorilor climaterici și a condițiilor meteorologice asupra caracteristicilor betonului (acțiunea directă a soarelui și a temperaturii ridicate, umiditatea scăzută a aerului, vânt, ploaie etc.), urmărindu-se în special diminuarea pierderilor de apă prin evaporare.

Sunt cunoscute mai multe procedee de protejare a betonului proaspăt care se realizează în diferite faze de execuție a îmbrăcămintei rutiere, dintre care se menționează:

- **acoperișurile** de lucru sau de protecție se realizează din materiale de culoare deschisă (prelate sau folie din polietilenă opacă) care se fixează pe cadre de susținere metalice sau din lemn și care se deplasează (glisează) cu ajutorul unor roți pe longrine;

- **peliculele de protecție**, soluție frecvent utilizată în toate țările, se aplică după 3...5 ore de la așternere, când suprafața betonului s-a zvântat și și-a pierdut luciul, având un rol important în menținerea umidității betonului în timpul prizei și întăririi.

Prescripțiile tehnice de la noi din țară prevăd posibilitatea aplicării unuia din următoarele materiale de protecție:

- folie de polietilenă, timp de 10 zile;
- peliculă de emulsie de parafină (300 g/m^2);
- peliculă de bitum tăiat ($0,5 \text{ kg/m}^2$);
- peliculă de emulsie bituminoasă cationică.

Aplicarea peliculei de protecție se face prin stropire, folosind un pulverizator manual sau dispozitive automatizate adaptate utilajelor de striere a suprafeței betonului sau mașinilor cu cofraje glisante;

- **aplicarea de materiale umede** se caracterizează prin menținerea în stare umedă prin stropire cu apă timp de mai multe zile a unui strat din materiale granulare (nisip). Această soluție este costisitoare, necesită multă manoperă, și transporturi suplimentare.

Prescripțiile tehnice de la noi din țară prevăd ca peste peliculele de protecție cu bitum sau emulsie bituminoasă, având în vedere culoarea neagră a acestora să se aplice un strat de nisip în grosime de 1,5 cm sau, în lipsa acestei pelicule, să se acopere suprafața betonului cu un strat de nisip în grosime de 3 cm, care se menține umed timp de 10 zile.

3.8.4.5. Executarea rosturilor

Îmbrăcămințile din beton de ciment se realizează, de obicei, din dale dreptunghiulare, separate între ele prin rosturi, care se amenajează la execuția lucrărilor.

Scopul principal al acestor rosturi este de a evita apariția necontrolată a fisurilor și crăpăturilor în îmbrăcăminte, în special datorită contracției din timpul întăririi betonului precum și datorită diferitelor solicitări la care sunt supuse îmbrăcămințile rutiere în timpul exploatării (acțiunea traficului, variațiile de temperatură zilnice sau sezoniere etc.).

Principalele tipuri de rosturi întâlnite la îmbrăcămințile din beton de ciment sunt: rosturile de contracție, rosturile de contact și rosturile de dilatație (fig. 3.11).

Rosturi de contact

Rosturile de contact pot fi longitudinale (de construcție) când rezultă din necesitatea realizării îmbrăcămintei în benzi de lățime limitată, în funcție de tipul utilajului folosit la așternerea și compactarea betonului, sau pot fi transversale (de lucru) în cazul când se întrerupe turnarea betonului. Rosturile de contact (atât cele de construcție cât și cele de lucru) se execută pe întreaga grosime a îmbrăcămintei din beton.

Pe suprafața verticală a rostului se aplică o peliculă de bitum tăiat sau emulsie bituminoasă, peste care se va lipi o fâșie de carton bitumat sau folie de polietilenă.

Rosturile longitudinale de contact se prevăd, în general, amenajate cu ancore din oțel-beton cu diametrul de 10...15 mm, cu lungimi de 0,60...1,00 m, încastrate în ambele dale la distanțe de 1,00...1,50 m pentru a preveni deplasarea laterală a acestora.

Prescripțiile tehnice din țara noastră prevăd ca ancorele să fie confecționate din OB 37, ϕ 10 mm cu ciocuri și lungimea de 1,00 m, iar distanța între ancore în lungul rostului se prevede de 1,00 m (fig. 3.26).

Ancorele se îndoaie la jumătatea lungimii în unghi de 90 °, iar o jumătate din ancoră se va proteja, înfășurându-se în 2...3 straturi de hârtie sau folie de polietilenă, pentru a nu adera la beton și pentru a se putea dezlipi ușor de marginea primei benzi turnate.

Jumătatea neprotejată a ancorei se înfige în beton, perpendicular pe rostul longitudinal, iar jumătatea protejată a ancorei se lipește de longrină, pentru ca după demontarea longrinei să se poată dezdoi și întinde peste stratul de rezistență al celei de a doua benzi.

Rosturi de dilatație

În tehnica rutieră mondială nu s-a ajuns încă la o concepție unitară în ceea ce privește rosturile de dilatație la îmbrăcămințile din beton de ciment, în unele țări distanța între aceste rosturi fiind de 70...100 m, în funcție de grosimea dalelor, iar în alte țări se prevăd distanțe mai mari, de peste 100 m, sau chiar renunțarea la aceste rosturi.

Obligativitatea realizării rosturilor de dilatație apare ca necesară în dreptul lucrărilor fixe, la capetele tablierelor sau plăcilor de racordare ale viaductelor, pasajelor și podurilor, unde pot apărea împingeri periculoase din dilatarea betonului.

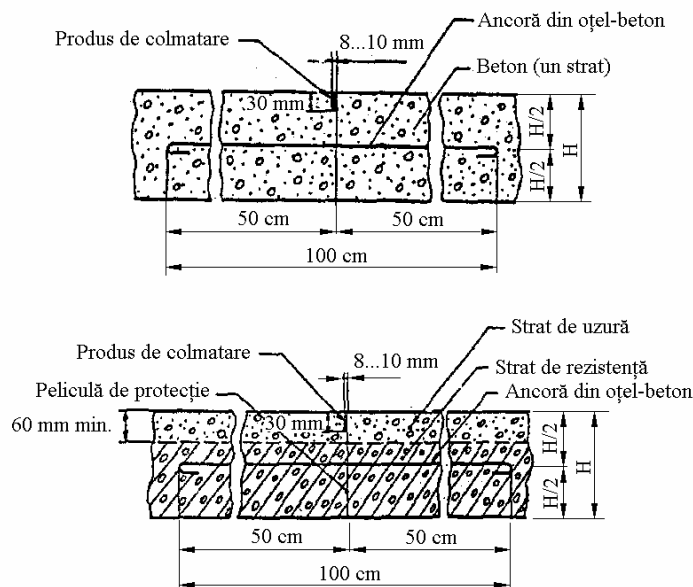


Fig. 3.26. Amenajarea rosturilor de contact longitudinale.

Prescripțiile tehnice de la noi din țară prevăd necesitatea executării rosturilor de dilatație transversale la distanțe de 100 m și longitudinale, în cazul piețelor, intersecțiilor, platformelor care au lățimi mari, de peste 100 m. În acest ultim caz rostul de dilatație se execută la mijlocul lățimii, în locul unui rost de contracție.

Rosturile de dilatație se execută pe toată lățimea căii și pe întreaga grosime a îmbrăcăminte, lățimea rostului și materialele folosite trebuind să permită dilatarea betonului din dale în lungul drumului.

Lățimea rostului de dilatație este prevăzută în diferite țări de 18...20 mm sau chiar mai mare.

Rosturile de dilatație amenajate cu sau fără gujoane se pot executa în două feluri:

- prin introducerea pe grosimea stratului de rezistență a unei scânduri din lemn de esență moale sau a unui înlocuitor (PFL sau PAL), care rămâne în lucrare, având rolul de a prelua eforturile din dilatația termică a betonului (fig. 3.27, a). Înainte de introducerea în operă a scândurii, aceasta se păstrează în apă timp de 10...24 h.

Amenajarea rostului în stratul de uzură pe grosimea acestuia se poate realiza prin introducerea în prealabil în rost a unei garnituri metalice de 18...20 mm grosime care se extrage după așternerea, compactarea și priza betonului sau prin executarea rostului în stratul de uzură prin tăierea ulterioară a betonului întărit din stratul de uzură pe o lățime cu 2 mm mai mare decât grosimea scândurii. Golul realizat în stratul de uzură se colmatează cu mastic bituminos, având o compoziție adecvată, sau cu alte materiale de colmatare elastice (neopren, tuburi flexibile din cauciuc etc.);

- prin folosirea unui rost lateral prefabricat care se așază înainte de betonare pe locul respectiv, eliminând operația de colmatare ulterioară a rostului. Se folosește o scândură având la partea superioară o rețea de sârmă arsă, fixată cu ajutorul unor cuie, care constituie armătura de susținere a masticului bituminos (fig. 3.27, b).

În cazul frecvent al executării îmbrăcăminții într-un singur strat, rostul se execută similar (fig. 3.28), tăierea părții superioare a rostului realizându-se cu o lățime de 20...25 mm, pe o adâncime de 30 mm.

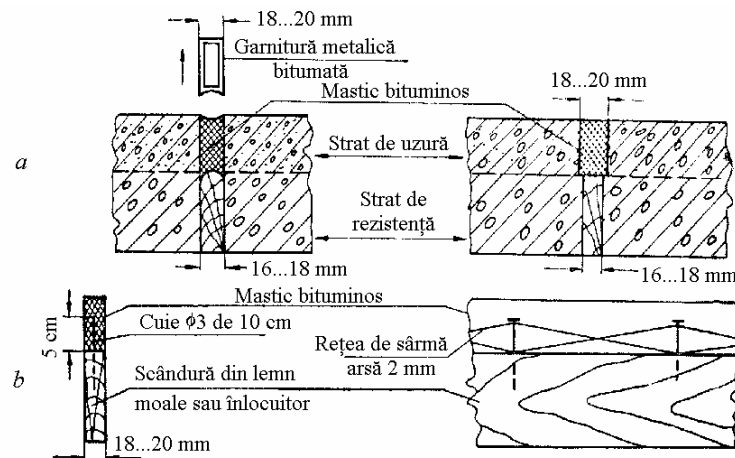


Fig. 3.27. Amenajarea rosturilor de dilatație la îmbrăcăminți în două straturi:
a – cu scândură; b – prefabricat.

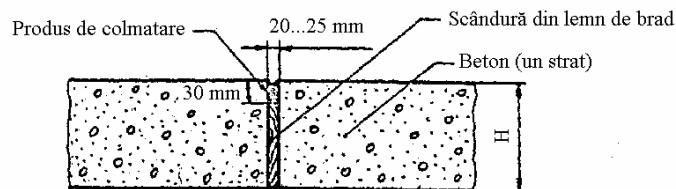


Fig. 3.28. Rost de dilatație la îmbrăcăminți într-un strat.

Rosturi de contracție

Rosturile de contracție sunt cele mai importante dintre toate rosturile îmbrăcăminților din beton de ciment, având în vedere că ele sunt numeroase și nu pot fi evitate în cazul betonului nearmat.

Distanța dintre rosturile de contracție transversale prevăzută în majoritatea țărilor este de 4...6 m, în general mai mică de 25 h (h - grosimea dalei), întreruperea dalei fiind realizată pe 1/3...1/4 din grosimea totală a dalei sau, în cazul execuției într-un singur strat, pe 1/4...1/5 din grosimea dalei. Unele prescripții tehnice străine admit chiar 1/5 din grosimea dalei, dar minimum 5 cm.

În ceea ce privește rosturile de contracție longitudinale, prescripțiile tehnice de la noi din țară prevăd ca ele să se execute în cazul când banda de beton se toarnă cu o lățime mai mare de 5,0 m, realizându-se pe axa acesteia.

Rosturilor de contracție se execută în principal **prin tăiere**, cu ajutorul unei mașini pentru tăiat rosturi. Tăierea rosturilor este prevăzută a se face la un interval de 6 până la 72 h de la punerea în operă a betonului.

Prescripțiile tehnice de la noi din țară prevăd tăierea rosturilor de contracție în betonul întărit al stratului de uzură, la un interval de 8...24 h de la punerea în operă, lățimea fiind de 8...10 mm (fig. 3.29).

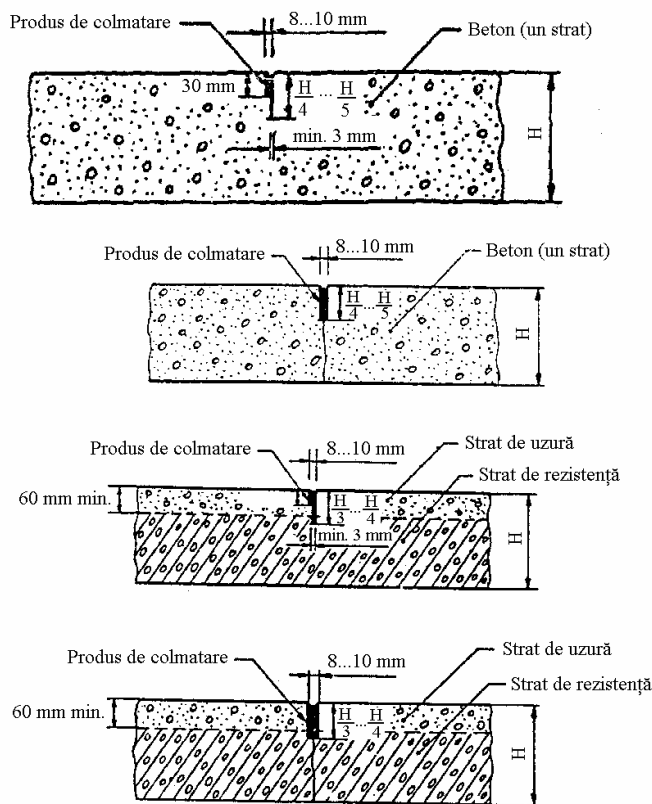


Fig. 3.29. Rosturi de contracție.

Mașinile speciale folosite pentru tăierea rosturilor sunt prevăzute cu discuri având coroana din diamant, corindon sau alte abrazive (carbură de siliciu).

Colmatarea rosturilor de contracție în cazul executării lor prin tăiere se realizează prin umplerea lor până la suprafața îmbrăcăminte cu materiale elastice și adezive la suprafața betonului, care să permită dilatarea și contracția betonului și să asigure impermeabilitatea rostului.

La noi în țară se utilizează un mastic bituminos având următoarea compoziție:

- bitum D 81/120 40 %;
- deșeuri de cauciuc 8 %;
- fibre textile 4 %;
- praf de azbest 48 %.

Prepararea masticului se face în instalații mobile, încălzindu-se mai întâi bitumul la 180...200 °C, după care se introduc treptat celelalte componente ale masticului, operația durând 3...4 h.

3.8.4.6. Condiții de calitate

Condițiile prevăzute de prescripțiile tehnice de la noi din țară privind **elementele geometrice** ale îmbrăcăminților din beton de ciment sunt următoarele:

- grosimea îmbrăcămintei rezultă din calcule de dimensionare și trebuie să fie de minimum 18 cm. Grosimea stratului de uzură trebuie să fie de 6 cm;
- lățimea de turnare a dalei de beton poate fi de 2,50...8,50 m. Abaterea limită este de ± 15 mm;

- profilul transversal se realizează sub formă de acoperiș cu două pante ale căror valori trebuie să fie de 2 % pentru drumuri în aliniament și în curbe fără supraînălțări, străzi, bretele și căi de rulare ale aerodromurilor și de 1...1,5 % pentru piste de aerodromuri. Profilul transversal al unei căi unidirecționale la autostrăzi trebuie să aibă o pantă unică de 2 %. Abaterea limită la pantă este de $\pm 0,4$ %. Pentru drumuri cu curbe supraînălțate și pentru platforme de parcare, panta transversală este cea dată în proiect. Abaterea limită este de ± 4 mm/m cu condiția asigurării pantei de scurgere a apelor;

- în profilul longitudinal al drumului proiectat, abaterea limită locală la cotele îmbrăcămintei din beton de ciment, în axă, sunt ± 10 mm la autostrăzi, piste de aerodromuri, drumuri și străzi de clasa tehnică sau categoria I și II și $\pm 20...30$ mm pentru alte clase tehnice sau categorii de drumuri și străzi.

Condițiile de calitate privind **regularitatea suprafeței** de rulare sunt următoarele:

- denivelările locale admisibile în profil longitudinal, măsurate sub o lată de 3 m lungime, pe fiecare bandă de beton sunt de 4 mm pentru viteze de proiectare mai mari de 100 km/h, 5 mm pentru viteze de proiectare de 50...100 km/h și 6 mm pentru viteze de proiectare mai mici de 50 km/h;

- abaterile maxime admisibile la cotele îmbrăcămintei în axa benzii față de cotele din proiect sunt de $\pm 10...30$ mm, în funcție de categoria drumului sau străzii;

- denivelările locale admisibile în sens transversal, măsurate sub lata de 3 m lungime, sunt de ± 4 mm;

- denivelările locale admisibile între două benzi de beton adiacente, la rostul longitudinal de contact, sunt de 2 mm;

- denivelările locale la rosturile transversale nu se admit la autostrăzi, piste de aerodromuri, cu viteza de proiectare mai mare de 100 km/h, iar pentru alte drumuri și străzi se admit denivelări de 2 mm.

Pe toată perioada de execuție a îmbrăcăminților din beton de ciment se va face verificarea calității materialelor folosite la prepararea betonului, a betonului pus în operă și a caracteristicilor îmbrăcămintei executate (grosime, legătură între straturi, regularitatea suprafeței etc.).