

ÎMBRĂCĂMINȚI RUTIERE BITUMINOASE

CUPRINS

1. Generalități. Definiții. Clasificare	3
2. Mixturi asfaltice	5
2.1. Generalități. Tipuri de mixturi asfaltice	5
2.2. Elaborarea dozajelor pentru mixturi asfaltice	8
2.3. Încercările mixturilor asfaltice	21
2.4. Producerea, transportul și punerea în operă a mixturilor asfaltice	35
3. Tratamente bituminoase	53
3.1. Generalități	53
3.2. Executarea tratamentelor bituminoase	59
4. Șlamul bituminos	64
5. Straturi bituminoase foarte subțiri	67
6. Îmbrăcăminți bituminoase provizorii	70
6.1. Macadamuri protejate	71
6.2. Pietruiri impregnate cu emulsii bituminoase	72
6.3. Pietruiri etanșate prin clutaj	73
7. Îmbrăcăminți bituminoase ușoare (semipermanente)	73
7.1. Generalități	73
7.2. Macadamuri bituminoase	75
7.3. Anrobate bituminoase	84
7.4. Mortare asfaltice	87
7.5. Întreținerea ulterioară, repararea și ranforsarea îmbrăcăminților bituminoase ușoare	88
8. Îmbrăcăminți bituminoase grele (permanente)	88
8.1. Generalități	88
8.2. Tipuri de mixturi asfaltice pentru îmbrăcăminți bituminoase grele	93
8.3. Caracteristicile fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice folosite la execuția îmbrăcăminților bituminoase grele	102
8.4. Prescripții generale de execuție pentru îmbrăcămințile bituminoase grele	105
9. Îmbrăcăminți bituminoase speciale	106
9.1. Generalități. Clasificare	106
9.2. Îmbrăcăminți bituminoase speciale colorate	107
9.3. Îmbrăcăminți bituminoase speciale cu caracteristici superioare	108
9.4. Îmbrăcăminți bituminoase pentru calea pe poduri	112

10. Mixturi asfaltice stocabile utilizate la rece pentru repararea îmbrăcăminților bituminoase	114
10.1. Generalități	114
10.2. Mixturi asfaltice stocabile cu emulsie bituminoasă cationică	115
10.3. Mixturi asfaltice stocabile cu emulsie bituminoasă anionică	116
11. Tehnologii moderne pentru regenerarea și reutilizarea îmbrăcăminților bituminoase vechi	117
11.1. Regenerarea îmbrăcămintei vechi fără a modifica dozajul mixturii asfaltice existente	118
11.2. Regenerarea îmbrăcămintei vechi cu mixtură asfaltică recuperată și corectată	119

1. Generalități. Definiții. Clasificare

Structurile rutiere trebuie astfel proiectate și realizate încât să reziste în bune condiții, pe întreaga durată de exploatare, solicitărilor din trafic și acțiunilor factorilor hidrologici și climaterici. Stratul rutier cel mai important care preia direct solicitările traficului și asupra căruia acționează factorii exteriori (hidrologici și climaterici) este îmbrăcămintea structurii rutiere. În consecință, aceasta trebuie realizată din materialele cele mai rezistente, aplicând tehnologii care să permită obținerea unor caracteristici fizico-mecanice superioare în vederea asigurării unei mari durabilități. Dintre îmbrăcămintile rutiere moderne, cele bituminoase sunt cele mai răspândite datorită avantajelor pe care le prezintă din punct de vedere al posibilităților de execuție, confortului oferit utilizatorilor, condițiilor de întreținere și exploatare, costului etc.

Îmbrăcămintile rutiere bituminoase sunt îmbrăcămintile în compoziția cărora intră bitumul.

Unul dintre avantajele importante ale acestora este acela al posibilităților de execuție etapizată a structurilor rutiere cu astfel de îmbrăcăminți, pe măsura necesității de mărire a capacității portante ca urmare a creșterii solicitărilor din trafic. Principiul **consolidărilor succesive prin ameliorări progresive** se poate aplica în acest caz fără nici o dificultate. Astfel, într-o primă etapă, când traficul este mai redus, se proiectează și se execută o îmbrăcămintă bituminoasă provizorie, iar apoi, pe măsura creșterii traficului, structura rutieră se ranforsează prin execuția de noi straturi bituminoase.

În funcție de caracteristicile materialelor din care sunt realizate și de durata de exploatare a acestora, îmbrăcămintile rutiere bituminoase pot fi grupate astfel:

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

Îmbrăcămintile bituminoase provizorii se realizează din macadam protejat cu tratamente bituminoase, în scopul evitării formării prafului și noroiului, etanșării structurii rutiere și conservării pietruirii existente. Ele se proiectează și se execută pe drumuri cu trafic redus, luându-se în considerare o durată de exploatare de câțiva ani (sub 7 ani). De menționat că acestea necesită o întreținere permanentă ce se realizează, de regulă, prin plombări și tratamente bituminoase de etanșare.

Îmbrăcămintile bituminoase ușoare, denumite impropriu “semipermanente” se proiectează, de regulă, pentru o durată de exploatare de 8...12 ani, pentru drumuri cu trafic redus și mijlociu, valorificând, în funcție de tehnologiile de execuție, materialele locale existente. În această categorie pot fi incluse macadamurile bituminoase și îmbrăcămintile rutiere realizate din anrobate bituminoase etanșate, mortare asfaltice și betoane asfaltice cu nisip bituminos.

Îmbrăcămintile bituminoase grele, denumite impropriu “permanente” se proiectează pentru drumuri cu trafic intens și greu, pentru o durată de exploatare de peste 12 ani. Din această grupă fac parte toate îmbrăcămintile rutiere bituminoase ce se realizează din betoane asfaltice sau asfalt turnat dur, în grosime minimă de 6 cm, așternute de regulă pe un strat de bază din anrobate bituminoase. Față de îmbrăcămintile bituminoase provizorii și ușoare, acestea trebuie să îndeplinească, pe lângă condițiile de rezistență, și exigențe superioare din punct de vedere al calității suprafeței de rulare (planeitate, rugozitate) care să asigure participanților la circulație condiții de confort și siguranță sporite.

Îmbrăcămințile bituminoase speciale sunt îmbrăcăminți realizate prin tehnologii specifice, cu utilizarea unor materiale cu calități deosebite și se aplică în condiții particulare, în scopuri bine determinate. În consecință, costul acestora este mai ridicat, comparativ cu celelalte tipuri de îmbrăcăminți rutiere bituminoase.

Din categoria îmbrăcăminților bituminoase speciale fac parte:

- îmbrăcămințile bituminoase colorate;
- îmbrăcămințile bituminoase cu performanțe mecanice superioare, executate din betoane asfaltice în compoziția cărora se utilizează ca liant bitum modificat, bitum cu adaos de cauciuc, rășini termoplastice, bitum aditivat etc.;
- îmbrăcămințile bituminoase etanșe pentru calea pe poduri (asfalt turnat, asfalt turnat dur, mortar asfaltic turnat, beton asfaltic cilindrat pentru calea pe poduri);
- îmbrăcămințile bituminoase din mixturi asfaltice prefabricate.

Se vor defini în continuare, câteva noțiuni mai frecvent întâlnite în proiectarea, execuția, întreținerea și exploatarea îmbrăcăminților bituminoase.

Durata de exploatare a îmbrăcăminții este apreciată prin numărul de treceri ale sarcinii de calcul pe care îmbrăcămintea structurii rutiere îl poate suporta în condițiile de exploatare reale (climaterice, hidrologice), fără a se impune refacerea acesteia.

Stratul de uzură este stratul superior al structurii rutiere (al îmbrăcăminții), pe care se circulă și care preia și transmite straturilor inferioare acțiunile generate de vehicule și, parțial, acțiunea unor agenți atmosferici.

Stratul de legătură este situat la partea inferioară a unei îmbrăcăminți bituminoase, realizând legătura cu stratul de bază sau de fundație al structurii rutiere. Pentru realizarea acestuia se utilizează de regulă betoane asfaltice deschise, el proiectându-se în cazuri justificate din punct de vedere tehnic și economic. Prevederea acestuia nu este obligatorie în alcătuirea îmbrăcăminții bituminoase.

Stratul de bază este situat între îmbrăcămintea și fundație, având rolul de a prelua o parte din solicitările generate de circulația vehiculelor, în special eforturile tangențiale și de întindere. Prin intermediul acestuia se repartizează fundației structurii rutiere eforturile verticale în limita capacității de rezistență a acesteia. Se execută, de regulă, din anrobate bituminoase, dar se poate realiza și din alte materiale (macadam simplu sau bituminos, piatră spartă, pietruiri existente, îmbrăcăminți bituminoase uzate reciclate etc.).

Amorsarea este operația de realizare a unei pelicule continue de liant bituminos pe suprafața unui strat în vederea obținerii unei bune aderențe a stratului bituminos superior. Amorsarea se execută de obicei cu bitum tăiat, emulsie bituminoasă cu rupere rapidă sau suspensie de bitum filerizat, pe suprafețe bine curățate în prealabil, folosindu-se 0,2...0,5 kg/m² bitum rezidual, în funcție de natura și calitatea stratului suport (o cantitate mai mare poate favoriza fenomenul de exsudare).

Asfaltarea, în înțelesul larg al cuvântului, reprezintă operația de aplicare, de regulă pe o pietruire existentă, a unei îmbrăcăminți bituminoase.

Asfaltizarea este procesul de anrobare și închidere a unei îmbrăcăminți bituminoase, sub efectul căldurii și circulației autovehiculelor.

Bitumarea agregatelor este operația prin care granulele unui agregat natural (nisip, criblură, pietriș, split) se acoperă cu o peliculă foarte subțire de bitum.

Badijonarea este operația de stropire cu lianți hidrocarbonați a unei suprafețe (poroase, deschise), urmată de acoperire cu agregate naturale mărunte în vederea închiderii porilor și, în consecință, a etanșării acesteia. Ca liant se utilizează bitum tăiat sau emulsie bituminoasă cationică, care se stropește pe suprafața perfect curățată în prealabil, asigurându-se o cantitate de 0,5...0,6 kg/m² bitum rezidual. Acoperirea se face cu nisip

natural sau de concasaj, în cantitate de $4...6 \text{ kg/m}^2$, recomandându-se o ușoară cilindrare pentru fixarea agregatului natural.

Etanșarea este operația de protejare a îmbrăcăminților rutiere împotriva pătrunderii apei în interiorul lor, efectuată prin: badijonare, tratamente bituminoase, aplicarea de învelișuri subțiri (șlam bituminos) sau covoare asfaltice, colmatarea fisurilor și crăpăturilor etc.

Înnobilarea agregatelor constă în tratarea agregatelor naturale (de regulă de natură acidă) cu lapte de var sau alți aditivi pentru a mări adezivitatea bitumului la suprafața acestora.

Penetrarea este operația prin care se realizează pătrunderea unui liant bituminos (bitum lichid sau emulsie bituminoasă) într-un strat din material pietros.

Aditivarea bitumului este operația prin care unui bitum i se adugă un produs (de regulă chimic), în scopul îmbunătățirii caracteristicilor acestuia.

Modificarea bitumului este operația prin care unui bitum i se adugă un produs care îi modifică fundamental caracteristicile, rezultând, practic un nou liant.

Reabilitarea drumurilor este complexul de lucrări prin care unui drum i se asigură parametrii funcționali corespunzători traficului actual și de perspectivă.

2. Mixturi asfaltice

2.1. Generalități. Tipuri de mixturi asfaltice

Mixturile asfaltice sunt materiale de construcții realizate din amestecuri obținute pe baza unor dozaje judicios stabilite, din agregate naturale sau artificiale și filer, aglomerate cu bitum printr-o tehnologie adecvată. Acestea au multiple întrebuințări, fiind folosite mai ales pentru realizarea îmbrăcăminților rutiere bituminoase și a straturilor de bază.

Agregatele cele mai utilizate pentru prepararea mixturilor asfaltice sunt:

- criblurile de toate sorturile;
- nisipurile naturale și de concasaj;
- balasturile și pietrișurile concasate și neconcasate;
- agregatele artificiale ca zgura de furnal înalt sortată, granutul, zgura de haldă concasată etc.

În anumite condiții pot fi utilizate pentru prepararea mixturilor asfaltice, deșeuri de carieră, subproduse industriale etc.

Alegerea agregatelor naturale trebuie făcută cu discernământ, știut fiind că, în anumite condiții, la prepararea mixturilor asfaltice poate fi folosită o gamă largă de materiale locale, prelucrate și tratate corespunzător, ceea ce conduce la obținerea unor mixturi asfaltice cu caracteristici tehnice satisfăcătoare, eficiente din punct de vedere al costului.

Condițiile pe care trebuie să le îndeplinească agregatele naturale pentru a putea fi folosite la prepararea mixturilor asfaltice sunt bine definite și se referă la mărimea și forma granulelor, natura rocii de bază, granulozitate etc. Ele trebuie să fie mai ales curate, să prezinte o bună adezivitate față de bitumul utilizat, să aibă rezistențe mecanice corespunzătoare, să reziste la uzură.

Filerul utilizat cel mai frecvent și cu cele mai bune rezultate este obținut prin măcinarea pietrei de calcar. Mai pot fi utilizate ca filere unele prafuri de la electrofiltre, pulberea de var stins, cimentul etc.

Bitumul utilizat pentru prepararea mixturilor asfaltice are o importanță hotărâtoare în comportarea acestora, tipul acestuia alegându-se în funcție de mixtura asfaltică pe care dorim să o preparăm, mai precis de caracteristicile fizico-mecanice avute în vedere pentru mixtura asfaltică. Se poate utiliza bitum pur, bitum modificat, bitum aditivat, derivați ai bitumului (emulsie bituminoasă, bitum tăiat).

În ceea ce privește consistența bitumului folosit, aceasta variază într-o gamă largă în funcție de tipul mixturii asfaltice. Dacă bitumul utilizat în mod curent este de tipul D 80/120, se remarcă practic tendința de generalizare a folosirii unor bitumuri mai dure (D 50/80), care conferă mixturilor asfaltice o stabilitate mai ridicată în condițiile de solicitare specifice traficului greu și temperaturilor ridicate.

Clasificarea mixturilor asfaltice se face după tehnologia de preparare și punere în operă, respectiv după compoziția acestora..

După **tehnologia de preparare și punere în operă**, mixturile asfaltice se clasifică în:

- mixturi asfaltice “la cald”, preparate și puse în operă la temperaturi ridicate (peste 150 °C), utilizând ca liant bitumul adus la consistența necesară prin încălzire;
- mixturi asfaltice “la rece”, preparate și puse în operă la temperatura mediului ambiant (peste 5 °C), utilizând ca liant emulsia bituminoasă sau bitumul tăiat.

Din punct de vedere al **compoziției**, mixturile asfaltice pot fi grupate astfel:

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

Betoanele asfaltice (B.A.) sunt amestecuri alcătuite, după dozaje riguros stabilite, din cribluri, nisip și filer, aglomerate cu bitum după o tehnologie adecvată. Ele se utilizează în principal pentru realizarea îmbrăcăminților bituminoase grele (permanente), pe drumuri cu trafic intens. Betoanele asfaltice trebuie să aibă caracteristici fizico-mecanice ridicate, întrucât sunt proiectate pentru îmbrăcăminți bituminoase cu durată de exploatare mare, pe drumurile cele mai solicitate de trafic și de factorii climaterici.

Betoanele asfaltice se pot proiecta și realiza într-o mare diversitate, în funcție de necesități, dintre acestea menționându-se:

- **betoane asfaltice cu execuția “la cald”:**
 - beton asfaltic bogat în criblură (B.A.8 sau B.A.16);
 - beton asfaltic cu agregat mare (B.A.25);
 - beton asfaltic realizat cu nisip bituminos (B.A.N.B.16);
 - beton asfaltic rugos (B.A.R.16);
 - beton asfaltic rugos prin clutaj (B.A.R.C.16)
 - beton asfaltic cilindrat pentru calea pe pod (B.A.C.P.16)
 - beton asfaltic deschis(cu criblură: B.A.D.25, cu pietriș concasat: B.A.D.P.C.31, cu pietriș sortat: B.A.D.P.S.31);
 - betoane asfaltice speciale:
 - colorate (roșu, alb, galben etc.);
 - cu caracteristici superioare (cu bitum modificat, bitum aditivat, bitum + cauciuc etc.);
- **betoane asfaltice cu execuția “la rece”:**
 - beton asfaltic stocabil cu bitum tăiat (B.A.B.T.8);
 - beton asfaltic stocabil cu emulsie bituminoasă (B.A.E.B.16);

- beton asfaltic cu suspensie de bitum filerizat (B.A.S.16).

Asfaltul turnat (A.T.) este o mixtură asfaltică la care gurile din agregatul natural sunt umplute complet cu mastic bituminos, punerea în operă realizându-se în consecință fără cilindrare. Acesta se realizează în două variante, și anume:

- asfaltul turnat dur (A.T.D.16);
- asfaltul turnat (A.T.7).

Asfaltul turnat dur se execută numai la cald din criblură 3...8 mm și 8...16 mm, nisip și filer aglomerate cu bitum dur D 40/50; se pune în operă prin așternere și nivelare, fără a necesita compactare. Masticul bituminos umple complet gurile dintre agregatele naturale, mixtura fiind etanșă.

Asfaltul turnat (obișnuit) spre deosebire de A.T.D.16 conține în loc de cribluri, nisip grăunțos 3... 7 mm.

Mortarul asfaltic (M.A.) este un amestec obținut în anumite condiții din nisip, filer și bitum. Mortarele asfaltice se pot realiza:

- **la cald:**
 - mortarul asfaltic cu bitum cald (M.A.B.C.7);
 - mortarul asfaltic cu nisip bituminos (M.A.N.B.7);
 - mortarul asfaltic turnat (M.A.T.7);
- **la rece:**
 - mortar asfaltic cu suspensie de bitum filerizat, sau mortar-subif (M.A.S.7);
 - mortar asfaltic cu emulsie bituminoasă (M.A.E.B.7).

Mortarele asfaltice au o arie de aplicabilitate foarte restrânsă deoarece conțin un procent ridicat de bitum și realizează o îmbrăcăminte bituminoasă cu o suprafață insuficient de rugoasă.

Anrobatele bituminoase (A.B.) sunt amestecuri alcătuite, respectând anumite doze, 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, utilizate de regulă pentru executarea îmbrăcăminților bituminoase ușoare sau a straturilor de bază.

Anrobatele bituminoase sunt din punct de vedere calitativ inferioare betoanelor asfaltice, întrucât se realizează de regulă din agregate naturale locale fără o prelucrare specială, zonele de granulozitate în care acestea trebuie să se înscrie sunt mai largi, conțin mai puțin bitum, au grade de toleranță mai mari.

În general, anrobatele bituminoase utilizate ca îmbrăcăminți rutiere pe drumuri cu trafic redus sau mijlociu trebuie proiectate respectând principiile generale, astfel încât să se folosească pentru producerea lor aproape în exclusivitate materiale locale; de aceea cunoștințele și imaginația creatoare a specialistului trebuie valorificate din plin prin alcătuirea unor doze adecvate, care să conducă la obținerea unor costuri reduse prin realizarea unor lucrări de mare eficiență tehnico-economică.

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

- **cu execuție “la cald”:**
 - anrobate bituminoase cu bitum cald (A.B.B.C.31);
 - anrobate bituminoase cu nisip bituminos sau bitum fluid și bitum dur de petrol (A.B.N.B.31);
- **cu execuție “la rece”:**
 - anrobate bituminoase cu suspensie de bitum filerizat (A.B.S.31);

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

Alegerea tipului de mixtură asfaltică din care să se realizeze îmbrăcămințile bituminoase prezintă o importanță tehnică și economică deosebită. De aceea este absolut necesar ca proiectantul, pe baza studiilor privind existența materialelor locale și posibil de aprovizionat, a condițiilor climaterice, a evoluției traficului etc., ținând seama de caracteristicile mixturilor asfaltice, să indice în proiecte necondiționat modul de alcătuire a tuturor straturilor bituminoase ale structurii rutiere și mai ales tipul de mixtură asfaltică pentru îmbrăcămintă.

2.2. Elaborarea dozajelor pentru mixturi asfaltice

2.2.1. Generalități

Prin elaborarea dozajelor pentru mixturi asfaltice se înțelege ansamblul de operații efectuate în vederea stabilirii proporțiilor între diversele materiale care le alcătuiesc, astfel încât să se obțină în final caracteristicile fizico-mecanice specifice tipului de mixtură asfaltică ales.

Dozajul se exprimă în procente din masa totală a mixturilor asfaltice, pentru fiecare din materialele ce alcătuiesc amestecul.

Stabilirea și aplicarea unor dozaje corecte în funcție de tipul mixturii asfaltice proiectate și de caracteristicile reale ale materialelor ce intră în compoziția mixturilor asfaltice este condiția “sine qua non” de reușită a lucrării.

În vederea elaborării dozajelor este necesară în prealabil efectuarea încercărilor preliminare asupra fiecărui material ce intră în compoziția mixturii asfaltice.

Materialele care nu corespund condițiilor tehnice impuse nu vor fi luate în considerare și nu vor fi admise în procesul tehnologic de producere a mixturilor asfaltice întrucât compromit lucrarea.

În continuare se vor sublinia unele dintre caracteristicile fizico-mecanice mai importante pe care trebuie să le îndeplinească agregatele naturale, filerul și bitumul, care intră în compoziția mixturilor asfaltice.

Agregatele naturale (cribluri, nisip etc.) utilizate la prepararea mixturilor asfaltice trebuie să prezinte o serie de caracteristici dintre care se menționează în mod special următoarele:

- să fie curate, fiind exclus a se obține o mixtură asfaltică acceptabilă cu agregate murdare, cu conținut ridicat de argilă, praf sau alte impurități organice; în cazul agregatelor murdare procesul de dezanrobare (dezlipirea liantului de pe suprafața agregatului natural) este iminent și în consecință lucrarea este compromisă. Experiențele de laborator arată că adezivitatea bitumului pe agregate de natură bazică, dar murdare, scade cu 50 % față de cea obținută pe granule curate. Se admite parte levigabilă maximum 3 % și un echivalent de nisip de minimum 85 %;
- să prezinte o uzură cât mai mică sub efectul circulației; evident în stratul de rulare se vor folosi agregate de cea mai bună calitate, care să nu se șlefuiască și să nu se uzeze, prezentând suprafețe rugoase; se impune un coeficient Los Angeles sub 25 %;
- să fie omogene din punct de vedere al compoziției mineralogice, să nu prezinte urme de alterare chimică și să nu conțină minerale, care se descompun sub acțiunea agenților atmosferici;
- să provină din roci de natură bazică sau neutră, care permit realizarea unei bune adezivități; dacă totuși se folosesc agregate din roci acide, este neapărat necesar, fie să se adauge aditivi tensioactivi în bitum, fie să se trateze agregatele cu aceste substanțe sau cu lapte de var;

- să prezinte rezistențe mari la compresiune, pentru a nu se sfărâma sub efectul traficului și al intemperiilor;
- forma granulelor să fie poliedrică, neadmițându-se granule lamelare și aciculare, care se sfărâmă foarte ușor sub efectul circulației.

În general, scheletul mineral al unei mixturi asfaltice compus din cribluri și nisip are un volum mare de goluri. Pentru mărirea compactității se adaugă filer, care micșorează volumul de goluri al amestecului, însă mărește suprafața specifică a agregatului natural.

Filerul trebuie să fie uscat și să aibă finețea necesară (fracțiunea sub 0,09 mm, minimum 80 %).

Filerul mărește domeniul de plasticitate al bitumului și favorizează adezivitatea la agregatul natural. Filerul mărește frecarea interioară din bitum și coeziunea bitumului și prin aceasta îmbunătățește comportarea mixturii asfaltice la solicitări statice și la rupere.

Bitumul amestecat cu filer își schimbă foarte greu compoziția chimică. Filerul împiedică îmbătrânirea bitumului acționând astfel încât bitumul să-și păstreze timp îndelungat proprietățile lui de liant.

Filerul dozat judicios în raport cu ceilalți componenți mărește compactitatea și suprafața specifică a agregatului natural, asigurând astfel, împreună cu bitumul rezistențele mecanice și stabilitatea la temperaturi ridicate a mixturilor asfaltice.

Excesul de filer este însă dăunător, deoarece rezistențele mecanice și stabilitatea la temperaturi ridicate scad, iar în mixtura asfaltică se formează bulgări reducându-i-se lucrabilitatea. Îmbrăcămintea bituminoasă prezintă neregularități în suprafațare și este mai puțin rezistentă la acțiunea apei.

Pentru a obține o rezistență maximă a mixturii asfaltice este necesar ca toate granulele agregatului natural să fie învelite cu o peliculă de bitum cât mai subțire. Rezistența la forfecare și la deformări plastice este cu atât mai mare, cu cât grosimea filmului de bitum este mai mică. Obținerea unei pelicule atât de fine de bitum este posibilă numai prin filerizare.

Studii de laborator efectuate pe betoane asfaltice, urmărind relațiile filer-volum de goluri, filer-coeziunea mixturii asfaltice și rezistența la deformări plastice sub acțiunea simulatorului de fâgașe au condus la următoarele concluzii:

- raportul dintre bitum și filer este un factor important în ceea ce privește stabilitatea. Filerul modifică proprietățile liantului, dându-i vâscozitate mai bună. Acest fapt justifică teoria după care filerul acționează nu numai asupra reducerii volumului de goluri, ci cu ajutorul particulelor sale foarte fine, modifică proprietățile bitumului.
- adaosul de fibre de azbest, ca filer, în proporție 1...3 % acționează favorabil asupra coeziunii mixturii asfaltice și bunei sale comportări sub circulație.

Bitumul are un rol preponderent în mixturile asfaltice, asigurând coeziunea acestora și impermeabilitatea îmbrăcăminților bituminoase pe tot parcursul exploatării lor.

Bitumul, prin proprietățile sale de liant, realizează:

- anrobarea granulelor agregatului cu o peliculă fină;
- o bună adezivitate pe granulele agregatului și menținerea acestei adezivități în prezența acelor factori care tind să se substituie bitumului la suprafața agregatelor.

Factorul cel mai periculos și care acționează în permanență asupra sistemului agregat-bitum este apa.

Bitumul trebuie în consecință să anrobeze (învelească) granulele, să asigure adezivitatea și să reziste la acțiunea apei. Aceste calități depind de caracteristicile de bază ale bitumului (penetrație, punct de înmuiere), dar și de natura agregatului.

Raportul filer-bitum are o importanță deosebită asupra proprietăților fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice.

Valorile raportului filer-bitum uzuale variază de la 0,5 la 3,0. Valorile de 1,2...1,5 sunt frecvent folosite pentru mixturile asfaltice din stratul de uzură (cazul betoanelor asfaltice bogate în cribluri). Pentru asfaltul turnat raportul filer-bitum atinge valoarea 3,0.

În general, creșterea raportului filer-bitum, menținând constant procentul de bitum, necesită o anrobare mai energetică și conduce la creșterea rigidității mixturii. Este necesar să se evite excesul de filer, care conduce la o mixtură asfaltică greu lucrabilă și cu granulele neanrobate cu bitum.

De remarcat este creșterea apreciabilă a energiei de malaxare necesară la prepararea asfaltului turnat, unde se adaugă 20...30 % filer la un conținut de 7,5...9,5 % bitum D 40/50 sau D 30/40. Creșterea rigidității mixturii asfaltice este determinată de reducerea volumului de goluri remanent și de creșterea importantă a punctului de înmuiere al masticului de filer-bitum.

În vederea realizării unei mixturi asfaltice corespunzătoare, trebuie să se examineze în primul rând **condițiile de calitate** impuse acestora. În esență este necesar ca mixturile asfaltice să prezinte următoarele caracteristici mai importante:

- lucrabilitate;
- compactitate;
- stabilitate mecanică;
- insensibilitate la acțiunea apei.

Pentru a pune în operă o mixtură asfaltică, trebuie ca în primul rând ea să fie lucrabilă, condiție ce se realizează dacă mixtura asfaltică este alcătuită din agregate bine proporționate și dintr-un liant corect dozat, adus într-un anumit stadiu de fluiditate.

Lucrabilitatea este proprietatea mixturii asfaltice de a putea fi pusă în operă în condițiile obținerii unor caracteristici fizico-mecanice ridicate ale îmbrăcăminte.

Lucrabilitatea unei mixturi asfaltice depinde de o serie de factori dintre care se amintesc:

- fluiditatea liantului;
- granulozitatea agregatului natural;
- natura și forma agregatelor;
- dozaajul de filer;
- conținutul de liant.

Compactitatea trebuie să se realizeze la mixturi asfaltice printr-o judicioasă dozare a liantului în funcție de granulozitatea agregatelor naturale, forma granulelor, aplicarea unei tehnologii de compactare corespunzătoare etc.

Standardele și instrucțiunile în vigoare dau zone de granulozitate în funcție de tipurile de mixturi asfaltice în care trebuie să se înscrie agregatele naturale (tabelul 1.). Laboratoarele de specialitate, încercând o serie de amestecuri de sorturi trebuie să realizeze un amestec mineral astfel încât volumul de goluri ce urmează a fi umplut cu filer și bitum să fie minim, întrucât acestea din urmă sunt materiale scumpe și deficitare.

Granulozitatea agregatului natural pentru diferite tipuri de mixturi asfaltice

Tabelul 1

Tipul de mixtură asfaltică	Trece prin sita, sau ciurul de mm, în % din masă							
	0,09	0,2	0,63	3,15	8	16	25	31,5
M.A.B.C.7	10...16	20...50	52...80	80...90	90...100	-	-	-

B.A.8	8...12	11...25	18...35	30...55	90...100	-	-	-
B.A.16	8...12	11...25	18...35	30...55	55...78	90...100	-	-
B.A.R.16	8...10	11...15	18...25	30...42	50...65	90...100	-	-
B.A.25	5...12	8...25	15...35	30...50	50...75	65...90	90...100	-
B.A.D.25	1...6	5...20	10...30	20...35	35...55	60...80	90...100	-
B.A.D.P.C.31	1...6	5...20	10...30	20...35	35...55	60...80	80...95	90...100
B.A.D.P.S.31	1...6	5...20	10...30	20...35	35...55	60...80	80...95	90...100

Stabilitatea mecanică este strâns legată de dozajul de liant și de vâscozitatea lui. Un exces de bitum conduce sigur la văluriri ale îmbrăcămintei bituminoase. Un liant mai moale, cu un punct de înmuiere scăzut generează de asemenea în exploatare deformări plastice ale îmbrăcămintei bituminoase. Liantul în cantitate insuficientă generează suprafețe poroase, care se pot degrada sub acțiunea traficului și a apei. Scheletul mineral are de asemenea un rol important în asigurarea unei stabilități corespunzătoare pentru mixtura asfaltică. Un schelet mineral puternic asigură o stabilitate bună a straturilor bituminoase din mixturi asfaltice.

Insensibilitatea la acțiunea apei este influențată de următorii factori principali:

- adezivitatea liantului la agregate;
- prezența argilei în masa mixturii asfaltice, care produce umflări la contactul

cu apa.

Sensibilitatea la apă se studiază comparând rezistența la compresiune imediat după prepararea epruvetelor, cu rezistența obținută după un timp de imersare în apă.

Raportul dintre rezistența înainte și după imersare indică sensibilitatea mixturii asfaltice la acțiunea apei. Dacă se constată o scădere mare a rezistenței după imersare, înseamnă că adezivitatea este scăzută sau că există un procent prea mare de argilă în mixtura asfaltică. În ambele cazuri se va căuta corectarea amestecului fie prin spălarea agregatelor sau, după caz, prin adăugarea unui aditiv pentru mărirea adezivității sau printr-un adaos de var nestins.

2.2.2. Stabilirea dozajului optim de liant

În vederea stabilirii dozajului optim de liant pentru mixturi asfaltice este necesar să se examineze influența pe care acesta o exercită asupra unor caracteristici fizico-mecanice determinante ale mixturilor asfaltice.

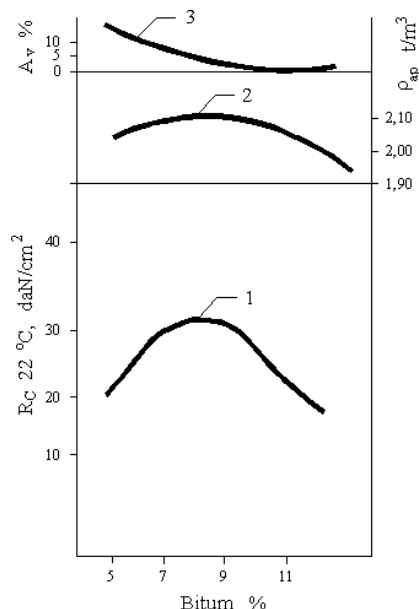


Fig. 1. Proprietățile fizico-mecanice ale betonului asfaltic, în funcție de procentul de bitum: 1 – variația rezistenței la compresie; 2 – variația densității aparente; 3 – variația absorbției de apă.

Dacă se prezintă grafic variația rezistenței la compresie în funcție de conținutul de bitum (fig. 1), se constată următoarele:

- curba 1 arată că, pentru betoane asfaltice, rezistența la compresie crește o dată cu dozajul de liant, până la un anumit dozaj, optim. Dacă se depășește acest dozaj, rezistența scade, bitumul fiind în exces, iar deformația plastică a mixturii asfaltice crește;

- în aceeași diagramă, pe curba 2, având în abscisă procentul de bitum, iar în ordonată densitatea aparentă a mixturii asfaltice ρ_{ap} , exprimată în t/m^3 , se constată că dozajului optim de liant îi corespunde și o densitate aparentă maximă. În cazul unui exces de bitum densitatea aparentă scade;

- pe curba 3, luând în abscisă tot procentul de bitum iar în ordonată absorbția de apă volumică A_v , în %, se constată că la un conținut scăzut de bitum, absorbția de apă crește mult, fiind peste 10 %.

Reprezentări grafice sugestive se obțin utilizând datele furnizate de încercarea Marshall pentru densitatea

aparentă, stabilitatea Marshall, fluaj și volum de goluri (fig. 2.).

Densitatea aparentă crește până la un dozaj optim de liant (fig. 2,a), pentru ca apoi să scadă din nou. Același aspect este redat în fig. 2,b, unde se poate urmări variația stabilității Marshall. În fig. 2,c se constată că volumul de goluri scade cu creșterea procentului de liant; un exces de liant umple complet golurile unei mixturi asfaltice, dar conduce la scăderea densității aparente și a stabilității.

Indicele de curgere (fig. 2,d) crește cu conținutul de liant.

Conținutul optim de bitum trebuie să asigure stabilitatea Marshall maximă, densitatea aparentă maximă, fluaj corespunzător tipului de mixtură asfaltică ales.

Cantitatea exactă de bitum depinde de volumul golurilor din amestec, de mărimea suprafeței particulelor care trebuie acoperite de bitum. Orice cantitate în plus sau în minus față de dozajul optim dăunează calității mixturii asfaltice. Un exces de bitum în mixtura asfaltică sub efectul circulației provoacă deformații plastice ale îmbrăcăminteii sesizată sub formă de vâluriri și făgașe pe timp calduros, în timp ce un minus de bitum în mixtura asfaltică, folosită în special pentru stratul de uzură, facilitează infiltrarea apei cu toate consecințele negative aferente (dezanrobare, dezgrădinare, uzură prematură etc.).

În concluzie, problema cea mai importantă în cazul realizării unor mixturi asfaltice de bună calitate constă în stabilirea unui conținut optim de liant, care să asigure mixturii asfaltice cele mai bune caracteristici fizico-mecanice, deci o bună comportare în exploatare.

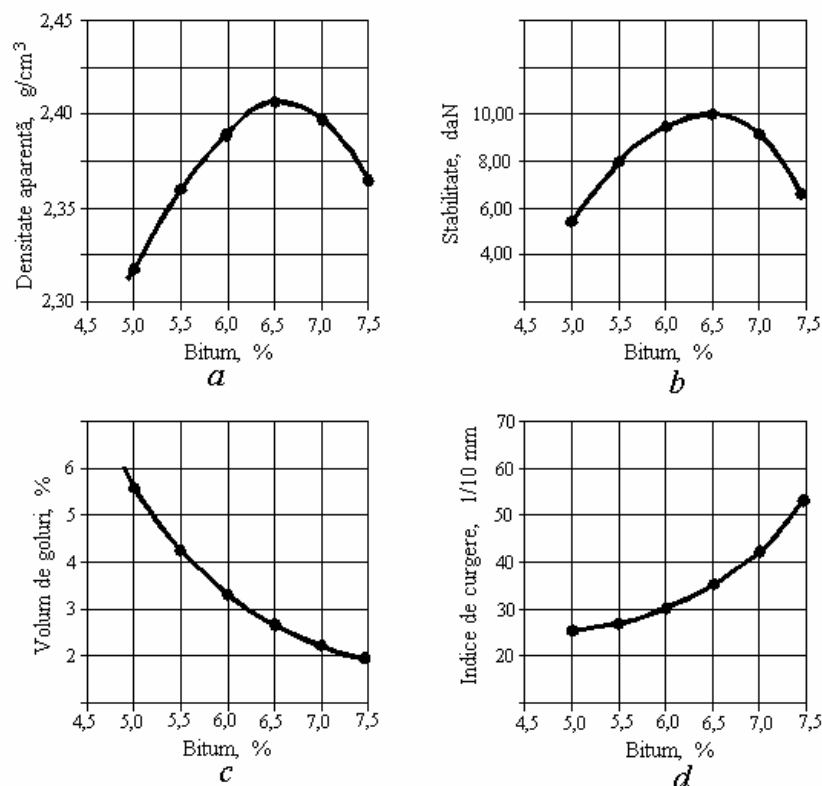


Fig. 2. Rezultatele încercării Marshall, în funcție de procentul de liant:
a – variația densității aparente; *b* – variația stabilității; *c* – variația volumului de goluri;
d – variația indicelui de curgere.

Factorii care influențează direct calitatea mixturii asfaltice și de care trebuie să se țină seama la elaborarea unui dozaj de liant corespunzător, în afară de granulozitatea agregatului total, sunt:

- natura și intensitatea traficului;
- grosimea stratului considerat;
- felul stratului (strat de uzură, strat de legătură, strat de bază);
- zonele climaterice în care este situat drumul respectiv;
- temperaturi extreme (intensitatea înghețului sau, din contră, temperaturile foarte ridicate vara).

În continuare se vor trata câteva din metodele mai des folosite pentru stabilirea dozajului optim de liant, și anume:

- metoda volumului de goluri;
- metoda laboratorului central de cercetări din Bruxelles;
- metoda Asphalt Institute;
- metoda pentru calculul dozajelor mixturilor asfaltice fabricate la rece.

Se menționează faptul că absolut toate metodele constau într-un calcul “teoretic” al conținutului de bitum, completat de încercări de laborator pentru determinarea caracteristicilor fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice ale căror valori permit adoptarea dozajului optim de liant.

Metoda suprafeței specifice stabilește necesarul de liant într-o mixtură asfaltică în funcție de suprafața specifică a agregatului total.

A fost elaborată în Franța de M. Duriez și ține seama de faptul că liantul trebuie să anrobeze toate granulele agregatului, asigurând aglomerarea lor, astfel încât să se realizeze cea mai mare compactitate a mixturii pusă în operă și cea mai bună omogenitate în condițiile existente pe șantier (instalații, utilaje de punere în operă), obținându-se în final un strat bituminos stabil și durabil.

Referitor la valoarea suprafeței specifice totale a agregatelor, se menționează că aceasta este determinată în cea mai mare parte de filerul propriu-zis și într-o anumită măsură de nisipul fin, celelalte fracțiuni din agregat având o influență nesemnificativă (suprafața specifică a filerului de calcar este considerată 135 m²/kg, în timp ce suprafața specifică a agregatelor cu dimensiuni peste 10 mm este de 0,17 m²/kg).

În tabelul 2 se dau valorile suprafeței specifice determinate de M. Duriez, pentru anumite tipuri de agregate.

Suprafața specifică a agregatelor naturale

Tabelul 2

Agregat (dimensiuni după prescripțiile franceze, în mm)	Suprafața specifică m ² /kg
Filer ≤ 0,08	135
Nisip 0,120...0,315	12
Nisip aluvionar 0,315...0,5	5,75
Nisip de râu 0,315...3,15	2,30
Nisip de râu 0,5...5	1,45
Criblură 3...8	0,48
Criblură 5...16	0,27
Criblură 5...10	0,33
Pietriș 5...20	0,23
Pietriș 10...20	0,165
Pietriș 8...20	0,18
Criblură 16...25	0,120
Piatră spartă 40...60	0,047
Piatră spartă 30...80	0,047

După M. Duriez, grosimea optimă a filmului de liant pentru anrobarea și aglomerarea granulelor variază în funcție de diametrul granulelor, nu în mod liniar, ci, după o curbă parabolică:

$$e = \lambda \cdot d^{0,8} \quad [\mu] \quad (1)$$

în care : e este grosimea filmului de liant, în μ ;

λ – coeficient care depinde de caracteristicile bitumului și are în general valoarea 24;

d – diametrul granulei medii, în μ .

În final, relația utilizată pentru calcul și care interesează la stabilirea dozajului este:

$$b = \alpha K \sqrt[5]{S} \quad [\%] \quad (2)$$

în care: b este conținutul de liant raportat la masa agregatului, în %;
 α – coeficient în funcție de densitatea agregatelor, $\alpha = 1$ pentru $\delta_s = 2,65 \text{ g/cm}^3$;
 K – modulul de conținut;
 S – suprafața specifică (calculată) a agregatului total, care intră în compoziția mixturii asfaltice, în m^2/kg .

Valoarea modulului de conținut K recomandată pentru mixturile asfaltice ce se execută la noi în țară și verificată pe o serie mare de probe cu caracteristici corespunzătoare este pentru:

- mortare asfaltice: $K = 4,5 \dots 5,0$;
- betoane asfaltice bogate în criblură: $K = 4,0 \dots 4,5$;
- betoane asfaltice pentru stratul de legătură: $K = 3,5 \dots 3,75$;
- anrobate bituminoase: $K = 3,5 \dots 4,0$.

Conținutul de liant, b' , raportat la masa mixturii asfaltice se calculează cu relația :

$$b' = \frac{100b}{100+b} \quad [\%] \quad (3)$$

Pentru calculul suprafeței specifice, se utilizează relația:

$$100 S = 0,17 A + 0,32 a + 2,30 N + 12 n + 135 f \quad [\text{m}^2/\text{kg}] \quad (4)$$

în care: S este suprafața specifică, în m^2/kg ;
 A – procentul de granule peste 10 mm;
 a – procentul de granule între 5 și 10 mm;
 N – procentul de nisip grosier între 0,315 și 5 mm;
 n – procentul de nisip între 0,315 și 0,08 mm;
 f – procentul de filer (sub 0,08 mm).

Cu o aproximație satisfăcătoare pentru betoane asfaltice se poate calcula suprafața specifică a agregatelor și cu relația:

$$S = 2,5 + 1,3 f \quad [\text{m}^2/\text{kg}] \quad (5)$$

iar pentru mortare asfaltice, se poate utiliza tot cu aproximație relația :

$$S = 5,0 + 1,3 f \quad [\text{m}^2/\text{kg}] \quad (6)$$

unde f reprezintă procentul de filer sub 0,08 mm indicat și în relațiile anterioare.

Pentru a ușura calculul necesarului de liant se dau în tabelul 3, în funcție de suprafața specifică a agregatului, pentru diferite valori ale modulului de conținut, valorile corespunzătoare pentru b (procentul de liant raportat la masa agregatului).

Procentul de bitum în funcție de suprafața specifică, raportat la masa agregatului
Tabelul 3.

S m ² /kg	Conținutul de bitum b, în %, raportat la masa agregatului					
	$3,50\sqrt[3]{S}$	$3,75\sqrt[3]{S}$	$4,0\sqrt[3]{S}$	$4,25\sqrt[3]{S}$	$5,0\sqrt[3]{S}$	$7,0\sqrt[3]{S}$
1	3,50	3,75	4,00	4,25	5,00	7,00
2	4,00	4,30	4,60	4,75	5,75	8,05
3	4,35	4,65	5,00	5,30	6,25	8,70
4	4,65	4,95	5,30	5,65	6,60	9,25
5	4,80	5,05	5,50	5,85	6,90	9,65
6	5,00	5,20	5,75	6,10	7,15	10,00
7	5,15	5,55	5,90	6,30	7,40	10,30
8	5,30	5,70	6,15	6,50	7,60	10,60
9	5,45	5,80	6,20	6,60	7,75	10,85
10	5,55	5,95	6,35	6,75	7,90	11,10
11	5,65	6,05	6,45	6,90	8,10	11,30
12	5,75	6,15	6,60	7,00	8,25	11,50
13	5,85	6,25	6,70	7,10	8,35	11,70
14	5,95	6,35	6,80	7,20	8,50	11,85
15	6,05	6,45	6,90	7,30	8,60	12,05
16	6,10	6,55	6,95	7,40	8,70	12,20
17	6,15	6,60	7,05	7,50	8,80	12,35
18	6,25	6,70	7,15	7,55	8,90	12,50
19	6,30	6,75	7,20	7,65	9,00	12,60
20	6,40	6,85	7,30	7,75	9,10	12,75
21	6,45	6,90	7,35	7,85	9,20	12,85
22	6,50	6,95	7,45	7,90	9,30	13,00
23	6,55	7,05	7,50	7,95	9,35	13,10
24	6,60	7,10	7,55	8,00	9,45	13,20
25	6,65	7,15	7,60	8,05	9,50	13,35
26	6,70	7,20	7,70	8,10	9,60	13,45
27	6,75	7,25	7,75	8,20	9,65	13,55
28	6,80	7,30	7,80	8,30	9,75	13,65
29	6,85	7,35	7,85	8,35	9,80	13,75

În tabelul 4 se dă direct b' (procentul de bitum raportat la masa mixturii asfaltice).

Pentru elaborarea dozajului optim de liant se execută o serie de operații de laborator care se pot rezuma astfel:

- determinarea granulozității pentru fiecare sort din agregatul care intră în compoziția mixturii asfaltice;
- determinarea caracteristicilor liantului: penetrație, adezivitate, punct de înmuiere, prin metodele obișnuite de laborator;
- întocmirea tabelului centralizator al compoziției agregatelor;
- elaborarea mai multor dozaje de agregate, calcularea compoziției procentuale, în funcție de proporțiile în care intră fiecare material în compoziția mixturii asfaltice;
- calcularea curbelor de granulozitate și verificarea înscrierii lor în zonele recomandate de STAS și instrucțiunile în vigoare pentru tipul de mixtură asfaltică necesar de executat;
- determinarea suprafeței specifice;
- calculul necesarului de liant.

Procentul de bitum în funcție de suprafața specifică, raportat la masa mixturii asfaltice

Tabelul 4.

S m ² /kg	Conținutul de bitum b' , în % raportat la masa mixturii asfaltice					
	$3,50\sqrt[5]{S}$	$3,75\sqrt[5]{S}$	$4,0\sqrt[5]{S}$	$4,25\sqrt[5]{S}$	$4,50\sqrt[5]{S}$	$5,0\sqrt[5]{S}$
1	3,40	3,60	3,85	4,10	4,30	4,75
2	3,80	4,10	4,40	4,55	4,95	5,45
3	4,20	4,45	4,75	5,05	5,30	5,90
4	4,45	4,70	5,00	5,35	5,65	6,20
5	4,60	5,10	5,20	5,55	5,85	6,50
6	4,80	5,15	5,40	5,75	6,00	6,70
7	4,90	5,25	5,60	5,90	6,20	7,05
8	5,00	5,40	5,80	6,10	6,40	7,20
9	5,20	5,50	5,85	6,20	6,55	7,35
10	5,25	5,60	5,95	6,35	6,60	7,50
11	5,35	5,70	6,05	6,50	6,80	7,60
12	5,45	5,80	6,20	6,55	6,90	7,70
13	5,50	5,90	6,30	6,60	7,00	7,85
14	5,60	6,00	6,40	6,70	7,10	7,90
15	5,70	6,10	6,45	6,80	7,15	7,95
16	5,75	6,15	6,50	6,90	7,25	8,00
17	5,80	6,20	6,60	7,00	7,35	8,10
18	5,90	6,30	6,65	7,05	7,40	8,20
19	5,95	6,35	6,70	7,10	7,50	8,30
20	6,00	6,40	6,80	7,20	7,60	8,35
21	6,10	6,45	6,85	7,30	7,65	8,40
22	6,15	6,50	6,95	7,35	7,70	8,50
23	6,20	6,60	7,00	7,40	7,75	8,55
24	6,20	6,65	7,05	7,45	7,85	8,65
25	6,25	6,70	7,10	7,45	7,90	8,70
26	6,30	6,75	7,15	7,50	8,00	8,75
27	6,35	6,80	7,20	7,55	8,05	8,80
28	6,40	6,80	7,25	7,65	8,10	8,90
29	6,45	6,85	7,30	7,70	8,15	8,95

După determinarea necesarului de liant, se produce în laborator mixtura asfaltică respectivă, se prepară epruvetele și se efectuează determinările fizico-mecanice; dacă valorile caracteristicilor obținute corespund prevederilor tehnice existente, se poate trece la aplicarea dozajului pe șantier. Evident, se studiază mai multe probe cu un conținut de liant apropiat, alegându-se varianta optimă din toate punctele de vedere.

Metoda suprafeței specifice necesită un mare volum de muncă pentru calcul și elaborare, de aceea pentru a obține în mod operativ dozajele optime, atât din punct de vedere cantitativ cât și economic, se utilizează programe de calcul informatice, unul dintre acestea fiind și cel elaborat în cadrul Direcției Regionale de Drumuri și Poduri din Timișoara. Pe baza granulozității pentru fiecare agregat ce intră în alcătuirea mixturilor asfaltice, al căror dozaj urmează să fie stabilit, cu ajutorul calculatorului, se determină:

- fracțiunile necesare din fiecare material al amestecului de agregate, punând condiția ca în final, curba de granulozitate a agregatului total să se încadreze în zona de granulozitate impusă pentru fiecare tip de mixtură asfaltică, putându-se pune în plus condiții de reducere a zonei de granulozitate cu 20 % respectiv 40 %;
- reprezentarea grafică a curbei de granulozitate;
- procentul fracțiunilor, conform relației suprafeței specifice;

- calculul suprafeței specifice;
- procentul de liant în funcție de diferite valori ale modulului de conținut;
- afișarea costului tonei de mixtură asfaltică în funcție de componenții acesteia.

Se prezintă astfel o serie de variante, din care se poate alege cea optimă pe baza încercărilor de laborator.

Metoda volumului de goluri se bazează pe constatarea că în cazul unor granulozități judicios alese, liantul bituminos umple golurile existente în masa mixturii asfaltice, astfel încât în stratul bituminos, după compactare, rămâne un volum de goluri, denumit volum de goluri remanent, de 3...5 %. La acest volum de goluri corespunde cea mai bună stabilitate a stratului bituminos. Sub efectul traficului, volumul de goluri remanent scade, astfel încât după câțiva ani de exploatare atinge valori de 1,0...2,0 %.

În cazul ipotezelor arătate mai înainte, pentru calculul dozajului optim de liant, în funcție de volumul de goluri, se utilizează relația:

$$b = \frac{V_g - n}{\rho_{gi}} \rho_b \quad [\%] \quad (7)$$

$$V_g = \left(1 - \frac{\rho_{gi}}{\rho_a} \right) 100 \quad [\%] \quad (8)$$

în care: b este procentul de liant raportat la masa agregatului;
 V_g – volumul de goluri al agregatului în stare îndesată, în %;
 ρ_{gi} – densitatea agregatului în stare îndesată, în kg/m³;
 ρ_a – densitatea aparentă a agregatului, în kg/m³;
 ρ_b – densitatea bitumului, în kg/m³ (în general egală cu 1000);
 n – volumul de goluri remanent, în % (între 3 și 5 %).

Obținerea unui volum de goluri cât mai mic pentru agregatul în stare îndesată, înseamnă în același timp o suprafață specifică adaptată acestui volum de goluri, care conduce în final la obținerea unor rezultate apropiate de cele obținute prin metoda anterioară.

Metoda laboratorului central de cercetări rutiere din Bruxelles se bazează pe premisa că dozajul de liant este influențat în mod hotărâtor de următorii factori :

- cantitatea de filer din amestecul de agregate;
- procentul de goluri al filerului;
- cantitatea de nisip;
- caracteristicile de suprafață ale granulelor de nisip (rotunde și netede, colțuroase și rugoase).

Conținutul optim de liant L , exprimat în procente din masa mixturii asfaltice se determină cu relația:

$$L = \frac{F \cdot a + S \cdot b + P \cdot c}{100} \quad [\%] \quad (9)$$

în care: F este procentul de filer din amestecul de agregate;
 S – procentul de nisip din amestecul de agregate;
 P – procentul de cribluri > 3 mm din amestec;

a – conținutul optim de liant al filerului anrobat;
 b – conținutul optim de liant al nisipului anrobat;
 c – conținutul optim de liant al criblurii anrobate.

Conținutul optim de liant raportat la amestecul de agregate este în consecință :

$$L' = \frac{100L}{100 - L} \quad [\%] \quad (10)$$

Valoarea lui a se obține în funcție de caracteristicile filerului și de densitatea liantului.

Valoarea lui b pentru agregatele cu densitatea $2,7 \text{ g/cm}^3$ este:

- la nisip natural cu granule rotunde și netede, 3,6 %;
- la nisip de concasaj cu granule colțuroase și rugoase, 5,0 %.

Valoarea lui c este 4,6 % în cazul folosirii bitumului de petrol și a agregatelor cu densitatea în jur de $2,7 \text{ g/cm}^3$.

Metoda Kraemer constă în calculul dozajului de bitum în funcție de necesarul specific de liant pentru agregatul propus.

Se consideră că necesarul specific pentru anrobarea unui sort de agregate este funcție de suprafața specifică a granulelor acestui sort și de grosimea optimă a filmului de liant:

$$b = S l \quad [\text{cm}^3/100 \text{ g}] \quad (11)$$

în care: b este necesarul de liant, în $\text{cm}^3/100 \text{ g}$;

S – suprafața specifică a agregatului, în $\text{cm}^2/100 \text{ g}$;

l – grosimea optimă a filmului de liant, în cm.

Pentru stabilirea dozajului optim de liant prin această metodă, s-a elaborat o formulă care ia în considerare și intensitatea traficului:

$$b = \rho_b \cdot q \cdot \sum_{i=1}^n \frac{P_i \cdot d_i}{100} \quad [\%] \quad (12)$$

în care: b este necesarul de bitum calculat în procente din masa agregatului natural;

ρ_b – densitatea bitumului, în g/cm^3 ;

d_i – necesarul specific optim de liant pentru anrobarea granulelor cuprinse în sortul i ;

P_i – procentul de agregate din sortul i , calculat față de masa agregatului total;

n – numărul de sorturi de agregate;

q – coeficient care ține seama de intensitatea traficului astfel:

- trafic ușor $q = 1,07$;
- trafic mijlociu $q = 1,00$;
- trafic intens $q = 0,90$.

Metoda Asphalt Institute utilizează pentru calculul conținutului de liant, relația

13.

$$b = 0,035 P + 0,045 N + 0,15 F + C \quad [\%] \quad (13)$$

în care: b este procentul de bitum;

P – procentul de granule cu dimensiunea > 2 mm;

N – procentul de granule cuprinse între 0,074 și 2 mm;

F – procentul de părți fine (filer sub 0,074 mm);

C – coeficient care ține seama de condițiile locale, de porozitatea rocii etc. și care variază între 0,7 și 1,0.

Calculul necesarului de liant pentru mixturi asfaltice executate la rece cu emulsie bituminoasă și cu suspensie de bitum filerizat are la bază aceleași principii ca în cazul mixturilor asfaltice preparate la cald, putându-se utiliza oricare din metodele cunoscute.

În cazul mixturilor asfaltice preparate cu emulsie bituminoasă, este necesar să se precizeze că aplicând relația 2, valoarea modului de conținut se ia mai ridicată, și anume 5,0...5,5.

După calcularea necesarului de liant, se trece la determinarea cantității de emulsie în funcție de conținutul în bitum al acesteia, cu relația:

$$E = \frac{b}{B} \cdot 100 \quad [\%] \quad (14)$$

în care: E este cantitatea de emulsie necesară, în %;

b – necesarul de liant, în %;

B – conținutul de bitum din emulsie, în %.

În cazul mixturilor asfaltice preparate cu suspensie de bitum filerizat (subif), modulul de conținut recomandat pentru mortare este 6,0...7,0, iar pentru betoane asfaltice destinate stratului de legătură 3,75...4,0.

După calcularea necesarului de liant, fie prin metoda suprafeței specifice, fie a volumului de goluri, este necesar să se determine cantitatea de suspensie pentru 100 kg nisip uscat.

Cantitatea de suspensie S , în procente, se determină cu relația:

$$S = A \cdot \frac{b}{100 - \left[1 + \frac{Ca(OH)_2}{b_s} \right] \cdot b} \cdot 100 \quad [\%] \quad (15)$$

în care: b_s este conținutul de bitum în subif, în %;

A – raportul dintre subif și conținutul de bitum în subif;

b – necesarul de liant, în %;

În etapa actuală se realizează foarte rar mixturi asfaltice cu subif.

2.2.3. Concluzii privind metodele de elaborare a dozajelor pentru mixturi asfaltice

Din examinarea datelor prezentate anterior se poate afirma că toate metodele de stabilire a conținutului optim de liant dau valorile necesare pentru a se putea trece la executarea epruvetelor în vederea încercărilor de laborator. Rezultatele obținute trebuie deci

verificate prin încercări de laborator, pe mixturi asfaltice preparate cu dozajele rezultate din calcul. Numai dacă rezultatele atestă caracteristici fizico-mecanice corespunzătoare ale mixturilor asfaltice preparate în laborator se poate trece la aplicarea pe șantier a dozajului verificat.

Laboratorul de specialitate este singurul în măsură să stabilească dozajul mixturilor asfaltice și mai ales procentul de liant, luând în considerare și condițiile specifice în care se va exploata stratul bituminos, ținându-se seama și de următoarele recomandări:

- în cazul când se prevede un trafic intens și greu pe drumul pentru care s-a proiectat îmbrăcămintea bituminoasă, procentul de liant din mixtura asfaltică se va doza spre limita inferioară, iar vâscozitatea bitumului ales va fi mai mare, pentru a se asigura stabilitatea îmbrăcămintei;

- pentru drumurile cu trafic redus se va adopta în general un dozaj de liant mai ridicat, corectând necesarul rezultat din calcul cu un coeficient supraunitar, în general 1,06...1,07;

- pentru realizarea îmbrăcăminților bituminoase pe autostrăzi se vor efectua încercări speciale privind rugozitatea suprafeței de rulare, precum și studii detaliate asupra calității agregatelor ce intră în compoziția mixturilor asfaltice.

Din experiență rezultă unele observații interesante în legătură cu conținutul de bitum din mixturile asfaltice, dintre care se menționează:

- mărirea conținutului de bitum cu 0,3 % conduce la o mărire a gradului de compactare cu 1 %, pentru același lucru mecanic;

- mărirea procentului de filler cu 1 % conduce la mărirea gradului de compactare cu 0,5...0,7 %;

- se pot folosi agregate cu o granulozitate atât continuă, cât și discontinuă, dar care să asigure o compactitate ridicată. Astfel, de exemplu, lipsa criblurii 3...8, dintr-un amestec de agregate cu dimensiuni până la 16 mm, permite obținerea unei mixturi asfaltice compacte, dacă celelalte agregate sunt bine dozate.

Literatura de specialitate și experimentările efectuate pe drumuri în exploatare arată că nu există soluții universal valabile pentru dozarea mixturilor asfaltice. Dozajul optim trebuie să țină seama neapărat de condițiile de exploatare, în speță de trafic, de zonele climatice, de exigențele utilizatorilor etc. Din această necesitate obiectivă rezultă sarcina de mare răspundere a laboratoarelor rutiere, care trebuie să conlucreze cu proiectanții pentru stabilirea nu numai a grosimii straturilor bituminoase ci și a tipului de mixtură asfaltică, care să se comporte în exploatare în cele mai bune condiții.

2.3. Încercările mixturilor asfaltice

Pentru stabilirea calității mixturilor asfaltice și a îmbrăcăminților bituminoase este necesar a se efectua o serie de încercări de laborator și de teren pe epruvete din mixtură asfaltică preparate în laborator sau preluate din straturile bituminoase executate.

Caracteristicile cele mai importante care se determină sunt:

- conținutul de apă;
- compoziția mixturii asfaltice;
- rezistența la compresiune la 22 și 50 °C;
- coeficientul de termostabilitate;
- reducerea rezistenței la compresiune la 22 °C, după 28 zile de păstrare în apă;

- stabilitatea Marshall;
- indicele de curgere (fluaaj);
- densitatea aparentă;
- absorbția de apă;
- umflarea la 28 zile de păstrare în apă;
- volumul de goluri;
- stabilitatea prin încercare la compresiune triaxială;
- rezistența la întindere, coeziunea și unghiul de frecare internă, determinate prin încercarea braziliană;
- rezistența la rupere prin încovoiere;
- rezistența la pătrundere;
- stabilitatea Hubbard - Field;
- rezistența la oboseală;
- comportarea la deformații plastice cu ajutorul simulatorului de făgașe.

În practica rutieră pe plan mondial se efectuează și alte încercări pentru determinarea caracteristicilor fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice și îmbrăcăminților bituminoase.

2.3.1. Prelevarea probelor și prepararea epruvetelor

Epruvetele supuse încercărilor de laborator pot fi obținute din mixtură asfaltică preparată în laborator sau prelevată, fie la ieșirea din instalațiile de producere a acestora, fie la descărcarea din mijlocul de transport. De asemenea se pot prepara epruvete din carote prelevate din îmbrăcămintea bituminoasă executată. Modul de prelevare a probelor și prepararea epruvetelor este reglementat prin standarde specifice.

Forma epruvetelor poate fi cubică, cilindrică sau prismatică.

Epruvetele sub formă cubică se folosesc pentru următoarele determinări:

- densitatea aparentă;
- absorbția de apă;
- umflarea;
- rezistența la compresiune și coeficientul de termostabilitate.

Epruvetele sub formă cilindrică se folosesc:

- în cadrul încercării Marshall la determinarea stabilității, fluaajului, densității aparente și absorbției de apă;
- pentru încercarea triaxială la determinarea unghiului de frecare internă și a coeziunii;
- la încercarea braziliană pentru determinarea rezistenței la tracțiune și la compresiune.

Epruvetele sub formă prismatică se folosesc la determinările privind flexibilitatea și comportarea la fisurare a mixturilor asfaltice, pe baza valorilor rezistenței la rupere prin încovoiere precum și pentru determinarea comportării la oboseală.

Pentru determinarea caracteristicilor îmbrăcăminților bituminoase se prelevează probe sub formă de plăcuțe sau cilindrice, folosind carotiera. După prelevare, pentru menținerea umidității reale, probele vor fi ambalate corespunzător.

2.3.2. Metode de efectuare a încercărilor mixturilor asfaltice

Conținutul de apă (W) se determină pe epruvete prelevate din îmbrăcămintea bituminoasă executată, prin uscare sau prin metoda de distilare cu solvent. Acesta se exprimă în procente și reprezintă cantitatea de apă raportată la masa inițială a probei.

Compoziția mixturii asfaltice este dată de conținutul de bitum și de agregate naturale, respectiv de granulozitatea acestora din urmă.

Determinarea **conținutului de liant** se face prin diverse metode, principiul general fiind al extragerii bitumului din mixtura asfaltică utilizând un solvent organic.

Se utilizează în mod frecvent următoarele aparate pentru extracție:

- aparate de extracție la rece de tipul centrifugelor (fig. 3 și 4);
- aparatul Soxhlet cu ajutorul căruia se execută extracția la cald a bitumului cu cloroform sau benzen (fig. 5);
- aparatul Shell și varianta sa extractorul Kummagawa (aparate de extracție la cald, care folosesc ca solvenți benzen, toluen sau tricloretilenă).



Fig. 3. Centrifuga de extracție pentru determinarea conținutului de liant.

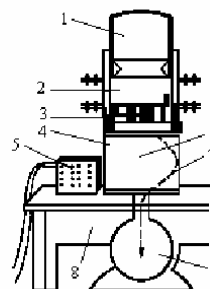


Fig. 4. Centrifuga de extracție cu petrol, tip DC 2.

- 1 – rezervor de petrol; 2 – colector;
3 – extractor; 4 – apărătoare; 5 – alimentator;
6 – motor electric; 7 – tub de evacuare;
8 – masă; 9 – balon de sticlă.

În cazul folosirii centrifugelor de extracție, cantitatea de bitum se calculează cu relația:

$$b = \frac{m_p - m_a}{m_p} 100 \text{ , [\%]} \quad (16)$$

în care: b este conținutul de bitum raportat la masa mixturii asfaltice în %;

m_p – masa probei de mixtură asfaltică, în g;

m_a – masa agregatului total uscat după extracție, în g.

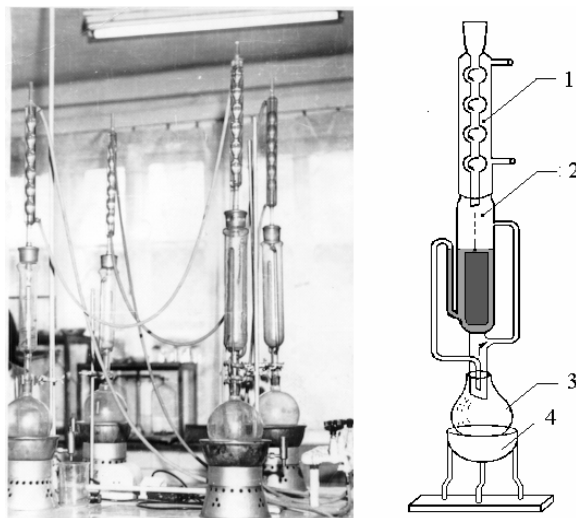


Fig. 5. Aparat Soxhlet pentru extracția la cald.
1 – refrigerent; 2 – extractor; 3 – balon; 4 – baie de apă.

În cazul efectuării extracției cu aparatul Soxhlet, cantitatea de bitum se calculează cu relația:

$$b = \frac{m_b - m_c}{m_p} 100 \quad , [\%] \quad (17)$$

în care: b este conținutul de bitum raportat la masa mixturii asfaltice, în %;

m_b – masa capsulei cu bitum, în g;

m_c – masa capsulei goale, în g;

m_p – masa probei de mixtură asfaltică, în g.

Rezultatul obținut se compară cu procentul de bitum prescris și se stabilesc măsuri de urmat.

Determinarea **granulozității agregatului natural** se face prin cernerea acestuia, după uscare până la masă constantă.

Se cântăresc fracțiunile rămase pe ciururi și site cu o precizie de $\pm 0,1$ g și se calculează granulozitatea în procente, raportată la masa totală a agregatului.

Se calculează curba de granulozitate și se reprezintă grafic.

Se verifică dacă din punct de vedere al compoziției granulometrice, mixtura asfaltică încercată corespunde sau nu, deci dacă s-a obținut o curbă care să se înscrie în zonele de granulozitate recomandate de standardele sau normativele în vigoare.

Rezistența la compresiune se determină pe epruvete de formă cubică sau cilindrică.

Epruvetele se încearcă după 24 h de la preparare, la temperatura de 22°C , respectiv 50°C . Determinarea rezistenței la compresiune se efectuează cu o presă de 50...100 kN (fig.6.6). Viteza de avans a platanului preseii se reglează la 20 mm/min sub

încărcare, pentru mixturi asfaltice executate la cald și la 5 mm/min pentru cele executate la rece.

Rezistența la compresiune este dată de relația:

$$R_c = \frac{N}{A}, [\text{N/mm}^2] \quad (18)$$

în care: R_c este rezistența la compresiune, în N/mm^2 ;

N – încărcarea la rupere, în N;

A – suprafața pe care se aplică încărcarea, în mm^2 ;

În general, rezistența la compresiune pentru betoane asfaltice la 22°C este de minimum $3,0 \text{ N/mm}^2$. În cazul obținerii unor valori mult mai mari sau valori mai mici, se impune studiul amănunțit al cauzelor care le-au determinat. De obicei valori mari se obțin în cazul când bitumul a devenit mai dur (ardere, îmbătrânire etc.). Valorile mai mici se datoresc unui bitum prea moale, unei mixturi asfaltice insuficient compactate, unui dozaj necorespunzător etc.

Rezistențele la compresiune la 22°C (R_{c22}) și 50°C (R_{c50}) servesc pentru calcularea **coeficientului de termostabilitate** al mixturii asfaltice.

Coeficientul de termostabilitate este dat de relația:

$$K_t = \frac{R_{c22}}{R_{c50}} \quad (19)$$

Coeficientul de termostabilitate dă indicații asupra modului cum se comportă stratul bituminos respectiv în exploatare, la temperaturi ridicate și variază între 1,5 și 3,0.

Reducerea rezistenței la compresiune după 28 zile de păstrare în apă a epruvetelor se calculează cu relația:

$$R_{c28} = \frac{R_{cin} - R_{c28}}{R_{cin}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (20)$$

în care: R_{cin} este rezistența la compresiune (la 22°C), în N/mm^2 ;

R_{c28} – rezistența la compresiune (la 22°C), după 28 zile de păstrare în apă, în N/mm^2 .

Se admite o scădere a rezistenței la compresiune după 28 zile de păstrare în apă de maximum 30...35 %. Reducerea mare a rezistenței la compresiune după 28 zile imersare în apă indică prezența substanțelor argiloase în compoziția mixturii asfaltice sau adezivitate insuficientă a liantului la granula minerală.



Fig. 6. Presă pentru determinarea rezistenței la compresiune.

Stabilitatea Marshall servește la stabilirea compoziției optime a amestecurilor asfaltice pentru a se obține o stabilitate corespunzătoare a stratului bituminos sub efectul traficului, la temperaturi ridicate. Aparatul Marshall este arătat schematic în fig. 7. Pentru încercare se folosesc epruvete tip Marshall de formă cilindrică având diametrul 100 mm și înălțimea de 63,5 mm. Principiul încercării constă în determinarea rezistenței la rupere a unei epruvete cilindrice, forța fiind aplicată pe o generatoră. Încercarea se efectuează asupra epruvetei așezate în tipar la o temperatură de 60 °C.

Stabilitatea Marshall este încărcarea, exprimată în kN, atinsă în momentul când se produce ruperea epruvetei.

Indicele de curgere (fluaj) este deformația atinsă de diametrul vertical al epruvetei în momentul ruperii și se exprimă în mm.

Viteza de înaintare a pistonului preseii este de 50 mm/min.

Stabilitatea Marshall minimă, conform STAS 174-1/97, pentru mortare și betoane asfaltice cu agregat mărunț trebuie să aibă valori între 5,0 și 9,0 kN în funcție de clasa tehnică a drumului sau categoria străzii. Pentru betonul asfaltic rugos se recomandă o stabilitate Marshall de 6,5...9,5 kN, iar pentru betoanele asfaltice deschise și betoanele asfaltice cu agregat mare valori între 3,5 și 7,0 kN.

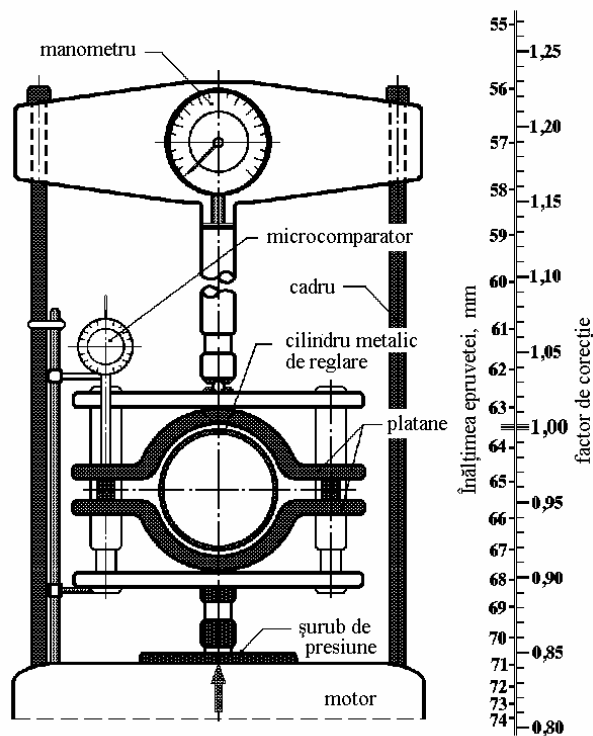


Fig. 7. Aparat Marshall pentru determinarea stabilității amestecurilor asfaltice.

Indicele de curgere (fluaj) poate varia între 1,5 și 4,5 mm. În general, în cazul încercării Marshall împrăștierea rezultatelor este destul de mare.

Densitatea aparentă este masa unității de volum a mixturii asfaltice compactate, inclusiv golurile umplute cu aer și se exprimă în g/cm^3 sau kg/m^3 . Încercarea se poate efectua pe plăcuțe sau carote tăiate din îmbrăcămintea bituminoasă, respectiv pe epruvete preparate în laborator.

Pentru cântăriri se folosește balanța hidrostatică (fig.6.8).

Densitatea aparentă ρ_{ap} se calculează cu relația :

$$\rho_a = \frac{m_u}{m_1 - m_2} \cdot \rho_w, [\text{g/cm}^3] \quad (21)$$

în care: ρ_a este densitatea aparentă a mixturii asfaltice, în g/cm^3 ;

m_u – masa epruvetei cântărită în aer în stare uscată, în g;

m_1 – masa epruvetei cântărită în aer, după o oră de păstrare în apă, în g;

m_2 – masa epruvetei sub apă, în g;

ρ_w – densitatea apei, în g/cm^3 , care se ia practic egală cu 1.

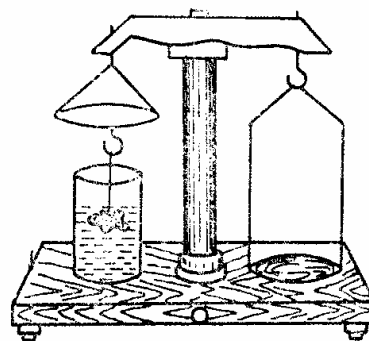


Fig. 8. Balanță hidrostatică.

Densitatea aparentă trebuie să aibă cel puțin valoarea de $2\ 150\ \text{kg/m}^3$ în cazul mortarelor executate la cald și $2\ 250\ \text{kg/m}^3$ în cazul betoanelor asfaltice.

Densitatea aparentă se utilizează la măsurarea gradului de compactare. Gradul de compactare este raportul între densitatea aparentă a probei luată din stratul de îmbrăcămintă bituminoasă și densitatea aparentă determinată pe epruvetele cubice sau cilindrice Marshall din aceeași mixtură asfaltică.

Se recomandă realizarea unui grad de compactare de minimum 96 % pentru stratul de uzură și de legătură.

Absorbția de apă reprezintă cantitatea de apă absorbită de golurile accesibile din exterior ale unei epruvete imersate în apă, timp de trei ore la un vid de 15...20 mm coloană de mercur, apoi două ore în aceeași apă la presiunea normală.

Absorbția de apă se exprimă în procente din volumul sau masa epruvetei încercate.

Aparatura necesară pentru determinarea absorbției de apă este arătată în fig. 9 și constă din pompă de vid, exsicator de vid și vacuometru cu mercur.

Absorbția de apă, în procente volumice, se calculează cu relația:

$$A_v = \frac{m_3 - m_u}{m_1 - m_2} \cdot 100 \quad [\%] \quad (22)$$

în care: A_v este absorbția de apă, raportată la volumul epruvetei, în % ;

m_3 – masa epruvetei cântărită în aer, în g, după ce a fost menținută trei ore la presiunea atmosferică;

m_u – masa epruvetei uscate, cântărită inițial în aer, în g;

m_1 – masa epruvetei cântărită în aer, în g, după ce a fost menținută timp de o oră în apă;

m_2 – masa epruvetei cântărită sub apă, în g, după ce a fost menținută o oră sub apă;

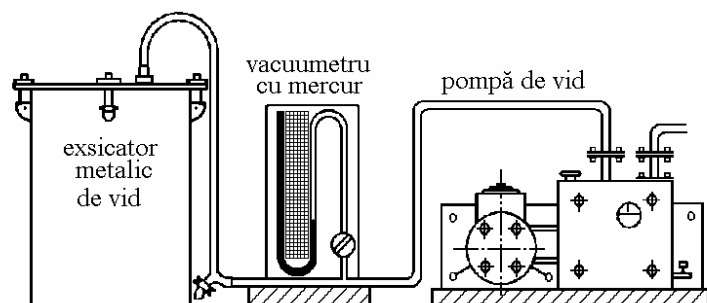


Fig. 9. Aparatură pentru determinarea absorbției de apă.

Valorile absorbției de apă trebuie să fie de 2...5 % pentru mortare asfaltice executate la cald, 2...6 % pentru betoane asfaltice bogate în criblură, 4...7 % pentru betoane asfaltice rugoase și 3...8 % pentru betoane asfaltice deschise.

O absorbție mare de apă, indică o compactare insuficientă, o execuție în condiții nefavorabile sau o lipsă de bitum. În aceste cazuri, sectoarele respective vor fi ținute sub observație și se vor lua măsuri pentru etanșarea lor prin unul din procedeele consacrate. Absorbția de apă determinată pe epruvetele Marshall trebuie să aibă valori între 2...5 %.

Pentru drumurile și străzile din clasele tehnice II și III se recomandă ca absorbția de apă să tindă spre valori maxime.

Umflarea se exprimă prin cantitatea de apă absorbită de componenții agregatului natural sensibili la apă în timpul menținerii epruvetei din mixtură asfaltică în apă, la temperatura ambiantă, timp de 28 zile (în cazuri speciale 3 zile).

Scopul determinării umfării constă în stabilirea influenței nefavorabile a unor componenți din agregate, sensibili la umflare, cum ar fi de exemplu argila.

Umflarea se exprimă în procente și este dată de relația :

$$U = \frac{V_2 - V_1}{V} \cdot 100 \quad [\%] \quad (23)$$

în care: U este umflarea, în % ;

V_2 – volumul epruvetei după 28 zile de păstrare în apă, în cm^3 ;

V_1 – volumul inițial al epruvetei după determinarea absorbției de apă în vid, în cm^3 ;

V – volumul epruvetei după o oră păstrare în apă, în cm^3 .

Valorile maxime admise ale umflării sunt de 2 %.

Volumul de goluri al epruvetelor cubice, cilindrice sau plăcilor tăiate din îmbrăcăminte se obține prin calcul pe baza densității și a densității aparente determinate în prealabil.

Densitatea mixturilor asfaltice se poate calcula cunoscând compoziția mixturii asfaltice, densitatea aparentă a agregatelor și densitatea bitumului, cu relația :

$$\rho = \frac{m+b}{\frac{m}{\rho_a} + \frac{b}{\rho_b}} = \frac{100}{\frac{m}{\rho_a} + \frac{b}{\rho_b}} \quad [\text{g/cm}^3] \quad (24)$$

în care: ρ este densitatea mixturii asfaltice, în g/cm^3 ;
 m – conținutul de agregate al mixturii asfaltice, în % ;
 b – conținutul de bitum al mixturii asfaltice, în % ;
 100 – masa mixturii asfaltice ($m + b$), în g ;
 ρ_a – densitatea aparentă a agregatelor, în g/cm^3 ;
 ρ_b – densitatea bitumului, în g/cm^3 ;

Volumul de goluri se calculează cu relația :

$$V_g = \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho}\right) \cdot 100 \quad [\%] \quad (25)$$

în care: V_g este volumul de goluri al mixturii asfaltice compactate, în procente din volumul epruvetei;

ρ_a – densitatea aparentă a mixturii asfaltice compactate, în g/cm^3 ;
 ρ – densitatea mixturii asfaltice, în g/cm^3 ;

Volumul de goluri permite clasificarea mixturilor asfaltice în compacte și deschise și reprezintă o caracteristică importantă în aprecierea calității îmbrăcăminților bituminoase atât din punct de vedere al rezistenței la oboseală cât și al modului de comportare la acțiunea apei.

Stabilitatea Hubbard – Field reprezintă sarcina la care o epruvetă cilindrică începe să curgă printr-un orificiu calibrat cu diametrul mai mic decât al epruvetei.

În fig. 6.10 se prezintă schematic aparatul Hubbard - Field.

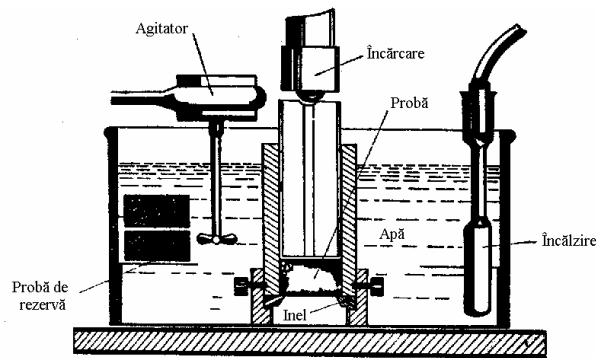


Fig. 10. Aparat Hubbard - Field.

Determinarea se execută la 18°C și 60°C , la o viteză de deformare de 1 mm/s .

Se folosesc două tipuri de epruvete cilindrice, și anume:

- epruvete cu diametrul 50,9 mm și înălțimea de 25,4 mm, pentru mixturi asfaltice cu dimensiunea maximă a granulelor sub 16 mm și un conținut de granule peste 2 mm, sub 35 %;

- epruvete cu diametrul de 152,4 mm și înălțimea de 75 mm, pentru mixturi asfaltice cu dimensiunea maximă a granulelor peste 16 mm și cu un conținut de granule peste 2 mm, mai mare de 35 %.

Pentru mortare asfaltice se recomandă următoarele valori ale stabilității Hubbard - Field:

- la 18 °C, valori între 3 000 și 4 000 daN;
- la 60 °C, valori între 1 000 și 1 800 daN;

Încercarea Hubbard - Field se efectuează din ce în ce mai rar în laboratoarele noastre.

Stabilitatea prin încercarea la compresiune triaxială este caracterizată prin unghiul de frecare interioară și coeziune. Aceste caracteristici se determină în condiții speciale de menținere a unei epruvete cilindrice la o presiune laterală constantă, în timp ce se aplică o încărcare verticală suplimentară pentru a produce ruperea epruvetei. Aparatura de încercare este prezentată în fig. 11.

La încercarea probelor din mixtură asfaltică se disting două faze :

- fluajul, care se realizează prin menținerea constantă timp de 20...30 min sau câteva ore a presiunii laterale σ_3 , respectiv a celei verticale σ_1 , înregistrându-se deformația verticală în funcție de timp;
- ruperea, care se obține prin creșterea continuă, cu viteză constantă, a presiunii verticale în condițiile menținerii constante a presiunii laterale.

Atât în cazul încercării la fluaj cât și a celei la rupere se calculează :

- deformația specifică ε :

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h} \cdot 100 \quad [\%] \quad (26)$$

în care: h este înălțimea inițială a epruvetei, în mm ;

Δh – scurtarea epruvetei, în mm ;

- treapta de deformație specifică $\Delta \varepsilon$ corespunzătoare unui anumit interval de timp (diferența dintre deformația specifică la timpul final, ε_f și deformația specifică la timpul inițial, ε_i):

$$\Delta \varepsilon = \varepsilon_f - \varepsilon_i \quad [\%] \quad (27)$$

- viteza de deformație a epruvetei v ;

$$v = \frac{\Delta \varepsilon}{\Delta t} \quad [s^{-1}] \quad (28)$$

- înălțimea modificată a epruvetei h_m :

$$h_m = h - \Delta h \quad [mm] \quad (29)$$

– aria modificată a bazei epruvetei A_m , la un moment dat al încercării, considerând volumul epruvetei constant V :

$$A_m = \frac{V}{h - \Delta h} \quad [\text{mm}^2] \quad (30)$$

– efortul unitar σ_l :

$$\sigma_l = \frac{P + G}{A_m} + \sigma_3 \quad [\text{N/mm}^2] \quad (31)$$

în care: P este forța citită pe cadranul preseii, în N ;

G – greutatea pistonului și a capului de încărcare, în N;

– modulul de elasticitate secant E_s :

$$E_s = \frac{\sigma_l}{\varepsilon} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (32)$$

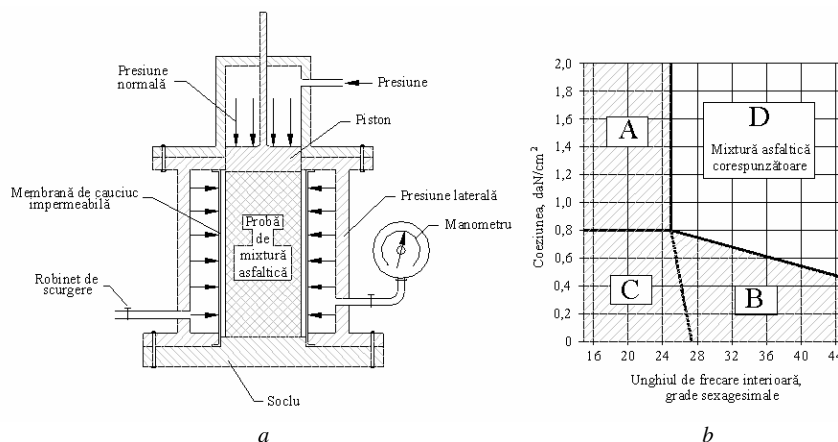


Fig. 11. Determinarea coeziunii și a unghiului de frecare interioră:
a – aparat triaxial; b – diagramă propusă de Asphalt Institute pentru mixturi asfaltice.

Având în vedere valorile σ_3 și σ_l se poate construi cercul lui Mohr pentru o încercare. Este nevoie de cel puțin trei sau cinci epruvete încercate în aceleași condiții de temperatură, dar cu σ_3 diferit, pentru a se putea obține valorile unghiului de frecare interioră φ , respectiv ale coeziunii C pentru mixtura asfaltică supusă încercării.

Pentru caracterizarea comportării mixturilor asfaltice se poate folosi diagrama din fig. 11, dată de Asphalt Institute.

Zona A cuprinde mixturile asfaltice cu o frecare interioră mică, zona B definește mixturile asfaltice la care coeziunea este insuficientă, iar în zona C se încadrează mixturile asfaltice care sunt nesatisfăcătoare atât din punct de vedere al frecării interioare cât și al coeziunii. Zona D cuprinde zona mixturilor asfaltice corespunzătoare a căror coeziune este peste $1,0 \text{ daN/cm}^2$, iar unghiul de frecare interioră variază de la 28° la 44° .

Rezistența la oboseală a îmbrăcăminților bituminoase caracterizează modul de comportare a acestora sub efectul încărcărilor alternative la care sunt supuse prin acțiunea traficului. Determinarea rezistenței la oboseală se efectuează în laborator prin supunerea epruvetelor la o deformare sinusoidală neîntreruptă până în momentul ruperii.

În fig. 12 este prezentată schema încercării.

O epruvetă în formă de trunchi de piramidă S cu baza mare încastrată este supusă prin intermediul bazei mici la solicitări sinusoidale prin încovoiere cu ajutorul vibratorului V .

Vibratorul este alimentat de către generatorul G prin intermediul unui programator P . Se înregistrează deformarea și forța aplicată asupra epruvetei. Parametrii încercării sunt :

- temperatura de încercare $10...30^{\circ}\text{C}$;
- deformarea relativă $10^{-5} \dots 5 \times 10^{-4}$;
- frecvența $0,05...50 \text{ Hz}$;
- încărcarea $4...20 \text{ daN/cm}^2$;

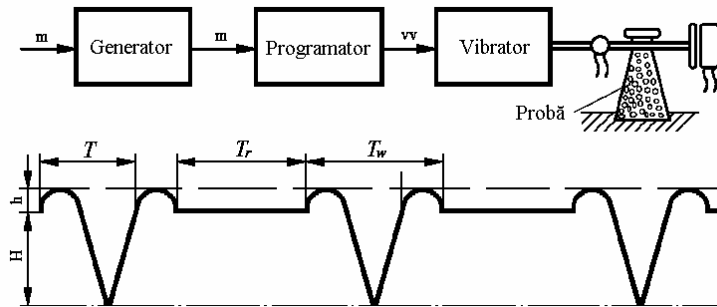


Fig. 12. Schemă pentru determinarea rezistenței la oboseală:

T – perioada de bază, $0,02 \text{ s}$; T_w – timp de solicitare, $1/2$ ciclu; T_r – timp de repaus;
 H – amplitudinea efortului principal; h – amplitudinea efortului secundar.

S-a constatat experimental că prin intercalarea pe parcursul încercării a unor timpi de pauză (repaus), epruvetele au suportat un număr mai mare de cicluri de încărcare înainte de rupere, datorită fenomenului de autoreparare.

Rezistența la oboseală este definită prin numărul de cicluri de solicitări N pe care le suportă epruveta din mixtură asfaltică înainte de a se rupe. Încercarea se poate efectua la efort constant sau la deformare constantă.

Experiențele efectuate în diferite laboratoare arată că legea care guvernează fenomenul de oboseală a mixturilor asfaltice la solicitări sinusoidale prin încovoiere se poate scrie sub forma :

$$N = K \left(\frac{1}{\varepsilon} \right)^n \quad (33)$$

în care: N este numărul de cicluri de solicitări până la rupere;

ε – deformarea relativă;

n – exponent care are valoarea în jur de 6 (mai mare pentru bitum dur și mai mic pentru bitum moale);

K – coeficient global care depinde de compoziția mixturii asfaltice și de condițiile de experimentare.

În scopul studierii rezistenței la **deformații permanente** a îmbrăcăminților bituminoase sub efectul traficului greu, deformații care generează fâgașe, laboratoarele de specialitate au pus la punct o încercare mai directă care să fie cât mai apropiată de condițiile reale de solicitare și în acest scop a fost creat simulatorul de fâgașe (fâgașoscopul).

Aparatul este prezentat în fig. 13. și permite testarea în laborator a comportării mixturilor asfaltice. Probele sunt supuse efectului trecerii pneurilor, în condiții de încărcare și presiune similare solicitărilor provocate de vehiculele grele la temperatura de 60 °C pentru mixtura asfaltică destinată stratului de uzură și 50 °C pentru mixtura asfaltică destinată stratului de legătură, ceea ce conduce la o deformație permanentă, după cum se vede în fig. 14.



Fig. 13. Simulatorul de fâgașe.

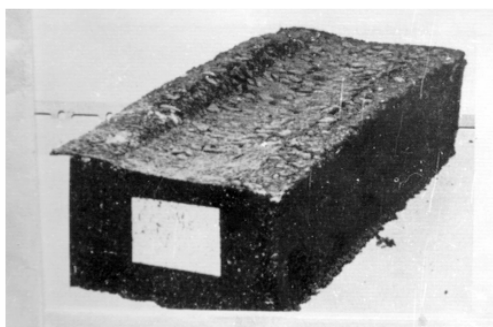


Fig. 14. Deformația tip fâgaș pe epruvetă.

Relevul adâncimii acestei amprente, sau adâncimea fâgașului, în funcție de numărul de treceri permite caracterizarea mixturilor asfaltice din punct de vedere al rezistenței la formarea fâgașelor.

Din valorile măsurate se obține curba evoluției fâgașului în funcție de numărul de cicluri, reprezentată în general printr-o relație de forma :

$$\lg y = A + B \lg N \quad (34)$$

în care: y este adâncimea fâgașului la un număr de N cicluri;

N – numărul de cicluri corespunzător fâgașului y ;

A și B sunt constante care depind de compoziția mixturilor asfaltice supuse experimentării.

În ceea ce privește mărimea fâgașelor măsurată pe partea carosabilă a drumului, specialiștii consideră valabile următoarele concluzii:

- fâgașele de 5...6 mm adâncime sunt resimțite numai de traficul de mare viteză;
- fâgașele mai adânci de 10 mm deranjează circulația;
- fâgașele de 30...40 mm adâncime sunt periculoase și pentru traficul lent.

În cazul în care adâncimea fâgașelor depășește 20 mm se consideră necesar a se studia cauzele care au determinat apariția lor, în funcție de care se vor aplica măsuri de remediere specifice (refacerea îmbrăcăminte, ranforsarea structurii rutiere).

Rezistența la întindere R_t a mixturilor asfaltice se determină prin încercarea braziliană, pe epruvete cilindrice, conform schemei din fig. 15, la temperatura de 22 °C.

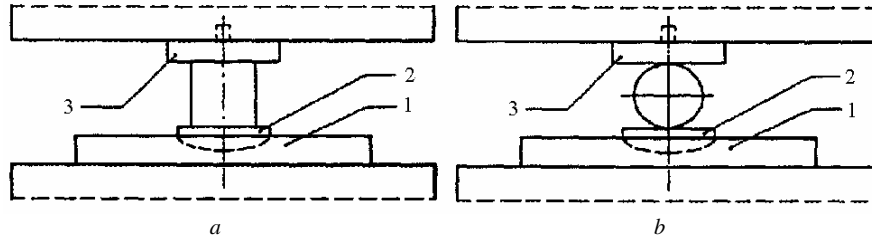


Fig. 15. Schema încercării braziliene.

1 – suport; 2 – piesă de rezemare; 3 – piesă de presare.

Aceasta se calculează cu relația :

$$R_t = \frac{2F}{\pi \cdot d \cdot h} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (35)$$

în care: F este sarcina de rupere a epruvetelor, în N ;

d – diametrul epruvetelor, în mm ;

h – înălțimea epruvetelor, în mm ;

Datele obținute în cadrul încercării braziliene permit de asemenea calculul coeziunii C și a unghiului de frecare interioară ϕ .

$$C = \frac{1}{2} \sqrt{R_c R_t} \quad , [\text{N/mm}^2] \quad (36)$$

$$\text{tg } \phi = \frac{R_c - R_t}{2R_c R_t} \quad (37)$$

în care R_c este rezistența la compresiune pe cilindri, la 22 °C.

Rezistența la rupere prin încovoire se determină pe epruvete prismatice, la temperatura de 10 °C, prin încărcarea acestora cu o forță concentrată, plasată la mijlocul deschiderii, până la ruperea probei (fig.6.16). Viteza de încărcare este de 20 mm/min.

Rezistența la rupere prin încovoire R_i , se calculează cu relația:

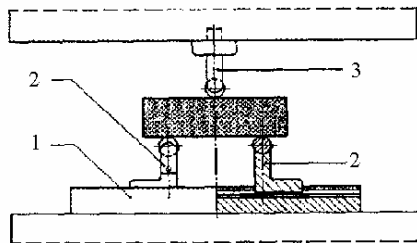


Fig. 16. Schema încercării la încovoire.

1 – suport; 2 – piese de rezemare; 3 – poanson.

$$R_i = \frac{3}{2} \cdot \frac{l}{bh^2} N \quad , [\text{N/mm}^2] \quad (38)$$

în care: N este sarcina de rupere a epruvetelor, în N ;

l – distanța între reazeme, în mm ;

b – lățimea epruvetei, în mm ;
 h – înălțimea epruvetei, în mm.

Rezistența la pătrundere se determină prin măsurarea adâncimii de pătrundere în masa unei epruvete cubice (preparată în laborator sau tăiată din îmbrăcăminte), a unui poanson de anumite dimensiuni, în condiții determinate de sarcină, durată și temperatură. Aceasta se determină pentru mixturi asfaltice de tipul asfaltului turnat.

2.4. Producerea, transportul și punerea în operă a mixturilor asfaltice

2.4.1. Producerea mixturilor asfaltice

Mixturile asfaltice se prepară în instalații mecanice speciale numite fabrici de asfalt sau fabrici de mixturi asfaltice, foarte diversificate ca tipuri și capacitate de producție, având dispozitive de predozare, uscare (pentru tehnologie la cald), dozare a materialelor componente și dispozitivul de malaxare forțată. De asemenea, instalația poate fi completată cu buncăre de depozitare termoizolate pentru stocarea pe termen limitat a mixturilor asfaltice produse, înainte de a fi livrate șantierelor. Productivitatea acestora se înscrie într-o gamă foarte largă de valori, de la 7 t/h până la 500 t/h sau chiar mai mult (1 000 t/h).

Producerea mixturilor asfaltice se poate face prin tehnologii “la cald” sau “la rece”, în funcție de liantul utilizat în compoziția acestora.

Procesul tehnologic de fabricare a *mixturilor asfaltice la cald* cuprinde următoarele faze: predozarea agregatelor, încălzirea lor, dozarea și amestecarea la temperaturi ridicate a agregatelor cu bitumul în malaxor.

În fig. 17 este prezentată o fabrică de mixturi asfaltice. În predozatoare se realizează predozarea agregatelor care se ridică în pâlnia de alimentare a uscătorului cu o bandă transportoare. În uscător are loc încălzirea agregatelor în contracurent cu ajutorul gazelor calde de ardere produse de flacăra unui injector și desprăfuirea lor cu un ciclon de desprăfuire; de aici, cu elevatorul pentru materiale calde, agregatele trec pe sitele vibratoare care resortează agregatele calde, apoi se depozitează pe sorturi și se cântăresc. Agregatele cântărite trec într-un cântar-malaxor unde se adaugă filerul 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 gata preparată este ridicată cu ajutorul unui schip și depozitată în buncărul de mixtură de unde este descărcată direct în autobasculante.

Predozarea agregatelor asigură alimentarea continuă și regulată a instalației de producere a mixturii asfaltice. În cazul utilizării mai multor sorturi de agregate diferite, care trebuie să fie amestecate în anumite proporții, predozatoarele asigură alimentarea în proporțiile necesare și constante a instalației cu agregatele respective.

În general, predozatoarele sunt constituite din buncăre alimentatoare prevăzute la partea inferioară cu un dispozitiv de reglare, care permite scurgerea unei cantități constante a sortului respectiv din buncăr. Transportul amestecului de agregate se efectuează cu ajutorul benzii transportoare, în mod continuu și în cantitate constantă. Predozatoarele (fig. 18) sunt prevăzute cu vibratoare, care asigură debitul constant și ușurează evacuarea agregatelor fine (nisipuri) care au tendința, când sunt umede, să formeze o boltă în predozator.

Predozatoarele se reglează în funcție de dozajele stabilite pentru tipul de mixtură care urmează să fie fabricat.

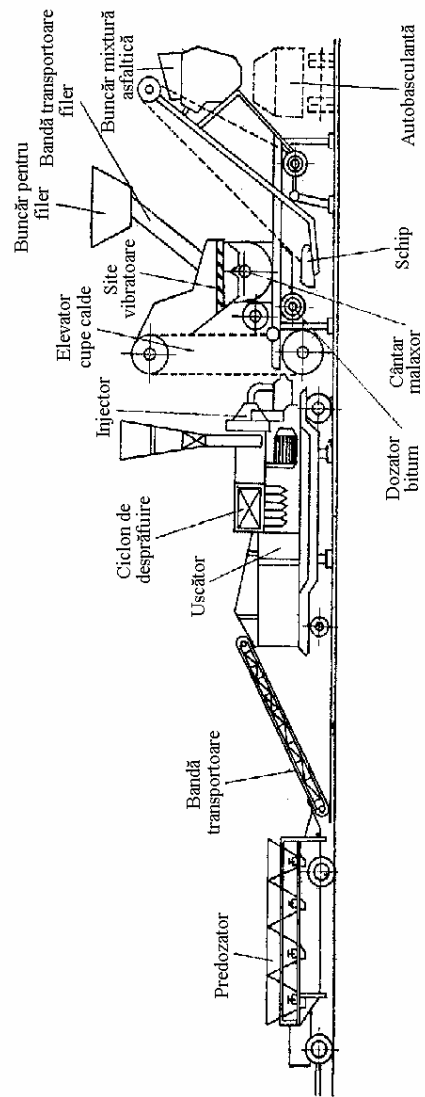
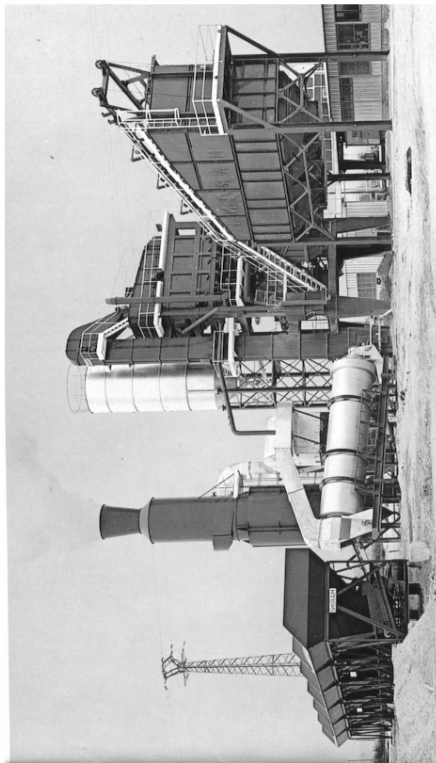


Fig. 17. Fabrică de mixturi asfaltice.



Fig. 18. Predozatoare.

Predozatoarele trebuie supravegheate și controlate atent, întrucât se pot deregla foarte ușor. Cauzele cele mai frecvente ale dereglării sunt:

- umiditatea nisipurilor, care conduce la variația dozajului de nisip, datorită fenomenului de umflare. Se va verifica în acest caz umiditatea și se va regla din nou predozatorul;
- obturarea deschizăturii predozatorului, datorită colmatării cu agregate sau prin blocarea cu agregate de dimensiuni mari, ceea ce conduce la reducerea debitului de alimentare.

Uscarea, încălzirea și desprăfuirea agregatelor sunt operații deosebit de importante, întrucât pentru a realiza o bună anrobare cu bitum a acestora este necesar ca ele să aibă o temperatură corespunzătoare, astfel încât liantul cald la contactul cu agregatul să nu se răcească ci să rămână fluid pentru a anroba cât mai uniform toate granulele.

Din buncărul de depozitare, agregatele sunt ridicate cu elevatorul cu cupe reci și trecute în uscător (fig. 6.19).

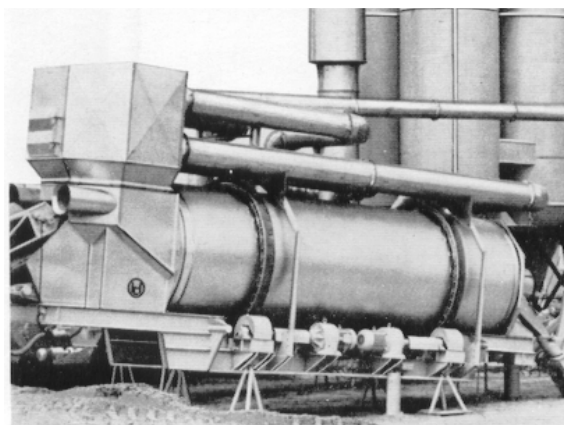


Fig. 19. Uscător pentru uscarea și încălzirea agregatelor.

Uscătorul are o formă cilindrică, fiind ușor înclinat (cca 6°), executat din oțel și prevăzut cu dispozitiv pentru încălzire. Tamburul uscător se rotește continuu în jurul axului său, permițând înaintarea agregatelor și uniformizarea temperaturii.

Uscătorul este prevăzut cu un injector în contracurent asigurând astfel un schimb eficient de căldură.

Agregatele se încălzesc străbătând uscătorul, în contracurent cu gazele calde de ardere. Tirajul este asigurat cu ajutorul ventilatoarelor. În interior, uscătorul are palete, care permit ridicarea agregatelor pe care le lasă apoi să cadă străbătând curentul de gaze calde.

Dimensiunile uscătorului depind evident de capacitatea instalației. Tendințele actuale moderne tind spre mărirea diametrului uscătorului și nu a lungimii lui. Rotirea uscătorului este asigurată prin dispozitive adecvate.

Temperatura agregatelor la ieșirea din uscător trebuie să fie cuprinsă între 165 și 190 °C, întrucât în malaxor se adaugă filerul rece, iar temperatura după amestecarea cu filerul trebuie să aibă valori între 150 și 170 °C.

Uscarea agregatelor 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;
- granulozitatea lor;
- temperatura necesară pentru anrobare.

Parametrii asupra cărora se acționează sunt durata menținerii agregatelor în uscător, reglarea injectorului și debitul de aer.

Măsurători efectuate arată că dacă umiditatea agregatelor crește de la 6 % la 12 %, productivitatea uscătorului scade la 50 %.

În aceste condiții, consumul de combustibil variază de asemenea în limite largi în funcție de tipul instalației, putând crește de la 8 kg/t în cazul agregatelor uscate, la 16 kg/t pentru agregatele ude. În consecință, este necesar să se lucreze cu agregate cu umiditate cât mai mică, pentru a avea un consum cât mai scăzut de combustibil.

Gazele calde antrenează cu ele o parte a elementelor fine din agregate. Pentru a evita poluarea, gazele trec printr-o instalație de desprăfuire.

La ieșirea din uscător agregatele sunt preluate de elevatorul cald și conduse la un siloz, care poate fi prevăzut cu instalații de sortare și dozare. Elevatorul cald este acoperit pentru a evita pierderile de căldură și pierderea particulelor fine.

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

Sortatorul–dozator are ca scop ciuruirea agregatelor calde, separându-se pe fracțiuni și reconstituind astfel un amestec perfect dozat. Acesta este format din mai multe ciururi, care permit sortarea fracțiunilor.

Agregatele calde cântă-rite de către sortatorul–dozator sunt introduse în malaxor. Se adaugă filerul rece, căutând să se realizeze o cât mai bună omogenizare a agregatelor (cribluri, nisip) cu filerul. Apoi se adaugă liantul (bitumul) fierbinte la temperatura de 150...170 °C și se continuă amestecarea.

Bitumul este livrat cald de la rafinării și depozitat în bataluri sau în cisterne mobile (tancuri de bitum). Pentru malaxare, bitumul trebuie încălzit la temperatura de 150...170 °C pentru a i se asigura o vâscozitate scăzută. Temperaturile recomandate pentru anrobarea agregatelor sunt 150...170 °C pentru bitumul D80/120 și 165...170 °C pentru bitumul mai dur (D40/50).

Filerul este dozat cu ajutorul dozatorului de filer prin cântărire, iar bitumul poate fi dozat gravimetric sau volumetric.

Malaxoarele cele mai răspândite sunt cele cu ax orizontal prevăzute cu palete (fig. 6.20). S-au studiat formele cele mai adecvate ale cuvei malaxorului, forma și înclinarea paletelor, astfel ca să se efectueze o cât mai bună amestecare a agregatelor cu bitum. Paletele trebuie să poată fi înlocuite ușor, pe măsura uzării lor. Malaxoarele cu ax vertical sunt folosite mai ales pentru amestecarea agregatelor 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 agregatelor cu bitum. O malaxare insuficientă conduce la o repartitie eterogenă a liantului. O malaxare prea intensă nu îmbunătățește anrobarea, dar micșorează randamentul instalației.

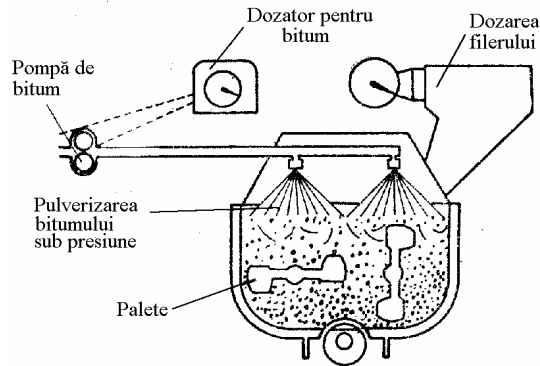


Fig. 20. Malaxor pentru mixtură asfaltică.

Încălzirea agregatelor și a bitumului la temperaturi foarte ridicate (peste 200 °C) trebuie evitată, la fel ca și încălzirea prelungită a bitumului sau reîncălzirea aceleiași cantități de bitum de mai multe ori, 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 punctul de punere în operă. Temperatura mixturii asfaltice livrate de fabrica de asfalt trebuie să fie de 140...170 °C, în funcție de temperatura atmosferică, distanța de transport, tipul acesteia etc.

La fabricile de asfalt în flux continuu, malaxorul funcționează în permanență, atât agregatele cât și bitumul fiind introduse în malaxor în permanență, pe măsura necesarului. La fabricile în flux discontinuu, încărcarea malaxorului se face succesiv, mixtura asfaltică fiind preparată în șarje.

Productivitatea instalațiilor de producere a mixturilor asfaltice se calculează cu relația:

$$P = n \cdot q \cdot k_t \quad [\text{t/h}] \quad (39)$$

în care:

P este productivitatea fabricii, în t/h;

n – numărul de șarje pe oră $\left(n = \frac{60}{t} \right)$;

t – timpul necesar unei șarje, în min;

q – masa unei șarje, în t;

k_t – indicele de utilizare a instalației, în general egal cu 0,85.

Fabricile de asfalt în flux discontinuu sunt recomandate pentru șantiere unde se lucrează cu mixturi asfaltice diferite, acolo unde uneori dozajele se schimbă de două sau mai multe ori pe zi.

Fabricile de asfalt în flux continuu sunt mai robuste și se recomandă mai ales pentru șantiere unde se prepară același tip de mixtură asfaltică în cantități mari.

Fabricile de asfalt performante, aflate actualmente în dotarea societăților de drumuri sunt automatizate și informatizate, astfel că întreg procesul tehnologic este supravegheat cu ușurință, orice dereglaj al instalației putând fi semnalat în vederea efectuării intervențiilor necesare.

În vederea realizării unor mixturi asfaltice de bună calitate, în conformitate cu prevederile proiectului și a dozajelor elaborate de un laborator de specialitate, un rol deosebit de important revine **controlului procesului tehnologic**, care trebuie să urmărească în permanență: calitatea materialelor, funcționarea instalațiilor și a utilajelor, calitatea mixturilor asfaltice.

Controlul materialelor trebuie să se facă la primirea lor pe șantier, în conformitate cu standardele în vigoare, de către laboratorul de șantier.

Pentru criblurile aprovizionate (sorturile 3–8; 8–16; 16–25) se efectuează următoarele încercări:

- determinarea granulozității;
- determinarea formei granulelor;
- verificarea conținutului de impurități.

Pentru nisip, pietriș și balast, pe lângă determinarea granulozității, se mai verifică în plus conținutul de substanțe humice.

În cazul unor materiale livrate care nu corespund condițiilor tehnice se va proceda conform legislației în vigoare, urmărindu-se perseverent ca în nici un caz să nu fie introduse în procesul tehnologic, întrucât cu materiale de proastă calitate nu se pot executa mixturi asfaltice corespunzătoare.

Filerul va fi controlat pe fiecare lot livrat determinându-se finețea și umiditatea, luându-se măsuri pentru a fi depozitate în condiții adecvate, în magazii acoperite, ferit de ploi și alte intemperii.

Bitumul este de regulă controlat la rafinării, dar totuși este necesar să fie verificat pe șantier fiecare lot de bitum livrat, determinându-se penetrația și punctul de înmuiere. De asemenea, se efectuează verificarea adezivității lui față de agregatele care au fost aprovizionate pe șantier.

Controlul materialelor aprovizionate trebuie efectuat cu deosebită exigență de către un personal calificat și conștiincios, sub directă supraveghere a șefului de șantier, care răspunde moral și material de calitatea lucrărilor executate.

Controlul funcționării instalațiilor și a utilajelor trebuie să fie organizat și efectuat în cele mai bune condiții, întrucât chiar cu cele mai bune materiale nu se poate realiza o mixtură asfaltică de bună calitate, decât cu condiția funcționării ireproșabile a instalațiilor și a utilajelor.

Controlul vizează următoarele obiective mai importante:

- **urmărirea funcționării corecte a predozatoarelor** pentru asigurarea alimentării constante a instalației cu agregatele necesare;
- **reglarea injectorului** astfel încât să se realizeze temperaturile prescrise în uscător, concomitent cu arderea completă a combustibilului. O reglare incorectă a injectorului conduce la variații de temperatură mari în uscător, putându-se astfel obține șarje de agregate cu temperaturi foarte ridicate (peste 200 °C) care pot duce la arderea

bitumului în malaxor, sau șarje de agregate cu temperaturi scăzute (sub 150 °C), pe care nu se realizează peliculizarea corectă a bitumului și anrobarea în malaxor;

- **controlul temperaturii agregatelor** la ieșirea din uscător se face prin măsurarea directă cu termometrul a temperaturii agregatelor, sau cu ajutorul logometrelor, care permit citirea continuă a temperaturilor realizate;

- **controlul granulozității** agregatelor la ieșirea din uscător se efectuează de către laboratorul de șantier, verificându-se dacă predozatoarele funcționează corect și dacă se respectă dozajul recomandat de laborator;

- **temperatura bitumului** se măsoară fie cu termometrul, fie cu ajutorul logometrelor. Se controlează de asemenea etanșeitatea circuitului bitumului evitându-se orice pierderi de căldură pe conducte sau eventuale scurgeri de bitum;

- **controlul funcționării cântarelor** trebuie să asigure dozarea corectă a agregatelor, filerului și bitumului. Aceste verificări se fac zilnic, urmărindu-se astfel o dozare cât mai corectă a tuturor componentelor mixturii asfaltice. Se înțelege de la sine că o funcționare incorectă a dispozitivelor de cântărire conduce la erori mari în ceea ce privește compoziția finală a mixturii asfaltice produse de instalație;

- **controlul funcționării malaxorului** se efectuează verificând vizual modul de anrobare a tuturor granulelor care intră în compoziția mixturii asfaltice. În general, timpul de malaxare este de 1,0...1,5 min. Se controlează de asemenea periodic starea malaxorului, paletele uzate urmând să fie înlocuite;

- **controlul temperaturii mixturii asfaltice la ieșirea din malaxor** asigură livrarea unui material la temperatura optimă, ceea ce permite așternerea și punerea lui în operă în condiții de calitate corespunătoare;

- **se controlează funcționarea corectă a buncărului** de depozitare a mixturii asfaltice, care trebuie să asigure descărcarea rapidă a acestuia în autobasculante. Se verifică dacă autobasculantele sunt curate, în caz contrar acestea se curăță și se stropesc cu lapte de var pentru a evita lipirea mixturii asfaltice pe pereții autobasculantei.

Controlul calității mixturii asfaltice produse este efectuat de către laboratorul de șantier, care execută analiza mixturii asfaltice, determinând conținutul de bitum și granulozitatea agregatului.

Controlul conținutului de liant permite să se constate dacă s-au respectat întocmai dozele prescrise pentru mixturile asfaltice și concomitent, în cazul unor abateri de la dozaj, să se ia imediat măsuri de corectare, verificând atent modul de funcționare a instalației și în special a dispozitivelor de cântărire.

Rolul laboratorului de șantier este foarte important întrucât permite verificarea producției realizate din punct de vedere al compoziției exacte a mixturii asfaltice și concomitent poate și trebuie să intervină pentru corectarea oricăror anomalii în scopul asigurării producerii unei mixturi asfaltice la parametrii proiectați.

Ceea ce se poate reproșa actualei organizări a controlului și în special a verificării conținutului de bitum este desigur faptul că o extracție durează mai multe ore și că rezultatele nu se pot obține imediat. În etapa actuală atât la noi în țară cât și în alte țări, aceste verificări nu au atins gradul de operativitate necesar astfel încât să se poată determina în câteva minute conținutul de liant și granulozitatea agregatelor componente ale mixturii asfaltice, în scopul efectuării în timp util a corecturilor necesare.

În concluzie se poate spune că, efectuând cu atenție controlul în toate fazele procesului tehnologic și intervenindu-se operativ pentru respectarea prescripțiilor tehnice se obține o mixtură asfaltică de bună calitate, care oferă executantului garanția unor straturi bituminoase cu o durată mare de exploatare.

2.4.2. Transportul și așternerea mixturilor asfaltice

Transportul mixturilor asfaltice se realizează cu ajutorul autobasculantelor. Pe timp nefavorabil se recomandă acoperirea bunei 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 termoizolate sau prevăzute cu dispozitive de încălzire.

Este necesar să existe un număr suficient de mașini pentru transportul continuu al mixturilor la așternere.

Așternerea mixturilor asfaltice pe stratul suport se face cu ajutorul unor utilaje speciale numite repartizatoare-finisoare, a căror productivitate trebuie să fie corelată cu capacitatea de producție a instalației de preparare.

În cazuri excepționale și pentru suprafețe mici se admite ca mixtura asfaltică să fie așternută manual, folosindu-se unelte simple ca: șabloane, greble, lopeți, dreptare pentru verificare etc.

Înainte de așternere se pregătește cu atenție stratul suport executându-se următoarele operații mai importante:

- repararea corespunzătoare a tuturor defecțiunilor existente, folosindu-se tehnologiile adecvate;
- curățarea cu deosebită grijă a 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 $0,3...0,5 \text{ kg/m}^2$ bitum pur (rezidual).

Lucrările se întrerup pe ploaie sau când temperatura mediului ambiant este sub $+ 5^\circ\text{C}$.

Temperatura mixturilor la așternere va fi de minimum 130°C , iar pentru cele ruгоase de minimum 145°C .

În fig. 21 este prezentat un repartizator-finisor pentru mixturi asfaltice.

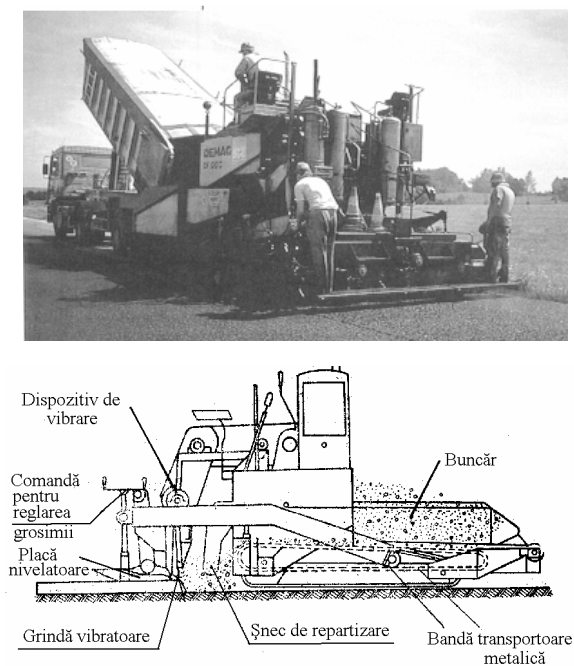


Fig. 21. Repartizator-finisor.

În principiu, un repartizator-finisor este format din: șasiu automotor pe șenile, un buncăr în care se descarcă autobasculantele, un alimentator construit dintr-o bandă transportoare metalică, două șnecuri pentru repartizarea mixturii pe lățimea benzii de executat, o grindă metalică vibratoare pentru realizarea precompactării și o placă nivelatoare care este în general încălzită.

Există mai multe tipuri de repartizatoare-finisoare. Unele sunt montate pe pneuri, altele pe șenile. Lățimea de așternere poate să fie de până la 4 m. Compactarea se realizează cu un dispozitiv de vibrare.

Repartizatorul-finisor este prevăzut cu dispozitiv de reglare a grosimii mixturii asfaltice așternute cu ajutorul a două palpatoare ce se deplasează pe două fire de oțel montate lateral și care asigură realizarea profilului dorit.

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

6.2.4.3. Compactarea mixturilor asfaltice

Compactarea este operația de îndesare a mixturii asfaltice din stratul rutier și se realizează cu ajutorul utilajelor adecvate cu scopul de a obține valori optime pentru caracteristicile fizico-mecanice ale stratului bituminos.

Printr-o compactare corespunzătoare se realizează:

- densitatea aparentă maximă, ceea ce echivalează cu obținerea unui volum de goluri minim;
- rezistență la compresiune mare;
- deformabilitate minimă;
- stabilitate corespunzătoare la temperaturi ridicate;
- rezistență mai mare la oboseală, deci o durată de exploatare mai îndelungată;
- uniformitatea și planeitatea suprafeței compactate;
- impermeabilitatea stratului la acțiunea apei;
- textură uniformă și o bună suprafață de rulare.

Gradul de compactare se exprimă în procente și reprezintă raportul dintre densitatea aparentă a mixturii asfaltice determinată pe probe intacte prelevate din stratul compactat și densitatea aparentă determinată în laborator, în condiții standard pe epruvete cubice sau cilindrice din aceeași mixtură asfaltică, fiind dat de relația:

$$D = \frac{\rho_{ef}}{\rho_{lab}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (40)$$

în care:

D este gradul de compactare, în %;

ρ_{ef} – densitatea aparentă efectivă pe probe de mixtură asfaltică prelevate din stratul compactat, în g/cm³;

ρ_{lab} – densitatea aparentă determinată în laborator pe probe preparate din mixtură asfaltică utilizată în același strat, în g/cm³.

După efectuarea compactării, stratul din mixtură asfaltică trebuie să aibă un grad de compactare de minimum 96 %.

Factorii principali care influențează compactarea mixturilor asfaltice sunt:

- dozajul și consistența liantului;

- granulozitatea agregatelor naturale;
- temperatura mixturii asfaltice, la punerea în operă și în timpul compactării;
- lucrul mecanic de compactare;
- grosimea stratului compactat.

Dozajul de bitum ridicat conduce la obținerea unor valori mai scăzute pentru volumul de goluri (absorbții de apă mai mici), realizându-se un grad de compactare mai mare. Datorită procentului ridicat de liant, stabilitatea stratului rutier la temperaturi ridicate scade cu atât mai mult cu cât conținutul de bitum este mai ridicat și consistența sa mai scăzută.

Granulozitatea și forma agregatelor influențează compactarea mai ales în cazurile când aceasta se efectuează la temperaturi mai scăzute, constatându-se că mixturile asfaltice cu un procent ridicat de cribluri prezintă o rezistență sporită la compactare, față de mixturile asfaltice cu un conținut redus de cribluri (fig. 22).

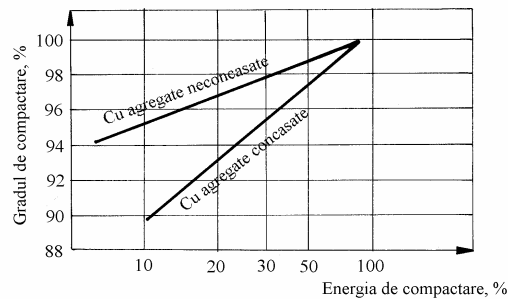


Fig. 22. Variația gradului de compactare în funcție de felul agregatelor naturale.

Temperatura mixturii asfaltice în timpul compactării este unul dintre factorii cei mai importanți care influențează în mod hotărâtor obținerea unui grad de compactare corespunzător. Scăderea temperaturii de compactare față de temperatura optimă cu numai 25 % conduce la mărirea volumului de goluri remanent, pentru același lucru mecanic de compactare, cu 100 %.

La temperaturi de compactare mai scăzute decât cele prescrise pentru diverse tipuri de mixturi asfaltice, nu se pot obține grade de compactare corespunzătoare, oricât s-ar mări energia de compactare. În fig. 23 se prezintă variația gradului de compactare în funcție de temperatura de compactare pentru aceeași energie de compactare.

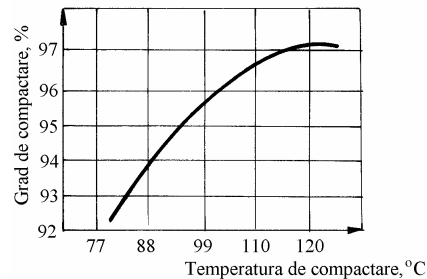


Fig. 23. Variația gradului de compactare cu temperatura de compactare.

Lucrul mecanic de compactare

trebuie aplicat cu utilaje adecvate, respectându-se tehnologia de lucru și modul de alcătuire a atelierului de compactare.

Se menționează faptul că efectuarea compactării la temperaturile prescrise conduce la folosirea unui lucru mecanic de compactare minim (deci cost redus), iar mărirea energiei de compactare la temperaturi scăzute are un efect minim asupra creșterii gradului de compactare.

Experiența a demonstrat că folosind compactoarele cu penuri se obțin suprafețe cu

o textură uniformă, realizându-se în același timp un grad mare de compactare.

Acțiunea unui compactor cu rulouri netede asupra unui strat din mixtură asfaltică poate fi caracterizată, după Arquie, prin **coeficientul de compactare** dat de relația:

$$R_t = \frac{P}{lD\eta} \cdot N \cdot \left(\frac{h}{V}\right)^{0.4} \quad (41)$$

în care:

$\frac{P}{l}$ este masa ruloului pe unitatea de lungime a generatoarei;

D – diametrul ruloului;

η – vâscozitatea mîiturii asfaltice măsuraă prin încercarea triaxială;

N – numărul de treceri pe același loc;

V – viteza utilajului de compactare;

h – grosimea stratului de compactat.

S-a constatat că pentru $R_t = (4...6) \cdot 10^{-5}$ acțiunea de compactare poate fi considerată ca încheiată.

Grosimea stratului de compactat se alege în funcție de tipul mîturii asfaltice, de dimensiunea constructivă minimă sau maximă admisă, sau cea rezultată din calculul de dimensionare, de utilajul existent pentru compactare etc. Se menționează faptul că există actualmente tendința de a compacta mîturile asfaltice în grosimi mai mari, datorită unor avantaje pe care le prezintă această tehnologie (mîtura asfaltică se răcește mai greu, economie la energia de compactare etc.).

Unele studii atestă însă că la grosimi mai mari, gradul de compactare ce se obține la suprafața stratului diferă de gradul de compactare de la baza sa (fig. 6.24).

Din fig. 24 se poate constata că până la grosimi de 14 cm ale straturilor din mîturi asfaltice, diferențele între gradele de compactare ce se obțin la suprafață și gradele de compactare ce se obțin la baza straturilor, pot fi considerate ca neglijabile, în timp ce la o grosime de 18 cm diferența gradului de compactare realizat în zona de la suprafața stratului și gradul de compactare al mîturii asfaltice de la baza stratului este foarte mare (circa 10 %), ceea ce conduce la o neuniformitate în comportarea stratului rutier sub influența traficului.

Compactarea mîturilor asfaltice se va face separat pentru fiecare strat în parte în grosimi uzuale de până la 8...9 cm. Compactarea se va face în lungul drumului de la margini spre axă: pe sectoarele în rampă sau cu pantă transversală unică, se efectuează compactarea de la marginea mai joasă spre cea mai ridicată. Fiecare urmă a compactorului se va suprapune cu 20...30 cm peste cea precedentă.

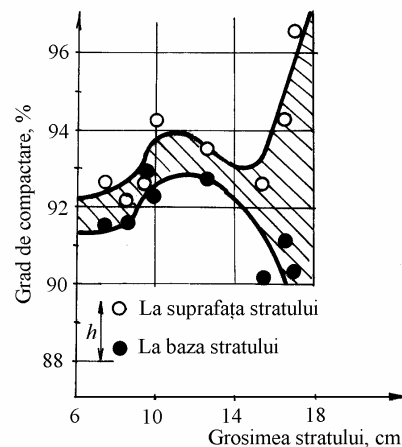


Fig. 24. Variația gradului de compactare în interiorul stratului din mixtură asfaltică.

Se recomandă executarea compactării după așternere la temperaturi de peste 110 °C, iar pentru mixturile asfaltice rugoase la peste 130 °C, primele treceri ale compactorului făcându-se cu viteză minimă.

Compactoarele trebuie să lucreze fără șocuri pentru a evita vălurirea stratului bituminos.

Compactarea necesită respectarea câtorva reguli elementare dintre care se menționează:

- interzicerea staționării compactoarelor pe stratul bituminos cald;
- udarea rulourilor sau a pneurilor în vederea evitării lipirii mixturii asfaltice de acestea; această operație este utilă, dar trebuie să fie efectuată cu cantități minime de apă, pentru a nu se produce răcirea bruscă la partea superioară a mixturii asfaltice așternute;
- temperatura mixturii asfaltice trebuie să fie suficientă pentru ca să se poată efectua compactarea, dar nu prea ridicată, pentru a evita producerea vălurilor sau a deplasărilor laterale.

Compactarea mixturilor asfaltice a constituit obiectul unui număr mare de studii, în legătură cu rolul temperaturii, al vitezei compactoarelor, al presiunii rulourilor etc.

S-a arătat anterior că prin transportul mixturilor asfaltice la câteva zeci de kilometri în autobasculante, pierderea de temperatură este de câteva grade, în timp ce după așternere scăderea temperaturii este substanțială.

În fig. 25 se prezintă această variație, măsurată pe șantier, care arată că după o jumătate de oră de la așternere compactarea riscă să fie foarte puțin eficientă deoarece temperatura scade în condițiile date la 75 °C, temperatură la care nu se mai poate compacta corespunzător.

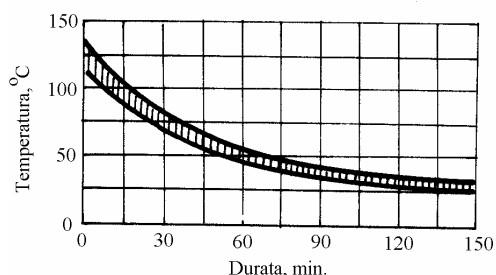


Fig. 25. Variația temperaturii mixturii asfaltice după așternere.

Mixturile asfaltice trebuie să aibă la așternere și compactare, în funcție de tipul liantului, temperaturile prevăzute în tabelul 5.

Domenii de temperatură pentru așternerea și compactarea mixturilor asfaltice

Tabelul 5.

Tipul liantului (bitumului)	Temperatura minimă a mixturii asfaltice la așternere, °C	Temperatura minimă a mixturii asfaltice la compactare, °C	
		început	Sfârșit
D 60/80	145	140	110
D 80/100	140	135	100
D 100/120	135	130	100

În vederea executării unei bune compactări este necesar să se țină seama de următoarele considerente:

- pentru prima compactare se recomandă ca în general compactorul să se deplaseze cu roata motrice înainte;
- numărul compactoarelor depinde în primul rând de viteza răspânditorului și de timpul disponibil pentru compactare, înainte ca mixtura asfaltică să se răcească;
- numărul de treceri variază în funcție de tipul de compactor folosit. În mod ideal, acest număr ar trebui să corespundă numărului necesar pentru a realiza gradul de compactare prescris.

Se obțin în general densități mari, în cazul realizării unei compactări cu compactoare cu pneuri sau compactoare vibratoare, după compactarea inițială care se realizează cu compactoare cu rulouri netede. Finisarea se face de asemenea cu compactoare cu rulouri netede speciale. În fig. 26 se prezintă compactorul cu rulouri netede și în fig. 6.27 compactorul cu pneuri.



Fig. 26. Compactor cu rulouri netede.



Fig. 27. Compactor cu pneuri.

La noi în țară, pentru compactarea straturilor bituminoase realizate din mixturi asfaltice se recomandă utilizarea următoarelor ateliere de compactare:

- tip A, alcătuit din compactor cu pneuri de 160 kN și compactor cu rulouri netede de 120 kN;
- tip B, alcătuit dintr-un compactor cu rulouri netede de 120 kN.

În funcție de condițiile specifice (tipul mixturii asfaltice, grosimea stratului de compactat, temperatura în momentul compactării, disponibilitățile de utilaje de compactare, grad de compactare necesar a fi realizat) se poate efectua compactarea și cu alte alcătuirii ale atelierului de compactare, dar numai după experimentarea acestuia pe un sector de încercare. De altfel, realizarea sectorului de încercare este obligatorie în toate cazurile, în vederea determinării parametrilor de compactare.

Pentru obținerea gradului de compactare prevăzut se consideră că numărul minim de treceri ale compactoarelor trebuie să fie cel din tabelul 6.

Numărul minim de treceri ale compactoarelor

Tabelul 6.

Tipul stratului	Atelier de compactare		
	A		B
	Compactor cu pneuri de 160 kN	Compactor cu rulouri netede de 120 kN	Compactor cu rulouri netede de 120 kN
	Număr minim de treceri recomandat		
Strat de uzură	10	4	12
Strat de legătură	12	4	14

Pentru a se obține rezultatele cele mai bune, literatura de specialitate recomandă următorul atelier de compactare:

- un compactor cu rulouri netede tandem de 60 kN;
- un compactor cu pneuri de 120...160 kN;
- un compactor cu rulouri netede de 100...120 kN;
- un compactor cu rulouri netede cu trei axe de 100 kN.

Compactorul tandem realizează precompactarea. Compactarea propriu-zisă se efectuează cu compactorul cu pneuri, compactorul cu rulouri netede continuă compactarea și nivelarea, iar compactorul cu trei axe paralele (tridem) execută corecturile eventualelor denivelări și realizează finisarea compactării.

Compactoarele vor executa treceri lungi, astfel încât numărul de opriri să fie redus. Primele treceri se vor efectua cu viteze mai mici, de 2...4 km/h, iar la trecerile următoare, cu viteză mai mare, de 4...6 km/h. Nu trebuie depășită viteza de 6 km/h, deoarece se pot produce smulgeri din stratul de mixtură asfaltică.

Compactarea se execută în lungul benzii, primele treceri efectuându-se în zona rostului dintre benzi (fig. 28.d și 28.e), apoi de la marginea mai joasă spre cea ridicată. Pe sectoarele în rampă, prima trecere se face cu utilajul de compactare în urcare.

Zonele inaccesibile compactorului, în special în lungul bordurilor, în jurul gurilor de scurgere sau al căminelor de vizitare se compactează cu plăci vibratoare ori maiuri mecanice sau manuale.

La executarea îmbrăcăminților bituminoase trebuie să se acorde o atenție deosebită **realizării rosturilor de lucru longitudinale**. După compactarea stratului de legătură sau de uzură din prima bandă, rămâne pe marginea adiacentă benzii următoare o zonă îngustă de câțiva centimetri (fig. 28.a) mai puțin compactată și în general deformată. Aceași situație

se întâlnește și la întreruperea lucrului, în secțiunea transversală din capătul benzii respective, dar pe o zonă mai mare, de regulă de cca 10 cm lățime. Pe suprafața îmbrăcăminților bituminoase executate la cald se observă uneori apariția unor fisuri sau crăpături longitudinale în axa drumului, ce corespund rostului de lucru, în timp ce îmbrăcămintea se prezintă în general foarte bine. Examinând cauzele care provoacă asemenea defecțiuni s-a constatat că ele se datoresc executării necorespunzătoare a rostului longitudinal ce se creează la realizarea separată a celor două benzi de circulație.

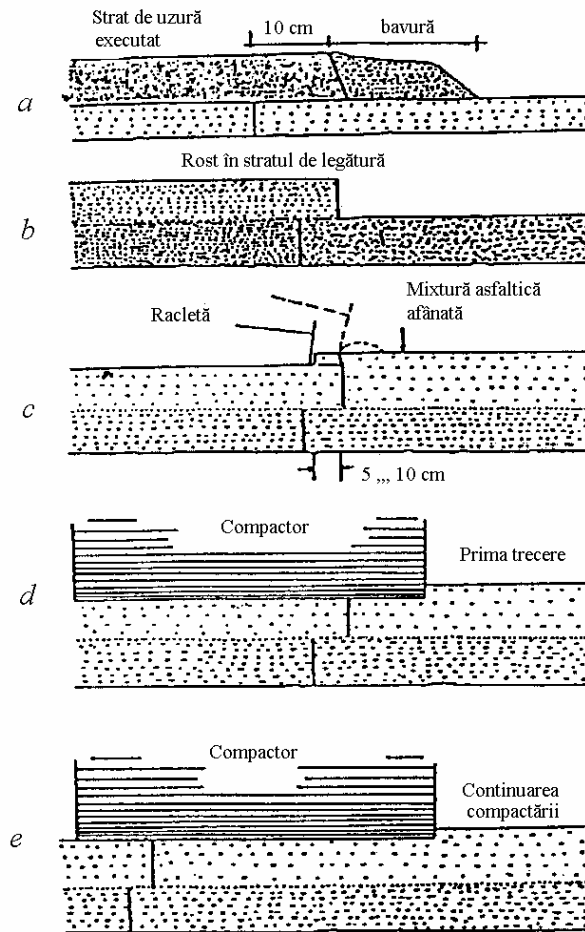


Fig. 28. Schema de compactare în zona rosturilor de lucru.

În zona rostului, compactarea și sudura dintre cele două părți nu se realizează uneori în condiții bune, iar pe 5...10 cm în axa drumului gradul de compactare ce se obține este inferior cu 6...10 % față de cel realizat pe restul îmbrăcămintei și, în consecință, datorită solicitărilor traficului, această fâșie cedează fisurându-se.

Pentru remedierea acestei defecțiuni s-a încercat colmatarea rostului cu emulsie bituminoasă, dar rezultatul a fost sub așteptări, deoarece după scurt timp fisurarea a reapărut.

De asemenea, în scopul îmbunătățirii sudurii dintre cele două benzi de circulație s-a încercat încălzirea rostului de lucru de pe banda terminată înainte de așternerea mixturii asfaltice pentru realizarea celeilalte benzi, cu ajutorul razelor infraroșii. Nici acest procedeu nu a dat rezultatele așteptate, deoarece s-a obținut ridicarea temperaturii numai pe lățimea rampei de încălzire și pe o adâncime de 2...3 cm. În ambele cazuri, pentru o corectă realizare a rostului de lucru care să evite apariția ulterioară a fisurilor specifice, la reluarea lucrului pe aceeași bandă sau pe banda adiacentă, zonele aferente rosturilor de lucru se taie pe toată grosimea stratului, astfel încât să rezulte o muchie vie verticală. Această operație nu este necesară în cazul rostului longitudinal al stratului de legătură, dacă stratul întrerupt s-a executat în aceeași zi cu stratul de pe banda adiacentă. Se amorsează marginea tăiată (fig. 28.b), după care se așterne mixtura asfaltică pe banda adiacentă, depășindu-se rostul cu 5...10 cm. Acest surplus de material se împinge apoi cu o racletă peste mixtura asfaltică proaspăt așternută, astfel încât să apară rostul (fig. 28.c). În continuare se efectuează compactarea după regulile prezentate mai sus.

Din punct de vedere practic, compactarea trebuie să înceapă imediat ce mixtura asfaltică poate suporta compactorul fără să se producă deformări laterale și să se termine înainte de răcirea stratului sub temperatura menționată în tabelul 5.

Pe mixtura compactată nu se va admite nici un fel de trafic înainte de răcirea stratului (circa 6 h).

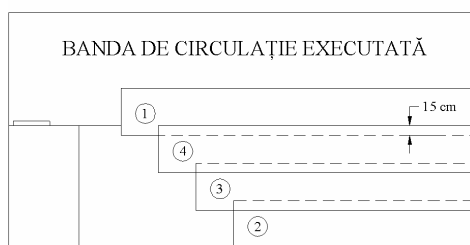


Fig. 29. Succesiunea trecerilor compactorului.

6.2.4.4. Tratarea ulterioară a suprafeței

După executarea îmbrăcăminților se procedează în anumite cazuri la închiderea porilor suprafeței prin răspândirea de 2...3 kg/m² nisip cu dimensiunile 0...3 mm, bitumat cu 2...3 % bitum, urmată de compactare. Excepție fac betoanele asfaltice rugoase.

Pentru refacerea rugozității, după o perioadă de timp, se pot executa tratamente bituminoase sau un nou covor asfaltic rugos.

Pe sectoarele ce se execută după 1 octombrie, sau sunt situate în zone umbrite cu precipitații excesive, sau sunt solicitate de un trafic foarte redus, se va executa închiderea suprafeței îmbrăcămintei printr-o tratare (badijonare) cu 0,5 kg/m² bitum tăiat și răspândire de 3...5 kg/m² nisip de concasaj, sau cu 0,8...1,0 kg/m² emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă cu un conținut de 60 % bitum, diluată cu apă în proporție de 1 : 1 și răspândire de 3...5 kg/m² nisip natural curat cu granulație 0...3 mm, cu un conținut cât mai redus de praf (sub 0,09 mm).

2.4.5. Controlul de calitate la așternerea și compactarea mixturilor asfaltice

Controlul execuției îmbrăcăminților bituminoase se va organiza astfel încât fazele mai importante să fie urmărite și verificate permanent cu cea mai mare atenție.

Transportul mixturilor asfaltice trebuie făcut cu autobasculante corespunzătoare și suficiente, astfel încât ritmicitatea producției să fie asigurată. Se recomandă menținerea în rezervă a 1-2 autobasculante care să înlocuiască dacă este cazul pe cele defecte.

Existența buncărelor de depozitare a mixturilor asfaltice mărește eficiența transporturilor prin reducerea timpului de încărcare. Se recomandă construirea de buncăre cu o mare capacitate și posibilitate de încălzire astfel încât mixtura asfaltică produsă în timpul nopții, de exemplu, să poată fi depozitată în întregime în buncăre și pusă în operă a doua zi.

La așternere se va urmări cu deosebită grijă ca mixturile asfaltice să aibă temperaturile indicate în procesul tehnologic.

Controlul temperaturii se face cu ajutorul termometrelor, care se introduc și se mențin 5 min. în masa mixturii asfaltice descărcate la locul de așternere.

Se reglează și se controlează cu atenție repartizatorul-finișor sau repartizatorul mecanic, pentru a se asigura grosimea și panta prescrisă a straturilor din mixturi asfaltice.

După așternere se măsoară din nou temperatura stratului de mixtură asfaltică pentru a se putea trece apoi la compactare.

Măsurarea se efectuează cu ajutorul termometrelor și se notează temperaturile măsurate în evidențele ținute la așternere.

Compactarea trebuie să se realizeze în cel mai scurt interval după așternere, știut fiind că după aproximativ 30 min. de la așternere, temperatura mixturilor asfaltice coboară foarte mult, iar compactarea devine inefficientă.

În consecință, este necesar să se verifice temperatura la începutul și sfârșitul compactării în vederea luării unor măsuri corespunzătoare.

În continuare se controlează numărul de treceri ale utilajelor din atelierul de compactare în vederea realizării compactității prescrise.

Se recomandă ca utilajele de compactare să aibă dispozitive de înregistrare automată a numărului de treceri sau a lucrului mecanic de compactare.

Verificarea compactării se efectuează pe probe prelevate din stratul bituminos compactat, comparând densitatea aparentă a probei prelevate din stratul compactat cu densitatea aparentă obținută în laborator din aceeași mixtură asfaltică.

Controlul efectuat, urmat de măsuri corespunzătoare în timpul compactării are o mare importanță în realizarea unei îmbrăcăminți bituminoase cu caracteristici superioare. În cazul efectuării unei compactări insuficiente se obține un strat din mixtură asfaltică, cu un volum de goluri mare, permeabil la acțiunea apei. Straturile rutiere insuficient compactate inițial vor fi îndesate prin circulație, însă în mod neuniform, întrucât pe suprafețele unde se circulă de obicei, grosimea stratului prin compactare se va reduce, formându-se fgașe pe care stagnează apa cu toate consecințele ce derivă din aceasta.

Măsurarea uniformității suprafeței de rulare se realizează cu ajutorul dreptarului de 3 m, a viagrafului sau a altor aparate de control (profilometru, APL etc).

Denivelările locale maxime admisibile în profil longitudinal măsurate sub dreptarul de 3 m sunt următoarele:

- 3 mm pentru drumuri de clasa tehnică I și străzi în categoriile I...III ;
- 4 mm pentru drumuri de clasa tehnică II și străzi de categoria IV (alte zone decât rigolele) ;

- 5 mm pentru drumuri de clasa tehnică III ;
- 7 mm pentru drumuri de clase tehnice IV și V ;

În cazul în care se dispune de aparatul Viagraf pentru determinarea uniformității părții carosabile în profil longitudinal, valorile maxime admise pentru indicatorii IHV (indicatorul hectometric Viagraf) și E (indicatorul de amplitudine a denivelărilor Viagraf) sunt prevăzute în tabelul 7.

Valorile maxime admise pentru IHV și E

Tabelul 7

Înregistrări, indicator	Autostrăzi și drumuri cu patru benzi de circulație	Drumuri cu două benzi de circulație, cu trafic	
		> 3 000 vehicule/24 h	≤ 3 000 vehicule/24 h
Grafice, IHV, în mm/100 m	20	30	60
Electronice, E, în mm/100 m	10	12,5	15

2.4.6. Tendințe moderne în producerea și punerea în operă a mixturilor asfaltice

Documentele congreselor mondiale de drumuri pun în evidență preocupările intense ale specialiștilor pentru a realiza îmbrăcămînți bituminoase durabile și care să ofere o mare siguranță circulației.

În cele ce urmează se prezintă succint unele dintre tendințele ce se manifestă actualmente în acest domeniu în tehnica rutieră:

- se preconizează utilizarea unor bitumuri mai dure având penetrația 41/50; 61/70 și 81/100, mai ales în straturile de rulare, în vederea măririi stabilității mixturilor asfaltice și pentru a evita pericolul apariției fâgașelor și a vălurilor;
- se constată preocupări intense pentru introducerea pe scară largă, mai ales la fabricarea mixturilor asfaltice folosite în stratul de uzură, a lianților modificați ce au calitate superioare biturilor clasice și care permit obținerea unor mixturi asfaltice cu performanțe ridicate;
- pentru asigurarea unei stabilități superioare a îmbrăcămînților bituminoase se proiectează și se produc mixturi asfaltice cu fibre, bitum modificat, schelet mineral puternic care prezintă rezistențe mecanice superioare și, în special, rezistențe mari la deformății plastice;
- în vederea îmbunătățirii adezivității, în mai multe țări există tendința de a folosi aditivi tensioactivi care se adaugă la bitum în rafinărie; bitumurile aditate se utilizează în special pentru executarea betoanelor asfaltice din straturile de rulare ale îmbrăcămînților bituminoase;
- se realizează betoane asfaltice cu un procent de goluri sub 5 %, ceea ce asigură obținerea unor îmbrăcămînți durabile, impermeabile și cu performanțe fizico-mecanice superioare;
- de asemenea s-au realizat mixturi asfaltice drenante care au un volum ridicat de goluri și au dat rezultate bune în ceea ce privește rugozitatea, reducerea zgomotului și mărirea capacității de drenare a apei, dar sunt necesare cercetări în continuare pentru a putea preciza durata lor de exploatare și modul specific de întreținere;

- se constată o tendință de a se proiecta și executa straturi din mixturi asfaltice de grosimi mai mari variind între 6 și 30 cm pentru stratul de bază, 4...9 cm pentru stratul de legătură și 4...10 cm pentru stratul de uzură;

- pentru straturile de bază se pot folosi agregate neconcasate (pietrișuri); numai câteva țări folosesc agregate concasate. Dimensiunea maximă a granulelor pentru stratul de bază este de 40 mm; se menționează o serie de tendințe privind folosirea agregatelor netradiționale, agregate cu performanțe mai scăzute mai ales pentru drumurile cu trafic redus;

- pentru straturile de legătură și uzură se folosesc numai agregate concasate. În paralel cu nisipul de concasaj se folosește și nisipul natural. Dimensiunea maximă a granulelor pentru stratul de legătură și de uzură este de 25 mm;

- se constată creșterea procentului de cribluri în mixturile asfaltice pentru mărirea stabilității straturilor bituminoase;

- pentru mărirea rezistenței la uzură se folosesc cribluri de foarte bună calitate, având coeficientul Los Angeles sub 25 %;

- pe timp friguros se recomandă executarea unor straturi bituminoase de grosime mai mare;

- nu se admite în nici un caz executarea straturilor de uzură iarna. Pentru straturile de uzură este necesar să se lucreze la temperaturi ale mediului înconjurător de peste + 5 °C;

- în privința compactării se constată tendința de a folosi compactoare cu pneuri imediat în urma repartizatorului-finisor. Pentru compactarea finală se utilizează compactoare cu rulouri netede foarte grele;

- alegerea utilajului de compactare trebuie făcută în funcție de tipul mixturii asfaltice, grosimea stratului de compactat și condițiile locale de lucru;

- controlul gradului de compactare se efectuează prin determinarea densității aparente pe carote prelevate din stratul bituminos executat și compararea ei cu densitatea aparentă a epruvetelor preparate din aceeași mixtură asfaltică obținută în laborator;

- se constată o creștere a exigențelor față de uniformitatea și rugozitatea suprafeței de rulare și se recomandă executarea de mixturi asfaltice rugoase pentru autostrăzi și pentru drumuri cu viteze mari de circulație.

Se constată deci tendința tuturor specialiștilor din domeniul rutier de a găsi soluțiile cele mai potrivite pentru a realiza îmbrăcăminți bituminoase de bună calitate, care să satisfacă în cel mai înalt grad exigențele utilizatorilor și care să aibă o durată de exploatare cât mai mare, la parametrii proiectați.

3. Tratamente bituminoase

3.1. Generalități

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

Se vor prezenta succint tratamentele bituminoase deoarece, în anumite condiții, ele intră în procesul tehnologic de realizare a îmbrăcăminților rutiere. De exemplu, îmbrăcămințile bituminoase provizorii sunt de obicei realizate din macadamuri acoperite cu tratamente bituminoase duble sau multiple; de asemenea, macadamurile penetrate

(îmbrăcăminți bituminoase ușoare) cuprind în procesul tehnologic și un tratament bituminos de etanșare.

Tratamentele bituminoase se execută pentru:

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

Ele asigură de asemenea:

- o bună drenare a apelor de pe suprafața de rulare;
- diminuarea împrăștiilor apelor de pe suprafața de rulare în urma autovehiculelor;
- întreruperea filmului de polei chiar de la formarea sa.

Prin acoperirea suprafeței părții carosabile cu tratamente bituminoase se îmbunătățește viabilitatea drumului, însă nu se mărește capacitatea portantă a complexului rutier.

Clasificarea tratamentelor bituminoase se poate face din mai multe puncte de vedere.

După **modul de punere în operă** a liantului hidrocarbonat, tratamentele bituminoase se pot clasifica astfel:

- tratamente bituminoase executate la cald care se realizează numai pe timp uscat și călduros la o temperatură ambiantă de peste +8 °C folosind bitum încălzit la o temperatură care să-i asigure o fluiditate corespunzătoare;
- tratamente bituminoase executate la rece, cu bitum tăiat sau emulsie bituminoasă cationică, ce se realizează la o temperatură ambiantă de peste +5 °C și se pot aplica și pe suprafețe umede, însă nu de ploaie.

După **tehnologia de execuție** se deosebesc:

- tratamente bituminoase simple, care se realizează printr-o singură stropire cu liant, urmată de răspândire de criblură și cilindrare;
- tratamente bituminoase duble sau multiple, realizate prin două sau mai multe stropiri cu liant, urmate fiecare de răspândire de criblură și cilindrare;
- tratamente bituminoase duble inverse, executate prin inversarea ordinii de utilizare a sorturilor de agregat (primul strat se realizează cu sorturi mici, iar al doilea cu sorturi imediat superioare);
- tratamente bituminoase întărite, care se execută cu agregate bitumate în prealabil;
- tratamente bituminoase cu agregate anrobate “în situ” (Trabinsit).

Condițiile de calitate necesare pentru realizarea unor tratamente bituminoase corespunzătoare se referă la caracteristicile materialelor utilizate, dozaj, suprafața stratului suport, tehnologia de execuție. Materialele întrebuințate la executarea tratamentelor bituminoase sunt: lianții hidrocarbonați (în general bitumul) și agregatele naturale.

Bitumul poate fi pus în operă sub formă de:

- bitum D 180/200 prin încălzire la 140...160 °C;
- bitum D 80/120 încălzit la 150...160 °C;
- bitum tip DTA 160/200 prin încălzire;
- bitum tăiat preparat din bitumurile menționate mai înainte folosind ca solvent petrosinul în proporție de 22...24 %;

- emulsie bituminoasă cationică, cu rupere rapidă, care se pune în operă la temperatura mediului ambiant.

În cazul în care vâscozitatea emulsiei este mai mare de 12 °E se recomandă încălzirea acesteia la 60...70 °C.

Liantul folosit la executarea tratamentelor bituminoase trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- să fie suficient de fluid, pentru a putea fi pulverizat în vederea acoperirii complete a suprafeței stratului suport;
- să păstreze o consistență corespunzătoare după aplicare;
- să prezinte o bună adezivitate față de agregate;
- să mențină granulele agregatului lipite între ele și pe suprafața tratată imediat după cilindrare;
- să nu exsudeze și să nu se desprindă de pe agregate o dată cu schimbarea condițiilor atmosferice.

Agregatele naturale care se pot utiliza la realizarea tratamentelor bituminoase sunt: criblurile sau în mod excepțional splitul, agregatele de râu concasate și granulate, agregatele de râu sortate.

Se recomandă ca agregatele să provină din roci bazice cu structură microcristalină. În cazul rocilor acide pentru tratamente bituminoase executate la cald se recomandă folosirea aditivilor tensioactivi, în scopul ameliorării adezivității la suprafața granulelor.

Agregatele trebuie să provină din roci dure, să nu se șlefuiască, să fie foarte curate, să aibă formă poliedrică și să aibă o rezistență ridicată la uzură. Se recomandă un coeficient Los Angeles de maximum 25 % iar pentru drumurile cu trafic intens sub 15 %.

Granulele lamelare sau aciculare se sfărâmă în timpul cilindării și sub circulație compromițând lucrarea. Splitul se poate folosi numai pe drumuri cu trafic redus.

Curățenia perfectă a agregatelor este o condiție indispensabilă pentru a se realiza o bună adezivitate; granulele cu praf se dezanrobează sub acțiunea apei, iar în cazul folosirii emulsiilor, praful conduce la ruperea prea rapidă a emulsiei.

În ceea ce privește granulozitatea, se recomandă ca dimensiunea maximă D și dimensiunea minimă d a granulei să fie cât mai apropiate; astfel, în Franța, se recomandă folosirea criblurilor cu dimensiunile 2,5...5 mm, 5...8 mm, 8...12,5 mm, 12,5...18 mm.

La noi în țară se folosesc sorturile de criblură existente uzual, și anume 3–8; 8–16 și 16–25.

Dozajul de liant trebuie să fie judicios stabilit pentru a permite o bună acroșare a agregatelor, evitând concomitent orice exces de liant care conduce la obținerea unor suprafețe lunecoase, exsodate și deci periculoase pentru circulație deoarece favorizează derapajul. În fig. 30 se prezintă schematic diverse situații corespunzătoare unor posibile variante ale raportului liant-criblură în cazul tratamentelor bituminoase.

În cazul unei cantități insuficiente de liant, criblura se va desprinde, iar în cazul supradozării liantului se obține o suprafață lunecoasă care prezintă pericol pentru siguranța circulației.

Agregatele trebuie să aibă o cât mai bună adezivitate față de liant, pentru a se realiza o perfectă acroșare între acestea și stratul pe care s-a aplicat tratamentul.

Pentru ameliorarea adezivității și în cazul executării tratamentelor bituminoase, se pot folosi substanțe tensioactive, cunoscute sub denumirea de aditivi, care acționează la interfața agregat-liant, îmbunătățind anrobarea.

În cazul agregatelor de natură acidă se folosesc ca aditivi: amine și poliamine, amidoamine etc.

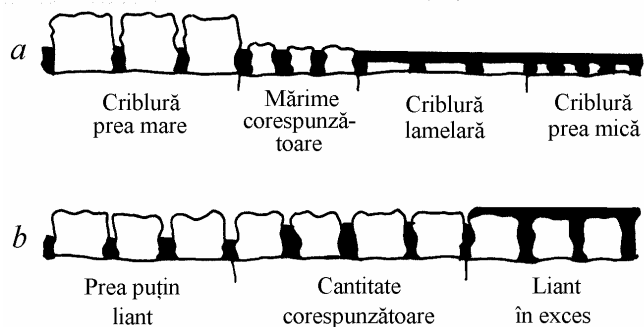


Fig. 30. Reprezentarea schematică a raportului liant-criblură la tratamentele bituminoase:
a – cantitatea de liant constantă, dimensiunile criblurii variabile; *b* – dimensiunea criblurii constantă, cantitatea de liant variabilă.

Există mai multe procedee de a folosi aditivii, și anume: prin tratarea agregatelor, tratarea liantului și introducerea aditivilor la interfața liant-agregat.

Tratarea agregatelor se realizează pe șantier sau în carieră și constă în acoperirea uniformă a agregatelor cu o soluție apoasă sau uleioasă de aditiv. Se recomandă ca agregatele tratate cu aditivi să fie folosite cât mai rapid, întrucât aditivii au o durată de păstrare limitată.

O altă metodă de aditivare constă în introducerea aditivului direct în liant în cantitate de 0,2...0,5 % din masa liantului. În acest caz, aditivii trebuie să reziste la temperaturi ridicate, să nu se descompună și să-și mențină proprietățile inițiale.

Introducerea aditivului la interfața liant-agregat se realizează prin pulverizarea aditivului în soluție diluată peste liantul stropit, înainte de răspândirea criblurii. Această metodă este ușor de aplicat și dă rezultate bune.

De asemenea, pentru îmbunătățirea caracteristicilor liantului bituminos (în principal a adezivității) se poate apela la modificarea bitumului. În acest caz este de regulă afectată consistența liantului și, în consecință se impune adoptarea unor temperaturi de punere în operă specifice, rezultate în urma unor studii de laborator, respectiv încercări experimentale.

Având agregate naturale corespunzătoare și lianți de bună calitate, reușita tratamentelor bituminoase mai depinde de următorii factori:

- aplicarea tehnologiei adecvate (repararea și curățarea suprafeței de tratat, stropirea bitumului, așternerea agregatelor, cilindrare etc.), inclusiv întreținerea ulterioară;
- folosirea unor utilaje de mare randament și cu posibilități de reglare a debitelor pentru agregate și liant în conformitate cu dozajele stabilite de laboratorul de specialitate, în funcție de condițiile locale;
- supravegherea permanentă și exercitarea unui control de calitate competent pe fiecare fază din procesul tehnologic;
- efectuarea lucrărilor în perioadele de timp recomandate (cald, uscat etc.), în funcție de tipul liantului folosit.

Respectând condițiile menționate mai sus și ținând seama de dotările existente actualmente în unitățile de drumuri de la noi din țară, se pot realiza cu o formație de lucru

2...3 km /zi de tratamente bituminoase de bună calitate sau chiar 6...8 km/zi în cazul utilizării atelierelor speciale cu utilaje moderne.

Stabilirea dozajelor este o fază importantă, cu implicații majore în reușita lucrărilor. Pentru obținerea unor tratamente bituminoase de bună calitate se recomandă folosirea în exclusivitate a ciblurilor. Durata de exploatare a tratamentelor este influențată în mod hotărâtor de rezistența la uzură a ciblurilor precum și de modul de fixare a ciblurii în liant. Tehnica de execuție a tratamentelor bituminoase trebuie să asigure fixarea fiecărei granule în liantul stropit în prealabil, realizându-se o cât mai bună adezivitate. Agregatele naturale trebuie să aibă un ecart cât mai restrâns pentru a se evita segregarea.

Urmare studiilor și cercetărilor efectuate în ultimii ani, s-a constatat că granulele agregatului se aștern în poziții dezordonate, volumul de granule dintre goluri fiind de aproximativ 42...52 %. După cilindrare, ele se așază în poziții ceva mai stabile, iar volumul de goluri scade la 30 %. Bitumul umple 60...70 % din aceste goluri, în final rezultând 80 % agregate, 12...14 % bitum și 6...8 % goluri.

Cantitatea de ciblură necesară pe 1 m² trebuie calculată astfel încât așternerea ei să fie realizată într-un singur strat, granulă lângă granulă.

Cantitatea de liant necesară depinde de dimensiunea ciblurii, de forma ei și de starea suprafeței tratate.

Este necesar ca granulele de ciblură să fie înglobate în bitum până la 2/3 din înălțimea lor (vezi fig. 30).

Dozarea liantului trebuie făcută astfel încât să fixeze întreaga cantitate de ciblură: un dozaj ridicat conduce la exces de bitum, un dozaj scăzut de liant determină desprinderea ciblurii din tratament.

Stabilirea dozajelor pentru tratamentele bituminoase presupune determinarea cantității de agregate naturale și de liant necesare pentru realizarea unui metru pătrat de tratament bituminos.

Folosind datele din literatura de specialitate, se vor prezenta câteva metode pentru calculul necesarului de agregate și bitum.

Agregatele naturale necesare pentru realizarea unui metru pătrat de tratament bituminos se determină în funcție de dimensiunea medie a agregatelor obținută din relația:

$$A = \frac{d + D}{2} \quad [\text{mm}] \quad (42)$$

în care:

A este dimensiunea medie a agregatului, în mm;

d – dimensiunea granulei celei mai mici, în mm;

D – dimensiunea granulei celei mai mari, în mm,

unde d și D se iau pentru ordonatele corespunzând resturilor de 90 % și 10 % ale curbei de granulozitate a agregatului considerat.

Se recomandă $d = (0,6 \dots 0,7)D$.

După determinarea valorii lui A (dimensiunea medie a agregatului) se stabilește cantitatea de agregate pe 1 m² cu relația:

$$V = A - \frac{A^2}{100} \quad [\text{L/m}^2] \quad (43)$$

în care V este cantitatea de agregate în L/m².

Pentru transformarea în kg/m^2 , densitatea criblurii se ia în general $1\,450\text{ kg/m}^3$.

Pentru liant, cantitatea necesară pe 1 m^2 în primă aproximație reprezintă 10 % din volumul de agregate pe metru pătrat.

În realitate, la stabilirea cantității de liant este necesar să se ia în considerare și o serie de alți parametri, ca: starea suprafeței îmbrăcăminte, trafic, forma granulelor etc.

Există mai multe relații care permit calcularea cantității de liant pe 1 m^2 , astfel:

$$L = a + bV \quad [\text{L/m}^2] \quad (44)$$

în care:

L este cantitatea de liant rezidual, în L/m^2 ;

V – cantitatea de agregate, în L/m^2 ;

a – factor care depinde de starea suprafeței îmbrăcăminte bituminoase, având următoarele valori:

- pentru suprafețe închise $a = 0$;
- pentru suprafețe normale $a = 0,2$;
- pentru suprafețe poroase sau fisurate $a = 0,59$;

b – factor care depinde de forma granulelor și poate avea următoarele valori:

- pentru cribluri $b = 0,07$;
- pentru granule rotunde $b = 0,09$.

După Coudre, necesarul de liant se stabilește cu relația:

$$L = (0,320 \dots 0,350) \sqrt{A} \quad [\text{L/m}^2] \quad (45)$$

Dozajul de liant trebuie corectat în funcție de natura îmbrăcăminte pe care se aplică și de trafic.

În Franța (BLLPC nr. 148/1987) s-a introdus experimental un program de calcul pentru elaborarea dozajelor necesare executării tratamentelor bituminoase justificat de următoarele considerente:

- stabilirea într-un mod mai științific a dozajelor, ceea ce va face ca forurile de decizie ce nu sunt întotdeauna de specialitate să ia în considerare mai aprofundat problema tratamentelor bituminoase;
- luarea în considerare la elaborarea dozajelor a multiplilor parametri de influență, unii dintre ei fiind în caz obișnuit uitați sau neglijați;
- obligarea proiectantului de a se informa în scopul de a răspunde la toate problemele ridicate de programul de calcul.

Principalele date cuprinse în program sunt:

- situația geografică a sectorului de drum pe care urmează să se aplice tratamentul;
- date complete asupra îmbrăcăminte de tratat;
- situația climaterică, mediul înconjurător;
- traficul, starea stratului suport, profilul longitudinal;
- structura tratamentului bituminos;
- tipul liantului ce se va utiliza;
- caracteristicile agregatelor naturale;

- parametrii privind tehnologia de execuție ș.a.m.d.

Ținând seama de diversele combinații ce se pot face, programul indică dozajul de liant în trei variante:

- dozajul de liant de bază (conform directivelor);
- dozajul de liant corectat (corectura făcându-se în funcție de parametrii introduși în calcul);
- dozajul de liant recomandat (care se obține din liantul corectat rotunjit cu ± 50 g).

Pe baza experienței acumulate, autorii au menționat concluzia că programul va putea fi îmbunătățit, ajungându-se în situația ca să se stabilească un optimum pe baza elementelor obiective privind: structura tratamentelor, tipul liantului și agregatele utilizate, necesare pentru proiectarea tratamentelor bituminoase, în funcție de toate situațiile reale existente.

Se subliniază realitatea confirmată de o experiență îndelungată, că indiferent de metoda de calcul sau modul de stabilire a dozajelor, inginerul trebuie să se orienteze la fața locului și în funcție de condițiile existente să stabilească pe bază de încercări dozajul care să conducă la obținerea unei lucrări de cea mai bună calitate.

Cu cât traficul este mai intens, cu atât așezarea granulelor se va face într-un timp scurt și volumul de goluri minim se va obține mai repede. Când traficul este mai redus, volumul minim de goluri se realizează mai încet și de aceea este necesar un surplus de bitum pentru a umple golurile existente și pentru a lega mai bine granulele între ele.

3.2. Executarea tratamentelor bituminoase

3.2.1. Tratamente bituminoase simple

Tratamentele bituminoase se pot executa la cald sau la rece.

Tratamentele bituminoase la cald se execută pe timp uscat și călduros, la temperatura mediului ambiant peste $+8$ °C, iar cele executate la rece, de obicei cu emulsie bituminoasă cationică, se pot realiza la temperatura aerului peste $+5$ °C și pe suprafețe umede, dar nu pe ploaie.

Executarea tratamentelor bituminoase cuprinde următoarele operații de bază: pregătirea suprafeței, stropirea bitumului, răspândirea agregatelor și cilindrarea. În fig. 31 se pot urmări schematic fazele din procesul tehnologic de execuție a tratamentelor.

Pregătirea suprafeței pentru tratamente constă, în general, în repararea tuturor degradărilor existente și curățarea ei temeinică de orice murdărie.

Pe suprafețele îmbrăcăminților bituminoase, care prezintă diferite defecțiuni, se vor executa reparațiile necesare cu mixtură asfaltică, cu cel puțin două săptămâni înainte de executarea tratamentului. Se trece apoi la curățarea suprafețelor cu ajutorul măturilor mecanice, care asigură îndepărtarea argilei, pământului, impurităților, prafului etc. Această operație este deosebit de importantă, întrucât pe suprafețe murdare aderența liantului este necorespunzătoare, ceea ce va conduce la nereușita tratamentului.

Stropirea bitumului în cantitate de $0,8...1,2$ kg/m² se va face cu ajutorul autostropitorului de bitum, care trebuie să asigure o stropire cât mai uniformă și continuă. În fig. 32 se prezintă repartiția corectă a liantului în timpul stropirii.

Stropirea liantului se face prin duze cu fanta de 2,5 mm sau 4 mm în funcție de viteza autostropitorului și cantitatea de bitum necesară la executarea tratamentului.

În timpul stropirii bitumului, autostropitorul se va deplasa cu o viteză de 4,5...7 km/h și se vor folosi de obicei duzele cu fanta de 2,5 mm. Se recomandă ca duzele să se plaseze la o înălțime de 20...25 cm deasupra suprafeței de stropit pentru ca răspândirea bitumului să fie cât mai puțin influențată de vânt.

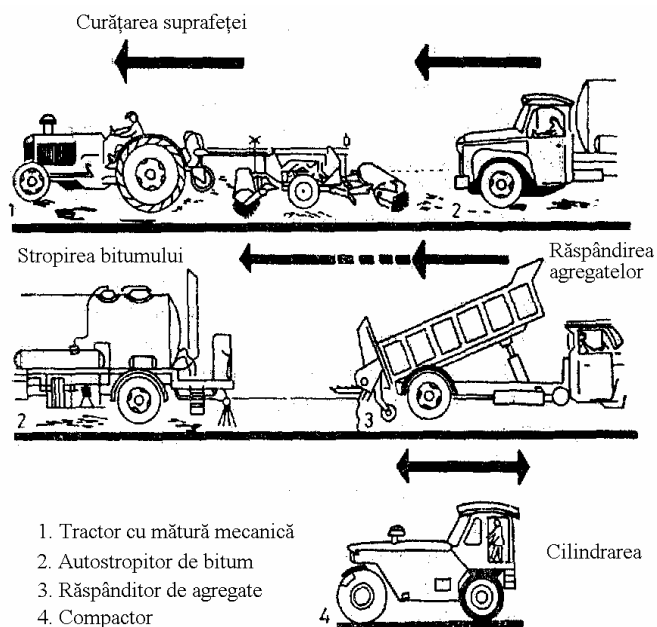


Fig. 31. Fazele din procesul tehnologic la executarea tratamentelor bituminoase.

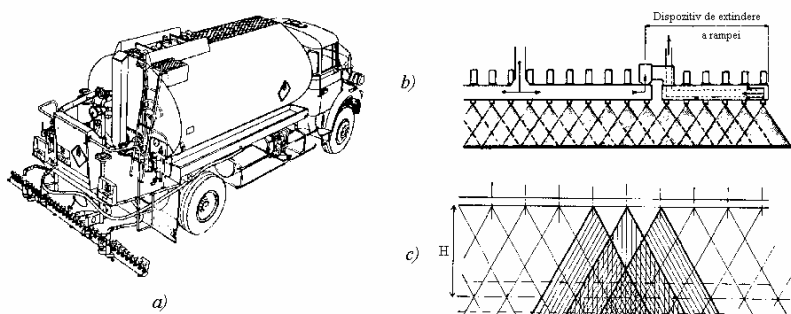


Fig. 32. Repartiția liantului în timpul stropirii.

a – Autostropitor de bitum; b – Ramă de stropit bitum; c – Influența înălțimii rampei.

Temperatura bitumului cald D 180/200 la stropire va fi cuprinsă între 140 și 160 °C.

Pentru menținerea temperaturii pe timpul transportului, autostropitoarele au rezervorul izolat termic și sunt prevăzute cu arzătoare care permit încălzirea bitumului la nevoie.

Operației de stropire a bitumului trebuie să i se acorde o importanță deosebită întrucât de uniformitatea stropirii și de cantitatea de liant stropită depinde în mare măsură reușita tratamentelor.

Răspândirea criblurii 3...8 mm sau 8...16 mm în cantitate de 10...15 kg/m², respectiv 14...18 kg/m², trebuie să urmeze imediat în urma stropirii bitumului cald. În acest scop, se folosesc de regulă răspânditoare mecanice, adaptate la autobasculante.

Răspândirea agregatelor trebuie să fie cât mai uniformă și în conformitate cu dozajul stabilit.

Cilindrarea se execută cu compactorul cu pneuri, presiunea din pneuri fiind de 5...8 atm. Se poate folosi și compactorul cu rulouri netede de 60...100 kN cu care se efectuează în general 3...4 treceri pe aceeași suprafață, evitându-se o cilindrare prea puternică pentru a nu sfărâma agregatele. Cilindrarea se va face de la margini spre axă.

După cilindrare, în unele țări se folosesc mașini aspiratoare, care culeg criblura nefixată prin cilindrare (criblura alergătoare).

Deschiderea circulației se va face după răcirea bitumului. În timpul primelor 24 h, viteza vehiculelor trebuie să fie redusă sub 30 km/h pentru a se evita spargerea parbrizelor prin lovire cu eventuala criblură neaderentă și împrăscată de roțile autovehiculelor în viteză.

Controlul calității lucrărilor trebuie să se facă în timpul execuției, corectându-se imediat orice defecțiune.

La execuția tratamentelor bituminoase este necesar să se verifice de către laboratorul de șantier:

- penetrația bitumului și temperatura de stropire;
- granulozitatea agregatelor;
- respectarea dozajelor pentru liant și agregate.

Dozajul de liant se poate verifica punând pe suprafața îmbrăcăminte o placă metalică sau un carton cu o suprafață de 1 m², cântărită în prealabil, care după stropire se recântărește, diferența de masă constituind cantitatea de liant pe 1 m².

Verificarea cantității de agregate așternute pe 1 m² se face prin strângerea criblurii, răspândite pe suprafața curată, și cântărirea acesteia, rezultatul comparându-se cu dozajul prescris.

Se va da o atenție deosebită, înainte de începerea lucrării, operației de etalonare a autostropitorului de bitum și răspânditorului de criblură, folosindu-se duzele și vitezele indicate în cărțile tehnice ale utilajelor respective, pentru obținerea cantității de liant prevăzută a fi stropită pe 1 m² de suprafață.

Urmărirea comportării tratamentelor este absolut necesară deoarece asfaltizarea tratamentelor se definitivează prin acțiunea combinată a traficului și a căldurii solare. Eventualele defecțiuni care apar (porțiuni sărace în bitum, suprafețe de pe care s-a dezlipit criblura (peladă, suprafețe exsodate etc.) se vor reface imediat, folosindu-se tehnologii adecvate.

Porțiunile cu liant insuficient (sărace în bitum), care se recunosc prin persistența stării de umezeală timp mai îndelungat după ploi, se vor etanșa cu un tratament de închidere; corectările se vor face folosindu-se dispozitivele de stropire manuală a bitumului..

Porțiunile cu exces de bitum (suprafețe exsodate) se acoperă cu nisip de concasaj sau criblură pentru saturarea liantului, cu precizarea că la așternere se folosesc numai cantități mici de criblură pe metru pătrat, care pot fi fixate în timp scurt.

Tratamentele bituminoase la rece se execută cu emulsii bituminoase cationice, cu rupere rapidă cu un conținut minim de 60 % bitum D 180/200.

Dozajele și cantitățile de materiale necesare pentru executarea tratamentelor cu emulsie bituminoasă sunt:

- emulsie bituminoasă cationică 1,3...2,1 kg/m², ceea ce revine la 0,8...1,2 kg/m² bitum rezidual;
- criblură 8...16 mm în cantitate de 14...18 kg/m².

Dozajul de emulsie se va mări cu 15 % când tratamentul se execută pe o îmbrăcămintă bituminoasă deschisă și cu 5...10 % când criblurile sunt poroase.

Tehnologia de execuție a tratamentelor bituminoase realizate cu emulsie este similară cu cea a tratamentelor executate la cald.

Tratamentele executate cu emulsie bituminoasă cationică prezintă următoarele avantaje:

- se evită dificultățile privind încălzirea bitumului la temperaturi de 160...180 °C, emulsiile putând fi stropite la temperatura ambiantă;
- emulsia se poate stropi mai uniform, evitându-se apariția suprafețelor șiroite datorită înfundării duzelor;
- emulsia se poate doza mai ușor și mai exact;
- se pot folosi pentru acoperire și agregate umede;
- se obține o bună adhezivitate și pe agregate provenite din roci de natură acidă;
- se pot executa tratamente când temperatura aerului este peste +5 °C și pe suprafețe umede, dar nu pe ploaie;
- circulația se poate deschide după 2...3 h de la executarea tratamentului;
- consumul de energie este mai redus;
- emulsia pătrunde în fisuri și crăpături și le colmatează;
- se obține o ușoară reprofilare a suprafeței tratate prin acumularea emulsiei în micile denivelări și în consecință reținerea unei cantități mai mari de criblură.

Pentru executarea tratamentelor bituminoase, actualmente se utilizează frecvent echipamente complexe care, printr-o singură trecere realizează stropirea liantului, răspândirea agregatului și o precompactare. Atât stropitorul de bitum, cât și răspânditorul de agregate sunt montate pe același autovehicul, dotat cu echipamente electronice de comandă și control, care permit o dozare foarte exactă a materialelor, inclusiv modificarea dozajului în funcție de necesități. De asemenea, se poate varia lățimea fâșiei din partea carosabilă pe care se execută tratamentul bituminos, instalația putând fi utilizată și pentru efectuarea unor corecturi pe suprafețe izolate, fâșii înguste etc. Răspândirea agregatului se face imediat după stropirea liantului, la cca 1,0 m distanță. Asemenea instalații dispun, de regulă, și de un set de rulouri ușoare care realizează o precilindrare a tratamentului bituminos. Utilizarea acestora asigură realizarea unor lucrări de foarte bună calitate în condiții de mare productivitate.

3.2.2. Tratamente bituminoase duble

Tratamentele bituminoase executate în două reprize succesive se numesc tratamente bituminoase duble. Se proiectează și se execută frecvent pentru protejarea și etanșarea macadamurilor.

Tehnologia de execuție a acestora este următoarea:

- macadamul realizat corect, verificat și curățat perfect de praf și noroi se amorsează cu 0,7...1,0 kg/m² bitum;
- se execută prima stropire cu 1,75...2,25 kg/m² bitum D 80/120, urmată imediat de o acoperire cu 20...25 kg/m² criblură 8...16 mm, care apoi se cilindrează;
- după îndepărtarea criblurii alergătoare se procedează la o a doua stropire cu bitum D 180/200 în cantitate de 1,2...1,5 kg/m², urmată de așternerea criblurii 3...8 mm

în cantitate de 15...20 kg/m²; se continuă cilindrarea (3-4 treceri pe același loc) până la fixarea criblurii.

Tratamentul se ține sub observație, urmând ca orice defecțiune ce apare să fie remediată cât mai operativ.

3.2.3. Tratamente bituminoase întărite

Tratamentele bituminoase întărite se execută pe macadamuri sau pe îmbrăcămini bituminoase degradate, cu criblură în prealabil anrobata cu 4,5...5 % bitum.

Anrobarea criblurii se realizează în fabricile de mixturi asfaltice. Temperatura criblurii și a bitumului va fi de 120...150 °C la criblura mare și 160...170 °C la criblura mărunță.

Cilindrarea trebuie terminată înainte ca temperatura criblurii anrobate să scadă sub 80 °C.

Tratamentele bituminoase întărite pe macadamuri se execută astfel:

- se curăță macadamul realizat corect după regulile tehnice consacrate;
- suprafața macadamului se amorsează cu 0,7...1,0 kg/m² bitum;
- se așterne apoi criblura 3...8 mm sau 3...16 mm, anrobata cu 4,5...5 % bitum D 80/120, în cantitate de 40...50 kg/m² și se cilindrează;
- închiderea se execută cu un tratament bituminos (1,0...1,2 kg/m² bitum D 180/200 și 15 kg/m² criblură 3...8 mm) sau cu nisip bitumat cu 2...3 % bitum.

Tratamentele întărite se folosesc din ce în ce mai rar, deoarece din punct de vedere al costului diferă foarte puțin de covoarele asfaltice, care în schimb sunt superioare din punct de vedere calitativ.

3.2.4. Tratamente bituminoase cu agregate anrobate “in situ”

(Trabinsit)

Unul dintre inconvenientele tratamentelor bituminoase este dat de faptul că, prin circulația autovehiculelor, mai ales cu viteze mari, criblura neaderentă la suprafața tratată poate fi aruncată în spatele autovehiculului în deplasare, sau lateral acestuia, putând astfel lovi și sparge parbrizul unui alt autovehicul din apropiere. Pe lângă soluțiile de diminuare a acestui inconvenient prin aspirarea criblurii alergătoare cu echipamente speciale sau preanrobarea agregatelor utilizate, tratamentele bituminoase cu agregate anrobate “in situ”, denumite și “**Trabinsit**”, constituie o variantă alternativă.

Tehnologia de execuție comportă următoarele faze:

- suprafața de tratat se pregătește după regulile stabilite pentru executarea tratamentelor bituminoase (reparații, curățare, semnalizare etc.);
- pe suprafața pregătită se răspândesc agregatele naturale (criblură 8-16 sau pietriș 7-15) în cantitate de 13...15 kg/m². Răspânditorul de agregate nu se deplasează ca în cazul tratamentelor obișnuite cu spatele în direcția de așternere (mers înapoi), ci el circulă în mod normal (mers înainte), fapt ce constituie un avantaj în modul de lucru al șoferului. Agregatele trebuie astfel dozate și așternute încât să se asigure așezarea granulelor unele lângă altele, realizându-se un covor de agregate uniform și continuu;
- peste covorul de agregate naturale se stropește emulsia bituminoasă cationică cu rupere rapidă, în cantitate de 1,5...2,0 kg/m², astfel încât să se acopere întreaga suprafață a agregatelor și suprafața de tratat ce apare între golurile dintre agregate. Se obține astfel o “legare” completă a agregatelor de suprafața tratată și între ele;
- în scopul măririi coeziunii și rezistenței învelișului astfel format se așterne între golurile dintre agregate un sort de agregate mărunte (criblură 3–8 sau nisip grăunțos 3–7), în cantitate de cca 5 kg/m²;

– cilindrarea se execută cu compactare cu pneuri sau, în lipsa acestora, cu compactare cu rulouri netede. Prin cilindrare se fixează criblura de suprafața tratată și se împănază agregatele naturale de bază cu agregate naturale mărunte, fapt ce mărește rezistența tratamentului și îi conferă un aspect de mozaic uniform, compact și stabil.

Ruperea emulsiei bituminoase conduce la întărirea tratamentului, care se poate da în circulație după 2...3 ore de la execuție.

Pentru reușita lucrărilor se va avea în vedere respectarea tuturor condițiilor generale prevăzute pentru executarea tratamentelor bituminoase. În plus se menționează necesitatea ca stropirea emulsiei bituminoase să se facă prin curgere obișnuită, stropirea sub presiune determinând îndepărtarea de pe suprafața tratată a agregatelor răspândite anterior.

Împănarea cu agregate mărunte nu este absolut necesară, această fază putând fi eliminată din procesul tehnologic.

Este necesar ca sectoarele executate să fie ținute sub observație timp de 3...4 săptămâni după terminarea lucrărilor, eventualele defecțiuni care pot să apară trebuind să fie reparate.

3.2.5. Tratamente bituminoase duble inverse

Tratamentul bituminos dublu invers se recomandă pentru tratarea îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment exfoliate sau cu fisuri și crăpături mici, precum și a suprafețelor șlefuite. În general se aplică tehnologia de execuție clasică a tratamentelor bituminoase, principalele faze din procesul tehnologic fiind următoarele:

- colmatarea fisurilor, crăpăturilor și rosturilor, precum și repararea suprafețelor degradate;
- curățarea perfectă a suprafeței de tratat;
- stropirea bitumului;
- răspândirea primului strat de agregat (criblură 3-8);
- cilindrarea cu compactoare pe pneuri (3-4 treceri pe aceeași suprafață);
- îndepărtarea criblurii în exces și remedierea eventualelor defecțiuni;
- stropirea din nou cu liant a suprafeței;
- răspândirea celui de al doilea strat de agregat (criblură 8-16);
- cilindrarea cu compactoare pe pneuri.

Darea în exploatare se poate face după câteva ore de la terminarea lucrărilor.

Dozajele recomandate sunt date în tabelul 8.

Dozaje pentru tratamente bituminoase duble inverse

Tabelul 8

Modul de Realizare	Felul materialului	Cantitatea de materiale în kg/m ²		Total
		Primul strat	Al doilea strat	
La rece	Emulsie bituminoasă cu rupere rapidă EBCR	1,30...1,50	1,80...2,00	3,10...3,50
	Criblură 3-8	10...11	–	10...11
La cald	Criblură 8-16	–	15...16	15...16
	Bitum D 80/120 sau D 180/200 încălzit la 170...190 °C	0,80...0,90	1,10...1,20	1,90...2,10
	Criblură 3-8	10...11	–	10...11
	Criblură 8-16	–	15...16	15...16

Se recomandă ca dozajul de lucru să fie definitivat pe șantier, pe sectoare de încercare, luându-se astfel în considerare condițiile reale de lucru.

Prin aplicarea tratamentelor bituminoase duble inverse pe îmbrăcămințile din beton de ciment se obțin următoarele efecte:

- suprafața tratată este rugoasă, sporind gradul de siguranță a circulației, prin creșterea aderenței dintre pneu și suprafața de rulare;
- se obține o bună etanșare a îmbrăcăminții;
- se evită extinderea defecțiunilor (agravarea exfolierilor sau creșterea deschiderii fisurilor și crăpăturilor).

Soluția aplicată a dat rezultate bune.

3.2.6. Tratamente bituminoase pe drumuri cu trafic intens

Tratamentele bituminoase destinate drumurilor cu trafic intens trebuie să fie rezistente în mod deosebit la uzură, ceea ce se poate realiza prin folosirea unor agregate de foarte bună calitate, care să nu se șlefuiască sub circulație și să aibă un coeficient de uzură Los Angeles în jur de 8 % (se reamintește că pentru celelalte tratamente se admit materiale cu un coeficient Los Angeles până la 25 %). De asemenea tratamentele destinate drumurilor cu trafic intens trebuie să prezinte o rugozitate ridicată și să-și mențină această rugozitate un timp cât mai îndelungat. Pentru realizarea unor tratamente rezistente și rugoase s-a aplicat în Franța următoarea tehnologie:

- ca liant s-a utilizat bitum fluxat cu 5 % elastomeri care ameliorează coeziunea liantului, îmbunătățind astfel fixarea criblurii mai ales pe timp friguros;
- ca agregate naturale s-au întrebuițat două sorturi de criblură și anume 10–14 și 4–6 foarte rezistente la uzură (Los Angeles).

Dozajele recomandate sunt următoarele:

- | | |
|------------------------------|--------------------------|
| – bitum fluxat cu elastomeri | 1,4 kg/m ² ; |
| – criblură 10...14 mm | 18,0 kg/m ² ; |
| – criblură 4...6 mm | 6,0 kg/m ² . |

Procesul tehnologic este cel obișnuit: s-a stropit întâi bitumul, apoi s-a răspândit criblura 10...14 mm în cantitate de 18 kg/m² și s-a compactat prin două treceri ale compactatorului cu pneuri, apoi s-a răspândit criblura mică sortul 4-6 în cantitate de 6,0 kg/m², cilindându-se în continuare prin patru treceri ale compactatorului cu pneuri, pentru a se realiza fixarea și aderarea celor două sorturi de criblură la suprafața suport.

Scheletul mineral al tratamentului bituminos în acest proces tehnologic îl reprezintă criblura 10...14 mm, iar criblura 4...6 mm are rolul de a bloca criblura mare.

Se subliniază ca un progres în tehnologia tratamentelor bituminoase, folosirea unei mașini aspiratoare de mare capacitate, care adună prin aspirație granulele de criblură nefixate sau insuficient fixate.

Observațiile făcute după 1 an de la darea în circulație, deși autostrada pe care s-a aplicat tratamentul a suportat un trafic mediu zilnic de 20 000 autovehicule, au arătat că tratamentul se prezintă foarte bine.

4. Șlamul bituminos

Unul dintre procedeele mai moderne de tratare a îmbrăcăminților rutiere poroase constă în acoperirea acestora cu șlam bituminos.

Șlamul bituminos clasic este un amestec de nisip cu emulsie bituminoasă, care se răspândește în stare fluidă pe o suprafață în prealabil pregătită în vederea obținerii unui înveliș subțire continuu cu grosimea între 3 și 7 mm.

Avantajul procedurii constă în faptul că, datorită proprietăților cunoscute ale emulsiilor, se obține un mortar asfaltic foarte fluid, cu mare adezivitate, care se întărește rapid pe suprafața părții carosabile și permite darea în circulație a sectorului la un interval de timp foarte scurt după așternere. Șlamul bituminos se prepară dintr-un amestec de nisip de concasaj, nisip natural și emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă, astfel încât agregatul total să se înscrie în zona de granulozitate din fig. 33.

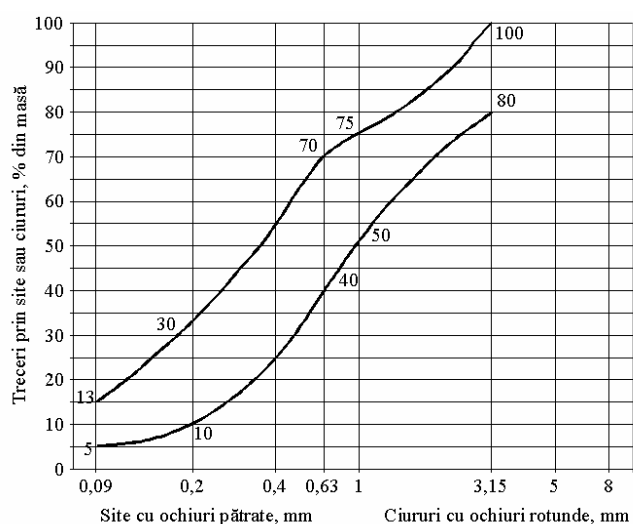


Fig. 33. Zona de granulozitate pentru șlam bituminos.

Experimental s-a stabilit că pentru obținerea unui șlam de bună calitate este necesar să se realizeze un procent de bitum rezidual de 7,8...9 % din masa totală.

Pentru umezirea agregatului natural se utilizează apă în proporție de 10 % din masa agregatului. Se adaugă de asemenea aditiv în proporție de 0,5 % raportat la masa agregatului uscat, care reglează timpul de rupere al emulsiei la 6 min.

Prepararea șlamului bituminos se face în instalații speciale, montate pe un autovehicul formate în principiu din rezervor pentru apă, rezervor de emulsie, buncăre pentru nisip, distribuitor de apă, distribuitor de emulsie.

Prin amestecarea componentelor într-un malaxor cu șnec elicoidal se obține un mortar asfaltic în stare fluidă, care este distribuit imediat direct pe suprafața de tratat, dozajul mediu fiind de circa 10...11 kg mortar pe 1 m².

După ruperea emulsiei apa se evaporă rapid în condiții atmosferice normale. În principiu, acest înveliș nu necesită cilindrare, totuși în intersecții cu circulație mare, în viraje etc., se recomandă o cilindrare prin câteva treceri cu compactorul cu rulouri netede.

Șlamul bituminos se folosește în tehnica rutieră în următoarele scopuri:

- etanșarea stratului de rulare poros al îmbrăcăminților existente;
- tratarea îmbrăcăminților din beton de ciment sau piste de aterizare vechi și care sunt poroase;

- protejarea împotriva infiltrării apei în straturile de bază sau în straturile de legătură, care urmează să fie acoperite ulterior;

- întreținerea străzilor în orașe înlocuind tratamentele bituminoase.

Șlamul bituminos astfel realizat prezintă următoarele avantaje:

- se poate prepara foarte repede și poate fi pus în operă ușor și pe suprafețe mari;

- permite darea în circulație a sectorului executat într-un timp relativ scurt;

- poate fi aplicat la temperaturi ale mediului ambiant de peste +4 °C;

- nu necesită utilaje de compactare, deoarece după ruperea emulsiei, învelișul subțire obținut este uniform și nu există pericolul unei compactări neregulate sub circulație;

- cantitatea de materiale folosită pe metru pătrat este mai redusă decât cea necesară în cazul tratamentelor bituminoase;

- asigură o foarte bună acroșare cu îmbrăcămintea bituminoasă pe care a fost așternut;

- prezintă o bună rugozitate pentru viteze până la 60 km/h datorită granulelor de nisip aspre și colțuroase din componența sa;

- nu există pericolul de a deranja circulația, datorită uscării rapide și inexistenței granulelor mari, care în cazul tratamentelor bituminoase pot provoca prin împrăștiere spargerea parbrizelor.

Se precizează că, la fel ca tratamentele bituminoase, aceste învelișuri nu contribuie nici la reprofilarea și nici la ranforsarea îmbrăcăminților pe care se aștern.

Șlamul bituminos realizat după tehnologia arătată mai sus s-a utilizat la noi în țară în anul 1971.

5. Straturi bituminoase foarte subțiri

Tehnologia șlamului bituminos a evoluat prin introducerea sorturilor mai mari de agregat (de ex. 3 – 5 sau 5 – 11) în compoziția mixturii asfaltice. Tehnologiile de realizare a acestor straturi bituminoase foarte subțiri sunt foarte diversificate, în principiu însă ele se bazează pe prepararea mixturii asfaltice la rece, la fața locului, în instalații complexe de foarte mare productivitate și așternerea acestora pe suprafața de tratat pregătită în prealabil prin reparare, curățare și spălare cu jet de apă sub presiune.

Dozajul materialelor componente ale mixturii asfaltice se stabilește în laborator în funcție de caracteristicile acestora, de performanțele tehnice impuse pentru lucrarea de executat și de caracteristicile stratului suport. O astfel de mixtură asfaltică care s-a aplicat cu rezultate deosebite și în țara noastră după anul 1994, are în componență următoarele materiale:

- nisip de concasaj 0-3;

- cribluri 3-8 și 8-11;

- filer de calcar;

- ciment;

- apă de umezire;

- emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă pe bază de bitum modificat cu polimeri.

Agregatele naturale trebuie să provină din roci dure, cu rezistență mare la șlefuire (uzură Los Angeles max. 18 %), neadmițându-se corpuri străine sau elemente argiloase.

Filerul trebuie să corespundă ca finețe de măcinare și compoziție chimică.

Cimentul are rolul de a regla viteza de rupere a emulsiei bituminoase și se adaugă în proporție de 2...3 % din masa agregatelor.

Apa utilizată pentru preumezire trebuie să fie curată și lipsită de impurități.

Emulsia bituminoasă cationică cu rupere lentă, preparată pe bază de bitum modificat cu polimeri, trebuie să aibă, în general, următoarea compoziție:

- bitum D 80/120 60,0...65,0 %;
- latex 1,0...3,0 %;
- emulgatori 1,5...2,0 %;
- acid clorhidric 1,5...2,0 %;
- apă rest până la 100 %.

Caracteristicile emulsiei bituminoase sunt date în tabelul 9.

Caracteristicile emulsiei bituminoase

Tabelul.9

Caracteristici	U.M.	Valori
Aspect vizual		lichid omogen, maro
Conținut de bitum	%	60...65
Omogenitate (rest pe sita de 0,63 mm, max.)	%	0,5
pH-ul soluției apoase		2,3...2,7
Vâscozitate Engler, la 20 °C	°E	8...15
Adezivitatea		anrobarea completă a criblurii

În tabelul 10 se prezintă două dozaaje informative aplicate pentru prepararea mixturii asfaltice, pentru stratul de egalizare, respectiv pentru stratul de uzură.

Dozaaje pentru mixtură asfaltică

Tabelul 10

Materiale	Dozajul de materiale în mixtura asfaltică pentru strat de ... , în %	
	Egalizare	Uzură
Criblură 8–11	5,0...10,0	-
Criblură 3–8	40,0...50,0	40,0...50,0
Nisip de concasaj 0–3	40,0...50,0	40,0...50,0
Filer de calcar	1,0...3,0	1,0...3,0
Ciment P 40	1,0...3,0	1,0...3,0
Apă de umezire	8,0...11,0	8,0...10,0
Emulsie bituminoasă	11,0...12,0	12,0...13,0
Bitum rezidual în mixtură	6,5...7,0	7,0...7,5

Zonele de granulozitate pentru agregatul corespunzător mixturilor asfaltice utilizate în cele două straturi sunt prezentate în figurile 34 și 35.

Mixtura asfaltică obținută trebuie să fie fluidă și omogenă, apa eliminată din compoziție să fie limpede, timpul de eliminare fiind de 15...20 minute de la punerea în operă.

Fabricarea și punerea în operă a mixturii asfaltice se realizează cu utilaje speciale de tipul combinei prezentate schematic în fig. 36.

Combina este un utilaj mobil care permite prepararea și așternerea continuă a mixturii asfaltice cu o viteză de 3,0 km/h.

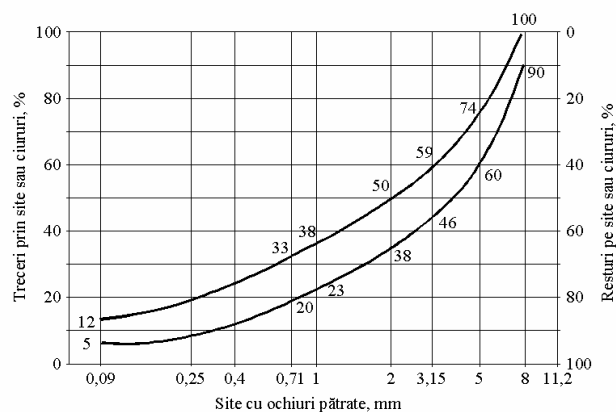


Fig. 34. Zona de granulozitate pentru stratul de reprofilare.

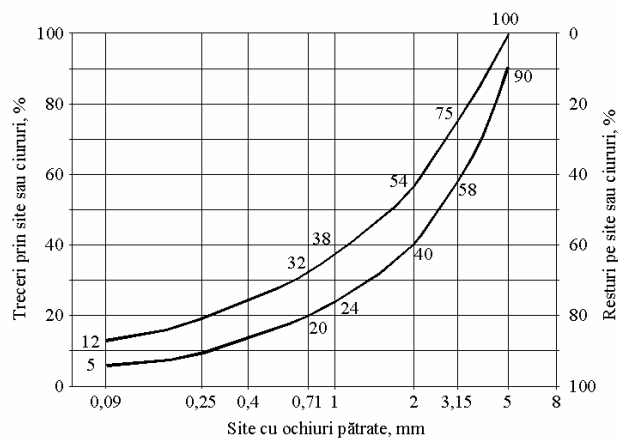


Fig. 35. Zona de granulozitate pentru stratul de bază.

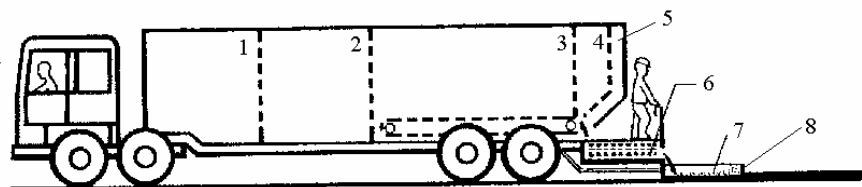


Fig. 36. Combină pentru fabricarea și punerea în operă a mixturii asfaltice în straturi foarte subțiri, la rece. 1 – agregate; 2 – emulsie; 3 – ciment; 4 – aditivi; 5 – apă; 6 – dozatoare; 7 – malaxor; 8 – repartizator.

În funcție de planeitatea suprafeței se apreciază necesitatea stratului de reprofilare care se poate realiza cu mixtură asfaltică în cazul în care denivelările nu depășesc 2 cm sau cu un alt tip de mixtură asfaltică în cazul în care acestea au amplitudini mai mari. Evident, se poate renunța la stratul de reprofilare dacă suprafața stratului suport are o planeitate corespunzătoare.

În vederea executării straturilor bituminoase foarte subțiri, se repară defecțiunile existente și suprafața părții carosabile se curăță foarte bine prin spălare cu jet de apă sub presiune. Apoi se amorsează suprafața de așternere cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă, în cantitate de 0,5...0,7 kg/m², în funcție de starea acesteia.

Stratul de egalizare se poate da în circulație după 20 minute de la așternere. După o perioadă de 3...7 zile (în funcție de temperatura mediului ambiant), necesară pentru evaporarea completă a apei din mixtura asfaltică, se poate executa stratul de uzură, parcurgându-se următoarele faze:

- curățarea suprafeței stratului suport cu perii mecanice (dacă este cazul);
- spălarea suprafeței cu jet de apă sub presiune;
- așternerea stratului de uzură în grosime maximă de 1,5 cm.

Se menționează necesitatea ca agregatul pentru stratul de uzură să se încadreze strict în limitele de granulozitate prevăzute, în caz contrar impunându-se recieriuirea acestuia pentru eliminarea materialului necorespunzător.

După 30 minute de la așternere se poate deschide circulația.

Această tehnologie se poate aplica atât pe structuri rutiere cu îmbrăcămînți bituminoase, cât și pe cele cu îmbrăcămînți din beton de ciment sau pavaje în următoarele scopuri:

- întreținerea drumurilor în localități și în afara acestora, inclusiv în cazul unui trafic intens și foarte greu;
- întreținerea pistelor de aviație;
- strat de uzură pentru benzile de staționare accidentală sau parcajele de pe autostrăzi;
- locuri de parcare pe suprafețe mari, platforme de staționare în incinte industriale, suprafețe pe terenuri de sport.

Defecțiunile pe care aplicarea acestei tehnologii le poate remedia sunt:

- suprafețe poroase, alunecoase sau fisurate datorită fenomenului de îmbătrânire a stratului de uzură, în cazul îmbrăcămînților bituminoase;
- suprafețe poroase, exfoliate, fisurate, șlefuite și cu decolmatări de rosturi în cazul îmbrăcămînților din beton de ciment.

Se subliniază faptul că, în ceea ce privește planeitatea, se poate asigura preluarea unor denivelări în profil longitudinal și transversal de până la 2 cm. Nu se recomandă aplicarea acestei tehnologii pentru situațiile în care denivelările suprafeței sunt provocate de fenomenul de fluaj al îmbrăcămînții bituminoase.

La fel ca și tratamentele bituminoase, straturile bituminoase foarte subțiri se pot aplica numai pe structuri rutiere cu capacitate portantă corespunzătoare. Ele nu măresc capacitatea portantă a structurii rutiere și nu corectează substanțial profilurile transversal și longitudinal ale drumului.

6. Îmbrăcămînți bituminoase provizorii

În categoria îmbrăcămînților bituminoase provizorii sunt cuprinse pietruirile (în special macadamurile) protejate cu diverse învelișuri bituminoase în scopul de a evita

formarea prafului și a noroiului și pentru etanșarea suprafeței de rulare împotriva pătrunderii apelor în structura rutieră.

Se recomandă ca toate pietruirile să fie tratate împotriva prafului și etanșate, asigurându-se astfel o exploatare a acestora mult mai civilizată, fără praf și noroi precum și conservarea structurii rutiere un timp îndelungat.

Este interesant de menționat faptul că în anul 1901 din inițiativa medicului elvețian Guglielminetti s-a creat “liga contra prafului de pe drumuri” ce avea misiunea de a influența administrația drumurilor în luarea măsurilor adecvate pentru combaterea prafului, agent dăunător sănătății oamenilor precum și factor negativ în desfășurarea circulației.

Îmbrăcămințile bituminoase provizorii se proiectează și se execută pe drumuri cu trafic redus, în scopul de a se obține o suprafață de rulare etanșă, fără praf și noroi. Acestea se realizează frecvent folosindu-se ca strat portant macadamul.

Dintre tipurile de îmbrăcăminți bituminoase provizorii se pot lua în considerare următoarele:

- macadam protejat cu tratament bituminos dublu;
- macadam protejat cu tratament întărit;
- macadam protejat cu tratamente bituminoase multiple;
- pietruiri impregnate cu emulsii bituminoase: cu rupere rapidă, emulsii speciale pentru impregnare, emulsii cu mare stabilitate;
- pietruiri etanșate prin clutaj.

Tehnologiile proiectate pot fi adaptate condițiilor tehnice locale (existența materialelor în zonă, posibilități de execuție ș.a.m.d.)

6.1. Macadamuri protejate

Macadamurile sunt straturi rutiere cu performanțe care le recomandă pentru îmbrăcăminți rutiere pe drumuri cu trafic redus, principalul lor inconvenient (de a favoriza formarea prafului și noroiului) putând fi eliminat prin protejarea acestora în scopul impermeabilizării suprafeței. În toate soluțiile, macadamul se verifică din punct de vedere al elementelor geometrice (lățime, grosime, pante transversale etc.), acordându-se o atenție deosebită suprafeței acestuia din punct de vedere al planeității și al pantelor, aceasta trebuind să evite stagnarea apelor și să asigure dirijarea lor spre dispozitivele de colectare și evacuare.

Pentru protejarea macadamurilor se aplică pe suprafața acestora, după o curățare perfectă, diverse tipuri de tratamente bituminoase, și anume:

- tratament bituminos dublu;
- tratament bituminos întărit;
- tratament bituminos multiplu.

Pentru execuția tratamentelor bituminoase se poate aplica atât tehnologia la cald cât și la rece. Protejarea cu tratamente bituminoase multiple se poate aplica și în cazul pietruirilor în general, succesiunea de operații fiind următoarea:

- suprafața pietruirii se reprofilează și se curăță temeinic apoi se stropește cu emulsie bituminoasă astfel încât să se obțină $1,0 \dots 1,3 \text{ kg/m}^2$ bitum rezidual, după care se acoperă cu material grăunțos sort 8-16 sau sort 3-8 în cantitate de $13 \dots 17 \text{ kg/m}^2$, apoi se cilindrează;
- a doua stropire cu emulsie bituminoasă, $0,7 \dots 0,8 \text{ kg}$ bitum rezidual pe 1 m^2 , are loc imediat după ce s-a curățat piatra alergătoare; peste a doua stropire cu emulsie se așterne nisip grăunțos, split sau alt agregat natural sort 3-8 în cantitate de $10 \dots 12 \text{ kg/m}^2$, apoi se cilindrează;

- etanșarea se realizează printr-o a treia stropire cu emulsie bituminoasă, circa $0,7 \text{ kg/m}^2$ bitum rezidual, urmată de acoperire cu agregate naturale mărunte (sort 3-8) $7...11 \text{ kg/m}^2$ cilindrate corespunzător.

Se obține astfel din $2,4...2,8 \text{ kg/m}^2$ bitum rezidual și $30...40 \text{ kg/m}^2$ agregate naturale un înveliș etanș, care întreținut în permanență, corespunde pentru desfășurarea unui trafic ușor în condiții satisfăcătoare.

6.2. Pietruiri impregnate cu emulsii bituminoase.

Tratarea pietruirilor cu emulsii bituminoase în vederea impermeabilizării suprafeței de rulare s-a dovedit o tehnologie eficientă, care contribuie la îmbunătățirea substanțială a condițiilor de circulație pe drumurile cu trafic redus.

Se menționează în literatura de specialitate utilizarea următoarelor tipuri de emulsii bituminoase pentru impregnarea pietruirilor:

- emulsii cu rupere rapidă;
- emulsii speciale pentru impregnare;
- emulsii suprastabile.

Impregnarea cu emulsie bituminoasă cu rupere rapidă constă în răspândirea peste suprafața pietruirii reprofileate și bine cilindrate a $1...2 \text{ kg/m}^2$ emulsie bituminoasă cationică ce conține $60...65 \%$ bitum. Emulsia se rupe imediat ce vine în contact cu suprafața tratată, bitumul formând un înveliș impermeabil, iar după acoperire cu nisip grăunțos ($15...20 \text{ kg/m}^2$) sectorul de drum putând fi dat în circulație.

Impregnarea pietruirilor cu emulsii speciale se realizează utilizându-se o emulsie dintr-un bitum fluxat cu uleiuri de gudron având o bună adezivitate la granulele de agregat; aceste emulsii sunt mai puțin sensibile la acțiunea apei și se rup mai încet creându-se posibilitatea de a pătrunde, după răspândire, câțiva milimetri ($4...5 \text{ mm}$) în pietruire. Pentru realizarea impregnării se stropește pietruirea reprofileată și verificată, cu 2 kg/m^2 emulsie specială apoi se acoperă cu nisip și după o ușoară cilindrare, sectorul se dă în circulație.

Impregnarea pietruirilor cu emulsie suprastabilă se realizează utilizându-se o emulsie cationică care are în compoziția sa un procent mai mare de emulgator de tip amină, ce îi mărește timpul de rupere facilitând penetrarea emulsiei în pietruire.

Pietruirea ce urmează a fi tratată se reprofilează, se cilindrează și se verifică din punctul de vedere al stabilității și al elementelor geometrice.

Emulsia bituminoasă (65% bitum) se diluează pe șantier cu apă ($1 : 1$) obținându-se o emulsie cu un conținut de bitum de cca $32,5 \%$. Se introduce întotdeauna apă în emulsie și nu invers, întrucât altfel emulsia se rupe. Această diluare conduce practic la obținerea unui liant cu o vâscozitate foarte apropiată de cea a apei, ceea ce favorizează substanțial penetrarea.

Tehnologia de realizare a impregnării constă în scarificarea pietruirii existente pe câțiva centimetri, urmată apoi de o primă stropire cu emulsie ($1,5...2,0 \text{ kg/m}^2$) și nivelare. Apoi pietruirea impregnată cu emulsie se scarifică din nou și se stropește a doua oară cu emulsie ($1,5...2,0 \text{ kg/m}^2$) după care stratul se reprofilează și se cilindrează. Se obține astfel pe circa 4 cm grosime un strat anrobat “in situ” impermeabil, care oferă o suprafață de rulare acceptabilă pentru o perioadă scurtă și un trafic ușor.

Pietruirile impregnate cu emulsii bituminoase trebuie întreținute în permanență prin reparații, refaceri, tratamente etc.

6.3. Pietruiri etanșate prin clutaj

Tehnologia etanșării pietruirilor existente prin clutaj menționată în literatura de specialitate (franceză) poate fi aplicată cu rezultate bune în cazurile când stratul suport este format din agregate nisipoase cu dimensiunea maximă de 30 mm și constă din următoarele faze principale:

- stratul suport care trebuie să aibă o grosime minimă de 20 cm și să fie alcătuit din balast sau nisip mare se scarifică ușor și se reprofilează;
- peste stratul suport se așterne 20...30 kg/m² split sort 25-40 și se cilindrează cu un compactor cu rulouri netede greu, până la înfigerea splitului în pietruirea veche;
- se stropește apoi cu 2,0...2,5 kg/m² emulsie bituminoasă cu rupere rapidă având 60 % bitum, care se acoperă cu split sort 8-16 în cantitate de 15...17 kg/m² și se cilindrează temeinic;
- urmează o nouă stropire cu emulsie bituminoasă (60 % bitum) în cantitate de 1,5...2,0 kg/m² care se acoperă cu split sort 3-8 (circa 12...15 kg/m²), cilindrând;
- închiderea se face cu 1,5...2,0 kg/m² emulsie bituminoasă (60 %) acoperită cu nisip sort 3-7 sau 1-3 în cantitate de 9...12 kg/m², cilindrând până la fixare.

Aceste tehnologii pot fi diversificate în funcție de inventivitatea specialistului, astfel încât să se valorifice cât mai eficient resursele existente.

7. Îmbrăcăminți bituminoase ușoare (semipermanente)

7.1. Generalități

Îmbrăcămințile bituminoase ușoare (îmbrăcăminți semipermanente) se realizează de regulă din anrobate sau macadamuri bituminoase, aplicate într-un singur strat peste pietruirile existente reconsiderate. Durata de exploatare a acestora este stabilită convențional între 8 și 12 ani.

În practica noastră curentă, sub denumirea de îmbrăcăminți bituminoase ușoare se înțelege un complex de lucrări care au drept scop principal “întreținerea” drumurilor pietruite prin aplicarea unor tehnologii cuprinzând:

- amenajarea în limite reduse a elementelor geometrice ale drumului existent;
- asigurarea scurgerii apelor;
- mărirea siguranței circulației;
- aplicarea unei îmbrăcăminți bituminoase realizată cu agregate naturale locale, peste pietruirea existentă reprofilată și completată la grosimea rezultată din calculul de dimensionare.

Îmbrăcămințile bituminoase ușoare cel mai frecvent utilizate sunt realizate din:

- **macadamuri bituminoase cu execuția la cald:**
 - macadam penetrat cu bitum la cald (M.P.7);
 - macadam semipenetrat cu bitum la cald (M.P.5);
 - macadam îndopat (M.Î);
- **macadamuri bituminoase cu execuția la rece:**
 - macadam penetrat cu suspensie de bitum flierizat (M.P.S.);
 - macadam penetrat cu emulsie bituminoasă (M.P.E.);
- **anrobate bituminoase cu execuția la cald:**
 - anrobate bituminoase preparate cu bitum cald (A.B.C. 31);

- anrobate cu nisip bituminos sau bitum lichid (bitumină) și bitum dur de petrol (A.B.N.B.31);

- **anrobate bituminoase cu execuția la rece:**

- anrobate bituminoase realizate cu suspensie de bitum filerizat (subif) (A.B.S.31);

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

- **mortare asfaltice executate cu:**

- bitum cald (M.A.7);

- nisip bituminos și bitum dur de petrol (M.A.N.B.7);

- suspensie de bitum filerizat (M.A.S.7).

S-au inclus în categoria îmbrăcăminților bituminoase ușoare și îmbrăcămințile rutiere realizate din mixturi asfaltice executate cu nisip bituminos indiferent de tipul acestora, deoarece datorită unor condiții obiective (variația mare a conținutului de bitum în nisipul bituminos, calitatea nisipului, imposibilitatea stăpânirii perfecte a procesului tehnologic etc.) durata de exploatare a acestora și calitatea îmbrăcămintei se încadrează în categoria respectivă, fiind riscantă utilizarea acestora pe drumuri cu trafic intens și greu.

Înainte de a trata fiecare tip de îmbrăcămintă bituminoasă ușoară se vor prezenta o serie de considerente de care trebuie să se țină seama la proiectarea și executarea acestora.

La proiectarea îmbrăcăminților bituminoase ușoare datorită lipsei de resurse financiare, se vor avea în vedere următoarele:

- ele se execută de regulă pe drumuri pietruite existente;

- în general se mențin elementele geometrice ale drumurilor existente, admitându-se totuși executarea lucrărilor de corectare a traseului în plan și profil longitudinal, precum și de corectare a profilului transversal, în funcție de necesitățile îmbunătățirii siguranței circulației;

- partea carosabilă și platforma se vor proiecta cu o lățime corespunzătoare clasei tehnice a drumului, respectiv categoria străzii; în cazul în care platforma este mai lată se recomandă menținerea lățimii existente;

- se recomandă folosirea integrală a zestreii existente a drumului; fundația va fi alcătuită din pietruirea existentă, scarificată și completată cu materiale pietroase, eventual ameliorate sau stabilizate în condiții economice;

- utilizarea la maximum a agregatelor naturale locale atât pentru executarea straturilor de fundație cât și pentru realizarea îmbrăcămintei drumului;

- se va asigura evacuarea apelor subterane și scurgerea apelor meteorice;

- în cazul când pământul din patul drumului și condițiile locale pot favoriza producerea degradărilor din îngheț-dezgheț se vor lua măsuri pentru eliminarea cauzelor și prevenirea producerii unor astfel de defecțiuni;

- podețele necorespunzătoare se vor reface și definitivă;

- lucrările de consolidări de taluzuri și apărări de maluri se vor executa în limita strictului necesar.

Drumurile cu îmbrăcăminți bituminoase ușoare trebuie să fie proiectate pentru un trafic de aproximativ 1 500 autovehicule în 24 h.

Conform prescripțiilor existente, în cadrul proiectelor de îmbrăcăminți bituminoase ușoare nu se vor include lucrările de consolidări de drumuri, construcții de poduri noi sau de sistematizare a traseului, întrucât acestea se încadrează la reparații capitale sau modernizări.

Realizarea îmbrăcăminților bituminoase ușoare constituie aplicarea în practică a principiului general recunoscut al ameliorărilor progresive prin consolidări succesive, ele constituind straturi de bază în cazul executării unor îmbrăcăminți grele.

În toate situațiile se adoptă soluțiile care permit un grad ridicat de mecanizare a lucrărilor folosindu-se utilajele existente și cele care se pot achiziționa, obținându-se astfel lucrări de bună calitate la un cost cât mai redus.

Valorile lucrărilor pe kilometru pot să varieze foarte mult în funcție de:

- intensitatea și componența traficului;
- grosimea pietruirii existente;
- grosimea îmbrăcăminții proiectate;
- costul materialelor pietroase în zona respectivă;
- gradul de mecanizare a lucrărilor;
- surse de energie, condiții climaterice etc.

Alegerea tipului de îmbrăcămințe și a soluției tehnice se va face de proiectant, ținând seama de condițiile locale, trafic, posibilitățile de aprovizionare cu materiale, gradul de mecanizare etc.

În continuare se vor trata principalele tipuri de îmbrăcăminți bituminoase ușoare.

7.2. Macadamuri bituminoase

Macadamurile bituminoase sunt straturi rutiere executate din piatră spartă monogranulară, cilindrată până la încăleștare, golurile dintre pietre fiind umplute cu split și bitum prin una sau mai multe stropiri și acoperiri succesive urmate de cilindrare.

Ținând seama de experiența acumulată se recomandă folosirea pentru împănare și acoperire în exclusivitate a splitului, întrucât acest material este mai ieftin și poate înlocui în acest caz cu succes criblura, care urmează să fie utilizată doar pentru tratamentul bituminos de etanșare.

În funcție de tehnologia aplicată la introducerea liantului în scheletul mineral, se diferențiază următoarele tipuri de macadamuri bituminoase:

- **cu execuția la cald:**
 - macadam penetrat cu bitum (M.P.7);
 - macadam semipenetrat cu bitum (M.P.5);
 - macadam bituminos îndopat (M.Î.);
- **cu execuția la rece:**
 - macadam penetrat cu mortar-subif (M.P.S.);
 - macadam penetrat cu emulsie bituminoasă (M.P.E.).

Macadamurile bituminoase în general prezintă următoarele avantaje:

- se folosește cu randament ridicat o tehnologie de execuție simplă, ușor de însușit și aplicat;
- există posibilități largi de mecanizare a procesului tehnologic, folosindu-se utilajele obișnuite din dotare;
- se obține un strat rutier puternic, ce necesită o întreținere ulterioară simplă și destul de puțin costisitoare (plombări, badijonări, tratamente bituminoase);
- se pot da în circulație imediat după terminarea lucrărilor de etanșare și răcirea liantului;
- nu permit ridicarea apei la suprafață, îmbrăcămințea fiind anticapilară.

Ca dezavantaje se pot menționa:

- folosirea unor cantități mari de piatră spartă, ceea ce implică multe manevrări costisitoare;
- nu poate fi suficient de bine stăpânită dozarea bitumului, fie din cauza texturii, fie din cauza utilajului;
- este greu de obținut o repartitie uniformă a golurilor, de unde rezultă o neomogenitate în ceea ce privește penetrarea cu liant.

Grosimile uzuale ale macadamurilor bituminoase, care pot servi atât ca îmbrăcăminte cât și ca strat de bază, înainte de cilindrare vor fi de 10...12 cm, rămânând circa 8 cm după cilindrare.

Profilul transversal în aliniament se execută sub formă de acoperiș cu două pante egale de 3 % și cu racordare printr-un arc de cerc în treimea mijlocie. În curbe, amenajarea profilului se face în funcție de viteza de proiectare. Când macadamul are rol de strat de bază, se vor realiza pantele prescrise pentru îmbrăcăminte proiectată, altfel fiind necesară reprofilarea cu minxtură asfaltică.

Declivitățile în profil longitudinal ale drumurilor cu îmbrăcămini din macadamuri bituminoase vor fi de maximum 8 %.

7.2.1. 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.

Macadamul penetrat realizat din piatră monogranulară cilindrată puternic are un unghi de frecare interioară foarte ridicat datorită încheștării 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 închide 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 încleștarea 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.

Obținerea unei texturi uniforme, fără aglomerări locale de material mare sau de material mărunț în suprafața macadamului asigură reușita lucrării. Un volum de goluri mare conduce la scurgerea bitumului spre baza stratului și în consecință se va obține un strat rutier cu bitum puțin în partea superioară, ceea ce face ca îmbrăcămintea să fie permeabilă; un volum de goluri mic nu asigură penetrarea cu bitum a macadamului și, în consecință, bitumul rămânând la suprafață în exces va cauza vălurirea suprafeței de rulare.

În cazul utilizării rocilor acide, pentru asigurarea adhezivității liantului la acestea, se execută o stropire cu lapte de var diluat (circa 1 L/m²), sau cu suspensie de bitum filerizat (0,5...0,7 kg bitum pur pe 1 m²).

După evaporarea apei și uscarea laptelui de var (ceea ce se recunoaște prin apariția culorii albe pe suprafața pietrelor) sau ruperii suspensiei (se recunoaște prin trecerea de la culoarea cafenie la cea neagră) în cazul amorsării rocilor acide, 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.

7.2.2. 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 încheie cu un tratament bituminos de etanșare.

Domeniul de folosire a macadamurilor semipenetrat se deosebește de cel al macadamurilor penetrat doar prin faptul că M.P.5 se adoptă pentru trasee cu trafic mai 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.

Din experiența executării M.P.7 și M.P.5 pe diverse drumuri, rezultă necesitatea examinării cu atenție a modului de comportare în exploatare a acestor îmbrăcămînți, mai ales în primii doi ani, când de cele mai multe ori tratamentele de etanșare și de întreținere trebuie repetate în scopul de a se obține un înveliș care să etanșeze corespunzător complexul rutier.

Din punct de vedere al planeității și uniformității, suprafața acestor îmbrăcămînți se prezintă sub nivelul straturilor de rulare realizate din mixturi asfaltice.

Dintre cauzele care pot duce la apariția prematură a defecțiunilor în macadamurile bituminoase (penetrat și semipenetrat) se pot menționa următoarele:

- utilizarea unor agregate naturale murdare sau prăfuite ce împiedică adezivitatea bitumului la suprafața lor, ceea ce conduce la o slabă coeziune, la dezgrădinarea materialului și formarea gropilor;
- folosirea unor materiale pietroase dintr-o rocă slabă sau alterată care în timpul cilindrării sau sub circulație, se sfărâmă;

– agregatele naturale necalibrate corespunzător, de alte dimensiuni decât cele prescrise (40...63 mm), nu se pot așeza astfel încât penetrarea să se facă în mod uniform și în consecință se va obține un strat neomogen care se va comporta în exploatare neuniform, ceea ce provoacă denivelări care jonează circulația;

– textura stratului de rezistență împănă prezintă o importanță deosebită, existența unor zone formate numai din materiale mărunte sau numai din materiale groșiere - textură neuniformă - provoacă fie menținerea liantului la suprafață, fie scurgerea liantului la baza stratului, ceea ce conduce la exces de liant, respectiv lipsă de liant, cu consecințe nefavorabile asupra comportării stratului în exploatare;

– agregatele naturale umede sau executarea lucrării pe timp friguros nu favorizează adhezivitatea și nici penetrarea liantului, ceea ce conduce la apariția de dezgrădinări și gropi;

– folosirea unui bitum insuficient încălzit sau a unui bitum ars (supraîncălzit) este de asemenea cauza apariției degradărilor premature;

– dozajul de liant necorespunzător provoacă fie exsudare sau vâlvire, dacă liantul este în exces, fie dezgrădinarea macadamului, în cazul unui liant insuficient.

Se recomandă deci ca la execuția macadamului bituminos să se acorde o asistență tehnică permanentă pentru a se asigura o calitate corespunzătoare.

Macadamul bituminos prezintă marele avantaj de a putea fi executat cu atelierul de utilaje folosit pentru realizarea tratamentelor bituminoase.

Corect executat, macadamul bituminos este durabil, iar întreținerea se poate face ușor (plombări și tratamente bituminoase).

7.2.3. Macadam îndopat (M.Î.)

Macadamul bituminos îndopat este o îmbrăcămintă alcătuită dintr-un strat de piatră de rezistență sort 40 – 63, fixată prin cilindrare, în ale cărui goluri se introduce criblură sau split bitumat (piatră de îndopare). Piatra de îndopare se așterne în două reprize, prima repriză servind pentru îndoparea sortului de rezistență, iar a doua repriză ca strat de uzură pentru îmbrăcămintă. Macadamul îndopat se încheie cu un tratament bituminos. A doua repriză de așternere a splitului bitumat poate fi înlocuită în funcție de necesități și posibilități, cu un covor asfaltic.

Materialele necesare pentru executarea unui strat de macadam îndopat în grosime de 8 cm, cu rol de îmbrăcămintă rutieră, sunt cele arătate în tabelul 11.

Materiale necesare pentru macadam îndopat de 8 cm grosime

Tabelul 11

Denumirea materialului	Cantitatea necesară kg/m ²
Piatră spartă sort 40 – 63	100...120
Bitum neparafinos pentru drumuri tip D 80/120, pentru stropirea macadamului	1,1...1,3
Split bitumat pentru îndopare, sort 8 – 16	30...35
Criblură bitumată pentru stratul de uzură, sort 3 – 8 și 8 – 16	35...40
Nisip natural sau de concasaj, bitumat, pentru închiderea porilor, sort 0 – 3	3...5
Bitum tip D 180/200 pentru stropirea suprafeței	1...1,3
Split bitumat, pentru acoperire, sort 3-8 și 8-16	12...18

Splitul pentru îndopare și uzură se bitumează cu bitum tip D 80/120, în cantitate de 4...4,5 % din masa splitului, iar nisipul pentru închiderea porilor se bitumează ușor, cu bitum de același tip, în cantitate de 2 % din masa nisipului.

Stratul de uzură se poate realiza dintr-un beton asfaltic (B.A.16) în cantitate de 25...35 kg/m², executat la cald. În acest caz, închiderea porilor se face cu nisip sort 0 – 3, în cantitate de 2 kg/m².

Înainte de bitumare, splitul trebuie să fie uscat și fără praf. Pentru bitumare, splitul va avea temperatura de 100...130 °C, iar bitumul circa 150 °C.

La executarea macadamului îndopat, piatra spartă sortul 40 – 63 se așterne în strat uniform peste fundația bine curățată și stropită ușor cu apă. Stratul de piatră spartă se cilindrează cu compactoare cu rulouri netede de 100...120 kN sau de 160...180 kN, în funcție de calitatea pietrei, până la încheștare și fixare. În timpul cilindrării și mai ales pe timp calduros, se recomandă udarea pietrei sparte. După uscarea stratului de piatră spartă, cilindrată până la fixare, se procedează la amorsarea uniformă cu bitum încălzit la temperatura de 150...160 °C, în cantitate de 1,1...1,3 kg/m². Se recomandă ca stropirea să se efectueze cu autostropitorul de bitum.

Imediat după stropirea bitumului, se așterne splitul bitumat (pentru îndopare), continuându-se și cilindrarea stratului. Așternerea și cilindrarea splitului bitumat se continuă până la realizarea unei stabilități corespunzătoare a îmbrăcăminții. După aceste operații, se așterne a doua repriză de split bitumat (sau covor asfaltic) pentru realizarea stratului de uzură.

Peste stratul de uzură definitiv compactat, se răspândește uniform și se cilindrează nisipul bitumat sort 0 – 3 pentru închiderea porilor. După această ultimă operație, îmbrăcămintea se dă în circulație.

Aceste lucrări se execută numai pe timp calduros și uscat, în perioada 1 mai...1 septembrie.

După ce îmbrăcămintea a fost dată în circulație, în funcție de necesități, se poate aplica un tratament de închidere. În cazul că stratul de uzură este alcătuit din beton asfaltic, închiderea prin tratament bituminos nu mai este necesară.

Operațiile de supraveghere și întreținere la aceste lucrări sunt similare cu cele de la macadamul penetrat.

7.2.4. 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.

Este de remarcat necesitatea de a se stabili un timp propice între diversele faze de penetrare, astfel încât să se asigure ruperea emulsiei și încorporarea în masa stratului a unei cantități cât mai reduse de apă, căci altfel este posibil ca liantul să rămână mai fluid și în consecință sub circulație să apară deformații permanente.

În ceea ce privește natura rocii, se va evita utilizarea materialului friabil, casant sau geliv, susceptibil la sfărâmare sub cilindrare. Utilizarea unui material susceptibil la abraziune ar obliga limitarea numărului de treceri succesive pentru diminuarea efectelor cilindrării.

Din punct de vedere al naturii chimice, 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.

Pentru macadam se alege în mod curent piatra spartă sort 40-63, din următoarele motive:

- grosimea stratului de macadam nu trebuie să depășească 8...10 cm, deziderat care se poate realiza cu piatra 40...63 mm;

- un material mai mărunț nu asigură un strat suficient de stabil sub cilindrare și nici nu permite o penetrație corespunzătoare;
- un material mai grosier nu poate fi aranjat corespunzător în grosime de 8 cm după cilindrare;
- așternerea materialului cu autogrederul prezintă dificultăți în cazul când ecartul dintre D și d este mai mare

În ceea ce privește emulsia bituminoasă, se menționează că dacă materialul pietros este de natură acidă sau condițiile atmosferice sunt defavorabile (timp ploios) se va utiliza emulsia 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.

Dozajul definitiv reieșit din calcul se va corecta, ținându-se seama de următorii factori:

- granulozitatea pietrei sparte și a splitului;
- natura și starea pietrei sparte și a splitului;
- condițiile climaterice.

În cazul folosirii de piatră spartă mai mare de 40...63 mm, dozajul în emulsie va crește, iar în cazul când predomină piatra de dimensiuni mai mici, dozajul se va ridica în mod corespunzător necesităților reale.

Pentru materialele pietroase umede sau mai poroase, dozajul de emulsie se va mări cu 5...10 %.

În regiunile mai răcoroase dozajul în emulsie va fi mai mare, pe când în regiuni călduroase se va folosi un dozaj spre limita inferioară.

Tehnologia de execuție a unei penetrări cu emulsie bituminoasă este următoarea (fig. 37):

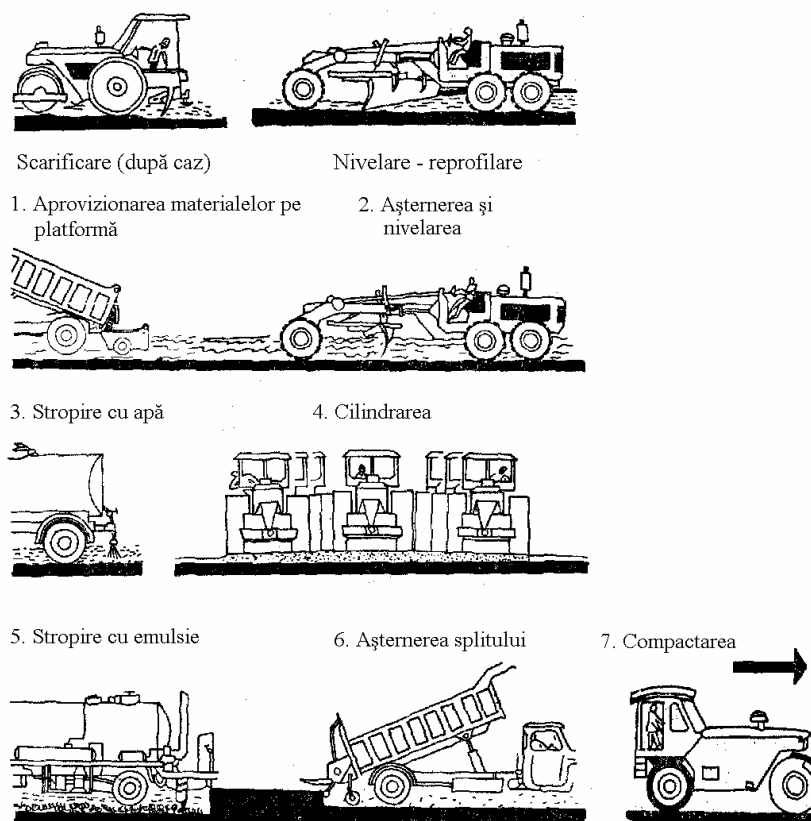


Fig. 37. Tehnologia de execuție a macadamului penetrat cu emulsie bituminoasă.

- 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 piatra 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 încheștării 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.

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

– piatră spartă sort 40–63	151;
– 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.

Din studiul comportării în exploatare a macadamurilor bituminoase rezultă unele observații și recomandări, astfel:

– imediat după terminarea lucrărilor, întărirea liantului și obținerea unei bune adeziuni a pietrelor, sectorul de drum executat se poate da în circulație;

– se recomandă ca în primele zece zile viteza de circulație a autovehiculelor să fie limitată la 30 km/h; în această perioadă circulația trebuie dirijată succesiv pe întreaga lățime a părții carosabile, astfel încât să se realizeze o asfaltizare completă a îmbrăcăminte;

– după necesități se vor executa următoarele lucrări de întreținere:

- îndepărtarea impurităților de pe suprafață (pământ, noroi etc.);
- repararea imediată a degradărilor sau a denivelărilor ivite, prin executarea lucrărilor adecvate;
- etanșarea suprafețelor sărace în bitum prin completarea tratamentului bituminos sau saturarea suprafețelor cu exces de bitum prin răspândire de criblură;
- readucerea pe partea carosabilă a materialului granular aruncat prin circulație pe acostamente;
- executarea suplimentară a unui tratament bituminos de închidere înaintea sezonului rece și umed, atunci când prin circulație nu s-a realizat etanșarea suprafeței de rulare.

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

Notă:

Macadamul penetrat cu mortar de suspensie de bitum filerizat (M.P.S.) a fost utilizat frecvent în anii 60 cu scopul de a îmbunătăți suprafața de rulare a pietruirilor, respectiv a macadamurilor existente. Golurile dintre pietrele macadamului au fost umplute cu mortar de suspensie de bitum filerizat, iar după un anumit interval de timp s-a aplicat, pentru etanșare, un covor subțire din mortar asfaltic cu suspensie de bitum filerizat.

7.3. Anrobate bituminoase

Anrobatele bituminoase sunt un tip de mixturi asfaltice alcătuite, respectând anumite dozaje, în principal din agregate naturale locale ca balast, nisip, pietriș, subproduse de carieră etc., neconcasate sau concasate parțial sau total, și filer, amestecate printr-o tehnologie specifică. Ele oferă proiectanților mari posibilități de folosire judicioasă a materialelor locale tradiționale și netradiționale, pentru realizarea straturilor de bază și în special a îmbrăcăminților bituminoase ușoare.

Tipurile de anrobate bituminoase pe care le vom trata în continuare sunt menționate la pct. 7.1.

7.3.1. Anrobate bituminoase executate cu bitum la cald (A.B.B.C.31)

Anrobatele bituminoase executate cu bitum la cald utilizate pentru realizarea îmbrăcăminților bituminoase ușoare se produc în instalații clasice pentru fabricarea mixturilor asfaltice cu respectarea regulilor generale privind tehnologia producerii acestora.

Îmbrăcămintea bituminoasă din A.B.B.C.31 se așterne pe o fundație pregătită corespunzător, de regulă dintr-o pietruire existentă. Grosimea pietruirii existente nu trebuie să fie sub 20 cm. Pentru calculul de dimensionare se va considera modulul de deformare al anrobatei $E = 2\,200 \text{ daN/cm}^2$. Se va lua în calcul traficul de perspectivă pentru o perioadă de 7 ani.

Profilul transversal se execută în formă de acoperiș, cu două pante egale, panta profilului transversal în aliniament fiind de 2,5...3,0 %.

Declivitatea maximă admisă în profil longitudinal este de 7 %. Pentru declivități mai mari de 7 % se prevăd obligatoriu tratamente de rugozitate.

Se admite denivelarea maximă locală de 10 mm în lungul drumului sub dreptarul de 3 m.

Grosimea îmbrăcămintei după compactare este de minimum 5 cm.

Pentru producerea anrobatei bituminoase se folosesc ca agregate: pietriș 7...31 mm, nisip natural 0...7 mm, split sau criblură 8...16 mm și 16...25 mm, savură 0...8 mm, nisip de concasaj 0...3 mm, filer de calcar, iar ca liant se utilizează bitumul D 80/120.

Anrobatele vor avea un **conținut de bitum** cuprins între 4 și 6 %, iar curba de granulozitate a agregatului total se va înscrie în zona din fig. 38.

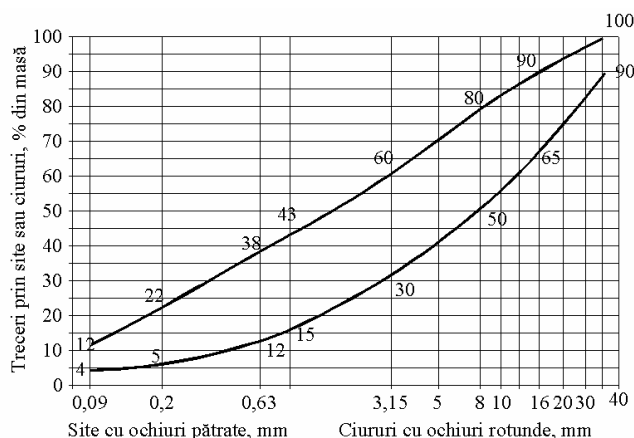


Fig. 38. Zona de granulozitate pentru anrobate bituminoase executate cu bitum D 80/120.

În tabelul 12 se dau câteva dozaje utilizate în practică la realizarea anrobatelor pentru îmbrăcăminți bituminoase ușoare.

Dozaje utilizate la producerea anrobatelor bituminoase

Tabelul 12

Materiale	Dozaje, în %		
	Exemplul 1	Exemplul 2	Exemplul 3
Agregat natural (pietriș) 3,15...31 mm	48,8	46,0	26,5
Nisip natural 0...3 mm	39,0	42,6	41,5
Split 16...25 mm	—	—	20,5
Filer de calcar	6,5	6,0	6,0
Bitum D 80/120	5,7	5,4	5,5

Caracteristicile fizico-mecanice mai importante ale anrobatelor executate cu bitum D 80/120 sunt:

- conținut de bitum, în % 4...6;
- densitate aparentă, în t/m³ 2,2...2,4;
- absorbție de apă, % volum, max. 10;
- rezistența la compresiune la 22 °C, în N/mm², min. 2,5;
- stabilitate Marshall la 60 °C, în kN, min. 3,0;
- indice de curgere (fluaj) la 60 °C, în mm 1,5...4,5;
- raport stabilitate/fluaj, min. 1,0.

Așternerea anrobatelor bituminoase se face la temperatura de minimum 120 °C, cu utilaje adecvate.

Pentru închiderea porilor suprafeței straturilor din anrobate bituminoase se poate folosi una din următoarele metode:

- închiderea suprafeței cu nisip bitumat;
- închiderea suprafeței prin badijonare cu bitum tăiat și răspândire de nisip bitumat;
- închiderea suprafeței cu mortar asfaltic.

Închiderea suprafeței cu nisip bitumat se execută astfel: nisipul natural sau de concasaj 0...3 mm bitumat la cald cu 4 % bitum se așterne în stare caldă în cantitate de 4 kg/m² în mod uniform pe suprafața stratului din anrobate, imediat după compactarea acestuia, urmând apoi o compactare finală prin 2-3 treceri cu compactorul de 100...120 kN.

Închiderea cu nisip bitumat se recomandă în cazul folosirii anrobatelor a căror granulozitate se înscrie în jumătatea superioară a zonei.

Închiderea suprafeței prin badijonare cu bitum tăiat și răspândire cu nisip bitumat se execută astfel: după compactarea anrobatelor, suprafața îmbrăcăminții se badijonează uniform cu bitum tăiat alcătuit din 60 % bitum și 40 % petrosin în cantitate de 0,3...0,5 L/m², după care se așterne imediat o cantitate de 4...6 kg/m² nisip bitumat la cald cu 2...3 % bitum. După răspândirea nisipului bitumat, urmează o compactare finală prin 2-3 treceri ale compactorului cu rulouri netede de 100...120 kN. Acest sistem de închidere se aplică în cazul executării straturilor din anrobate după 1 septembrie sau în situația când traseul drumului se desfășoară în zone umbrite și umede.

Închiderea suprafeței cu mortar asfaltic se utilizează în cazul anrobatelor mai deschise, a căror granulozitate se înscrie în partea inferioară a zonei.

Mortarul asfaltic se produce separat, la cald, în aceeași instalație în care se obțin și anrobatele. Compoziția mortarului asfaltic este în general: 85 % nisip 0...7 mm, 10...16 % filer și 7...9 % bitum raportat la masa mortarului asfaltic.

7.3.2. Anrobatele bituminoase executate la rece cu emulsie bituminoasă (A.B.E.31)

Anrobatele bituminoase executate la rece cu emulsii bituminoase se obțin prin amestecarea agregatelor cu emulsie în instalații speciale.

Îmbrăcămințile bituminoase ușoare din anrobate preparate la rece cu emulsie bituminoasă se pot executa în unul sau două straturi.

Dacă se prevede executarea a două straturi din anrobate cu emulsie bituminoasă, este evident că trebuie să se aștepte ca fiecare strat să fie consolidat înainte de a-l așterne pe următorul. După compactare se dau în circulație provizorie.

În continuare se prezintă câteva **dozaje** recomandate la prepararea anrobateelor cu emulsii.

În cazul îmbrăcăminților executate într-un singur strat:

– agregate 8...20 mm	60 %;
– agregate 3...8 mm	20 %;
– nisip natural 0...3 mm	20 %;
– bitum rezidual	5,5 %.

În cazul îmbrăcăminților executate în două straturi se recomandă în stratul inferior:

– agregate 8...25 mm	75 %;
– agregate 3...8 mm	15 %;
– nisip 0...3 mm	10 %;
– bitum rezidual	5 %.

Fabricarea anrobateelor cu emulsii la rece necesită instalații mult simplificate față de cele utilizate la prepararea anrobateelor la cald. Aceasta se face în stații fixe utilizând betonierele obișnuite, în situațiile când se cere o producție mai mică sau când se anrobează agregate cu granule mari 25...40 mm.

Din buncărele de agregate, cu ajutorul unui elevator, materialele trec la dozatoare și de aici în malaxor. Concomitent se pulverizează emulsia. Anrobatele sunt transportate cu ajutorul autobasculantelor la punctul de lucru.

Așternerea se realizează în aceleași condiții ca la celelalte tipuri de mixturi asfaltice. Se curăță suprafața, se amorsează și se aștern anrobatele cu lama autogrederului sau cu repartizatoare-finisoare.

Compactarea se efectuează după ce s-a produs ruperea emulsiei (culoarea acesteia se schimbă din cafeniu în negru). Se recomandă folosirea compactoarelor de 60...80 kN. Se compactează dinspre margine spre axă, apoi se continuă compactarea utilizând compactoare cu pneuri.

Avantajele îmbrăcăminților ușoare executate la rece cu emulsii bituminoase constau în faptul că ele pot fi preparate ușor cu agregate locale.

Ca dezavantaje se menționează faptul că volumul de goluri remanent mare le face sensibile la acțiunea apei. Din punct de vedere al compactității, acestea sunt evident inferioare celor preparate la cald.

Pentru producerea anrobateelor bituminoase s-a utilizat ca liant în anii 60 și suspensia de bitum filerizat, mixtura asfaltică rezultată utilizându-se pentru acoperirea pietruirilor existente pe drumuri cu trafic intens.

7.4. Mortare asfaltice

Mortarele asfaltice sunt amestecuri constituite, după anumite criterii, din nisip natural, nisip de concasaj, filer și un liant bituminos.

Mortarele asfaltice se utilizează la executarea îmbrăcăminților bituminoase ușoare ca straturi de uzură, pe drumurile de clasele tehnice IV și V, sau la închiderea suprafețelor îmbrăcăminților bituminoase ușoare executate din anrobate bituminoase.

Tipurile de mortare asfaltice care vor fi tratate în continuare sunt menționate la pct. 2.1.

7.4.1. Mortar asfaltic executat la cald cu bitum D 80/120 (M.A.7)

Mortarul asfaltic standardizat la noi este un amestec în anumite proporții de nisip natural, nisip de concasaj și filer aglomerate cu bitum printr-o tehnologie adecvată.

Agregatul este alcătuit din:

- nisip între 0,09 și 3 mm 80...85 %;
- filer și nisip sub 0,09 mm 20...15 %.

Conținutul de bitum D 80/120 va fi cuprins între 9 și 11 % din masa mixturii asfaltice.

Zona de granulozitate pentru mortar asfaltic este indicată în fig. 39. La stabilirea dozajelor, limitele maxime ale procentului de bitum vor fi prevăzute în regiunile cu climat umed, trafic redus sau cu temperatura medie anuală mai scăzută. Experiența a confirmat că defecțiunile ce apar datorită excesului de liant sunt mai greu de remediat decât defecțiunile care pot apărea datorită unui dozaj de liant spre limita inferioară. Nisipul de concasaj va reprezenta minimum 25 % din nisipul total.

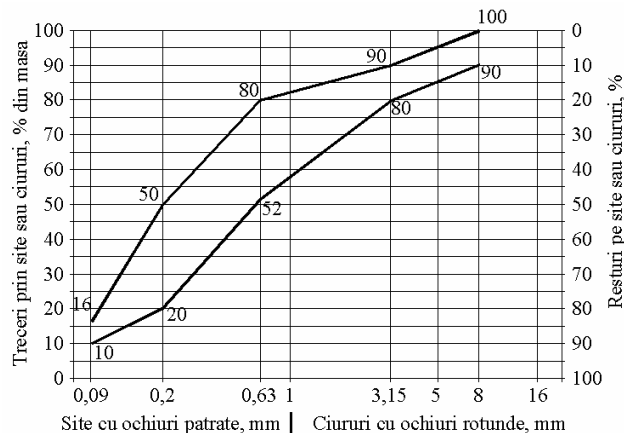


Fig. 39. Zona de granulozitate pentru mortar asfaltic executat cu bitum D 80/120.

Mortarul asfaltic se poate folosi ca strat de uzură pentru drumuri și străzi din clasele tehnice IV și V, în grosime de 2,5...3,5 cm, cantitatea de mortar ce se prevede fiind 55...77 kg/m².

Mortarul asfaltic se utilizează pe drumuri și străzi cu declivitate maximă de 4,0 %, întrucât are o rugozitate scăzută.

Notă:

Mortarul asfaltic preparat la rece cu suspensie de bitum filerizat s-a utilizat în perioada anilor 60 pentru execuția unor covoare asfaltice de etanșare, de regulă peste un macadam bituminos penetrat cu subif.

În perioada penuriei de bitum (anii 1960...1970), în partea de S-V a țării s-a utilizat, prin tehnologii specifice, *nisipul bituminos* de la Derna-Tătăruș-Budoii (jud. Bihor) pentru fabricarea *anrobatorilor bituminoase, mortarului asfaltic și betonului asfaltic sărac în criblură*. În scopul realizării acestor mixturi asfaltice, au fost adaptate fabricile de asfalt precum și tehnologiile de punere în operă a acestora. S-au realizat cca 600 km de drumuri cu îmbrăcămini bituminoase ușoare din mixturi asfaltice cu nisip bituminos. Detalii sunt menționate în literatura de specialitate din perioada respectivă.

Întrucât actualmente, atât mixturile asfaltice cu subif, cât și cele cu nisip bituminos nu sunt în actualitate, nu am considerat utilă prezentarea amănunțită a acestora.

7.5. Întreținerea ulterioară, repararea și ranforsarea îmbrăcăminților bituminoase ușoare

După executarea îmbrăcăminților bituminoase ușoare se va urmări continuu comportarea lor în primele 2...3 luni de la darea în exploatare și se vor lua măsuri pentru tratarea lor ulterioară.

Tratarea îmbrăcăminților bituminoase ușoare poate consta din:

- aplicarea unor tratamente sau badijonări pe sectoarele cu suprafețe poroase;
- colmatarea fisurilor și crăpăturilor;
- repararea (plombarea) gropilor;
- repararea defecțiunilor izolate cauzate de insuficiența capacității portante a complexului rutier, cum este cazul faianțarilor, gropilor provenite din faianțări și a degradărilor provocate din îngheț-dezghet, prin decaparea și înlocuirea structurii rutiere vechi, asanarea corpului drumului etc.

Este necesară de asemenea executarea și menținerea în stare bună a rigolelor și șanțurilor de scurgere a apelor, a taluzurilor și acostamentelor, a drenurilor etc.

După expirarea duratei de exploatare a îmbrăcăminților bituminoase ușoare, acestea pot constitui un strat de bază, în contextul ranforsării structurii rutiere existente, ținându-se seama bineînțeles de evoluția traficului, de condițiile climaterice etc.

Este de remarcat faptul, confirmat de experiență, că întreținerea trebuie să fie cu atât mai complexă și este cu atât mai costisitoare, cu cât lucrările de construcție sunt mai “economice” dimensionate și executate. Economii nerăționale aplicate în alcătuirea și realizarea structurilor rutiere generează mari cheltuieli de întreținere și exploatare a drumurilor; de aceea, se recomandă întotdeauna o judicioasă apreciere a unei lucrări rutiere prin luarea în considerare atât a costului construcției cât și a cheltuielilor ulterioare de întreținere și exploatare.

8. Îmbrăcămini bituminoase grele (permanente)

8.1. Generalități

Îmbrăcămini bituminoase grele denumite impropriu “permanente” au o durată medie de exploatare stabilită convențional de peste 12 ani și sunt alcătuite în general din două straturi, stratul de uzură executat de obicei dintr-un anumit tip de beton asfaltic sau din asfalt turnat și stratul de legătură realizat dintr-un beton asfaltic denumit deschis.

- Stratul de legătură este obligatoriu în toate cazurile când îmbrăcămintea se execută pe:
- o îmbrăcămintă bituminoasă veche deteriorată;
 - îmbrăcăminți din beton de ciment sau din macadamuri cimentate (îmbrăcăminți rigide);
 - straturi din materiale stabilizate cu ciment;
 - pe toate drumurile din clasa tehnică I și II.

La alegerea tipului de mixtură asfaltică din care se va realiza îmbrăcămintea bituminoasă se va ține seama de intensitatea și compoziția traficului, de resursele locale de agregate naturale, de zona climaterică, posibilitățile de execuție etc.

Condițiile tehnice cerute de instrucțiunile în vigoare pentru diversele tipuri de mixturi asfaltice se referă la: grosimea straturilor, pantele în profil transversal, declivitățile în profil longitudinal și toleranțele admise pentru elementele geometrice.

Grosimile recomandate pentru straturile de uzură și de legătură sunt indicate în tabelul 13.

Grosimile minime constructive arătate în tabelul 13 s-au fixat în funcție de posibilitățile practice de realizare, folosindu-se tehnologiile existente.

Grosimea minimă a straturilor din mixturi asfaltice

Tabelul 13

Tipul mixturii asfaltice	Simbol	Tipul stratului	Grosimea minimă a stratului compactat [cm]	Cantitatea minimă de mixtură asfaltică [kg/m ²]
Beton asfaltic bogat în criblură	B.A.8 B.A.16	uzură uzură	4 4	90 90
Beton asfaltic rugos	B.A.R.16	uzură	4	90
Beton asfaltic cu agregat mare	B.A.25	uzură	4	90
Beton asfaltic deschis cu criblură	B.A.D.25	legătură	4	90
Beton asfaltic deschis cu pietriș concasat	B.A.D.P.C.31	legătură	5	110
Beton asfaltic deschis cu pietriș sortat	B.A.D.P.S.31	legătură	5	110

În ceea ce privește grosimea maximă prescrisă pentru stratul de legătură se menționează faptul că actualmente există tendința de a se executa, într-o singură repriză, straturi rutiere de grosime mai mare, întrucât acestea prezintă o serie de avantaje evidente.

Rezultă deci, că în cazul când prin calcul se constată necesitatea executării unor straturi de legătură mai groase decât cele prevăzute în tabelul 13, acestea se vor putea proiecta, făcându-se justificarea tehnico-economică necesară.

Când îmbrăcămintea se execută într-un singur strat, poartă denumirea de covor asfaltic și se realizează dintr-o mixtură asfaltică de tipul celor recomandate pentru stratul de uzură. Grosimea minimă a covorului asfaltic este de 4,0 cm.

Profilul transversal în aliniament se execută în formă de acoperiș cu două pante egale (2,5 %).

Pe străzi și alei se admite și profilul curb (circular sau parabolic), cu un bombament de 1/80...1/100.

Declivitățile maxime în profil longitudinal în funcție de tipul mixturii asfaltice sunt date în tabelul 14.

În privința alegerii declivităților maxime se recomandă să se țină seama și de alți factori în afară de tipul mixturii asfaltice.

Declivități admise în profil longitudinal în funcție de tipul mixturii asfaltice

Tabelul 14

Tipul mixturii	Declivitatea maximă, %
Beton asfaltic bogat în criblură, beton asfaltic cu agregat mare	6,0
Beton asfaltic rugos	9,0

Dintre factorii care trebuie luați în considerare la stabilirea declivității maxime se menționează: zona climaterică, frecvența apariției poleiului, înghețului și zăpezii, intensitatea traficului, posibilitatea aplicării unor tratamente rugoase, viteza de circulație admisă etc.

La recepția lucrărilor se verifică respectarea elementelor geometrice, admițându-se următoarele abateri limită locale:

- la grosimea straturilor, –10 % pentru fiecare strat în parte;
- la panta profilului transversal, ± 5 mm/m, atât pentru stratul de uzură cât și pentru stratul de legătură și de $\pm 2,5$ mm/m pentru străzi cu mai mult de două benzi de circulație pe sens;
- la lățimea îmbrăcăminte bituminoase se admite o abatere locală de ± 5 cm.

Denivelările locale admise în profil longitudinal sub dreptarul de 3 m sunt de maximum 3... 7 mm, în funcție de clasa tehnică a drumului sau de categoria străzii, conform tabelului 15.

Denivelări locale maxime admise sub dreptarul de 3 m

Tabelul 15

Clasa tehnică a drumului (Categoria tehnică a străzii)	Denivelarea locală maximă admisă sub dreptarul de 3 m, în mm
Drumuri clasa tehnică I Străzi categoria tehnică I, II, III	3
Drumuri clasa tehnică II Străzi categoria tehnică IV (cu excepția zonei rigolelor)	4
Drumuri clasa tehnică III	5
Drumuri clasa tehnică IV, V	7

În cazul în care se dispune de aparatul Viagraf pentru determinarea uniformității părții carosabile în profil longitudinal, valoarea maximă admisă pentru indicatorii Viagraf IHV și Viagraf E este dată în tabelul 16.

Valorile indicatorilor Viagraf

Tabelul 16

Înregistrări	Autostrăzi și drumuri cu 4 benzi de circulație	Drumuri cu 2 benzi de circulație, cu trafic	
		> 3 000 veh./24 h	≤ 3 000 veh./24 h
Grafice, IHV, max.admise, în mm/100m	20	30	60
Electronice, E, max.admise, în mm/100m	10	12,5	15

Indicatorul hectometric Viagraf *IHV* reprezintă valoarea cumulată a denivelărilor măsurate ce depășesc zona de admisibilitate de 5 mm, pe o distanță de 100 m.

Indicatorul de amplitudine a denivelărilor Viagraf *E* reprezintă amplitudinea maximă, în milimetri, a denivelărilor ce apar cu o probabilitate de minimum 95 %, pe o distanță de 100 m.

Tipurile de mixturi asfaltice definite în funcție de granulozitate și de dimensiunea maximă a granulelor sunt utilizate ținând seama de clasa tehnică a drumului sau străzii și de resursele de agregate naturale conform tabelului 17.

Tipuri de mixturi asfaltice

Tabelul 17

Tipul de mixtură asfaltică	Dimensiune a maximă a granulelor	Stratul la care se utilizează	Clasa tehnică a drumului
			Categoria tehnică a străzii
Asfalt turnat dur	16	Strat de uzură	II ... IV
Asfalt turnat	7		alei și trotuare
Beton asfaltic:	8 sau 16	Strat de uzură	III ... V
– bogat în criblură			I ... IV
– rugos	16	Strat de uzură	I ... III
			I ... III
Beton asfaltic cu agregat mare	25	Strat de uzură	III ... V
			III ... V
Beton asfaltic deschis:	25	Strat de legătură	I ... IV
– cu criblură			I ... IV
– cu pietriș sortat	31	Strat de legătură	IV , V
			III , IV
– cu pietriș concasat	31	Strat de legătură	II ... V
			II ... IV

Mixturile asfaltice executate la cald pentru stratul de uzură pot fi: betoane asfaltice și asfalturi turnate.

În stratul de legătură se folosesc betoane asfaltice deschise cu cribluri, pietriș sortat sau pietriș concasat.

Pentru o mai bună sistematizare și reținere a tipurilor de mixturi asfaltice s-a introdus simbolul acestora conform tabelului 18.

Simbolurile mixturilor asfaltice

Tabelul 18

Tipul de mixtură asfaltică	Simbol
Beton asfaltic bogat în criblură, executat cu criblură 3...8 mm	B.A.8
Beton asfaltic bogat în criblură, executat cu criblură 3...16 mm	B.A.16
Beton asfaltic cu agregat mare	B.A.25
Beton asfaltic rugos prin clutaj	B.A.R.C.16
Beton asfaltic rugos	B.A.R.16
Asfalt turnat dur, executat cu criblură 3...16 mm	A.T.D.16
Asfalt turnat executat cu nisip grăunțos 3...7 mm	A.T.N.7
Beton asfaltic deschis cu criblură pentru strat de legătură, executat cu amestec de criblură 3...25 mm	B.A.D.25
Beton asfaltic deschis cu pietriș pentru strat de legătură, cu amestec de pietriș sortat 3...7 mm și 7...31 mm	B.A.D.P.S.31
Beton asfaltic deschis cu pietriș concasat pentru strat de legătură, cu amestec de pietriș 3...7 mm și 7...31 mm	B.A.D.P.C.31

Dozajele mixturilor asfaltice se stabilesc pe baza studiilor de laborator; limitele procentelor de agregate și bitum sunt indicate în tabelul 19.

Dozaje pentru mixturi asfaltice

Tabelul 19

Tipul mixturii asfaltice	Agregate naturale, % din agregatul total				Bitum, % din masa mixturii asfaltice
	Filer și nisip <0,09 mm	Filer și nisip 0,09...3,15 mm	Criblură peste 3,15 mm	Mărgăritar și pietriș sortat	
Beton asfaltic bogat în criblură, realizat cu criblură 3–8 sau amestec de criblură 3–8 și 8–16	8...12	Rest până la 100	45...70	–	6,0...7,5
Beton asfaltic rugos, realizat cu amestec de criblură 3–8 și 8–16	8...10	Rest până la 100	58...70	–	5,7...6,2
Beton asfaltic cu agregat mare	5...12	Rest până la 100	50...70	–	5,5...7,0
Beton asfaltic deschis realizat cu amestec de criblură (3–8; 8–16 și 16–25)	1...6	Rest până la 100	65...80	–	4...5
Beton asfaltic deschis realizat cu amestec de pietriș sortat sau concasat (3–7 și 7–31)	1...6	Rest până la 100	–	65...80	4...5

Se folosesc următoarele tipuri de bitumuri pentru stratul de legătură și stratul de uzură:

- D 60/80 pentru zone climaterice calde (la toate clasele tehnice de drum și toate categoriile de străzi);
- D 80/100 pentru zonele climaterice reci (la toate clasele tehnice de drum și toate categoriile de străzi);
- D 100/120 pentru zonele climaterice reci (pentru drumuri de clasă tehnică IV-V și străzi de categorie tehnică III–IV).

Raportul filer – bitum pentru diferite tipuri de mixturi asfaltice se recomandă să se înscrie în următoarele limite:

- betoane asfaltice bogate în criblură (B.A.8; B.A.16) 1,3...1,8
- betoane asfaltice rugoase (B.A.R.16) 1,1...1,5
- betoane asfaltice cu agregat mare (B.A.25) 0,9...1,5
- betoane asfaltice deschise (B.A.D.25, B.A.D.P.C.31, B.A.D.P.S.31) 0,2...1,0.

La betoanele asfaltice se folosește nisip de concasaj sau amestec de nisip de concasaj și nisip natural în care acesta din urmă este în proporție de maximum:

- 25 % pentru B.A.8 și B.A.16;
- 30 % pentru B.A.25;
- 50 % pentru B.A.D.25; B.A.D.P.C.31 și B.A.D.P.S.31.

Betoanele asfaltice sunt mixturi asfaltice cu performanțe fizico-mecanice ridicate și cu o mare durată de exploatare. Deoarece ele se folosesc mai ales în straturile de rulare ale îmbrăcăminților bituminoase este recomandabil să se urmărească ca prin alcătuire și execuție să se obțină suprafețe care să aibă și proprietăți antiderapante. Pentru realizarea betoanelor asfaltice trebuie să se utilizeze agregate de calitate superioară atât din punct de vedere al durității rocii, cât și al formei, dimensiunilor granulelor și al gradului de puritate. Se recomandă folosirea ciblurilor colțuroase de mare rezistență atât la compresiune cât și la uzură și șlefuire.

Dacă stratul de uzură are o grosime până la 2,5 cm, el poate fi alcătuit dintr-un beton asfaltic cu agregate de 0...8 mm; când grosimea stratului este însă peste 2,5 cm se recomandă proiectarea și executarea sa dintr-un beton asfaltic cu agregate (cibluri) până la 16 mm.

8.2. Tipuri de mixturi asfaltice pentru îmbrăcăminți bituminoase grele

8.2.1. Beton asfaltic bogat în criblură (B.A.8 sau B.A.16)

Betonul asfaltic bogat în criblură este o mixtură asfaltică ce se caracterizează printr-un schelet mineral puternic, conținutul de criblură cu dimensiunea peste 3 mm fiind cuprins între 40 și 60 %; granulele de criblură se sprijină între ele, după cum se poate urmări în fig. 40, ceea ce asigură o bună stabilitate și rugozitate a stratului de uzură executat cu acest tip de beton asfaltic. Se poate realiza de asemenea în două variante, și anume cu criblură până la 8 mm (B.A.8), agregatul mineral înscriindu-se în acest caz în zona de granulozitate din fig. 41 sau cu criblură până la 16 mm (B.A.16), a cărui agregat natural se va înscrie în zona de granulozitate din fig. 42.

Agregatul natural este format din:

- criblură 3...8 mm sau 3...8 mm și 8...16 mm: 45...70 %;
- filer și nisip sub 0,09 mm: 8...14 %;
- filer și nisip 0,09...3 mm: rest până la 100.

Conținutul de bitum este 6,0...7,5 % raportat la masa mixturii asfaltice.

Dozajele pentru betoanele asfaltice bogate în cibluri se alcătuiesc după criterii precise în urma studiilor de laborator.

Betonul asfaltic bogat în criblură se poate folosi la stratul de uzură, pe drumuri și străzi din clasele tehnice III-IV, în grosime de minimum 4,0 cm, în cantitate de minimum 90 kg/m². Se recomandă utilizarea lui pe drumuri și străzi cu declivitate maximă de 6 %.

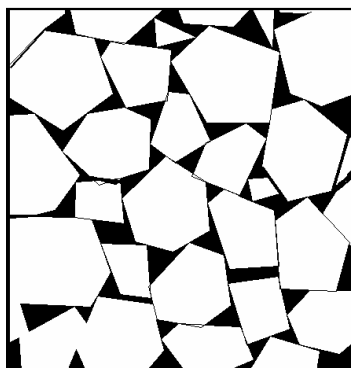


Fig. 40. Scheletul mineral pentru beton asfaltic cu agregat mărunț bogat în criblură.

8.2.2. Beton asfaltic rugos (B.A.R.16)

În condițiile unui trafic intens și cu viteze de circulație mari, asigurarea rugozității îmbrăcăminții bituminoase constituie o condiție obligatorie pentru siguranța circulației.

Rugozitatea este calitatea ce se recomandă suprafețelor de rulare ale îmbrăcăminților rutiere moderne de a fi aspre, având mici asperități care dau o aderență bună între pneu și îmbrăcămintă, realizându-se astfel o siguranță sporită a circulației.

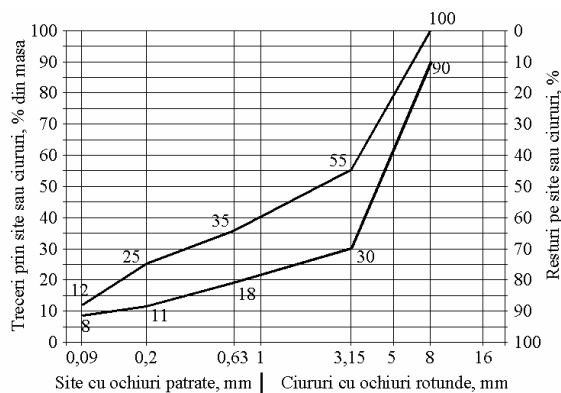


Fig. 41. Zona de granulozitate pentru B.A.8.

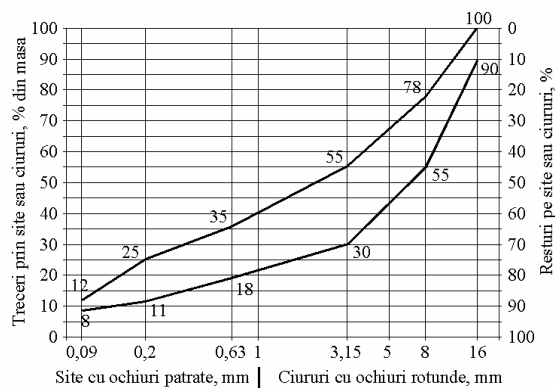


Fig. 42. Zona de granulozitate pentru B.A.16.

Sub denumirea de aderență se înțelege calitatea pe care o are suprafața de rulare de a favoriza frecarea la contactul dintre roțile motoare ale autovehiculelor și cale, de care depind condițiile de rulare, de frânare și de derapare (alunecare a roților unui autovehicul, oblic față de direcția de înaintare). De fapt problema realizării unor suprafețe rugoase și menținerea acestei rugozități un timp cât mai îndelungat devine din ce în ce mai importantă pe măsura creșterii traficului.

Îmbrăcămințile bituminoase rugoase se obțin prin diverse tehnologii dintre care se menționează:

- aplicarea de tratamente bituminoase de rugozitate;
- clutaj cu criblură preanrobată în timpul punerii în operă a mixturilor asfaltice;
- executarea unor betoane asfaltice rugoase.

Tratamentele bituminoase au fost prezentate în paragraful 6.3, urmând ca în cele ce urmează să se insiste asupra celorlalte procedee tehnologice elaborate în scopul obținerii unor straturi de rulare rugoase.

Betonul asfaltic rugos (B.A.R.16) asigură o foarte bună rugozitate a suprafeței de rulare, poate fi utilizat pe drumuri cu declivități până la 9 % fiind recomandat mai ales pe sectoarele unde există pericol de derapare, pe timp umed, ploios.

Acesta este alcătuit din criblură peste 3 mm în proporție de 58...70 %, filer 8...10 % și un conținut de bitum de 5,7...6,2 %. Curba de granulozitate se va înscrie în zona din fig. 43.

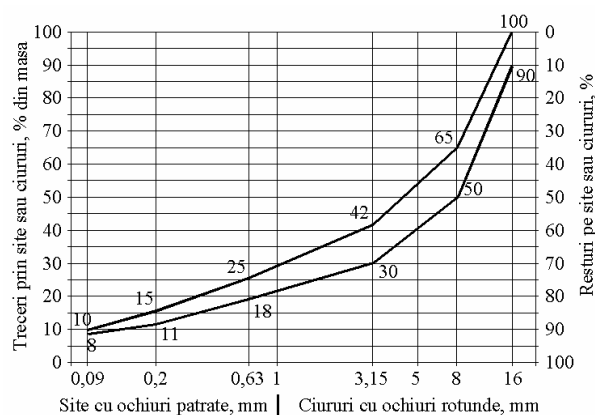


Fig. 43. Zona de granulozitate pentru B.A.R.16.

Betonul asfaltic rugos se folosește ca strat de uzură pe drumuri și străzi în clasele tehnice I-III, în grosime minimă de 4,0 cm, cantitatea minimă de mixtură fiind de 90 kg/m².

Se recomandă folosirea criblurilor provenite numai din roci eruptive, bazalt, andezit, de formă poliedrică, foarte curate, cu rezistențe mari la compresiune de minimum 1 800 daN/cm² și rezistente la șlefuire.

În compoziția mixturii nu intră nisip de râu, ci numai nisip de concasaj.

Procesul tehnologic nu diferă, în principiu, de procesul tehnologic de producere și punere în operă a mixturilor asfaltice obișnuite trebuind să se respecte însă următoarele elemente:

- temperatura agregatului la malaxare 160...180 °C;
- temperatura mixturii asfaltice la ieșirea din malaxor 150...170 °C;
- durata de amestecare a agregatelor cu bitumul în malaxor 3 min;
- temperatura mixturii asfaltice la așternere, *min.* 145 °C;
- grosimea minimă a stratului 4,0 cm;
- temperatura la începerea compactării, *min.* 130 °C.

Compactarea se efectuează cu compactoare pe pneuri de 160 sau 100 kN și apoi cu compactoare tandem de 40...60 kN.

Nu se va închide suprafața stratului cu nisip bitumat, în scopul menținerii asperității agregatelor la suprafață. Verificarea rugozității se efectuează la o lună de la darea în circulație.

Betonul asfaltic rugos se caracterizează printr-un schelet mineral puternic, un conținut de filer și de bitum scăzut, și o zonă de granulozitate îngustă. În consecință, betonul asfaltic rugos este o mixtură mai pretențioasă de executat și de pus în operă, dar care prezintă calitate de rugozitate superioare celorlalte tipuri de betoane asfaltice și care trebuie să-și mențină aceste proprietăți timp îndelungat.

8.2.3. Beton asfaltic rugos prin clutaj (B.A.R.C.16)

Betonul asfaltic rugos prin clutaj (B.A.R.C.16) se execută prin tratarea stratului de uzură din beton asfaltic bogat în criblură, în faza finală a compactării acestuia, cu criblură preanrobată.

Stratul de uzură din beton asfaltic rugos prin clutaj (B.A.R.C.16) se folosește pe drumuri cu trafic intens sau cu declivitate mai mare de 6 %.

Stratul de uzură din beton asfaltic cu agregat mărunț bogat în criblură se execută în mod obișnuit.

Temperatura mixturii la așternere trebuie să fie de minimum 135 °C, iar la începerea compactării de minimum 125 °C.

Realizarea clutajului se face în următoarele etape: precompactarea mixturii asfaltice așternute la grosimea prescrisă, răspândirea criblurii preanrobate și compactarea definitivă. Precompactarea mixturii se efectuează cu compactorul cu rulouri netede greu, prin 4...6 treceri pe aceeași urmă.

Răspândirea criblurii preanrobate se face pe mixtura caldă la temperatura de 70...90 °C, cu răspânditorul de criblură, în cantitate de 8...12 kg/m², astfel încât să se realizeze un strat continuu și uniform.

Se impune respectarea domeniului de temperatură 70...90 °C, deoarece în cazul unei temperaturi sub 70 °C are loc o acroșare insuficientă a criblurii preanrobate de stratul suport, iar în cazul unei temperaturi mai mari de 90 °C, are loc o înfundare a criblurii în stratul suport și deci, reducerea rugozității geometrice și a rezistenței la alunecare.

Compactarea definitivă se efectuează cu un compactor cu pneuri, prin 10...12 treceri pe aceeași urmă.

Darea în circulație se face după răcirea stratului, adică după 6 h de la terminarea compactării.

Verificarea rugozității se face la o lună de la darea în circulație.

Betonul asfaltic rugos prin clutaj a fost introdus în Anglia în anul 1960, iar în Franța în 1966. Prezintă avantajul de a da posibilitatea utilizării în stratul de beton asfaltic impermeabil, a materialelor mai puțin pretențioase din punct de vedere calitativ, clutajul asigurând suprafeței de rulare o textură discontinuă și rugoasă cu o bună aderență la pneu.

În Franța se utilizează betoane asfaltice a căror curbă de granulozitate recomandată este:

– trece prin sita de 10 mm	90 %;
– trece prin sita de 6 mm	80 %;
– trece prin sita de 2 mm	45 %;
– trece prin sita de 0,08 mm	10 %.

Se folosesc agregate concasate în proporție de 80 % din agregatul total. Ca liant se folosește bitum 81/100 în proporție de 6,2 %. Pentru clutaj se folosește criblura sort 12,5–14, preanrobată cu 1,0...1,5 % bitum.

Clutajul se execută cu 10...12 kg/m² criblură preanrobată.

În Belgia clutajul s-a aplicat peste o mixtură fină caracterizată printr-un conținut redus de criblură, având următoarea granulozitate:

– trece prin sita de 16 mm	100 %;
– trece prin sita de 1,6 mm	70 %;
– trece prin sita de 0,08 mm	10 %.

Liantul folosit a fost un bitum D 50/70 sau D 40/60 în proporție de 8,5...9,0 %.

Clutarea s-a realizat cu criblură 8...12 mm preanrobată, în cantitate de 6...9 kg/m².

Specialiștii belgieni consideră că este necesar să se execute în locul mixturii fine, un beton asfaltic cu cel puțin 50 % agregate peste 2 mm și de asemenea că este necesar să se folosească pentru clutaj criblură cu dimensiuni mai mari, și anume 12...16 mm.

8.2.4. Asfalt turnat (A.T.)

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

Îmbunătățirile aduse compoziției asfaltului turnat au permis întrebuințarea lui pe străzi și drumuri cu trafic intens.

Asfaltul turnat este un beton asfaltic compact, având toate golurile umplute cu bitum și din această cauză este complet impermeabil și se poate întrebuința la etanșări și impermeabilizări. Se utilizează numai pentru executarea stratului de uzură.

În funcție de natura agregatelor folosite la executarea mixturii asfaltice se disting două tipuri de asfalt turnat:

- asfaltul turnat dur (A.T.D.16), care se realizează cu criblură 3...8 mm sau 3...16 mm;
- asfaltul turnat (A.T.N.7), care se execută cu nisip grăunțos 3...7 mm.

Spre deosebire de celelalte mixturi asfaltice la care volumul de goluri remanent după compactare este de 4...5 %, asfaltul turnat se realizează după un dozaj care asigură umplerea completă a golurilor dintre granulele minerale cu mastic bituminos, uneori chiar cu un ușor exces. Datorită acestui exces de bitum, mixtura asfaltică este ușor lucrabilă și poate fi așternută manual sau mecanic, fără să necesite compactarea.

Dozajul mediu recomandat pentru asfaltul turnat dur este următorul:

- | | |
|-----------------------------------|---------------------|
| – criblură 3...8 mm sau 3...16 mm | 30...55 %; |
| – filer | 20...30 %; |
| – nisip | rest până la 100 %; |
| – bitum D 40/50 sau D 25/40: | |
| • așternere manuală | 7,5...9,5 %; |
| • așternere mecanică | 7...9 %. |

În cazul asfaltului turnat cu nisip grăunțos, dozajul recomandat este următorul:

- | | |
|-----------------------------|---------------------|
| – nisip grăunțos 3...7 mm | 30...40 %; |
| – filer | 20...30 %; |
| – nisip | rest până la 100 %; |
| – bitum D 40/50 sau D 25/40 | 7,5...9,5 %. |

Caracteristicile fizico-mecanice ale asfaltului turnat gata executat sunt indicate în tabelul 20.

În ceea ce privește domeniul de folosire, în general, la o grosime corespunzătoare, îmbrăcămințile din asfalt turnat pot face față oricărei categorii de trafic. Asfaltul turnat cu nisip grăunțos (A.T.N.7) se folosește în special pentru:

- drumuri și străzi cu trafic redus și mijlociu sau poduri și podețe definitive;
- străzi și piețe în cartierele de locuit;
- alei, trotuare, piste pentru cicliști, curți etc.

Asfaltul turnat dur (A.T.D.16) se folosește pe străzi și drumuri cu trafic intens și ca îmbrăcămintă pe poduri definitive. De asemenea, în cazuri excepționale, poate fi folosit iarna pentru executarea unor îmbrăcăminți bituminoase și repararea îmbrăcăminților existente.

Asfaltul turnat pentru partea carosabilă se așază în general pe un strat de legătură.

Caracteristici fizico-mecanice ale asfaltului turnat

Tabelul 20

Caracteristici fizico-mecanice	Asfalt turnat dur	Asfalt turnat
Prin încercarea pe cuburi:		
Densitatea aparentă, în kg/m ³	2 400	2 400
Absorbția de apă, % volum	0...1	0...1
Umflarea după 28 zile de păstrare în apă, % volum max.	1	1
Rezistența la compresiune la 22 °C, N/mm ² min.	3,5	3,0
Rezistența la compresiune la 50 °C, N/mm ² min.	1,7	1,5
Reducerea rezistenței la compresiune după 28 zile de păstrare în apă la o temperatură de 22 °C, % max.	10	10
Pătrunderea la 40 °C sub o forță de 525 N, aplicată timp de 30 min cu ajutorul unui poanson având secțiunea de 500 mm ² , mm	1...7	1...15
Prin încercarea Marshall:		
Stabilitatea S la 60 °C, kN, min.	5,5	4,0
Indicele de curgere I, mm	1,5...4,5	1,5...4,5
Raportul S/I, kN/mm, min.	1,5	1,0

Îmbrăcămintea din unul sau două straturi se așază pe un strat de bază.

Grosimea îmbrăcămintei din asfalt turnat se stabilește în funcție de trafic și de natura stratului de bază.

Grosimea și cantitatea de mixtură necesară se încadrează în valorile din tabelul 21.

Grosimea stratului de asfalt turnat

Tabelul 21

Tipul mixturii asfaltice	Grosimea stratului de uzură, cm	Modul de turnare	Cantitatea de mixtură, kg/m ²
Asfalt turnat dur	3,0...4,0	Turnat într-un strat	72...96
	5,0...6,0	Turnat în două straturi	120...144
Asfalt turnat	2,5...3,0	Turnat într-un strat	60...72

Observație. În grosimea stratului de uzură nu este inclusă și mixtura asfaltică necesară egalizării stratului de legătură, respectiv de bază și de fundație.

Profilul transversal se proiectează la fel ca și pentru celelalte îmbrăcăminti bituminoase grele, cu mențiunea că pentru trotuare și alei pantele au o înclinare de 2 %, iar pentru piețe 1...2,5 %.

Declivitățile admise în profil longitudinal sunt de maximum 4,5 %.

Verificarea profilului longitudinal se face obișnuit cu dreptarul de 3 m lungime admițându-se următoarele denivelări locale sub dreptar:

- la îmbrăcămințile așternute manual, maximum 7 mm;
- la îmbrăcămințile așternute mecanic, maximum 5 mm.

Asfaltul turnat **se produce** obișnuit în malaxoare mecanice sau în instalații pentru producerea mixturilor asfaltice adaptate corespunzător.

Dozarea componentilor în cazul producerii în malaxoare mecanice se face prin cântărire; se introduce în malaxor întâi bitumul, după a cărui topire se adaugă treptat filerul.

Peste amestecul de bitum-filer bine omogenizat se adaugă treptat nisipul și criblura sau nisipul grăunțos în prealabil uscat și încălzit.

Temperatura la care se prepară mixtura asfaltică este de 170...190 °C, fără a depăși 200 °C.

Procesul tehnologic aplicat este următorul:

- se încălzește bitumul la 190...200 °C;
- se încălzește filerul la 200 °C prin trecerea acestuia într-un uscător-încălzitor de filer și depozitarea lui într-un dozator de filer;
- uscarea și încălzirea agregatelor (nisip și criblură, dozate în prealabil cu ajutorul predozatoarelor) la 200 °C se face în uscătorul instalației;

Asfaltul turnat este descărcat într-un buncăr termoizolat sau direct în transportorul de asfalt, care poate fi un malaxor obișnuit prevăzut cu instalație de încălzire, montat direct pe un autocamion.

Mixtura asfaltică având temperatura de 150...180 °C se întinde cu drișca de lemn sau mecanic și se netezește la grosimea proiectată.

Se recomandă ca la așternerea mixturii să se folosească repartizatoarele-finisoare mecanice.

Ultima operație după întindere și nivelare constă în răspândirea pe suprafața îmbrăcămintei a 2...3 kg/m² nisip 1...3 mm peste care apoi se trece de câteva ori cu un rulou manual de 40...50 kg. Dacă este necesar să se realizeze o suprafață cu o rugozitate mai mare, se răspândește pe suprafața asfaltului turnat 4...6 kg/m² criblură 3...8 mm peste care se trece cu un rulou manual de circa 100 kg. Se recomandă ca această criblură să fie bitumată și încălzită în prealabil.

După răcirea mixturii asfaltice, îmbrăcămintea poate fi dată în exploatare.

În ultimii ani se constată în unele țări o tendință pronunțată de a folosi ca strat de uzură pentru drumuri cu trafic intens asfaltul turnat.

Caracteristicile acestui asfalt turnat date în literatura de specialitate sunt următoarele:

- conținut de bitum, 6,5...8,5 %;
 - pătrunderea la 22 °C, sub o încărcare de 525 N aplicată timp de 5 h, de 1...5 mm.
- Zona de granulozitate recomandată pentru asfaltul turnat este indicată în fig. 44.

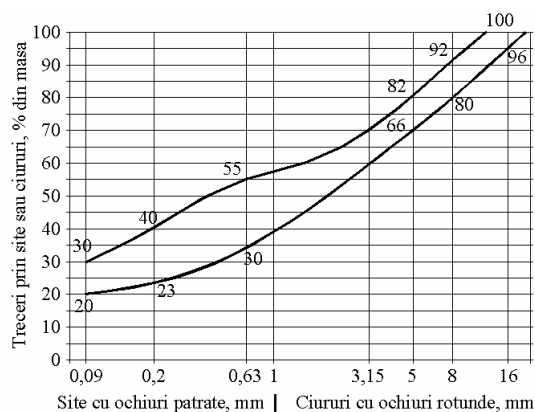


Fig. 44. Zona de granulozitate pentru asfalt turnat dur.

Ca urmare studiilor făcute de-a lungul anilor asupra comportării îmbrăcăminților cu strat de uzură din asfalt turnat, în comparație cu îmbrăcămințile care au ca strat de uzură betonul asfaltic, s-au concretizat următoarele observații:

- betoanele asfaltice utilizate pentru stratul de uzură se caracterizează și prin faptul că pot avea un volum de goluri rezidual până la 5,0 %, ceea ce poate conduce în condiții de umiditate excesivă în exploatare la apariția unor defecțiuni ce se agravează mai ales dacă iarna circulă și autovehicule având pneuri cu crampoane;
- asfaltul turnat prezintă de la început compactitate maximă, nu are goluri remanente, deci este insensibil la acțiunea apei.

Se constată că în cazul asfaltului turnat, conținutul de bitum este mai mare cu aproximativ 2,0 % decât în cazul betoanelor asfaltice. Bitumul folosit este mai dur având penetrația 41...50 sau 25...40. Conținutul de filer este mai mare de două ori, asigurând un raport bitum-filer 1 : 3 față de 1 : 1,5 în cazul betoanelor asfaltice.

Folosirea asfaltului turnat se recomandă în consecință atât pe drumurile din orașe cât și în exterior, cu condiția de a-i asigura rugozitatea. Se poate realiza acest deziderat prin răspândirea unui material concasat 2...5 mm.

În Anglia și în țările scandinave, asfaltul turnat se folosește pe scară largă, iar pentru asigurarea rugozității se folosesc granule preanrobate cu dimensiunile 15...20 mm, cu care se clutează stratul de asfalt turnat.

Desigur, asfaltul turnat este mai scump decât betonul asfaltic, dar necesită și mai puține cheltuieli de întreținere. De regulă asfaltul turnat dur se utilizează ca îmbrăcămintă pe poduri.

8.2.5. Beton asfaltic cu agregat mare (B.A.25)

Betonul asfaltic cu agregat mare este o mixtură asfaltică pentru stratul de uzură, caracterizată printr-un schelet mineral puternic alcătuit din amestec de cribluri cu dimensiunea până la 25 mm.

Agregatul natural este format din:

- amestec de cribluri 3...8 mm, 8...16 mm și 16...25 mm 50...70 %;
- filer și nisip sub 0,09 mm 5...12 %;
- filer și nisip 0,09...3 mm rest până la 100.

Granulozitatea amestecului trebuie să se încadreze în zona din fig. 45.

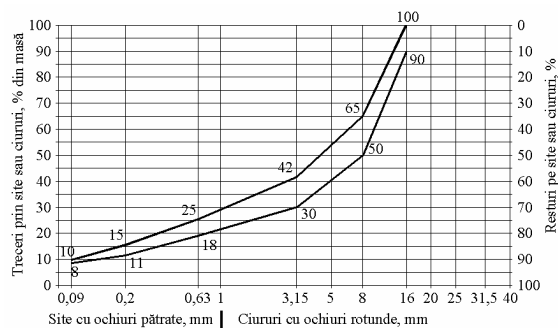


Fig. 45. Zona de granulozitate pentru B.A.25.

Conținutul de bitum este de 5,5...7,0 %, raportat la masa mixturii asfaltice și se determină prin studii de laborator, luând în considerare și clasa tehnică a drumului sau categoria străzii pe care urmează a se aplica.

Acest tip de beton asfaltic se utilizează pentru drumuri cu declivități până la 6 %.

8.2.6. Betoane asfaltice deschise (B.A.D.)

Mixturile asfaltice executate la cald, pentru stratul de legătură, intră în categoria betoanelor asfaltice cu structură deschisă și se pot realiza în trei variante:

- beton asfaltic deschis, cu criblură 3...25 mm (B.A.D.25);
- beton asfaltic deschis cu pietriș sortat 3...31 mm (B.A.D.P.S.31);
- beton asfaltic deschis cu pietriș concasat 3...31 mm (B.A.D.P.C.31).

Betonul asfaltic deschis cu criblură (B.A.D.25) constă dintr-un amestec de criblură și nisip, aglomerate cu bitum având următoarea compoziție:

- criblură 3–8; 8–16 și 16–25 65...80 %;
- filer și nisip sub 0,09 mm 1...6 %;
- filer și nisip 0,09...3 mm rest până la 100;
- bitum 4...5 % din masa mixturii asfaltice.

Curba de granulozitate a agregatului total pentru B.A.D.25 se va înscrie în zona din fig. 46.

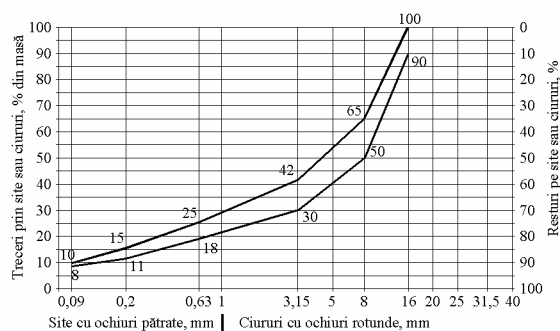


Fig. 46. Zona de granulozitate pentru B.A.D.25.

Betonul asfaltic deschis cu criblură se folosește ca strat de legătură pentru drumuri și străzi din clasa tehnică I...IV în grosime minimă de 4 cm. Cantitatea minimă de mixtură asfaltică ce se utilizează va fi de 90 kg/m².

Betonul asfaltic deschis cu pietriș sortat (B.A.D.P.S.31) este alcătuit dintr-un amestec de nisip grăunțos 3...7 mm, pietriș 7...31 mm, nisip natural 0...3 mm și filer, aglomerate cu bitum, având următoarea compoziție:

- nisip grăunțos și pietriș 3...31 mm 47...68 %;
- filer și nisip sub 0,09 mm 1...6 %;
- filer și nisip 0,09...3 mm rest până la 100;
- bitum 4...5% din masa mixturii asfaltice.

Curba de granulozitate se va înscrie în zona indicată în fig. 47.

Când pietrișul și nisipul sunt silicioase se recomandă folosirea a 2 % filer de var stins în pulbere. În absența filerului de var stins în pulbere se adaugă filer de calcar în proporție mai mare, și anume 4...5 %. De asemenea, se poate trata bitumul cu substanțe tensioactive pentru îmbunătățirea adhezivității.

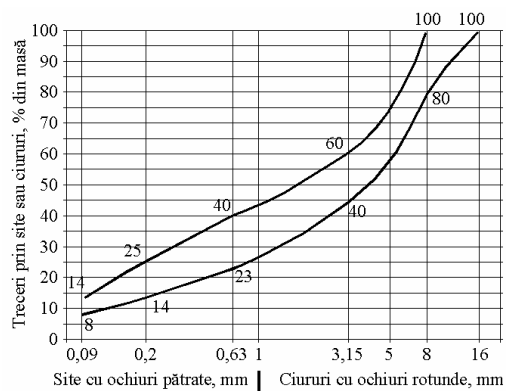


Fig. 47. Zona de granulozitate pentru B.A.D.P.S.31 și B.A.D.P.C.31.

Betonul asfaltic deschis cu pietriș sortat (B.A.D.P.S.31) se folosește ca strat de legătură pentru drumuri și străzi încadrate în clasele tehnice IV și V, respectiv categoriile III și IV.

Grosimea stratului de legătură va fi de minimum 5 cm, cantitatea de mixtură asfaltică minimă necesară fiind de 110 kg/m².

Betonul asfaltic deschis cu pietriș concasat (B.A.D.P.C.31) este alcătuit dintr-un amestec de nisip și pietriș rezultate din concasarea agregatelor de râu sort 0–7, 7–16 și 16–31, respectiv nisip natural 0–3, 3–7 sau 0–7, având următoarea compoziție:

- nisip și pietriș 3...31 mm 65...80 %;
- filer și nisip sub 0,09 mm 1...6 %;
- filer și nisip 0,09...3 mm rest până la 100;
- bitum 4...5 % din masa mixturii asfaltice.

Curba de granulozitate a agregatului total se va înscrie în zona prezentată în fig. 47.

Acest tip de beton asfaltic se folosește pentru straturi de legătură la drumuri de clasele tehnice II...V și străzi de categoriile tehnice II...IV.

Grosimea minimă a stratului este de 5 cm, corespunzătoare unei cantități minime de mixtură asfaltică de 110 kg/m².

Notă:

La elaborarea dozajelor pentru toate tipurile de mixturi asfaltice, laboratoarele de specialitate vor ține seama de reglementările în vigoare privind în special zonele de granulozitate și procentul de liant admise, întrucât acestea pot să varieze în funcție de evoluția tehnicii rutiere.

8.3. Caracteristicile fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice folosite la execuția îmbrăcăminților bituminoase grele

Caracteristicile fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice sunt indicate în tabelele 22 și 23; pe baza lor se apreciază calitatea îmbrăcăminților bituminoase și se iau măsuri în consecință. Caracteristicile fizico-mecanice și valorile reale ale acestora pentru lucrări executate se regăsesc în buletinele de încercare elaborate de către laboratoarele de specialitate pe baza cărora, după caz, se admit sau nu, la recepție, lucrările realizate.

Caracteristicile mixturilor asfaltice determinate pe cilindri Marshall

Tabelul.22

Caracteristici pe cilindri Marshall	Clasa tehnică a drumului	Categorie străzii	Bitum tip	Tipul mixturii asfaltice			
				M.A.7	B.A.8 B.A.16 B.A.25	B.A.R.16	B.A.D.25 B.A.D.P.C.31 B.A.D.P.S.31
Stabilitatea <i>S</i> la 60 °C, kN <i>min.</i>	I; II	I; II	60/80	-	9,0	9,5	7,0
			80/100	-	8,0	8,5	6,0
	III	III	60/80	-	7,5	8,0	5,5
			80/100	-	6,0	6,5	4,5
	IV; V	IV	60/80	5,5	5,5	-	-
			80/100	5,0	5,0	-	3,0
Indice de curgere <i>I</i> mm	I; II	I; II	60/80	-	1,5...3,5	1,5...3,0	1,5...4,5
			80/100	-	1,5...4,0	1,5...3,5	1,5...4,5
	III	III	60/80	-	1,5...3,5	1,5...3,0	1,5...4,5
			80/100	-	1,5...4,0	1,5...3,5	1,5...4,5
	IV; V	IV	60/80	1,5...4,5	1,5...4,5	-	-
			80/100	1,5...4,5	1,5...4,5	-	1,5...4,5
Raport <i>S/I</i> , kN/mm	I; II	I; II	60/80	-	2,5...5,0	2,5...5,0	2,0...4,0
			80/100	-	2,5...4,0	2,5...4,0	2,0...4,0
	III	III	60/80	-	2,0...4,0	2,0...4,0	1,5...3,0
			80/100	-	2,0...4,0	2,0...4,0	1,5...3,0
	IV; V	IV	60/80	1,0...3,0	1,5...4,0	-	-
			80/100	1,0...3,0	1,5...4,0	-	1,0...3,0
Densitate aparentă kg/m ³ , <i>min.</i>	-	-	D60/80 D80/100 D100/120	2 200	2 350	2 350	2 300
Absorbție de apă, % vol.	-	-	D60/80 D80/100 D100/120	1...6	1...5	3...5	2...6

Este de remarcat faptul că majoritatea încercărilor prescrise nu reproduc modul real de solicitare a mixturii asfaltice puse în operă și, în consecință, valorile caracteristicilor obținute prin încercările clasice convenționale, pe baza unui mare număr de probe selectate trebuie interpretate corespunzător pentru ca în funcție de acestea să se poată trage concluziile asupra calității stratului rutier realizat cu mixtura asfaltică încercată.

Realizarea unei densități aparente corespunzătoare, în cazul betoanelor asfaltice, înseamnă obținerea pe șantier a gradului de compactare maxim, ceea ce corespunde și unui volum de goluri minim. În consecință, valoarea absorbției de apă exprimată în procente volumice va fi scăzută, și anume maximum 5,0 % în cazul betoanelor asfaltice folosite ca strat de uzură. Obținerea unor densități aparente mai mici, sub limitele indicate mai înainte, atestă nerealizarea unor mixturi asfaltice la parametrii proiectați, cauzele putând fi numeroase.

Astfel, un conținut redus de liant, o granulozitate necorespunzătoare, conduc la o mixtură asfaltică greu de compactat și care va avea imediat după așternere o densitate aparentă mică și o absorbție de apă ridicată. În acest caz, singura posibilitate de remediere constă în etanșarea stratului de uzură prin badijonare cu bitum sau executarea unui

tratament bituminos. Dimpotrivă, un exces de bitum conduce la o absorbție de apă mică, însă rezistența la compresiune și stabilitatea mixturii asfaltice vor fi scăzute, ceea ce conduce inevitabil la apariția de văluriri ulterioare sub efectul traficului.

Caracteristicile mixturilor asfaltice determinate pe cuburi

Tabelul 23

Caracteristici pe cuburi	Tipul mixturii asfaltice				
	Bitum tip	M.A.7	B.A.8 B.A.16 B.A.25	B.A.R.16	B.A.D.25 B.A.D.P.C.31 B.A.D.P.S.31
Rezistența la compresiune la 22 °C, N/mm ² , min.	D60/80	-	3,5	3,5	-
	D80/100 D100/120	2,5	3,0	3,0	-
Rezistența la compresiune la 50 °C, N/mm ² , min.	D60/80	-	0,7	0,7	-
	D80/100 D100/120	0,5	0,7	0,7	-
Reducerea rezistenței la compresiune la 22 °C la 28 zile de păstrare în apă, %, max.	D60/80 D80/100 D100/120	35	30	30	-
Densitatea aparentă, kg/m ³ , min.	D60/80 D80/100 D100/120	2150	2250	2200	
Absorbția de apă, % vol.	D60/80 D80/100 D100/120	2...5	2...6	4...7	3...8

Un alt parametru util este umflarea la 28 zile de păstrare în apă, care dă indicații asupra elementelor nocive ca argila și praful, a căror prezență poate provoca umflări ale mixturilor asfaltice sub influența apei. În cazul unor valori ridicate ale umflării este necesar să se examineze foarte sever calitatea agregatelor ce intră în compoziția mixturilor asfaltice și să se îndepărteze cu grijă orice element nociv.

Rezistența la compresiune a mixturilor asfaltice folosite în stratul de uzură al îmbrăcăminților bituminoase trebuie să fie de minimum 3,0 N/mm² pentru betoanele asfaltice.

Obținerea unor rezistențe sub aceste valori poate avea drept cauză folosirea unui liant în exces sau cu o vâscozitate scăzută, ambele situații conducând la același efect: o îmbrăcămintă puțin rezistentă la temperaturi ridicate vara, care se deformează ușor și pe care apar în exploatare, în mod sigur, fâgașe și văluriri.

Rezistențe la compresiune prea ridicate, care depășesc cu 75 % valorile recomandate, indică în schimb o posibilă ardere a bitumului în procesul tehnologic de producere a mixturilor asfaltice.

Stabilitatea Marshall la 60 °C este dată în funcție de clasa tehnică a drumului. Se constată că pentru drumuri din clasele tehnice IV...V valoarea stabilității Marshall este de 4,0 kN pentru betoanele asfaltice cu agregat mărunț sărac sau bogat în criblură, iar pentru beton asfaltic deschis pentru strat de legătură valoarea poate să fie mai scăzută, și anume de 3,0 kN. Dacă drumul este încadrat într-o clasă tehnică superioară, pentru executarea îmbrăcămintei este necesară o mixtură asfaltică cu o stabilitate mai mare; astfel, de exemplu, la drumuri din clasa tehnică II se cere o stabilitate Marshall de 7,50 kN. Pentru beton asfaltic rugos stabilitatea Marshall este mai mare, și anume 9,50 kN pentru drumuri din clasa tehnică II.

Studii numeroase efectuate de diferite laboratoare de cercetare au evidențiat faptul că stabilitatea Marshall pentru același tip de mixtură asfaltică este sensibil influențată de duritatea bitumului folosit. Astfel, pentru aceeași energie de compactare și aceeași compoziție a unui beton asfaltic, studiile efectuate au arătat că se obțin valori diferite ale stabilității Marshall în funcție de duritatea liantului. Pentru bitum cu penetrația 81/100 stabilitatea este 6,15 kN, pentru bitum cu penetrația 61/70 stabilitatea crește la 7,15 kN iar pentru un bitum mai dur 41/50, stabilitatea atinge valori de 7,50 kN. Aceste studii au condus la diferențierea folosirii biturilor în funcție de zonele climaterice. Pentru regiuni cu temperaturi ridicate în timpul verii, se recomandă folosirea biturilor cu penetrația 61/70 sau chiar 41/50 în timp ce pentru zonele mai reci se folosesc bituri cu vâscozitate mai mică, având penetrația de 81/100 sau 101/120. Pe aceste considerente și la noi în țară s-a indicat folosirea biturilor D 60/80 și D 80/100 pentru producerea mixturilor asfaltice.

8.4. Prescripții generale de execuție pentru îmbrăcămințile bituminoase grele

Prescripțiile generale de execuție se referă la pregătirea stratului suport, producerea mixturilor asfaltice, așternerea și compactarea lor, precum și tratarea ulterioară a suprafețelor îmbrăcăminților bituminoase.

Pregătirea stratului suport constă în repararea eventualelor defecțiuni existente, verificarea elementelor geometrice proiectate, apoi curățarea temeinică de orice murdării, praf etc.

În cazul în care stratul suport are un profil transversal necorespunzător, cu denivelări mai mari de 2 cm sub dreptarul de 3 m, se va executa reprofilarea suprafeței cu anroabate bituminoase. În general, pentru a îmbunătăți aderența stratului de acoperire la stratul suport sau la stratul de legătură, se recomandă amorsarea acestora. În acest scop se folosesc bitumul tăiat sau emulsia bituminoasă cu rupere rapidă, răspândite cât mai uniform pe suprafața ce se amorsează, astfel încât să rezulte 0,3...0,5 kg/m² bitum pur.

Producerea mixturilor asfaltice, așternerea și compactarea au fost tratate la cap. 2.4.

În timpul execuției straturilor bituminoase se va acorda o atenție deosebită sudurii și compactării perfecte a rostului de lucru. În acest scop, când se lucrează pe jumătatea părții carosabile, marginea dinspre axă a îmbrăcăminții se va tăia vertical, apoi se va amorsa cu emulsie bituminoasă sau bitum tăiat. Aceleași măsuri se vor lua și în cazul rosturilor de lucru. La executarea îmbrăcăminților cu strat de legătură, rosturile de lucru ale straturilor de uzură se vor decala cu cel puțin 10 cm față de cele ale stratului de legătură. Se recomandă acoperirea în aceeași zi a stratului de legătură cu stratul de uzură. Sectoarele neacoperite se interzic circulației, iar înainte de acoperire se vor curăța.

După executarea stratului de uzură se procedează, de regulă, la închiderea porilor suprafeței prin răspândirea a 2...3 kg/m² nisip 0...3 mm bitumat cu 2...3 % bitum, excepție făcând betoanele asfaltice rugoase.

Pentru refacerea rugozității, după o perioadă de timp se pot executa tratamente bituminoase sau un nou covor asfaltic rugos.

Pentru sectoarele ce se execută după 1 octombrie sau înainte de această dată, în zonele umbrite sau cu umiditate excesivă, se va executa închiderea suprafeței stratului printr-o badijonare cu bitum tăiat sau emulsie bituminoasă cu rupere rapidă diluată 1 : 1, astfel încât să rezulte 0,5...0,6 kg/m² bitum rezidual, urmată de răspândirea a 3...5 kg/m² nisip natural curat.

Cu ocazia recepției preliminare a lucrărilor, care se face la cel puțin o lună de la darea în circulație a sectorului executat se verifică: uniformitatea suprafeței, cotele

profilului longitudinal, suprafața în profil transversal, grosimea straturilor și calitatea îmbrăcăminții bituminoase executate, pe baza încercărilor efectuate într-un laborator de specialitate asupra carotelor prelevate din îmbrăcămințe la minimum 20 de zile de la darea în circulație. Se prelevează câte două carote de 40 x 40 cm pentru fiecare 7 000 m² de îmbrăcămințe (se determină caracteristicile fizico-mecanice pe carotă).

Recepția definitivă a lucrărilor executate se face, de regulă, după 3 ani de la data recepției preliminare.

9. Îmbrăcăminți bituminoase speciale

9.1. Generalități. Clasificare

În această categorie s-au încadrat îmbrăcămințile bituminoase cu o utilizare mai restrânsă, realizate în condiții speciale, din materiale mai puțin folosite și care prin natura lor au caracteristici diferite de îmbrăcămințile bituminoase obișnuite. Particularitățile îmbrăcăminților bituminoase speciale rezultă din modul de alcătuire a mixturilor asfaltice și uneori din tehnologia de execuție. S-a încercat introducerea unor combinații de lianți care contribuie la ridicarea performanțelor mixturilor asfaltice și obținerea unor îmbrăcăminți cu durată de exploatare îndelungată în condiții dificile, la solicitări mari datorate traficului, condițiilor climatice sau deformabilității stratului suport.

Studiul și obținerea unor mixturi asfaltice cu performanțe mecanice superioare sunt necesare pentru realizarea unor straturi rutiere cu caracteristici speciale și întrebuințări bine definite dintre care se menționează:

- obținerea unor mixturi asfaltice care să poată fi puse în operă în straturi subțiri, prezentând o rugozitate mare; acestea vor fi folosite mai ales pentru întreținerea îmbrăcăminților existente;
- realizarea unor mixturi asfaltice capabile de a suporta deformații mai mari sub eforturi repetate, care ar urma să fie utilizate pentru:
 - acoperirea cu straturi bituminoase subțiri (3...5 cm) a îmbrăcăminților uzate ce prezintă fisuri de contracție, faianțări datorită oboselii materialului etc.;
 - ranforsarea structurilor rutiere existente mai ales în orașe unde nu este posibil să se aplice straturi groase pentru îmbrăcămintea existentă;
 - îmbrăcăminți rezistente pentru calea pe poduri;
 - întreținerea îmbrăcăminților existente prin aplicarea unor covoare asfaltice de grosime redusă;
- aplicarea unor covoare asfaltice din mixturi asfaltice speciale pe îmbrăcămințile din beton de ciment fisurate.

În categoria îmbrăcăminților bituminoase speciale s-au încadrat:

- îmbrăcămințile bituminoase colorate;
- îmbrăcămințile bituminoase cu caracteristici superioare realizate cu:
 - bitum cu cauciuc;
 - bitum cu polimeri;
 - bitum cu rășini termoplastice;
- îmbrăcăminți bituminoase prefabricate din:
 - mixturi asfaltice executate cu nisip bituminos;
 - mortar asfaltic cu subif;
- îmbrăcăminți bituminoase pentru calea pe poduri realizate din:
 - asfalt turnat;

- beton asfaltic etanș;
- beton asfaltic deschis;
- mortar asfaltic turnat;
- îmbrăcăminți bituminoase realizate din mixturi asfaltice cu granulit.

9.2. Îmbrăcăminți bituminoase speciale colorate

Îmbrăcămințile bituminoase speciale colorate se utilizează destul de rar în tehnica noastră rutieră, datorită atât dificultăților de execuție cât și costului lor ridicat; ele se execută din mixturi asfaltice colorate care se prepară cu dozaje speciale și diverși pigmenți coloranți cu mare putere de acoperire.

Pentru a obține mixturi asfaltice de culoare roșie se folosesc oxizii roșii de fier, pentru culoarea galbenă oxizii galbeni de crom, iar pentru cea albă bioxidul de titan, care are o mare putere de acoperire.

La Facultatea de Construcții și Arhitectură din Iași s-au făcut experimentări cu mixturi asfaltice de culoare roșie, care au fost preparate din criblură roșie obținută dintr-un porfir roșu, nisip natural, filer de calcar (cretă de Murfatlar), oxid roșu de fier și bitum D 80/120. S-a realizat un beton asfaltic cu agregat mărunț bogat în criblură având scheletul mineral alcătuit din:

– criblură roșie 3...8 mm	65 %;
– nisip natural 0...7 mm	20 %;
– filer de calcar (Murfatlar)	10 %;
– oxid roșu de fier	5 %.

Ca liant s-a folosit bitumul D 80/120 în proporție de 7,5 % din masa mixturii asfaltice, ceea ce a condus la caracteristici fizico-mecanice corespunzătoare. Se remarcă stabilitatea Marshall ridicată (15 kN), indicele de curgere (4,2 mm) și o rezistență la compresiune la 22 °C de 5,0 N/mm².

Procesul tehnologic aplicat este cel clasic, cu observația că filerul și oxidul roșu de fier se introduc simultan în malaxor. Timpul de amestecare în malaxor a fost de 1,5...2 min, iar temperatura mixturii asfaltice 165...170 °C. Așternerea și punerea în operă nu au creat dificultăți, culoarea suprafeței astfel realizate este uniformă și distinctă față de sectorul etalon. Costul mixturii asfaltice realizate este cu aproximativ 70 % mai ridicat decât al betonului asfaltic clasic.

Mixturile asfaltice de culoare deschisă se obțin prin folosirea unor agregate cât mai deschise la culoare (albe) și a unor bitumuri tratate în mod special în rafinării pentru a avea o culoare prea închisă. Sub circulație, datorită uzurii filmului de bitum de la suprafață, apare culoarea mai deschisă a agregatelor. Se folosesc în general agregate concasate silicioase. Datorită prețului ridicat al acestor agregate de tip special ele se utilizează numai în proporție de 30...40 % din amestecul total.

Se pot obține de asemenea straturi de uzură de culoare deschisă prin împrăștierea pe suprafața îmbrăcăminții a unor particule de aluminiu cu dimensiuni de câțiva milimetri care încorporate în stratul de uzură, prin compactare, îi dau o culoare mai deschisă. Acest tip de mixturi asfaltice sunt încă foarte scumpe de aceea nu au depășit stadiul experimental.

În general, mixturile asfaltice de culori deschise sunt recomandate îndeosebi în tuneluri, pasaje subterane și pe sectoare unde intensitatea circulației pe timp de noapte este mare.

9.3. Îmbrăcăminți bituminoase speciale cu caracteristici superioare

În categoria îmbrăcăminților bituminoase speciale cu caracteristici superioare se vor trata îmbrăcămințile realizate din mixturi asfaltice având ca liant: bitum cu cauciuc și bitum cu polimeri.

Îmbrăcămințile bituminoase speciale din mixturi asfaltice cu bitum-cauciuc se realizează utilizând ca liant bitumul cu un adaos de cauciuc natural sau sintetic în proporție de cca 5 % din masa bitumului.

Studiile de laborator arată că acest liant are punctul de rupere Fraass de -34°C în timp ce bitumul etalon are numai -17°C . Acest tip de mixtură asfaltică prezintă o bună stabilitate pe timp calduros și are o rigiditate și fragilitate mult mai mică, iarna pe timp rece și la îngheț; ea rezistă astfel fără ca să fisureze la încărcări repetate.

Se menționează faptul că și acest tip de mixtură asfaltică este mai scump decât cele obișnuite și de aceea se utilizează numai pe scară redusă.

Îmbrăcămințile bituminoase realizate din mixturi asfaltice pe bază de bitum cu polimeri prezintă caracteristici superioare prin faptul că se îmbunătățesc simțitor proprietățile bitumului prin adaos de 3...15 % polimeri cu funcții separate însă complementare.

Noul liant se obține din:

- bitum D 40/50 sau 60/70 (în mod excepțional D 80/100);
- un elastomer cu greutate moleculară mică;
- un copolimer de natură elasto-termo-plastică.

Elastomerii conferă bitumului suplețe, plasticitate și flexibilitate, acțiunea lor remarcându-se mai ales la temperaturi joase (sub -5°C).

Copolimerii îmbunătățesc consistența, coeziunea, adezivitatea și elasticitatea bitumului mai ales în zona temperaturilor ridicate (peste $+40^{\circ}\text{C}$).

Caracteristicile reologice, mecanice și adezivitatea bitumului cu polimeri sunt superioare bitumului martor D 40/50, după cum se poate vedea în tabelul 24.

Caracteristicile bitumului cu polimeri

Tabelul 24

Caracteristici	Bitum 40/50	Bitum cu polimeri
Penetrația la 25°C , zecimi de mm	46	58
Susceptibilitatea termică $A = \frac{\lg P_1 - \lg P_2}{T_1 + T_2}$ P_1 și P_2 sunt penetrațiile măsurate la temperaturile T_1 și T_2	0,0419	0,0314
Indice de penetrație $IP = \frac{20 - 500A}{1 + 50A}$	- 0,30	+ 1,67
Punctul de rupere Fraass	-14°C	-27°C
Intervalul de plasticitate	$68,6^{\circ}\text{C}$	$86,1^{\circ}\text{C}$
Raportul imersiune/compresiune (încercarea Duriez)	0,88	0,96
Încercarea de reținere a filmului de liant (adezivitate) după 16 h de imersare în apă, %		
Suprafață dezanrobată la 20°C	10	0
Suprafață dezanrobată la 60°C	90	25

Se remarcă faptul că bitumul cu polimeri prezintă o rigiditate mai mică la temperaturi scăzute, deci o mai mare adaptabilitate la solicitările din timpul iernilor friguroase.

Pentru informare, în tabelul 25 se prezintă două dozaje utilizate.

Dozajele realizate cu bitum cu polimeri

Tabelul 25

Materiale	Dozaj A	Dozaj B
Criblură 10...14 mm	–	26,0
Criblură 8...14 mm	70,0	–
Criblură 6...10 mm	–	31,0
Nisip 0...2 mm	26,5	39,0
Filer de calcar	3,5	4,0
Liant (bitum cu polimeri) raportat la masa agregatului	5,5	5,7

Încercările efectuate cu simulatorul de fâgașe asupra mixturii asfaltice cu dozajul A, pe epruvete 50 x 18 x 5 cm, la temperatura de 60 °C, cu roata sub încărcarea de 500 daN au dat rezultatele din tabelul 26.

Adâncimea fâgașului în funcție de numărul de cicluri

Tabelul 26

Adâncimea fâgașului, în mm		
Nr. de cicluri	Bitum 40/50	Bitum cu polimeri
100	2,6	1,7
1 000	3,8	2,5
10 000	5,5	3,2
30 000	6,2	3,6
100 000	6,8	4,0

Se observă că în cazul mixturii asfaltice cu bitum cu polimeri, adâncimea fâgașului la același ciclu este cu circa 40 % mai mică decât în cazul bitumului D 40/50.

De asemenea, se menționează că toate caracteristicile mecanice ale mixturii asfaltice realizate cu bitum cu polimeri sunt superioare mixturii asfaltice de același tip, executată cu bitumul martor; astfel, rezistența la oboseală determinată prin încercarea la încovoiere sinusoidală pe epruvete trapezoidale la o amplitudine de deformare constantă, la 10 °C și 25 Hz atestă următoarele:

- pentru o deformare relativă dată de $2 \cdot 10^{-4}$ de exemplu, durata de exploatare exprimată în număr de cicluri este de $1,4 \cdot 10^5$ cicluri pentru mixtura asfaltică realizată cu bitum D 40/50, ajungând la $2 \cdot 10^6$ cicluri pentru mixtura asfaltică cu bitum cu polimeri, deci de aproximativ 14 ori mai mare decât în primul caz;
- pentru o durată de exploatare dată de $5 \cdot 10^5$ cicluri de exemplu, deformarea relativă maximă admisă este de $1,6 \cdot 10^{-4}$ pentru o mixtură asfaltică realizată cu bitum D 40/50 și devine $2,45 \cdot 10^{-4}$ pentru o mixtură asfaltică realizată cu bitum cu polimeri, deci o majorare cu mai bine de 50 %.

Pe baza acestor rezultate se poate deci afirma că folosirea bitumului cu polimeri în locul bitumului D 40/50 la același conținut de liant pentru producerea mixturilor asfaltice conduce la:

- mărirea duratei de exploatare a îmbrăcămintei executate cu mixturi asfaltice cu bitum cu polimeri;
- preluarea de către îmbrăcămintea respectivă, pentru o durată de exploatare determinată, a unor deformații mult mai mari, fără nici un fel de inconveniente.

Mixturile asfaltice cu bitum cu polimeri se recomandă pentru:

- îmbrăcăminți rutiere pe drumurile supuse unor condiții climaterice foarte severe (variații de temperatură iarnă-vară foarte mari);
- covoare asfaltice de grosime mică (3...4 cm) așternute chiar pe un strat suport deformabil, faianțat sau îmbătrânit;
- pentru straturi de uzură pe străzi puternic solicitate de traficul greu;
- pentru ranforsarea structurilor rutiere existente.

În concluzie, se menționează că mixturile asfaltice cu bitum cu polimeri, datorită nivelului ridicat al performanțelor pe care le au, permit realizarea unor îmbrăcăminți bituminoase eficiente în condiții de solicitare severe.

În țara noastră, normele tehnice prevăd posibilitatea realizării tipurilor de mixturi asfaltice cu polimeri prezentate în tabelul 27.

Tipuri de mixturi asfaltice cu bitum cu polimeri

Tabelul 27

Tipul mixturii asfaltice	Simbol	Dimensiunea maximă a granulei, mm	Domeniul de utilizare
Beton asfaltic bogat în criblură cu bitum modificat	B.A.M.16	16	Strat de uzură
Beton asfaltic rugos cu bitum modificat	B.A.R.M.16	16	Strat de uzură
Beton asfaltic deschis cu bitum modificat	B.A.D.M.25	25	Strat de legătură

Caracteristicile bitumului modificat cu polimeri

Tabelul 28

Caracteristica	Condiții de admisibilitate
Penetrație la 25 °C, 1/10 mm	55 ... 70
Punct de înmuiere, °C, <i>min.</i>	55
Ductilitate la 13 °C, cm, <i>min.</i>	40
Punct de rupere Fraass, °C, <i>max.</i>	– 20
Revenire elastică la 13 °C, %, <i>min.</i>	60
Stabilitate la încălzire în strat subțire la 163 °C (metoda TFOT):	
– pierderea de masă, %, <i>max.</i>	0,8
– penetrația reziduală, %, <i>min.</i>	50
– creșterea punctului de înmuiere, °C, <i>max.</i>	9
– ductilitatea la 13 °C, cm, <i>min.</i>	40
– revenirea elastică la 13 °C, %, <i>min.</i>	60
Adezivitate, %, <i>min.</i>	85
Omogenitate (microscop cu lumină fluorescentă): dispersie foarte fină a particulelor sub 5 μ, %, <i>min.</i>	80
Stabilitate la stocare 72 ore la temperatura de 163 °C: diferența între punctele de înmuiere, °C, <i>max.</i>	5

Dozajul mixturii asfaltice se stabilește pe baza studiilor asupra materialelor componente, respectiv asupra caracteristicilor fizico-mecanice ale mixturii asfaltice

preparate în laborator. Granulozitatea agregatului total recomandată este cea corespunzătoare mixturilor asfaltice clasice. Bitumul modificat cu polimeri de tipul elastomerilor termoplastici liniari (3...6 % din masa bitumului) trebuie să aibă caracteristicile din tabelul 28.

Mixturile asfaltice preparate cu bitum cu polimeri trebuie să prezinte caracteristicile date în tabelul 29.

Caracteristicile mixturilor asfaltice cu bitum cu polimeri

Tabelul 29

Nr. Crt.	Caracteristici	Limite de admisibilitate pentru tipurile de mixturi asfaltice		
		B.A.M.16	B.A.R.M.16	B.A.D.M.25
	A. Caracteristici pe probe Marshall			
1	Densitate aparentă, kg/m ³ , <i>min.</i>	2,350	2,350	2,300
2	Absorbția de apă, % vol.	2...5	3...5	2...6
3	Stabilitate la 60 °C, kN, <i>min.</i>	10,0	10,0	8,0
4	Indice de curgere la 60 °C, mm.	2...3,5	2...3,5	2...3,5
	B. Caracteristici volumetrice pe cilindri confecționați cu presa de compactare giratorie			
1	Volumul de goluri la 80 de rotații, %, <i>max.</i>	5,0	5,0	6,0
	C. Caracteristici specifice comportării în exploatare			
1	Rezistență remanentă după încercarea de imersie: Raport: $\frac{R \text{ după imersie}}{R \text{ înainte de imersie}}$, %, <i>min.</i>	80	80	–
2*	Rezistența la deformatii permanente: a) Încercarea pe plăci cu simulatorul de făgașe: • adâncimea făgașului la 60 °C și 30 000 cicluri, %, <i>max.</i> b) Încercarea pe cilindri – fluaj dinamic: • deformația permanentă la 40 °C și 1 800 impulsuri, 10 ⁻⁴ mm, <i>max.</i>	5,0	5,0	–
3**	Modulul de elasticitate dinamic, pe cilindri, MPa • la 1 °C, <i>min.</i> • la 12 °C, <i>min.</i> • la 25 °C, <i>min.</i>	11 000 7 000 2 500	11 000 7 000 2 500	– – –
4*	Rezistența la oboseală: a) pe prisme trapezoidale: • deformația relativă ε ₆ , la 10 ⁶ cicluri, temperatura de 10 °C și frecvența de 25 Hz, <i>min.</i> b) pe cilindri: • numărul de cicluri până la fisurare, la temperatura de 1 °C, <i>min.</i>	100 · 10 ⁻⁶	100 · 10 ⁻⁶	–
	D. Caracteritici pe probe intacte (carote) prelevate din îmbrăcămintea executată			
1	Densitatea aparentă, kg/m ³ , <i>min.</i>	2 250	2 250	2 200
2	Absorbția de apă, % vol.	2 ... 6	4 ... 7	3 ... 8
3	Grad de compactare, % <i>min.</i>	96	96	96

* Rezistența la deformății permanente și la oboseală se determină prin metoda a sau b, în funcție de dotarea laboratorului;

** Modulul de elasticitate dinamic se determină în vederea utilizării acestuia la dimensionarea structurii rutiere.

Bitumul modificat se prepară în instalații speciale, în flux discontinuu, constituite în principal dintr-un recipient vertical cu agitator și o moară coloidală. Acesta se stochează în rezervoare dotate cu echipament de încălzire și de recirculare permanentă a liantului sau prevăzute cu agitator pentru asigurarea omogenității acestuia pe perioada de depozitare.

Prepararea mixturilor asfaltice cu bitum cu polimeri se face prin tehnologia cunoscută, cu precizarea că agregatele naturale se vor încălzi la 175...185 °C, bitumul modificat la 165...180 °C, temperatura mixturii asfaltice la ieșirea din malaxor trebuind să fie cuprinsă în intervalul 170...185 °C.

Așternerea mixturilor asfaltice preparate cu bitum cu polimeri se face la temperaturi atmosferice de peste 15 °C, fiind interzisă punerea în operă pe timp de ploaie sau cu vânt puternic. Temperatura la așternere trebuie să fie de minimum 155 °C și de minimum 130 °C la terminarea compactării. Pentru așternere se utilizează repartizatoare-finisoare dotate cu sistem de încălzire a grinzii vibratoare. Compactarea se recomandă a se efectua cu un compactor cu pneuri de 120...160 kN, urmat de un compactor cu rulouri netede de 100...120 kN, la o temperatură de minimum 150 °C.

Se subliniază necesitatea absolută a efectuării studiilor de laborator preliminară care să ateste compatibilitatea bitumului cu modificatorul și să asigure elaborarea unor doze corecte în funcție de caracteristicile materialelor utilizate, premisă a realizării caracteristicilor fizico-mecanice vizate pentru mixturile asfaltice, respectiv pentru îmbrăcămintea bituminoasă. De asemenea, înainte de punerea în operă se impune efectuarea de determinări pe sectoare de încercare pentru stabilirea parametrilor de execuție.

Îmbrăcămințile bituminoase prefabricate au constituit o soluție pentru executarea unor pardoseli la construcțiile civile și industriale, pentru realizarea căii pe poduri și trotuare, pe peroane în stațiile de cale ferată. În principiu, au fost realizate din dale prefabricate realizate din mixturi asfaltice preparate la cald cu nisip bituminos sau din mortar asfaltic preparat la rece cu subif. La ora actuală nu se mai execută asemenea îmbrăcăminți, tehnologiile de care se dispune în prezent asigurând performanțe mult mai ridicate în condiții eficiente din punct de vedere economic.

9.4. Îmbrăcăminți bituminoase pentru calea pe poduri

Îmbrăcămințile bituminoase pentru calea pe poduri pot fi realizate din mixturi asfaltice la cald alcătuite astfel încât să asigure o cât mai mare etanșeitate, concomitent cu o stabilitate ridicată sub solicitările date de traficul rutier.

Îmbrăcămințile bituminoase pe poduri se aplică:

- pe partea carosabilă, peste o șapă hidrofugă și un strat suport;
- pe trotuare, peste o șapă hidrofugă.

Tipurile de mixturi asfaltice cele mai utilizate pentru realizarea îmbrăcăminților pe calea podurilor sunt:

- asfaltul turnat dur și asfaltul turnat;
- betonul asfaltic bogat în criblură (de tipul celui din calea curentă adiacentă podului);

- mortarul asfaltic turnat (pentru șapă hidrofugă).

Asfaltul turnat dur (A.T.D.16) se utilizează pentru îmbrăcămînți pe poduri cu placă din beton armat sau cu suprastructuri metalice cu placă ortotropă. În compoziția sa se vor prevedea 40...55 % agregate cu dimensiunea granulei peste 3,15 mm.

Asfaltul turnat (A.T.N.7) care se execută cu nisip grăunțos se poate folosi pentru îmbrăcămînți la trotuare.

Întrucât cele două tipuri de asfalt turnat au fost tratate detaliat la pct. 8.2.4, nu se va mai reveni asupra lor.

Betonul asfaltic cilindrat pentru calea pe pod (B.A.C.P.16) este o mixtură asfaltică realizată din criblură 3...8 mm și 8...16 mm, nisip natural, nisip de concasaj și filer aglomerate cu bitum tip D 60/80 sau 80/100.

Agregatul natural este alcătuit din:

- criblură 3...8 mm și 8...16 mm 40...55 %;
- filer și nisip sub 0,09 mm 10...12 %;
- filer și nisip 0,09...3 mm rest până la 100 %.

Bitumul D 60/80 sau 80/100 poate fi cuprins între 6,0 și 7,0 % din masa mixturii asfaltice. Betonul asfaltic se prepară în instalațiile de producere a mixturilor asfaltice după tehnologia clasică. Se impune însă precizarea că filerul va fi în prealabil încălzit astfel încât să aibă 150...165 °C înainte de introducerea lui în malaxor.

Caracteristicile fizico-mecanice ale betonului asfaltic cilindrat pentru calea pe pod sunt prezentate în tabelul 30.

Caracteristici fizico-mecanice pentru beton asfaltic cilindrat pentru calea pe pod

Tabelul 30

Caracteristici	B.A.C.P.16 cu bitum	
	D60/80	D80/100
Prin încercarea Marshall:		
Densitatea aparentă, kg/m ³ , min.	2 350	2 350
Absorbție de apă, % volum, max.	1	1
Stabilitatea S la 60 °C, min., kN	7,5	7,0
Indicele de curgere I, mm	1,5...4,5	1,5...4,5
Pe probe intacte (carote):		
Densitatea aparentă, kg/m ³ , minute.	2 250	2 250
Absorbția de apă, % volum, max	2,0	2,0
Rezistența la compresiune la 22 °C:		
Grad de compactare, %, min.	97	97

Cu privire la domeniul său de folosire se precizează că betonul asfaltic cilindrat pentru calea pe pod în compoziția căruia se introduce 40...55 % criblură cu dimensiunea peste 3,0 mm, se poate utiliza la realizarea îmbrăcămînții pe poduri cu placă din beton armat.

Grosimea totală a îmbrăcămînții din beton asfaltic cilindrat este de 6 cm și se realizează în două straturi de câte 3 cm.

Pantele profilului transversal, în aliniament, vor fi de 2 %; aceste pante se vor putea reduce la 1,5 % sau 1 % dacă declivitatea longitudinală este mai mare de 2,5 % și respectiv 4 %.

Profilul longitudinal al traseului drumului și al podului vor fi realizate conform proiectului de execuție.

Se admite o abatere locală limită la grosimea straturilor față de valorile prevăzute în proiect de -10% . Abaterea locală limită la panta profilului transversal este $\pm 2,5$ mm/m. Denivelările maxime admise în lungul căii pe pod, sub dreptarul de 3 m sunt de 3 mm.

Betonul asfaltic pentru calea pe pod se poate realiza și cu bitum modificat. Se utilizează, în acest caz, bitum D 80/100, modificat cu polimeri în proporție de 3 ... 6 % din masa bitumului.

Mortarul asfaltic turnat (M.A.T.7) se folosește pentru executarea șapei hidrofuge la poduri cu plăci din beton armat sau la suprastructuri metalice cu placă ortotropă, indiferent de clasa tehnică a drumului sau străzii, și se aplică în grosime de 1...2 cm.

Mortarul asfaltic turnat este alcătuit din:

- agregat peste 3 mm 5...20 %;
- filer și nisip sub 0,09 mm 25...35 %;
- nisip și filer 0,09...3 mm rest până la 100 %;
- bitum D 50/80 sau 80/100 11,0...12,0 % din masa mortarului asfaltic.

Pentru mortarul asfaltic turnat astfel realizat se impune o densitate aparentă de minimum 2 150 kg/m³ și o absorbție de apă de 0...1 % exprimată în procente volumice.

Îmbrăcămințile bituminoase pentru calea pe poduri trebuie realizate astfel încât să reziste cât mai bine condițiilor speciale în care sunt exploatate. Cercetările efectuate arată că ele sunt supuse la eforturi suplimentare datorită următoarelor influențe: deformații și vibrații ale podurilor, schimbări de temperatură, diferență de dilatare și contracție între structura de rezistență și îmbrăcămintă etc.

Pentru a face față solicitărilor menționate mai înainte, atât șapa hidrofugă cât și îmbrăcămintea bituminoasă pe podurile din beton trebuie să fie elastice, impermeabile și stabile la acțiunea agenților atmosferici și chimici, capabile să preia încărcările exterioare fără a se deforma și degrada, să reziste la îmbătrânire și oboseală.

Rezultate bune s-a obținut cu tipurile de mixturi asfaltice prezentate mai sus. Unii cercetători susțin că un adaos de 1...5 % pudră de cauciuc în mixtura asfaltică contribuie la îmbunătățirea comportării în exploatare a îmbrăcăminților bituminoase mai ales la variațiile de temperatură pe timp rece (iarnă).

Studiile de laborator și sectoarele experimentale realizate la noi în țară începând din anul 1976 arată că agregatul artificial ușor cunoscut sub denumirea de granulat poate fi folosit ca înlocuitor al criblelor la producerea mixturilor asfaltice. Datorită faptului că granutul prezintă o densitate în grămadă în stare afânată mică între 700...1 000 kg/m³, se pot obține mixturi asfaltice cu densitate mică (betoane asfaltice deschise pentru strat de legătură cu o densitate aparentă de 1 500 kg/m³ și betoane asfaltice pentru strat de uzură cu o densitate aparentă între 1 800...2 000 kg/m³).

10. Mixturi asfaltice stocabile utilizate la rece pentru repararea îmbrăcăminților bituminoase

10.1. Generalități

Creșterea intensității traficului, creșterea tonajului autovehiculelor și a vitezei de circulație, precum și sporirea exigențelor privind condițiile de circulație impun executarea unui volum important de lucrări de întreținere și reparare a drumurilor. Pentru a menține suprafața de rulare fără degradări și denivelări în tot timpul anului sunt necesare lucrări de reparații care trebuie să se execute prin mijloace eficiente, rapide și economice și în timpul iernii.

Repararea gropilor din îmbrăcămințile bituminoase nu prezintă nici o dificultate în perioadele în care instalațiile de producere a mixturilor asfaltice sunt în funcție, deoarece se poate obține mixtura asfaltică necesară ori de câte ori este nevoie și deci plombările se pot face operativ.

În timpul iernii și primăverii, de obicei instalațiile de producere a mixturilor asfaltice sunt în reparație, de aceea trebuie luate măsuri pentru asigurarea materialelor și tehnologiilor potrivite pentru plombări care să se poată executa și în această perioadă.

Rezultate foarte bune se obțin folosind pentru reparații asfaltul turnat, însă producerea lui pune o serie de probleme greu de soluționat, ca de exemplu: dotarea unităților cu mijloace de transport speciale cu posibilități de menținere a temperaturii asfaltului turnat la 180...200 °C (instalații de preparat asfalt turnat etc.).

Din aceste considerente, în ultimii ani, pe lângă mixturile asfaltice cunoscute, s-au introdus în tehnica rutieră mixturile asfaltice stocabile, care pot fi folosite cu rezultate bune și iarna, întrucât pot fi puse în operă la rece. Dintre aceste mixturi asfaltice se vor trata în continuare:

- mixtura stocabilă cu emulsie cationică;
- mixtura stocabilă cu emulsie bituminoasă anionică.

10.2. Mixturi asfaltice stocabile cu emulsie bituminoasă cationică

Mixturile asfaltice preparate la rece cu emulsie bituminoasă cationică se pot folosi cu rezultate bune la repararea îmbrăcăminților bituminoase. Ele se prepară la rece din agregate naturale și emulsie cationică de bitum cu rupere rapidă sau lentă. Aceste mixturi sunt de două tipuri:

- mixtură asfaltică având aplicabilitate imediată, care se folosește în primele 4...5 h de la preparare;
- mixtură asfaltică stocabilă, care se folosește în primele 3...4 luni de la preparare.

Ca materiale pentru producerea lor se utilizează: nisip natural 0...7 mm; criblură 3...8 mm și 8...16 mm; pietriș 7...16 mm. Nu se admite folosirea nisipului de concasaj în locul nisipului natural deoarece conduce la ruperea rapidă a emulsiei.

Ca liant se folosesc două tipuri de emulsie cationică, cu precizarea că pentru mixtura stocabilă se folosește emulsie cationică cu 10 % petrosin. În tabelul 31 se prezintă compoziția celor două tipuri de emulsie.

Compoziția emulsiei bituminoase cationice pentru mixtură asfaltică aplicabilă imediat și mixtură asfaltică stocabilă

Tabelul 31

Compoziția emulsiei, în %	Mixtură cu aplicabilitate imediată	Mixtură stocabilă
Bitum D 180/200	60,0	60,0
Apă	38,0	38,0
Duomeen T sau dinoram S	1,0	1,0
Acid clorhidric	1,0	1,0
Petrosin raportat la masa totală a emulsiei	–	10,0

Compoziția mixturii asfaltice cu aplicabilitate imediată sau stocabilă poate fi realizată cu criblură sau cu pietriș.

Mixtura asfaltică realizată cu criblură este compusă din:

- nisip 0...7 mm 10...15 %;
- criblură 8...16 mm 60...70 %;
- criblură 3...8 mm rest până la 100 %;
- bitum rezidual 4...5 %.

Mixtura asfaltică realizată cu pietriș este compusă din:

- nisip natural 0...7 mm 10...15 %;
- pietriș 7...16 mm 80...90 %;
- bitum rezidual 4...5 %.

Zona de granulozitate a agregatului total este cea prezentată în fig. 48 pentru ambele tipuri de mixtură.

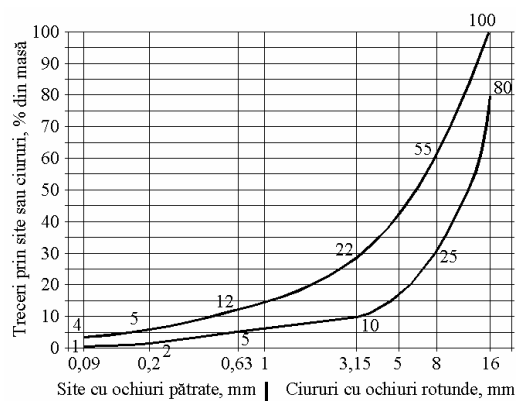


Fig. 48. Zona de granulozitate pentru mixtură stocabilă cu emulsie cationică.

Prepararea mixturilor asfaltice se poate face folosindu-se instalațiile cunoscute, respectând următoarele faze:

- se stabilește debitul de emulsie necesar asigurării cantității prescrise prin dozare gravimetrică;
- se dozează volumetric agregatele naturale, se amestecă, umezindu-se cu 4...7 % apă;
- se pune în funcțiune șneclul malaxorului pentru alimentare cu agregate și pompa pentru emulsie;
- se amestecă agregatele cu emulsie;
- mixtura asfaltică astfel obținută se transportă la locul de plombare, în cazul mixturilor cu aplicabilitate imediată, sau la locul de depozitare, în cazul mixturilor stocabile.

Depozitarea mixturii stocabile se face în grămezi acoperite cu folii sau în saci de polietilenă.

Punerea în operă se face după tehnologia cunoscută.

10.3. Mixturi asfaltice stocabile cu emulsie bituminoasă anionică

Mixturile asfaltice preparate la rece cu emulsie anionică de bitum se clasifică de asemenea în:

- mixtură asfaltică având aplicabilitate imediată;
- mixtură asfaltică stocabilă.

Pentru prepararea acestor mixturi asfaltice se folosesc următoarele materiale:

- emulsii anionice cu rupere lentă sau semilentă, cu un conținut de bitum minim 50 %;
- cribluri și nisip de concasaj care trebuie să provină numai din roci bazice (bazalt și andezit);
- filer de calcar.

Mixturile asfaltice se pot executa cu criblură 3...8 mm sau cu criblură 3...8 mm și 8...16 mm.

Mixtura asfaltică executată cu criblură 3...8 mm este compusă din:

- criblură 3...8 mm 50...70 %;
- filer și nisip sub 0,09 mm 6...10 %;
- filer și nisip 0,09...3 mm rest până la 100 %;
- bitum rezidual 6...7 %.

Mixtura asfaltică executată cu criblură 3...8 mm și 8...16 mm este compusă din:

- criblură 8...16 mm 45...75 %;
- filer și nisip sub 0,09 mm 1...4 %;
- filer și nisip 0,09...3 mm 6...18 %;
- criblură 3...8 mm rest până la 100 %;
- bitum rezidual 5...6 %.

Zona de granulozitate a agregatului natural total este arătată în fig. 6.48.

Tehnologia de preparare, depozitare și punere în operă a mixturilor asfaltice executate cu emulsie bituminoasă anionică este aceeași cu cea arătată pentru mixturile asfaltice cu emulsie bituminoasă cationică, cu precizarea că pentru preumezirea agregatelor este necesară o cantitate de 5...12 % apă, raportată la masa agregatului total (pentru a evita o rupere prea rapidă a emulsiei anionice).

11. Tehnologii moderne pentru regenerarea și reutilizarea îmbrăcăminților bituminoase vechi

După cum este cunoscut până în prezent, pentru întreținerea îmbrăcăminților bituminoase s-au aplicat aproape în exclusivitate soluții care constau în acoperirea acestora cu noi învelișuri sau straturi bituminoase realizate după diverse tehnologii, fără a se lua în considerare și posibilitatea acționării asupra îmbrăcăminților vechi existente.

Actualmente se practică în mod curent tehnologii pentru regenerarea și re folosirea îmbrăcăminților bituminoase vechi. Dintre procedeele mai frecvent utilizate se menționează:

- regenerarea îmbrăcămintei vechi fără a modifica dozajul mixturii asfaltice, prin:
 - frezare la rece;
 - rabotare sau frezare la cald;
 - termoreprofilare;
 - termoregenerare;
- regenerarea îmbrăcămintei cu mixtură asfaltică existentă recuperată și corectată prin:
 - metoda regenerării la fața locului;
 - metoda re folosirii la cald a mixturii vechi prin corectarea dozajului și reamestecare în instalații de produs mixturi asfaltice.

11.1. Regenerarea îmbrăcămintei vechi fără a modifica dozajul mixturei asfaltice existente

Această metodă constă în corectarea suprafeței de rulare prin eliminarea denivelărilor (văluriri, făgașe) care s-au format în exploatare.

Frezarea la rece se aplică în cazul când denivelările suprafeței de rulare sunt mici (2...3 cm) iar sistemul rutier nu necesită a fi ranforsat. Pentru frezare se utilizează utilaje speciale, care taie denivelările, lăsând în urma lor o suprafață rugoasă. Această nouă suprafață, în funcție de modul cum se prezintă, poate fi dată în circulație așa cum este sau trebuie protejată cu un tratament bituminos sau covor asfaltic. Materialul rezultat prin frezare poate fi reutilizat la producerea de mixturi asfaltice.

Rabotarea sau frezarea la cald se aplică în cazul când îmbrăcămintea bituminoasă veche prezintă evidente semne de oboseală, ca de exemplu: fisuri, crăpături, făgașe, faianțări etc. sau în cazul când nivelul îmbrăcămintei vechi existente trebuie să rămână neschimbat deși se impune acoperirea ei datorită stării necorespunzătoare ca urmare depășirii duratei de exploatare.

Atelierele de rabotare sau frezare la cald conțin:

- un sistem de încălzire a îmbrăcămintei folosindu-se butan sau raze infraroșii;
- serie de dinți scarificatori ficși sau rotativi în cazul frezării, cu eventuale lame pentru rabotare reglabile în adâncime și direcție plasate în V, ce distribuie mixtura asfaltică scarificată în cordon lateral;
- un ansamblu motor cu tablou de comandă, rezervor de carburanți, elevator pentru recuperarea materialului din cordon și încărcarea lui în autocamioane. Rabotarea se poate efectua pe o grosime de 0,5...4,5 cm; temperatura de încălzire a îmbrăcămintei vechi este de 160...180 °C. În cazul când se așterne o nouă îmbrăcămintă este bine ca această operație să se facă imediat, profitându-se de faptul că peste suprafața caldă noua mixtură asfaltică așternută aderă în condiții foarte bune.

Mixtura asfaltică veche poate fi utilizată după regenerare (corectarea dozajului) pentru realizarea de noi straturi rutiere.

Termoreprofilarea a fost experimentată cu rezultate bune în mai multe țări și constă în refacerea profilului unei îmbrăcăminți bituminoase vechi (cu defecțiuni) prin încălzire, scarificare ușoară și recompartare, fără a se ridica materialul vechi din îmbrăcămintă și fără adaos de material nou.

Termoregenerarea constă în îmbunătățirea caracteristicilor stratului de rulare prin încălzire, scarificare și reutilizarea îmbrăcămintei vechi parțial sau total, inclusiv aplicarea unui nou strat foarte subțire din mixtură asfaltică nouă care se recomandă să aibă caracteristici antiderapante.

Tehnologia este realizată cu ajutorul unui grup de utilaje compus din:

- remorcă în care se transportă mixtura asfaltică nouă;
- primul dispozitiv de încălzire cu raze infraroșii;
- cuțite de scarificare;
- al doilea dispozitiv de încălzire cu raze infraroșii;
- un nou rând de cuțite scarificatoare;
- dispozitiv complex cu șnec pentru ridicarea, transportul, repartizarea și nivelarea mixturei asfaltice vechi încălzite și scarificate;
- bandă transportoare a mixturei noi din remorcă la distribuitor;

- distribuitor pentru mixtura asfaltică nouă, inclusiv lama de compactare prin vibrare;
- rezervor de gaz lichid.

Mixtura asfaltică din îmbrăcămintea bituminoasă veche, încălzită și scarificată pe 3...4 cm grosime, este utilizată pentru reprofilarea suprafeței de rulare, corectarea profilului transversal etc., iar mixtura asfaltică nouă, circa 40 kg/m² așternută peste stratul cald de mixtură veche, va constitui noul strat de uzură cu caracteristici superioare.

Operația de punere în operă a mixturii asfaltice vechi și celei noi se face într-o singură trecere a complexului de utilaje. Se realizează astfel 3 000...6 000 m²/zi îmbrăcămintă veche refăcută în condiții economice.

11.2. Regenerarea îmbrăcămintei vechi cu mixtură asfaltică recuperată și corectată

Îmbrăcămințile bituminoase vechi din mixturi asfaltice care prezintă semne de oboseală (fisuri, crăpături, suprafețe poroase etc.) pot fi refolosite la fața locului sub diverse forme dintre care se menționează următoarele:

- ca agregate pentru straturile de bază;
- mixturi asfaltice regenerate la rece;
- mixturi asfaltice pentru stratul de rulare, regenerate la cald.

În primul caz, îmbrăcămințile bituminoase vechi sunt scarificate, apoi concasate la dimensiunea maximă de 5 cm și depozitate în cordon pe acostamente. Urmează o a doua concasare, apoi, după caz, materialul rezultat se așterne și se compactează, formând stratul de bază.

Concasarea se poate deci efectua la fața locului sau mixtura asfaltică rezultată din scarificare se transportă în depozitul central unde se concasează și se introduce în procesul tehnologic. S-au obținut rezultate bune tratându-se la fața locului mixtura asfaltică veche, după concasare, cu var sau ciment (25 kg ciment la 1 m² pentru 15 cm grosime de strat).

Stratul de bază obținut din acest fel de material se acoperă cu o îmbrăcămintă bituminoasă de 5...7 cm grosime.

Regenerarea la rece a îmbrăcăminților bituminoase vechi care prezintă semne de îmbătrânire prematură se poate face folosindu-se produse chimice sub formă de emulsii (rășini în emulsii) ce se răspândesc peste mixtura asfaltică scarificată. Procedul, în curs de experimentare, redă materialului flexibilitate și îi îmbunătățește modul de comportare în exploatare.

Regenerarea îmbrăcăminților bituminoase vechi în instalații de produs mixturi asfaltice constă din următoarele operații: scarificare, la cald sau la rece, încărcarea materialului scarificat și transportul său la fabrica de asphalt, stabilirea dozajului de agregate naturale noi și liant de adăugat pentru a obține o nouă mixtură asfaltică. Apoi urmează operațiile obișnuite de producere, transport și punere în operă a mixturii asfaltice corectate.

Experimental s-a constatat că noua mixtură asfaltică rezultată, formată din 70...80 % mixtură veche plus 20...30 % agregate naturale noi, anrobate cu bitumul vechi (existent) la care se recomandă să se adauge 0,25...0,75 % (din masa sa) aditiv și în general 1...2 % bitum nou, dă rezultate foarte bune.

În general, îmbrăcămințile bituminoase astfel obținute se comportă în exploatare în condiții bune, realizându-se economii până la 35 % față de procedeul vechi.

Se menționează faptul că pentru producerea mixturilor asfaltice uscătorul-malaxor dă rezultate bune.

În concluzie, se pot scoate în evidență următoarele:

– literatura de specialitate (în special franceză) din ultimul timp menționează ca o preocupare generală a cercetătorilor, proiectanților, executanților și a administrației drumurilor, perfecționarea tehnologiilor de re folosire a îmbrăcăminților bituminoase uzate în condiții cât mai eficiente; aceste tehnologii sunt într-o continuă dezvoltare;

– studiile efectuate până în prezent nu au reușit să trateze toate aspectele comportării în exploatare a noilor îmbrăcăminți obținute prin re folosirea mixturilor asfaltice vechi, de asemenea nici metode de controlul calității nu au fost puse la punct;

– dintre tehnologiile cele mai eficiente se consideră:

- refacerea la cald la fața locului a îmbrăcămintei vechi, prin utilizarea scarificatorului-reprofilator, cu adaos de mixtură asfaltică nouă sau regenerată;

- utilizarea îmbrăcămintei vechi, după scarificare și concasare, ca agregat natural, în scopul realizării unei noi mixturi asfaltice prin adaosuri adecvate, pentru un nou strat rutier (strat de bază);

- regenerarea suprafeței îmbrăcămintei la rece prin tratare cu emulsii speciale;

- re folosirea îmbrăcămintei vechi după scarificare, concasare și corectarea dozajului cu liantul necesar, prin efectuarea unei noi malaxări în instalații de produs mixturi asfaltice la cald, urmată de celelalte operații necesare pentru punerea în operă (transport, așternere, compactare).

De menționat necesitatea alegerii tehnologiei celei mai eficiente în funcție de condițiile locale (starea îmbrăcămintei vechi, condiții de trafic și climaterice, utilaje existente etc.) și posibilitățile de mecanizare a întregului complex de lucrări.