

UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN TIMIȘOARA  
FACULTATEA DE CONSTRUCȚII

Ing. LAURENȚIU STELEA

TEZĂ DE DOCTORAT

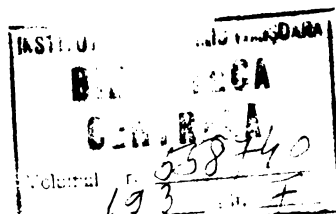
"CONTRIBUȚII LA ELABORAREA UNOR TEHNOLOGII  
EFICIENTE PENTRU ÎNTREȚINEREA DEUMURILOR"

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC,

Prof.dr.ing. LAURENȚIU NICOARĂ

BIBLIOTECA CENTRALĂ  
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"  
TIMIȘOARA

- 1991 -



## PREFATĂ

În programul de dezvoltare a economiei naționale, transporturilor le revine un rol determinant în a facilita schimbul de valori materiale și spirituale, legăturile dintre localitățile țării, accesul la locurile de muncă și în zonele de agrement, contribuind astfel la satisfacerea nevoilor spirituale, sociale și economice ale tuturor cetățenilor.

De menționat, este faptul că, transporturile rutiere dețin o pondere însemnată din totalul transporturilor, iar eficiența acestora depinde de starea tehnică a drumurilor.

Consecințele crizei prin care trece țara noastră, s-au răcut resimțite și în sectorul rutier, influențând negativ starea tehnică a drumurilor prin lipsa combustibililor și a lianților necesari pentru realizarea principalelor lucrări specifice întreținerii, ranforsării și îmbunătățirii viabilității drumurilor și a siguranței rutiere.

Ținând cont de situația reală existentă, atenția autorului s-a îndreptat spre găsirea unor soluții practice pentru rezolvarea unora dintre problemele cu care se confruntă sectorul rutier. Astfel, a studiat, cercetat și experimentat noi tehnologii eficiente, de mare productivitate, care introduse în activitatea curentă de construcția și întreținerea drumurilor, contribuie la îmbunătățirea stării de viabilitate a acestora.

Stimulat de rezultatele obținute și la îndemnul specialiștilor, autorul a elaborat această lucrare, pe care o consideră rezultatul studiilor, experimentărilor și preocupărilor zilnice desfășurate de-a lungul anilor.

Lucrarea are un pronunțat caracter practic și este rezultatul unor multiple studii de laborator, de cercetări, de realizare a multor secțiuni experimentale și de aplicare a soluțiilor pe șantierele de drumuri ale Direcției Regionale Drumuri și Poduri Timișoara.

În primul capitol, "Necesitatea întreținerii drumurilor", se prezintă rezultatele experimentărilor efectuate privind influența stării tehnice a drumurilor asupra consumului de carburanți și efectele pe care le au costurile asupra utilizatorilor și vieții sociale. Se arată unele experimentări concrete efec-

tuat care subliniază pregnant necesitatea ca drumurile să fie prezente în toate programele care prevăd reducerea consumului de energie.

În capitolul 2 "Emulsia bituminoasă componentă esențială la elaborarea unor tehnologii rutiere la rece", se scot în evidență rezultatele obținute în realizarea emulsiei bituminoase cationice și posibilitățile de diversificare a acesteia, pentru a se asigura posibilități multiple de introducere a unor noi tehnologii pentru întreținerea, repararea și renforsarea drumurilor.

În capitolul III, "Tratamente bituminoase speciale", se analizează și se prezintă două tehnologii noi, eficiente pentru întreținerea rețelei rutiere.

Capitolul IV "Mixturi asfaltice cu execuția la rece", prezintă tehnologia de realizare a mixturilor asfaltice prin procedeul la rece inclusiv adaptarea utilajelor și sectoarele experimentale realizate în 9 variante.

Capitolul V "Principalele concluzii generale și contribuții originale ale autorului", subliniază modul de valorificare a lucrării și contribuțiile autorului.

X

X X

Teza de doctorat s-a desfășurat sub îndrumarea domnului prof.dr.ing.Laurențiu Nicoară, căruia țin să-i mulțumesc călduros și pe această cale pentru indemnul adresat unui om de producție de a-și perfecționa pregătirea profesională. Imi exprim profunda recunoștință pentru înalta competență și exigență cu care m-a călăuzit în întreaga activitate de studii și cercetări efectuate în vederea elaborării tezei de doctorat, pentru dragostea și pasiunea ce mi-a insuflat-o față de drumuri, pentru formarea mea profesională.

Imi exprim mulțumirile și recunoștința conducerii Universității Tehnice din Timișoara și cea a Facultății de Construcții, pentru organizarea desăvârșită a acestei perioade de lucru.

Un gând de recunoștință se îndreaptă spre conducerea Administrației Naționale Drumuri București, domnului dr.ing. Mihai Boicu, pentru permanenta încurajare și sugestiile valoroase pe care le-a dat și susținut în pregătirea și elaborarea tezei de doctorat.

Aduc, de asemenea, mulțumiri colectivului Catedrei de drumuri, fundații și instalații în construcții, conducerii acesteia, pentru căldura cu care m-a încurajat și ideile pe care mi le-a dat în decursul elaborării tezei. Referenților oficiali, care au binevoit să analizeze teza, le mulțumesc cu recunoștință mai ales pentru faptul că m-au îndrumat și m-au încurajat în decursul anilor pentru participarea mea la o activitate de cercetare aplicativă.

Colegilor de la Direcția Regională de Drumuri și Poduri Timișoara și celor de la direcțiile regionale din țară, le aduc mulțumiri pentru sugestiile și propunerile făcute cu ocazia schimburilor de experiență, organizate în scopul prezentării și omologării noilor tehnologii descrise în teza de doctorat.

Pentru modul generos în care m-au sprijinit în efectuarea lucrărilor de laborator, în urmărirea sectoarelor experimentale, în sistematizarea datelor, aduc mulțumiri d-nei dr.ing. Aurica Bilțiu, colectivului laboratorului central al Direcției Regionale Drumuri și Poduri Timișoara, care au fost alături de mine și au înțeles importanța studiilor efectuate pentru sectorul rutier, precum și colectivului de drumuri de la Catedra de drumuri, fundații și instalații în construcții, care au sprijinit și urmărit cercetările efectuate de autor.

Pentru executarea sectoarelor experimentale îmi exprim mulțumirea și recunoștința conducerilor secțiilor Deva, Arad, Timișoara, Caransebeș și Orșova, precum și conducerii șantierelor de la Voiteg și Chișinău Criș, tuturor celor care au contribuit la aplicarea în producție a noilor tehnologii rutiere.

Calde mulțumiri adresez domnului ing. Gheorghe Brînzan și domnului ing. Ioan Alexa, pentru sprijinul concret în rezolvarea problemelor studiate.

De asemenea, îmi exprim mulțumirile și recunoștința tuturor colegilor din cadrul Direcției Regionale Drumuri și Poduri Timișoara și celor din cadrul Administrației Naționale a Drumurilor București, care sub o formă sau alta au contribuit și sprijinit la elaborarea și redactarea tezei de doctorat.

Gîndurile mele de recunoștință se îndreaptă către toți drumarii de pe șantiere care au contribuit la aplicarea în producție a rezultatelor cercetărilor de laborator, în scopul menținerii rețelei rutiere într-o stare de viabilitate corespunzătoare, care să asigure progresul, civilizația și bunăstarea colectivă.

Autorul

## C U P R I N S

	Pag.
Cap.1. Necesitatea întreținerii drumurilor .....	1
1.1. Situația drumurilor publice din România .....	2
1.1.1. Starea tehnică a rețelei de drumuri publice .....	4
1.2. Influența stării tehnice a drumurilor asupra costurilor pentru utilizatori și a costurilor sociale .....	6
1.3. Evoluția și influența traficului asupra stării tehnice a rețelei de drumuri .....	10
1.3.1. Agresivitatea traficului greu .....	18
1.3.2. Dinamica traficului rutier în cadrul Direcției Regionale de Drumuri și Poduri Timișoara .....	21
1.3.3. Depistarea traficului greu prin utilizarea stațiilor de cântărire electronice la punctele de frontieră .....	24
1.4. Studii și experimentări efectuate privind influența elementelor geometrice și a stării tehnice a drumurilor asupra consumului de carburanți .....	27
1.4.1. Consumul de carburant pentru autovehiculul greu .....	29
1.4.2. Consumul de carburant pentru autovehiculul ușor .....	31
1.4.3. Consumul de carburant pentru autovehicule în rampă .....	31
1.4.4. Consumul de carburant pe un drum pietruit .....	33
1.4.5. Influența unui drum modernizat cu degradări asupra consumului de carburant .....	33
1.4.6. Studiu privind evitarea unui centru de aglomerație .....	34
1.4.7. Concluzii reieșite din experimentările efectuate .....	35

1.5. Calculul consumului de carburant pe rețeaua de drumuri din sud-vestul țării, ținând seama de categoria drumului .....	39
1.5.1. Consumul normat de carburant pentru drumuri de categoria I -IV (M,K,T și L).	41
1.6. Aprecierea necesității întreținerii îmbrăcăminților bituminoase .....	46
1.6.1. Prezentarea metodei de apreciere a necesității întreținerii îmbrăcăminților bituminoase .....	50
1.7. Concluzii și propuneri privind necesitatea întreținerii drumurilor .....	54
<b>Cap.2. Emulsia bituminoasă componentă esențială la elaborarea unor tehnologii rutiere la rece .....</b>	<b>57</b>
2.1. Emulgatori utilizați la prepararea emulsiei bituminoase .....	60
2.2. <del>Reținer</del> Raportul de rupere și de adhezivitate al emulsiei bituminoase .....	63
2.2.1. Ruperea emulsiei bituminoase prin evaporarea apei .....	63
2.2.2. Ruperea emulsiei bituminoase prin reacție .....	64
2.2.2.1. Ruperea emulsiei bituminoase în prezența materialelor alcaline .....	64
2.2.2.2. Ruperea emulsiei bituminoase în prezența materialelor acide .....	66
2.3. Caracteristicile emulsiei bituminoase utilizată în diferite tehnologii rutiere .....	67
2.3.1. Unele aspecte legate de stabilitatea și ruperea emulsiilor bituminoase ....	71
2.4. Tehnologia de preparare a emulsiei bituminoase cationice .....	75
2.4.1. Condițiile tehnice ale materialelor componente .....	75
2.4.2. Tipurile și caracteristicile emulsiilor bituminoase cationice fabricate la Săcălaz .....	76
2.4.3. Compoziția emulsiei bituminoase cationice .....	77

2.4.4.	Instalația pentru prepararea emulsiei bituminoase cationice .....	78
2.4.4.1.	Recepția și depozitarea materiilor prime .....	79
2.4.4.2.	Fabricarea emulsiei bituminoase cationice .....	80
2.4.4.3.	Stocarea și livrarea emulsiei bituminoase .....	82
2.4.4.4.	Controlul de calitate efectuat de laboratorul de șantier .....	83
2.5.	Metode de verificare a calității emulsiei bituminoase cationice .....	84
2.5.1.	Determinarea stabilității la îngheț a emulsiei bituminoase cationice ....	84
2.6.	Experimentări privind obținerea emulsiei bituminoase cationice rezistentă la îngheț "ANTIGEL" .....	87
2.6.1.	Materiale utilizate .....	87
2.6.2.	Modul de lucru și rezultatele obținute .....	88
2.7.	Studii și experimentări privind determinarea stabilității la transport a emulsiilor bituminoase cationice .....	90
2.7.1.	Metodă pentru determinarea stabilității la transport a emulsiei bituminoase .....	90
2.7.2.	Realizarea și experimentarea aparatului pentru determinarea stabilității la transport a emulsiei bituminoase ..	91
2.8.	Concluzii și propuneri .....	94
Cap.3.	Tratamente bituminoase speciale .....	97
3.1.	Tratamente bituminoase cu agregate naturale anrobate in situ ( TRABINSIT ) .....	99
3.1.1.	Materialele utilizate pentru realizarea Trabinsitului .....	100
3.1.2.	Stabilirea dozajelor .....	101
3.1.3.	Tehnologia de execuție a Trabinsitului .....	106

3.1.4.	Secoare experimentale .....	108
3.1.5.	Comportarea în exploatare a Trabinsitului .....	110
3.1.6.	Unele aspecte luate în considerare pentru reuşita Trabinsitului .....	112
3.1.7.	Eficienţa economică. Concluzii .....	112
3.2.	Tratamente bituminoase armate cu geotextil Trabintex .....	113
3.2.1.	Tehnologia de execuţie a Trabintexului .....	114
3.2.2.	Concluzii privind comportarea în exploatare şi eficienţa economică a Trabintexului .....	116
3.3.	Propuneri pentru îmbunătăţirea lucrărilor de tratamente bituminoase cu execuţia la rece ..	117
3.3.1.	Respectarea dozajului de liant .....	119
3.3.2.	Verificarea dosalului de agregate ....	121
3.3.3.	Cilindrarea tratamentelor bituminoase .....	122
3.4.	Studiul optimizării multicriteriale al tehnologiilor de execuţie a tratamentelor bituminoase şi eficienţa acestora .....	124
3.4.1.	Unele aspecte generale ale problemelor de optimizare multicriterială ..	124
3.4.1.1.	Metodologia cercetării operaţionale .....	125
3.4.1.2.	Probleme de optim şi funcţii obiectiv .....	127
3.4.1.3.	Metoda Topsis .....	128
3.4.2.	Soluţii optime multicriteriale pentru tehnologiile de execuţie a tratamentelor bituminoase .....	129
3.4.3.	Aplicaţia informatică "TEHDRUM" ....	133
Cap.4.	Mixturi asfaltice cu execuţia la rece .....	138
4.1.	Compoziţia şi caracteristicile mixturilor asfaltice cu execuţia la rece .....	139
4.2.	Prepararea şi punerea în operă a mixturilor asfaltice cu execuţia la rece .....	144
4.2.1.	Tehnologia de fabricare a mixturilor asfaltice cu execuţia la rece .....	146



4.2.2. Transportul, aşternerea şi compactarea mixturilor asfaltice cu execuţia la rece .....	148
4.3. Sectoare experimentale executate cu mixtură asfaltică cu execuţia la rece .....	149
4.3.1. Verificări efectuate în timpul expe- rimentărilor .....	155
4.4. Comportarea în exploatare a mixturilor as- faltice cu execuţia la rece .....	156
4.5. Analiza eficienţei tehnice, economice şi energetice a mixturilor asfaltice cu execu- ţia la rece .....	159
4.6. Calculul productivităţii instalaţiei LPX modificată, aplicînd metoda Monte-Carlo ...	162
4.7. Studiul omogenităţii mixturilor asfaltice cu execuţia la rece .....	169
4.7.1. Aprecierea omogenităţii dozajului de bitum .....	169
4.7.2. Aprecierea omogenităţii mixturii asfaltice cu execuţia la rece din punct de vedere al densităţii apa- rente .....	174
4.7.3. Aprecierea omogenităţii mixturilor asfaltice cu execuţia la rece, din punct de vedere al absorbţiei de apă.	176
4.7.4. Aprecierea omogenităţii mixturilor asfaltice cu execuţia la rece, din punct de vedere al stabilităţii Marshall .....	177
4.7.5. Aprecierea omogenităţii mixturilor asfaltice cu execuţia la rece, din punct de vedere al fluajului .....	178
4.8. Concluzii şi propuneri .....	183
Cap.5. Principalele concluzii generale şi contribuţii originale ale autorului .....	186
Bibliografie .....	201
Anexe .....	243

## Cap.1. NECESITATEA ÎNTREȚINERII DRUMURILOR

În sistemul economic și social general, transporturilor le revine un rol determinant, ele fiind indispensabile atât pentru desfășurarea normală a activității economice, cât și pentru satisfacerea nevoilor sociale ale membrilor societății. Datele statistice atestă faptul că, transporturile rutiere dețin o pondere însemnată în totalul transporturilor. Ținând seama de faptul că eficiența transporturilor depinde direct de starea drumurilor, administrația drumurilor a luat în permanență măsurile necesare pentru a asigura o stare de viabilitate corespunzătoare întregii rețele rutiere din țara noastră.

Consecințele crizei economice și energetice, marcate în majoritatea țărilor lumii, s-au făcut resimțite și în sectorul rutier. Datorită acestui fapt, sectorul de drumuri publice din țara noastră nu a beneficiat, în măsura solicitărilor, de resursele necesare întreținerii și dezvoltării rețelei rutiere. S-a resimțit în special lipsa combustibililor și a lianților necesari pentru realizarea principalelor lucrări specifice întreținerii, raforsării și îmbunătățirii viabilității drumurilor și a siguranței circulației rutiere. Cu toate acestea, administrația drumurilor, sprijinită de toți specialiștii de drumuri și poduri, precum și instituțiile de cercetare, proiectare și învățământ superior, a organizat și condus o vastă activitate de studii, experimentări și implementări de noi tehnologii sau de îmbunătățire a tehnologiilor clasice, în scopul de a realiza cu materialele și tehnica existentă, într-o măsură cât mai mare, lucrările strict necesare asigurării viabilității drumurilor publice la nivelul solicitărilor rezultate din necesitățile de transport, ale dezvoltării sociale și economice ale țării / 17; 105/.

Dar, drumurile se deteriorează de o manieră ireversibilă, mai mult sau mai puțin repede, în funcție de condițiile climatice, de rezistența structurii rutiere și suportul acesteia, de volumul circulației și de sarcina pe osie a vehiculului fizic. Starea necorespunzătoare a drumurilor generează cheltuieli de transport suplimentare, iar neefectuarea la timp și în bune condiții a lucrărilor de întreținere necesare, generează degradarea într-un

ritm accelerat, ceea ce determină creșterea volumului lucrărilor necesare pentru readucerea drumurilor într-o stare tehnică corespunzătoare.

### 1.1. SITUAȚIA DRUMURILOR PUBLICE DIN ROMÂNIA

Drumurile publice, în funcție de importanța lor în cadrul economiei naționale și după modul de administrație, se împart în drumuri naționale și drumuri locale - județene și comunale.

La 1 ianuarie 1991, lungimea rețelei de drumuri publice era de 72 816 km, din care 14 683 km drumuri naționale și 58 133 km drumuri locale.

În tabelul 1.1. se prezintă lungimea rețelei de drumuri publice în perioada 1970...1991 /21: 171/

Rețeaua de drumuri publice în perioada 1970...1991. Tabel 1.1.

Categoria drumului	U.M.	Anul				
		1970	1975	1980	1985	1991
Total drumuri publice	km	75 879	77 949	73 344	72 799	72 816
din care:						
I.Drumuri naționale	km	12 173	12 921	14 656	14 666	14 683
din care:						
- drumuri europene	km	2 321	2 321	4 675	4 488	4 488
Lungimea rețelei de drumuri naționale:						
- modernizate	km	9 672	12 164	14 157	14 340	14 431
- pietruite	km	2 495	754	499	326	252
-drumuri modernizate	%	79	94	96	97	98
II.Drumuri locale	km	63 712	65 031	58 688	58 133	58 133
din care:						
- modernizate	km	7 306	14 116	19 897	21 630	22 709
- pietruite	km	38 906	33 559	28 277	27 816	26 975
- din pământ	km	17 500	17 356	10 514	8 687	8 449
-drumuri modernizate	%	11	22	34	37	40

Notă. Datele au fost extrase din anuarele statistice ale Republicii România.

Desvoltarea economico-socială a României pe întreg teritoriul țării, s-a reflectat printr-o creștere a volumului de transport de mărfuri și călători și, implicit, a infrastructurii acestor transporturi, adică a rețelei de drumuri publice.

Sistematizarea rețelei de drumuri publice și reducerea lungimii drumurilor de categorie inferioară, care nu prezentau importanță, sau elăsarea într-o categorie superioară a celor importante, ( Decret nr.197/1977 ), a condus la elaborarea unui program concret de dezvoltare, dar și de conservare a rețelei rutiere.

Din tabelul 1.1. se constată că lungimea rețelei de drumuri publice a ajuns la 72 816 km, la 1 ianuarie 1991, din care drumuri naționale 14 683 km /18,8%.

De asemenea, se remarcă preocuparea administrației drumurilor pentru modernizarea rețelei de drumuri publice, ajungându-se ca la 1 ianuarie 1991 98 % din lungimea drumurilor naționale și 40 % din lungimea drumurilor locale să fie modernizate, față de 79 % respectiv 11 % în anul 1970, pentru aceleași categorii de drumuri.

Rămâne totuși, în continuare, o lungime importantă din rețeaua de drumuri publice, în special de drumuri locale, în situația de drumuri pietruite și chiar drumuri de pământ (fig.1.1.).

LEGENDA :

 DRUMURI MODERNIZATE ȘI CU I.B.U.

 DRUMURI PIETRUITE

 DRUMURI DE PĂMÎNT

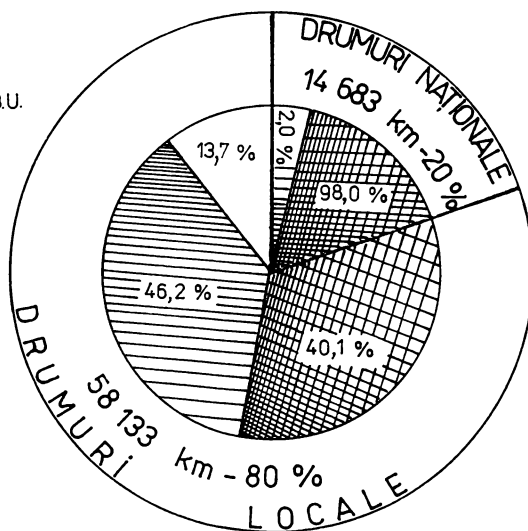


Fig.1.1.Situația pe categorii de drumuri publice la 1 ianuarie 1991.

De remarcat este faptul că din totalul drumurilor publice modernizate 92 % ( 36 898 km ) sînt cu îmbrăcăminți bituminoase, 4,8 % ( 1 878 km ) cu îmbrăcăminți din beton de

ciment și 3,0 % ( 1 190 km) sînt pavate cu piatră cioplită /112/.

Rețeaua de străzi urbane și rurale din țara noastră reprezintă 80 198 km, din care numai 9 207 km sînt cu îmbrăcămînti modernizate, ceea ce reprezintă 11,5 %, 30 214 km sînt străzi pietruite ( 37,7 % ), iar 40 775 km sînt din pămînt ( 50,8 % ), în special în localitățile rurale /155/ .

### 1.1.1. Starea tehnică a rețelei de drumuri publice

Prin programul de dezvoltare al drumurilor publice, s-a urmărit ca rețeaua de drumuri naționale să fie adusă din punct de vedere tehnic la nivelul cerințelor economiei naționale, iar la drumurile locale să se diminueze mult lungimea rețelei de drumuri din pămînt, mai ales prin pietruiri.

Cu toate rezultatele obținute în sectorul de drumuri, din studiile și cercetările efectuate pe teren, s-a constatat că măsurile luate pentru îmbunătățirea stării tehnice a rețelei de drumuri publice nu asigură condițiile de transport la nivelul impus de dezvoltarea economiei naționale.

Astfel, la 1 ianuarie 1991 situația rețelei de drumuri naționale era următoarea:

- din lungimea totală a rețelei de drumuri modernizate 5 080 km ( 34 % ) sînt în stare necorespunzătoare, 4 051 km (27 %) în stare medioeră și numai 4 389 km (39 % ) în stare bună;

- la finele anului 1990 98 % din lungimea rețelei rutiere o reprezentau drumurile naționale modernizate. Din acestea 10 050 km aveau durata de exploatare depășită, reprezentînd 70 % din lungime;

- o serie de sectoare în zone industriale, de exploatare miniere, etc., care însumează peste 1 500 km drumuri, nu mai resistă solicitărilor traficului greu și foarte greu, iar pe alte sectoare de drum, din zona marilor orașe, care asigură legătura marilor centre populate cu fabrici, uzine, platforme industriale, etc., s-a depășit capacitatea de circulație, creîndu-se, în anumite perioade de vîrf, dificultăți în desfășurarea transporturilor;

- se mențin încă un număr mare de puncte de strângulare a circulației, sectoare inundabile și instabile, precum și un număr mare de poduri cu restricție de tonaj, care nu resistă la clasa de încărcare stabilită prin lege.

Situația rețelei de drumuri locale la 1 ianuarie 1991 se prezenta astfel:

- din totalul de 58 133 km peste 46 % ( 26 975 km) sînt în stare pietruită, 14,5 % (8 449 km) din pămînt, iar din lungimea drumurilor cu îmbrăcăminți bituminoase de 22 709 km (39 %), aproape 13 000 km (57 %) au durata de exploatare depășită, din care 7 000 km sînt în stare rea /140/.

Situația existentă în rețeaua de drumuri publice a fost determinată de menținerea unor decalaje între cerințele reale ale acestei rețele în diferite etape și organizarea bazei tehnico-materiale pentru realizarea lucrărilor, constînd în principal din :

- neasigurarea fondurilor bugetare pentru întreținerea și repararea drumurilor, în corelare cu dinamica traficului rutier, care în ultimii 20 de ani a crescut de peste 8 ori, în timp ce fondurile alocate de numai 1,8 ori ;
- lipsa bitumului pentru drumuri și a produselor de balastieră a condus la mari rămîneri în urmă față de programul de ranforsări al complexelor rutiere și de reparații propus;
- nerespectarea obligațiilor prevăzute de legea 13/1974 de către majoritatea beneficiarilor de transporturi grele, din zonele de exploatare miniere, platforme industriale, de a ranforșa complexele rutiere de pe sectoarele de drum afectate, înainte de intensificarea traficului rutier generat de aceste mari unități.

Neexecutarea la timp a ranforsării structurilor rutiere a condus la acumularea an de an a restanțelor și la înrăutățirea stării tehnice a drumurilor cu implicații negative asupra cheltuielilor de transport și a consumurilor de carburanți, precum și asupra siguranței circulației. Acest lucru este ilustrat de faptul că în perioada 1986...1990 cheltuielile suplimentare ale deținătorilor de autovehicule, datorită stării necorespunzătoare a drumurilor naționale, a crescut de la 2 487 la 3 255 milioane lei/an, iar consumul suplimentar de carburanți, exprimat în motorină, a crescut de la 139 la 180 mîi tone/an, o situație similară înregistrîndu-se și la drumurile locale /14;110/.

Înlăturarea restricțiilor, în ceea ce privește consumul de carburanți, a determinat la începutul anului 1990 o explozie a traficului rutier și o creștere și mai mare în sezonul de vară, ceea ce a implicat o solicitare intensă a drumurilor.

În aceste condiții fără o majorare a volumului de lucrări de întreținere și reparații la rețeaua existentă, pierderile bănești și de carburanți vor înregistra un spor important, în paralel cu degradarea condițiilor de siguranță a circulației.

### 1.2. INFLUENȚA STĂRII TEHNICE A DRUMURILOR ASUPRA COSTURILOR PENTRU UTILIZATORI ȘI A COSTURILOR SOCIALE.

În anumite cazuri, poate fi util de a distinge costurile obținute pe un drum în stare excelentă de cele obținute pe un drum în stare necorespunzătoare. Diferența dintre aceste valori reprezintă partea variabilă a costurilor pentru utilizator, care trebuie comparate cu costurile de întreținere necesare pentru menținerea în stare bună de viabilitate a drumului.

Factorii care determină costurile pentru utilizatori și costurile sociale sînt menționați în tabelul 1.2.

Factorii care influențează costurile. Tabelul 1.2.

Costuri pentru utilizator:	- costul timpului: timpi de parcurs, influența negativă asupra circulației în timpul execuției lucrărilor de întreținere pe drum ; - cheltuieli de exploatare a vehiculelor: uzură, consum de carburanți, lipsa de confort.
Costuri sociale	- restricții de circulație în perioada de dezgheț ; - costuri datorită accidentelor ; - zgomot ; - poluare.

Timpu de parcurs este influențat de mai mulți factori care se referă la trafic (intensitate, compoziție), geometria drumului, sinuozitate, vizibilitate, declivități, etc. .

Pentru a lega noțiunea de timp de parcurs de starea drumului se apelează la relația cu uniformitatea longitudinală a suprafeței. Suedezii completează și efectul uniformității transversale a suprafeței (făgașe) 158; 67/.

Relațiile precise între uniformitatea longitudinală a suprafeței  $R$  (mm/km), măsurată la Bump Integrator, și vitezele de parcurs  $S$  (km/h) au fost dezvoltate de Banca Mondială pentru Programe (M.D.M.), avînd forma :

$$S = A_1 - 0,00089 R \text{ (vehicule ușoare)} \quad (1.1.)$$

$$S = A_2 - 0,00060 R \text{ (vehicule grele)} \quad (1.2.)$$

În aceste formule  $A$  este un coeficient ce depinde de alți parametri legați de drum. Din studiu rezultă că trecerea de la o excelentă uniformitate ( $R = 1\,500$  mm/km) la o slabă uniformitate ( $R = 5\,000$  mm/km) face să scadă viteza cu mai mult de 3 km/h / 67 %.

Cîteva măsurători efectuate în Franța, înainte și după repunerea în funcțiune a unui drum, au condus la variații mai mari, pînă la 8 km/h / 64; 86%.

Cheltuielile de exploatare a vehiculelor se referă în mod special la consumul de carburanți, ulei, piese, costuri de manoperă.

Actualmente, puține date sînt disponibile pe ansamblul acestor costuri și cea mai mare parte a studiilor pun în evidență modificările în consumul de carburanți în funcție de starea drumului.

În figura 1.2. se prezintă costurile exploatării vehiculului în funcție de indicele de confort (Canada) / 22 %.

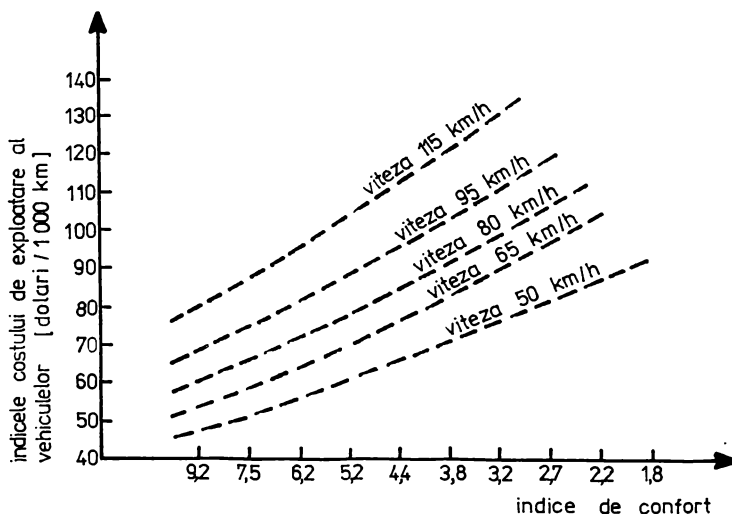
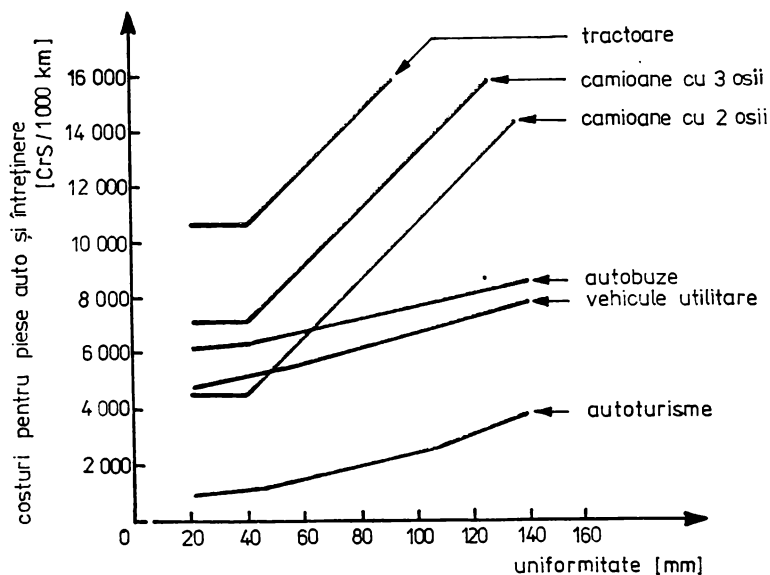


Fig. 1.2. Costurile exploatării vehiculului în funcție de indicele de confort.



Din figura 1.2. se constată că, la aceeași viteză, indicele de confort scade, iar costurile cresc, inclusiv consumul de carburanți.

Costurile exploatării vehiculului în funcție de uniformitatea suprafeței de rulare se prezintă în figura 1.3./86/.



**Fig.1.3. Creșterea costurilor exploatării vehiculelor în funcție de uniformitatea suprafeței de rulare.**

Se constată că uniformitatea suprafeței de rulare are o influență considerabilă asupra costurilor, în special la autovehiculele grele, iar consumul de carburant crește odată cu starea necorespunzătoare a suprafeței de rulare.

Consumul de carburant al vehiculelor poate fi pus în relație cu macrorugozitatea îmbrăcămintei și cu starea sa caracterizată prin uniformitatea longitudinală. Pe îmbrăcămiți cu o planitate perfectă, aplicarea unui tratament bituminos mărește de la 20 la 30 % valoarea rezistenței la rulare. Consumul suplimentar poate fi de ordinul a 2 % /32/.

De fapt planitatea este în mod sigur insuficientă pentru a stabili influența stării drumului asupra consumului de carburant. Când drumul este prea degradat, conducătorul auto efectuează schimbări frecvente de viteză pentru a se adapta la starea drumului, supraconsumurile care decurg de aici fiind foarte ridicate.

Restricțiile de circulație în perioada de deșgheț antrenează pierderi economice pentru utilizatorii drumurilor. În Franța /26/ aceste costuri reprezintă 1...6 % din costurile totale ale utilizatorului.

Accidentele pot fi puse în legătură cu doi parametri caracteristici ai stării drumului : coeficientul de frecare longitudinal sau transversal și planeitatea.

Dependența dintre numărul de accidente prin derapaj și coeficientul de frecare transversal este prezentată în figura 1.4.

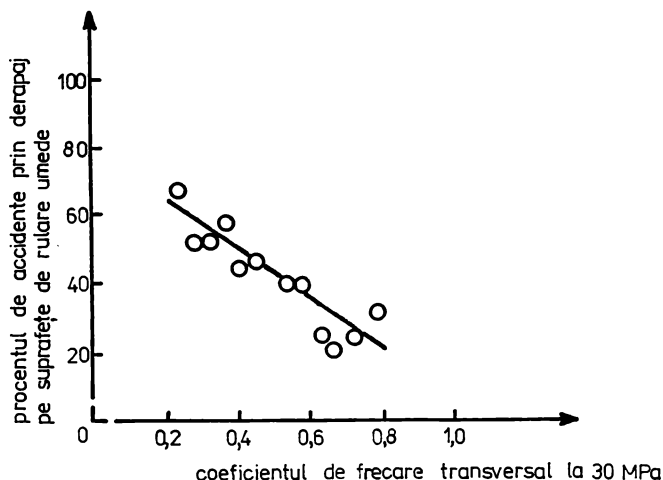


Fig.1.4. Influența coeficientului de frecare transversal asupra accidentelor de circulație.

Pentru a evita derapajul și a îmbunătăți coeficientul de frecare transversal se impune îmbunătățirea suprafeței de rulare, prin asigurarea unei rugozități corespunzătoare.

Zgomotul de rulare nu este decât o parte din zgomotul total al circulației și importanța sa variază în funcție de condițiile de trafic pe drum.

Măsurătorile de intensitate a zgomotului (redate în figura 1.5.) în funcție de rugozitatea drumului au fost realizate în Belgia /90/ cu un vehicul izolat și s-a constatat că :

- pentru o îmbrăcăminte dată, zgomotul crește odată cu viteza, în timp ce aderența scade ;

- nivelul de presiune acustică este, în general, funcție crescătoare a rugozității geometrice ;
- pentru o viteză dată, zgomotul crește cu aderența.

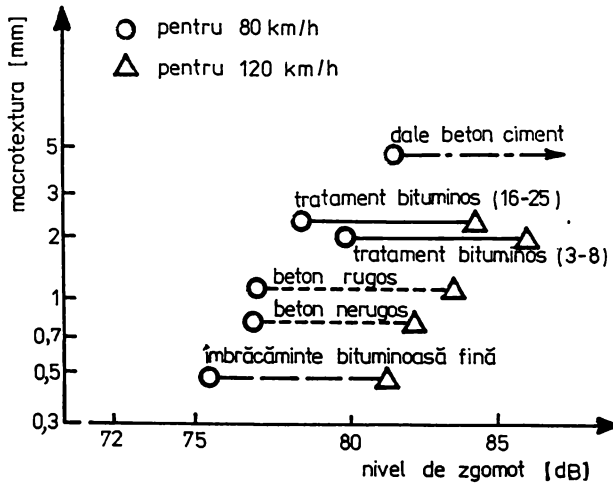


Fig.1.5. Relația dintre zgomot și macrotextură pentru cinci tipuri de îmbrăcăminti.

Problema zgomotului are un aspect social de care trebuie ținut seama la construcția de drumuri. Un efort deosebit trebuie făcut și în domeniul costurilor pentru a elimina zgomotul și de a lua măsuri de protecție a celor ce locuiesc în apropierea drumurilor.

Toate, cele prezentate mai înainte, sînt deocamdată elemente ce pot fi luate în considerare pentru justificarea întinerii, modernizării și îmbunătățirii drumurilor, însă greu de cuantificat.

### 1.3. EVOLUȚIA ȘI INFLUENȚA TRAFICULUI ASUPRA STĂRII TEHNICE A REȚELEI DE DRUMURI.

Ca o consecință a creșterii continue a cerințelor de transport de mărfuri și călători, precum și satisfacerii unei părți tot mai importante din aceste cerințe prin transporturi auto, traficul rutier din țara noastră a cunoscut o creștere rapidă, pusă în evidență prin recensăminturile periodice de circulație efectuate pe rețeaua de drumuri publice. Pentru a se putea analiza nivelul de solicitare a rețelei de drumuri naționale, în cele ce urmează se prezintă date cu privire la evoluția

traficului la nivel de țară în perioada 1955...2000 //55; 171/.

Dinamica evoluției traficului exprimată în media zilnică anuală ( M.Z.A.), total autovehicule, turisme, autovehicule de transport marfă, autobuze, în perioada 1955...2000, se prezintă în figura 1.6. . Din analiza acestui grafic rezultă următoarele :

- o creștere deosebit de importantă a traficului în perioada 1955...1980, evidențiată prin faptul că , dacă M.Z.A. total autovehicule era de 376 în anul 1955, în anul 1980 a ajuns la 2 560, reprezentând o creștere de 6,8 ori ;

- o scădere a intensității de trafic în perioada 1980...1985, exprimată în M.Z.A. total vehicule, dar în același timp o creștere accentuată a agresivității traficului greu, care prezintă o ușoară creștere, ca procent, din total autovehicule fizice ( 43 % în 1985 față de 42 % în 1980 );

- o creștere semnificativă a traficului total autovehicule în perioada 1985...2000, evidențiat prin faptul că M.Z.A. în anul 2000 va ajunge la 3 916 autovehicule, față de 2 045 în anul 1985, reprezentând o creștere de 91 % ;

- o ușoară creștere a intensității circulației datorită traficului greu , în perioada 1985...1990, evidențiată prin creșterea M.Z.A.  $R_{10}$ , face ca agresivitatea traficului greu să crească continuu ;

- creșteri semnificative în această perioadă prezintă și M.Z.A. autoturisme.

Pentru o explicitare mai bună, în figura 1.7. se prezintă evoluția traficului (M.Z.A.), pe categorii de vehicule, în perioada 1955...2000. Analizând evoluția intensității traficului, în această perioadă, se desprind următoarele concluzii :

- în ceea ce privește traficul de autoturisme, acesta cunoaște o creștere rapidă și relativ consistentă în perioada 1965...1980 și o scădere în perioada 1981...1985, intensitatea medie pe rețea a traficului la această categorie de vehicul fiind de circa 7 ori mai mare în 1985 față de cea din anul 1965. Aceasta își menține în continuare tendința de creștere, ajungându-se, în anul 2000, ca intensitatea medie zilnică anuală a acestei categorii de vehicul să fie olt mai mare, de circa 2,2 ori față de anul 1985 ;

- parcul de autovehicule de transport marfă cu o capacitate utilă de pînă la 50 kN este preponderent în totalul

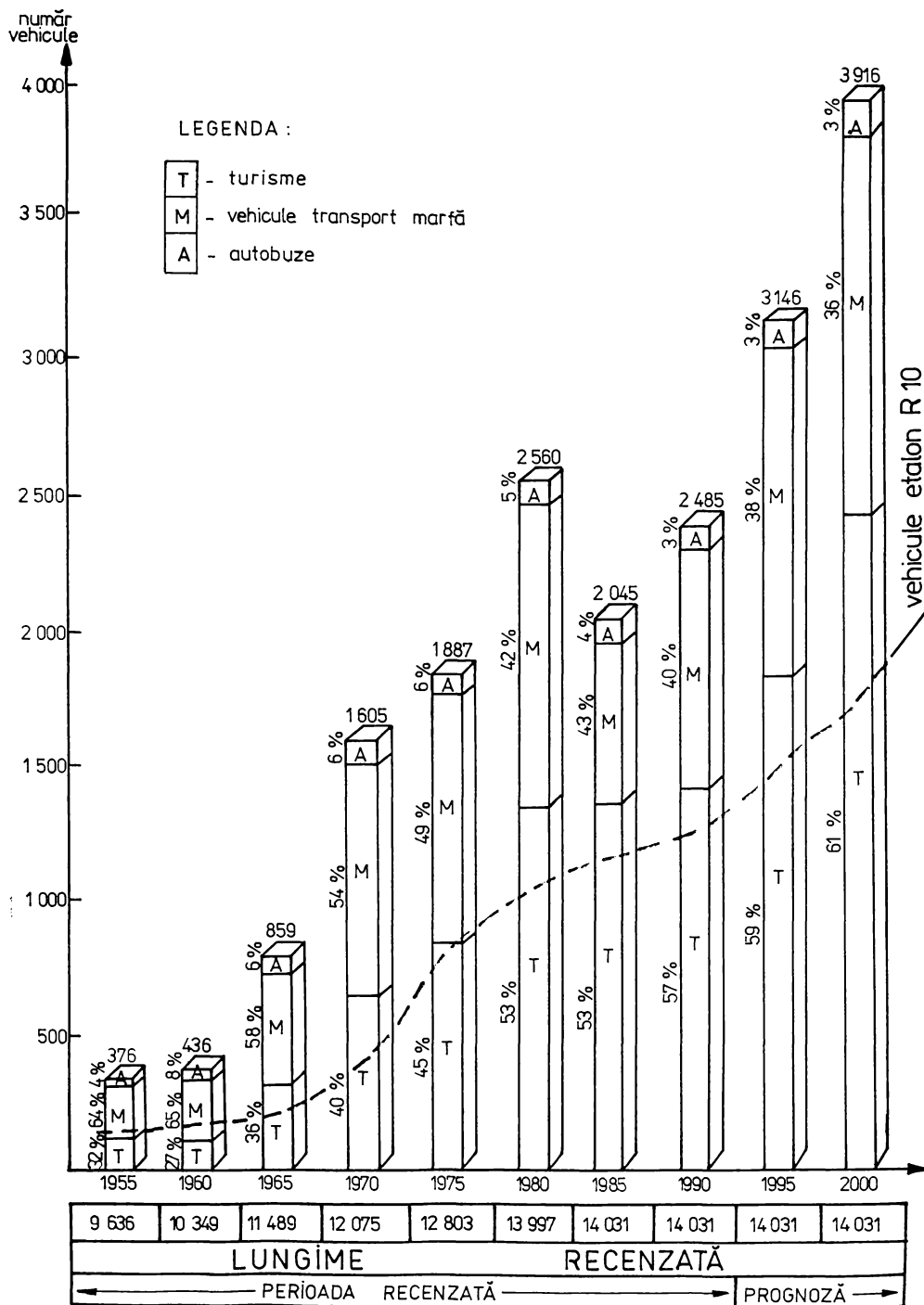
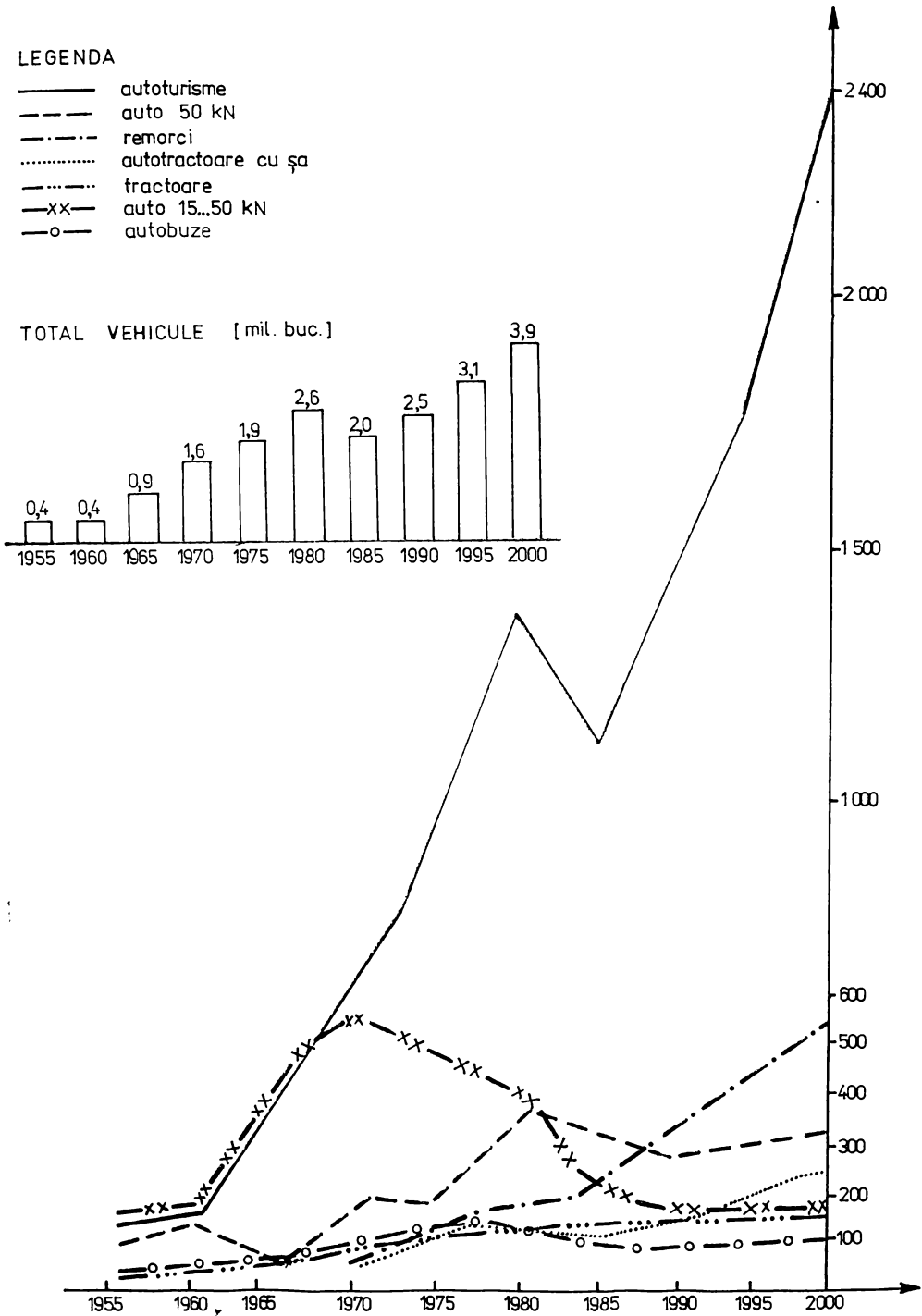


Fig.1.6. Evoluția traficului M.Z.A. pe drumurile naționale în perioada 1955...2000.

## LEGENDA

- autoturisme
- - - - - auto 50 kN
- · - · - remorci
- autotractoare cu șa
- · - · - tractoare
- x x - auto 15..50 kN
- o - autobuze

TOTAL VEHICULE [mil. buc.]



**Fig.1.7. Evoluția traficului M.Z.A. pe drumurile naționale, pe categorii de vehicule, în perioada 1955...2000.**

în totalul parcului de autovehicule transport marfă pînă în anul 1980, prezentînd o scădere continuă și relativ constantă începînd cu anul 1970 pînă în anul 1980, ca urmare a producerii de către industria constructoare de mașini, de autoamioane cu capacitate utilă mai mare de 50 kN și a măsurilor luate pentru creșterea eficienței în transporturile auto ;

- apariția, începînd cu anul 1965, în măsurătorile sistematice de trafic a autovehiculelor cu capacitate utilă mai mare de 50 kN, marchează momentul creșterii agresivității traficului rutier asupra structurilor rutiere existente în exploatare. Pînă în anul 1980 asistăm la o creștere continuă a intensității traficului, după care se produce o scădere pînă în anul 1990, urmînd ca în continuare să se producă o creștere a intensității de trafic.

Însă, trebuie subliniat că, datorită modificării structurii în cadrul categoriei de vehicule, agresivitatea traficului asupra structurilor rutiere, exprimată în M.Z.A.  $R_{10}$ , crește rapid în această perioadă ;

- tot ca urmare a preocupărilor constante a sectorului de transport auto pentru creșterea productivității fizice și reducerea costului transporturilor de mărfuri, începînd cu anul 1970, în măsurătorile de trafic apar autotractoare cu șa. Intensitatea de trafic, rezultată din această categorie de autovehicule, crește în perioada 1970...1980, după care se produce o ușoară scădere pînă în anul 1985, aa după care se prognozează o creștere mai accentuată pînă în anul 2000 ;

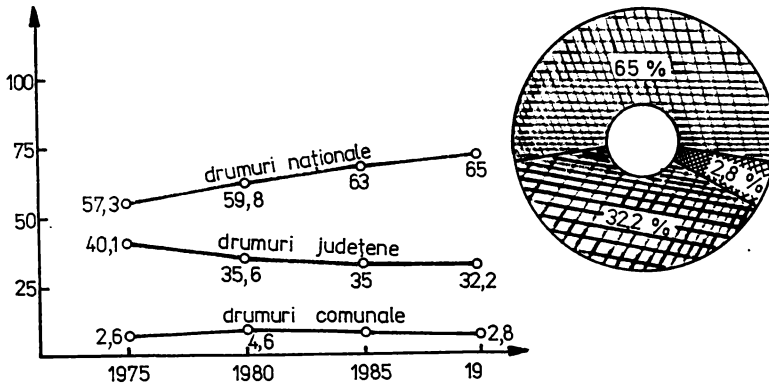
- transportul de călători înregistrează o creștere continuă în perioada 1955...1980, mai accentuată în perioada 1960...1980, după care se prezintă o scădere în perioada 1980...1985, relativ redusă pînă în anul 1980, ca urmare a restricțiilor impuse transporturilor de călători, urmînd ca pînă în anul 2000 traficul să rămînă relativ constant ;

- în ceea ce privește intensitatea de trafic datorată tractoarelor rutiere, asistăm la o creștere continuă și relativ constantă a acesteia în perioada 1960...2000 .

Agresivitatea traficului greu asupra structurilor rutiere existente în exploatare , pe rețeaua de drumuri naționale, în perspectiva a 10 ani ( 1990...2000 ) va fi de circa 3,3 ori mai mare decît ~~ea~~ înregistrată în perioada 1955... ..1990, de 35 de ani. Rezultă în mod evident că în perioada

de perspectivă pînă în anul 2000, deși nu asistăm la o creștere semnificativă a intensității traficului greu, solicitarea structurilor rutiere va fi deosebit de importantă, ceea ce va determina un volum sporit de lucrări de întreținere și reparații pentru menținerea într-o stare tehnică satisfăcătoare a rețelei de drumuri.

Se remarcă tendința de creștere generală a volumului circulației în perioada 1975...1980 și o scădere a acesteia după anul 1980, ca urmare a măsurilor restrictive adoptate eu privire la transporturile rutiere, în vederea economisirii carburanților. În același timp, se evidențiază faptul că, rețeaua de drumuri naționale preia ponderea cea mai mare a traficului rutier, așa cum este ilustrat în figura 1.8. /21/55/.



**Fig.1.8. Evoluția ponderii traficului pe drumurile naționale din total trafic pe drumurile publice.**

Studii și cercetări deosebit de aprofundate și sistematice pe piste de încercare și pe drumuri cu trafic intens, în țările dezvoltate din punct de vedere economic, au condus la următoarele concluzii /63/94/ :

- traficul greu (cu o greutate utilă mai mare de 50 kN) este generatorul degradărilor, influența traficului ușor fiind aproape neglijabilă. Din studiile efectuate a rezultat că :

. efectul unei singure treceri a unui vehicul cu sarcina pe osie de 130 kN asupra oboselei structurii rutiere echivalează cu un milion de treceri a unui autoturism ;

. aproximativ 95 % din oboseala unei structurii rutiere se datorează traficului cu greutatea pe osie mai mare de 70 kN sau sarcina utilă mai mare de 50 kN ;



. agresivitatea unui vehicul greu este mai mare pentru structurile rutiere suple ;

- trecerea unor autovehicule grele, pe un drum, provoacă degradări suprafeței de rulare, iar volumul degradărilor crește în funcție de încărcarea pe osie, așa cum rezultă și din tabelul 1.3. ;

Ponderea degradărilor în funcție de trafic. Tabelul 1.3.

Încărcarea pe osie a vehiculului, [kN]	Ponderea traficului total, [%]	Degradări provocate suprafeței de rulare [%]
< 100	80	10
100...130	12	20
> 130	8	75

Din tabelul 1.3. se constată că e scădere a ponderii traficului ,avind încărcarea pe osie mai mare de 130 kN, de 10 ori față de ponderea traficului avind încărcarea pe osie mai mică de 100 kN, provoacă degradări suprafeței de rulare de 7,5 ori mai mult.

. patul drumului înregistrează la fiecare trecere a unei încălări, o deformație permanentă în funcție de efortul vertical care îi este aplicat și capacitatea sa portantă. Acumularea acestor deformații permanente se traduce la suprafața structurii prin deformarea profilului, în special la structurile suple. Pentru celelalte tipuri de structuri, eforturile verticale transmise patului sînt suficient de reduse pentru ca deformațiile permanente să rămînă moderate ;

. structurile rutiere care au în componență straturi stabilizate cu lianți hidraulici sînt supuse la eforturi de întindere din încovoiere la baza straturilor tratate. Repetarea la fiecare trecere a acestor eforturi conduce la acumularea unor degradări datorate fenomenului de oboseală, care va provoca în timp deteriorarea structurii și apariția la suprafață a fisurilor și crăpăturilor. Acest mod de degradare prin eforturi de întindere din încovoiere este specific pentru structurile mixte;

- trecerile datorate tuturor vehiculelor determină în timp uzura îmbrăcăminților rutiere ;

- degradarea structurilor rutiere se produce mult mai rapid în cazul în care se depășește sarcina pe osie legală

În ultimii ani se constată și la noi în țară o tendință de depășire a sarcinei pe osie față de cea legală.

Suprasarcinile măresc degradările și scurtează durata de exploatare a drumurilor, așa cum reiese și din tabelul 1.4.

Influența suprasarcinilor asupra structurilor rutiere.

Tabelul 1.4.

Suprasarcină [%]	Defecțiuni		Durata de exploatare	
	R.S.B.	R.S.H.	R.S.B.	R.S.H.
10	x 1,5	x 2,6	x 0,67	x 0,38
20	x 2,0	x 6,2	x 0,50	x 0,16
30	x 2,8	x 3,8	x 0,36	x 0,07

R.S.B. - ranforsare cu straturi bituminoase.

R.S.H. - ranforsare cu straturi din agregate stabilizate cu lianți hidraulici.

- intensitatea traficului greu cu sarcină utilă mai mare de 50 kN prezintă o creștere progresivă în raport cu traficul general. Acest aspect este evidențiat în mod pregnant în țara noastră după apariția crizei energetice pe plan mondial. În sectorul autovehiculelor de transport mărfuri s-au efectuat mutații importante, prin trecerea de la producția autovehiculelor cu sarcina utilă de 30...50 kN, la producția preponderentă a vehiculelor cu sarcina utilă de 60...160 kN.

Concluzia generală este că în următorii 10 ani nu se întrevede o diminuare a acestor ritmuri de creștere și că, practic rețeaua de drumuri naționale va fi supusă rigurozității "erei traficului greu". Se evidențiază totodată, că efectele directe pe care le determină raportul dintre rezistența drumului și creșterea traficului greu sînt foarte mari, astfel :

. multiplele reparații care trebuie executate pe drumurile naționale, preiau din bugetul de întreținere a acestora o parte importantă și cu o tendință continuă de creștere ;

. există riscul degradării accentuate a unor trasee de drumuri, mai ales în perioada de îngheț-dezghet.

În aceste condiții apare ca absolut necesară adaptarea rețelei rutiere de drumuri naționale la cerințele traficului greu și în primul rînd a acelor trasee, care, atunci cînd au fost construite au au fost dimensionate pentru a suporta aceste sarcini. Se subliniază faptul că, de regulă, această adaptare trebuie făcută înainte de apariția unor degradări

60-8-1982 F

grave, asigurându-se conservarea în cât mai mare măsură a capacității portante a structurilor existente, evitându-se pe această cale costurile deosebit de mari pe care le-ar implica reconstrucția acestora.

### 1.3.1. Agresivitatea traficului greu.

Traficul greu acționează asupra structurilor rutiere provocându-le vătămări ce pot fi sintetizate /125/ astfel :

- patul drumului, respectiv stratul de formă, înregistrează, în funcție de eforturile verticale, o deformare permanentă la fiecare trecere a osiei grele. Acumularea acestor deformări permanente se traduce la suprafața îmbrăcămintei prin defecțiuni specifice. În cazul structurilor rutiere cu straturi din agregate naturale nestabilizate, deformările sînt mai mari decît în cazurile existenței în structura rutieră a unor straturi tratate cu lianți ;

- straturile rutiere realizate din mixturi asfaltice se încovoie la fiecare trecere a osiilor grele. Această încovoiere determină la baza straturilor eforturi de întindere din încovoiere, care prin acumulare provoacă oboseala straturilor și apariția fisurilor ;

- repetarea trecerii osiilor grele poate antrena și defecțiuni ale suprafeței de rulare, astfel îmbrăcămintea se poate uza și șlefui (datorită eforturilor tangențiale), pot apărea fâgășe (prin repetarea sarcinilor verticale ).

Calculul vătămarilor provocate de trecerea unei osii grele se poate face pornindu-se de la parametrii caracteristici nivelului de solicitare a structurii rutiere, astfel :

- dacă  $\sigma_t$  este efortul de întindere la baza straturilor tratate (strat de bază, îmbrăcămintă, etc.) și  $\epsilon_t$  este deformarea la nivelul patului drumului, sub osia grea, atunci se poate calcula numărul de cicluri la rupere ( $N_t$  și  $N_z$ ) cărora li se pot asocia vătămarile definite prin :

$$D_t = \frac{1}{N_t} \quad (1.3.)$$

$$D_z = \frac{1}{N_z} \quad (1.4.)$$

- agresivitatea traficului greu se calculează în Franța cu referire la osia de 130 kN /63 /. La această osie de referință se pot asocia valorile  $d_t$  și  $d_z$  ale defecțiunilor (pentru structurile tratate și patul drumului). O osie oarecare fiind caracterizată prin două valori  $D_t$  și  $D_z$  se pot introduce rapoartele :

$$\gamma_t = \frac{D_t}{d_t} ; \quad \gamma_z = \frac{D_z}{d_z} \quad (1.5.)$$

Cele două mărimi  $\gamma_z$  și  $\gamma_t$  reprezintă defecțiunile relative suferite de către patul drumului și straturile tratate (legate) datorită agresivității unei osii sau unui grup de osii grele.

Pentru a se putea efectua comparații între sarcini, se recomandă reducerea acestora la un singur parametru :

$$\gamma = F(\gamma_z, \gamma_t) \quad (1.6.)$$

Pentru simplificare și pentru faptul că dependența între cei doi parametri nu este cunoscută și variază cu starea structurii s-a ales pentru funcția  $F$ , o funcție liniară de  $\gamma_z$  și  $\gamma_t$ :

$$\gamma = a\gamma_z + b\gamma_t \quad (1.7.)$$

Coefficienții  $a$  și  $b$  sînt adaptați la fiecare tip de structură. Pentru un strat stabilizat cu lianți hidraulici, criteriul  $\gamma_t$  este preponderent deoarece defecțiunile care apar la nivelul patului drumului sînt neînsemnate ( $a = 0$  și  $b = 1$ ). În cazul unei structuri rutiere suple, criteriul  $\gamma_z$  este preponderent ( $a > b$ ).

Agresivitatea unui autovehicul greu poate fi determinată prin :

- însumarea agresivităților  $\gamma_i$  a diferitelor osii sau grupe de osii ( $\sum \gamma_i$ ) ;
- împărțirea rezultatului obținut la suma agresivităților osiilor vehiculului de referință ( $\gamma_1 + \gamma_2$ ).

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_i}{\gamma_1 + \gamma_2} \quad (1.8.)$$

Agresivitatea  $A$  permite compararea vătămării structurii rutiere la trecerea unui autovehicul greu, cu vătămarea pe care o suferă structura rutieră la trecerea autovehiculului greu de

referință. Valoarea lui A depinde de modul de alcătuire a structurii rutiere.

Literatura franceză /125/ menționează posibilitatea determinării agresivității globale a traficului. Se pornește de la faptul că pe toată durata de exploatare structurile rutiere sînt supuse acțiunii osiilor încărcate cu diverse sarcini în perioade diferite ale anilor. Pentru a calcula traficul cumulat pe care îl suportă o structură rutieră, trebuie utilizată o lege care să permită a cumula vătămările elementare, pentru a se obține un număr echivalent de osii standard "n", care să reprezinte stadiul de oboseire la care se găsește structura rutieră.

De regulă se utilizează legea lui Miner :

$$\sum n_i D_i = 1 \quad (1.9.)$$

unde :

- $D_i$  sînt vătămările elementare ocazionale de diferite osii de greutate  $P_i$  ;
- $n_i$  reprezintă numărul de treceri ale greutății  $P_i$  pe timpul duratei considerate .

Dacă se înlocuiesc în această expresie vătămările  $D_i$  prin:

$$D_i = d \left( \frac{P_i}{130} \right)^{\frac{1}{5}} \quad \text{pentru osii izolate ; (1.10.)}$$

$$D_i = d \left( \frac{P_i}{130} \right)^{\frac{1}{5}} K \quad \text{K pentru osii tandem și tridem (1.11.)}$$

unde "d" reprezintă vătămarea ocazională de osia standard (130 kN). Se deduce că în cazul ruperii :

$$\sum_i n_i \left( \frac{P_i}{130} \right)^{\frac{1}{5}} \cdot d + \sum_j n_j \left( \frac{P_j}{130} \right)^{\frac{1}{5}} \cdot d \cdot K = 1 \quad (1.12.)$$

iar numărul echivalenței de osii standard (130 kN),  $n_{ech}$  se poate calcula :

$$n_{ech} = \frac{1}{d} = \sum_i n_i \left( \frac{P_i}{130} \right)^{\frac{1}{5}} + K \sum_j n_j \left( \frac{P_j}{130} \right)^{\frac{1}{5}} \quad (1.13.)$$

În practică se calculează echivalența osiilor izolate ( $e_1$ ) cu osiile tandem ( $e_t$ ).

$$e_1 = \sum_i n_i \left( \frac{P_i}{130} \right)^{\frac{1}{5}} \quad (1.14.)$$

$$e_t = K \sum_j n_j \left( \frac{P_j}{130} \right)^{\frac{1}{b}} \quad (1.15.)$$

Valorile lui  $\frac{1}{b}$  sînt variabile în funcție de structurile rutiere, astfel :

$\frac{1}{b} = 12$ , pentru structuri rutiere în alcătuirea cărora intră straturi din agregate naturale stabilizate cu lianță hidraulică ;

$\frac{1}{b} = 4$ , pentru structuri rutiere suplă.

K variază în funcție de rigiditatea structurilor rutiere și de distanța dintre osii ( K = 12 pentru structuri rutiere mixte ; K = 1 pentru structuri rutiere suplă).

Se calculează apoi agresivitatea medie a unui autovehicul greu luînd în considerare numărul mediu de osii a autovehiculului greu :

$$e = n_1 e_1 + n_t e_t \quad (1.16.)$$

Acest calcul se face pentru diverse structuri rutiere.

Se subliniază faptul că structurile rutiere în alcătuirea cărora sînt straturi din agregate naturale stabilizate cu lianță hidraulică sînt deosebit de sensibile la acțiunea traficului foarte greu, degradîndu-se succesiv atunci cînd sînt supuse circulației autovehiculelor cu suprasarcini.

### 1.3.2. Dinamica traficului rutier în cadrul Direcției Regionale de Drumuri și Poduri Timișoara (D.R.D.P.).

Pentru a se putea analiza nivelul de solicitare a rețelei de drumuri naționale din cadrul D.R.D.P. Timișoara, în cele ce urmează se prezintă datele referitoare la evoluția traficului pe această rețea.

Din analiza dinamicii evoluției circulației rutiere rezultă că, în perioada 1960...1980 volumul anual al circulației a crescut pe rețeaua de drumuri naționale de 6 ori pentru întreaga circulație rutieră, iar în perioada 1980...1989 se observă o scădere de 1,2 ori în 1985 și o revenire în anul 1989 la nivelul anului 1980. Pentru autoturisme, volumul anual al circulației a crescut de 11,3 ori în perioada 1960...1980, iar în perioada 1980...1985 a scăzut de 1,6 ori, urmată de o ușoară

creștere ( 1,2 ori ) în perioada 1985...1989, conform graficului din figura 1.9.

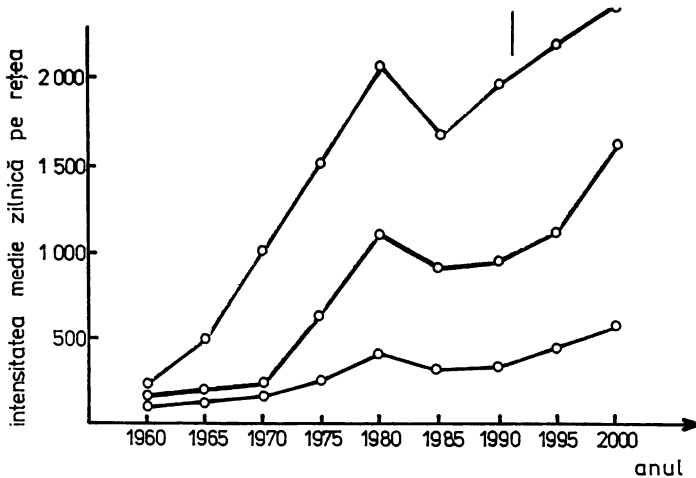


Fig.1.9.Evoluția traficului rutier pe drumurile naționale din sud-vestul țării.

Pentru perioada prognozată 1990...2000 se prevede o creștere semnificativă a traficului total autovehicule, evidențiat prin faptul că M.Z.A. în anul 2000 ajunge la 2 692 autovehicule față de 1 677 în anul 1985, reprezentând o creștere de 63 %. O creștere mai semnificativă pentru perioada menționată o prezintă M.Z.A. autoturisme.

În ultimii ani ponderea traficului de autoturisme și de autovehicule foarte grele din traficul total este în continuă creștere, fapt ce reiese și din tabelul 1.5.

Creșterea traficului în timp

Tabelul 1.5.

Tipul autovehiculelor	U.M.	Anul		
		1980	1985	1989
Autoturisme și autoutilitare	%	44	50	54
Autovehiculul cu sarcina peste 50 kN	%	16	18	21

Analizând tabelul de mai sus rezultă că numărul autovehiculelor grele și foarte grele a crescut în perioada 1980...1989 cu 5 % din numărul total de vehicule fizice.

Pentru o explicitare mai bună a prognozei de trafic

în perioada analizată, în figura 1.10. se prezintă prognoza evoluției traficului M.Z.A., pe categorii de vehicule, în perioada 1990...2000, în funcție de

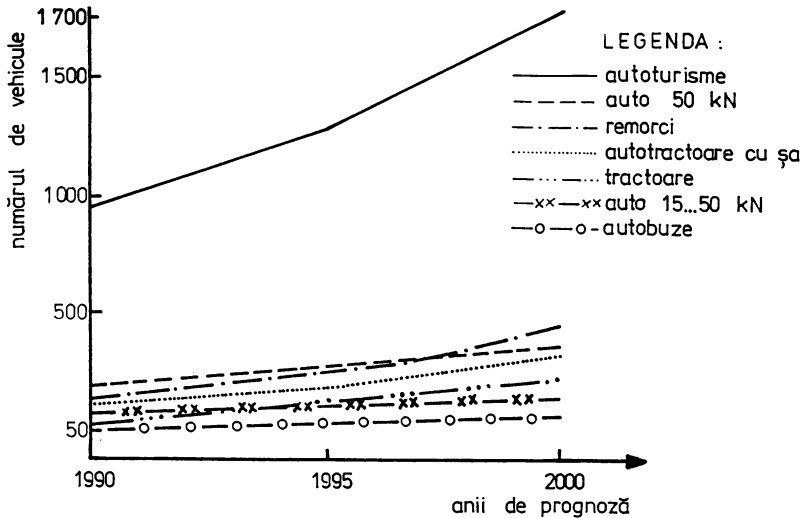


Fig.1.10.Evoluția traficului M.Z.A. pe drumurile din administrația D.R.D.P. Timișoara, pe categorii de vehicule.

Analizând datele prezentate în fig.1.10 se pot trage următoarele concluzii :

- traficul de autoturisme își menține în continuare tendința de creștere, ajungând în anul 2000 ea intensitatea medie zilnică a acestei categorii de vehicul să fie mai mare, de aproape 2 ori față de anul 1990 ;

- intensitatea traficului de autovehicule mai mici de 50 kN și mai mari de 50 kN capacitate, se prognozează pînă în anul 2000, o ușoară creștere. Trebuie menționat că în structura categoriei de vehicul cu capacitatea mai mare de 50 kN, agresivitatea traficului crește mult mai rapid în aceeași perioadă.

Pentru celelalte categorii de vehicule, autobuze, tractoare, remorci, autotractoare cu șa, se prognozează o ușoară creștere pînă în anul 2000.

Din datele prezentate rezultă că, atîta timp cît economia țării se dezvoltă în ritm susținut, ea atrage implicit dezvoltarea transporturilor, în mod special a transporturilor auto.



Volumul mărfurilor transportate cu mijloace auto a crescut de la 2,7 % în 1950 la peste 86 % în anul 1988, din totalul mărfurilor transportate /171/. Deci, se impun măsuri pentru modernizarea rețelei rutiere și menținerea celei existente într-o stare de viabilitate corespunzătoare.

### 1.3.3. Depistarea traficului greu prin utilizarea stațiilor de cîntărire electronice la punctele de frontieră.

Studiile de trafic efectuate în partea de sud-vest a țării au scos în evidență faptul că traficul internațional se concentrează pe trasee care leagă frontiera de vest cu cea de sud, prin punctele de trecere a frontierei de la Nădlao, Vârșand și Moravița.

De asemenea, a rezultat că traficul internațional al autovehiculelor de marfă se compune cu preponderență din autotractoare cu șa sau autocisterne de mare capacitate, din care circa 8 % depășesc tonajul maxim legal admis, pe osie, pe drumurile deschise traficului internațional ( 100 kN pe osia simplă și 160 kN pe osia dublă ).

Cooperarea economică internațională corelată cu creșterea impetuasă a traficului rutier, în special a traficului greu de marfă, a impus necesitatea adoptării și în cadrul administrației rutiere, din țara noastră, a unor măsuri de conservare a rețelei rutiere și dirijarea traficului greu pe anumite trasee destinate transportului european de mărfuri.

În scopul depistării sarcinilor reale pe osii și total autovehicule, încă din anul 1985 la punctele mai importante de frontieră s-au înlocuit vechile cîntare basculă, cu care se făceau cîntăririle statice, amenajîndu-se stații noi pentru cîntărirea din mers a autovehiculelor de marfă, aflate în trafic internațional.

Începînd cu anul 1987 Direcția Regională Drumuri și Poduri (D.R.D.P.) Timișoara are în administrare trei astfel de stații de cîntărire la punctele de frontieră Nădlao, pe D.N.7, Vârșand pe D.N.79 A și Moravița pe D.N.59.

Instalațiile electronice ale stațiilor de cîntărire, au fost asimilate și realizate la noi în țară de către ISAF București.

Stațiile de cîntărire sînt amplasate de regulă pe sensul de intrare în țară, în punctele de trecere ale frontierei, pentru cîntărirea din mers și verificarea gabaritelor la autovehiculele de marfă aflate în trafic internațional.

O stație de cîntărire se compune în principal din :

- platformă din beton de ciment;
- instalație pentru determinarea supraîncărcării autovehiculelor ;
- clădire cu toate instalațiile necesare ;
- instalații și dispozitive anexe ( macara pivotantă, semnalizare rutieră specifică, instrumente pentru măsurarea gabaritelor, etc. ).

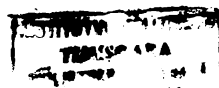
Pe platforma din beton de ciment, avînd lățimea unei benzi de circulație cu o lungime de 30 m și perfect orizontală, are loc cîntărirea autovehiculelor în mers, prin trecerea succesivă a tuturor osiilor peste platforma metalică a instalației, care este amplasată la mijlocul platformei din beton. Sarcinile osiilor în momentul trecerii lor peste platforma metalică sînt înregistrate automat prin intermediul a patru doze tensiometrice de forță, amplasate sub colțurile platformei metalice, într-o cuvă special amenajată, doze a căror conexiune electrică asigură însumarea semnalelor de greutate convertite în semnale electrice și transmiterea semnalului rezultat la unitatea de prelucrare.

Unitatea de prelucrare aflată în camera de lucru se compune dintr-un minicalculator care prelucrează datele și le afișează pe ecranul unui monitor T.V., iar pe o imprimantă se tipăresc datele asupra autovehiculului cîntărit.

Stația de cîntărire funcționează fără întreruperi în tot timpul anului și este servită de cîte două persoane instruite în acest scop, în fiecare schimb.

În ultimii trei ani de exploatare concomitentă a stațiilor de cîntărire amplasate pe teritoriul D.R.D.P.Timișoara, s-au efectuat 87 450 verificări ale autovehiculelor grele de marfă, străine, care au intrat în țară prin punctele de trecere a frontierei de la Nădlac, Vârșand și Moravița. Rezultatele sînt prezentate centralizat în tabelul 1.6.

De asemenea, sintetizînd situațiile în care autovehiculele au avut sarcina pe osia simplă mai mare de 100 kN, au rezultat numărul de autovehicule pe trepte de încărcare, așa cum se prezintă în tabelul 1.7. .



## Eficiența stațiilor de cîntărire.

Tabelul 1.6.

Stația de cîntărire	Anul	Autovehicule			Valută încasată		Total lei
		Verifică- cate	Tonaaj depă- șit	Gaba- rit depă- șit	Vest dolari	Est ruble	
Nădlao	1988	13 592	2 860	162	30 799	760 799	6 959 913
	1989	18 416	2 348	274	44 612	1 057 799	9 714 800
	1990	23 719	1 174	100	56 184	310 678	4 552 917
Vârșand	1988	6 993	76	32	36 059	31 027	1 013 321
	1989	8 524	74	23	62 049	61 672	1 812 425
	1990	11 126	220	10	20 612	56 768	1 195 480
Moravița	1988	1 060	30	-	4 110	-	86 146
	1989	1 796	47	4	2 661	1 075	64 697
	1990	2 254	52	3	9 385	331	332 536
Total	1988	21 645	2 966	194	70 968	791 794	8 059 380
	1989	28 736	2 569	290	109 332	1 120 546	11 591 922
	1990	37 069	1 454	113	86 181	367 775	6 080 932

## Vehicule pe trepte de încărcare în funcție de depășirea sarcinii pe osia simplă.

Tabelul 1.7.

Sarcina pe osia simplă [t]	100	111	121	131	141	151	161
	110	120	130	140	150	160	170
Număr vehicule, [%]	60	24	7	4	1	2	2

Analizînd rezultatele prezentate în tabelele 1.6. și 1.7. se pot desprinde următoarele aspecte referitoare la eficiența stațiilor de cîntărire :

- activitatea cea mai eficientă se desfășoară în punctul de frontieră Nădlao, unde din totalul de autovehicule de marfă verificate anual, între 5...23 % au fost taxate ;

- la toate stațiile de cîntărire, dintre autovehiculele taxate, 90...94 % au fost taxate pentru depășirea tonajului și numai 6...10 % pentru depășirea gabaritului ;

- valorile financiare investite la construcția stațiilor de cîntărire, precum și pentru achiziționarea aparaturii electronice, au fost amortizate la mai puțin de un an de la darea în exploatare a acestora, toate stațiile lucrînd în prezent cu beneficii rezultate din sumele de valută încasate de agențiile "ROMTRANS", care sînt vîrsate la bugetul statului. În ultimii trei ani s-au încasat 266 481 dolari și 2 280 115

ruble, ceea ce echivalează cu 25 732 234 lei.

Avînd în vedere taxele percepute pentru depășirea tonajului pe osia sau pe total autovehicul, se constată, în general, o scădere anuală a sperurilor de încărcare și a numărului de autovehicule se depășesc limitele de tonaj maxim admis, lucru care satisface organele de administrare a drumurilor din țara noastră.

#### 1.4. STUDII ȘI EXPERIMENTĂRI EFECTUATE PRIVIND INFLUENȚA ELEMENTELOR GEOMETRICE ȘI A STĂRII TEHNICE A DRUMURILOR ASUPRA CONSUMULUI DE CARBURANȚI.

În vederea stabilirii influenței elementelor geometrice și a stării tehnice a drumurilor asupra consumului de carburanți, autorul a efectuat măsurători, privind consumul de carburanți, pe autovehiculele grele și ușoare, în funcție de starea tehnică a drumului și a elementelor geometrice /155/.

Pentru experimentări s-au ales următoarele sectoare de drum:

- D.N.7 (drumul național), km 394 + 257...404 + 500, Deva - Ilia ;
- D.N.68 A, km 53 + 000...58 + 100, Coșevița - Ohaba;
- D.J.135 (drumul județean), km 1 + 100...6 + 100, Dobra - Roșcani ;
- D.C. (drumul comunal ) Ilia - gară.

Sectoarele de drum, pe care s-au făcut experimentările, sînt prezentate în figura 1.11.

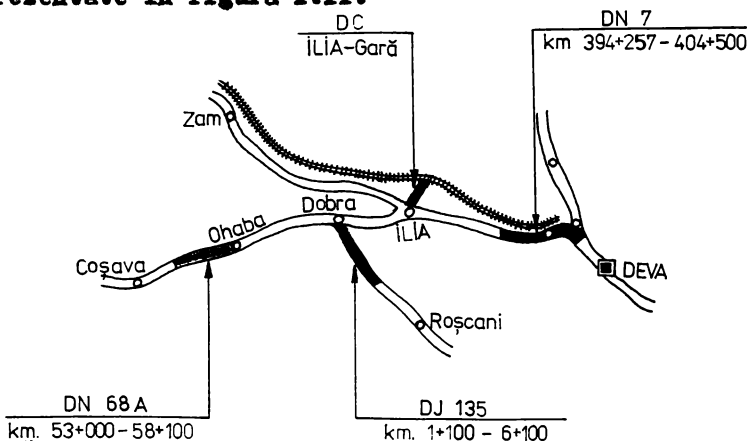


Fig.1.11.Sectoarele de drum pentru experimentări.

Caracteristicile pe care le reprezintă aceste sectoare sînt următoarele :

- sectorul de drum de pe D.N.7, km 394.+ 257...404 + 500, este la ieşire din Deva spre Ilia, are o îmbrăcăminte bituminoasă cu o suprafaţă de rulare bună. Sectorul luat în studiu are o lungime de 10,243 km şi prezintă rampe şi pante între 4,0...6,83 %, un număr de 9 curbe cu raze mai mari de 500 m, un sector de 4 km cu tratament bituminos, executat pe îmbrăcămintea existentă. Traficul mediu zilnic în anul 1990 era de  $2\ 870$  vehicule fizice, din care traficul greu de  $345$  vehicule fizice.

- pe D.N.68 A, km 53 + 000...58 + 100, între Coşeviţa şi Ohaba, măsurătorile s-au efectuat pe un sector de drum avînd o lungime de 1 300 m, o îmbrăcăminte din beton de ciment acoperită cu un tratament bituminos dublu invers. Sectorul cuprinde 7 curbe, din care două sînt deosebit de periculoase cu raze de 20 m şi alte două curbe cu raze de 70 şi 75 m. De asemenea, sectorul, pe care s-au făcut studiile, prezintă declivităţi cu valori între 3,0...6,24 %. Traficul mediu zilnic a fost de  $2\ 060$  vehicule fizice.

- D.J.135, km 1 + 100...6 + 100, Dobra - Roşcani, este un drum judeţean, pietruit, cu o viabilitate corespunzătoare. Sectorul are 9 curbe cu raze între 200...500 m şi declivităţi între 1...4 %. Pe acest drum se asigură transportul forestier şi local;

- drumul comunal Ilia - gară, care face legătura între centrul comunei şi staţia de cale ferată Ilia, are o îmbrăcăminte bituminoasă, cu o viabilitate necorespunzătoare, avînd defecţiuni sub formă de gropi, peladă, care îngreunează desfăşurarea corespunzătoare a circulaţiei. Pe acest drum se asigură transportul locuitorilor din localitatea Ilia la gară, precum şi transportul balastului extras din albia râului Mureş.

Pe cele patru sectoare de drum, prezentate anterior, s-au efectuat măsurători asupra consumului de carburanţi, atît pentru autovehiculele grele, de tipul Roman Diessel 19 256, de 160 kN capacitate utilă, cît şi pentru autovehiculele uşoare de tipul Dacia 1 302, amenajată pentru transport persoane.

Cele două vehicule, asupra cărora s-au făcut experimentările, sînt în dotarea Secţiei de drumuri naţionale Deva. Menţionez că autobasculanta de 160 kN era nouă, primită prin

dotare de aproape o lună, iar Dacia 1 302 avea o vechime de 7 ani, dar bine întreținută și motorul funcționând corespunzător.

Conform cărții tehnice de fabricație a celor două tipuri de autovehicule, pentru autobasculanta de 160 kN consumul normat de carburant este de 41,5 L/100 km, iar pentru Dacia 1 302 consumul normat este de 9,2 L/100 km.

Pentru a cunoaște consumul real de carburant a celor două autovehicule s-a trecut la etalonarea lor cu ajutorul unui litometru cehoslovac, de tipul MOTEX 7 531. Aparatul are o capacitate de 1,5 L carburant și poate fi alimentat cu carburant direct de la motor prin intermediul unui robinet ce asigură închiderea și deschiderea circuitului.

Etalonarea autobasculantei de 160 kN s-a făcut astfel:

- s-a montat aparatul în cabină, punându-se în legătură directă cu motorul ;

- s-a parcurs un traseu, între Mintia și Ilia, pe o lungime de 5 km dus și întors.

În urma măsurătorilor efectuate, a rezultat că autobasculanta de 160 kN are un consum real de carburant de 42,5 L/100 km, cu un L mai mult față de consumul normat.

Pentru Dacia 1 302 s-a efectuat etalonarea pe același traseu și în aceleași condiții, rezultând un consum real de carburant de 9,5 L/100 km, cu 0,3 L/100 km mai mult decât consumul normat de combustibil, care era de 9,2 L/100 km.

De menționat că autobasculanta a fost etalonată atât la parcursul în gol, fără încărcătură, unde s-a obținut un consum real de carburant de 34,5 L/100 km, față de consumul normat de carburant de 33,5 L/100 km, cât și cu încărcătură utilă de 130 kN obținându-se un consum real de 50,5 L/100 km față de 49,5 L/100 km, cât reprezintă consumul normat.

Cunoscând consumul real de carburant pentru cele două autovehicule, s-a trecut la efectuarea măsurătorilor pe secțiunile de drum luate în studiu.

#### 1.4.1. Consumul de carburant pentru autovehiculul greu.

Traseul pe care s-au efectuat măsurătorile are o lungime de 10 243 m, situat între Deva și Ilia, figura 1.12. și cuprinde tronsoane cu pantă longitudinală de 6,83; 4,5; 4 %, precum și trei sectoare în palier, cu un număr de 9 curbe cu raze mai mari

de 110 m. Rezultatele obținute în urma măsurărilor efectuate se prezintă astfel:

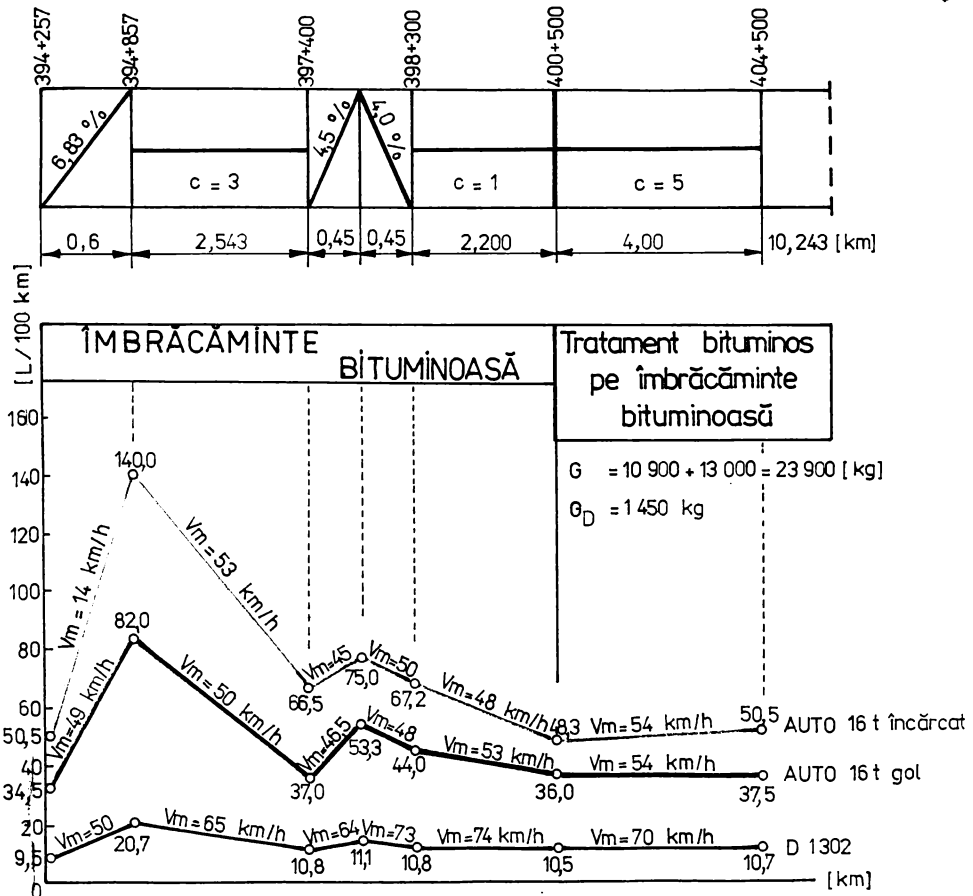


Fig.1.12. Consumul de carburant pentru autovehiculele grele și ușoare pe un drum modernizat.

pe tronsonul de drum de 600 m, cu rampă de 6,83 %, autovehiculul de 160 kN la mersul în gol a consumat 82 L/100 km, iar la mersul cu încărcătură a consumat 140 L/100 km, cu 89,5 L/100 km mai mult decât consumul real de carburant. S-a constatat că de la mersul în gol la mersul cu încărcătură consumul de carburant a crescut cu 58 L/100 km, pentru o încărcătură utilă de 130 kN;

pe tronsonul de drum de 2 543 m, în palier, cu trei curbe, consumul de carburant a fost de 37 L/100 km la mersul în gol, iar cu încărcătură de 66,5 L/100 km, deci o creștere cu 29,5 L/100 km, de la gol la încărcat;

- pe tronsonul de drum de 900 m cu rampă de 4,5 % și pantă de 4 % s-a constatat că la urcare autobasculanta ~~pe~~ încărcătură a consumat 53,3 L/100 km la mersul în gol, iar la coborîrea pantei a consumat 44,0 L/100 km. Pe același traseu, dar autobasculanta fiind cu încărcătură consumul de carburant a fost de 75 L/100 km în rampă și de 67,2 L/100 km în pantă;

- pe tronsonul de drum de 2 200 m, în palier, consumul de carburant, pentru autobasculanta de 160 kN, a fost de 36 L/100 km la mersul în gol și de 48,33 L/100 km la mersul cu încărcătură, cu 12,33 L/100 km mai mult la mersul cu încărcătură decît la mersul în gol;

- pe tronsonul de drum de 4 000 m, în palier, cu tratament bituminos, consumul de carburant pentru autovehiculul greu a crescut cu 13 L/100 km între gol și încărcat, fiind cu 0,7 L/100 km mai mare decît în cazul sectorului anterior, datorită rugozității îmbrăcămintei \*

#### 1.4.2. Consumul de carburant pentru autovehiculul ușor.

Măsurătorile efectuate asupra consumului de carburant pe autoturismul Dacia 1 302, care s-a parcurs același traseu ca și autovehiculul greu, au condus la următoarele concluzii :

- pe sectorul de drum de 600 m cu rampă de 6,83 %, consumul a crescut de la 9,5 L/100 km, cît era consumul real, la 20,7 L/100 km, adică o creștere cu 10,2 L/100 km;

- pe următorul sector, în palier, consumul de carburant a scăzut de la 20,7 L/100 km la 10,8 L/100 km;

- pe sectorul de drum cu rampă de 4,5 %, consumul a crescut la 11,1 L/100 km ;

- pe sectoarele în palier consumul de carburant variază între 10,5 și 10,8 L/100 km, la o viteză medie de 70 km/h.

Din experimentările efectuate rezultă că, pentru rampele mai mari de 5 % consumul de carburant prezintă o creștere semnificativă.

#### 1.4.3. Consumul de carburant pentru autovehicule în rampă.

Al doilea sector de drum luat în studiu, a fost D.N. 68 A, km 56 + 800...50 + 100, între Coșevița și Ohaba,



un drum în rampă ( figura 1.13. ), cu două curbe deosebit de periculoase, care pune probleme de îndemînare conducătorului auto.

Pentru autovehiculul de tip greu, care a parcurs sectorul de drum menționat, consumul de carburant a ajuns la 65 L/100 km, autovehiculul fiind fără încărcătură, iar cu încărcătură a consumat 119,2 L/100 km. Rezultă că, de la mersul în gol la mersul cu încărcătură, consumul de carburant a crescut aproape dublu.

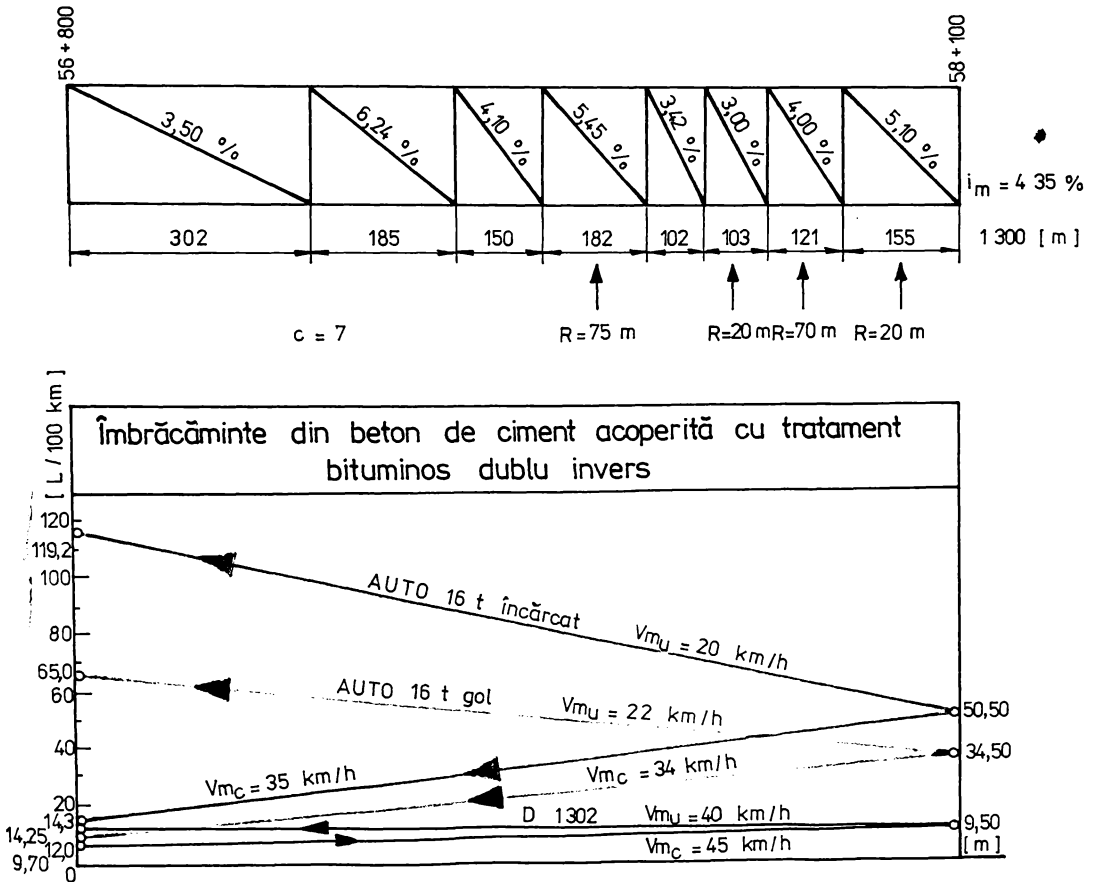


Fig.1.13. Consumul de carburant pentru autovehiculele ușoare și grele pe un drum în rampă.

De remarcă că, la coborîre consumul de carburant a scăzut foarte mult ajungînd la 14,3 L/100 km, la mersul cu încărcătură, respectiv la 12,0 L/100 km la mersul în gol.

Pentru autoturismul Dacia 1 302 consumul de carburant la mersul în rampă, pe traseul menționat mai înainte, a fost de 14,25 L/100 km, iar la coborire de 9,7 L/100 km,

#### 1.4.4. Consumul de carburant pe un drum pietruit.

Pentru a determina consumul de carburant al autovehiculelor pe un drum pietruit, s-a ales drumul județean nr.135 între Dobra și Roșeani, care este un drum pietruit, cu un trafic local și forestier.

În urma măsurărilor efectuate a rezultat un consum de carburant de 42,5 L/100 km pentru autobasculanta de 160 kW la mersul în gol, iar la mersul cu încărcătură consumul de carburant a crescut la 62,5 L/100 km. Viteza medie de mers a fost de 17 km/h.

Pe același sector de drum s-au efectuat măsurători asupra consumului de carburant pentru autoturismul Dacia 1 302, rezultând un consum de 10,63 L/100 km, față de 9,5 L/100 km consumul determinat, la o viteză medie de 18 km/h. Deci, consumul de carburant a crescut cu 1,13 L/100 km pentru autoturism și cu 8 L/100 km pentru autovehiculul greu la parcurșul în gol, iar cu încărcătură a crescut cu 12 L/100 km, față de consumul real determinat.

#### 1.4.5. Influența unui drum modernizat cu degradări asupra consumului de carburant.

Experimentările le-am efectuat pe drumul comunal din ILIA, drum ce face legătura cu gara. Drumul are o înbrăcămintă bituminosă prezentând degradări sub formă de gropi, 6 % din întregă suprafață.

La parcurșerea sectorului de drum cu autobasculanta de 160 kW, fără încărcătură, consumul de carburant a fost de 43,3 L/100 km, iar cu încărcătură consumul de carburant a crescut la 62,0 L/100 km, deci, față de consumul real determinat, s-a înregistrat o creștere cu 8,8...11,5 L/100 km mai mare. Autobasculanta a mers cu o viteză medie de 33 km/h.

Pe același traseu, autoturismul Dacia 1 302 a consumat 10,7 L/100 km, la viteza medie de 55 km/h, rezultând o creștere a consumului de carburant cu 1,2 L/100 km față de consumul real.

Din cele prezentate rezultă că, datorită degradărilor din îmbrăcămintea bituminoasă, consumul de carburant crește, aspect ce trebuie luat în considerare de toți factorii răspunzători de întreținerea și repararea drumurilor.

1.4.6. Studiu privind evitarea unui centru de aglomerație.

Studiul l-am efectuat pe D.N.7, în localitatea Orăştie, unde drumul național traversează centrul orașului, având o curbă deosebit de periculoasă, și pe o variantă care elimină centrul aglomerat al orașului, precum și curba deosebit de periculoasă.

Datele privind caracteristicile celor două variante, precum și consumul de carburant pentru autovehiculul greu și ușor, sînt prezentate în tabelul 1.8.

Consumul de carburant al autovehiculelor pe cele două variante.

Tabelul 1.8.

Caracteristicile drumului	Varianta veche	Varianta nouă
Lungimea sectorului, în m	900	700
Lățimea sectorului, în m	3 x 2 benzi	3 x 4 benzi
Declivitatea medie, %	1,6	0,5
Viteza medie a autovehiculului ușor, km/h	40	50
Consumul vehiculului ușor L/100 km	14,4	12,5
Consumul vehiculului ușor pe parcurs, L	0,130	0,0875
Viteza medie a autovehiculului greu, km/h	35	40
Consumul vehiculului greu L/100 km	46,15	42,5
Consumul vehiculului greu pe parcurs, L	0,515	0,297
Consum anual total pe parcurs, în L	231 523	145 609

Din datele prezentate în tabelul 1.8. rezultă ameliorările aduse prin amenajarea noii variante, care constau în :

- eliminarea unui punct periculos;
- lărgirea părții carosabile;
- reducerea lungimii de parcurs;

- reducerea consumului de carburant.

Cunoscând că traficul mediu zilnic în anul 1989 a fost de 3 209 vehicule fizice, din care 564 vehicule grele, a rezultat o economie de carburant de 85 914 L/an, prin construcția noii variante.

#### 1.4.7. Concluzii reieșite din experimentările efectuate.

Verificarea unor sectoare de drum sub aspectul consumului de carburant, influențat de elementele geometrice și starea tehnică a drumului, a condus la următoarele concluzii:

- autovehiculele supuse experimentului, unul de tip greu și altul ușor, au fost verificate asupra consumului de carburant real și comparat cu cel normat. Autovehiculul Roman Diessel, de 160 kW, a avut un consum de carburant de 42,5 L/100 km față de 41,5 L/100 km consumul normat, iar la Dacia 1 302 consumul real a fost de 9,5 L/100 km față de 9,2 L/100 km consumul normat. Calculul consumului suplimentar de carburant s-a efectuat față de consumul real determinat al autovehiculelor supuse experimentului;

- parcursul autovehiculului greu în rampă de 4,3...6,8 % a dus la obținerea unui consum de carburant mai mare cu 88,4...137,7 %, fiind a fost gol, iar cu încărcătură consumul de carburant a crescut cu 136...177,2 %, față de consumul real determinat;

- în pantă, parcurgând același traseu, consumul de carburant a scăzut ajungând la 14,2 L/100 km ;

- la parcursul în palier al autovehiculului greu cu încărcătură consumul de carburant a fost cu 35,6 % mai mare decât la mersul în gol;

- pentru autovehiculul ușor de tipul Dacia 1 302, efectuând același parcurs ca și autovehiculul greu, s-au obținut următoarele consumuri de carburanți, față de consumul real :

- în rampă de 4,3...6,8 % un consum sporit cu 50... ..117,8 %;

- în pantă de 4,3...6,8 % consumul de carburant se menține la nivelul consumului real, de 9,5 L/100 km;

Rezultatele obținute experimental, privind consumul de carburanți al autovehiculelor în funcție de elementele geome-

trice, sînt prezentate în tabelul 1.9.

**Consumul de carburanți pe un drum cu declivități. Tabel 1.9.**

Tipul autovehiculului	Consumul de carburant l/100 km			Consumul suplimentar în rampă față de consumul real.	
	mor- mat	Real	în rampă de 4,3...6,8 %	l/100 km	%
autobasculanta de 160 kN:					
-cu încărcătură	49,5	50,5	119,2...140,6	68,7...89,5	136...172
-fără încărcă- tură	33,5	34,5	65,0...82,0	30,5...47,5	88...138
Media	41,5	42,5	92,1...111,0	49,6...68,5	112...157
Dacia 1 302 cu trei persoane	9,2	9,5	14,3...20,7	4,7...11,2	50...118

Analizînd datele prezentate în tabelul 1.9. se constată că elementele geometrice ale drumului influențează consumul de carburant al autovehiculului, rezultînd un consum suplimentar de carburant, față de consumul real.

Avînd în vedere rezultatele obținute, autorul a calculat indicii de creștere ai consumului de carburant pentru autobasculanta de 160 kN, tabelul 1.10., în funcție de declivitate.

**Indicii de creștere a consumului de carburant  
în funcție de declivitate.**

Felul traseului	Tabelul 1.10									
	0 %	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %	8 %	9 %
în rampă	1	1,27	1,56	1,92	2,29	2,67	2,91	3,42	3,92	4,36
în pantă	1	0,76	0,50	0,39	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
în ambele sensuri	1	1,02	1,03	1,16	1,31	1,50	1,61	1,81	2,11	2,33

Indicii calculați și prezentați în tabelul 1.10. au fost transpuși grafic, conform figurii 1.14..

Din figura 1.14. se constată o creștere însemnată a consumului de carburant pentru declivități mai mari de 5 %.

Determinînd consumul de carburant pe un drum pietruit față de un drum modernizat, bine întreținut, au rezultat următoarele consumuri sporite:

- la autovehiculul greu fără încărcătură consumul de carburant a crescut cu 23,2 %;
- la autovehiculul greu cu încărcătură, consumul de car-

burant a crescut cu 23,7 %;

- la autoturismul Dacia 1 302 s-a obținut un consum cu 11,8 % mai mare față de consumul real.

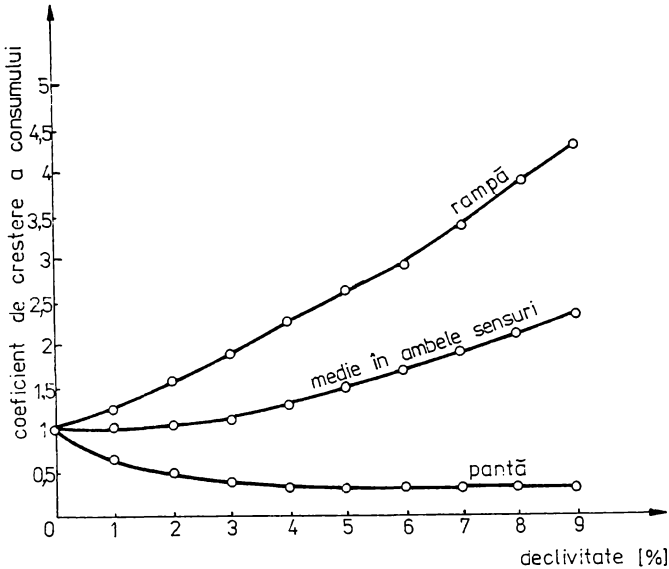


Fig. 1.14. Influența declivității drumului asupra consumului de carburant.

Un drum modernizat cu degradări, sub formă de gropi, 6 % din total suprafață, a influențat consumul de carburant al autovehiculului, sporindu-l față de consumul real, astfel :

- autovehiculul greu, fără încărcătură, a consumat cu 25,5 % mai mult ;

- autovehiculul greu, cu încărcătură a consumat cu 22,7 % mai mult față de consumul de carburant real ;

- autoturismul a avut un consum suplimentar de 12,6 %.

Rezultatele obținute, în urma măsurărilor privind consumul de carburant în funcție de starea de viabilitate a rețelei rutiere, sînt sintetizate și prezentate în tabelul 1.11.

Consumul de carburant în funcție de starea de viabilitate a drumului.

Tabelul 1.11.

Tipul autovehiculului	Consumul de carburant			Consumul de carburant suplimentar	
	pe un drum pietruit L/100 km	pe un drum modernizat cu degradări L/100 km	pe un drum cu stare de viabilitate bună L/100 km	pe un drum pietruit	pe un drum modernizat cu degrad.
0	1	2	3	4	5

0	1	2	3	4	5
Autobasculanta de 160 kN:					
- fără încărcătură	42,5	43,3	34,5	23,2	25,5
- cu încărcătură	62,5	62,0	50,5	23,7	22,7
Media	52,5	52,6	42,5	23,5	24,1
Dacia 1 302	10,63	10,7	9,5	11,8	12,6

Din datele prezentate în tabelul 1.11. se constată că pe un drum modernizat întreținut necorespunzător, care prezintă degradări, consumul de carburant pentru autobasculanta de 160 kN este cu aproximativ 24 % mai mare decât consumul normat, iar pentru Dacia 1 302 cu 12 % mai mare, rezultând același consum de carburant ca și pe drumurile pietruite.

Din cele prezentate se poate trage concluzia că, este deosebit de important cunoașterea influenței elementelor geometrice ale drumului asupra consumului de carburant, pentru ea specialiștii de drumuri, proiectanții și constructorii să intervină în vederea realizării unor lucrări de drumuri care să conducă la consumuri cât mai mici de carburanți.

De asemenea, se reține importanța întreținerii drumurilor, intervenția operativă de a repara suprafața părții carosabile, în scopul de a avea o viabilitate bună, ducând astfel la reducerea consumului suplimentar de carburant și totodată, la creșterea confortului și siguranței circulației, precum și la îmbunătățirea calității vieții.

Rezultă deci, că o abordare sistematică a gestiunii drumurilor este necesară pentru a furniza informații referitoare la starea actuală a drumurilor și evoluția lor, precum și proceduri sistematice pentru evaluarea opțiunilor de reparație a suprafeței și întreținerea ei, ținând cont de restricțiile economice și de exigențele sociale. Utilizând o abordare sistematică bazată pe date obiective, este mai ușor de a folosi, într-o manieră opțională, resursele disponibile. Acest lucru va permite reducerea cheltuielilor de funcționare ale autovehiculelor și a cheltuielilor unitare de reparație a drumurilor. Numeroase administrații / 113 / de drumuri utilizează astăzi metode sistematice și chiar obiective uneori, pentru a determina starea drumurilor și prognozele de întreținere, ținând cont de bugetul disponibil.

1.5. CALCULUL CONSUMULUI DE CARBURANT PE REȚEAUA  
DE DRUMURI DIN SUD - VESTUL ȚĂRII, ȚINÎND  
SEAMA DE CATEGORIA DRUMULUI.

În conformitate cu ordinul Ministerului Transporturilor și Telecomunicațiilor ( M.T.Tc. ) nr.1 809/1974, completat cu încă două ordine, consumul de carburant pentru autoturisme și pentru un autovehicul mediu de transport marfă, de 50 kW, se determină cu relația :

$$C_m = \frac{P_e}{100} \times C_m \times (1 + K \times C_{uP_s}) \times A + Q \quad ( 1.17 )$$

în care :

$P_e$  este parcursul echivalent în km ;

$C_m$  - consumul mediu de carburant, în L/100 km echivalenți ;

$K$  - coeficient de corecție al consumului pentru parcursul cu încărcătură ;

$C_{uP_s}$  - coeficient de utilizare a parcursului ;

$A$  - coeficient de corecție al consumului ținînd seama de anotimp.

Parcursul echivalent se calculează cu relația :

$$P_e = P_1 \times D_1 + T + U + I, \text{ în km echivalenți } ( 1.18. )$$

în care:

$P_1$  este parcursul efectiv pentru o categorie de drum, în km ;

$D_1$  - coeficientul de drum pentru o categorie de drum, unde "i" este categoria drumului (  $i = 1 \dots 6$  ).

Pentru coeficientul  $D_1$  s-au luat în considerare valorile:

$D_1 = 0,9$ , pentru drumuri de categoria I ( M ), (betoane de ciment, betoane asfaltice, macadam cu tratament dublu, balast bitumat, toate în stare bună ) ;

$D_2 = 1,0$ , pentru drumuri de categoria II ( K ), (drumuri pavate, macadam, pietruiri în stare bună ) ;

$D_3 = 1,1$  pentru drumuri de categoria III ( T ), (drumuri modernizate, macadamuri, pietruiri, în stare mediocră, ce impun schimbări de viteză pe 20 % din parcurs ; drumuri din pământ și terasamente



în stare bună ; drumuri din piatră brută, bolovani, în stare bună ) ;

$D_4 = 1,2$  pentru drumuri de categoria IV ( L ), drumuri pietruite cu piatră spartă, pietriș sau macșam, pavaj din piatră spartă și bolovani de râu, în stare mediocră; drumuri de categoria K și T cu schimbări de viteză pe 40 % din parcurs;

$D_5 = 1,4$  pentru drumuri de categoria V ( E ), ( drumuri care impun schimbări de viteză pe 70 % din parcurs, drumuri de pământ în stare mediocră, pavaje în stare rea );

$D_6 = 1,6$  pentru drumuri de categoria VI ( H ), toate drumurile care nu permit o circulație cu viteza mai mare de 15 km/h ;

T - sporul pentru tractoare, în km echivalenți ;

U - sporul pentru circulație în localități urbane, în km echivalenți ;

I - sporul pentru acționarea instalațiilor speciale, în km echivalenți.

Conform Cap.I - Anexa nr.2.3. din Normativul aprobat prin ordinul M.T.Te., menționat mai înainte, pentru tipul de vehicul adoptat (S.R. 113 de 50 kN sarcina utilă norma normală ) s-au luat în considerare următoarele valori :

$C_m = 29$  litri benzină/100 km echivalenți ;

$K = 0,15$  ;

Coefficientul de utilizare a parcursului se determină cu relația :

$$C_{uP} = \frac{P_1}{P_1 + P_2} = \frac{P_1}{P} \quad ( 1.19. )$$

în care :

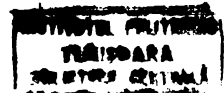
$P_1$  este parcursul cu încărcătură ;

$P_2$  - parcursul fără încărcătură ;

$P$  - parcursul total.

Conform datelor statistice existente la Centrala Transporturilor Auto - M.T.Te., pentru  $C_{uP}$  s-a adoptat o valoare medie de 0,8.

Conform Cap.I. - Anexa nr. 3, din același normativ, în perioada 1 decembrie...15 martie  $A = 1,1$  ; iar în restul anului



A = 1,0.

În medie valoarea coeficientului de corecție a consumului, ținând seama de anotimp este :

$$A = \frac{3 \times 1,1 + 2 \times 1,0}{12} = 1,025 .$$

Valoarea sporului Q este precizată în Cap.I, Anexa nr. 4, din același normativ, care ține seama de opririle și demarările repetate, acționarea instalațiilor speciale și sporul de consum pentru încălzirea motoarelor pe timp de iarnă.

1.5.1. Consumul normat de carburant pentru drumuri de categoria I-IV ( M,K,T,și L )

Neglijând valorile coeficienților T,U,I din relația 1.15., de calcul a parcursului echivalent (Pe), precum și sporul Q din formula generală de calcul a consumului normat (1.17.), se obține :

- pentru drumuri de categoria I ( M ) :

$$C_n = \frac{0,2 \times 100}{100} \times 29 \times ( 1 + 0,15 \times 0,8 ) \times 1,025 = 30,0 \text{ L/ } 100 \text{ km echivalenți ;}$$

- pentru drumuri de categoria II ( K ) :

$$C_n = \frac{1,0 \times 100}{100} \times 29 \times ( 1 + 1,15 \times 0,8 ) \times 1,025 = 33,3 \text{ L/ } 100 \text{ km echivalenți ;}$$

- pentru drumuri de categoria III ( T ) :

$$C_n = \frac{1,1 \times 100}{100} \times 29 \times ( 1 + 0,15 \times 0,8 ) \times 1,025 = 36,6 \text{ L/ } 100 \text{ km echivalenți ;}$$

- pentru drumuri de categoria IV ( L ) :

$$C_n = \frac{1,2 \times 100}{100} \times 29 \times ( 1 + 0,15 \times 0,8 ) \times 1,025 = 40,0 \text{ L/ } 100 \text{ km echivalenți.}$$

Consumul de carburant pentru autoturisme și autocamioane, în L/100 km echivalenți este redat în tabelul 1.12.

Consumul normat de carburant pe categorii de drumuri și autovehicule.

Tabelul 1.12.

Categoria drumului	I (M)	II (K)	III (T)	IV (L)
Carburant, L/100 km echiv.				
Tioul autovehiculului				
Autoturisme	7,4	8,2	9,0	9,8
Autocamioane	30,0	33,3	36,6	40,0

Pentru a ține seama de structura traficului s-a determinat consumul mediu în funcție de trafic, luând în considerare recensământul circulației din anul 1989, prezentat în tabelul 1.13.

Prognoza de trafic pe rețeaua de D.N., D.J. și D.C. Tabelul 1.13.

Anul	Categoria drumului	Media zilnică anuală <sup>x</sup> , M.Z.A. vehicule fizice /zi	Componenta traficului <sup>xx</sup>	
1985	D.N.	1 687	53 % t + 47 % m	
	D.J.	534	896	30 % t + 70 % m
	D.C.	362	25 % t + 75 % m	
1989	D.N.	1 944	58 % t + 42 % m	
	D.J.	790	1 210	37 % t + 63 % m
	D.C.	420	31 % t + 69 % m	

Notă : x - numai autovehicule ;

xx - t = turisme;

m = vehicule transport marfă.

Ținând cont de prognoza de trafic, prezentată în tabelul 1.13., precum și de datele prezentate în tabelul 1.12., consumul de carburant la nivelul anului 1989, obținut în urma calculului efectuate, este prezentat în tabelul 1.14.

Consumul de carburant la nivelul anului 1989 în L/100 km echivalenți.

Tabelul 1.14.

Consumul de carburant	Categoria drumului			
	I (M)	II (K)	III (T)	IV (L)
0	1	2	3	4
la vehicule transport marfă	30,0	33,3	36,6	40,0

0	1	2	3	4	
la autoturisme	7,4	8,2	9,0	9,8	
Consumul mediu de carburant	D.N. 58 % t + 42 % m	16,9	18,7	20,6	22,5
	D.J. 37 % t + 63 % m	21,6	18,7	26,4	28,2
	D.C. 31 % t + 69 % m	22,9	25,5	28,0	30,6
D.N. Sporuri de consum de carburant față de categoria de drum.	I (M)	0	+1,8	+3,7	+5,6
	II (K)	-	0	+1,9	+3,8
	III (T)	-	-	0	+1,9
D.J. Sporuri de consum de carburant față de categoria de drum.	I (M)	0	+2,4	+4,6	+7,2
	II (K)	-	0	+2,4	+4,8
	III (T)	-	-	0	+2,4
D.C. Sporuri de consum de carburant față de categoria de drum.	I (M)	0	+2,6	+5,1	+7,7
	II (K)	-	0	+2,5	+5,1
	III (T)	-	-	0	+2,6

Din datele prezentate în tabelul 1.14., pentru drumurile naționale consumul mediu pe categorii de drum, într-o structură a traficului de 58 % turisme și 42 % autovehicule marfă, variază între 16,9...22,5 L/100 km.

Se constată că sporurile de consumuri de carburanți înseamnă pierderi sau economii, după cum un drum trece de la o categorie superioară la una inferioară și invers. La nivelul anului 1989 aceste rate de pierderi sau economii de carburanți, după caz, au următoarele valori, valori rezultate din calcul:

- 1,8 L/100 km, la drumurile naționale ;
- 2,4 L/100 km, la drumurile județene ;
- 2,6 L/100 km, la drumurile comunale.

Folosind datele de trafic din tabelul 1.13., unde s-au considerat numai autovehicule, deci cele care consumă carburant și rețeaua de drumuri defalcată pe categorii de drumuri și pe starea de viabilitate (tabel 1.15.), s-a calculat pierderea de carburanți pe rețeaua de drumuri din sud - vestul țării, în comparație cu rețeaua de drumuri de categoria I (M), ajungând la următoarele rezultate :

$P_i = 365 \times T_i (L_{od} \times P_{od}) \times 10^{-6}$ , în milioane L/an, în care :

$P_i$  sînt pierderile totale la nivelul unui an "i", în

milioane L/an ;

$T_1$  este traficul mediu zilnic la nivelul unui an "1",  
vehicule fiice/zi ;

$L_{cd}$  - lungimea rețelei pe categorii de drumuri, în km;

$P_{cd}$  - pierderi medii pe vehicul și categorii de drumuri, în L/vehicul -km;

Date luate în calcul :

$T_{1989}$  conform tabel 1.13. ;

$L_{cd}$  conform tabel 1.15. ;

$P_{cd}$  conform tabel 1.14. ;

a) Pe drumurile naționale pierderile de carburanți sînt:

$$\begin{aligned} P_{1989} &= 365 \times 1944 (760 + 684) \times 0 + (220 + 907 \times 0,018 + \\ &+ (148 + 0,037) + (44 + 0,056) \times 10^{-6} = \\ &= 709\,560 \times (0 + 5,58 + 5,47 + 2,46) \times 10^{-6} = \\ &= 709\,560 \times 13,51 \times 10^{-6} = \\ &= \underline{9,58 \text{ milioane L/an.}} \end{aligned}$$

b) Pe drumurile locale pierderile de carburanți sînt :

$$\begin{aligned} P_{1989} &= 365 \times 1\,210 \times (235 \times 0) + (220 + 628) \times 0,024 + \\ &+ (1\,443 + 625) \times 0,048 + (3\,934 \times 0,072) \times 10^{-6} = \\ &= 441\,650 (0 + 20,35 + 99,26 + 283,24) \times 10^{-6} = \\ &= 441\,650 \times 402,85 \times 10^{-6} = \\ &= \underline{177,684 \text{ milioane L/an.}} \end{aligned}$$

Pierderile totale la nivelul anului 1989, pe întreaga rețea de drumuri din sud - vestul țării, sînt :

$$P = 9,586 + 177,684 = \underline{187,270 \text{ milioane L/an.}}$$

Determinarea pierderilor pe rețeaua de drumuri ca urmare a stării tehnice necorespunzătoare, conduse la rezultate concrete privind consumul de carburanți sau la pierderi valorice ce se ridică la milioane de lei.

Calcululele conduse în acest fel constituie și criteriul de apreciere al eficienței investițiilor în lucrări de drumuri și poduri, ca și pentru lucrările de întreținere și reparații a drumurilor.

Căminul		Căminul											
Partea carosabilă		Cu depășirea duratei de exploatare						Fără depășirea duratei de exploatare					
Starea de via-bilitate		I (M)		II (K)		III (T)		IV (L)		Total		Total	
		(M)	(K)	(T)	(L)	(M)	(K)	(T)	(L)	(M)	(K)	(T)	(L)
Modernizări + în-bucămintă bitu-minoasă uscare.		220	220	148	9	697	684	-	-	684	684	-	-
Pietruiri		-	-	-	-	356	-	90	-	-	-	-	-
Pietruiri		-	-	-	35	-	-	-	-	-	-	-	-
Traversări de lo-calități		84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total D.N.		760	220	148	44	1 178	634	90	-	774	628	628	628
Modernizări și în-bucămintă bitu-minoasă uscare.		-	-	-	-	-	-	234	408	320	-	-	-
Pietruiri		-	-	-	-	220	-	220	303	-	-	-	-
Pietruiri		-	-	-	-	543	318	861	-	-	-	-	-
Pietruiri		-	-	-	900	2 399	91 289	-	-	-	-	-	-
Drumuri de pământ		-	-	-	-	-	-	-	-	1 227	-	-	-
Total D.J. și D.C.		-	-	22 011	448	39 334	5 597	1 227	628	628	628	628	628
Total restea		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9 031

### 1.6. APRECIEREA NECESITĂȚII ÎNTREȚINERII ÎMBRĂCĂMINȚILOR BITUMINOASE.

Întreținerea drumurilor este o preocupare importantă și continuă pentru specialiștii din domeniul rutier, care trebuie să răspundă necesității menținerii rețelei rutiere într-o stare de viabilitate corespunzătoare, astfel încât să asigure siguranța și confortul utilizatorilor, precum și conservarea patrimoniului rutier.

În literatura de specialitate /70/ este prezentat un studiu referitor la aprecierea necesității întreținerii îmbrăcăminților bituminoase. Studiul are la bază o relație, care permite determinarea grosimii unei ranforsări în funcție de deflexiunile măsurate :

$$e = K \log \frac{d'_{\alpha}}{d_0} \quad (1.20.)$$

unde :

$e$  este grosimea pentru reducerea nivelului de deflexiune de la  $d'_{\alpha}$  la  $d_0$  ;

$K$  = un coeficient;

$d'_{\alpha}$  = valoarea deflexiunilor observate pe vechia îmbrăcămințe, care nu este depășită decât într-un procent  $\alpha$  admis ;

$d_0$  = deflexiunea critică corespunzând traficului  $N$  cu greutatea pe osie de 130 kN .

Folosirea relației pentru determinarea grosimii ranforsării admite că suprafața obținută va avea un aspect uniform.

Literatura franceză /70/ menționează faptul că relația 1.20. se aplică pe tronșoane uniforme, unde distribuția valorilor deflexiunilor urmează o lege logaritmică normală /70/, figura 1.15. . Curbele de distribuție sînt centrate pe  $\log d'$ . Distanțele timp ale curbelor de distribuție relative la valorile deflexiunilor observate pe un tronșon uniform, înainte și după ranforsare sînt aceleași.

$$\text{cumsefînd c\^a} \log \frac{d'_{\alpha}}{d_0} = \log d'_{\alpha} - \log d_0 \quad (1.21.)$$

relația 1.20. devine :

$$e = K(\log d'_{\alpha} - \log d_0) \quad (1.22.)$$

Tinând seama de forma de distribuție a valorilor deflexiunilor observate pe vechiul drum se obține :

$$\log d'_\alpha = \log \bar{d}' + U_\alpha \cdot \sqrt{T} \quad (1.23.)$$

unde :

$d'_c$  este valoarea medie a deflexiunilor observate pe vechea îmbrăcăminte ;

$U$  - variabilă normală redusă ;

$\alpha$  - procentul din lungimea drumului admis a se degrada în perioada A ;

A - durata de exploatare prevăzută ;

T - distanța tip a distribuției logaritmice normale a deflexiunilor.

Georges Langumier arată /70/ că dacă se admite că în cursul perioadei A' (durata de timp scursă de la ultimele lucrări de ranforsare) curba de distribuție a deflexiunilor rămâne stabilă, sau că  $\alpha'$  este puțin ridicat și că, zonele degradate sînt cele în care deflexiunea observată după perioada A' este superioară lui  $d'_c$ , unde  $d'_c$  este deflexiunea critică corespunzătoare traficului real pe perioada A' (N'), cu greutatea pe osie de 130 kN, atunci se poate scrie :

$$\log d'_\alpha = \log d'_\alpha = \log \bar{d}' + U_{\alpha'} \cdot \sqrt{T} \quad (1.24.)$$

Din relațiile 1.23. și 1.24., prin diferență, se obține:

$$\log d'_\alpha - \log d'_c = U_\alpha \cdot \sqrt{T} - U_{\alpha'} \cdot \sqrt{T} \quad (1.25.)$$

$$\log d'_\alpha = \log d'_c + (U_\alpha - U_{\alpha'}) \cdot \sqrt{T} \quad (1.26.)$$

unde :

$\alpha'$  este procentul din lungimea drumului pe care se observă degradări la sfîrșitul perioadei A'.

Deflexiunile de pe vechea îmbrăcăminte pot fi apreciate cunoscînd următoarele elemente :

-  $d'_c$  - deflexiunea critică corespunzătoare traficului N', cu greutatea pe osie de 130 kN, echivalînd cu traficul real scurs de la ultimele lucrări de ranforsare ( pe durata A' ) ;

-  $\alpha'$  - procentul de lungime degradată de-a lungul perioadei A' ;

- T - distanța tip a distribuției logaritmice normale a deflexiunilor.

Tinând seama de relațiile 1.22. și 1.26., relația 1.20. se poate scrie :



$$e = K \left[ \log d'_c - \log d_c + (U_\alpha - U_{\alpha'}) \bar{\gamma} \right] \quad (1.27.)$$

unde e se mai poate scrie :

$$e = K \left[ \log \frac{d'_c}{d_c} + (U_\alpha - U_{\alpha'}) \cdot \bar{\gamma} \right] \quad (1.28.)$$

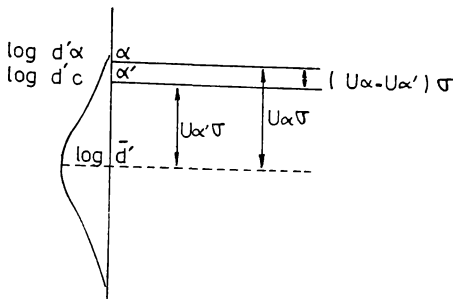


Fig. 1.15. Curba de distribuție a valorilor deflexiunilor.

Pe de altă parte dacă se înlocuiește  $K$  cu raportul  $\frac{333}{P}$ , unde  $P$  este un coeficient de ranforsare a sectorului la nivelul deflexiunilor  $d_c$  definit de relația :

$$P = \frac{333}{h} \log \frac{\bar{d}}{d_h} \quad (1.29.)$$

unde :

$\bar{d}_0$  este valoarea medie a deflexiunilor

măsurate pe un tronson uniform al unui drum vechi;

$h$  - grosimea stratului de mixtură asfaltică aplicată, în cm ;

$\bar{d}_h$  - valoarea medie a deflexiunilor măsurate după aplicarea stratului de mixtură asfaltică.

Ținând seama de relațiile 1.29. , relația 1.28. devine :

$$e \cdot P = 333 \left[ \log \frac{d'_c}{d_c} + (U_\alpha - U_{\alpha'}) \bar{\gamma} \right] \quad (1.30.)$$

unde  $e$  este exprimat în centimetri.

După metoda AASHO, relația dintre deflexiunea critică și traficul echivalent este următoarea :

$$\log d_c = R - \frac{1}{S} \log N \quad (1.31.)$$

$$\log d'_c = R - \frac{1}{S} \log N' \quad (1.32.)$$

Luind aceleași valori pentru  $R$  și  $S$  înainte și după ranforsare implică faptul că cele două structuri se supun aceleiași legi de deflexiune. Această aproximație este foarte plauzibilă în cazul unei ranforsări cu același tip de mixtură asfaltică ca și stratul pe care s-a aplicat.

Din relația 1.32. scăzând relația 1.31. se obține :

$$\log d'_c - \log d_c = -\frac{1}{S} (\log N - \log N') \quad (1.33.)$$

sau :

$$\log \frac{d'_c}{d_c} = -\frac{1}{S} \log \frac{N}{N'} \quad (1.34.)$$

Tinând cont de relația 1.34., relația 1.30. devine:

$$e.P = 333 \left[ -\frac{1}{S} \log \frac{N}{N'} + (U_\alpha - U_{\alpha'}) \cdot \sqrt{V} \right] \quad (1.35.)$$

Tot după AASHO,  $S \approx 3,25$  și înlocuind în 1.35. rezultă:

$$e.P = 100 \log \frac{N}{N'} + 333 (U_\alpha - U_{\alpha'}) \cdot \sqrt{V}. \quad (1.36.)$$

Pe de altă parte, în urma constatărilor experimentale a rezultat că :

$\sqrt{V} \approx 0,09$  și  $333\sqrt{V} \approx 30$ , atunci relația 1.36. devine :

$$e.P = 100 \log \frac{N}{N'} + 30(U_\alpha - U_{\alpha'}) \quad (1.37.)$$

Dacă "e" se exprimă în m, relația 1.37. devine :

$$e.P = \log \frac{N}{N'} + \frac{3}{10}(U_\alpha - U_{\alpha'}) \quad (1.38.)$$

Plecând de la relația 1.38., grosimea este :

$$e = e' + e''$$

unde:

$$e'.P = \log \frac{N}{N'} \quad (1.39.)$$

$$e''.P = -\frac{3}{10} (U_\alpha - U_{\alpha'}) \quad (1.40.)$$

Relația 1.38. este aditivă și variabilele sînt separate:

- primul termen e' depinde de traficul greu și numai de

el ;

- al doilea termen e'' nu depinde de trafic, el depinde de degradări și numai de ele. Grosimea de ranforsare corespunde creșterii agresivității traficului greu și necesității de diminuare a degradărilor.

Degradările nu constituie în sine un criteriu exhaustiv, dar asociate noțiunii de trafic greu, ele permit determinarea necesității întreținerii.

Literatura menționează /70/ că, dacă ipotezele oare stau la baza formulei de plecare sînt suficiente, atunci există echivalență între combinația degradărilor și a traficului greu,

pe de o parte, iar pe de altă parte între o combinație a deflexiunilor și deflexiunea critică.

**1.6.1. Prezentarea metodei de apreciere a necesității întreținerii îmbrăcămintelor bituminose.**

Din literatura de specialitate /70/ rezultă că  $e'$  exprimă influența traficului greu, sub forma raportului dintre traficul greu prognozat de-a lungul perioadei în cursul căreia îmbrăcămintea va păstra caracteristici satisfăcătoare și traficul greu scurs de la ultimele lucrări de ranforsare, asupra grosimei de ranforsare.

Termenul  $e'$  poate fi întotdeauna determinat evaluând raportul dintre traficul greu prognozat și traficul real.

Traficul anual în timpul celor două perioade poate fi calculat pornind de la traficul primului an al fiecărei perioade, aplicându-se o progresie geometrică de mărime "r" (diferența între două termene consecutive), conform tabelului 1.16.

Traficul anual în cele două perioade. ----- Tabelul 1.16. -----

	Perioada în ani				
	1	2	3	A	A'
Perioada anterioară A'	$N'_0$	$N'_0 r$	$N'_0 r^2$		$N'_0 r^{(A'-1)}$
Perioada ulterioară A	$N_0$	$N_0 r$	$N_0 r^2$	$N_0 r^{(A-1)}$	

Traficul total de-a lungul celor două perioade este :

$$N' = N'_0 \frac{r^{A'} - 1}{r - 1} \text{ în perioada anterioară ( 1.41. )}$$

$$N = N_0 \frac{r^A - 1}{r - 1} \text{ , în perioada ulterioară (1.42.)}$$

$$\text{Dar } N_0 = N'_0 \cdot r^{A'} \text{ ( 1.43. )}$$

Făcînd raportul între relația 1.42. și 1.41. și ținînd cont de relația 1.43. se obține :

$$\frac{N}{N'} = \frac{N_0}{N'_0} \cdot \frac{r^A - 1}{r - 1} = r^{A'} \frac{r^A - 1}{r^{A'} - 1} \frac{r^A - 1}{r^A} \text{ (1.44. )}$$

Deci avem :

$$\frac{N}{N'} = \frac{r^A}{1 - \frac{1}{r^{A'}}} = 1 \quad (1.45.)$$

Examinând relația 1.45. rezultă următoarele observații:

- efectele duratelor A și A' sînt asimetrice ;
- durata A este întotdeauna un factor esențial ;
- durata A' are o importanță neglijabilă dincolo de un anumit interval și anume cînd A' depășește 10 ani, termenul în care intervine A' are un simplu efect corector ;
- rata creșterii agresivității traficului "r" este un factor important, cu atît mai mult cu cît durata A este mai lungă.

Termenul  $e' = \log \frac{N}{N'}$  este interpretat în figura 1.16.

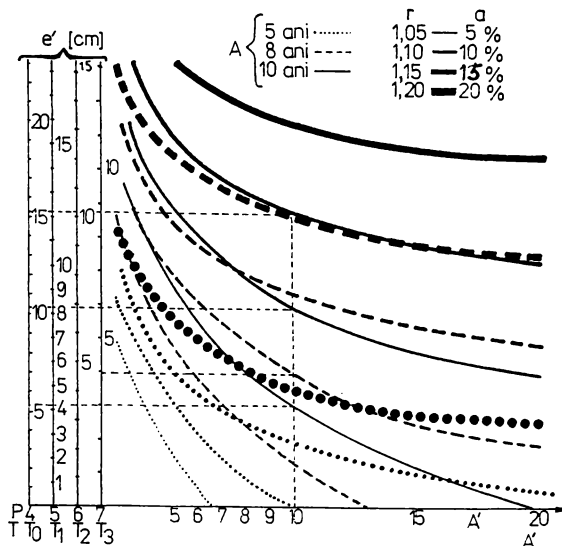


Fig.1.16. Determinarea grosimei de ranforsare în funcție de agresivitatea traficului.

Analizînd graficul se observă că pe abscisă s-a luat numărul de ani A', iar pe ordonată s-a luat grosimea stratului de ranforsat. Graficul prezintă o serie de curbe care corespund la :

- diferite rate de creștere a agresivității traficului,

de 5; 10; 15 și 20 %, rate ce acoperă toată gama de valori curente;

- diferite durate A', de 5; 8 și 10 ani, ultimele două durate de exploatare permit utilizarea întregii capacități a îmbrăcămintei și care nu prezintă riscuri excesive.

Diferitele trepte de ordonate corespund unei serii de valori ale coeficientului de ranforsare, 4 la 7, acoperind gama indicelui de ranforsare a îmbrăcămintelor bituminose pentru deflexiunile corespunzătoare claselor de trafic de la  $T_0$  la  $T_3$ , prezentate în tabelul 1.17.

Valorile coeficientului de ranforsare Tabelul 1.17.

Trafic	$T_0$	$T_1$	$T_2$	$T_3$
Deflexiunea critică	35	55	80	120
Coeficient de ranforsare	4	5	6	7

Termenul  $e''$  poate fi interpretat folosind graficul din figura 1.17.

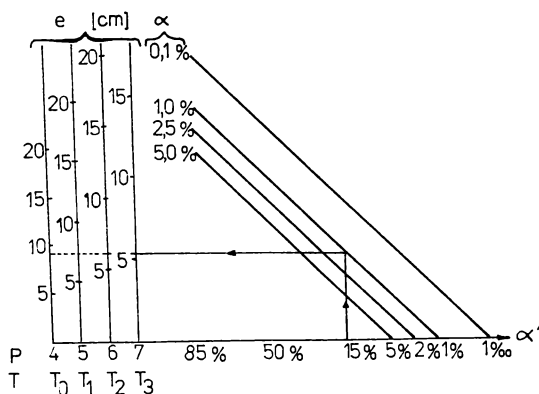


Fig.1.17. Determinarea grosimilor de ranforsare funcție de suprafața degradată.

Acest grafic are pe abscisă procentul de degradări, iar pe ordonată grosimea  $e''$ . Diagramele trasate corespund diferitelor procente de degradări admise de-a lungul perioadei A. Din grafic se observă că pentru un volum de degradări de 15 % observat pe drum și pentru un trafic  $T_3$  este necesară

o grosime de ranforsat de 5 cm.

Necesitatea de ranforsare poate fi ușor apreciată în cazul în care intervențiile de întreținere sînt efectuate la intervale regulate, adică  $A = A'$ , cînd relația 1.45. devine:

$$\frac{N}{N'} = r^{A'} = r^A \quad (1.46.)$$

$$e'P = \log \frac{N}{N'} = \log r^A = \log r^{A'} \Rightarrow \log r \quad (1.47.)$$

$$e' = \frac{A}{P} \log r \quad (1.48.)$$

$$\text{dar : } r = 1 + \frac{a}{100} \quad (1.49.)$$

$$\log r = -\frac{a}{100} \times e \quad (1.50.)$$

$$e' = A \times a \times \frac{e}{P} \quad (1.51.)$$

unde  $e$  este o constantă.

Literatura menționează că pe o perioadă în care  $P$  poate fi considerat stabil, dacă  $a$  rămîne constant, rezultă :

$$\sum e' = a (\sum A) \times c \quad (1.52.)$$

Din cele expuse rezultă că grosimea de ranforsare a îmbrăcămintei bituminoase este proporțională cu ratele de creștere anuală a agresivității traficului greu.

Din cele prezentate rezultă că necesitatea întreținerii drumurilor rezidă din creșterea agresivității traficului greu, iar grosimea de ranforsare poate fi calculată rapid, fără a se mai face măsurători de deflexiuni, cunoscînd traficul real și cel prognosat, precum și procentul degradărilor.

Metoda prezentată are o mare importanță în aprecierea necesității întreținerii drumurilor, fiind rapidă și luînd în considerare factorul esențial, care duce la degradarea rețelei rutiere, "traficul greu".

Metoda nu necesită aparatură complexă, nu necesită nici încercări laborioase, doar măsurători de trafic și relevul defecțiunilor.

Tinînd seama de importanța și rapiditatea acestor metode în aprecierea întreținerii drumurilor, autorul propune aplicarea acestei metode și la noi în sectorul rutier.

## 1.7. CONCLUZII ȘI PROPUNERI PRIVIND NECESITATEA ÎNTREȚINERII DRUMURILOR.

Avînd în vedere realitatea confirmată de viață că, în viitor traficul greu va crește, că drumurile constituie infrastructura transporturilor auto, absolut indispensabile dezvoltării sub toate aspectele economiei naționale, și ținînd seama de faptul că, o bună parte din rețeaua de drumuri publice cu îmbrăcămînti moderne este într-o stare necorespunzătoare, în principal datorită faptului că durata de exploatare a acestora este depășită, fapt ce generează importante pagube economiei naționale și mari consumuri suplimentare de carburanți, piese, anvelope, etc., apreciem că, pe lîngă măsurile și programele elaborate în limita alocațiilor bugetare, mai sînt necesare o serie de acțiuni care să conducă cel puțin la salvarea patrimoniului rutier /105/.

Din cele prezentate în material rezultă că rețeaua de drumuri naționale și locale se va găsi, în viitorul apropiat, într-o stare critică datorită gradului ridicat de manifestare a fenomenului de oboseală în structurile rutiere existente în prezent în exploatare și creșterii agresivității traficului greu, în perspectiva analizată.

În acest context se propune:

- necesitatea unei abordări sistematice a gestiunii drumurilor /189/, pentru a furniza informații referitoare la starea actuală a drumurilor și la evoluția lor.

În acest sens, Administrația Națională a Drumurilor (A.N.D.) București a inițiat un program privind determinarea stării tehnice a drumurilor în cadrul aplicării sistemului de administrare rutieră optimizată numit pe scurt " SARO ".

Sistemul de administrare rutieră "SARO" are drept scop stabilirea lucrărilor de întreținere preventivă și curativă a drumurilor naționale, inclusiv ordinea de urgență a acestora pe baza măsurătorilor tehnice complexe, periodice, ale rețelei de drumuri, evidențe și statistici tehnice, în vederea îmbunătățirii stării tehnice a drumurilor, corespunzător traficului rutier.

Stabilirea strategiei optime de întreținere preventivă și ranforsare coordonată, precum și planificarea lucrărilor de

întreținere nu sînt posibile fără cunoașterea în orice moment a parametrilor de stare a drumurilor. Parametrii de stare se referă la următoarele caracteristici /181/ :

- parametrul de portanță al complexului rutier;
- parametrul de degradare al îmbrăcămintei rutiere;
- parametrul de rugozitate al suprafeței de rulare;
- parametrul de planeitate al suprafeței îmbrăcămintei

rutiere.

Aceste caracteristici de stare concură la definirea calității drumului și anume, la capacitatea acestuia de a îndeplini funcția sa principală de a prelua solicitările din trafic fără degradări, în condițiile asigurării confortului și siguranței circulației, cu cheltuieli minime pentru utilizator;

- reglementarea circulației autovehiculelor grele și determinarea beneficiarilor de transporturi, ce depășesc curent prevederile legale, privind sarcina pe osie, să participe cu fonduri și materiale la ranforsarea drumurilor, înainte de a efectua transporturile;

- acordarea sectorului de drumuri publice de resurse strict necesare menținerii drumurilor modernizate într-o stare de viabilitate bună. Se menționează în special asigurarea bitumului, a carburanților și combustibililor pentru reparații, întreținere, precum și a cimentului pentru ranforsarea complexelor rutiere existente;

- reglementarea utilizării mai eficiente a dotărilor existente în sectorul de drumuri, printr-o colaborare mai bună a tuturor unităților de pe teritoriu, evitîndu-se astfel transporturile încrucișate de materiale sau alte produse;

- continuarea cercetărilor în vederea folosirii cu maximum de eficiență a resurselor acordate sectorului de drumuri, descoperirea de noi materiale energoneintensive, dezvoltarea tehnologiilor de întreținere și construcție a drumurilor care se pot realiza cu consumuri minime de energie;

- coordonarea cercetării aplicative și valorificarea mai operativă în producție a rezultatelor bune;

- organizarea instruirii întregului personal tehnic, în vederea cunoașterii tehnologiilor noi, aplicării reglementărilor în vigoare, a cercetării aplicative, cu scopul de a realiza numai lucrări de bună calitate;

- reconsiderarea influenței stării drumurilor conform



utilizării raționale a carburanților, apreciind că, problema îmbunătățirii stării tehnice a drumurilor nu poate să lipsească din nici un plan de măsuri, care prevede reducerea consumului de energie și carburanți;

- îndreptarea eforturilor pentru efectuarea lucrărilor privind ridicarea stării tehnice a drumurilor în funcție de starea lor actuală, de intensitatea și structura traficului rutier. În scopul utilizării eficiente a fondurilor alocate în acest sens și în contextul crizei de bitum, se pot realiza următoarele: pietruirea drumurilor de pământ, macadamuri bituminos executate la rece (macadamuri îndopate cu nisip bituminos) /118/, executarea pe drumurile pietruite de macadamuri cimentate cu mortar din zgură și ciment, modernizarea și sporirea capacității de circulație, pe sectoarele pe care această capacitate este depășită, prin executarea de noi tipuri de straturi rutiere realizate din materiale locale stabilizate sau din mixturi asfaltice cu execuția la rece;

- necesitatea eliminării locurilor înguste, a strângerilor, care împiedică desfășurarea normală a transporturilor rutiere și produc cheltuieli suplimentare, cum sînt: punctele periculoase, pentru siguranța circulației, trecerile la nivel cu calea ferată, evitarea centrelor aglomerate, etc.;

- sporirea capacității de circulație și al gradului de siguranță a circulației rutiere, prin executarea benzilor suplimentare pentru traficul lent, amenajarea curbilor periculoase, variante de ocolire a zonelor cu declivitate accentuată, a locurilor înguste și a zonelor fără vizibilitate;

- în funcție de trafic, de condițiile specifice fiecărui traseu și de materialele locale existente în zonă, este indicat să se folosească metoda optimă din întreaga gamă de soluții tehnice posibile /114; 119/, de unde rezultă faptul că nu se poate impune o soluție tehnică unică, aplicabilă pe întreaga rețea de drumuri de pământ sau pietruite;

- menținerea drumurilor într-o stare de viabilitate corespunzătoare, care să permită exploatarea lor în condiții bune, presupune o întreținere preventivă și curativă / 112/ a acestora, întreținere care trebuie să aibă un caracter permanent. Absența unei întrețineri permanente corespunzătoare, care să țină seama de totalitatea factorilor ce solicită drumul, conduce la apariția defecțiunilor, determinînd o sporire impor-

tantă a consumului de energie /113/, a cheltuielilor de exploatare și de întreținere /117/;

- în activitatea de proiectare, la alegerea traseelor trebuie să se aibă în vedere evitarea proiectării curbilor cu rază mică și totodată alegerea unor trasee cu sinuozitate mijlocie și cu declivități scăzute. Se recomandă ca proiectele să cuprindă lucrări care să evidențieze frumusețile naturii prin executarea de locuri de parcare, locuri de odihnă, agrement, etc., astfel ca utilizatorii să simtă că drumul le oferă confort, siguranță și bucuria unei relaxări.

S-au enumerat o serie de acțiuni care ar putea contribui la îmbunătățirea, într-o oarecare măsură, stării de viabilitate a drumurilor. Aceasta își găsește o mai mare eficiență, dacă utilizatorii colaborează cu administrația drumurilor, folosind rețeaua rutieră pentru tonajele și gabaritele aprobate prin legea drumurilor (nr. 13/1974). O participare a acestora cu resursele necesare întreținerii drumurilor ar conduce la îmbunătățirea stării de viabilitate a rețelei rutiere, ceea ce ar echivala cu importante economii de carburanți și energie pentru transporturile auto.

În fond, rețeaua necorespunzătoare a unor drumuri se repercutează în distrugerea permanentă a autovehiculelor de transport și în consumurile sporite de energie pe care le înregistrează unitățile de transport auto și în final economia națională.

În concluzie, se apreciază că starea de subîntreținere cronică a drumurilor publice, concomitent cu dezvoltarea traficului greu, determină înrăutățirea îngrijorătoare a patrimoniului rutier național, realizat cu enorme sacrificii materiale și spirituale, generând pagube anuale de ordinul miliardelor de lei /114/ (în 1989 3,255 miliarde lei) și consumuri suplimentare de carburant și anvelope (în anul 1989 : 180 mii tone/an carburanți și 26 mii bucăți anvelope) /155/.

Situația existentă cu totul necorespunzătoare, după o analiză temeinică, ar trebui să se remedieze prin măsuri complexe, care în final să contribuie la îmbunătățirea stării drumurilor și întreținerea lor într-o stare de viabilitate corespunzătoare. Aceasta presupune ca toți factorii de decizie, cunoscând pierderile economice, să lupte pentru obținerea fondurilor financiare necesare întreținerii drumurilor.

**CAP.2. EMULSIA BITUMINOASA COMPONENTA ESENTIALĂ  
LA ELABORAREA UNOR TEHNOLOGII RUTIERE  
LA RECE.**

Emulsiile bituminoase au fost folosite prima dată în Franța, în anul 1920, când s-au produs emulsii anionice. Într-  
trebuințarea acestora pe seară largă a fost relativ încetă.

Emulsiile bituminoase cationice /92/ au fost introdu-  
se tot în Franța în anul 1923 și au apărut ca o dezvoltare  
majoră a tehnicii rutiere.

Pentru prima dată la noi în țară s-a folosit emulsia  
bituminoasă în anul 1925 /153/, efectuându-se încercări de  
realizare a unui macadam bitumat pe drumul național (D.N.) 1,  
București - Ploiești, km 8 - 14. Experimentul nu a reușit  
din cauză că emulsia bituminoasă, adusă din Franța, s-a rupt  
în timpul transportului pe calea ferată, transport ce a du-  
rat circa trei luni de zile /154, 154/.

De asemenea, în anul 1938, în scopul adaptării drumu-  
rilor pietruite la condițiile unei circulații rapide, s-a  
inițiat o acțiune de îmbunătățire a suprafeței de rulare,  
care a constat dintr-un tratament bituminos la rece, reali-  
zat prin stropirea suprafeței macadamului existent cu 2 kg/m<sup>2</sup>  
emulsie bituminoasă, după care s-a așternut 15...20 kg/m<sup>2</sup>  
criblură, urmată de compactare.

În țara noastră studiul emulsiilor bituminoase catio-  
nice a făcut obiectul preocupărilor Institutului de Cercetări  
din cadrul Ministerului Transporturilor, încă din anul 1967.

În anul 1969, pentru fabricarea emulsiei bituminoase  
cationice, s-a organizat la Rafinăria "Vega" din Ploiești, o  
instalație pentru preparare, dotată cu o moară coloidală  
importată din Franța, de tip Atomix, care putea realiza o  
producție maximă orară de 10 tone. Emulgatorii utilizați au  
fost importați din Franța (Societatea de Produse Chimice  
"AUBY", de tipul Stabiram Em și din Anglia (Firma Armour-Hess)  
de tipul Duomen T/ 155/.

În anul 1969, cu moara coloidală de tip Atomix, s-au  
produs peste 200 tone de emulsie bituminoasă cationică, iar  
din anul 1970 cantitatea de emulsie bituminoasă produsă a

sporit considerabil.

Începînd cu anul 1971, unitățile de drumuri din țară au solicitat tot mai mult emulsie bituminoasă în tehnica rutieră, fiind utilizată la executarea lucrărilor de tratamente bituminoase, badijonări, amorsări, etc. .

Pentru a asigura necesarul de emulsie bituminoasă și pentru drumurile județene, Direcția Județeană Drumuri și Poduri Buzău a realizat împreună cu INCERTRANS București, în anul 1981, o instalație proprie pentru producerea emulsiei bituminoase.

Urmare unui schimb de experiență organizat de conducerea Administrației Naționale a Drumurilor București la Direcția Județeană Drumuri și Poduri Buzău (D.J.D.P.), specialiștii de la Direcția Regională Drumuri și Poduri (D.R.D.P.) Timișoara au construit în regie și pus în funcție, în luna August 1983, o instalație de preparare a emulsiilor bituminoase la Săeșlas. După doi ani, s-a trecut la dublarea capacității de producție, prin construirea unei mori coloidale cu o productivitate de  $10 \text{ m}^3/\text{h}$ , de către specialiștii de la Secția Utilaj Greu, Transport Tehnologic (S.U.G.T.T.) Timișoara.

Solicitările tot mai mari de emulsie bituminoasă, precum și experiența câștigată în construcția de instalații pentru prepararea emulsiei bituminoase, au făcut să apară și alți furnizori de emulsie bituminoasă, la Podari aparținînd D.R.D.P. Craiova, în anul 1986, la Turda în anul 1987, aparținînd D.R.D.P. Cluj, existînd proiecte de construcție și la alte unități de drumuri din țară.

În general, prin emulsie înțelegem o dispersie de două lichide nemiscibile, unul în altul, constituind două faze distincte /143/ :

- faza dispersată sau discontinuă, care poate fi un lichid viscos cu globule de ordinul micronilor;
- faza dispersantă sau continuă, care este un lichid.

Pentru a prepara o emulsie este necesar punerea în contact a celor doi componenți, care au fost aduși într-o stare suficient de fluidă. Pe lângă aceasta mai este necesară existența unei energii de dispersie (mori coloidale, malaxoare centrifugale de mare viteză), precum și de introducerea în amestec, înainte sau în timpul amestecării, a unui emulgator. Acesta are rolul de a ușura emulsionarea, prin scăderea tensiunii interfa-

ciale între cele două faze și de a asigura stabilitatea emulsiei, prin fixarea sa la periferia globulelor dispersate, împiedicând astfel unirea lor.

Ca emulgator se poate folosi o substanță tensioactivă, care reduce considerabil tensiunea interfacială dintre cele două faze, pentru o concentrație a sa foarte scăzută.

De asemenea, se poate folosi și o substanță cu o structură polară - nepolară, ale cărei molecule se concentrează la interfața dintre cele două faze, pentru a forma pelicula protectoare. Orientarea moleculelor emulgatorului la interfața bitumului este redată în figura 2.1.

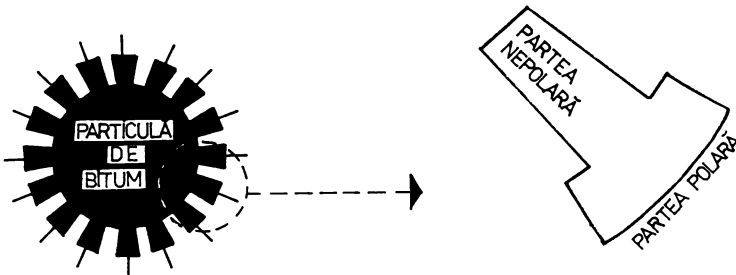


Fig.2.1. Concentrarea și orientarea moleculelor emulgatorului la interfața bitumului.

Emulsiile bituminoase sînt constituite din bitum (faza dispersată), apă (faza dispersantă) și un emulgator. Clasificarea emulsiilor bituminoase se face, în mod obișnuit, după caracterul ionic al emulgatorului folosit. Astfel, putem avea:

- emulsii bituminoase anionice și
- emulsii bituminoase cationice.

În afara acestei clasificări a emulsiilor bituminoase, în funcție de natura ionică a emulgatorului, mai există o categorie numite " emulsii speciale", destinate fie unor tehnologii curente, dar cu folosirea unor materiale pietroase prezentînd caracteristici deosebite, fie unor tehnologii speciale care necesită lianți cu proprietăți adaptate /173/.

## 2.1. EMULGATORI UTILIZAȚI LA PREPARAREA EMULSIEI BITUMINOASE.

Emulgatorul este o substanță tensioactivă, care facilitează

tează dispersia unui component în particulele foarte fine, în masa celuilalt component, asigurând stabilitatea produsului.

Datorită gamei mai largi de aplicabilitate și a caracterului agregatelor naturale utilizate, la construcția și întreținerea drumurilor, au fost sintetizate mai multe tipuri de emulgatori cationici. Acest aspect se datorează faptului că, emulsiile bituminose cationice au o bună adhezivitate atât pe roci de natură basică cât și pe roci de natură acidă.

Principalul furnizor de emulgator din țară este Intreprinderea "Detergentul" din Timișoara. La început au fost sintetizați emulgatori cationici de tipul R - amido - aminici, obținuți din reziduri de acizi grași naturali și trietilen-tetraamină (TETA).

Compoziția neuniformă a rezidurilor de acizi grași, naturali (reziduri obținute după distilarea acizilor), a influențat negativ sinteza emulgatorului R, precum și calitatea acestuia. Din această cauză, în anul 1978, s-a trecut la înlocuirea rezidurilor de acizi grași cu acizi naftenici, având un indice de aciditate  $I_a = 180 \text{ mg KOH/g}$ , realizându-se emulgatori cationici amido-aminici, de tip RN.

Obținerea emulgatorilor cationici de tipul amido-amineilor, pe această cale, necesită temperaturi mari, în jur de  $200^\circ\text{C}$  și timp îndelungat de sinteză, 12...14 ore, iar reactorul trebuie încălzit prin inducție, ducând la un consum mare de energie.

În contextul actual de economisire a energiei, s-a adoptat o nouă tehnologie pentru sinteza emulgatorilor, care necesită un singur reactor încălzit cu apă caldă la  $80...90^\circ\text{C}$ , reducându-se astfel consumul de energie. Procedeu constă într-o etoxilare preliminară a acizilor naftenici cu 1...2 moli de oxid de etilenă, urmată de aminarea esterilor obținuți. Prin acest procedeu s-a sintetizat emulgatorul de tipul RN<sub>2</sub>.

Acizii naftenici și TETA, fiind materii prime utilizate în foarte multe domenii, au devenit substanțe deficitare și deci, realizarea cantităților necesare de emulgator a devenit o mare problemă.

În vederea lărgirii bazei de materii prime, la fabricarea emulgatorului se utilizează următoarele substanțe :

- acizi naftenici reziduali;
- acizi grași sintetici, cu  $C_{19} - 22$  ;

- acizi grași sintetici cu  $C_{22}$  ;
- poliamine, dintre care cea mai utilizată fiind dietilentetraamină (DETA), furnizate de Combinatul Chimic Râmnicu Vlcea. Condiția de utilizare a poliaminelor este aceea de a conține azot aminic între 25...30 %.

Noul emulgator sintetizat pe baza celor enumerate mai sus este de tipul  $RN_3$ , care se obține din:

- acizi naftenici, calitatea a III-a și a IV-a, cu indicele de aciditate  $I_a = 180$  mg KOH/g și
- poliamine cu un conținut de azot cuprins între 25...34 %.

Prin etoxilarea preliminară a acizilor naftenici cu oxid de etilenă și apoi aminarea esterilor obținuți, folosind materii prime noi, s-au obținut mai multe tipuri de emulgatori  $RN$ , în afara emulgatorului  $RN_3$ , și anume:

- emulgator  $RN_4$  sintetizat din:
  - acizi naftenici cu  $I_a = 110...140$  mg KOH/g ;
  - TETA cu un conținut de azot aminic,  $N_{aminic} = 34$  %;
- emulgator  $RN_5$  sintetizat din :
  - acizi naftenici cu  $I_a = 110...140$  mg KOH/g;
  - poliamine având  $N_{aminic} = 25...35$  %;
- emulgator  $RN_6$  sintetizat din:
  - acizi naftenici cu  $I_a = 70...110$  mg KOH/g;
  - TETA având azotul aminic  $N = 34$  %;
- emulgator  $RN_7$  sintetizat din:
  - acizi naftenici cu  $I_a = 70...110$  mg KOH/g ;
  - poliamine cu un conținut de azot aminic,  $N_{aminic} = 25...35$  %.

Unele din aceste sinteze de emulgatori au fost deja experimentate, altele sînt încă în faza de cercetare.

Caracteristicile emulgatorului, sintetizat la Întreprinderea "Detergentul" Timșoara, garantate de producător, sînt menționate în tabelul 2.1.

Caracteristicile emulgatorului  $RN_3$  Tabelul 2.1.

Caracteristici	Condiții de admisibilitate
0	1
- aspect la 25 °C	lichid viscos pînă la pastă
- azot aminic	8...12 %

0	1
- aspectul soluției 1 % în acid clorhidric 2 %, la temperatura de 70 °C.	aspect opalescent pînă la turbure, fără urme de impurități.

Caracteristicile emulgatorului  $RN_3$  sînt influențate de caracteristicile acizilor naftenici. Acizii naftenici sînt materii prime din care se sintetizează emulgatori de bună calitate, dar sînt deficitari, fiind utilizați și în alte domenii. De aceea, pe viitor se preconizează utilizarea acizilor grași sintetici, avînd numărul de atomi de carbon cuprins între 19...22, chiar mai mare de 22, înlocuindu-se astfel acizii naftenici, care sînt materii deficitare.

## 2.2. FENOMENUL DE RUPERE SI DE ADEZIVITATE AL EMULSIEI BITUMINOASE.

Fenomenul de rupere a emulsiei bituminoase poate avea loc prin introducerea unui acid sau a unei baze în exces. Introducerea acestor substanțe produce neutralizarea ionilor care înconjoară micellele de bitum și anihilează astfel efectul lor protector, ceea ce permite aderarea bitumului la agregate.

Ruperea emulsiilor bituminoase poate fi determinată și de alți factori, dar pentru specialiștii de drumuri este interesant, în primul rînd, în ce fel se produce ruperea la contactul cu materialele pietroase.

Din literatura de specialitate /43/ și din studiile efectuate s-a constatat că au loc mai multe fenomene care determină ruperea emulsiei bituminoase la contactul cu agregatele.

### 2.2.1. Ruperea emulsiei bituminoase prin evaporarea apei.

Apa se separă în peliculă subțire la suprafața agregatului și determină o concentrare a peliculelor de bitum. Acest fenomen determină creșterea forțelor de atracție moleculară, care depășesc forțele de respingere electrostatică. Fenomenul ce are loc este redat în figura 2.2.

Pe de altă parte, prin evaporarea apei, alcalinitatea



sau aciditatea emulsiei bituminoase crește și depășind o anumită limită produce ruperea emulsiei bituminoase, fenomen redat în figura 2.3.

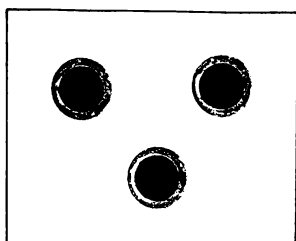


Fig.2.2. Răspîndirea particulelor de bitum (atracție moleculară, repulsie electrostatică).

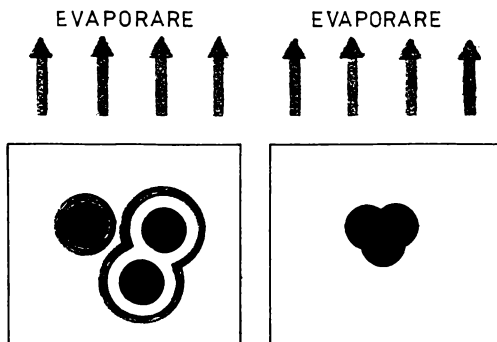


Fig.2.3. Creșterea alcalinității sau acidității.

Însă acest fenomen singur nu explică ruperea emulsiei bituminoase, deoarece el are loc numai la suprafața ce vine în contact cu aerul, formînd pe suprafață o peliculă de bitum, ca o crustă etanșă, ce împiedică ruperea emulsiei bituminoase în straturile inferioare.

Pe de altă parte, fenomenul de evaporare a apei explică în parte mecanismul de rupere a emulsiei bituminoase, însă nu explică mecanismul de adezivitate.

### 2.2.2. Ruperea emulsiei bituminoase prin reacție.

În prezența fazei apoase a emulsiei bituminoase, materialul pietros produce o ionizare superficială. Dacă între materialul pietros și emulgator este posibilă o schimbare de ioni care să dea naștere la un compus insolubil, are loc fenomenul de rupere a emulsiei bituminoase și, în acest caz, se realizează adezivitatea. Se disting două tipuri de materiale pietroase : alcaline și acide.

#### 2.2.2.1. Ruperea emulsiei bituminoase în prezența materialelor alcaline.

Materialul alcalin tip este calcarul pur /43/, constituit din carbonat de calciu ( $\text{CaCO}_3$ ). În prezența emulsiei bituminoase, carbonatul de calciu, cu toate că este puțin solubil

în apă, se ionizează în faza apoasă.

O parte din cationii  $\text{Ca}^{2+}$  vor fi adsorbiți și vor adera la suprafața materialului alcalin, din cauza afinității lor față de anionii  $\text{CO}_3^{2-}$ , restul cationilor  $\text{Ca}^{2+}$ , cât și anionii  $\text{CO}_3^{2-}$ , vor pătrunde în interiorul fazei apoase, rămânând mobili.

În cazul emulsiei bituminoase cationice, materialul calcaros va fi atacat de acidul conținut în faza apoasă și se va forma clorura de calciu solubilă, care se răspândește în masa amestecului.

Vom avea deci, particule de bitum încărcate pozitiv și materialul alcalin acoperit cu anioni  $\text{CO}_3^{2-}$ .

Ruperea prin reacție a emulsiei bituminoase cationice este prezentată în figura 3.4.

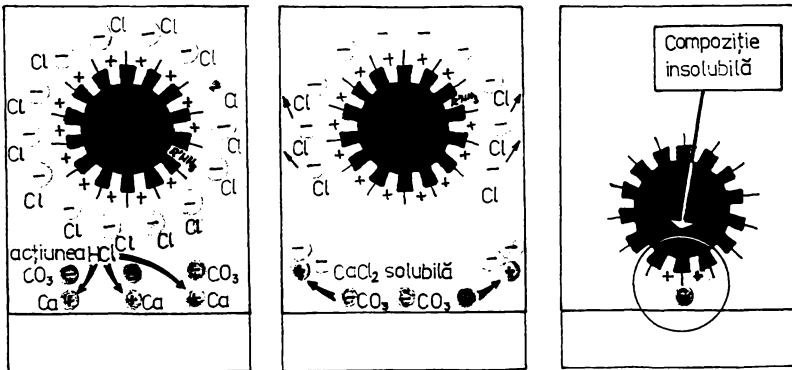
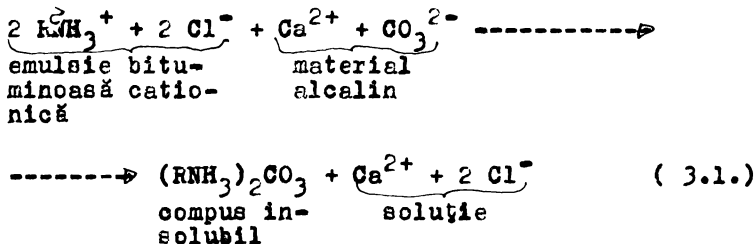


Fig.3.4. Ruperea prin reacție a emulsiei bituminoase cationice.

Ecuatia reacției chimice ce are loc este următoarea :



Particulele de bitum atrase de materialul alcalin, produc ruperea emulsiei bituminoase însoțită de fenomenul de adezivitate, datorită formării sării insolubile de carbonat

de amină, veritabil ciment între materialul calcaros și bitum.

### 2.2.2.2. Ruperea emulsiei bituminoase în prezența materialelor acide.

Materialul acid tip este o silice pură sau un silicat. În prezența fazei apoase a emulsiei bituminoase au loc fenomene de ionizare mult mai complexe /43/ decât cele petrecute în cazul materialelor calcaroase.

De exemplu, considerînd cazul pur teoretic al acidului ortosilicic ( $\text{SiO}_4\text{H}_4$ ) se poate spune că :

- anionii  $\text{SiO}_4^{4-}$  sînt adsorbiți, cu aderență puternică, la suprafața materialului ;

- cationii  $\text{H}^+$  sînt adsorbiți de apă.

În prezența unui material acid, particulele de bitum ale emulsiei bituminoase cationice, încărcate pozitiv, vor fi atrase de ionii  $\text{SiO}_4^{4-}$ , încărcate negativ, care acoperă materialul.

Centura protectoare de anioni  $\text{Cl}^-$ , care înconjoară fiecare particulă, va fi neutralizată de cationii  $\text{H}^+$ . Fenomenele ce au loc sînt prezentate în figura 3.5.

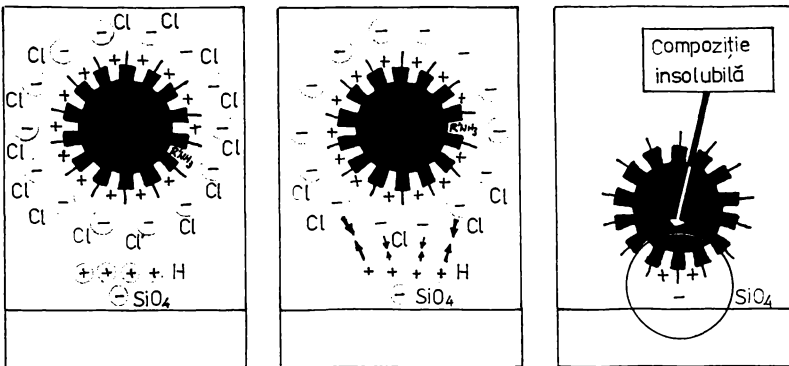
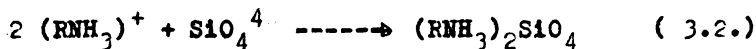


Fig.2.5. Ruperea prin reacție a emulsiei bituminoase cationice în mediu acid.

Ecuția reacției chimice ce are loc este următoarea:



Se va produce astfel ruperea emulsiei bituminoase și adesiivitatea între bitum și materialul acid, datorită for-

mării unui compus insolubil.

Experiența /146/ a demonstrat că acest ciment se formează aproape instantaneu.

Din cele prezentate rezultă că emulsia bituminoasă cationică prezintă proprietatea de a adera atât la materialele alcaline, cât și la materialele acide, deci are o adezivitate polivalentă /147/.

Rapiditatea formării complexului insolubil obținut cu emulsia bituminoasă cationică este un alt motiv pentru care este preferată atunci când există riscul de dezanrobare, pe timp umed și rece, în cazul traficului intens, imediat după punerea în operă /138,15/.

### 2.3. CARACTERISTICILE EMULSIEI BITUMINOASE UTILIZATA IN DIFERITE TEHNOLOGII RUTIERE.

Emulsiile bituminoase întrebuintate în sectorul rutier trebuie să aibă anumite caracteristici /102/, care au o mare importanță în reușita lucrărilor rutiere.

Cele mai importante caracteristici ale emulsiilor bituminoase se referă la :

- conținutul de bitum ;
- vâscozitatea și
- stabilitatea lor.

Conținutul de bitum influențează stabilitatea la stocare, vâscozitatea, viteza de rupere și capacitatea de anrobare a agregatelor, mai ales a celor fine.

Vâscozitatea emulsiei bituminoase poate fi influențată de mai mulți factori, cum sînt:

- conținutul de bitum;
- vâscozitatea fazei dispersante;
- temperatură și
- omogenitatea emulsiei bituminoase.

Vâscozitatea emulsiilor bituminoase crește rapid, odată cu creșterea conținutului de bitum, dar peste o anumită valoare a conținutului de liant (66 %) vâscozitatea variază relativ puțin cu creșterea procentului de bitum. S-a constatat însă, că natura bitumului, precum și calitatea emulgatorului produc variații considerabile ale vâscozității, ceea ce face ca prepararea emulsiilor bituminoase foarte

concentrate să devină o problemă delicată.

De asemenea, viscozitatea emulsiilor bituminoase crește odată cu creșterea viscozității fazei dispersante. Viscozitatea fazei dispersante nu este, așa cum s-ar putea crede, /92/, egală cu a apei, ci depinde de natura și de procentul de emulgator, introdus în faza dispersantă. Astfel, emulgatorul poate favoriza formarea gelurilor care măresc viscozitatea fazei dispersante /79/, deci a emulsiei bituminoase.

Din studiile efectuate /78/ s-a constatat că viscozitatea emulsiilor bituminoase este susceptibilă la variații de temperatură, cum reiese și din figura 2.6.

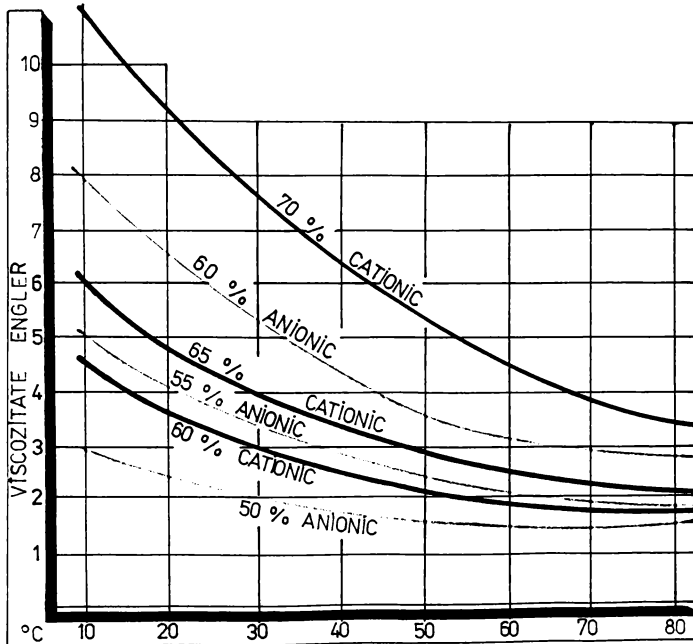


Fig.2.6. Variația viscozității emulsiilor bituminoase în funcția de temperatură.

De aceea, când ne referim la viscozitatea emulsiei bituminoase trebuie să precizăm și temperatura la care s-a determinat viscozitatea.

Viscozitatea emulsiilor bituminoase variază în funcție de conținutul de bitum, la temperatura de 20 °C, conform datelor prezentate în tabelul 3.2.

De remarcă este că în alegerea emulsiilor bituminoase

se ia în considerare și viscozitatea lor.

Viscozitatea emulsiilor bituminoase în funcție de conținutul de bitum. Tabelul 3.2.

Conținutul de bitum (%)	Viscozitatea în °E la 20°C
50	2,2...4,0
55	4,0...8,0
60	7,0...12
65	10,0...15

Din datele prezentate în tabelul 3.2. rezultă influența conținutului de bi-

tum asupra viscozității emulsiilor bituminoase.

Ținând cont de cele prezentate mai înainte rezultă că pe timp călduros se vor folosi emulsiile bituminoase cu 65 % bitum, având viscozitatea mai mare de 12 °E la 20 °C, pentru ca la 40 °C, respectiv la 60 °C, viscozitatea să fie mai mică de 10 °E.

Cunoașterea influenței temperaturii asupra viscozității are o mare importanță, în sensul că, putem folosi și emulsiile bituminoase viscoase măbind temperatura, care determină scăderea viscozității, ceea ce permite răspîndirea emulsiei bituminoase cu utilajele de care dispun șantierele.

Un alt factor care influențează viscozitatea emulsiei bituminoase este omogenitatea sa

Emulsiile bituminoase sînt alcătuite din particule de bitum al căror diametru mediu variază între 1 și 5  $\mu$ . O anumită proporție de particule cu diametrul mai mic de un micron, este antrenată în mișcarea browniană, favorizînd menținerea bitumului în suspensie în faza dispersantă. Particulele mai mari de 10  $\mu$  și mai ales particulele cu dimensiuni foarte mari, sferice sau nu, prezintă o tendință clară de sedimentare și din această cauză sînt susceptibile de a obtura rampele și orificiile de răspîndire.

Calitatea unei emulsii bituminoase se caracterizează și prin stabilitatea la depozitare și transport, timp îndelungat, fără separarea componentelor, adică fără a avea loc o sedimentare a bitumului.

Viteza de sedimentare (V) este guvernată de legea lui

Stokes :

$$V = \frac{2}{9} g \frac{r^2 (\rho_1 - \rho_2)}{\eta} \quad (2.3.)$$

în care:

- V este viteza de sedimentare ;
- $\rho_1$  - densitatea fazei dispersate;
- $\rho_2$  - densitatea fazei dispersante ;
- r - raza particulei de bitum ;
- g - accelerația gravitațională ;
- $\eta$  - vâscozitatea fazei apoase.

Viteza de sedimentare este direct proporțională cu diferența dintre densitatea fazei dispersate (bitum) și cea a fazei dispersante (apa) și cu pătratul razei particulei de bitum, și invers proporțională cu vâscozitatea fazei apoase.

Pentru a obține o stabilitate la stocare satisfăcătoare, este necesar ca densitatea componentilor să fie puțin diferită. Acest fenomen explică de ce emulsiile bituminoase obținute cu bitum D 181/200 1/10 mm au o stabilitate mai bună decât cele obținute cu bitumuri mai dure, având penetrația 51/80 1/10 mm sau 41/50 1/10 mm, știind că densitatea bitumurilor este invers proporțională cu penetrația lor.

În mod practic, este foarte greu să se acționeze asupra stabilității la stocare prin modificarea densităților celor două faze. Rar se face apel la această posibilitate, căci este într-adevăr dificil să se acționeze asupra densității bitumului fără a-i modifica penetrația.

De asemenea, dacă creșterea densității fazei apoase, prin amestec cu lichide cu densități ridicate, solubile în apă, nu prezintă dificultăți deosebite, trebuie totuși să se țină cont de influența acestor aditivi asupra celorlalte caracteristici sau ai celorlalți componente ai emulsiei bituminoase. Creșterea vâscozității fazei apoase, permite să se acționeze eficient asupra stabilității la stocare. Dar, în acest domeniu trebuie să se acționeze cu prudență și să se evite influența nefastă a unor aditivi asupra vitezei de rupere a emulsiei bituminoase și a adezivității acestora.

Iată de ce, îmbunătățirea stabilității va fi de preferat să se obțină prin mărirea fineței de dispersie, adică printr-o micșorare a parametrului "r", raza particulelor de bitum.

Variația vitezei de sedimentare în funcție de raza particulei de bitum este prezentată în figura 2.7.

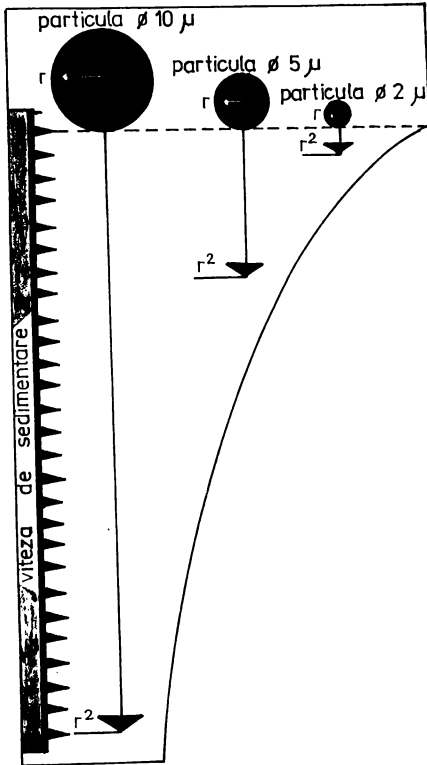


Fig.2.7. Viteza de sedimentare

Diametrele particulelor sînt în general cuprinse între  $1...5\mu$ , peste  $5\mu$  stabilitatea emulsiilor bituminoase lasă de dorit, iar peste 10 rezistența la stocare, este aleatoare, exceptînd cazul cînd cele două faze au aceeași densitate.

O emulsie bituminoasă se consideră de bună calitate dacă poate fi stocată mai multe luni fără riscul de a se produce sedimentarea, iar o simplă agitare, repune în suspensie particulele de bitum, care s-au adunat pe fundul recipientului de stocare. Totuși, se recomandă, în măsura în care este posibil, să se folosească emulsiile bituminoase într-un timp scurt de la prepararea lor, evitînd formarea de depuneri.

### 2.3.1. Unele aspecte legate de stabilitatea și ruperea emulsiilor bituminoase.

Stabilitatea emulsiei bituminoase este, în general, aptitudinea ei de a rezista la rupere și la coagulare.

Important este de a se indica despre ce stabilitate este vorba : o emulsie bituminoasă este stabilă la stocare de scurtă durată sau de lungă durată, stabilă față de electroliți, față de agregatele naturale, stabilă la căldură sau la frig.

Din studiile efectuate / 78/, s-a ajuns la concluzia că există mai mulți factori care influențează stabilitatea emulsiilor bituminoase, factori de care trebuie să se țină seama la prepararea, depozitarea și stocarea lor.



Cei mai importanți factori, care influențează stabilitatea emulsiilor bituminoase, sînt :

- mișcarea browniană ;
- duritatea apei ;
- concentrația fazei dispersate ;
- vîscozitatea emulsiei bituminoase ;
- Temperatura ;
- pH-ul fazei dispersante.

• Mișcarea browniană este un factor esențial în coagularea emulsiei bituminoase, fiind efectul bombardării unei particule dispersate de către particulele din mediul de dispersie. Mișcarea devine foarte intensă cînd particulele au un diametru sub  $1/2 \mu$ , fiind de 50 de ori mai rapidă decît fenomenul de sedimentare.

Mișcarea browniană este unul din elementele ruperii emulsiei bituminoase, deoarece două globule animate de viteze contrare se pot întîlni astfel încît, sub șoc repulsiile electrostatice nu pot împiedica contactul direct și produc coalescența globulelor.

Emulsiile bituminoase, după punerea în operă, coagulează începînd de la o anumită concentrație; în acest caz, posibilitatea de întîlnire a două globule se multiplică, mecanismul ducînd la ruperea emulsiei bituminoase. Acest mod de rupere prin evaporare este normal, dar există și altul, ruperea prin contact cu agregatele.

În acest caz, bitumul din faza continuă este adsorbit de agregat, faza continuă sîrdește în bitum și pentru a menține echilibrul o parte din bitumul adsorbit la suprafața granulelor este reluat de faza dispersantă, producîndu-se fenomenul de floclare totală al emulsiei bituminoase.

• Apa, prin duritatea sa, marcată prin gradul hidrometric, constituie o altă cauză a instabilității emulsiei bituminoase. O apă dură poate transforma 2 g emulgator/L în săpun de calciu hidrofob. Dar, cantitatea de emulgator este sub 1 %, adică 10 g/L. O apă dură face să se piardă 20 % din emulgatorul utilizat, care este costisitor, iar pe de altă parte condițiile de stabilitate devin precare.

De asemenea, trebuie să se țină seama de activitatea microorganismelor din apă, asupra emulgatorului. Protecția se obține prin antiseptice care au o acțiune antiparazitară.

Microorganismele sînt teoretic exterminate la fabricarea emulsiei bituminoase, deoarece apa este încălzită la 50...60 °C, iar liantul la 140...150 °C.

. Concentrația fazei dispersate este una din cauzele frecvente de instabilitate a emulsiilor bituminoase. Nu există concentrație limită, totul depinde de alegerea emulgatorului, de conținutul acestuia și de modul de preparare. Este posibil să se prepare emulsii de benzen și de săpun în apă, astfel încît concentrația benzenului să atingă 99 %. Într-o astfel de emulsie, globulele nu mai sînt sferice, ci poliedrice și, deși benzenul și apa sînt două lichide foarte mobile, emulsia are consistența unui solid.

Totuși, pentru ca faza dispersată să rămînă sub formă de globule sferice, se poate calcula concentrația în faza dispersată, care nu trebuie să depășească 74 %, în care caz, diferite globule vin doar în contact fără să se comprime.

Praotic, s-a constatat /78/ că pentru majoritatea emulsiilor, stabilitatea începe să descrească din momentul în care concentrația în faza dispersată depășește 74 %. Acest lucru se datorează contactului particulelor din ce în ce mai mic și deformației forțelor în contact, unde cuburile se modifică într-un sens defavorabil stabilității.

Trebuie menționat faptul că, emulsiile bituminoase, care sînt foarte diluate, nu sînt întotdeauna foarte stabile.

Zona de stabilitate maximă a emulsiilor bituminoase este cuprinsă între 50...55 % concentrație în faza globulară. La emulsiile bituminoase cu mai puțin de 40 % concentrație în bitum, sau peste 60 % bitum, stabilitatea descrește.

. De asemenea, stabilitatea emulsiilor bituminoase este influențată de vîscozitatea lor /79/, care depinde de trei factori :

- vîscozitatea fazei dispersante ;
- raportul volumelor fazelor ;
- dimensiunea particulelor de bitum.

Vîscozitatea fazei dispersante este factorul esențial al vîscozității emulsiei bituminoase și factorul asupra căruia se poate acționa cel mai ușor.

Doar raportul fazelor dispersantă și dispersată este

unul din factorii care acționează asupra vîscozității emulsiei bituminoase, trebuie menționat că dimensiunea particulei globulare dispersate are de asemenea o influență asupra stabilității. Experiența a dovedit /143/ că, o emulsie bituminoasă foarte fină este mai vîscoasă decît una grosieră. Acest fapt se datorează fenomenului de solvare a particulei, adică de fixare a apei la periferia globulei.

. Din studiile efectuate /79/ a reieșit că emulsiile bituminoase sînt sensibile la căldură din punct de vedere al stabilității. O temperatură ridicată poate modifica stabilitatea unei emulsii bituminoase în mai multe feluri: pe de o parte căldura diminuează vîscozitatea fazei dispersante, particulele devin mai mobile și coliziunile mai brutale și mai frecvente. Stabilitatea se diminuează la încălzire și are loc ruperea emulsiei bituminoase. Pe de altă parte, creșterea temperaturii modifică emulgatorul, mai ales cînd este vorba de coloizi a căror peptizare crește cu căldura. Săpunurile dau soluții coloidale groase fixînd apa și formînd complexe hidratate. Dar, dacã crește temperatura, complexele formate sînt distruse și moleculele de săpun devin libere în apă, iar eficiența lor ca emulgator scade.

Scăderea temperaturii sub 0 °C afectează stabilitatea emulsiei bituminoase. Prin efectul înghețului apa suferă o dilatație de 10 % și de aceea se exercită o presiune considerabilă asupra sistemului emulsiei bituminoase, care poate duce la deteriorarea interfețelor. Deseori, apa îngheață cu formare de microcristale cu muchii vii care perforază pelicula protectoare.

Pe de altă parte, are loc fenomenul de solvatare, apa formînd complexe hidratate. Cînd apa îngheață, ea este eliminată din complexul hidratat și la dezgheț același complex nu se reface corect, emulsia bituminoasă coagulează de la începutului înghețului.

. Variația pH-ului fazei dispersante are o influență esențială asupra stabilității. Adăugînd o bază într-o emulsie bituminoasă cationică, globulele încărcate pozitiv își neutralizează progresiv sarcinile cu ioni negativi proveniți din disocierea bazei ( $\text{OH}^-$ ), în exces /78; 79; 143/.

Decarece stabilitatea este una din caracteristicile importante ale emulsiilor bituminoase cationice, folosite

în sectorul rutier, rezultă necesitatea de a lua în considera-  
re, la prepararea, depozitarea și punerea în operă, toți fac-  
torii care au o influență mai mare sau mai mică asupra acestora. †

#### 2.4. TEHNOLOGIA DE PREPARARE A EMULSIEI BITUMINOASE CATIONICE.

Criza de energie și penuria de combustibili au făcut ca atenția specialiștilor, din domeniul rutier, să se îndrepte spre introducerea unor tehnologii cu execuția la rece /143; 153; 156/, folosind ca liant emulsia bituminoasă cationică.

În acest scop, Direcția Regională Drumuri și Poduri (D.R.D.P.) Timișoara, din inițiativa și cu participarea autorului, a proiectat și construit în regie, în anul 1983, o instalație pentru prepararea emulsiei bituminoase cationice cu rupere rapidă, semilentă și lentă, la Săcălaz.

Procesul tehnologic de fabricare constă în dispersarea mecanică a bitumului în apă, într-o moară coloidală, în prezența unui emulgator.

În timpul fabricării temperatura bitumului este de 140...150 °C, iar a fazei apoase (apă, emulgator și acid) de 50...60 °C, astfel încât suma temperaturilor celor doi componenți să nu depășească 200 °C. Orice depășire de temperatură ar conduce la apariția unei spumări intense a bitumului, ceea ce ar impune întreruperea procesului de fabricație a emulsiei bituminoase, până la restabilirea temperaturilor optime ale celor două faze /106; 153/. Cele prezentate constituie observațiile constatate în timpul fabricării emulsiei bituminoase la stația de la Săcălaz.

##### 2.4.1. Condițiile tehnice ale materialelor componente.

Din constatările făcute la prepararea emulsiei bituminoase cationice, la stația de la Săcălaz, a rezultat că este deosebit de important, ca înainte de a începe fabricarea emulsiei bituminoase, să se verifice dacă materialele, ce intră în componență, îndeplinesc condițiile tehnice stabilite prin caietul de sarcini.

În continuare se prezintă condițiile tehnice pe care trebuie să le îndeplinească următoarele materiale: bitumul, apa, emulgatorul și acidul clorhidric.

Pentru fabricarea emulsiei bituminoase cationice s-a folosit un bitum tip D 81/120, care a avut următoarele caracteristici prezentate în tabelul 2.3., caracteristici ce îndeplinesc condițiile tehnice prevăzute în caietul de sarcini.

Caracteristicile bitumului folosit la prepararea emulsiei bituminoase.

Tabelul 2.3.

Caracteristici	U.M.	Bitum D 81/120
- punct de înmuiere, inel și bilă	°C	43...49
- penetrația la 25 °C	1/10 mm	81...120
- ductilitatea : . la 0 °C, min.	cm	1,5
- ductilitatea la 25 °C min.	cm	100
† punct de rupere Fraass, maxim	°C	- 15
- punct de inflamabilitate M, min.	°C	250
- stabilitatea prin încălzire la 163 °C, timp de 5 ore : pierdere de masă, max.	%	0,4
. scăderea penetrației inițiale la 25 °C, max.	%	25
- densitate la 15 °C, min.	kg/m <sup>3</sup>	992
- asfaltone, min.	%	60

Apa folosită a fost de la rețeaua de apă potabilă.

Pentru fabricarea emulsiei bituminoase cationice s-a utilizat emulgatorul românesc de tipul RN și RN<sub>2</sub>, livrat de fabrica "Detergentul" Timișoara.

Acidul clorhidric utilizat a fost un acid tehnic cu o concentrație de 37 %, produs de Intreprinderea Chimică Râmnicu - Vlcea.

#### 2.4.2. Tipurile și caracteristicile emulsiilor bituminoase cationice fabricate la Săcălaz.

La instalația de preparare a emulsiei bituminoase, de la Săcălaz, s-au obținut mai multe tipuri de emulsii bituminoase cationice, care după modul de comportare față de agregatele naturale și respectiv al posibilităților de folosire, se pot clasifica astfel :

- emulsii bituminoase cationice cu rupere rapidă, pentru executarea tratamentelor bituminoase, bedijonări, amoreări, preanrobări de criblură și pietriș, penetrări și pelicule bituminoase ;

- emulsii bituminoase cationice cu rupere semilentă și lentă pentru producerea mixturilor asfaltice cu execuția la rece.

Emulsiile bituminoase cationice, preparate la Săcălaz, îndeplinesc caracteristicile prevăzute de STAS-ul în vigoare și cele din caietul de sarcini elaborat de INCERTRANS București /177, 178 /, caracteristici prezentate în tabelul 2.4.

Tipurile și caracteristicile emulsiei bituminoase cationice fabricată la Săcălaz. Tabelul 2.4.

Caracteristici	U.M.	Emulsie bituminoasă cationică cu rupere:		
		rapidă <sup>x</sup>	semilentă <sup>xx</sup>	lentă <sup>x</sup>
Reziduu bituminos, minim	%	58	56	53
Viscozitatea Engler la 20 °C	°E	7..15	3..15	-
Omogenitatea: rest pe sita cu țesătură de sîrmă de 0,63, STAS 1 077-67, max.	%	0,5	0,5	0,5
Stabilitatea la depozitare, rest pe sita de 0,63 mm, STAS 1 077-67, după 7 zile, max.	%	0,5	0,5	0,5
Stabilitatea la transport, rest pe sita de 0,63 mm, STAS 1 077-67, max.	%	0,5	0,5	0,5

x - caracteristici conform STAS 8 877-72;

xx - caracteristici conform caietului de sarcini elaborat de INCERTRANS București.

### 2.4.3. Compoziția emulsiei bituminoase cationice.

La prepararea emulsiei bituminoase cationice cu rupere rapidă, semilentă și lentă s-au folosit următoarele dozaaje prezentate în tabelul 2.5.

Compoziția emulsiei bituminoase cationice preparată la Săcălaz. Tabelul 2.5.

Compoziții	U.M.	Emulsie bituminoasă cationică cu rupere:		
		rapidă	semilentă	lentă
Bitum	%	58	55	57
Emulgator RN <sub>2</sub>	%	0,5	1,2	2,2
Acid clorhidric 37 %	%	0,5	1,5	2,0
Apă	%	41	42,3	38,8

Verificarea tipului de emulsie bituminoasă cationică s-a făcut prin determinarea indicelui de rupere, folosind metoda cu filer silicios /153/. Principiul metodei constă în adăugarea filerului silicios într-o cantitate cunoscută de emulsie bituminoasă pînă la ruperea completă a ei, respectiv pînă la momentul în care amestecul se desprinde de recipient.

În 100 g emulsie bituminoasă s-au introdus, cu o viteză de 0,2...0,3 g/s filer silicios, apoi s-a malaxat pînă la ruperea emulsiei bituminoase. Cunoșcînd cantitatea de emulsie bituminoasă și cantitatea de filer silicios, s-a calculat indicele de rupere cu ajutorul relației :

$$I_r = \frac{F}{E} \times 100 \quad (2.4.)$$

unde:

$I_r$  este indicele de rupere al emulsiei bituminoase;

$F$  - masa filerului silicios, în grame ;

$E$  - masa emulsiei bituminoase, în grame.

După valoarea indicelui de rupere emulsiile bituminoase cationice se pot clasifica astfel:

- cu rupere rapidă, avînd  $I_r < 80$  ;
- cu rupere semilentă, cînd  $80 \leq I_r \leq 120$  ;
- cu rupere lentă avînd  $I_r > 120$ .

#### 2.4.4. Instalația pentru prepararea emulsiei bituminoase cationice.

Instalația, construită în anul 1983 la Săcălaz, în regi, pentru producerea emulsiei bituminoase cationice, asigură necesarul de emulsie bituminoasă pentru sectorul rutier din partea de sud - vest a țării. Instalația, prezentată în figura 2.8., cuprinde următoarele părți componente:

- rezervoare pentru stocarea materiilor prime : bitum, emulgator, acid clorhidric și apă ;
- rezervoare pentru prepararea fazei apoase ;
- sistem de încălzire a componentilor la temperatura prescrisă ;
- dispozitiv pentru dozarea componentilor ;
- moară coloidală pentru depozitarea, stocarea și distribuirea emulsiei bituminoase cationice ;
- instalație de încălzire ;

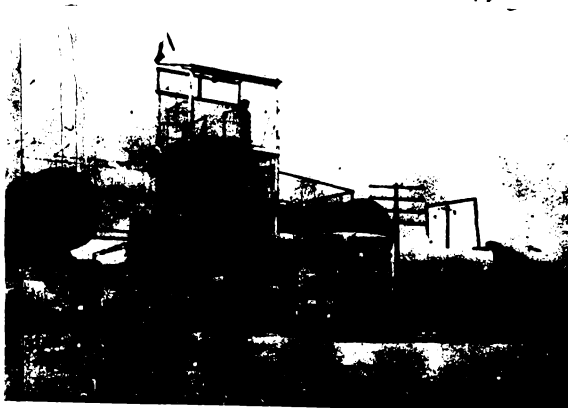


Fig. 7.8. Ansamblul instalației, pentru prepararea emulsiei bituminoase cationice, de la Săcălaz.

tor unități de drumuri.

Aproape întreaga cantitate de emulsie bituminoasă preparată se folosește pentru executarea tratamentelor bituminoase și a amestecurilor asfaltice cu execuția la rece.

#### 2.4.4.1. Recepția și depozitarea materiilor prime.

Bitumul se verifică permanent din punct de vedere calitativ, menționându-se faptul că este foarte important a se determina penetrația, care la 25 °C trebuie să fie mai mare de 81 1/10 mm. Bitumul se primește în vagoane cisternă sau se aprovizionează direct de la rafinărie, cu autocisterne.

Apă utilizată a fost potabilă, din rețeaua de distribuție a apei potabile.

Emulgatorul utilizat este produs de Intreprinderea "Detergentul" Timișoara, cunoscut sub denumirea comercială de RN sau RN<sub>2</sub>, fiind o poliemină trietil-tetraamină. Aceasta se prezintă ca o pastă de consistență normală, de culoare brun-verzui, depozitată în butoaie.

Acidul clorhidric este un acid tehnic cu un conținut de 30...37 % HCl. Manipularea acestuia cere foarte multe precauții datorită faptului că este toxic, coroziv și poate produce accidente prin scurgerea lui. Pentru depozitare se folosesc vase rezistente la coroziune, de tipul oțelurilor anticorozive, a polistirenului stratificat sau a vaselor din fibră de sticlă.

- laboratorul pentru controlul calității emulsiei bituminoase cationice obținute.

În general, producția instalației este de 5 000...7 000 t/an, cantitate utilizată în întregime la nivelul D.R.D.P. Timișoara, pentru diferite lucrări, având posibilitatea de a mări producția în funcție de solicitările al-



#### 2.4.4.2. Fabricarea emulsiei bituminoase cationice.

Fabricarea emulsiei bituminoase cuprinde următoarele operații :

- pregătirea celor două faze, faza liant și faza apoasă, precum și

- producerea propriu-zisă a emulsiei bituminoase.

Pregătirea fazei liant a constat în aducerea bitumului la temperatura de 140...150 °C.

Faza apoasă se prepară prin introducerea în vasul de agitare a emulgatorului încălzit și a acidului clorhidric, dozate volumetric, adăugându-se și o cantitate mică de apă pentru a evita o reacție violentă. Soluția concentrată este agitată mecanic și apoi refulată într-unul din vasele destinate acestui scop, unde se diluează cu apă obținându-se astfel soluția diluată de emulgator. Soluția diluată este adusă la temperatura de 50...60 °C, pentru ca împreună cu liantul, la ieșirea din moara coloidală, emulsia bituminoasă să aibe temperatura de circa 90 °C.

Schematic, fabricarea emulsiei bituminoase este prezentată în figura 2.9.

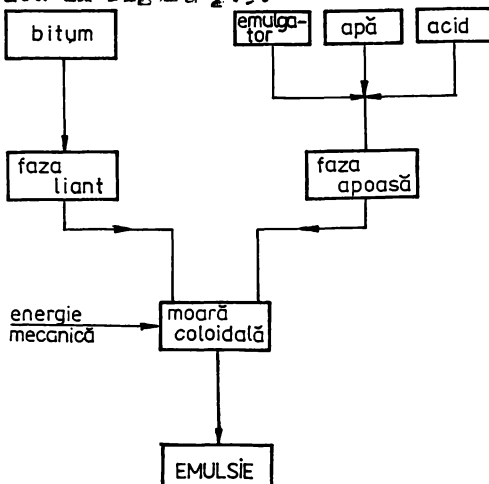


Fig.2.9. Scheme fabricării emulsiei bituminoase.

Moara coloidală este cea care realizează dispersia fină a liantului în faza apoasă, A fost proiectată și construită în atelierul mecanic al Secției Utilaj Greu Transport Tehnologic (S.U.G.T.F.) Timișoara, după un model pus la dispoziție de D.J.D.P. Buzău. La Săcăleț s-au pus în funcție două mori coloidale cu capacitatea de 5 m<sup>3</sup>/h

fiecare. Caracteristica esențială a morii coloidale este distanța între stativ și rotor, de care depinde finețea emulsiei.

În tabelul 2.6. este prezentată corelația între această distanță și diametrul globulei de bitum din emulsia bituminoasă.

Diametrul mediu al particulei de bitum în funcție de distanța dintre stator și rotor. Tabelul 2.6.

Distanța dintre stator și rotor, în mm	0,5	2	4	6
Diametrul mediu, în $\mu$	5,2	6,0	10,4	25,5

Procesul tehnologic urmărit cu deosebită atenție, a asigurat respectarea dozejelor și a temperaturilor prescrise.

Dimensiunile particulelor de bitum depind și de viteza de rotație. Cu cât viteza de rotație a morii coloidale este mai mare cu atât dimensiunea particulei de bitum este mai mică.

Influența vitezei de rotație a morii coloidale asupra dimensiunii granulei de bitum este prezentată în tabelul 2.7.

Diametrul mediu al particulei de bitum în funcție de viteza de rotație. Tabelul 2.7.

Viteza de rotație în ture/minut	4 800	4 500	4 020	2 000
Diametrul mediu, în $\mu$	5,50	7,40	8,20	12

Din cele prezentate în tabelele 2.6. și 2.7., rezultă că, la obținerea unei emulsii bituminoase de calitate bună, un rol important îl au caracteristicile morii coloidale și anume, distanța dintre stator și rotor să fie cuprinsă între 0,5... ..4,0 mm, iar viteza de rotație să fie mai mare de 4 500 rotații/minut.

Alimentarea morii coloidale. Deoarece morile coloidale funcționează continuu este necesar ca dozarea celor două faze, liant și faza apoasă, să fie astfel reglată încât, să asigure realizarea unei emulsii bituminoase de calitate superioară.

Sistemul de reglare practicat la instalația de la Săcălaz este prezentat în figura 2.10.

Vanele de reglare permit reglarea curgerii fiecărei faze. Vana de reglare joacă ea însăși rolul unui orificiu calibrat în raport cu cuva de stocare, cuvă în care nivelul liantului variază. Se menționează că acest inconvenient se remediază punând între cuva de stocare și vana de reglare un vas tampon alimentat printr-un robinet. În acest vas tampon, nivelul este constant și debitul fazelor este reglat, asigurând astfel producerea unei emulsii bituminoase cu un conținut constant de bitum. Alimentarea morii coloidale este urmărită cu multă atenție și

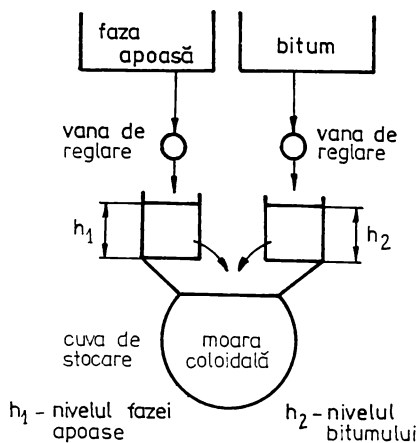


Fig. 2.10. Schema de reglare a fazelor.

te și cu oisterne pe calea ferată.

Umplerea și golirea oisternelor se realizează cu un sistem de compresie - decompresie 1106; 138; 153 /.

#### 2.4.4.3. Stocarea și livrarea emulsiei bituminoase.

Emulsiile bituminoase fabricate la Săcălaz sînt livrate imediat sau stocate în rezervoare de depozitare, figura 2.11.

Transportul emulsiilor bituminoase se face cu autocamioane pînă la locul unde urmează să fie folosite, însă pot fi transportate

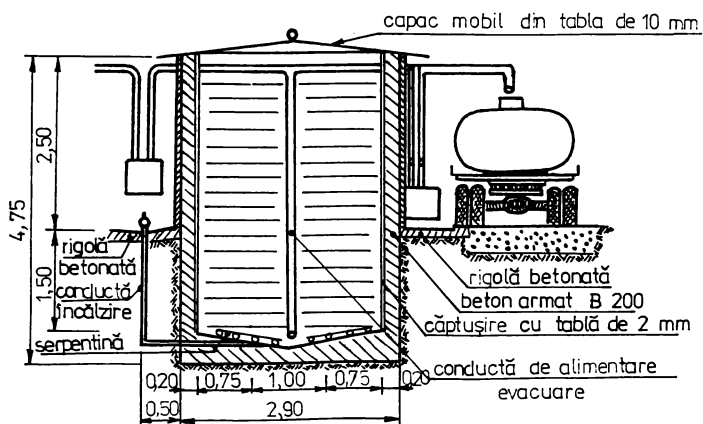


Fig. 2.11. Stocarea emulsiilor bituminoase.

Depozitarea emulsiei bituminoase se face în rezervoare metalice, montate pe verticală, legate între ele prin conducte și cu posibilități de recirculare a emulsiei bituminoase. La partea inferioară, fiecare rezervor are un capac care asigură curățirea interioară a rezervorului la un anumit interval de timp.

#### 2.4.4.4. Controlul de calitate efectuat de laboratorul de șantier.

Laboratorul șantierului are ca sarcină obligatorie să execute controlul de calitate atât asupra materialelor componente, cât și asupra emulsiei bituminoase preparate.

Controlul de calitate constă în :

- verificarea materialelor componente (bitum, apă, acid);
- urmărirea procesului tehnologic ;
- examinarea emulsiilor bituminoase obținute.

. Verificarea materialelor componente se referă la determinarea caracteristicilor bitumului, apei, acidului și emulgatorului.

Bitumul utilizat la prepararea emulsiei bituminoase a avut caracteristicile menționate în tabelul 2.3. Caracteristicile care s-au determinat la fiecare lot de bitum au fost penetrația și punctul de înmuiere.

Apa s-a verificat în rețea pentru a vedea dacă este apă potabilă.

Emulgatorul s-a verificat la furnizor și s-a ținut cont de caracteristicile înscrise pe certificatul de calitate (mai ales de conținutul de azot).

Acidul clorhidric s-a verificat din punct de vedere al concentrației și în funcție de aceasta s-a adăugat mai mult sau mai puțin în soluția apoasă, pînă la obținerea pH-ului necesar.

. Urmărirea procesului tehnologic este foarte importantă în obținerea unei emulsii bituminoase de calitate bună, în acest sens s-au verificat :

- pH-ul soluției apoase cu ajutorul hîrtiei indicatoare, astfel încît să se înscrie în limitele 2-3;
- temperatura bitumului (140...150 °C) și a soluției apoase (50...60 °C).

. Examinarea calității emulsiei bituminoase cationice, obținute la Săcălaz, a constat în determinarea următoarelor caracteristici:

- conținutul de liant ;
- timpul de rupere a emulsiei ;
- vîscozitatea;

- omogenitatea ;
- stabilitatea la stocaj și transport.

Laboratorul de șantier de la Săcălaz are în dotare reactivii și aparatura necesară verificării calității emulsiilor bituminoase cationice fabricate.

## 2.5. METODE DE VERIFICARE A CALITĂȚII EMULSIEI BITUMINOASE CATIONICE.

Pentru verificarea calității emulsiei bituminoase cationice s-au utilizat metodele clasice /10; 43; 153/ care se referă la :

- conținutul de bitum din emulsia bituminoasă;
- vâscozitatea emulsiei bituminoase ;
- omogenitatea și
- adezivitatea emulsiei bituminoase.

Pe lângă metodele clasice, de verificare a calității emulsiei bituminoase, standardizate în țară, literatura de specialitate /43; 49; 78/ prevede și alte metode care se referă la determinarea:

- stabilității la depozitare;
- încercarea de dezanrobare prin imersare statică ;
- opacitatea emulsiei bituminoase ;
- stabilitatea la îngheț și
- stabilitatea la transport a emulsiei bituminoase.

Tinând cont de importanța acestor încercări referitoare la calitatea emulsiilor bituminoase și având la dispoziție literatura de specialitate / 78; 79 /, autorul a studiat, cercetat și experimentat unele dintre metodele de mai sus, adaptându-le la condițiile existente la noi.

### 2.5.1. Determinarea stabilității la îngheț a emulsiei bituminoase cationice.

Metoda de determinare a stabilității la îngheț a emulsiei bituminoase nu este standardizată la noi în țară, este o metodă franceză /79; 187/, pe care autorul a experimentat-o pe emulsia bituminoasă obținută la Săcălaz.

Încercarea are drept scop de a examina dacă particulele de bitum se aglomerează în timp ce emulsia bituminoasă se supune la variații de temperaturi pozitive și negative.

Metoda este calitativă. Dacă se produce aglomerarea particulelor de bitum se spune că încercarea este pozitivă, adică emulsia bituminoasă nu este stabilă la îngheț. Dacă nu are loc aglomerarea bitumului încercarea este negativă, deci emulsia bituminoasă este stabilă la îngheț.

Încercarea de determinare a stabilității la îngheț a emulsiei bituminoase constă în răcirea, în condiții bine determinate, probei ținută în prealabil la 50 °C. Prezența liantului aglomerat, susceptibil de a rezulta în urma răcirii bruște a probei, este pus în evidență filtrând emulsia bituminoasă printr-o sită de 0,63 mm, care reține liantul aglomerat.

Pentru a executa încercarea de determinare a stabilității s-a folosit următoarea aparatură și substanțe :

- tub de încercare cu lungimea de 20 cm și diametrul inferior de 2,5 cm, prevăzut cu un dop prin care trece un termometru ;
- termometru care permite citirea temperaturii de la 50 °C pînă la -10 °C ;
- vas de 800 cm<sup>3</sup>, formă înaltă ;
- două site de 0,63 mm ;
- gheață zdrobită și
- clorură de sodiu.

Pentru a efectua încercarea proba de emulsie bituminoasă a fost filtrată prin sita de 0,63 mm, apoi s-au efectuat următoarele operații:

- s-a trecut emulsia bituminoasă filtrată în tubul de încercare, pînă la 2/3 din înălțimea sa ;
- s-a fixat termometrul în tubul de încercare, prin intermediul unui dop de plută, avînd în centrul său un orificiu cu același diametru ca și al tijei termometrului ;
- s-a scufundat tubul într-un vas de 800 cm<sup>3</sup>, conținînd apă încălzită la 50 °C; cînd emulsia bituminoasă a avut temperatura de 50 °C, s-a scos tubul și s-a scufundat într-un vas de 800 cm<sup>3</sup>, care conținea gheață ;
- s-a adăugat clorură de sodiu (NaCl) pentru a aduce temperatura băii la -1 °C. S-a amestecat încet emulsia bituminoasă, iar cînd temperatura emulsiei bituminoase a ajuns la 0 °C, s-a retras tubul și s-a introdus imediat într-un vas de 800 cm<sup>3</sup> cu amestec refrigerent, a cărui temperatură a fost cuprinsă între

-3 °C și -4 °C. Tubul cu proba de emulsie bituminoasă s-a menținut în amestecul refrigerent timp de 30 minute, având grijă ca termometrul să nu atingă pereții tubului. După 30 minute s-a scos tubul din amestecul refrigerent și s-a lăsat la temperatura camerei, pînă ce emulsia bituminoasă a luat temperatura mediului ambiant.

Apoi emulsia bituminoasă a fost trecută prin sita de 0,63 mm.

Încercarea s-a considerat pozitivă cînd pe sita de 0,63 mm au fost reținute particule de bitum. În caz contrar, cînd pe sita de 0,63 mm nu au fost reținute particule aglomerate de bitum, încercarea s-a considerat negativă, iar emulsia bituminoasă "stabilă la îngheț".

Schema încercării de determinare a stabilității la îngheț este redată în figura 2.12.

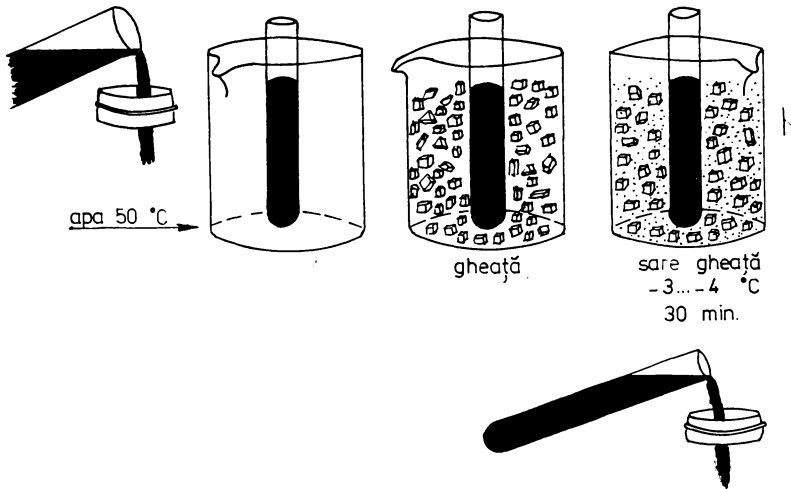


Fig.2.12. Încercarea de stabilitate la îngheț.

Încercările privind determinarea stabilității la îngheț a emulsiei bituminoase preparată la Săcălaz, au arătat că nu este stabilă la îngheț.

De aceea, luînd în considerare că emulsia bituminoasă se folosește și pe timp friguros, la întreținerea drumurilor, autorul a făcut experimentări cu scopul de a obține emulsie bituminoasă rezistentă la îngheț /153 ; 187 /.

## 2.6. EXPERIMENTARI PRIVIND OBTINEREA EMULSIEI BITUMINOASE CATIONICE REZISTENTA LA INGHEȚ "ANTIGEL"

În scopul obținerii unei emulsii bituminoase cationice care să fie utilizată și iarna, la temperaturi negative, autorul a inițiat și realizat experimentări în laborator, pentru a obține emulsii bituminoase rezistente la îngheț (Antigel).

### 2.6.1. Materiale utilizate.

Pentru obținerea emulsiei bituminoase cationice cu rupere rapidă ( E.B.C.R.) "Antigel" s-au folosit următoarele materiale :

- emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă ;
- clorură de sodiu ;
- frigider, care să realizeze temperaturi negative;
- termometru care să măsoare temperaturile negative.

Prepararea emulsiei bituminoase cationice cu rupere rapidă s-a făcut la instalația de la Săcălaz, folosindu-se următorul dozaj :

- bitum D 81/120, adus de la Rafinăria Surplacul de Barcău, în proporție de 60 % ;
- soluție apoasă cu pH-ul = 3, obținută din :
  - . apă potabilă, în proporție de 38,6 % ;
  - . acid clorhidric tehnic, 32 %, în proporție de 0,8 %, produs de Combinatul Chimic Valea Călugărească ;
  - . emulgator RN<sub>2</sub> tip amido-amină, ce are în structură trietilen tetraamină (TETA) și acizi naftenici, în proporție de 0,6 %, produs la Întreprinderea "Detergentul" din Timișoara.

Cu acest dozaj s-a fabricat E.B.C.R. la Săcălaz, care a fost apoi supusă experimentului.

În prealabil, s-au efectuat determinări asupra E.B.C.R., obținându-se următoarele rezultate :

- conținut de bitum : 59,7 % ;
- vâscozitatea Engler: 4,80 °E ;
- timpul de rupere: 3 secunde ;
- adezivitatea la 24 ore : 96 %.



Pentru a coborî temperatura de îngheț a emulsiei bituminoase cationice, s-a utilizat clorura de sodiu, substanță cristalină, incoloră și solubilă în apă.

### 2.6.2. Modul de lucru și rezultatele obținute.

Pentru a obține emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă rezistentă la îngheț s-a procedat astfel :

- într-un recipient de plastic, cu bușon de închidere, cu o capacitate de 500 ml, s-au introdus 95 g emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă și 5 g clorură de sodiu, fin măcinată, la temperatura mediului ambiant ;

- amestecul s-a agitat timp de 5 minute cu un agitator mecanic, cu paletă, pînă ce conținutul din recipient s-a omogenizat ;

- apoi s-a închis recipientul și s-a introdus în congelator, ținindu-se timp de 20 ore ;

- după 20 de ore recipientul s-a scos din congelator și s-a lăsat la temperatura camerei timp de 24 ore.

- după 24 de ore s-a urmărit comportarea E.B.C.R., pentru a vedea dacă a avut loc fenomenul de rupere al emulsiei bituminoase.

Trebuie precizat că în congelator s-au stabilit mai multe praguri de temperaturi negative și pentru fiecare prag s-a utilizat cîte un recipient cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă, cu cîte trei concentrații de clorură de sodiu : 5; 7; 10 %. Pentru fiecare prag de temperatură și concentrație de NaCl în emulsia bituminoasă, procedeul s-a repetat de trei ori.

Rezultatele obținute, în urma experimentărilor efectuate în laborator, sînt prezentate în tabelul 2.7.

Funcție de procentul de NaCl, care s-a folosit , s-au obținut următoarele tipuri de emulsii bituminoase cationice cu rupere rapidă, care pot fi folosite în sezonul rece :

- E.B.C.R.; AGEL - 5 : emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă antigel, ce se poate utiliza pînă la temperaturi de  $-5^{\circ}\text{C}$  ;
- E.B.C.R.; AGEL -10 : emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă antigel, ce se

poate utiliza pînă la  $-10^{\circ}\text{C}$ ;  
 - E.B.C.R.;AGEL -18: emulsie bituminoasă cationică cu  
 rupere rapidă antigel, ce se poate  
 utiliza pînă la  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Comportarea la îngheț a E.B.C.R. în funcție  
 de temperatură și % de NaCl.

Tabelul 2.7.

NaCl %	Prag de temperatură, $^{\circ}\text{C}$	Comportarea E.B.C.R. în timpul con- gelării, 20 h	Comportarea E.B.C.R. du- pă congelare 24 h	Observații
5	-5	nu a înghețat	nu s-a rupt	E.B.C.R.;AGEL-5
5	-10	a înghețat	s-a rupt	-
7	-10	nu a înghețat	nu s-a rupt	E.B.C.R.;AGEL-10
7	-15	a înghețat	s-a rupt	-
10	-18	nu a înghețat	nu s-a rupt	E.B.C.R.;AGEL-18

Cu ocazia încercărilor de laborator, s-a constatat că, viscozitatea emulsiei bituminoase crește odată cu creșterea conținutului de clorură de sodiu. Astfel, pentru E.B.C.R.;AGEL -18 viscozitatea a ajuns la  $8,5^{\circ}\text{E}$ , de la  $7,03^{\circ}\text{E}$  cît a avut E.B.C.R. înainte de a adăuga sarea.

La determinarea omogenității pe sita de  $0,63\text{ mm}$  s-a obținut un reziduu de  $2,8\%$ , care de fapt nu a fost numai emulsie bituminoasă aglomerată ci și sare nedizolvată.

Din această cauză, cercetările au continuat la instalația de la Săcălaz, cînd sarea s-a pus direct în soluția apoasă la  $50...60^{\circ}\text{C}$ , ceea ce a făcut ca sarea să se dizolve complet. Sarea dizolvîndu-se complet, s-a obținut emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă rezistentă la  $-17^{\circ}\text{C}$ , folosind numai  $5\%$  sare.

La instalația de la Săcălaz s-au făcut mai multe experimentări, variînd procentul de sare de la  $1...10\%$  din cantitatea de emulsie bituminoasă.

Emulsia bituminoasă cationică cu rupere rapidă antigel, a fost depozitată în butcaie și folosită în timpul perioadei de iarnă, la repararea îmbrăcăminților bituminoase.

Din experimentările efectuate reiese că se poate obține emulsie bituminoasă cationică rezistentă la temperaturi negative.

## 2.7. STUDII SI EXPERIMENTARI PRIVIND DETERMINAREA STABILITATII LA TRANSPORT A EMULSIILOR BITUMINOASE CATIONICE.

Ca o emulsie bituminoasă să fie de calitate bună trebuie să fie și stabilă la transport.

Ținând cont de faptul că emulsia bituminoasă se transportă la diferite distanțe, mai lungi sau mai scurte, în funcție de locul unde se întrebuintează, autorul a făcut experimentări privind încercarea de determinare a stabilității la transport a emulsiilor bituminoase.

### 2.7.1. Metodă pentru determinarea stabilității la transport a emulsiei bituminoase.

Metoda de determinare a stabilității la transport a emulsiei bituminoase nu este standardizată la noi în țară, dar se menționează în literatura de specialitate /187/.

Încercarea dă posibilitatea de a aprecia comportarea emulsiei bituminoase în timpul transportului. Pentru a evita unele cazuri când este posibil ca emulsia bituminoasă să se rupă în timpul transportului, se impune verificarea calității acesteia de a fi stabilă la transport.

Principiul metodei constă în vibrarea unei cantități date de emulsie bituminoasă, într-un anumit interval de timp, determinându-se apoi restul pe sita de 0,63 mm.

Pentru determinarea stabilității la transport a emulsiei bituminoase cationice sînt necesare următoarele :

- un aparat, prezentat în figura 2.13.;
- trei recipiente de formă cilindrică, din material plastic sau oțel, care se pot închide ermetic, avînd o capacitate de 250 cm<sup>3</sup> ;
- soluție de emulgator 1 % ;
- sită de sîrmă de 0,63 mm.

Pregătirea probei, constă în spălarea vaselor cu benzen, acetonă, apă distilată și apoi uscate. După spălarea vasele sînt clătite cu soluție de emulgator 1 %, lăsîndu-se apoi să se scurgă.

Efectuarea încercării. În fiecare din cele trei vase se

introduc câte 99,1...100,1 g emulsie bituminoasă. Apoi vasele se închid și se introduc în aparatul de încercare.

Funcționarea aparatului este astfel reglată încât, să fie asigurată o mișcare de dute-vino pe orizontală, pe o distanță de 8,0 cm, efectuându-se 130 mișcări pe minut, 65 înainte și 65 înapoi.

Aparatul s-a lăsat să funcționeze 3; 6 și respectiv 9 ore, apoi vasele s-au scos din aparat, iar conținutul lor s-a trecut prin sita de 0,63 mm, determinându-se masa rezidului reținut pe sită.

În funcție de cantitatea de reziduu de pe sita de 0,63 mm se stabilește dacă emulsia bituminoasă este rezistă la transport sau nu.

Stabilitatea emulsiei bituminoase la transport în funcție de timpul de vibrare și de restul obținut pe sita de 0,63 mm este redată în tabelul 2.8.

Calitatea emulsiei în funcție de restul obținut și de timpul de vibrare.

Tabelul 2.8.

In cazul unui rest pe sită > 0,5 %	Calitatea emulsiei
După 3 ore de vibrare	Emulsia este necorespunzătoare, nu se poate transporta.
După 6 ore de vibrare	Emulsia se poate livra cu precauție și transporta cu mare atenție.
După 9 ore de vibrare	Emulsia este stabilă la transport.

Încercarea de determinare a stabilității la transport permite furnizorului de a aprecia distanța la care poate fi transportată emulsia bituminoasă.

### 2.7.2. Realizarea și experimentarea aparatului pentru determinarea stabilității la transport a emulsiei bituminoase.

În țară există mai multe instalații pentru prepararea emulsiei bituminoase cationice, care livrează produsul cu mijloace auto sau pe calea ferată. După zeci și sute de kilometri parcursi, s-a constatat uneori că, emulsia bituminoasă ajunge la destinație deteriorată, producându-se fenomenul de

de rupere în timpul transportului, bitumul separându-se de faza apoasă. Producându-se acest fenomen, emulsia bituminoasă nu mai poate fi întrebuințată la lucrările rutiere.

Pentru a evita această situație neeconomică, inclusiv costul transportului, la care se adaugă dificultatea curățării cisternelor auto sau CFR, s-a studiat posibilitatea realizării unui aparat care să verifice stabilitatea emulsiei bituminoase la transport, verificare ce se execută la instalația de preparare, înainte de a se livra emulsia bituminoasă.

Autorul tezei a reușit să realizeze un astfel de aparat ca prototip la D.R.D.P. Timișoara. Aparatul este necesar pentru dotarea laboratoarelor de la instalațiile de preparare a emulsiei bituminoase.

Aparatul proiectat de autor și realizat este prezentat în figura 2.13. și are următoarele părți componente:

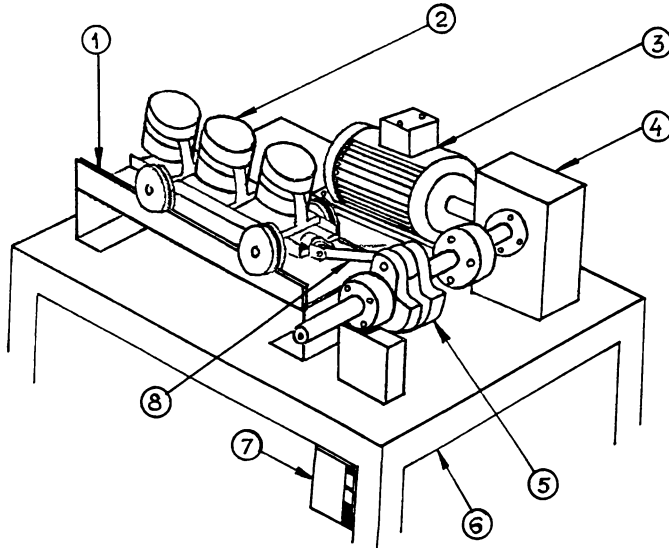


Fig. 2.13. Aparat pentru determinarea stabilității la transport a emulsiei bituminoase.

- ghidaj, cârucior ( 1 ) ;
- cârucior pe care se montează trei pahare metalice fixate prin coliere ( 2 ) ;
- motor electric ( 3 ) ;
- reductor ( 4 ) ;
- segment arbore cotit ( 5 ) ;
- masă suport pentru aparat ( 6 ) ;

- dispozitivul de pornire - oprire aparat (7) ;
- tijă metalică (8) .

Referitor la modul de funcționare, aparatul se pornește apăsând tasta de la dispozitivul de pornire (7). Motorul electric (3) are 9 000 rotații/minut și o putere de 1,5 kW, cu alimentare la curent trifazic. Motorul electric antrenează segmentul de arbore cotit (5), prin intermediul ductorului (4), care are un raport de transmisie de 1:15, asigurându-se o mișcare de translație a căruciorului de 130 mișcări pe minut ( înainte și înapoi). Cursa de 8 cm, pe care o face căruciorul este asigurată de tija metalică (8), de 15 cm lungime, fixată pe segmentul de arbore cotit.

Schematic modul de funcționare al aparatului este prezentat în figura 2.14.

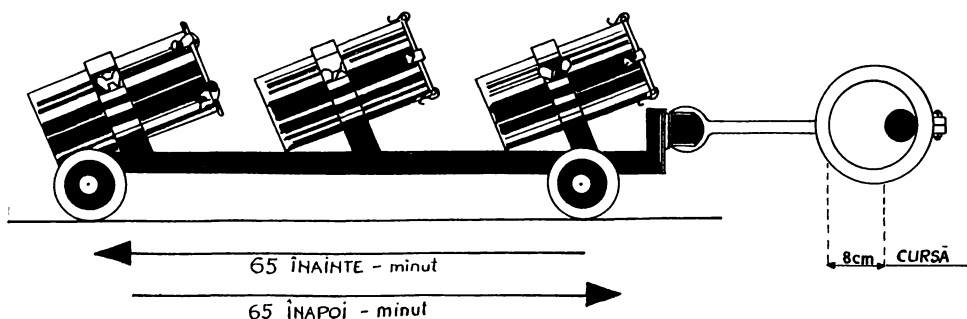


Fig. 2.14. Modul de funcționare al aparatului pentru determinarea stabilității la transport a emulsiei bituminoase.

Aparatul proiectat de autor a fost realizat în atelierul S.U.G.T.T.Timișoara și experimentat de autor în cadrul laboratorului central al D.R.D.P. Timișoara. Experimentările s-au făcut în perioada octombrie - noiembrie 1990. Din experimentările efectuate a rezultat utilitatea aparatului în depistarea la timp a emulsiei bituminoase necorespunzătoare, realizată la instalația de la Săcălaz, luându-se imediat măsuri de corecție a dozajului.

Aparatul realizat și experimentat oferă următoarele avantaje :

- elimină transportul emulsiei bituminoase care nu este stabilă în timpul transportului ;
- funcție de reziduiul de pe sita de 0,63 mm și de timpul de vibrare se stabilește distanța la care se poate transporta emulsia bituminoasă, înlăturînd riscul de a se produce ruperea ;
- aparatul este ieftin și ușor de realizat prin auto-dotare ;
- nu necesită personal de înaltă calificare, fiind suficient laborantul care răspunde de calitatea emulsiei bituminoase de la instalația de preparare ;
- nu prezintă pericol de accidentare pentru personalul care mînuiește aparatul.

Pe lângă avantajele enumerate mai sus, aparatul pentru determinarea stabilității la transport a emulsiei bituminoase, poate aduce economii de 30 000...60 000 lei/transport.

Costul unui aparat pentru determinarea stabilității la transport a emulsiei bituminoase este de aproximativ 4 000 lei. Deci, eficiența economică este justificată și ea poate fi mărită dacă se iau în calcul și economiile ce se realizează prin neefectuarea transportului atunci cînd se sesizează că emulsia bituminoasă nu rezistă la transport.

Pentru aparatul de determinare a stabilității la transport a emulsiei bituminoase autorul tezei a depus cerere de inovație nr.40/461 din 9 noiembrie 1990, iar conducerea Administrației Naționale a Drumurilor București a aprobat continuarea experimentului în anul 1991.

## 2.9. CONCLUZII ȘI PROPUNERI

Prin diversificarea emulsiei bituminoase cationice, aceasta și-a găsit o largă aplicabilitate în sectorul rutier, fiind utilizată la amorsări, badijonări, tratamente bituminoase, macadamuri penetrate, mixturi asfaltice cu execuția la rece, etc., motiv pentru care solicitările de fabricare a emulsiei bituminoase sînt în continuă creștere.

Din studiul efectuat asupra emulsiei bituminoase cationice se rețin următoarele concluzii și propuneri :

- din cercetările și experimentările efectuate / 153 / a rezultat influența considerabilă a emulgatorului în obținerea

unor emulsii bituminoase de calitate superioară. În acest sens autorul propune o colaborare permanentă între furnizorul și utilizatorul de emulgator, cu scopul de a se realiza emulgatori cu proprietăți superioare, pe bază de acizi grași sintetici ;

- autorul tezei și-a adus contribuția la studiul și experimentarea unor emulgatori sintetizați la întreprinderea "Detergentul" Timișoara. La fabricarea emulsiei bituminoase la instalația de la Săcălaz, autorul a experimentat emulgatori de tipul  $RM_1$ ,  $RM_2$ ,  $RM_3$ , emulgatori sintetizați din componente indigeni. O caracteristică importantă a acestor emulgatori este conținutul de azot aminic, fiind în proporție de 8...12 % ;

- din studiile /101;106/ și experimentările efectuate la instalația de la Săcălaz, autorul tezei a ajuns la concluzia că, pentru a obține o emulsie bituminoasă omogenă, este foarte importantă reglarea morii coloidale. S-a constatat că o distanță de 0,5...4,0 mm între stator și rotor, precum și viteza de rotație mai mare de 4 500 rot/min., duc la obținerea unor emulsii bituminoase omogene, de calitate superioară;

- în urma observațiilor făcute, referitoare la stocarea emulsiei bituminoase, autorul a ajuns la concluzia că o emulsie bituminoasă de bună calitate poate fi stocată câteva luni, particulele de bitum fiind repuse în suspensie printr-o simplă recirculare. De aceea, autorul propune ca stocarea să se facă în rezervoare metalice (10...30 t), cilindrice, montate pe verticală, cu posibilități de recirculare, pentru a se evita depunerea bitumului în cazul unei stocări îndelungate ;

- din studiile întreprinse de autor /153/, a reieșit că din punct de vedere al stabilității, emulsiile bituminoase sînt susceptibile la variațiile de temperatură. Creșterea temperaturii diminuează vîscozitatea fazei dispersante, descompune emulgatorul, producînd ruperea emulsiei bituminoase. Scăderea temperaturii sub 0 °C are ca efect coagularea emulsiei bituminoase ;

- avînd în vedere că emulsiile bituminoase se transportă cu cisterne sau autocisterne, autorul și-a adus contribuția la cercetarea, experimentarea încercării de determinare a stabilității la transport a emulsiei bituminoase, experimentări efectuate pe emulsia obținută la Săcălaz ;



- ținând cont de importanța încercării de determinare a stabilității la transport a emulsiilor bituminoase, autorul tezei a studiat, proiectat și experimentat un aparat pentru efectuarea acestei încercări. În urma experimentărilor efectuate asupra emulsiilor bituminoase, folosind acest aparat, și a calculelor economice referitoare la eficiența economică care se obține, autorul a ajuns la concluzia că aparatul este ieftin, ușor de mînut și în primul rînd foarte util pentru toate șantierele care produc emulsie bituminoasă.

Cererea de inovație pentru aparat a fost depusă de autorul tezei, cel care și-a adus contribuția în realizarea lui, și înregistrată cu nr.403461 din 9 noiembrie 1990 ;

- avînd în vedere că emulsiile bituminoase se pot folosi și în sezonul rece, autorul tezei și-a adus contribuția la cercetarea și experimentarea încercării de determinare a stabilității la îngheț a emulsiei bituminoase ;

- deoarece rezultatele obținute în urma încercărilor efectuate, asupra emulsiei bituminoase preparată la Săcălaz, privind determinarea stabilității la îngheț a acestora, a scos în evidență faptul că emulsia bituminoasă preparată la Săcălaz nu se poate folosi la temperaturi negative, autorul a studiat cercetat și experimentat o nouă tehnologie de obținere a emulsiei bituminoase cationice "Antigel". Emulsiile bituminoase "Antigel" dau posibilitatea de a se executa reparații ale îmbrăcăminților bituminoase și în sezonul rece. Autorul propune Administrației Drumurilor extinderea tehnologiei de reparație a drumurilor în sezonul rece, folosind emulsia bituminoasă "Antigel" ;

- de asemenea, prin studii, cercetări și experimentări, autorul și-a adus contribuția la obținerea emulsiilor bituminoase cationice cu rupere lentă, folosite pentru realizarea amestecurilor asfaltice cu execuția la rece.

Studiile , cercetările și experimentările efectuate de autor asupra emulsiilor bituminoase cationice, au condus la obținerea unor noi tipuri de emulsii bituminoase, care să asigure lucrătorilor de drumuri posibilități multiple pentru întreținerea, repararea și ranforsarea drumurilor.

De asemenea, prin efectuarea încercării de determinare a stabilității la transport a emulsiei bituminoase, se pot obține economii importante prin înlăturarea neajunsurilor ce apar.

### CAP.3. TRATAMENTE BITUMINOASE SPECIALE

Tratamentele bituminoase au fost aplicate prima dată în Franța, în anul 1920, la Paris pe Champs Elyseés, din inițiativa inginerului Polonseau /113/.

La noi în țară, în anul 1924, s-a făcut prima încercare de a efectua un tratament bituminos utilizându-se emulsia bituminoasă importată din Franța, iar prima publicație apărută, referitoare la aceste lucrări, datează din anul 1938 /106/.

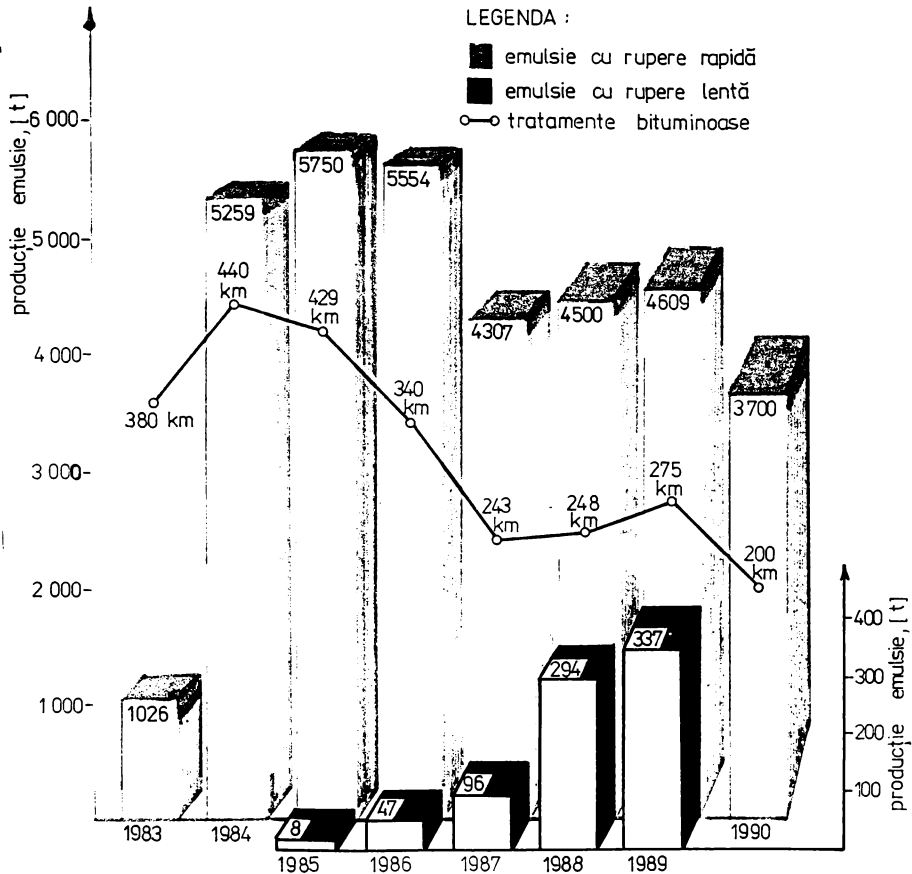
În cadrul Direcției Regionale Drumuri și Poduri Timișoara primele tratamente bituminoase executate cu bitum la cald s-au efectuat în anul 1952, pe traseul Timișoara-Arad; în anul 1971 s-a început execuția tratamentelor bituminoase utilizându-se emulsia bituminoasă cationică cu rupere rapidă, pe D.N.7 Deva - Arad, km 519...525.

În anul 1983, în cadrul Direcției Regionale Drumuri și Poduri (D.R.D.P.) Timișoara, s-a pus în funcție instalația de preparare a emulsiei bituminoase în regie, iar din 1985 s-a trecut la diversificarea fabricării emulsiei bituminoase, realizând emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă, semilentă și lentă.

Tratamentele bituminoase au fost generalizate, în ultimii ani, fiind tehnologii eficiente pentru întreținerea drumurilor cu îmbrăcăminți moderne. Fabricarea în regie, de către unitățile de întreținere a drumurilor publice, a emulsiilor bituminoase cationice cu rupere rapidă, a favorizat trecerea la executarea tratamentelor bituminoase cu execuția la reșe.

În figura 3.1. se prezintă evoluția tratamentelor bituminoase cu execuția la rece în cadrul D.R.D.P. Timișoara, precum și producția de emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă și lentă, fabricată în instalația de la Săcălaz. Din grafic rezultă că, în perioada 1983-1990, s-au fabricat 34 741 tone emulsie bituminoasă, din care 772 tone emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă.

De menționat că, în anul 1983 stația de fabricare a emulsiei bituminoase a fost pusă în funcție în luna august, iar pînă la acea dată s-a utilizat emulsia bituminoasă cationică produsă și livrată de rafinăria de la Surplaoul de Barcău.



**Fig.3.1. Evoluția producției de emulsie bituminosă cationică și realizarea de tratamente bituminose la D.R.D.P. Timișoara.**

Tinând seama de unele dezavantaje ale tehnologiei clasice de execuție a tratamentelor bituminose la cald, precum și de posibilitățile de economisire a materialelor de bază, utilizate la aceste tehnologii (emulsie, agregate), autorul tezei a studiat și experimentat două tehnologii noi, tehnologii ce se realizează la rece cu emulsie bituminosă :

- tratamente bituminose cu agregate naturale anrobate in situ, numite și "Trabinsit" ;
- tratamente bituminose armate cu geotextile, numite și "Trabintex".

Studiul și cercetarea celor două tehnologii s-a efec-

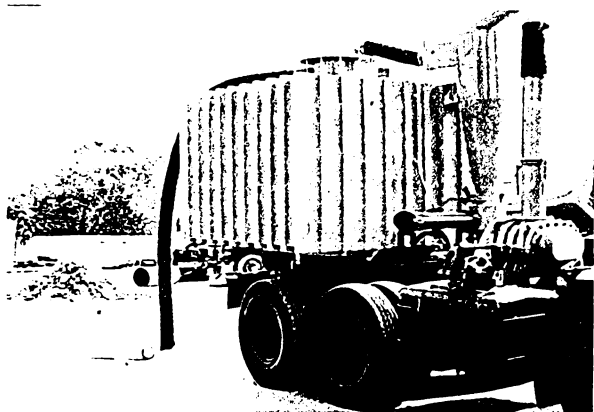
tuat în laboratorul Catedrei de drumuri, fundații și instalații în construcții Timișoara, iar sectoarele experimentale s-au realizat pe drumurile naționale din cadrul D.R.D.P. Timișoara.

În continuare se vor prezenta aspecte legate de noile tehnologii, precum și comportarea în exploatare a sectoarelor experimentale executate.

### 3.1. TRATAMENTE BITUMINOASE CU AGREGATE NATURALE ANROBATE ÎN SITU ( TRABINSIT ).

Unul din inconvenientele tratamentelor bituminoase clasice este legat de faptul că, prin circulația autovehiculelor, mai ales cu viteze mari, criblura neaderentă la suprafața tratată poate fi aruncată în spate sau lateral autovehiculului în deplasare, iar aceasta poate lovi și sparge parbrizul unui alt autovehicul din apropiere.

Pentru înlăturarea acestui inconvenient s-au creat utilaje care aspiră criblura în exces (criblura alergătoare). Prima mașină de aspirat criblura alergătoare (figura 3.2.),



a fost proiectată, realizată și experimentată în țară, de către D.R.D.P. Timișoara, în anul 1987, la care și-a adus contribuție și autorul tezei.

Un alt procedeu introdus în scopul evitării aruncării criblurii alergătoare de pe suprafața tratată,

Fig.3.2, Mașina de aspirat criblura.

este realizarea tratamentelor bituminoase cu criblură preanrobată la cald /101/. Tehnologia realizării tratamentelor bituminoase la cald cu criblură preanrobată pune probleme complexe de organizare ( transportul criblurii la instalația de produs mixturi asfaltice, încălzirea criblurii și bitumului, malaxarea, transportul materialului preanrobat la locul de punere în operă, etc.), consumându-se energie și mai ales combustibil și

carburant. Datorită acestor inconveniente majore, numărul de kilometri de tratamente bituminoase executate cu agregate pre-anrobate este foarte mic.

În scopul înlăturării inconvenientelor prezentate și pe baza studiilor efectuate de autorul tezei, în anul 1987, s-a introdus tehnologia de execuție a tratamentelor bituminoase cu agregate naturale anrobate in situ, numită "Trabinsit".

### 3.1.1. Materialele utilizate pentru realizarea Trabinsitului.

Pentru realizarea tratamentelor bituminoase cu agregate naturale anrobate in situ s-au folosit următoarele materiale:

- emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă, cu un conținut de bitum de 60 %, bitum D 81/120 ;
- agregate naturale de carieră, cribluri sorturile: 3-8 și 8-16;
- agregate naturale de balastieră : pietriș sort 3-7 și 7-16 .

Emulsia bituminoasă cationică cu rupere rapidă a avut următoarele caracteristici:

- conținut de bitum 60 % ;
- vâscozitatea Engler: 6 °E ;
- omogenitatea, rest pe sita de 0,63 mm: 0,2 % ;
- indicele de rupere:  $I_R = 35$  .

Emulsia bituminoasă cu rupere rapidă s-a preparat la Săcălaz, folosindu-se următorul dozaj :

- bitum: 60 % ;
- emulgator RN<sub>2</sub>: 0,5 % ;
- acid clorhidric: 0,5 % ;
- apă: 39 %.

Bitumul folosit a fost un bitum tip D 81/120, avînd penetrația 86 l/10 mm la 25 °C, punctul de înmuiere "Inel și Bilă" 45 °C, ductilitatea 117 cm la 25 °C, punctul de rupere Fraass -17 °C.

Acidul clorhidric a fost un acid tehnic cu o concentrație de 37 %, aprovizionat de la Combinatul Chimic Rîmnicu Vîlcea.

Emulgatorul folosit a fost de tipul RN<sub>2</sub> , produs de fabrica "Detergentul" Timișoara, avînd un conținut de azot

aminic de 7 %.

Criblurile folosite la executarea Trabinsitului au fost curate, fără praf și impurități, omogene, compacte, având rezistența la uzură Los Angeles 19 %.

### 3.1.2. Stabilirea dozajelor.

Din literatura de specialitate /68;80/ și din observațiile făcute cu ocazia experimentărilor a reieșit că, durata de exploatare a tratamentelor bituminoase este influențată în mod considerabil de rezistența la uzură a criblurilor precum și de modul de fixare a criblurii pe suprafața tratată. Tehnica de execuția a tratamentelor bituminoase trebuie să asigure fixarea fiecărei granule în liantul stropit. Agregatele naturale trebuie să aibă un ecart cât mai restrâns pentru a evita segregarea.

Urmare studiilor, cercetărilor și experimentărilor efectuate, autorul a constatat că granulele agregatului natural se aștern în poziții dezordonate, volumul de goluri între granule fiind de 42...52 % . După cilindrare ele se așază în poziții ceva mai stabile, iar volumul de goluri scade la 30 %. Sub influența traficului, volumul de goluri se reduce la 20 %. Bitumul din emulsia bituminoasă umple 60...70 % din aceste goluri, în final rezultând 30 % agregate, 12...14 % bitum și 3...6 % goluri.

De asemenea din studiile /146/ și observațiile făcute cu ocazia experimentărilor, autorul a ajuns la concluzia că agregatele necesare unui  $m^2$  trebuie calculate astfel încît așternerea să fie realizată într-un singur strat, granulă lângă granulă.

Cantitatea de liant necesară depinde de dimensiunea criblurii și de forma ei. Este necesar ca granulele de criblură să fie înglobate în bitum pînă la  $2/3$  din înălțimea lor.

De aceea dozarea liantului s-a făcut astfel încît să fixeze întreaga cantitate de criblură, deoarece un dozaj în liant prea ridicat ar conduce la exces de bitum, iar un dozaj de liant scăzut determină desprinderea criblurii de pe suprafața tratată.

Stabilirea dozajelor pentru tratamentele bituminoase a constat în determinarea cantității de agregate naturale și de

liant necesare pentru realizarea unui  $m^2$  de tratament bituminos.

Cantitatea de agregate naturale necesare pentru realizarea unui  $m^2$  de tratament bituminos s-a determinat în funcție de dimensiunea medie a agregatelor folosind relația :

$$A = \frac{d + D}{2} \quad [\text{mm}] \quad (3.1.)$$

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 ;  
 $d$  și  $D$  s-au luat pentru ordonatele corespunzând restului de 90 % și 10 % de pe curba de granulozitate a agregatului considerat.

După determinarea valorii lui A (dimensiunea medie a agregatului) s-a stabilit cantitatea de agregate pe un  $m^2$ , folosind relația:

$$V = A - \frac{A^2}{100} \quad [L/m^2] \quad (3.2.)$$

în care V este volumul de agregate pe  $m^2$ .

Pentru a transforma în  $kg/m^2$  s-a luat densitatea criblurii de 1 450  $kg/m^3$ .

Cantitatea necesară de liant s-a stabilit cu ajutorul relației:

$$L = a + bV \quad [L/m^2] \quad (3.3.)$$

în care:

L este cantitatea de liant rezidual pe un  $m^2$ , în  $L/m^2$  ;  
 $V$  - cantitatea de agregate, în  $L/m^2$  ;  
 $a$  - un factor care depinde de starea suprafeței îmbărcămintei 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 anume:
  - pentru cribluri  $b = 0,07$  ;
  - pentru granule rotunde  $b = 0,09$ .

De asemenea, dozarea liantului s-a făcut ținând cont și de trafic. Corecturile care s-au făcut ținând cont de trafic și de climă sînt prezentate în tabelul 3.1. .

Corecturile efectuate în funcție de trafic și climă. Tabelul 3.1.

Nr. de autovehicule/zi	Corectură [%]
> 800	- 5
500...800	- 3
200...500	0
50...200	+ 4a + 8
< 50	+ 8a + 12
sector expus la soare	- 5
sector umbrat	+ 5

ză mai încet și de aceea este necesar un surplus de bitum pentru a umple golurile existente și pentru a lega bine agregatele.

Pentru determinarea dozajului de liant necesar executării tratamentelor bituminoase se poate utiliza și metoda engleză /141/, folosind abaca prezentată în figura 3.3.

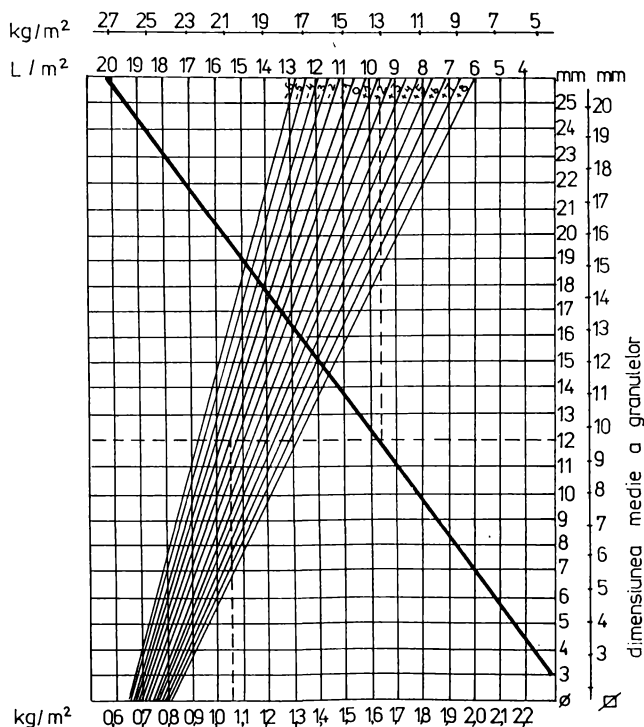


Fig. 3.3. Abacă pentru tratamente bituminoase.

care țin seama de suprafața îmbrăcămintei, tipul agregatelor,

Cu cât traficul este mai intens, cu atât așezarea granulelor se face într-un timp mai scurt și se va obține mai repede un volum de goluri minim. Când traficul este mai redus, volumul minim de goluri se realizează

În dreapta

graficului este prezentat diametrul mediu al granulelor, atât pentru pietriș cât și pentru cribluri. Diagonala este o dreaptă care unește scara superioară unde se dă dozajul în agregate, și scara gradată din dreapta. Pe scara gradată inferioară se citește dozajul în liant cu corecțiile



condițiile climaterice și trafic.

Dozajul în agregate este determinat în funcție de diametrul mediu al agregatelor prin intermediul diagonalei. De exemplu, pentru diametrul mediu al unui pietriș de 12 mm rezultă un dozaj de 13 kg/m<sup>2</sup>.

Pentru determinarea dozajului de liant se ține seama de suma algebrică a următoarelor corecții:

- traficul mediu zilnic anual, în vehicule fizice/zi, tabelul 3.2.;
- starea suprafeței îmbrăcămintei, tabelul 3.3.;
- Tipul de granule, tabel 3.4.;
- condițiile climaterice, tabelul 3.5.

Corecții funcție de trafic Tabelul 3.2.

Trafic M.Z.A. veh. fizice/zi	Corecții [%]
0...15	+ 2
15...45	+ 1
45...150	0
150...450	- 2
450...1 500	- 4
1 500...4 500	- 6

Corecții funcție de suprafața îmbrăcămintei. Tabel 3.3.

Starea suprafeței	Corecții [%]
foarte deschisă	+ 4
deschisă	+ 2
normală	0
închisă	- 1
foarte închisă	- 3

Corecții funcție de tipul granulei. Tabelul 3.4.

Forma granulei	Corecții [%]
plate	- 2
cubice	0
rotunde	+ 2

Corecții funcție de condițiile climaterice Tabel 3.5.

Condiții climaterice	Corecții [%]
umiditate și rece	+ 2
umiditate moderată	+ 1
moderat	0
uscă	- 1
uscă și calduros	- 2

Ținând seama de suma acestor corecții ce se aplică pentru liant se intră în abacă unde sînt indicate corecțiile de la -6 la + 8.

De exemplu, considerînd diametrul mediu al pietrișului 12 mm, suprafața îmbrăcămintei foarte deschisă (corecția +4), granulele sînt rotunde (+ 2), condițiile climaterice - zonă uscată (-1), traficul mediu zilnic 1 500 vehicule fizice/zi (-6), se obține, făcînd suma corecțiilor, -1.

Se intră în abacă prelungind linia punctată din dreptul diametrului granulei de 12 mm pînă la diagonala cu corecția de

- 1 și se citește pe scara inferioară dozajul de liant, în cazul exemplului dat,  $1,08 \text{ kg/m}^2 / 155/$ .

Metoda prezentată are avantajul că prin introducerea datelor în abacă se determină imediat dozajul de lucru, pentru liant și agregate, ținând cont de cei patru factori menționați.

Pe baza studiilor efectuate în laborator, folosind relațiile prezentate anterior, s-au stabilit cantitățile necesare de materiale pentru executarea unui  $\text{m}^2$  de Trabinsit. Au fost elaborate 10 dozae pentru executarea tratamentelor bituminoase cu agregate naturale anrobate in situ, prezentate în tabelul 3.6.

Dozajele elaborate pentru Trabinsit Tabelul 3.6.

Denumirea materialului	U.M.	Cantitățile de materiale									
		Variante:									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Criblură 8-16	$\text{kg/m}^2$	15	13	14	-	15	15	-	-	14	-
Criblură 3-8	"	5	5	-	15	-	-	-	-	-	-
E.B.C.R.	"	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Nisip grăunțos 3-7	"	-	-	5	5	-	-	-	-	-	15
Pietriș 7-16	"	-	-	-	-	-	-	14	14	-	-
Nisip 0-3	"	-	-	-	-	-	-	5	-	-	5
Zgură granulată	"	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-
Pudră de cauciuc	"	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5	-

Dintre cele 10 variante, pe șantier s-au experimentat în mod obișnuit variantele 1; 3; 5 și 8.

Dozajele de liant și agregate naturale s-au stabilit în funcție de tehnologia de execuție, natura și starea stratului suport, precum și de sorturile de agregate naturale.

În cazul aplicării Trabinsitului pe îmbrăcăminți bituminoase, s-au utilizat cribluri sort 3-8 și 8-16, precum și pietriș sort 3-7 și 7-15, emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă (E.B.C.R.).

Dozajele elaborate s-au încadrat în următoarele limite:

- pentru prima răspîndire de agregate :
    - 11...15  $\text{kg/m}^2$  criblură 8...16 mm sau
    - 9...11  $\text{kg/m}^2$  pietriș 7...15 mm ;
  - pentru stropirea liantului :
    - 1,5...2,0  $\text{kg/m}^2$  E.B.C.R. ;
- pentru a doua răspîndire de agregate :

- 5...7 kg/m<sup>2</sup> criblură 3...8 mm sau
- 4...6 kg/m<sup>2</sup> pietriș 3...7 mm.

Din studiile și experimentările efectuate, autorul a constatat că stabilirea dozajului de lucru are un rol determinant în reușita tratamentului bituminos.

În Franța /65/ s-a introdus experimental un program de calcul pentru elaborarea dozajelor necesare executării tratamentelor bituminoase, care ține seama de următoarele:

- situația grafică a sectorului de drum pe care urmează să se aplice tratamentul ;

- date complete asupra îmbrăcămintei de tratat ;
- situația climaterică, mediul înconjurător;
- trafic;
- starea stratului suport, profilul longitudinal;
- structura tratamentului bituminos ;
- tipul liantului ce se utilizează ;
- caracteristicile agregatelor naturale ;
- parametri privind tehnologia de execuție.

Pe baza experienței acumulate, autorii /65,87/ au menționat că programul va putea fi îmbunătățit în funcție de toate situațiile existente în condițiile reale.

### 3.1.3. Tehnologia de execuție a Trabinsitului.

Primele sectoare experimentale, privind execuția Trabinsitului, s-au realizat în vara anului 1987 pe D.N.79 Arad-Oradea.

Modul de lucru a constat în următoarele faze :

- s-a efectuat o revizie a sectorului de drum, unde urma să se efectueze Trabinsitul, notându-se date privind starea suprafeței îmbrăcămintei bituminoase existente, traficul, condițiile climaterice , etc ;

- s-a studiat calitatea criblurii utilizate, verificându-se caracteristicile acestora ( forma granulelor, granulozitatea), certificatul de calitate al furnizorului, etc.);

- după repararea și curățirea părții carosabile, pe suprafața pregătită s-a așternut criblura 8...16 mm în cantitate de 14 kg/m<sup>2</sup>. Punerea în operă a criblurii s-a făcut cu un răspânditor de agregate montat pe autobasculantă, care s-a deplasat în mod normal (mers înainte), în comparație cu modul de

așternere a criblurii în cazul tratamentelor bituminoase clasice, când răspînditorul<sup>de</sup> agregate se deplasează cu spatele în direcția de așternere (mers înapoi), fapt ce îngreunează modul de lucru al șoferului.

La așternerea criblurii s-a urmărit ca granulele să se așeze unele lângă altele, formîndu-se un strat de agregate uniform și continuu. Controlul dozajului s-a făcut cu cutia dozatoare, figura 3.4. ;

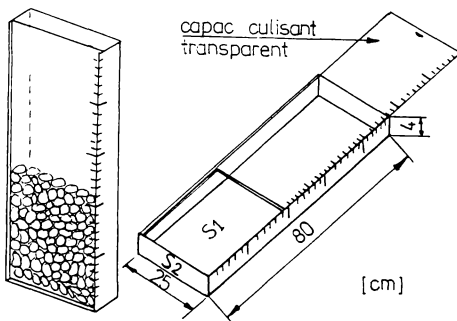


Fig.3.4.Cutia dozatoare.

tratată și între ele. Pentru stropirea emulsiei s-a utilizat autostropitorul de tip AG 8, figura 3.5.

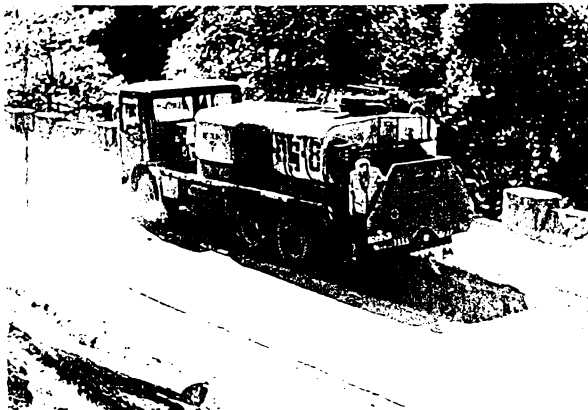


Fig.3.5.Autostropitorul de bitum.

zat criblura de suprafață tratată, mărind astfel rezistența Trabisitului și dîndu-i un aspect de mozaic uniform, compact și stabil.

În figura 3.6. este prezentată așternerea criblurii

- peste stratul de criblură 8...16 mm, s-a stropit emulsia bituminoasă cationică cu rupere rapidă, în cantitate de  $1,6 \text{ kg/m}^2$ , acoperindu-se întreaga suprafață a criblurii și suprafața de tratat ce apare între golurile dintre agregate. S-a obținut astfel o legare completă a agregatelor de suprafață

- în scopul măririi coeziunii și rezistenței înveligului astfel format, s-a așternut criblură 3...8 mm în cantitate de  $6 \text{ kg/m}^2$  ;

- a urmat apoi operația de cilindrare a criblurii, care s-a executat cu un compactor cu rulouri notede. Prin cilindrare s-a fi-

### 3...8 mm și cilindarea Trabinsitului ;



Fig.3.6. Așternerea criblurii 3...8 mm și cilindarea Trabinsitului.

- ruperea emulsiei bituminoase, a condus la întărirea Trabinsitului, iar după 2...3 ore de la execuție s-a dat în circulație.
- Utilajele folosite la execuția Trabinsitului au fost următoarele :
- perie mecanică atașată la tractor pentru curățirea părții carosabile ;
- autostropitor de emulsie de tip AG8;
- răspînditor de agregate naturale, montat pe autobasculantă ;
- compactor cu rulouri netede de 120 kN ;
- un utilaj de încărcare a criblurii de tipul Stalowa Wola ;
- autobasculante pentru transportul materialelor;
- autoatelier mecanic pentru intervenții la nevoie;
- autoutilitară pentru transportul muncitorilor.

La execuția trabinsitului s-au folosit indicatoare și panouri de semnalizare a sectorului de drum în lucru, specifice acestor lucrări.

#### 3.1.4. Sectoare experimentale

Tehnologia de execuție a Trabinsitului a fost experimentată în laboratorul Catedra de drumuri, fundații și instalații în construcții, pe mai multe sectoare, utilizându-se mai multe dozaaje și diferite agregate. Reprezentarea schematică a raportului emulsie- criblură pentru Trabinsit este redată în figura 3.7.

Rezultatele bune obținute la scară de laborator au fost transpuse pe sectoare de drum național, astfel că, în perioada 1987...1989, în cadrul D.R.D.P. Timișoara, s-au executat 51,4 km de tratamente bituminoase cu agregate naturale anrobate

in situ, după cum urmează :

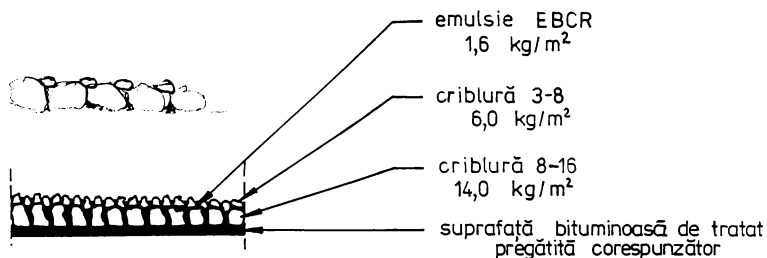


Fig.3.7.Reprezentarea schematică a Trabinsitului.

- în anul 1987 :

. D.N. 79, km 34 + 800...36 + 100 și km 41 + 550...  
...42 + 800, între Arad și Chișinău Criș ;

. D.N. 68, km 34 + 900...36 + 100 și km 38 + 500...  
...40 + 350, Caransebeș - Hațeg ;

. D.N. 57, km 15 + 500...17 + 500 și km 71 + 500...  
...72 + 500, între Orșova și Moldova Nouă ;

. D.N. 69, km 6 + 000...7 + 000, Timișoara - Arad ;

- în anul 1988 :

. D.N. 7, km 503 + 500...504 + 500, Arad - Pecica ;

. D.N. 79, km 17 + 000...18 + 000, Arad - Chișinău Criș ;

. D.N. 79A, km 69 + 000...70 + 000, Ineu - Chișinău

Criș ;

. D.N. 68, km 22 + 150...23 + 650 și km 30 + 000...  
...31 + 200, Caransebeș - Hațeg ;

. D.N. 66, km 186 + 000...189 + 000, Petroșani - Hațeg ;

. D.N. 57, km 193 + 000...195 + 500, Oravița-Moravița ;

- în anul 1989 :

. D.N. 7, km 494 + 400...496 + 600 și km 562 + 000...  
...564 + 000, Arad - Pecica ;

. D.N. 68, km 35 + 850...39 + 850 și km 43 + 800...  
...44 + 800, Caransebeș - Hațeg ;

. D.N. 76, km 23 + 000...26 + 000, Deva - Brad ;

. D.N. 57, km 3 + 000...8 + 000, Orșova - Ișelnița ;

. D.N. 69, km 9 + 000...11 + 000, Timișoara - Arad.

Autorul menționează că s-au executat sectoare experi-  
mentale și cu pietriș, sort 3-7 și 7-15, obținându-se re-  
zultate foarte bune.

Administrația Națională a Drumurilor București a dispus generalizarea noii tehnologii "Trabinsit" și la celelalte direcții de drumuri și poduri din țară (act D.D. București nr.

### 3.1.5. Comportarea în exploatarea a Trabinsitului.

Sectoarele experimentale au fost ținute sub observație de autorul tezei cît și de specialiștii din cadrul D.R.D.P. Timișoara și din Catedra de drumuri, fundații și instalații în construcții Timișoara, ajungîndu-se la concluzia că Trabinsitul asigură suprafeței de rulare o rugozitate bună, ce oferă siguranță desfășurării traficului.

De asemenea prin aplicarea Trabinsitului se realizează:

- o bună drenabilitate a apelor căzute din ploii pe suprafața părții carosabile ;

- evitarea fenomenului de împoșcare a apelor, de pe suprafața de rulare de către autovehiculele în mișcare , pe parbrizele vehiculelor din spate ;

- împiedicarea într-o mare măsură a formării poleiului,

În același timp Trabinsitul asigură îmbrăcămintei rutiere o bună etanșitate, împiedicînd pătrunderea apelor în structura rutieră, se regenerează suprafața bituminoasă, se mărește durata de exploatare, etc.

Calitățile benefice ale Trabinsitului sînt influențate de proprietățile agregatelor utilizate, ale lianților și în special de către tehnologia de execuție. Indicele de uzură ( $I_u$ ) poate fi calculat, cu relația :

$$I_u = \frac{T \cdot A \cdot K}{12} \quad (3.4.)$$

unde :

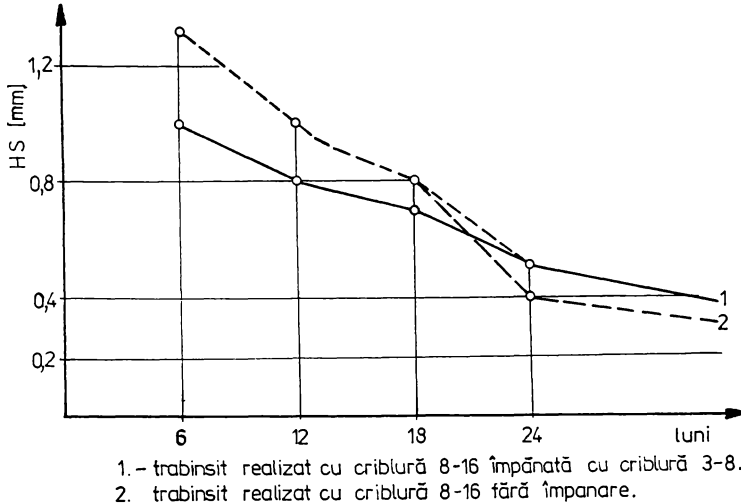
T este în mii vehicule pe zi ;

A - vîrsta îmbrăcămintei în luni ;

K - coeficientul de repartizare a traficului pe fiecare bandă de circulație.

Studiile efectuate atestă faptul că rugozitatea exprimată prin valoarea "înălțimii de nisip" ( H.S.) are cea mai mare valoare în momentul dării în exploatare a sectoarelor realizate. Rugozitatea suprafeței de rulare se pierde complet în cazul exudării. De asemenea, s-a constatat că rugozitatea se diminuează

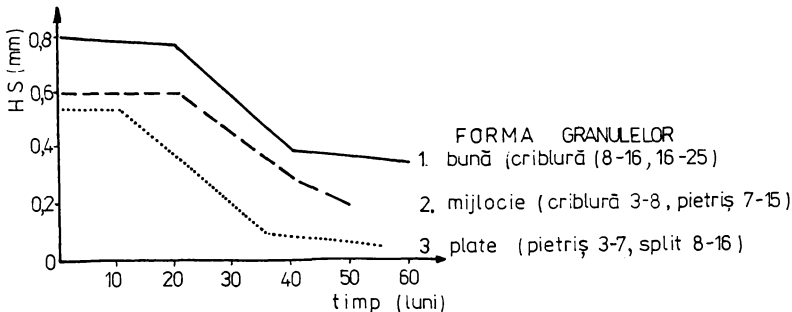
cu timpul. Valoarea HS fiind influențată și de granulozitatea agregatelor, precum și de faptul dacă agregatele răspândite pe suprafața de tratat au fost sau nu cu material mărunț (impănate) (figura 3.8. ).



**Fig.3.8. Variația în timp a H.S. pe Trabinsitul în exploatare.**

Se constată că rugozitatea Trabinsitului se menține în limite foarte bune cel puțin doi ani.

Un rol important în obținerea unor suprafețe rugoase îi are forma granulelor. Prin măsurătorile efectuate prin metoda înălțimii de nisip (H.S.), s-a constatat că agregatele se comportă bine în ceea ce privește rugozitatea suprafeței, cu excepția agregatelor plate, așa după cum se vede și în figura 3.9.



**Fig.3.9. Evoluția rugozității în timp.**



Agregatele naturale prelucrate (criblurile) cu formă poliedrică, au rugozitatea și durata în exploatare mai mare decât sorturile de pietriș utilizate la execuția Trabinsitului.

### 3.1.6. Unele aspecte luate în considerare pentru reușita Trabinsitului.

Din observațiile făcute în timpul execuției Trabinsitului, precum și asupra modului de comportare în timpul exploatare a acestuia, au rezultat unele aspecte pe care autorul le-a luat în considerare, în scopul îmbunătățirii calității lucrărilor la execuție. Aspectele luate în considerare pentru reușita Trabinsitului, se referă la :

- suprafața s-a curățit perfect ;
- agregatele naturale au fost curate și fără alte impurități ;
- stropirea emulsiei bituminoase s-a făcut prin curgere obșnuită. Nu s-a făcut stropirea sub presiune, deoarece aruncă agregatele naturale de pe suprafața tratată și lucrarea nu reușește. Dacă s-a întâmplat ca suprafața tratată să rămână fără agregate, atunci s-au pus manual agregatele naturale și s-a făcut o nouă stropire cu emulsie bituminoasă, folosind lancea manuală;
- golurile dintre agregate s-au împănăat cu material mărunț, avînd drept scop mărirea rezistenței Trabinsitului prin micșorarea volumului de goluri și prin încleștarea agregatelor.

Sectoarele experimentale au fost ținute sub observație, constatînd că se comportă bine în exploatare.

### 3.1.7. Eficiența economică. Concluzii.

Urmărindu-se în mod consecvent tehnologia de execuție a Trabinsitului, modul de realizare a sectoarelor experimentale, precum și modul de comportare în exploatare a acestora, se poate trage concluzia că Trabinsitul, comparativ cu tehnologia clasică de realizare a tratamentelor bituminoase întărite, prezintă o serie de avantaje . Se poate vorbi de o eficiență economică a Trabinsitului față de tratamentele bituminoase întărite, eficiență ce se referă la consumul de ma-

teriale, combustibil și productivitate. Datele referitoare la eficiența Trabinsitului sînt prezentate în tabelul 3.7.

Eficiența Trabinsitului față de tratamentele bituminoase întărite. ----- Tabelul 3.7. -----

Consumul de materiale	U.M.	Trabinsit	Tratament întărit	Economia obținută la Trabinsit, %
E.B.C.R. 60 %	kg/m <sup>2</sup>	1,6	2,0	25
Criblură 8-16 și 3-8	"	14...20	22...25	35
Combustibil	kgcc/t	10,3	12,5	18
Productivitatea	km/h	0,4...0,6	0,3...0,5	20,0

Analizînd datele prezentate în tabelul 3.7. rezultă eficiență economică a Trabinsitului față de tratamentele bituminoase întărite. Și anume: productivitatea crește cu 20 %, economia de combustibil este de 18 %, la cribluri consumul se reduce cu 35 %, iar consumul de emulsie bituminoasă este cu 25 % mai mic.

După o perioadă de patru ani de la aplicarea tehnologiei Trabinsit, se poate trage concluzia că acest tip de tratamente bituminoase sînt eficiente, economice, au o foarte bună comportare în exploatare, regenerează suprafața bituminoasă, crește siguranța circulației rutiere, etc., ceea ce demonstrează posibilitatea extinderii acestei tehnologii în sectorul rutier.

Tehnologia Trabinsit a fost brevetată ca invenție de OSIM și autorul tezei a obținut certificat de inventator nr. 90 187 din 25 mai 1988.

### 3.2. TRATAMENTE BITUMINOASE ARMATE CU GEOTEXTIL ( TRABINTEX).

În scopul îmbunătățirii viabilității îmbrăcăminților bituminoase vechi și fisurate, precum și a drumurilor pietruite, autorul și-a adus contribuția la studiul și experimentarea unei noi tehnologii de realizare a tratamentelor bituminoase la rece.

Pentru realizarea noii tehnologii pe lângă emulsia bituminoasă și agregatele naturale, se mai folosește și un geotextil. Noua tehnologie a fost numită "Trabintex".

### 3.2.1. Tehnologia de execuție a Trabintexului

Trabintexul se poate executa pe macadamuri, pentru păstrarea zestrei existente a drumului și îmbunătățirea condițiilor de circulație sau pe îmbrăcămințile bituminoase fisurate, cu scopul impermeabilizării îmbrăcămintei și opririi transmiterii fisurilor existente pe suprafață.

Pe baza studiilor efectuate s-a pus la punct următoarea tehnologie de execuție a tratamentelor bituminoase de tipul Trabintex, executate pe îmbrăcăminți bituminoase fisurate :

- în scopul realizării unei legături continue între suprafața îmbrăcămintei și materialul geotextil, s-au reparat toate defecțiunile existente, prin tehnologii adecvate, apoi suprafața de tratat s-a curățat de praf și de alte impurități ;
  - pe suprafața astfel pregătită, s-a răspândit emulsia bituminoasă cationică cu rupere rapidă,  $1,4...1,6 \text{ kg/m}^2$ , pentru amorsare ;
  - după ruperea emulsiei bituminoase, s-a așternut materialul geotextil, întinzându-se perfect pe toată suprafața ;
  - peste materialul geotextil s-au răspândit materialele, criblura  $8...16 \text{ mm}$ , în cantitate de  $13...15 \text{ kg/m}^2$ . Agregatele au fost astfel dozate și răspândite, încât să se asigure așezarea granulelor unele lângă altele, uniform și continuu ;
  - peste ceverul de agregate naturale s-a stropit emulsia bituminoasă cationică cu rupere rapidă, în cantitate de  $1,5...1,7 \text{ kg/m}^2$ . Stropirea emulsiei bituminoase s-a făcut cu autostropitul de bitum ;
  - după ruperea emulsiei bituminoase s-a executat împănarea cu criblură  $3...8 \text{ mm}$ , în cantitate de  $5...7 \text{ kg/m}^2$ , cu scopul de a umple golurile dintre agregate și a le încleșa bine, ducând astfel la creșterea rezistenței Trabintexului ;
  - după împrăștierea agregatului mărunț, s-a executat cilindrirea cu ajutorul compactatorului cu rulouri netede, considerând terminată compactarea după  $4...5$  treceri ale compactatorului.
- Trabintexul s-a dat în circulație după  $3...4$  ore de la execuție.

Tehnologia Trabintex a fost experimentată și pe macadamuri, procesul tehnologic fiind următorul : amorsarea macadamului cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă, aplicarea ma-

terialului geotextil, răspândirea agregatelor sort mare, stropirea cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă, împănarea cu agregate sort mic și cilindrirea. Tehnologia de execuție a Trabintexului pe un macadam este redată în figura 3.10.

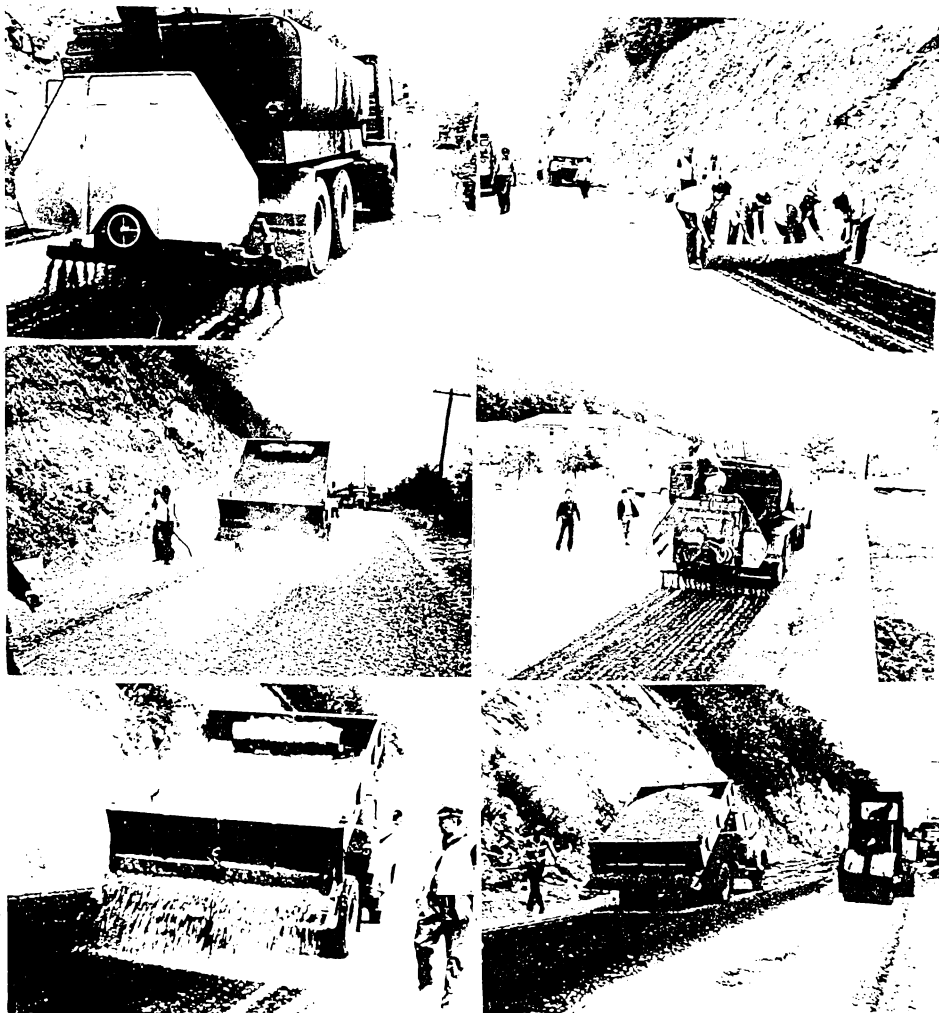


Fig.3.10. Fazele de execuție ale tehnologiei de realizare a Trabintexului pe un macadam.

Materialul geotextil folosit, la realizarea tratamentelor bituminoase numite Trabintex, a fost de tipul Netesin 300 cu următoarele caracteristici :

- grosimea : 2...5 mm ;

- masa 300 g/m<sup>2</sup> ;
- permeabilitatea 10<sup>-2</sup> cm/s.

Geotextilul folosit la executarea Trabintexului a fost adus de la Intreprinderea textilă Rîmnicu - Vîlcea.

Agregatele naturale și emulsia bituminoasă cationică cu rupere rapidă au avut aceleași caracteristici ca cele utilizate la realizarea Trabinsitului, prezentate la punctul 3.1.1.

Desajele elaborate și calculul dozajului de agregate și liant s-a făcut la fel ca și la punctul 3.1.2. .

### 3.2.2. Concluzii privind comportarea în exploatare și eficiența economică a Trabintexului.

În anul 1988, în cadrul D.R.D.P. Timișoara, la Secția de drumuri naționale Orșova, s-au executat două sectoare experimentale cu Trabintex, pe D.N. 57, Orșova - Moldova Nouă, km 34 + 4 + 300...9 + 500 și km 34 + 900...35 + 800. autorul aducîndu-și contribuția în inițierea și coordonarea executării lor.

Urmărindu-se cu atenție tehnologia de execuție, modul de realizare a sectoarelor experimentale și comportarea în exploatare a acestora, autorul a ajuns la concluzia că Trabintexul, comparativ cu anrobatele bituminoase cu execuția la cald, prezintă o serie de avantaje, după cum urmează :

- se reduce consumul de bitum cu circa 15 % față de un covor asfaltic de 3 cm grosime, executat la cald ;
- consumul de agregate naturale se reduce cu 25...30 % ;
- se elimină consumul de combustibil și energie electrică necesare preparării mixturilor asfaltice, cu 100 % ;
- se economisește carburantul necesar transportului și manipulării agregatelor naturale la stația de producere a mixturilor asfaltice ;
- prin armarea tratamentului bituminos cu material geotextil se îmbunătățește durabilitatea învelișului realizat, prin sporirea capacității sale de a prelua eforturi din întindere ;
- geotextilul oprește transmiterea fisurilor din vechea îmbrăcăminte ;
- crește productivitatea muncii cu aproximativ 30 % ;
- se îmbunătățește rugozitatea suprafeței de rulare și deci siguranța circulației ;
- tehnologia este simplă de realizat, se folosesc utilaje,

echipamente și mijloace de transport existente în dotarea unităților de drumuri.

Seetearele experimentale executate în 1988, folosind Trabintexul, se comportă bine în exploatare, autorul avînd certitudinea că această tehnologie va fi utilizată de unitățile de întreținere a drumurilor.

### 3.3. PROPUNERI/PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA LUCRĂRILOR DE TRATAMENTE BITUMINOASE EXECUTATE LA RECE.

Pentru reușita lucrărilor de tratamente bituminoase cu execuția la rece un rol important îl are dozarea liantului și a agregatelor. Din experiența acumulată, autorul a constatat că dozarea necorespunzătoare a liantului și a agregatelor duce la apariția unor defecțiuni de tipul: suprafețe exudate, suprafețe șiroite și pelade.

De asemenea, reușita tratamentelor bituminoase depinde și de asigurarea unui contact cit mai bun între liant și agregat. Acest lucru se realizează dacă liantul are o adhezivitate bună pentru agregatul întrebunțat și dacă stropirea liantului s-a făcut corect, pe de o parte, iar pe de altă parte dacă cilindrarea s-a făcut corespunzător.

Stropirea liantului pe suprafața de tratat este esențială sub două aspecte :

- respectarea dozajului stabilit ;
- uniformitatea acoperirii întregii suprafețe.

Un rol practic important în operația de stropire a liantului, îl joacă parametrii rampei de stropire și anume : lățimea utilă și lățimea maximă a înegririi (lățimea stropită cu liant), distanța dintre rampa de stropire și suprafața stropită, unghiul jetului de stropire și distanța dintre duzele rampei de stropire.

Literatura de specialitate / 92/ stabilește următoarele relații teoretice :

$$e = \frac{d}{8 \operatorname{tg} \frac{\phi}{2}} \quad (3.5.)$$

unde :

- e este înălțimea rampei de stropire ;
- $\phi$  - unghiul jetului de liant ;

- d -distanța dintre duzele rampei.

În figura 3.11. se schematizează un model de rampă cu principalii săi parametri

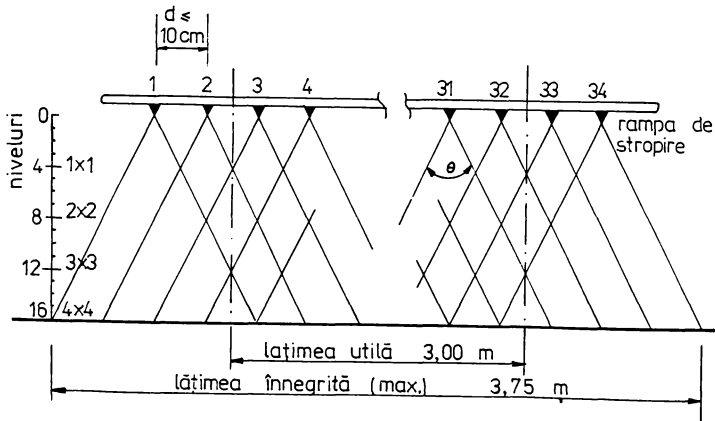


Fig.3.11. Rampă de stropire

Calitatea rampei de stropire depinde de amplitudinea fluctuațiilor debitelor de stropire, față de un debit mediu.

Coefficientul de variație (CV) se exprimă prin raportul dintre debitul stropite și debitul mediu :

$$CV_{\text{rampei}} = \frac{\sigma}{m} \quad (3.6.)$$

unde :

$\sigma$  reprezintă debitul stropite ;

m - debitul mediu.

Diferențele calității ale rampei de stropire se apreciază după valorile obținute și prezentate în tabelul 3.8.

Calitatea rampei de stropire în funcție de coeficientul de variație:

Calitatea	Ecartul maxim față de debitul mediu [%]	CV rampă	
		teoretic [%]	simulat [%]
Ideală	0	0	0
Normală	$\pm 2$	11,55	11,40
Rea	$\pm 4$	23,10	22,9

Tabelul 3.8.

Defecțiunile care apar datorită unei stabiliri inexacte ale spațiului de stropire sînt de regulă suprafețele siroite figura 3.12.,

care pot apărea și în cazul înfundării duzelor.

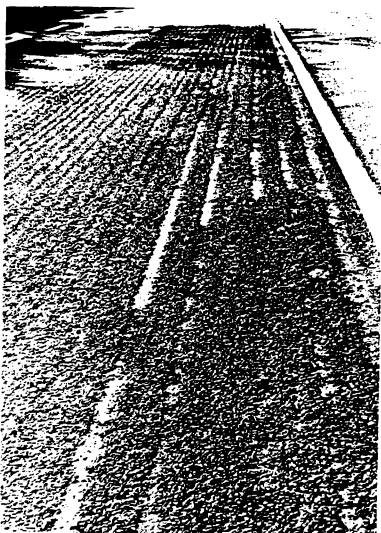


Fig. 2.12. Suprafețe giroite.

Suprafețele și-  
roite în acest caz se  
formează datorită  
faptului că înălți-  
mea rampei de stro-  
pire este prea mare  
și jeturile de liant  
nu se suprapun.

Teoretic,  
C. Stefoni /185/ a  
stabilit următoarea  
relație, pentru a  
determina coeficien-  
tul de variație re-

sultat în funcție de înălțimea rampei :

$$CV_{\text{rezultat}} = \frac{1}{r} (1 + CV_{\text{jet}}^2) CV_{\text{rampă}}^2 + (CV_{\text{jet}}^2 + K_r) \quad (3.7.)$$

în care :

$CV_{\text{rezultat}}$  și  $CV_{\text{jet}}$  sînt determinați prin același  
procedeu ;

$K_r$  - o caracteristică a jetului care permite conlu-  
crarea crarea interacțiunii spațiale a jeturilor ;  
 $r$  - înălțimea rampei.

În general pentru o calitate a rampei și a jetului date,  
 $CV_{\text{rezultat}}$  se reduce dacă numărul  $r$  de acoperiri crește.

C. Stefoni /185/ a tratat complex problema dependen-  
ței factorilor care influențează calitatea stropirii lian-  
tului și a obținut relații de calcul, care în cazul cînd ar  
putea fi aplicate în mod practic pe șantier, ar conduce la  
obținerea unei calități ireproșabile. Din păcate, asemenea  
situații ideale nu se pot realiza întotdeauna în practică.  
În toate cazurile însă, pe sectoarele experimentale execu-  
tate noi am corectat defecțiunile apărute datorită stropi-  
rilor defectuase.

### 3.3.1. Respectarea dozajului de liant.

Respectarea dozajului de liant constă în verificarea  
autostropitorului de bitum și anume, în verificarea duzelor  
să nu fie înfundate și în determinarea cantității de liant



necesare unei anumite suprafețe, la o viteză dată a autostropitorului, o turație dată a pompei și un anumit timp.

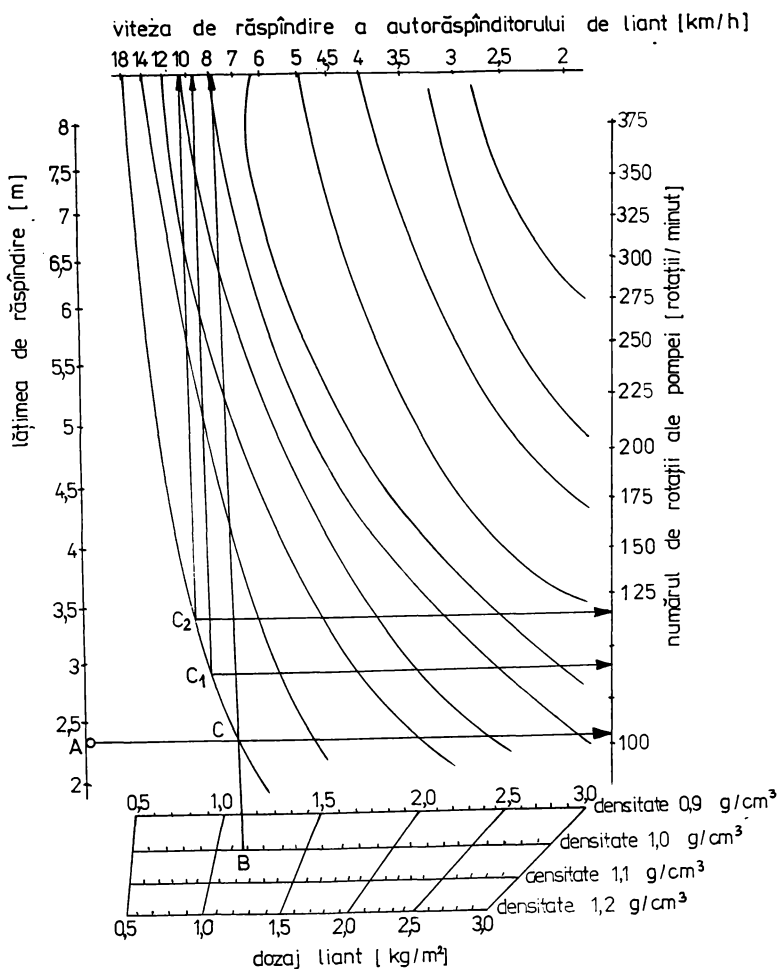
Literatura de specialitate / 92/ menționează existența unor standuri care determină, prin cîntăriri succesive, repartiția de bitum atît pe direcția longitudinală cît și transversală. Standul de încercări se compune dintr-o rampă de răs-pîndire a bitumului, din 35 bacuri de 10 x 100 cm și 20 L capacitate fiecare, putîndu-se cîntări independent. Mai prezintă o cuvă de recuperare a liantului cu dispozitiv de încălzire și un înregistrator care trasează graficul repartiției transversale și longitudinale a bitumului.

La noi în țară nu există astfel de standuri și de aceea verificarea dozajului de liant se reduce la a verifica funcționarea autostropitorului de bitum sau emulsie bituminoasă, adică de a verifica ca duzele să nu fie înfundate și să se obțină o stropire uniformă.

Din studiile / 74/ efectuate, autorul scoate în evidență că pentru a răspîndi uniform cantitatea de liant stabilită prin calcul, pe lățimea de răspîndire cunoscută, este necesar ca autostropitorul să se deplaseze cu o viteză și o turație a pompei, ce antrenează liantul, constantă. Pentru determinarea acestor caracteristici autorul propune să se folosească abaca din figura 3.13. Modul de folosire a abacei din figura 3.13. este exemplificat de autorul tezei, care a considerat lățimea suprafeței de stropire de 2,4 m și dozajul de liant de 1,2 kg/m<sup>2</sup>, ceea ce corespunde în abacă la o viteză de lucru a autostropitorului de 8 km/h și o turație a pompei de 112 rotații/minut.

Se poate schimba viteza de deplasare a autostropitorului de bitum, pentru același dozaj de liant, dar atunci trebuie schimbată turația pompei, ce antrenează liantul. Acest lucru se poate face foarte ușor prin deplasarea pe curba C, fie punctele C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, ... C<sub>n</sub>. Pentru fiecare punct îi corespunde o anumită turație a pompei ce antrenează liantul.

Utilizarea graficului asigură operativitate la execuție pentru corelarea caracteristicilor, viteză de deplasare și turația pompei ce antrenează liantul, astfel încît să se respecte dozajul de liant stabilit prin calcule, sau cu ajutorul diagramelor.



**Fig. 3.13.** Abac pentru determinarea vitezei de răspîndire a liantului și a turației pompei, în funcție de lățimea de răspîndire și dozajul de liant calculat.

Verificînd ducele autostropitorului, să nu fie infundate și folosind abaca din figura 3.13. s-ar putea înlătura unele defecțiuni legate de stropirea liantului necorespunzătoare.

### 3.3.2. Verificarea dozajului la agregate.

Verificarea dozajului la agregate constă în evaluarea cantitativă a volumului aparent sau a greutateii agregatelor necesare pentru a acoperi o unitate de suprafață.

Pe șantier verificarea dozajului mediu la agregate s-a făcut cu ajutorul cutiei dozatoare, de formă paralelipipedică, prezentată în figura 3.4., punctul 3.1.3.

Cutia dozatoare are lungimea de 80 cm, lățimea de 25 cm și înălțimea de 4 cm. La partea superioară prezintă un capac culisant și transparent. Atât capacul cât și o față a cutiei sînt divizate în cm și mm. Pentru determinarea dozajului agregatelor, cutia a fost pusă în poziție orizontală și s-a făcut distribuirea manuală a cantității de agregate, considerată cea optimă. Apoi s-a pus capacul culisant și s-a întors cutia astfel ca să stea pe fața  $S_2$  în poziție verticală, făcîndu-se citirea dozajului direct pe scara cutiei. Scara de citire este de 2 cm pentru  $1 \text{ m}^2$ , în cazul unei cutii de 80 x 25 x 4 cm.

Pe șantier controlul dozajului mediu de agregate s-a făcut astfel :

- cutia, avînd capacul scos, s-a plasat pe suprafața pe care trece răspînditorul de agregate ;
- după trecerea răspînditorului de agregate s-a recuperat cutia cu agregatele, s-a închis capacul culisant și s-a întors cutia pe fața cea mică  $S_2$ , pentru a citi dozajul.

Precizia dozajului astfel determinat a fost de ordinul a 5 % /151/.

Pentru contribuția adusă la proiectarea, realizarea și experimentarea cutiei dozatoare, necesară verificării dozajelor de agregate pe șantier, autorul a primit certificat de inovator nr.: 1 069/20 dec 1988

### 3.3.3. Cilindrarea tratamentelor bituminoase.

Cilindrarea tratamentelor bituminoase este necesară pentru a asigura o încrețtare mai bună a agregatelor, un contact mai bun între agregate și liant /50 /.

După așternerea agregatelor și verificarea repartizării lor uniforme pe suprafața tratată, urmează operația de cilindrare. Din experiența acumulată, autorul a ajuns la concluzia că cilindrarea e bine să se facă cu compactoare cu pneuri, iar în absența acestora cu compactoare cu rulouri netede. Sînt suficiente 2...3 treceri pe aceeași suprafață. La început viteza de deplasare va fi mai mică (circa 5 km/h), iar la sfîrșitul operației viteza va fi mai mare de circa 10 km/h.

Experiența a demonstrat că în cazul compactorului vibrator cu rulouri netede se produce o spargere mai ridicată a agregatelor, dar și o fixare mai bună a acestora decât în cazul compactoarelor pe pneuri. Pentru a reduce riscul spargerii agregatelor, s-a îmbrăcat cu bandaj de cauciuc ruloul neted al compactorului.

Influența compactoarelor asupra agregatelor și a rugozității tratamentelor bituminoase, este redată în figura 3.14.

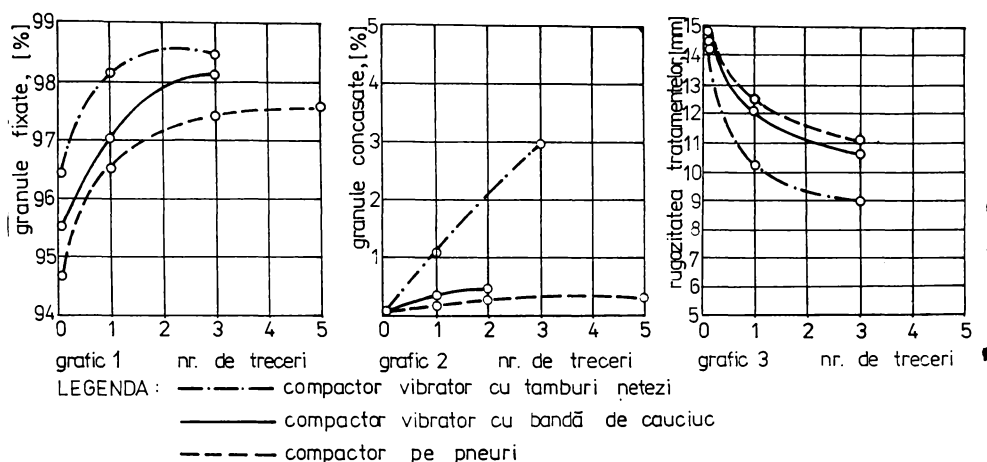


Fig. 3.14. Influența tipului de compactor asupra agregatelor și a rugozității tratamentelor bituminoase.

Analizând graficile din figura 3.14. rezultă că după 2...3 treceri, indiferent de tipul compactorului, cilindrarea este asigurată. Compactorul cu rulou cu bandaj de cauciuc realizează o cilindrare mai bună și o concasare apropiată de cea a compactorului pe pneuri.

Rugozitatea tratamentului bituminos, folosind compactorul cu rulouri netede este inferioară celui cu pneuri sau a celui cu rulou vibrator cu bandaj de cauciuc, așa cum reiese din graficul 3, figura 3.14.

Compactorul vibrator cu rulouri netede realizează o fixare mai bună, dar rugozitatea este inferioară din cauza concasării agregatelor, care este mult superioară față de celelalte compactoare.

Ca urmare a studiilor și experimentărilor efectuate, autorul a ajuns la concluzia că, verificarea dozajului de agregate

și liant, stropirea uniformă a liantului, precum și cilindrarea, sînt probleme importante care trebuie să stea în atenția celor ce se ocupă de realizarea tratamentelor bituminoase.

### 3.4. STUDIUL OPTIMIZĂRII MULTICRITERIALE AL TEHNOLOGIILOR DE EXECUȚIE A TRATAMENTELOR BITUMINOASE ȘI EFICIENȚA ACESTORA.

Importanța deosebită a transporturilor rutiere în cadrul sistemului național de transport, datorită faptului că volumul de mărfuri și numărul călătorilor transportați pe drum dețin ponderea cea mai mare din totalul transporturilor, implică necesitatea asigurării unor condiții optime din punct de vedere al confortului, siguranței și eficienței transporturilor.

În contextul actualei crize economice și energetice se impune aplicarea unor soluții de întreținere a drumurilor care să conducă la economisirea energiei, reducerea prețului de cost, reducerea consumului de materiale, creșterea productivității muncii și duratei de exploatare.

În acest sens au fost elaborate mai multe tehnologii de executare a tratamentelor bituminoase pentru întreținerea drumurilor. Dar, problema care a stat în atenția autorului a fost găsirea unui optim multicriterial [155], adică de a găsi tehnologia optimă de realizare a tratamentelor bituminoase, în scopul îndeplinirii tuturor limitelor și restricțiilor puse în cadrul sectorului rutier.

#### 3.4.1. Unele aspecte generale ale problemelor de optimizare multicriterială.

Cu problemele de optimizare multicriterială [158] se ocupă programarea matematică, o ramură a cercetării operaționale.

Scopul cercetării operaționale este acela de a furniza toate informațiile necesare, pentru a evalua multicriterial și complet toate consecințele posibile ale tuturor deciziilor ce pot fi luate, urmînd să se aleagă, din toate variantele posibile, acea variantă care corespunde cel mai bine obiectivelor propuse.

Problema care a stat în atenția autorului a fost aceea de a alege o tehnologie optimă de realizare a tratamentelor bituminoase din mai multe posibile.

Procesul de luare a deciziilor este mulțimea acțiunilor întreprinse de decidenți în vederea stabilirii deciziei, având următoarele etape: predecizia, decizia propriu-zisă și postdecizia.

Etapa de predecizie este etapa în care decidentul face experimentările, alege variantele, le evaluează, elimină unele dintre acestea, adaugă altele, caută informații noi. Rezultatul acestei etape este o listă de tehnologii realizabile, criteriile de apreciere și cuantificări corespunzătoare.

Etapa de decizie conduce la decizii parțiale. Procesul de luare a deciziilor este un proces dinamic, în sensul adoptării unor decizii care să conducă la rezultate din ce în ce mai bune. Decizia corespunzătoare rezultatului optim este decizia optimă.

Etapa de post-decizie evaluează decizia luată în etapa anterioară.

Modelele de decizii în prezența mai multor criterii, denumite modele de decizie multicriteriale, se împart în :

- modele de decizie multiatribut (M.A.D.M.) ;
- modele de decizie multiobiectiv (M.O.D.M.) .

M.A.D.M. constă în alegerea variantei optime dintr-o mulțime finită de variante, care se compară între ele în raport cu criteriile aparținând unei mulțimi finite. Fiecare variantă este caracterizată în raport cu fiecare criteriu numeric sau nenumeric. Fiecare criteriu urmărește un anumit scop: maxim sau minim /155/

#### 3.4.1.1. Metodologia cercetării operaționale.

Metodologia cercetării operaționale constă în 5 faze, fiecare fază fiind alcătuită din una sau mai multe etape.

Faza I. Punerea și formularea problemei. Această fază se realizează în general de cel ce urmează să ia decizia finală și constă în următoarele etape :

- stabilirea obiectivelor ce trebuie atinse ;
- alegerea criteriului și criteriilor de optimizare ;
- precizarea restricțiilor ce urmează a fi respectate ;

Faza a II-a. Constituirea modelului. Este realizată de specialistul în cercetarea operațională, având următoarele etape.

- obținerea tuturor informațiilor cu privire la problema dată, precum și stabilirea corelațiilor ce există între aceste informații ;

- depistarea factorilor care au vreo influență asupra problemei în sine ;
- analiza posibilității aprecierii cantitative a factorilor și alegerea factorilor cuantificabili în orice fel ;
- clasificarea factorilor în funcție de : natura lor, posibilități de prelucrare, gradul de acuratețe, etc. ;
- alegerea factorilor ce vor fi utilizați în construcția modelului ;
- construcția propriu-zisă a modelului.

Faza III. Aprecierea, prelucrarea și reprezentarea modelului. Se realizează de specialistul în cercetare operațională, avînd drept scop determinarea, prin observații și măsurători, a valorilor constantelor ce trebuie introduse în model pentru a-l face mai apropiat de realitate. Dacă este necesar se vor adăuga și variabile reprezentînd informații care nu au putut fi obținute în prima etapă a fazei a II-a.

Faza a IV-a. Verificarea practică a modelului. Această fază este cea mai importantă. În cadrul acestei faze se face simularea unui mare număr de probleme, observîndu-se atent dacă modelul este sau nu suficient de sensibil sau exact, adică dacă rezultatele finale sînt corecte. Dacă modelul este corect lucrările se o - presc la acest nivel, iar dacă nu este corect se continuă cu faza următoare și ultima.

Din clipa în care modelul este verificat, corectat și definitivat, acesta poate fi folosit pentru realizarea problemelor practice de tipul respectiv.

Modelul va furniza una sau mai multe variante ale deciziei, iar decidentul va stabili linia de urmat și va da ordinul de aplicare a acestuia.

Faza a V-a. Ameliorarea modelului. Cu ocazia ameliorării modelului se face o analiză exhaustivă a tuturor informațiilor existente despre problemă, a constantelor și variabilelor introduse în model. De asemenea, se reexaminează raționamentele care au stat la baza construcției modelului. Drept urmare a constatărilor făcute, în această fază se reface modelul, operațiile reluîndu-se de la faza a III-a, deoarece cu ocazia fazei a V-a au fost introduse o serie de informații noi.

În mod simplificat, metodologia cercetării operaționale poate fi reprezentată prin schema logică din figure 3.15. /129/, în care, după cum se observă, numărul compartimentelor nu coincide

exact cu numărul fazelor și aceasta din cauza îmbunătățirii reprezentării.

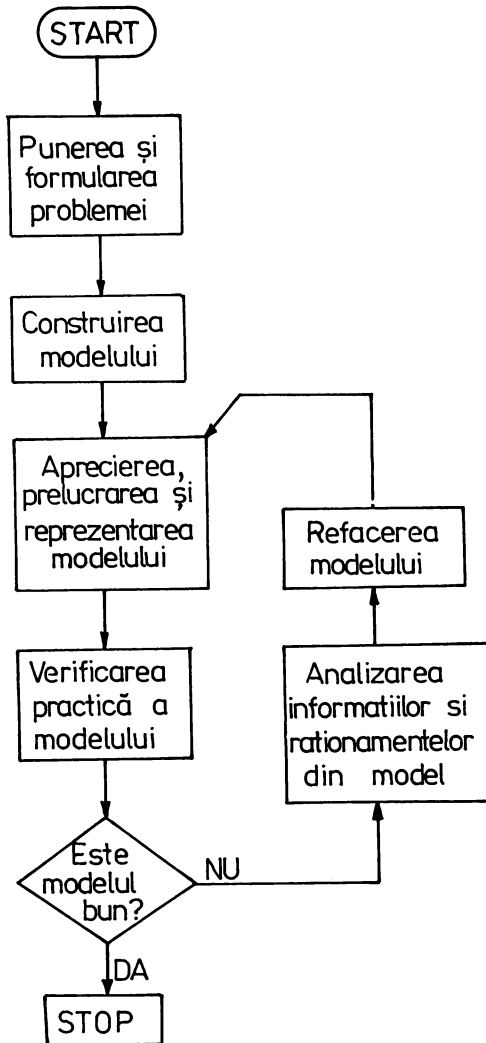


Fig.3.14. Schemă logică.

Pot exista obiective cu mai multe criterii de optimizare. De exemplu, în cadrul tehnologiilor de întreținere a drumurilor, folosind tratamentele bituminoase, presupune mai multe criterii din care unele pot să ceară un maxim (productivitatea muncii, durata de exploatare), iar altele un minim (costurile,

3.4.1.2. Probleme de optim și funcții obiectiv.

Orice problemă de cercetare este o problemă de optim deoarece ea cere găsirea soluției optime.

Pentru rezolvarea problemei trebuie să se înceapă cu stabilirea obiectivului. În general, obiectivul poate fi un minim sau un maxim. De exemplu, dacă obiectivul este realizarea unui drum cu durată de exploatare cât mai mare, atunci se va urmări un maxim. Dacă obiectivul este dat de consumul de energie atunci se va urmări un minim.

În general, între obiectivul propus și criteriul de optimizare este o legătură foarte strinsă, adică se poate spune că fiecare obiectiv presupune cel puțin câte un criteriu de op-



consumurile de materiale, consumul energetic ). Astfel se obține o problemă de optimizare multicriterială / 161/ .

### 3.4.1.3. Metoda topsis.

In vederea ierarhizării variantelor de execuție a tratamentelor bituminoase, ne-am bazat pe metoda Topsis /161/.

Metoda Topsis consideră că varianta optimă este cea care are distanța minimă la soluția ideală. Metoda se bazează pe un algoritmul de calcul ale cărui etape sînt :

Etapa I. S-a construit matricea normalizată de forma:

$$R = ( r_{ij} ), \text{ unde } i = 1, 2, \dots, m \text{ și } j = 1 \dots n ; \quad (3.8.)$$

unde :

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (3.9.)$$

Etapa a II. S-a construit matricea normalizată ponderată :

$$V = ( V_{ij} ), \text{ } i = 1 \dots m \text{ și } j = 1 \dots n \quad (3.10.)$$

unde:

$$V_{ij} = w_j \cdot r_{ij} \quad (3.11.)$$

Etapa a III-a. S-a determinat soluția ideală  $V^+$  și soluția negativă  $V^-$ , care sînt definite astfel :

$$V^+ = (v_1^+ \dots v_n^+), \quad V^- = (v_1^- \dots v_n^-) \quad (3.12.)$$

unde :

$$v_j^+ = \begin{cases} \max. V_{ij}, & \text{dacă } C_j \text{ este criteriul de maxim;} \\ 1 \leq i \leq m \end{cases}$$

$$\begin{cases} \min. V_{ij}, & \text{dacă } C_j \text{ este criteriu de minim} \\ 1 \leq i \leq m \end{cases}$$

$$v_j^- = \begin{cases} \min. V_{ij}, & \text{dacă } C_j \text{ este criteriu de maxim;} \\ 1 \leq i \leq m \end{cases}$$

$$\begin{cases} \max. V_{ij}, & \text{dacă } C_j \text{ este criteriu de minim;} \\ 1 \leq i \leq m \end{cases}$$

Etapa a IV-a S-a calculat distanța dintre soluții :

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - v_j^+)^2}; \quad S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - v_j^-)^2}; \quad (3.13.)$$

$i = 1 \dots m$ .

Etapa a V-a. S-a calculat apropierea relativă de soluția ideală :

$$C_i^+ = S_i - (S_{i-} + S_{i+}) ; \quad (3.14.)$$

Razultă că :

$$0 \leq C_i \leq 1, \quad i = 1 \dots m.$$

0 variantă  $V_i$  este cu atât mai apropiată de A cu cât  $C_i$  este mai apropiat de 1.

Etapa a VI-a. S-a realizat o clasificare pe mulțimea V în concordanță cu valorile descrescătoare ale lui  $C_i$  obținute în etapa precedentă.

Din analiza stării tehnice a rețelei rutiere și influența acesteia asupra consumurilor de carburanți, s-a conceput un studiu pentru alegerea celor mai eficiente tehnologii de execuție a tratamentelor bituminoase, care să conducă, după anumite criterii, la îmbunătățirea viabilității rețelei rutiere existente cu costuri reduse, consumuri de materiale minime, consum energetic cât mai redus și productivitate mărită.

De aceea scopul acestui studiu a fost de a stabili pe baza unor soluții optime multicriteriale tehnologiile de execuție a tratamentelor bituminoase cele mai adecvate.

### 3.4.2. Soluții optime multicriteriale pentru tehnologiile de execuție a tratamentelor bituminoase.

Tratamentele bituminoase fac parte dintre tehnologiile de întreținere a drumurilor modernizate și constituie una dintre metodele cel mai frecvent folosite, la care se face apel în scopul :

- regenerării îmbrăcăminților bituminoase vechi ;
- impermeabilizării suprafețelor poroase ;
- măririi rugozității stratului de uzură ;
- asigurarea protecției îmbrăcăminților rutiere împotriva uzurii sub efectul traficului ;
- uniformizarea aspectului suprafeței de rulare, mai ales după efectuarea unor reparații ;
- colmatării fisurilor și crăpăturilor din stratul de uzură, precum și umplerea unor mici tasări locale din stratul

de rulare.

Diversitatea tehnologiilor de execuție a tratamentelor bituminoase a impus o analiză de obținere a unui optim multicriterial. În studiul efectuat asupra tehnologiilor de optimizare a tratamentelor bituminoase /155/ autorul a luat în considerare următoarele criterii :

- consumul energetic ;
- productivitatea ;
- consumul de materiale ;
- costul lucrării și
- durata de exploatare.

Studiul optim multicriterial a fost efectuat de către autor asupra a șase tehnologii de realizare a tratamentelor bituminoase, cele mai utilizate în practica de întreținere a rețelei rutiere și anume :

- tratamente bituminoase simple cu execuția la rece ;
- tratamente bituminoase simple cu execuția la cald ;
- tratamente bituminoase duble cu execuția la rece ;
- tratamente bituminoase duble cu execuția la cald ;
- tratamente bituminoase cu agregate naturale presrobate;
- tratamente bituminoase cu agregate naturale srobate in situ ( Trabinsit).

După stabilirea tehnologiilor și criteriilor ce trebuie luate în considerare în studiul efectuat, pentru a obține un optim multicriterial, autorul a calculat consumul energetic, consumul de materiale, costul fiecărei tehnologii, a determinat productivitatea și durata de exploatare.

Pentru a determina consumul energetic al tratamentelor bituminoase, autorul a efectuat un calcul (anexa 2.2.), obținând rezultatele prezentate în tabelul 3.9.

Consumul energetic al tratamentelor

bituminoase.

Tabelul 3.9.

Tipul de tratament bituminos	Consumul energetic în $\text{kgcc/m}^2$			
	Materiale	Transport	Punerea în în opo- ră	Total
C	1	2	3	4
Tratamente bituminoase simple:				
. la rece	1,70	0,47	0,12	2,29
. la cald	2,37	0,47	0,12	2,96

0	1	2	3	4
Tratamente bituminoase duble:				
. la rece	3,18	0,73	0,24	4,15
. la cald	5,05	0,73	0,24	6,02
Trabinsit la rece	1,80	0,73	0,24	2,77
. la cald	2,50	0,73	0,24	3,47

Analizând rezultatele prezentate în tabelul 3.9. rezultă că tehnologia de execuție a tratamentelor bituminoase de tipul Trabinsit are un consum energetic mai redus decât tratamentele bituminoase duble, care se aseamănă ca tehnologie de execuție. De asemenea, tratamentele bituminoase cu execuția la rece au un consum energetic mai mic cu 0,67...1,37 kgcc/m<sup>2</sup> decât cele cu execuția la cald.

Tratamentele bituminoase realizate la rece utilizează ca liant emulsia bituminoasă cationică cu rupere rapidă. Conținutul energetic al emulsiei bituminoase a fost calculat ținând seama de fazele tehnologice de preparare, prezentate în anexa 3.1. . Pentru prepararea unei tone de emulsie bituminoasă se consumă 10,27 kgcc la care se adaugă conținutul energetic al bitumului de 1 050 kgcc, rezultând un conținut energetic total de 1 060 kgcc/t de emulsie bituminoasă.

Un alt criteriu pe care autorul l-a luat în considerare în studiul efectuat asupra tratamentelor bituminoase, a fost consumul de materiale.

În calculele efectuate privind consumul de materiale pentru tratamentele bituminoase cu execuția la rece s-a ținut cont că emulsia bituminoasă a avut un conținut de bitum de 60 %. În tabelul 3.10. este prezentat consumul de materiale pentru realizarea tratamentelor bituminoase simple.

Consumul de materiale pentru tratamentele bituminoase simple:

Tabelul 3.10.

Materiale	Consumul de materiale pentru tratamente bituminoase simple cu execuția la:	
	rece, în kg/m <sup>2</sup>	cald, în kg/m <sup>2</sup>
0	1	2
E.B.C.F.	1,4...1,6	-
criblură 8...16 mm	13,0...16,5	13,0...16,5
pietris 7...15 mm	12,0...20,0	12,0...20,0
bitum D 81/120	-	0,9...1,1

Pentru tratamentele bituminoase duble consumul de materiale este prezentat în tabelul 3.11.

Consumul de materiale pentru tratamentele bituminoase duble.

Tabelul 3.11.

Materiale	Consumul de materiale, în $\text{kg}/\text{m}^2$ , pentru tratamentele bituminoase duble cu execuția	
	la rece	la cald
E.B.C.R., 60 %	2,6...10,0	-
Criblură 3...8 mm	9,0...10,0	9,0...10,0
Criblură 8...16 mm	13,0...15,0	13,0...15,0
Bitum D 81/120, D180/200		1,9...2,10

Consumul de materiale pentru tratamentele bituminoase de tip Trabinsit este similar cu cel al tratamentelor bituminoase duble, cu mențiunea că se elimină o stropire cu emulsie bituminoasă. În acest context consumul de emulsie bituminoasă este cu  $1,0...1,4 \text{ kg}/\text{m}^2$  mai mic decât la tratamentele bituminoase duble.

În studiul efectuat, pentru a obține un optim multicriterial, autorul a luat în considerare și costul tratamentelor bituminoase. Calculele s-au efectuat atât asupra tehnologiilor cu execuția la rece, cât și asupra tehnologiilor cu execuția la cald/155/, rezultatele fiind prezentate în tabelul 3.12.

Costul tratamentelor bituminoase.

Tabelul 3.12.

Tipul tratamentului bituminos	Costul tratamentului bituminos			
	[lei/m <sup>2</sup> ]		[lei/km <sup>2</sup> ]	
	la rece	la cald	la rece	la cald
Tratamente bituminoase simple	9,0	10,08	63 000	71 560
Tratamente bituminoase duble	13,80	14,88	96 500	104 160
Tratamente bituminoase de tip Trabinsit	10,84	11,92	75 900	83 440

Din datele prezentate în tabelul 3.12. rezultă că tratamentele bituminoase cu execuția la cald costă cu  $1,08 \text{ lei}/\text{m}^2$  mai mult decât cele cu execuția la rece, iar costul Trabinsitului este mai mic decât cel al tratamentelor bituminoase duble.

Tehnologia de execuție a tratamentelor bituminoase se caracterizează prin mecanizarea integrală a operațiilor, avînd un grad mare de productivitate. Ținînd seama de posibilitățile de aprovizionare cu agregate, emulsie bituminoasă sau bitum, se pot executa în medie 0,3...0,5 km/h tratamente bituminoase, avînd lățimea părții carosabile de 7 m.

Productivitatea în cazul Trabinsitului este mai mare decît în cazul tratamentelor bituminoase duble, deoarece se elimină o operație de stropire a liantului. În cazul Trabinsitului productivitatea este de 0,4...0,6 km/h.

Pentru a obține un optim multicriterial autorul tezei a luat în calcul criteriul referitor la durata de exploatare a tratamentelor bituminoase, care trebuie să fie cît mai mare.

Durata de exploatare a tratamentelor bituminoase variază între 2...6 ani, în funcție de intensitatea traficului, precum și de tipul tratamentului bituminos. Durata maximă de 6 ani se referă la tratamentele bituminoase executate pe îmbrăcăminți definitive, cu un trafic de 201...500 vehicule fizice/zi, deci un trafic redus /151/.

Din studiile efectuate /147/, autorul a ajuns la concluzia că tratamentele bituminoase simple au o durată de exploatare de doi ani, cele duble trei ani, iar Trabinsitul 4 ani, pentru un trafic mediu zilnic de 2 300 vehicule/zi.

### 3.4.3. Aplicația informatică "TEHDRUM".

Studiul multicriterial efectuat asupra tehnologiilor de execuție a tratamentelor bituminoase a fost transpus pe calculator.

Aplicația informatică "TEHDRUM" are la bază ideea că varianta optimă trebuie să aibă distanța minimă la soluția ideală, metoda Topsis /161/. Algoritmul de calcul simplificat, pe care autorul l-a elaborat, este prezentat în schema logică din figura 3.16.

În continuare este prezentată aplicația informatică "TEHDRUM", datele furnizate calculatorului și rezultatele obținute.

Realizarea programului de calcul "TEHDRUM" a scos în evidență că tratamentele bituminoase de tipul Trabinsit, cu execuția la rece sînt cele mai eficiente pentru întreținerea drumurilor, față de celelalte tipuri de tratamente bituminoase.

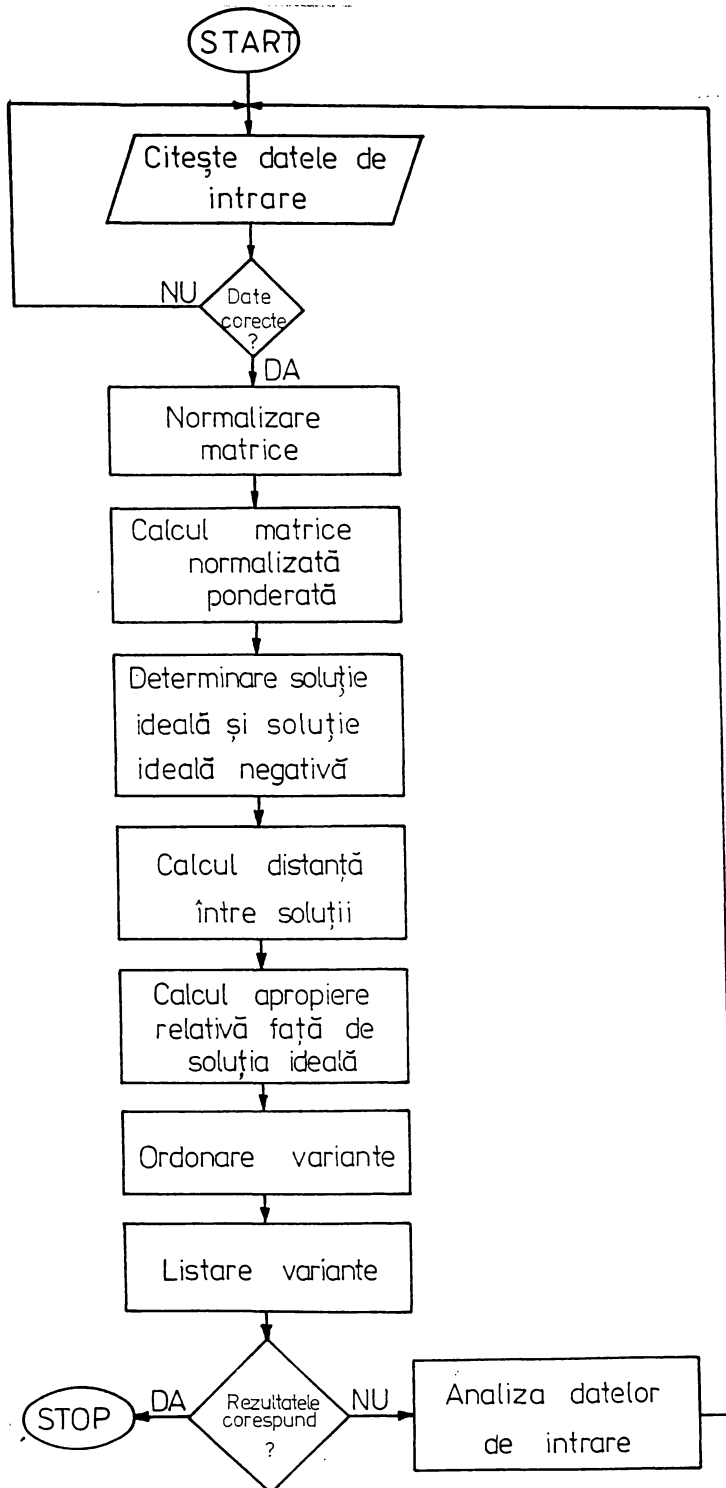


Fig. 3.16. Schema logică a aplicației informatice "TEHDROM".

```

INPUT "Nr.variante:";N
INPUT "Nr.characteristici:";M
DIM V(N+M,N+M)
DIM X(N,M):DIM P(M):DIM S*(M)
DIM G(N):DIM R(N,M):DIM SP(M)
DIM SPL(N):DIM SMI(N):DIM C(N)
DIM SM(M):DIM K(N):DIM V*(N)
FOR I=1 TO N
PRINT "Denumire Varianta:";I
INPUT V*(I)
FOR J=1 TO M
PRINT "Characteristic :";J
INPUT X(I, J)
NEXT J
NEXT I
PRINT "Coeficientii de importanta"
FOR J=1 TO M
PRINT "CoeF(";J;");";"Scop(max,min)"
INPUT P(J),S*(J)
NEXT J
FOR J=1 TO M
FOR I=1 TO N
G(I)=G(I)+X(I, J)^2
NEXT I
G(J)=G(J)^.5
NEXT J
FOR J=1 TO M
FOR I=1 TO N
R(I, J)=X(I, J)/G(J)
NEXT I
NEXT J
S2=9999
FOR J=1 TO M
FOR I=1 TO N
IF V(I, J)>S1 THEN S1=V(I, J)
IF S2<V(I, J) THEN S2=V(I, J)
S1=V(I, J)
NEXT I
IF S*(J)="max" THEN S2=99
SPL(J)=S2:SM(J)=S1:GOTO 360
SPL(J)=S1:SM(J)=S2
NEXT J
FOR I=1 TO N
FOR J=1 TO M
SPL(I)=SPL(I)+(V(I, J)-SPL(J))^2
SMI(I)=SMI(I)+(V(I, J)-SM(J))^2
NEXT J
SMI(I)=SMI(I)^.5
SPL(I)=SPL(I)^.5
C(I)=SMI(I)/(SPL(I)+SMI(I))
K(I)=I
NEXT I
FOR I=1 TO N
PRINT "Varianta :";I;" C(I)=";C(I)
NEXT I
K2=0
FOR I=1 TO N-1
IF C(I)>C(I+1) THEN 570
K1=C(I+1)
C(I+1)=C(I)
C(I)=K1
NEXT I
K(K(I):K(I)=K(I+1):K(I+1)=L

```



```

600 LPRINT I;".  ""Varianta:";K(I);V*(K(I))
605 NEXT I
610 INPUT "Mai doriti o listare?(da/nu)";YU*
620 IF YU*="da" GOTO 585
630 STOP
1010 LPRINT "M.L.P.T.A.T.-Directia Drumurilor"
1015 LPRINT
1020 LPRINT "SISTEMUL INFORMATIC"
1025 LPRINT
1030 LPRINT "SUBSISTEMUL TEHNICO-ECONOMIC RUTIER-SSITER"
1035 LPRINT
1040 LPRINT "Activitatea:STUDIUL MULTICRITERIAL AL TEHNOLOGIILOR"
1041 LPRINT "      DE INTRETINERE A DRUMURILOR"
1045 LPRINT
1050 LPRINT "Simbolul aplicatiei informatice:TEHDRUM"
1055 LPRINT
1060 LPRINT "Functia si denumirea:STUDIUL MULTICRITERIAL AL TEHNOLOGIILOR"
1061 LPRINT "      DE INTRETINERE A DRUMURILOR"
1065 LPRINT
1070 LPRINT "Baza de calcul:Metode de decizii multicriteriale"
1075 LPRINT
1080 LPRINT "Proiectantul aplicatiei informatice:DIRECTIA REGIONALA DRUMURI SI PODURI TIMISOARA"
1081 LPRINT "      O.C.E.+Laborator"
1085 LPRINT "      "
1087 LPRINT "      "
1090 LPRINT "-----"
1090 LPRINT "TEHNOLOGII DE INTRETINERE A DRUMURILOR"
1095 LPRINT "-----"
1097 LPRINT "      "
1100 LPRINT "1.DATE DE INTRARE ALE STUDIULUI DE CAZ"
1110 LPRINT "-----"
1120 LPRINT "DATE GENERALE"
1130 LPRINT "-----"
1140 LPRINT "Beneficiar:D.R.D.P.Timisoara"
1145 LPRINT
1150 LPRINT "Executant:S.I.R.D.S.C."
1155 LPRINT
1160 LPRINT "Proiectant:D.R.D.P.Timisoara"
1165 LPRINT
1170 LPRINT "DATE PRIVIND CRITERIILOR TEHNOLOGIILOR DE INTRETINERE A DRUMURILOR"
1180 LPRINT "-----"
1185 LPRINT:PRINT "Denumire tabel"
1186 INPUT DEN1*:INPUT DEN2*
1187 LPRINT DEN1*
1188 LPRINT DEN2*
1189 LPRINT
1190 LPRINT "Consumul energetic"
1195 LPRINT
1200 LPRINT "Productivitatea"
1205 LPRINT
1210 LPRINT "Consumul de materiale"
1215 LPRINT
1220 LPRINT "Costul lucrarii"
1225 LPRINT
1230 LPRINT "Durata de exploatare"
1235 LPRINT
1236 LPRINT
1240 LPRINT "2.REZULTATE OBTINUTE"
1245 LPRINT "----"
1246 LPRINT
1250 RETURN

```

	00001	TEHM/CRIT	CONSUM	PRODUC	CONSUM	MAT.	COST	DURATA
	00002	ENERG		EBCR	BITUM	CRIBL		EXPL
	00003	Tr.bit.s.r	2.29	0.5	1.6	0	16.5	2
	00004	Tr.bit.s.c	2.96	0,4	0	1.1	16.5	2
	00005	Tr.double.c	6.02	0.4	0	2.1	25	10.08
	00006	Tr.double.r	4.15	0.5	2.1	0	25	14.88
	00007	Tr.trab.c.	3.47	0,5	0	1.2	20	13.80
	00008	Tr.trab.r.	2.77	0,6	2.0	0	20	11.92
	00009	Coef.imp.	0,2	0,1	0,15	0,15	0,1	10.84
	00010	Tip optim.	min	max	min	min	min	0,2
								max

M.L.P.T.A.T.-Directia Drumurilor

SISTEMUL INFORMATIC

SUBSISTEMUL TEHNICO-ECONOMIC RUTIER-SSITER

Activitatea:STUDIUL MULTICRITERIAL AL TEHNOLOGIILOR  
DE INTRETINERE A DRUMURILOR

Simbolul aplicatiei informatice:TEHDRUM

Funcția și denumirea:STUDIUL MULTICRITERIAL AL TEHNOLOGIILOR  
DE INTRETINERE A DRUMURILOR

Baza de calculi:Metode de decizii multicriteriale

Proiectantul aplicatiei informatice:DIRECTIA REGIONALA DRUMURI SI PODURI TIMISOARA  
O.C.E.+Laborator

-----  
TEHNOLOGII DE INTRETINERE A DRUMURILOR  
-----

1.DATE DE INTRARE ALE STUDIULUI DE CAZ  
-----

DATE GENERALE  
-----

Beneficiar:D.R.D.P.Timisoara

Executant:S.I.R.D.S.C.

Proiectant:D.R.D.P.Timisoara

DATE PRIVIND CRITERIILOR TEHNOLOGIILOR DE INTRETINERE A DRUMURILOR  
-----

Tratamente bituminoase

Consumul energetic

Productivitatea

Consumul de materiale

Costul lucrării

Durata de exploatare

2.REZULTATE OBTINUTE  
-----

- 1 . Varianta: 5 Tratamente trabinsit la rece
- 2 . Varianta: 6 Tratamente trabinsit la cald
- 3 . Varianta: 1 Tratamente bituminoase simple la rece
- 4 . Varianta: 2 Tratamente bituminoase simple la cald
- 5 . Varianta: 3 Tratamente bituminoase duble la rece
- 6 . Varianta: 4 Tratamente bituminoase duble la cald

#### CAP.4. MIXTURI ASFALTICE CU EXECUȚIA LA RECE

Mixturile asfaltice sînt folosite pentru realizarea îmbrăcăminților bituminoase și a straturilor de bază.

Mixturile asfaltice se pot prepara la "cald" sau la "rece". În procesul tehnologic de preparare a mixturilor asfaltice la cald se consumă o mare cantitate de combustibil și energie pentru uscarea și încălzirea agregatelor naturale și a bitumului folosit ca liant, în scopul asigurării condițiilor de anrobare. Amestecarea agregatelor naturale cu bitumul se face la temperaturi de peste 150 °C, iar punerea în operă a mixturii asfaltice se realizează la temperatura de peste 100 °C.

Avînd în vedere aceste aspecte, precum și criza energetică ce se manifestă pe plan național și mondial, specialiștii din sectorul rutier au fost puși în situația de a studia, cerceta și găsi noi soluții, care să conducă la reducerea consumului de combustibil și energie.

Problemele deosebite care au apărut în sectorul rutier, lipsa de combustibil și energie, au dus la imposibilitatea de a mai produce mixturi asfaltice în cantitățile necesare sectorului rutier, fapt ce a determinat pe autorul tezei de a studia și proiecta noi tehnologii rutiere pentru producerea mixturilor asfaltice, tehnologii care să elimine încălzirea agregatelor și a bitumului, încălzire ce necesită un consum mare de combustibil și energie.

În acest scop autorul a studiat, proiectat și experimentat, împreună cu specialiștii de la Catedra de drumuri, fundații și instalații în construcții, mixturile asfaltice cu execuția la rece, folosind ca liant emulsia bituminoasă cationică cu rupere lentă (E.B.C.R.L.).

Folosirea E.B.C.R.L. la realizarea mixturilor asfaltice cu execuția la rece (M.A.R.) a dus la economisirea combustibililor necesari producerii mixturilor asfaltice la cald /144/.

Astfel, în anul 1985, la Direcția Regională Drumuri și Poduri (D.R.D.P.) Timișoara, s-a fabricat emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă, în instalația de la Săcălaz.

Începînd cu același an, la D.R.D.P. Timișoara, s-au efectuat primele experimentări folosind mixturile asfaltice cu exe-

cuția la rece, folosind emulsia bituminoasă cationică cu rupere lentă, pentru ranforsarea complexelor rutiere.

Mixturile asfaltice cu execuția la rece (M.A.R.) se obțin din agregate naturale și emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă, prin amestecare în instalații speciale, de tip LPX modificate, sau în betoniere.

Tehnologia de realizare a M.A.R. a fost inițiată de autor împreună cu specialiștii din cadrul laboratorului central al D.R.D.P. Timișoara și de la Catedra de drumuri, fundații și instalații în construcții, Facultatea de Construcții Timișoara, unde s-au efectuat studii în vederea proiectării unor M.A.R., urmate de executarea unor sectoare experimentale cu M.A.R., pe drumurile naționale din cadrul D.R.D.P. Timișoara.

De menționat, că această tehnologie a fost brevetată, autorul obținând un certificat de inovator cu nr.752/31 decembrie 1987 / 152/.

#### 4.1. COMPOZITIA SI CARACTERISTICILE M.A.R.

Pentru a determina compoziția M.A.R. s-au efectuat studii în laborator asupra materialelor componente.

Studiile de laborator au constatat în determinarea caracteristicilor agregatelor naturale, emulsiei bituminoase cationice cu rupere lentă, precum și a mixturilor asfaltice realizate cu aceste materiale.

Agregatele naturale utilizate la prepararea M.A.R. au fost următoarele :

- criblura sort 3-8; 8-16; 16-25;
- pietrișul sort 7-16; 16-31;
- nisipul natural 0-7;

Agregatele naturale utilizate au fost curate, pietrișul concasat, iar nisipul natural a avut un echivalent de nisip E.N.- 91 %.

Pentru a elabora dozajele de M.A.R., s-a determinat granulozitatea agregatelor naturale. Rezultatele obținute sînt prezentate în tabelul 4.1.

Folosind mai multe feluri de agregate naturale s-a urmărit obținerea mai multor tipuri de mixturi asfaltice cu execuția la rece, astfel încît să se obțină un schelet mineral alcătuit din 50...70 % granule cu dimensiunea mai mare de 3 mm.

Granulozitatea agregatelor naturale utilizate  
la fabricarea M.A.R.

Tabelul 4.1.

Agregatele naturale [mm]	Trece prin sita... sau ciurul ...							
	31	25	16	8	3,15	0,63	0,2	0,09
criblură 16...25	100	100	92,0	18,0	0,6	-	-	-
criblură 8...16	100	100	72,8	6,0	0,5	0,5	-	-
criblură 3...8	100	100	99,0	92,0	42,0	6,0	3,0	1,0
pietris 16...31	100	98	95,0	28,0	2,0	-	-	-
pietris 7...16	100	100	68,0	16,8	2,5	0,5	0,5	0,3
nisip natural 0...7	100	100	100	100	99,5	51,4	11,0	5,0

Pentru prepararea mixturilor asfaltice cu execuția la rece s-a folosit emulsia bituminoasă cationică cu rupere lentă, fabricată în mod special în instalația de emulsie bituminoasă de la Săcălaz. Aceste tipuri de emulsii bituminoase au asigurat o bună anrobare a agregatelor naturale, iar ruperea a avut loc după un timp mai îndelungat, ceea ce a permis punerea în operă a mixturilor asfaltice realizate. Timpul de rupere al emulsiilor bituminoase s-a apreciat cu ajutorul indicelui de rupere, urmărindu-se obținerea unor valori ale acestuia de peste 120. Aprecierea timpului de rupere s-a făcut prin metoda cu filer silicios, descrisă la capitolul 2, punctul 2.4.3.

În urma încercărilor efectuate asupra emulsiei bituminoase preparată la Săcălaz, s-au obținut următoarele caracteristici:

- indicele de rupere : 160 ;
- conținutul de bitum : 56...58 % ;
- pH-ul : 2,5.

Experiența a demonstrat că pH-ul trebuie să fie cuprins între 1,8-2,5. Creșterea cantității de acid clorhidric, respectiv scăderea pH-ului, duce la mărirea stabilității emulsiei bituminoase cationice, dar scăderea pH-ului sub 1,8 poate micșora adhezivitatea emulsiei bituminoase cationice la agregatele naturale, folosite la fabricarea mixturilor asfaltice cu execuția la rece.

În ceea ce privește adhezivitatea emulsiei bituminoase, aceasta s-a determinat prin metoda statică la rece, utilizând agregatele naturale existente pe șantier. Rezultatele obținute sînt prezentate în tabelul 4.2.

Pentru prepararea E.B.C.R.L. s-a utilizat bitum D 81/120.

Adezivitatea E.B.C.R.L. Tabelul 4.2.

Materiale	Grad de anrobare
Cribrură 8...16 mm	95 %
Pietriș 7...15 mm	86 %

După studiile efectuate în laboratorul central al D.R.D.P. Timișoara și al Catedrei de drumuri, fundații și instalații Timișoara,

s-a ajuns la dozaajul optim pentru prepararea emulsiei bituminoase cationice cu rupere lentă, astfel :

- 55,0 % bitum D 81/120 ;
- 1,8 % emulgator RN<sub>2</sub> ;
- 2,7 % acid clorhidric ;
- 40,5 % apă.

Folosind acest dozaaj , în instalația de la Săcălaș, s-a preparat emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă.

Stabilirea compoziției M.A.R. s-a făcut pe baza încercărilor preliminare efectuate de laboratorul de specialitate, cu respectarea condițiilor tehnice, luându-se în considerare caracteristicile materialelor componente.

S-au obținut mai multe tipuri de M.A.R. după cum urmează:

- betoane asfaltice deschise, în compoziția cărora intră agregate cu dimensiunea maximă a granulei cuprinsă între 25... ..31 mm. Acestea pot fi utilizate la realizarea straturilor de bază și de legătură;

- betoane asfaltice în compoziția cărora intră agregate cu dimensiunea maximă a granulei de 16 mm.

Dozajele stabilite pentru M.A.R. sînt prezentate în tabelul 4.3.

Dozajele stabilite pentru M.A.R. Tabelul 4.3.

	M.A.R. pentru strat de :		
	bază	legătură	uzură
Conținut de bitum pur %	1,0...1,0	4,0...5,0	5,5...7,5
Granulozitatea agregatului natural, % :			
- trece prin sita de 0,09 mm	1,0...3,0	1,0...4,0	4,0...6,0
- trece prin sita de 0,2 mm	2,0...6,0	2,0...10,0	5,0...10,0
- trece prin sita de 0,63 mm	8,0...15,0	10,0...20,0	12,0...30,0
- trece prin ciurul de 3,15 mm	20,0...40,0	20,0...40,0	40,0...65,0

	0	1	2	3
- trece prin ciurul de 8 mm		30,0...50,0	35,0...55,0	60,0...90,0
- trece prin ciurul de 16 mm		50,0...90,0	60,0...90,0	85,0...100,0
- trece prin ciurul de 25 mm		70,0...100,0	80,0...100,0	100,0
- trece prin ciurul de 31,5 mm		75,0...100,0	85,0...100,0	100,0

Zonele de granulozitate pentru cele trei tipuri de M.A.R. sînt prezentate în figurile 4.1.; 4.2.; 4.3.

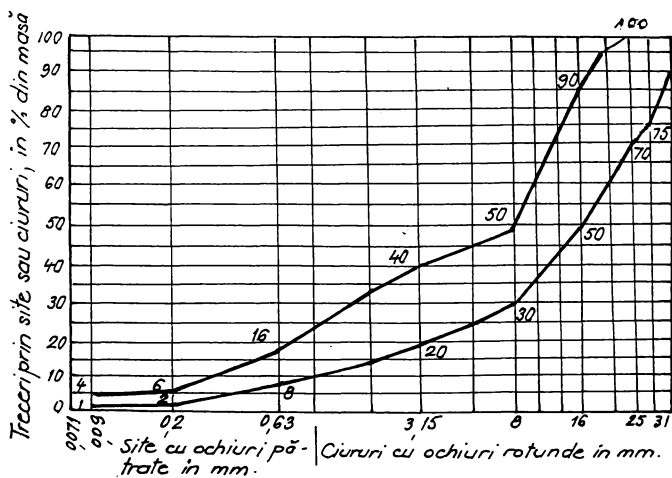


Fig.4.1. Zona de granulozitate pentru M.A.R. utilizate în stratul de bază.

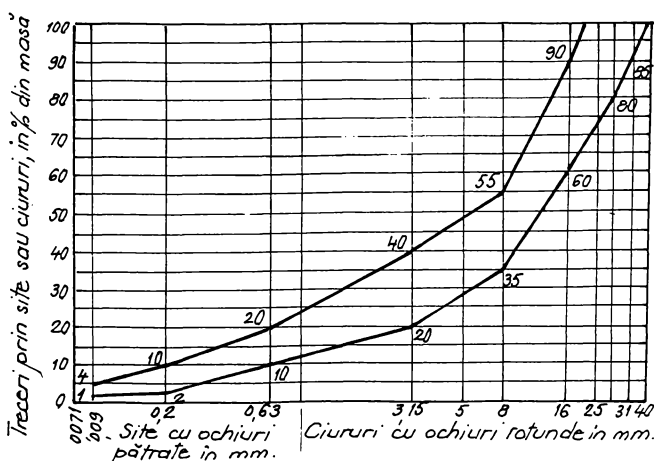


Fig.4.2. Zona de granulozitate pentru M.A.R. utilizate în stratul de legătură.

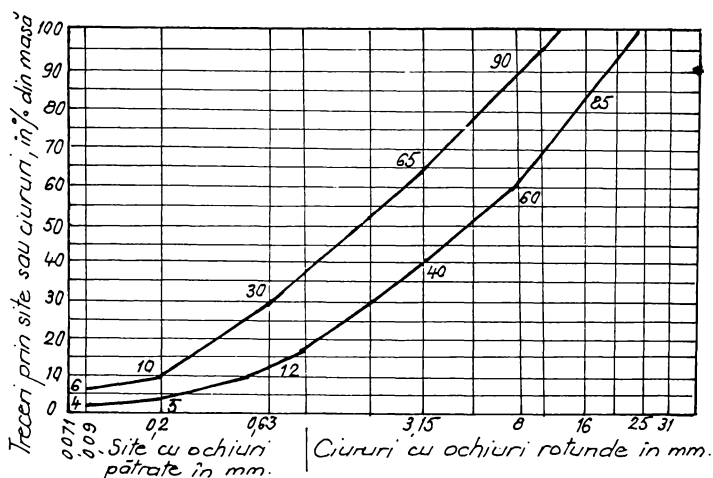


Fig. 4.3. Zona de granulozitate pentru M.A.R. utilizate în stratul de uzură.

Compozițiile orientative de lucru, pentru obținerea citorva tipuri de mixturi asfaltice cu execuția la rece, care se încadrează în zonele de granulozitate prezentate mai sus, sînt prezentate în tabelul 4.4.

Compoziția mixturilor asfaltice cu execuția la rece.

Tabelul 4.4.

Materiale	Dozaje M.A.R. în %, pentru strat de :				
	bază	legătură cu:		uzură cu:	
		pietris	criblură	pietris	criblură
Criblură 16...25 mm	-	-	20...40	-	-
Criblură 8...16 mm	-	-	20...50	-	20...30
Criblură 3...8 mm	-	-	-	-	20...30
Nisip natural 0...7 mm	20...30	20...30	20...30	40...50	40...50
Pietriș 16...31 mm	20...30	20...50	-	-	-
Pietriș 7...16 mm	40...50	30...50	-	40...60	-
Apă de umezire	4...5	-	4...5	-	5...6
E.B.C.R.L.	5,5...7,3	7,3...9,1	7,3...9,1	10...12	10...12
Bitum total pur	3,0...4,5	4,0...5,0	4,0...5,0	5,5...6,5	5,5...6,5

După ce au fost elaborate dozajele, s-au preparat M.A.R. în laborator, din care s-au confecționat epruvete cilindrice



tip Marshall. Epruvetele s-au preparat la temperatura mediului ambiant, aplicându-se 75 de lovituri pe fiecare parte, decofrarea s-a făcut după 72 ore, iar încercările pentru determinarea caracteristicilor fizico-mecanice, după ce au fost menținute 48 de ore la temperatura de 20 °C /106; 183 /.

Caracteristicile fizico-mecanice ale M.A.R., obținute în urma încercărilor de laborator sînt prezentate în tabelul 4.5.

Caracteristicile fizico-mecanice ale M.A.R. Tabelul 4.5.

Caracteristici	U.M.	Mixturi asfaltice cu execuția la rece pentru strat de :		
		bază	legătură	uzură
Densitatea aparentă minim	kg/m <sup>3</sup>	1 900	2 000	2 100
Absorbția de apă, max.	%	10...12	8...10	8...9
Stabilitatea Marshall la 20 °C	kN	2,5	3,0	4,0
Indicele de curgere	mm	1,5...4,5	1,5...4,5	1,5...4,5

Autorul menționează că rezultatele au fost obținute pe epruvete tip Marshall, confecționate la rece, imediat după fabricarea M.A.R. .

#### 4.2. PREPARAREA SI PUNEREA IN OPERA A MIXTURILOR ASFALTICE CU EXECUTIA LA RECE.

Mixturile asfaltice cu execuția la rece, folosind emulsia bituminoasă cationică cu rupere lentă, s-au fabricat în instalații I.P.M.A. la care s-au făcut unele modificări (figura 4.4. ).

Completările și modificările aduse instalației existente au fost :

- utilizarea unei benzi transportoare pentru agregate, cu scopul de a evita trecerea prin uscător, ceea ce a făcut să se obțină economii de combustibil și energie ;

- utilizarea unui sistem automat de dozare a apei și a emulsiei bituminoase, pentru a le introduce în malaxor.

Aceste modificări simple și accesibile oricărui șantier au fost făcute pentru prima dată la stația de la Voiteg ( stație LPX), din cadrul D.R.D.P. Timișoara.

În esență, a fost necesară realizarea unei instalații

de alimentare a malaxorului cu apă și a unei instalații de alimentare cu emulsie bituminoasă. De asemenea, pentru a evita trecerea agregatelor naturale prin uscătorul instalației s-a montat o bandă transportoare sub uscător, care transportă materialul direct la elevatorul cu cupe. Autorul menționează că modificările au fost făcute în așa fel încât instalația poate fi utilizată, după caz, atât pentru fabricarea mixturilor asfaltice la rece, cât și pentru fabricarea mixturilor asfaltice la cald. Acest lucru evită realizarea unor instalații speciale pentru obținerea M.A.R., nefiind necesare investiții noi de instalații și nici o nouă organizare de șantier, ducând astfel la obținerea unor importante economii financiare, de timp, de combustibil și energie.

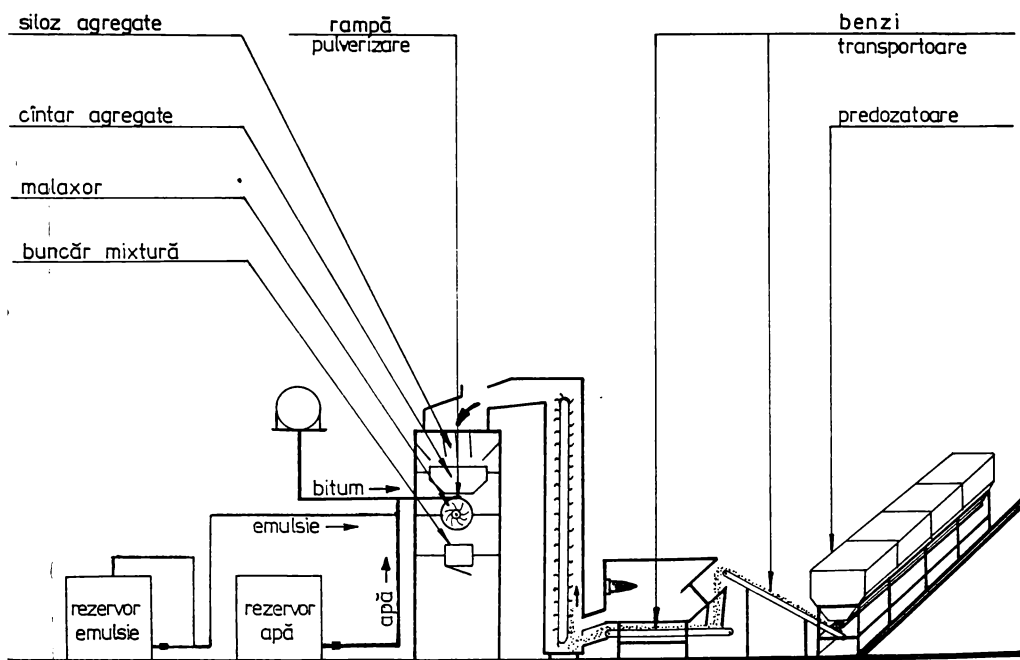


Fig.4.4. Schema generală a instalației tehnologice pentru producerea mixturilor asfaltice cu execuția la rece.

Instalația LPX modificată pentru producerea M.A.R. se compune din :

- predozatoare, care asigură dozarea riguroasă a agre-

gatelor ;

-banda transportoare, care conduce agregatele naturale la elevatorul cu cupe ;

- silozul și cântarul pentru agregate ;
- rezervorul pentru emulsia bituminoasă ;
- rezervorul pentru apă ;
- sistemul automat de dozare a emulsiei bituminoase și a apei, folosind un releu de timp ;
- pentru introducerea în malaxor a apei și a emulsiei bituminoase s-a folosit rampa de pulverizare existentă( care se folosea și la bitum) ;
- malaxorul instalației ;
- buncărul pentru depozitarea M.A.R. obținute, în vederea transportării acestora pe șantier.

Pentru contribuția adusă la adaptarea instalației LPX în scopul fabricării M.A.R. autorul a primit certificat de inventator nr.93 981/1987 /149/.

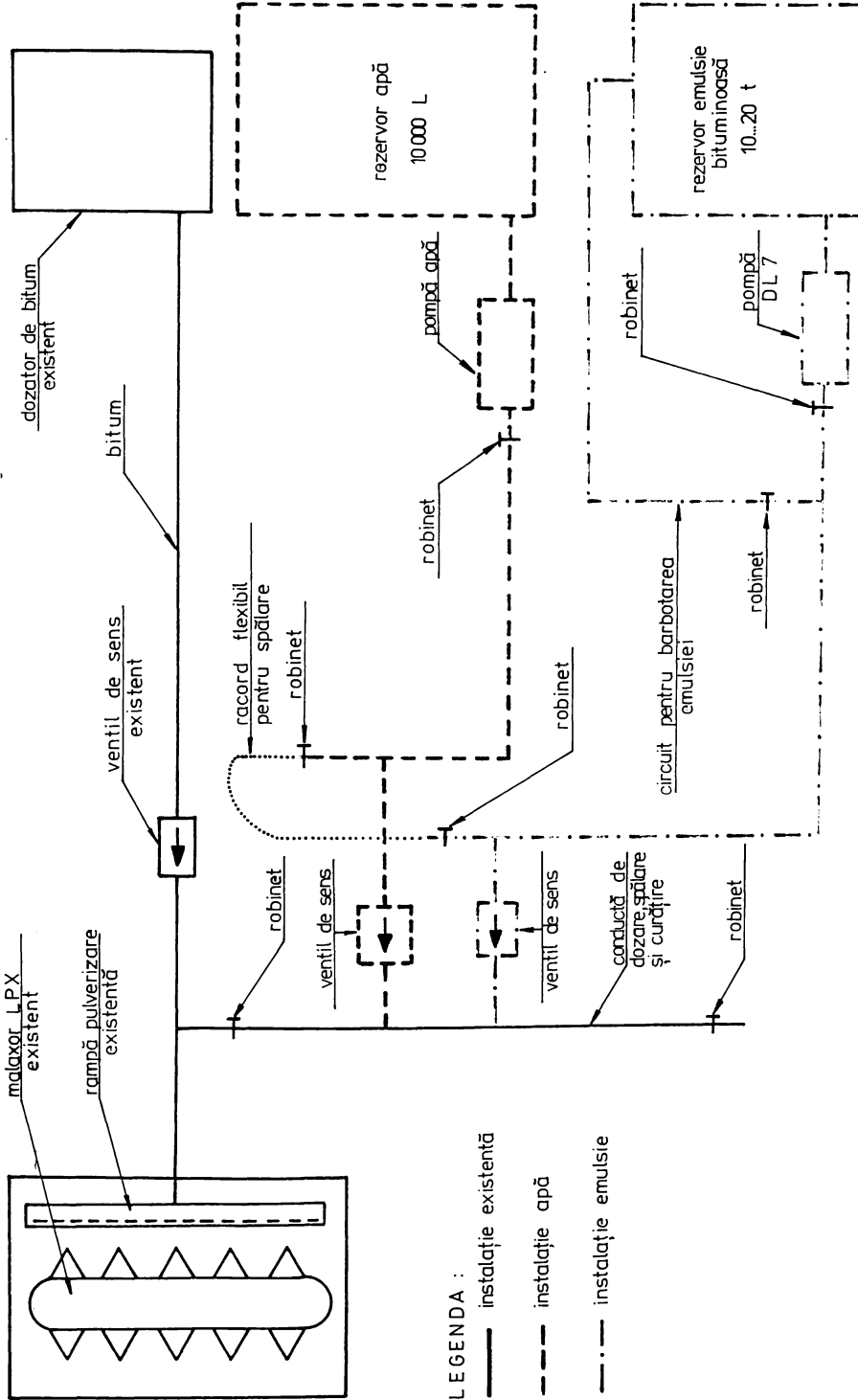
#### 4.2.1. Tehnologia de fabricare a M.A.R.

Instalația de preparare a mixturilor asfaltice tip LPX are o capacitate de 25 t/h, în conformitate cu prescripțiile tehnice date de constructorul instalației. Prin modificările efectuate și tehnologia de preparare a M.A.R. , performanțele instalației s-au îmbunătățit, ajungând la o productivitate de 29 t/h.

Procesul tehnologic de preparare a mixturilor asfaltice la rece, cu ajutorul instalației LPX modificată este foarte simplu și în întregime automatizat.

Agregatele naturale predozate, sînt preluate de banda transportoare, amplasată sub uscător, și duse la elevatorul cu cupe. Apoi, agregatele naturale dozate corespunzător, prin cântărire, sînt introduse în malaxor, unde sînt premezite, cu o anumită cantitate de apă de umectare adăugată. În malaxor se amestecă timp de 30 de secunde, apoi se pulverizează o anumită cantitate de emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă, continuîndu-se malaxarea încă 60 de secunde, obținîndu-se în final un amestec omogen de culoare cafenie.

În figura 4.5. este prezentată schema instalației de malaxare a mixturilor asfaltice cu execuția la rece.



LEGENDA :

- instalație existentă
- - - instalație apă
- · - - instalație emulsie

Fig.4.5. Schema instalației de malaxare.

Se poate întâmpla ca din anumite cauze, legate de nerespectarea dozajelor, calitatea necorespunzătoare a agregatelor și a liantului, să se producă ruperea emulsiei bituminoase în timpul malaxării. În această situație operatorul este obligat să oprească imediat malaxarea, pentru a nu forța paleții malaxorului, ducând astfel la ruperea lor.

Atât introducerea apei de umezire cât și a emulsiei bituminoase cationice cu rupere lentă sînt reglate automat, prin intermediul unui releu de timp, operatorul dozînd componenții direct din cabina de comandă, prin apăsarea butoanelor respective.

În procesul de fabricare a M.A.R. foarte important este să se cunoască apa pentru umezire. Autorul menționează că s-a lucrat cu 8...10 % apă totală (apă de umezire + apă din emulsia bituminoasă + umiditatea agregatelor). În general apa de umezire este în proporție de 5...6 %. În urma experimentărilor efectuate și a experienței acumulate, autorul a ajuns la concluzia că apa totală nu trebuie să depășească 10 % din mixtura asfaltică.

#### 4.2.2. Transportul, așternerea și compactarea M.A.R.

Mixturile asfaltice cu execuția la rece s-au transportat cu autobasculantele la locul de așternere. În timpul transportului autorul a constatat că s-a pierdut 1...2 % din apa totală.

Durata de transport și punerea în operă nu a depășit două ore, ceea ce a făcut ca ruperea emulsiei bituminoase să aibă loc după punerea în operă a M.A.R. . Distanța de transport a M.A.R. a fost de 20...40 km.

Pentru a asigura acroșarea mixturii asfaltice pe stratul suport, s-a curățat suprafața de impurități și apoi s-a amorțat cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă, în cantitate de 0,5...1,2 kg/m<sup>2</sup> .

Așternerea M.A.R. s-a făcut pe timp calduros, la temperatura atmosferică de peste +15 °C, cu scopul de a se produce evaporarea rapidă a apei din mixtura asfaltică.

Punerea în operă a M.A.R. s-a făcut cu repartizatorul finisor S 400, figura 4.6.. În timpul așternerii s-a pierdut 1...2 % din apa totală, iar ruperea emulsiei bituminoase a

avut loc după așternerea mixturii asfaltice .



Fig.4.6. Punerea în operă a M.A.R. cu repartizatorul-finishor S 400.

Pentru a elimina apa din M.A.R. a fost necesară o compactare cât mai energetică.

Compactarea s-a realizat cu compactatorul cu rulouri netede de 120 kW. Se continuă compactarea până ce nu se mai observă urme pe suprafața îmbrăcăminții, iar gradul de compactare obținut a fost de minimum 90 %.

După terminarea compactării, stratul bituminos astfel realizat s-a etanșat prin executarea unui tratament bituminos, iar pe alte sectoare s-a aplicat un strat de mixtură asfaltică realizată la cald.

În urma experimentărilor efectuate, autorul a ajuns la concluzia că este foarte important ca stratul realizat din mixtură asfaltică cu execuția la rece să nu se lase neacoperit în timpul iernii, deoarece M.A.R. au un volum mare de goluri ceea ce favorizează pătrunderea apei în îmbrăcămintea bituminosă.

#### 4.3. SECTOARE EXPERIMENTALE EXECUTATE CU M.A.R.

Primele sectoare experimentale , folosind M.A.R., s-au executat în anul 1985 pe D.N.59 Timișoara- Moravița, km 28+400... ..28+480 stînga și km 42+290...42+410 stînga. Rezultatele fiind încurajatoare, în anul 1986 s-a executat un sector experimental în lungime de 2 km pe D.N.58 B, Reșița - Voiteg, km 61+300... ..63+300, unde s-au realizat 9 tipuri de sisteme rutiere, conform celor prezentate în figura 4.7.

Sectoarele experimentale s-au realizat în perioada 1 septembrie 1986...15 octombrie 1986, la Formația "Mixturi Betoane Voiteg, pe D.N. 58 B, Reșița - Voiteg, km 61+300...63+300, adoptîndu-se următoarele soluții :

- sectorul experimental 1 :

. km 61+300...61+700, dreapta și stînga, s-a executat

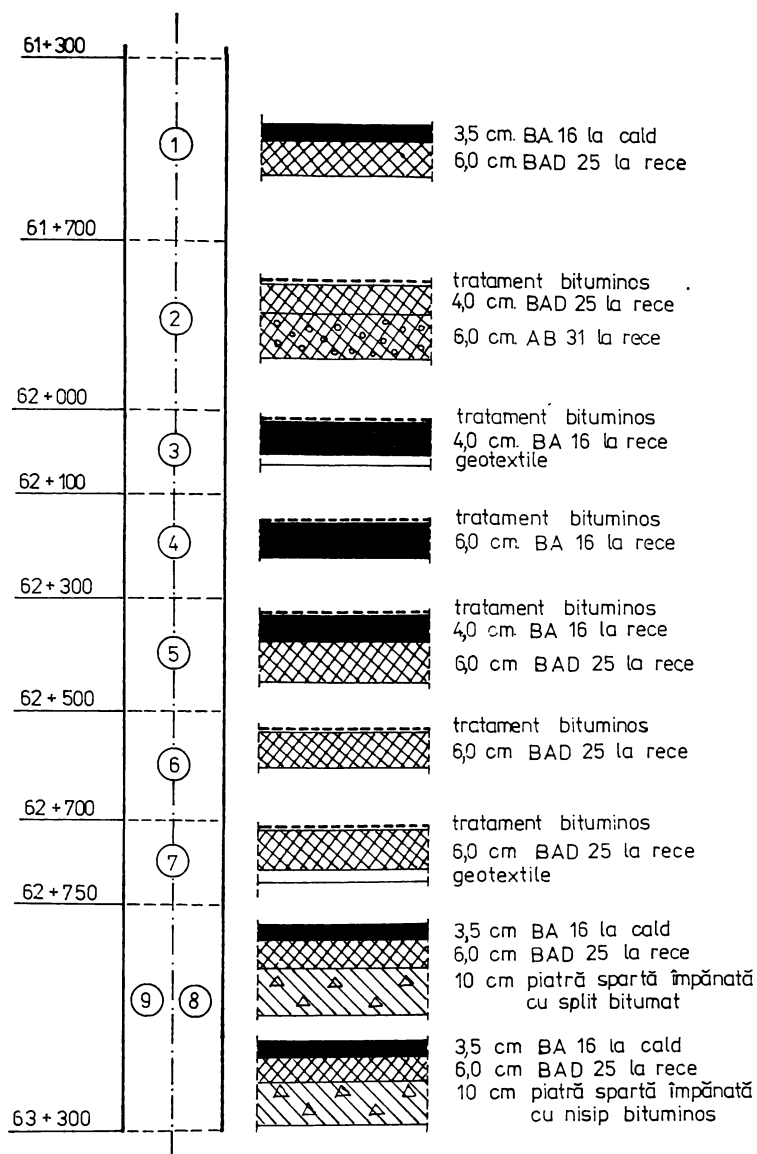


Fig.4.7. Sectoare experimentale executate pe  
D.N.58 B km 61+300...63+300.

un strat de 6 cm beton asfaltic deschis având granule maximă de 25 mm, realizat la rece (B.A.D.R.25) și 3,5 cm beton asfaltic cu dimensiunea maximă a granulei de 16 mm, realizat la cald ( B.A.16 ) ;

## - sectorul experimental 2 :

. km 61+700...62+000, dreapta și stînga, s-a executat un strat de bază în grosime de 6,0 cm, din anrobate bituminoase cu pietriș executate la rece, apoi s-a pus un strat de 4,0 cm din B.A.D.R.25 și închiderea suprafeței s-a făcut cu un tratament bituminos executat la rece cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă și criblură 8...16 mm ;

## - sectorul experimental 3 :

. km 62+000...62+100, dreapta și stînga, un sector care prezenta fisuri, s-a pus un geotextil de tipul TERASIN 400, a urmat apoi așternerea unui strat de mixtură asfaltică cu execuția la rece, de tipul unui beton asfaltic (B.A.R.16 ), în grosime de 4,0 cm, iar închiderea suprafeței s-a făcut cu un tratament bituminos executat la rece ;

## - sectorul experimental 4 :

. km 62+100...62+300, dreapta și stînga, s-a executat un strat de 6,0 cm din B.A.R.16, apoi un tratament bituminos cu execuția la rece pentru etanșarea suprafeței ;

## - sectorul experimental 5 :

. km 62+300...62+500, dreapta și stînga, s-a așternut un strat de 6,0 cm din B.A.D.R.25, apoi 4,0 cm din B.A.R.16, iar etanșarea s-a făcut cu un tratament bituminos la rece ;

## - sectorul experimental 6 :

. km 62+500...62+700, dreapta și stînga, s-a executat un strat de 6,0 cm din B.A.D.R.25, apoi suprafața s-a etanșat cu un tratament bituminos ;

## - sectorul experimental 7 :

. km 62+700...62+750, dreapta și stînga, pe drumul existent ce prezenta fisuri s-a așternut un geotextil de tipul TERASIN 400, folosind emulsie bituminoasă cu rupere rapidă pentru lipirea geotextilului pe îmbrăcămintea veche, apoi a urmat un strat de 6,0 cm grosime realizat din B.A.D.R.25, iar etanșarea s-a făcut cu un tratament bituminos la rece ;

## - sectorul experimental 8 :

. km 62+750...63+200, dreapta, s-au realizat :  
 - un macadam de 10 cm grosime împănăt cu split bitumat, realizat la cald ;  
 - 6,0 cm B.A.D.R.25 ;  
 - 3,5 cm din mixtură asfaltică realizată la cald, de tipul B.A.16 ;



- sectorul experimental 9 :

Pe sectorul de drum cuprins între km 62+750...63+300 stînga s-au realizat :

- 10 cm macadam împănăt cu nisip bituminos ;
- 6,0 cm B.A.D.R.25 ;
- 3,5 cm B.A.16 realizat la cald.

Aceste sectoare experimentale au fost urmărite în timp, iar concluziile vor fi prezentate în capitolul care se referă la comportarea în exploatare.

În anul 1987, la F.M.B. Voiteg, s-au fabricat 1 444 tone de mixtură asfaltică cu execuția la rece, care a fost pusă în operă pe sectorul de drum de pe D.N.59, Timișoara -Moravița, km 32+540...33+600 și pe D.N.58 B, km 63+250...64+250, Voiteg Birda. Pe aceste sectoare s-a realizat un strat de legătură de 4,0 cm din M.A.R. de tipul B.A.D.R.25, un strat de uzură de 3 cm din M.A.R. de tipul B.A.R.16, urmat de un tratament bituminos executat la rece cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă și criblură 8...16 cm.

În anul 1988, la aceeași formație, s-au fabricat 1 547 tone de M.A.R., ce a fost pusă în operă pe D.N.59, Timișoara - Moravița, km 24+900...25+900 și km 22+480...23+480, realizîndu-se un strat de legătură de 3,5 cm grosime din B.A.D.R.25 și un strat de uzură de 2,5 cm din B.A.R.16, urmat de o etanșare cu un tratament bituminos la rece.

În același an, s-a extins tehnologia de fabricare a M.A.R. și la Formația de mixturi betoane, din cadrul Secției de drumuri naționale Arad, Pădureni. S-au fabricat 1 300 tone de M.A.R., care a fost pusă în operă pe D.N.79, Arad - Chișinău Criș, km 31+000...32+000 și km 32+400...32+650.

În anul 1989, la F.M.B. Voiteg s-au fabricat 1 157 tone M.A.R., care a fost pusă în operă pe D.N.59, Timișoara-Moravița, km 19+300...20+300, realizînd un covor de 6,0 cm grosime, care s-a etanșat cu un tratament bituminos executat cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă și criblură 8...16 mm.

Tot în anul 1989, la Formația de mixturi betoane (F.M.B.) Pădureni, s-au fabricat 2 950 tone de mixtură asfaltică cu execuția la rece, care a fost pusă în operă pe D.N.79 A, Ineu- Chișinău Criș-Vărgand, km 82+900...83+900, km 91+900...93+000 și km 116+000...118+000, realizînd un strat de 4,0

cu grosime, urmat de un tratament bituminos executat cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă și pietriș 7...15 mm.

În concluzie, autorul menționează că, în perioada anilor 1985...1989, la D.R.D.P.Timișoara s-au fabricat 11 094 tone mixtură asfaltică cu execuția la rece, care s-a folosit la executarea lucrărilor de reparare și ranforsare a drumurilor existente.

#### 4.3.1. Verificări efectuate în timpul experimentărilor.

În timpul experimentărilor s-au făcut verificări asupra emulsiei bituminoase și a agregatelor naturale.

Emulsia bituminoasă cationică cu rupere lentă a avut următoarele caracteristici:

- bitum D 81/120: 55...60 % ;
- indicele de rupere : min 160 (determinat prin metoda cu filer silicios).

Zilnic s-a determinat umiditatea agregatelor naturale, s-a calculat apa necesară pentru umezirea agregatelor în malaxorul instalației și s-a calculat, de fapt s-a verificat conținutul total de apă din mixtura asfaltică gata preparată.

De la locul de punere în operă a M.A.R. s-au prelevat probe asupra cărora s-au făcut încercări, în cadrul laboratorului de șantier, determinându-se conținutul de apă, conținutul de bitum, precum și granulozitatea agregatelor.

Pentru determinarea umidității mixturilor asfaltice cu execuția la rece, autorul și-a adus contribuția la elaborarea și experimentarea unei metode de încercare pe șantier.

Metoda constă în determinarea conținutului de apă dintr-o cantitate cunoscută de M.A.R. Pentru efectuarea încercării, s-au prelevat probe de M.A.R., folosind metoda sferturilor / /, atât de la stația de preparare cât și de la locul de punere în operă.

Proba de M.A.R. prelevată și cântărită a fost pusă la temperatura de 105 °C, într-o etuvă termoreglabilă, și ținută până la masă constantă. Când proba a avut aceeași masă după 2...3 cântăriri, s-a pus într-un exicator pentru a lua temperatura mediului ambiant, apoi s-a cântărit din nou.

Umiditatea M.A.R. s-a calculat folosind relația :

$$U = \frac{m_1 - m}{m} \times 100 \quad / \% / \quad (4.1.)$$

unde :

U este umiditatea M.A.R., în % ;

$m_1$  - masa probei de M.A.R. cu umiditate, în g ;

m - masa probei de M.A.R. după uscare, în g.

S-au efectuat mai multe încercări și s-a făcut media aritmetică a rezultatelor obținute.

În cadrul laboratorului central al U.R.D.P. Timișoara s-au efectuat încercări asupra probelor prelevate de la instalația de producere a M.A.R., cât și de la locul de punere în operă, determinându-se caracteristicile fizico-mecanice ale M.A.R., rezultatele obținute fiind trecute în tabelul 4.6.

Caracteristicile fizico-mecanice obținute. Tabelul 4.6.

Caracteristici	B.A.D.R.25		A.B.R.31		B.A.R.16	
	1	2	1	2	1	2
Bitum, în %	3,9	4,2	4,5	5,0	6,6	6,8
Curba de granulozitate, în %:						
- trece prin sita de 0,08 mm	3,3	4,3	3,8	4,1	4,3	5,0
- trece prin sita de 0,09 mm	4,3	4,7	4,0	4,2	5,3	6,1
- trece prin sita de 0,2 mm	5,6	6,3	7,5	8,6	9,9	10,4
- trece prin sita de 0,63 mm	11,7	9,9	12,7	13,6	17,0	16,0
- trece prin ciurul de 3 mm	24,8	25,6	24,8	28,4	32,7	40,3
- trece prin ciurul de 8 mm	40,2	38,0	42,7	44,1	59,3	64,0
- trece prin ciurul de 16 mm	70,1	66,5	72,4	79,0	74,6	79,8
- trece prin ciurul de 25 mm	91,3	90,4	100,0	100,0	100,0	100,0
- trece prin ciurul de 30 mm	100,0	100,0	-	-	-	-
Umiditatea la static, %	9,0	7,5	7,1	7,2	7,1	7,5
Umiditatea la compactare, %	4,5	4,8	4,3	4,7	4,3	4,8
Absorbția de apă, % vol.	9,5	10,1	12,1	11,8	6,2	7,1
Densitatea aparentă, kg/m <sup>3</sup>	1 830	1 900	1 900	2 000	2 000	2 100
Stabilitatea Marshall, kN(622 C)	3,2	3,2	2,5	3,0	4,0	4,3
Indice de curgere, mm	3,0	2,0	3,0	3,0	2,5	3,0

Analizând rezultatele prezentate în tabelul 4.6. rezultă că mixturile asfaltice cu execuția la rece obținute au caracteristici fizico-mecanice corespunzătoare, iar granulozitatea agregatelor și conținutul de bitum atestă faptul că dozajele de lucru au fost respectate.

De asemenea, de pe sectoarele executate cu M.A.R. au fost prelevate epruvete (figura 4.8.) cu ajutorul carotierei,



Fig.4.7.Epruvete prelevate de pe sectoarele executate.

asupra cărora s-au făcut încercări de laborator pentru a determina caracteristicile fizico-mecanice. Rezultatele obținute pe epruvetele prelevate din îmbrăcămintea bituminoasă executată cu M.A.R. sînt prezentate în tabelul 4.7.

Epruvetele au fost prelevate din îmbrăcămintea bituminoasă executată din M.A.R. pe D.N.59 Timișoara - Moravița, km 19+300...20+300, în anul 1987.

Încercările de laborator au constatat în determinarea conținutului de bitum, granulozității agregatului natural, a densității aparente, absorbției de apă, stabilității Marshall și a indicelui de curgere.

Caracteristicile fizico-mecanice obținute pe probele prelevate din îmbrăcămintea bituminoasă. Tabelul 4.7.

Caracteristici	M.A.R.pentru stratul de legătură :			
	km 19+910 dreapta	km 19+750 stînga	Conf. instrucției D 512/1990	
	0	1	2	
Bitum pur, în %		4,3	4,6	4...5
Granulozitatea agregatului natural, %:				
- trece prin sita de 0,09 mm		3,5	3,9	1...4
- trece prin sita de 0,2 mm		6,5	7,0	2...10
- trece prin sita de 0,63 mm		14,8	17,8	10...20
- trece prin ciurul de 3,15 mm		25,7	35,6	20...40
- trece prin ciurul de 8 mm		37,6	40,2	35...55
- trece prin ciurul de 16 mm		62,6	69,0	60...90
- trece prin ciurul de 25 mm		91,1	91,5	95...100

0	1	2	3
Densitatea aparentă, kg/m <sup>3</sup>	2 080	2 000	2 000
Absorbția de apă, (pe plăcuțe) % vol.	9,2	9,5	max.15
Stabilitatea Marshall la 60 °C. kN	3,0	3,5	min.2,5
Indicele de curgere, mm	3,0	3,2	1,5,..4,5

Analizând rezultatele prezentate în tabelul 4.7. se constată că mixturile asfaltice cu execuția la rece folosite în stratul de legătură corespund condițiilor impuse de "Instrucția Tehnică Departamentală pentru realizarea de straturi bituminoase executate cu mixtură asfaltică preparată la rece cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă" indicativ D.D. 512/1990, Anexa 4.2.

#### 4.4. COMPORTAREA ÎN EXPLOATARE A MIXTURILOR ASFALTICE CU EXECUȚIA LA RECE.

Mixturile asfaltice preparate la rece cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă, obținute în laborator și apoi extinse la scară industrială începând cu anul 1985 și pînă în prezent, au demonstrat că această tehnologie nouă se poate aplica și extinde în sectorul rutier. În decursul celor cinci ani de experimentări, tehnologia de fabricare a M.A.R. s-a îmbunătățit continuu, iar rezultatele obținute au condus la generalizarea pe țară a acesteia, în urma hotărîrii luate de administrația drumurilor /183/.

Elaborarea dozajelor pentru M.A.R. nu ridică probleme deosebite față de modul de elaborare a dozajelor pentru mixturile asfaltice cu execuția la cald.

Urmărind comportarea în exploatare a celor 9 tipuri de sectoare experimentale cît și a celorlalte sectoare de drum executate în cei cinci ani, folosind M.A.R., prezentate la punctul 4.3., autorul a constatat prezența unor defecțiuni de suprafață doar în proporție de 6,1 % suprafață cu defecțiuni din total suprafață executată cu M.A.R.

Defecțiunile observate sînt de mai multe feluri, după cum urmează; figura 4.8. :

- suprafață poroasă reprezintă 3,7 % ;
- suprafața exfoliată este de 1,6 % ;
- gropi și peladă reprezintă 0,5 % din total defecțiuni;

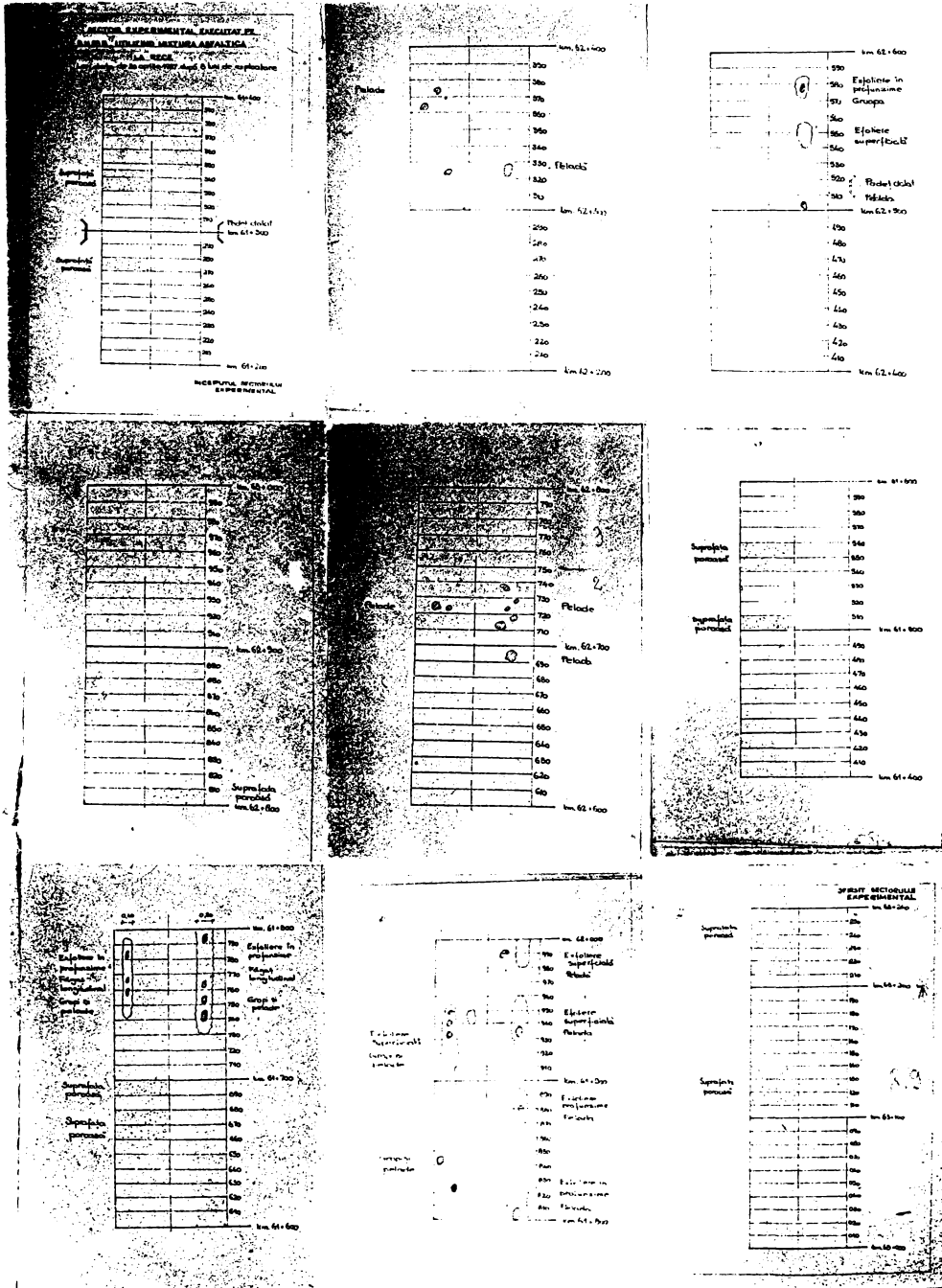


Fig. 4.8. Relevul defectiunilor pe sectorul experimental D.N. 58 B km 61+000...63+000, Voiteg - Regița.

- fâgășele reprezintă 0,2 % din total defecțiuni ;
- alunecare și refulare pe sectorul cu geotextile, 0,1 %.

Defecțiunile constatate, de tipul suprafețelor poroase și exfoliate, s-au datorat tehnologiei de execuție a tratamente-  
lor bituminoase de închidere, care s-au executat în luna oc-  
tombrie pe un timp relativ rece. Gropile și peladele s-au da-  
torat unor cauze legate de execuție și calitatea materialelor  
utilizate. S-a observat, într-un singur loc, o refulare de mar-  
gine însoțită de alunecare, ca urmare a neaderenței dintre  
noul strat și îmbrăcămintea veche. Fâgășele s-au datorat sub-  
dimensionării sistemului rutier.

Analizele de laborator, asupra probelor prelevate, ates-  
tă calitatea corespunzătoare a M.A.R., iar absorbția de apă  
scade în timp, micșorându-se volumul de goluri sub circulație.  
Acest aspect este relevant și de creșterea densității aparente,  
determinată pe plăcuțele confecționate din probele prelevate.

Încercările de laborator asupra carotelor prelevate de  
pe sectoarele executate cu M.A.R., în anul 1989 la Pădureni,  
precum și a celor prelevate de pe sectoarele executate cu  
M.A.R. în anul 1986 la Voiteg, au demonstrat încă o dată com-  
portarea corespunzătoare, în exploatare, a M.A.R. După o pe-  
rioadă de un an și respectiv 4 ani de la executarea sectoarelor,  
rezultatele obținute atestă caracteristicii Fizico-mecanice  
corespunzătoare, rezultatele fiind prezentate în tabelul 4.8.

Caracteristicile fizico-mecanice ale probelor  
prelevate din sectoarele executate.

Tabelul 4.8.

Caracteristicii	Mixturi asfaltice cu execuția la rece					
	F.M.B.Voiteg			F.M.B.Pădureni		
	D.N.59 km 19+ +850 dr. <sup>x</sup>	D.N.58 B km; 61+840 stg. <sup>xx</sup>	62+350 dr. <sup>xx</sup>	D.N.79 A km; 83+ 650 stg. <sup>x</sup>	92+ +850 stg. <sup>x</sup>	117+ +250 dr. <sup>x</sup>
0	1	2	3	4	5	6
Bitum pur, în %	4,6	4,6	4,7	4,5	4,4	4,2
Granulozitatea agregatului, în %, trece prin sita sau ciurul :						
- 0,08 mm	3,8	3,5	3,4	3,2	3,3	3,1
- 0,09 mm	4,1	4,0	3,9	3,6	3,7	3,5
- 0,2 mm	7,5	6,3	7,1	6,8	6,2	6,5
- 0,63 mm	19,3	17,7	18,4	19,7	19,5	14,8
- 3 mm	38,5	30,4	38,1	36,3	36,9	25,7

	0	-1	2	3	4	5	6
- 8 mm		53,1	41,0	50,6	44,4	45,9	37,6
- 16 mm		77,9	67,9	70,3	61,9	62,4	62,6
- 25 mm		100,0	100,0	93,6	92,6	92,4	91,1
- 31 mm		-	-	100,0	100,0	100,0	100,0
Densitatea aparentă, kg/m <sup>3</sup>		2 200	2 300	2 280	2 150	2 200	2 200
Absorbția de apă, % vol.		6,4	4,8	6,0	8,2	6,7	6,8
Stabilitatea Marshall, kN		8,0	8,0	8,0	9,0	7,0	9,5
Indicele de curgere, mm		3,5	4,0	4,0	3,5	4,0	4,5

x este sector executat în 1989 ;

xx - sector executat în anul 1986.

Analizând rezultatele prezentate în tabelul 4.8. autorul afirmă că s-au obținut caracteristici fizico-mecanice superioare față de cele obținute pe probele prelevate de la stația de preparare și de la locul de punere în operă. Astfel, densitatea aparentă determinată la 4 ani de exploatare, are valori mai mari de 2 100 kg/m<sup>3</sup>, iar absorbția de apă a scăzut pînă la 4,8 %. De asemenea, stabilitatea Marshall și indicele de curgere se încadrează în gama valorilor stabilite de Instrucția Tehnică Departamentală D.D. 512/1990.

Comportarea în exploatare corespunzătoare, precum și rezultatele obținute în urma încercărilor de laborator efectuate asupra probelor prelevate din îmbrăcămintea bituminoasă la 4 ani, dovedesc reușita acestei tehnologii /111; 144 ; 145 /.

#### 4.5. ANALIZA EFICIENȚEI TEHNICE, ECONOMICE ȘI ENERGETICE A M.A.R.

Așa cum s-a arătat la punctul 4.2. prepararea M.A.R. se realizează în instalații de tip LPX modificate. Modificările sînt astfel făcute, încît instalația poate fi utilizată atît pentru prepararea mixturilor cu execuția la rece cît și la cald.

Eficiența economică a tehnologiei de preparare a M.A.R. constă tocmai în eliminarea completă a consumului de combustibil necesar încălzirii bitumului și agregatelor ( motorină, metanol, hexan ), combustibil deficitar, iar unele reziduri (D.C.F., gudroane) folosite pentru încălzirea bitumului și a agregatelor au o toxicitate mare și produc îmbolnăviri profesionale.



Din bilanțul energetic comparativ, anexa 4.1., privind tehnologia de realizare a M.A.R. față de tehnologia de realizare a amestecurilor asfaltice cu execuția la cald, rezultă că se obțin economii de 15,5 kg motorină și 1,36 kWh energie electrică la tona de amestecură asfaltică, respectiv 10 870 kg motorină și 1 060 kWh energie electrică la km de drum, economii obținute direct din procesul tehnologic /118;144; 145/.

Autorul menționează că în calcule s-au utilizat consumurile specifice de energie și motorină prevăzute în normele de deviz.

Tehnologia de preparare a M.A.R. este eficientă din punct de vedere energetic, simplă și nu necesită instalații speciale, ci folosește instalațiile existente la fermațiile de amestecuri betoane, cu unele modificări necesare pentru desarea apei și a emulsiei bituminoase.

În revista de specialitate /184/ a "Institut des Sciences et des Techniques de L'Équipement et de l'Environnement pour le Développement", Paris 1989, a fost publicat un articol cu titlul "Le savoir-faire français en matière d'emulsion de bitume", în care se specifică că la realizarea unei tone de amestecură asfaltică cu execuția la rece consumul energetic este mai mic decât la realizarea unei tone de amestecură asfaltică cu execuția la cald.

Autorul a făcut un studiu comparativ privind consumul energetic necesar preparării și punerii în operă a unei tone de amestecură asfaltică cu execuția la rece și a unei tone de amestecură asfaltică cu execuția la cald. Rezultatele obținute sînt prezentate în tabelul #.9.

În tabelul 4.9. autorul prezintă consumurile energetice la fabricarea și punerea în operă a unei tone de anrobat bituminos cu execuția la cald și cu execuția la rece, atât în România cît și în Franța.

Studiul comparativ al consumului energetic. Tabelul 4.9.

Faze tehnologice	Franța		România	
	anrobate bituminoase la cald	anrobate bituminoase la rece	anrobate bituminoase la cald	anrobate bituminoase la rece
0	1	2	3	4
Unitatea de măsură	th	th	kgcc	kgcc
Fabricarea emulsiei bituminoase	0	8,83	0	7,12

0	1	2	3	4
Transportul emulsiei bituminoase	0	1,47	0	3,13
Fabricarea și punerea în operă a anrobatului bituminos	95,0	25,95	33,01	12,0
Transportul anrobatului	5,1	5,29	2,26	2,26
<b>Total</b>	<b>100,1</b>	<b>41,54</b>	<b>35,27</b>	<b>24,51</b>
Echivalent în kgcc	41,44	17,20	35,27	24,51

1 th = 0,414 kgcc.

Din tabelul 4.9. rezultă că pentru obținerea unei tone de mixtură asfaltică cu execuția la rece consumul energetic este de 24,51 kgcc, iar pentru a obține o tonă de mixtură asfaltică cu execuția la cald se consumă 35,27 kgcc (anexa 4.1.). Concluzia la care a ajuns autorul este similară cu concluzia la care au ajuns specialiștii francezi /184/, în sensul că mixtura asfaltică cu execuția la rece este mai eficientă din punct de vedere energetic, decît mixtura asfaltică cu execuția la cald /144; 145/.

Din punct de vedere al costului, conform analizei speciale efectuată de formația de proiectare a D.R.D.P. Timișoara, rezultă că o tonă de mixtură asfaltică cu execuția la rece costă 249,02 lei/t, conform articolului de deviz DZ 09 BI. modificat, iar o tonă de mixtură asfaltică cu execuția la cald costă 293,23 lei/t, conform articolului de deviz DZ 13 BI, rezultînd o economie de 44,2 lei/tona de mixtură asfaltică, ceea ce reprezintă 15 % economie.

În concluzie, în perioada analizată, în cadrul D.R.D.P. Timișoara s-au fabricat 11 094 tone de M.A.R., obținîndu-se următoarele economii :

- motorină pentru încălzirea bitumului și a agregatelor 172 179 kg sau metanol 432 666 kg ;

- energie electrică : 15 088 kWh ;

- la prețul de cost: 488 136 lei.

Un alt aspect ce trebuie luat în considerare este acela că, prin modificările aduse instalației LPX, productivitatea la prepararea M.A.R. a crescut cu 17,6 % față de productivitatea preparării mixturilor asfaltice la cald. Acest lucru se explică prin eliminarea uscătorului din fluxul tehnologic, agregatele naturale trecînd direct de la predozatoare în silozul instalației, prin intermediul unei benzi transportoare /149/.

#### 4.6. CALCULUL PRODUCTIVITĂȚII INSTALAȚIEI LPX MODIFICATA, APLICIND METODA MONTE-CARLO.

Pentru a calcula productivitatea instalației LPX modificată, folosită la prepararea amestecurilor asfaltice cu execuția la rece, autorul a apelat la metoda Monte-Carlo /93/.

Literatura de specialitate /130/ arată că aplicarea metodei Monte-Carlo necesită rezolvarea a două probleme de bază:

- stabilirea funcției de repartiție a frecvențelor pentru variabila aleatoare luată în considerare și
- folosirea unei surse de numere întâmplătoare, cu ajutorul cărora să se simuleze evoluția fenomenului în afara eșantionului reprezentativ.

Pentru a înțelege mai bine fenomenul în continuare autorul prezintă modelul matematic folosit.

Se consideră o variabilă întâmplătoare continuă care are o densitate de probabilitate  $\phi(x)$ , într-un interval " $d_x$ ", variabilă care reprezintă fenomenul real.

De asemenea, se consideră o altă variabilă întâmplătoare " $y$ ", tot continuă, aleasă astfel ca, pentru orice interval " $d_y$ ", să fie satisfăcută condiția :

$$Z(y) = 1 \quad (4.2.)$$

în care  $Z(y)$  reprezintă densitatea de probabilitate a noii variabile.

Variabilei  $y$  i se atașază o funcție " $F$ " astfel că:

$$0 \leq F(y) \leq 1 \quad (4.3.)$$

Problema care se pune este ca funcția " $F$ " să fie astfel determinată încît  $F(x)$  să satisfacă condiția ca variabilei întâmplătoare " $x$ " să îi corespundă variabila întâmplătoare " $y$ ", adică :

$$P(x \in d_x) = P(y \in d_y) \quad (4.4.)$$

Dar, din modul în care a fost pusă problema din punct de vedere matematic rezultă că :

$$P(y \in d_y) = Z(y) \cdot d_y = 1 \cdot d_y = d_y \quad (4.5.)$$

Din relațiile 4.4. și 4.5. se obține :

$$P(x \in d_x) = \phi(x) \cdot d_x = d_y \quad (4.6.)$$

Ca o consecință a condiției 4.3. se poate scrie :

$$d_y = F(x) \cdot d_x \quad (4.7.)$$

ceea ce conduce , în mod firesc, la concluzia că :

$$F'(x) = \phi(x) \quad (4.8.)$$

Prin urmare se poate scrie imediat că :

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \phi(x) \cdot d_x \quad (4.9.)$$

din care rezultă că "F" nu este altceva decît funcția frecvențelor cumulate ale lui  $\phi(x)$ .

Deci, așa cum rezultă din literatura de specialitate /129/ pentru modelarea unor fenomene pe baza principiilor metodei Monte-Carlo, este important să se găsească funcția frecvențelor cumulate pentru eșantionul ales, iar aceasta să fie într-un fel extrapolată pentru fenomenul real, ceea ce înseamnă că dacă unor valori echiprobabile "y" le corespund, prin intermediul curbei frecvențelor, valori reale ale variabilei întimplătoare "x", atunci valorile "x" vor asculta de legea de repartiție a frecvențelor  $\phi(x)$ .

Autorul menționează că folosind această metodă funcțiile  $F(x)$  sau  $\phi(x)$  nu se determină prin calcul analitic, ci prin calcul grafic, ceea ce conferă certe avantaje practice, reducîndu-se substanțial munca analistului.

Așa cum rezultă din literatură /93/, metodologia folosită constă în următoarele faze :

- se stabilește numărul și semnificația variabilelor întimplătoare luate în considerare ;
- se face un important număr de observații, pentru fiecare variabilă în parte, notîndu-se pentru fiecare interval de valori ale variabilei frecvențele corespunzătoare apariției, rezultatele se trec în tabele, făcîndu-se atîtea tabele cîte variabile au fost luate în considerare ;
- se stabilește apoi cîte un tabel al frecvențelor cumulate ;
- pentru a ușura calculul se trasează curbele frecvențelor cumulate pentru fiecare variabilă întimplătoare ;
- se alege, fie din literatura de specialitate /130/ un tabel de numere întimplătoare, fie se alege o metodă de generare a numerelor aleatoare. Un asemenea tabel trebuie ales astfel ca numerele conținute în el să fie cuprinse în gama de valori

reale ale variabilelor (tabelul 4.10.);

Numerele aleatoare cuprinse în gama de valori  
reale ale variabilelor.

Tabelul 4.10.

09	73	25	33	76	53	61	35	86	34	67	35	48	76	80	95	90	90	17	39	29	27	49
54	20	48	05	64	89	47	42	96	24	80	52	40	37	20	63	61	04	02	00	82	29	16
42	26	89	53	19	64	50	93	03	23	20	90	25	60	15	95	33	47	64	35	08	03	36
01	90	25	29	09	37	67	07	17	38	31	13	11	65	88	67	67	43	97	04	43	62	76
80	79	99	70	80	15	73	61	47	64	03	23	66	53	98	95	11	68	72	12	17	77	68
80	80	83	91	41	07	27	68	50	36	69	73	61	70	65	81	33	98	85	11	19	92	91
06	57	47	17	34	57	18	24	06	35	30	34	26	14	86	79	90	74	39	23	40	30	97
06	01	08	05	45	05	16	59	92	68	66	57	48	18	73	05	38	52	47	18	62	38	85
26	97	76	02	02	32	54	70	48	90	55	35	75	48	28	46	82	87	09	82	49	12	56
57	33	21	35	05	52	96	47	78	35	80	83	42	82	60	93	52	03	44	35	27	38	84
79	64	57	53	03	90	56	86	07	22	10	94	05	58	60	97	09	34	33	50	50	07	39
05	88	52	36	01	80	82	77	32	50	72	56	82	48	29	40	52	42	01	52	77	56	78
52	01	77	67	14	28	89	80	83	13	74	67	00	78	18	47	54	06	10	68	71	17	78
89	58	57	31	39	50	75	84	01	36	76	66	79	51	90	36	47	64	93	29	60	91	01
45	29	96	00	06	51	76	49	69	91	82	60	89	28	93	78	56	13	68	23	47	83	41
68	34	02	48	86	46	85	09	50	58	04	77	69	74	73	03	95	71	86	40	21	81	65
59	46	73	34	87	72	70	80	15	45	31	82	83	74	21	11	57	82	53	14	38	55	37
17	90	02	97	87	40	27	72	14	43	23	60	02	01	45	52	16	42	37	96	28	60	26
48	11	76	74	17	25	22	91	48	36	93	68	72	03	76	62	11	39	90	94	40	05	64
12	43	56	35	17	22	56	85	14	46	42	75	67	88	96	29	77	88	22	54	38	21	45
35	09	98	17	77	47	92	76	86	46	16	28	35	54	94	75	08	99	23	37	08	92	00
91	62	68	03	66	94	03	68	58	70	29	73	41	35	53	14	03	33	40	42	05	08	23
89	32	05	05	14	15	74	79	54	32	97	92	65	75	57	60	04	08	81	22	22	20	64
23	46	14	06	20	10	00	20	40	12	86	07	46	97	96	64	48	94	39	28	70	72	58
49	91	45	23	68	50	53	44	84	40	21	95	25	63	43	65	17	70	82	07	20	73	17
33	69	45	98	26	45	74	77	74	51	92	43	37	29	65	39	45	95	93	42	58	26	05
10	48	19	49	85	27	07	99	53	59	36	78	38	48	82	39	61	01	18	33	21	15	94
55	07	38	42	11	89	75	43	87	54	62	24	44	31	91	19	04	25	92	92	92	74	59
60	64	93	29	16	34	40	87	21	16	86	84	87	67	02	07	11	20	59	25	70	14	66
56	54	14	30	01	20	88	98	37	68	93	59	14	16	26	25	22	96	63	05	52	28	25
19	69	04	46	26	24	63	38	24	45	86	25	10	25	61	96	27	93	35	65	33	71	24
47	44	52	66	95	05	18	81	59	96	11	96	38	96	54	69	28	23	91	23	28	72	95
55	72	85	73	67	89	80	93	54	33	35	13	54	62	77	97	45	00	24	90	10	33	93
48	11	62	13	97	42	72	68	42	83	60	94	97	00	13	02	12	48	92	78	56	52	01
42	37	63	17	73	39	07	22	86	77	28	14	40	77	93	91	08	36	47	70	61	74	29
15	51	49	38	12	37	92	52	41	05	56	70	70	07	86	74	31	71	57	85	39	41	18
49	35	24	94	75	11	74	52	04	15	95	66	00	00	10	74	39	24	23	97	11	89	63
54	99	76	54	64	75	87	53	79	40	41	92	15	85	66	67	43	68	06	84	96	28	52
96	31	53	07	26	47	60	72	46	43	66	79	45	43	59	04	79	00	33	20	82	66	85

- se aleg din tabel pentru fiecare variabilă întâmplătoare valori care se vor considera ca valori reale ale variabilei date ;

- pentru valorile alese se calculează, cu ajutorul curbelor trasate pentru  $F(x)$  sau efectuând calculele necesare, valorile corespunzătoare ;

- se calculează apoi valoarea medie a rezultatelor obținute.

Dacă nu se folosește tabelul 4.10. de numere întâmplătoare dat în literatură, se recurge la metoda de generare a numerelor întâmplătoare care se bazează pe congruența numerelor. Două numere "A" și "B" sînt congruente, dacă prin împărțirea la același număr "C" dau același rest "R", ceea ce se poate scrie sub forma :

$$A = B \text{ mod } C \quad (4.10)$$

Modul de lucru este :

- se alege un număr prim cît mai mare, " $X_0$ ", care va fi primul număr întâmplător ;

- se calculează valoarea  $X_1$  :

$$X_1 = X_0^m \quad (4.11.)$$

unde "m" este de asemenea un număr prim cît mai mare ;

- se alege un coeficient de multiplicare "K", de asemenea un număr prim cît mai mare ;

- se alege o bază "B" astfel :

$$B = b^n \quad (4.12.)$$

în care  $b^{n-2}$  să fie mai mare decît numărul total de numere întâmplătoare ce se dorește a fi generate;

- se calculează valoarea Y :

$$Y = K \cdot X_1 \quad (4.13.)$$

- se efectuează împărțire :

$$M = \left[ \frac{Y}{B} \right] \quad (4.14.)$$

în care M va fi partea întreagă sau modulul cîtului obținut;

- se determină restul R :

$$R = Y - M \cdot B \quad (4.15.)$$

unde "R" este un nou număr întâmplător.

Dacă s-au obținut destule numere întâmplătoare calculele

se opresc. Dacă nu, se calculează :

$$Y = K.R$$

( 4.16. )

și se merge mai departe reluându-se calculele de la relația 4.14., obținându-se astfel alte numere întimplătoare.

În acest fel se face un proces de simulare a unui fenomen aleator care va avea o repartiție de frecvențe de tip normal.

Folosind modelul matematic prezentat, autorul a determinat productivitatea instalației LPX modificată, pe baza observațiilor făcute, înregistrându-se în fiecare oră atât numărul de minute efectiv lucrate, cât și producția realizată.

La sfârșitul intervalului de studiu s-au grupat datele obținute pe intervale, producția orară fiind dată în tabelul 4.11., iar numărul de minute lucrate efectiv în tabelul 4.12.

Producția orară Tabelul 4.11.

Mixtura asfaltică preparată în instalația LPX modificată [t/h]	Numărul de cazuri observate.
0...1	0
2...3	2
4...5	3
6...7	5
8...9	14
10...11	17
12...13	19
14...15	14
16...17	10
18...19	7
20...21	5
22...23	3
24...25	1
<b>Total</b>	<b>100</b>

Timpu efectiv lucrat Tabel 4.2

Timpu lucrat [min/h]	Numărul de cazuri observate
0...9	3
10...19	15
20...29	32
30...39	34
40...49	11
50...60	5
<b>Total</b>	<b>100</b>

Autorul a plecat de la ipoteza că cele două variabile luate în considerare (producția observată și timpul efectiv lucrat) nu suferă nici un fel de corelație, respectiv se presupune

că producția realizată nu depinde de momentul în care sa efectuat observația. Pentru a realiza o precizie cât mai mare, în efectuarea calculelor, s-a impus un număr minim de 100 observații.

Pe baza datelor din tabelele 4.11. și 4.12. s-a întocmit tabelul cu frecvențele cumulate, respectiv tabelul 4.13.

și 4.14. pe baza cărora s-au întocmit curbele frecvențelor cumulate, histogramele din figura 4.9. și 4.10.

Frecvențele cumulate  
pentru producția orară Tabel 4.13.

Producția de mixtură asfaltică, în t/h (P)	Număr total de cazuri in- ferioare lui P
0	0
1	2
3	5
5	10
7	24
9	41
11	60
13	74
15	84
17	91
19	96
21	99
23	100
25	100

Frecvențele cumulate  
pentru timpul lucrat 4.14.

Timpul lucrat min/h (T)	Număr total de cazuri inferioare lui T
0	0
10	3
20	13
30	50
40	84
50	95
60	100

Pentru rezolvarea  
problemei autorul a folo-  
sit datele din literatură  
/129/, prezentate în ta-  
belul 4.10, de unde a ales  
două coloane, la întîm-  
plare, coloana a patra și

coloana 18, unde coloana a patra a servit cu numere auxiliare studiul producției orare, iar coloana 18 a folosit studiului timpului lucrat. S-au ales primele 15 numere din fiecare co-  
loană și folosind histogramele din figura 4.9. și 4.10. s-au  
determinat valorile  $P_i$  și  $T_i$  corespunzătoare fiecărui număr  
întîmplător.

Pentru determinarea productivității individuale  $p(i)$   
în cazul instalației LPX modificată, s-a folosit relația :

$$p(i) = \frac{P_i}{T_i} \quad (4.17.)$$

Cu ajutorul datelor din tabelul 4.10. și a histo-  
gramelor din figura 4.8. și 4.9. s-a determinat productivi-  
tatea  $p(i)$  pentru 15 încercări, la fiecare variabilă se-  
parat, rezultatele fiind trecute în tabelul 4.15.

După ce s-a calculat productivitatea  $p(i)$  corespun-  
zătoare fiecărei variabile întîmplătoare, s-a calculat



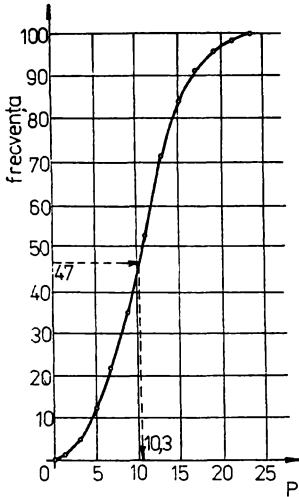


Fig.4.9.Histograma producției orare.

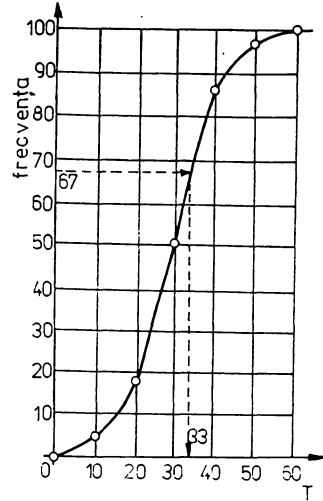


Fig.4.10.Histograma timpului lucrat.

Pentru a determina producția orară individuală s-a plecat de la ordnata corespunzătoare numărului întimplător, s-a mers pînă la intersecția cu histograma și pe abscisă s-a citit valoarea corespunzătoare  $P(i)$  sau  $T(i)$ .

Productivitatea instalației LPX.

Tabelul 4.15.

Nr. crt. (i)	Producția realizată		Timpul lucrat		Productivitatea $p(i) = \frac{P(i)}{T(i)}$
	Număr întimplător	$P_i$ [t/h]	Număr întimplător	$T_i$ [min.]	
0	1	2	3	4	5
1	33	9.0	90	43	0.21
2	05	3.5	04	6	0.58
3	53	11.0	47	28.5	0.38
4	29	8.0	43	27.0	0.30
5	70	13.5	68	33.0	0.41
6	91	17.0	98	58.0	0.29
7	17	6.5	74	36.0	0.18
8	05	3.5	52	31.5	0.85
9	02	1.5	87	40.0	0.04
10	35	9.5	03	5.5	1.72
11	53	11.0	34	25.0	0.44
12	36	9.5	42	28.5	0.33

0	1	2	3	4	5
13	67	12,5	06	10,0	1,25
14	31	8,5	64	32,0	0,26
15	01	2,0	13	17,5	0,11

Productivitatea medie a instalației LPX modificată este dată de relația :

$$\bar{p} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P(i) \quad (4.18.)$$

unde :

n este numărul de variabile întâmplătoare ;

P(i) - productivitatea individuală .

$$\bar{p} = \frac{7,35}{15} = 0,49 \text{ t/min.} = 29,4 \text{ t/h.}$$

Productivitatea unei instalații de preparare a mixturilor asfaltice, de tip LPX fiind de 25 t/h, rezultă că prin modificările aduse instalației pentru prepararea mixturilor asfaltice cu execuția la rece s-a obținut o creștere a productivității cu 17,6 % .

#### 4.7. STUDIUL OMOGENITĂȚII MIXTURILOR ASFALTICE CU EXECUȚIA LA RECE .

Omogenitatea mixturilor asfaltice constituie o condiție importantă a calității acestora. Ea se exprimă fie prin dispersia valorilor, fie prin coeficientul de omogenitate.

În continuare autorul prezintă un studiu referitor la omogenitatea mixturilor asfaltice cu execuția la rece, atât din punct de vedere al dozajului de bitum cât și al caracteristicilor fizico-mecanice, pe baza rezultatelor obținute în urma încercărilor de laborator asupra probelor prelevate.

##### 4.7.1. Aprecierea omogenității dozajului de bitum.

Omogenitatea dozajului de bitum este influențată pe de o parte de omogenitatea agregatelor, exprimată prin granulozitatea lor. În literatură / 2 / se arată că o variație de 10 % a agregatului cu dimensiuni mai mari de 2 mm poate provoca o variație a dozajului de bitum de 1,5...1,8 %.

Pe de altă parte, procedeul de extracție a bitumului din mixturile asfaltice poate introduce erori, în funcție de aparatele folosite și de laboratoarele în care se execută determinarea.

La erorile arătate mai sus se adaugă și alte erori care apar la dozarea volumetrică a emulsiei bituminoase, la dozarea agregatelor sau la determinarea conținutului de bitum din emulsia bituminoasă.

Pentru a aprecia omogenitatea M.A.R. din punct de vedere al dozajului de bitum s-a calculat coeficientul de omogenitate.

În urma încercărilor de laborator asupra mixturilor asfaltice prelevate din stratul de legătură s-au obținut următoarele valori ale conținutului de bitum :

$$B_i = 4,0; 4,2; 4,3; 4,3; 4,5; 4,9.$$

Înainte de a trece la calculul statistic propriu-zis, s-au verificat rezultatele extreme pentru a vedea dacă se includ în șirul de date /2; 10; 20/, folosind formula :

$$\Delta_i \leq 0,7 \Delta_{n-1} \quad (4.19.)$$

unde :

$\Delta_i$  este diferența dintre valoarea rezultatului extrem și media tuturor rezultatelor ;

$\Delta_{n-1}$  - diferența dintre valorile extreme ale șirului de rezultate, fără a lua în considerare pe cele analizate.

Rezultatele obținute sînt trecute în tabelul 4.16.

Verificarea rezultatelor extreme în vederea acceptării în faza de prelucrare. Tabelul 4.16.

$B_i$	$\bar{B}$	$\bar{B} - B_i$	$\Delta_i$	$\Delta_{n-1}$	$\Delta_i \leq 0,7 \Delta_{n-1}$	Acceptat
4,0	4,5	0,5	0,5	0,2	0,5 - 0,14	nu
4,9		0,4	0,4	0,2	0,5 - 0,14	nu

Rezultatele care s-au luat în considerare în faza de prelucrare au fost : 4,2; 4,3; 4,3; 4,3.

Valoarea medie s-a calculat cu relația :

$$\bar{B} = \frac{\sum_{i=1}^n B_i}{n} \quad (4.20.)$$

unde :

$\bar{B}$  este valoarea medie a șirului de date;

$B_i$  - o valoare individuală a șirului ;

$n$  - numărul datelor șirului.

În relația 4.20. înlocuind valorile șirului s-a obținut:

$$\bar{B} = 4,3.$$

Cunoscînd valoarea medie s-a calculat abaterea standard cu relația :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_i (B_i - \bar{B})^2}{\sum_{i=1}^n f_i - 1}} \quad (4.21.)$$

în care :

$s$  este abaterea standard pentru șirul cu efective  $< 30$ ;

$n$  - numărul valorilor individuale ale șirului;

$\bar{B}$  - valoarea medie a șirului ;

$B_i$  - o valoare individuală a șirului ;

$f_i$  - frecvențele valorilor individuale.

În formula 4.21. înlocuind valorile cunoscute s-a obținut  $S = 0,08$ .

Din cauză că abaterea standard nu poate fi folosită la compararea a două sau mai multe șiruri diferite, s-a recurs la un alt parametru, numit coeficient de variație ( $C_v$ ), care reprezintă o măsură a variabilității absolute a unui șir de date și care se calculează cu relația :

$$C_v = \frac{s}{\bar{B}} \times 100 \quad (4.22.)$$

Coeficientul de variație ne dă indicații privind omogenitatea unei populații din care a fost extras șirul de date. Literatură [3,10] apreciază că un  $C_v \leq 10$  % indică o omogenitate bună, în timp ce un  $C_v > 20$  % indică lipsa omogenității populației studiate.

Aplicînd relația 4.22. în cazul șirului nostru de date s-a obținut  $C_v = 1,8$  % , rezultînd că omogenitatea M.A.R. este bună.

Un coeficient de omogenitate se poate calcula cu relația:

$$C_o = 1 - \frac{C_v}{100} \quad (4.23.)$$

unde :

$C_o$  este coeficientul de omogenitate ;

$C_v$  - coeficientul de variație ;

$t$  - parametrul student care se poate calcula cu rela-

ția :

$$t = \frac{\bar{B} - B_p}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (4.24.)$$

unde:

$\bar{B}$  este valoarea medie a șirului ;

$B_p$  - valoarea medie a întregii populații ;

$s$  - abaterea standard ;

$n$  - numărul valorilor individuale ale șirului.

Pentru a ușura calculele valorile lui  $t$  se pot lua din tabele, în funcție de numărul de valori ale șirului și de probabilitatea cu care se face aprecierea omogenității .

În tabelul 4.17. se prezintă valorile parametrului " $t$ ".

Valorile critice ale distribuției parametrului  $t$ . Tabelul 4.17.

$n-1$	0,200	0,100	0,050	0,025	0,010	0,005	0,001
1	3,078	6,344	12,706	25,452	63,657	127,320	-
2	1,886	2,920	4,303	6,205	9,925	14,089	34,598
3	1,638	2,853	3,182	4,176	5,841	7,453	1,941
4	1,538	2,132	2,776	3,495	4,601	5,598	8,510
5	1,476	2,015	2,571	3,163	4,032	4,773	6,859
6	1,440	1,942	2,447	2,969	3,707	4,317	5,959
7	1,415	1,895	2,365	2,841	3,499	4,029	5,405
8	1,397	1,860	2,306	2,752	3,355	3,832	5,041
9	1,383	1,833	2,262	2,685	3,250	3,69	4,781
10	1,372	1,812	2,228	2,634	3,169	3,581	4,587
11	1,363	1,796	2,201	2,593	3,106	3,497	4,437
12	1,356	1,782	2,179	2,560	3,055	3,428	4,318
13	1,350	1,771	2,160	2,533	3,012	3,372	4,221
14	1,345	1,761	2,145	2,510	2,977	3,326	4,140
15	1,341	1,753	2,131	2,490	2,947	3,286	4,073
16	1,337	1,746	2,120	2,473	2,921	3,252	4,015
17	1,333	1,740	2,110	2,458	2,888	3,222	3,965
18	1,330	1,734	2,101	2,445	2,878	3,197	3,922
19	1,328	1,729	2,093	2,433	2,861	3,174	3,883
20	1,325	1,725	2,086	2,423	2,845	3,153	3,850
21	1,323	1,721	2,080	2,414	2,831	3,135	3,819
22	1,321	1,717	2,074	2,406	2,819	3,119	3,792
23	1,319	1,714	2,069	2,398	2,807	3,104	3,767

În relația 4.23. introducând valoarea lui  $C_v$  calculată și a lui "t" luată din tabelul 4.18. corespunzătoare pentru o probabilitate  $P = 95\%$  ( $= 0,050$ ) și pentru  $\nu = n-1$ , s-a obținut :

$$C_o = 0,943$$

valorile parametrilor de variație obținuți se au comparat cu valorile parametrilor de variație admisi care s-au calculat cu relația :

$$s_a = \frac{\varepsilon_a}{t\sqrt{\frac{n+1}{n}}} \quad (4.25.)$$

unde :

$s_a$  este abaterea standard admisă ;

$\varepsilon_a$  - domeniul de toleranță, care poate lua valorile prezentate în tabelul 4.18. ;

Toleranțele admise în funcție de omogenitate ..... Tabelul 4.18.

Domeniul de toleranță [%]	Caracteristica omogenității dozajului de bitum	Calificativul.
0...0,4	Foarte bună	F.B.
0,4...0,6	Bună	B
0,6...1,0	Satisfăcătoare	S
> 1,0	Nesatisfăcătoare	N

t este parametrul student ;

n - numărul de valori.

Înlocuind în relația 4.25. valorile cunoscute se obține

$$s_a = 0,12$$

$C_v = \frac{s_a}{B} = 2,3\%$ , de unde rezultă, aplicând relația 4.23. că :

$$C_o = 0,9268$$

Deoarece  $C_o > C_o^a$  rezultă că mixtura asfaltică cu execuția la rece este omogenă din punct de vedere al dozajului de bitum.

Pentru a determina omogenitatea dozajului de bitum, cunoscând omogenitatea efectivă, se folosesc diagrame și tabele care s-au alcătuit folosind relația:

$$C_o^a = \frac{\varepsilon_a}{B\sqrt{\frac{n+1}{n}}} \quad (4.26.)$$

În relația 4.26. înlocuind  $\epsilon_a$  cu valorile maxime admise prezentate în tabelul 4.18.,  $B$  cu valori cuprinse între 3...6 % și  $n$  cu 3, autorul a obținut rezultatele prezentate în tabelul 4.19.

Aprecierea omogenității dozajului de bitum pentru efective cu  $n = 3$ .

Tabelul 4.19.

B [%]	Omogenitatea			Nesatisfăcătoare
	Foarte bună	Bună	Satisfăcătoare	
3	0,884	0,827	0,711	Valori mai mici decît în coloana satisfăcătoare.
4	0,913	0,870	0,723	
5	0,9308	0,896	0,827	
6	0,942	0,913	0,855	

Reprezentînd grafic valorile omogenității, prezentate în tabelul 4.19., în funcție de dozajul mediu de bitum se obține diagrama din figura 4.11;

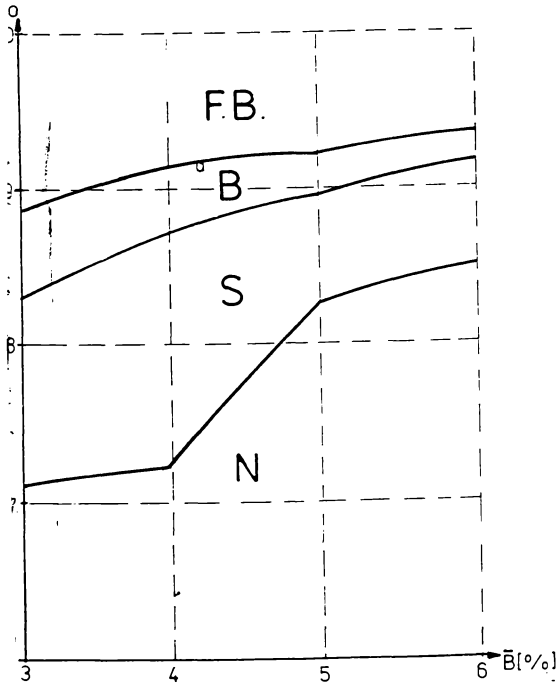


Fig. 4.11. Aprecierea omogenității dozajului de bitum pentru șirură cu  $n = 3$ .

Cu ajutorul diagramei din figura 4.10. se poate calcula calificativul M.A.R. apreciînd omogenitatea dozajului de bitum calculată.

#### 4.7.2. Aprecierea omogenității mixturii asfaltice cu execuția la rece din punct de vedere al densității aparente.

În urma încercărilor de laborator, asupra probelor de M.A.R. prelevate din îmbrăcămintea bituminoasă, s-au obținut următoarele rezultate pentru densitatea aparentă :

$\rho_{d1} = 2\ 200; 2\ 300; 2\ 280;$

2 150; 2 200; 2 200.

Valoarea medie s-a calculat cu relația :

$$\bar{\rho}_d = \frac{\sum \rho_d}{n} \quad (4.27.)$$

obținând în urma calculului efectuat  $\rho_d = 2\,221 \text{ kg/m}^3$ .

Folosind relația :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\rho_i - \bar{\rho}_d)^2}{n-1}} \quad (4.28.)$$

s-a calculat abaterea standard.

Cunoscînd abaterea standard s-a calculat coeficientul de variație  $C_v$ , cu relația:

$$C_v = \frac{s}{\bar{\rho}_d} \cdot 100 \quad [\%] \quad (4.29.)$$

Apoi, folosind relația :

$$C_o = 1 - \frac{t \cdot C_v}{100} \quad (4.30.)$$

s-a calculat coeficientul de omogenitate al densității aparente.

În urma calculelor efectuate, ținînd cont de numărul de valori  $n$ , probabilitatea  $P = 95\%$ , de parametrul student luat din tabelul 4.17., s-au obținut rezultatele prezentate în tabelul 4.20.

Rezultatele obținute privind omogenitatea densității aparente.

Tabelul 4.20.

n	n-1	P[%]	$\bar{\rho}_d$	s	$C_v$ [%]	t	$C_o$
6	5	95	2 221	9,3	0,41	2,571	0,989

Valoarea coeficientului de omogenitate obținut s-a comparat cu valoarea coeficientului de omogenitate admis  $C_o^a$ , calculat cu relația :

$$C_o^a = 1 - \frac{\epsilon_d}{\bar{\rho}_d \sqrt{\frac{n+1}{n}}} \quad (4.31.)$$

unde :

$\epsilon_d$  este domeniul de toleranță, pentru o omogenitate foarte bună este cuprins între 0-25 ;

$\bar{\rho}_d$  - valoarea medie a densității aparente ;



$n$  - numărul de efective .

Inlocuind valorile cunescute in relația 4.31. s-a obținut pentru  $C_0^a = 0,984$ .

Deoarece  $C_0 > C_0^a$  rezultă că M.A.R. sînt foarte omogene din punct de vedere al densității aparente.

#### 4.7.3. Aprecierea omogenității M.A.R. din punct de vedere al absorbției de apă.

Rezultatele obținute în urma încercărilor de laborator, asupra probelor prelevate, în scopul determinării absorbției de apă, au fost :

$$A_v = 6,4; 4,8; 6; 8,2; 6,7; 6,8.$$

În urma verificării rezultatelor extreme cu relația 4.19. în faza de prelucrare au fost luate în considerare următoarele valori : 6; 6,4; 6,7; 6,8.

În continuare autorul a calculat media aritmetică, coeficientul de variație și coeficientul de omogenitate, folosind relațiile 4.27...4.30., în care valorile pentru densitatea aparentă au fost înlocuite cu valorile obținute pentru absorbția de apă, iar valoarea lui "t" s-a luat din tabelul 4.17. ținînd seama de faptul că  $n = 4$  și probabilitatea  $P = 95 \%$ .

Valorile obținute sînt prezentate în tabelul 4.21.

Rezultatele obținute privind omogenitatea absorbției de apă.

Tabelul 4.21.

$n$	$n-1$	$P[\%]$	$t$	$A_v[\%]$	$s$	$C_v[\%]$	$C_0$
4	3	95	3,182	6,47	0,27	4,1	0,869

Valoarea coeficientului de omogenitate obținut s-a comparat cu valoarea coeficientului de omogenitate admis  $C_0^a$ , calculat cu relația :

$$C_0^a = 1 - \frac{\epsilon_{av}}{\bar{A}_v \sqrt{\frac{n+1}{n}}} \quad (4.32.)$$

unde :

$C_0^a$  este coeficientul de omogenitate admis ;

$\epsilon_{av}$  - toleranța pentru domeniul foarte omogen ( 0,5 );

$\bar{A}_{av}$  - valoarea medie a absorbției de apă ;

$n$  - numărul de valori.

In urma calculelor efectuate s-a obtinut  $C_0^a = 0,929$ , rezultind ca M.A.R. nu este foarte omogenă din punct de vedere al absorbției de apă. Calculind  $C_0^a$  pentru domeniul omogen, adică luind  $\epsilon_{sv} = 1,0$  s-a obtinut  $C_0^a = 0,859$  și comparindu-l cu  $C_0$  s-a ajuns la concluzia că M.A.R. este omogenă din punct de vedere al absorbției de apă.

4.7.4. Aprecierea omogenității mixturilor asfaltice cu execuția la rece din punct de vedere al stabilității Marshall.

Avind în vedere faptul că valorile obținute pe probele de M.A.R. au fost variate, s-a aplicat relația 4.19. pentru a verifica rezultatele extreme.

In urma calculelor efectuate, rezultatele luate în faza de prelucrare au fost :

$$S = 8; 8; 8.$$

Folosind relațiile 4.27...4.30., în care valoarea densității aparente s-a înlocuit cu valorile stabilității Marshall, iar valoarea lui "t" s-a luat din tabelul 4.17. corespunzătoare lui  $n-1 = 2$  și  $P = 95 \%$ , s-au calculat parametrii de variație, rezultatele fiind trecute în tabelul 4.22.

Rezultatele obținute privind omogenitatea stabilității Marshall.

Tabelul 4.22.

n	n-1	P	t	S[kN]	s	Cv [%]	$C_0$
3	2	95	4,303	8	0	0	1,0

Valoarea coeficientului de omogenitate obținut s-a comparat cu valoarea coeficientului de omogenitate admis  $C_0^a$ , calculat cu relația :

$$C_0^a = 1 - \frac{\epsilon_s}{S \sqrt{\frac{n+1}{n}}} \quad (4.33.)$$

unde :

$C_0^a$  este coeficientul de omogenitate admis pentru stabilitatea Marshall ;

$\epsilon_s$  - domeniul de variație admis pentru caracterizarea omogenității, care pentru o omogenitate foarte bună ia valori între 0...0,5 kN ;

$\bar{S}$  - valoarea medie a stabilității Marshall ;

$n$  - numărul de valori ale șirului.

În relația 4.33. înlocuind toleranța cu valoarea maximă admisă pentru omogenitatea foarte bună, pe  $n$  cu 3 și  $\bar{S}$  cu 8,0, efectuând calculul autorul a obținut  $C_0^a = 0,946$ .

Deoarece  $C_0 > C_0^a$  rezultă că M.A.R. sînt foarte omogene din punct de vedere al stabilității Marshall.

4.7.5. Aprecierea omogenității amestecurilor asfaltice cu execuția la rece din punct de vedere al fluajului.

În urma încercărilor de laborator, efectuate asupra probelor prelevate din îmbrăcămintea bituminoasă realizată cu M.A.R., s-au obținut următoarele rezultate pentru indicii de curgere :

$i = 3,5; 4,0; 4,0; 4,0; 4,5$ .

Aplicînd relația 4.19. pentru verificarea rezultatelor extreme, s-a ajuns la concluzia că în faza de prelucrare să se ia numai următoarele valori ale fluajului : 4,0; 4,0; 4,0.

Folosind relațiile 4.27...4.30., unde s-au introdus valoarea medie a indicelui de curgere, valoarea lui "t" luată din tabelul 4.17. corespunzătoare lui  $n=3$  și  $P = 95 \%$ , autorul a calculat parametrii de variație și a obținut rezultatele prezentate în tabelul 4.23.

Rezultatele obținute privind omogenitatea indicelui de curgere.

Tabelul 4.23.

$n$	$n-1$	$P[\%]$	$t$	$\bar{i}$ [mm]	$s$	$C_v[\%]$	$C_0$
3	2	95	4,303	4	0	0	1

Valoarea coeficientului de omogenitate obținut pentru indicii de curgere s-a comparat cu valoarea coeficientului de omogenitate admis  $C_0^a$  calculat cu relația :

$$C_0^a = 1 - \frac{\varepsilon_i}{\bar{i} \sqrt{\frac{n+1}{n}}} \quad (4.34.)$$

unde :

$C_0^a$  este coeficientul de omogenitate admis;

$\varepsilon_i$  - domeniul de variație admis ( 0...0,5 );

$\bar{I}$  - valoarea medie a indicelui de curgere ;  
 $n$  - numărul de valori ale girului.

Inlocuind valorile cunoscute in relația 4,34. , in urma calculului efectuate, autorul a obținut coeficientul de omogenitate admis  $C_0^a = 0,946$ .

Deoarece  $C_0 > C_0^a$  rezultă că omogenitate fluajului este foarte bună, deci M.A.R. sînt omogene din punct de vedere al fluajului.

In urma studiului statistic efectuat asupra dozajului de bitum și al caracteristicilor fizico-mecanice, in scopul evaluării calității M.A.R. realizate, autorul a ajuns la concluzia că sînt omogene din acest punct de vedere.

In literatura de specialitate / 2 / se arată că domeniile de variație pentru elaborarea unor criterii de apreciere a omogenității caracteristicilor fizico-mecanice, sînt cele prezentate in tabelul 4.24.

Domeniile de variație pentru caracteristicile fizico-mecanice.

Tabelul 4.24.

Domeniul de toleranță ( ± )				Caracterizarea
Stabilitatea Marshall [kN]	Densitatea aparentă [kg/m <sup>3</sup> ]	Absorbția de apă [%] vol.	Indicele de curgere [mm]	
0...0,5	0...25	0...0,5	0...0,5	Foarte bună
0,5...1,0	25...50	0,5...1,0	0,5...1,0	Bună
1,0...1,5	50...75	1,0...1,5	1,0...1,5	Satisfăcătoare
1,5	75	1,5	1,5	Nesatisfăcătoare

Avînd in vedere domeniile de variație, prezentate in tabelul 4.24., și folosind relațiile : 4.31.; 4.32.; 4.33. și 4.34. autorul a determinat coeficienții de omogenitate admiși pentru fiecare caracteristică a M.A.R. și pentru fiecare domeniu de omogenitate, de la foarte omogen pînă la nesatisfăcător. Cu ajutorul valorilor obținute pentru coeficienții de omogenitate și a valorilor medii ale caracteristicilor fizico-mecanice, autorul a alcătuit tabele și diagrame in vederea ușurării calculului.

In urma calculului efectuate, folosind relația 4.25., referitoare la omogenitatea densității aparente a M.A.R., autorul a obținut rezultatele prezentate in tabelul 4.25. Calcululele au fost efectuate pentru giruri cu efective de 5.

Aprecierea omogenității densității aparente  
pentru șiruri cu efective  $n = 5$ .

Tabelul 4.25.

$\rho_{\text{ap}} / \text{m}^3$	Calificativul omogenității			
	Foarte bun	Bun	Satisfăcător	
1 700	0,986	0,973	0,959	Valori mai mici decît în coloana satisfăcătoare.
1 800	0,987	0,974	0,960	
1 900	0,988	0,976	0,964	
2 000	0,9886	0,977	0,965	
2 100	0,989	0,978	0,966	
2 200	0,9896	0,979	0,967	

Reprezentînd grafic coeficientul de omogenitate admis pentru densitatea aparentă în funcție de valorile medii ale densității aparente autorul a obținut diagrama din figura 4.12.

Folosind relația 4.32, autorul a calculat coeficientul de omogenitate al absorbției de apă, în funcție de domeniile de variație, pentru diferite calificative ale omogenității, valorile medii ale absorbției de apă și pentru efective cu  $n = 5$ . Rezultatele sînt trecute în tabelul 4.26.

Aprecierea omogenității absorbției de apă  
pentru șiruri cu efective  $n = 5$ .

Tabelul 4.26.

$A_v [\%]$	Calificativul omogenității			
	Foarte bun	Bun	Satisfăcător	
4	0,886	0,772	0,656	Toate valorile mai mici decît în coloana sa- tisfăcătoare
5	0,909	0,818	0,727	
6	0,924	0,846	0,772	
7	0,935	0,870	0,805	
8	0,943	0,886	0,829	
9	0,949	0,898	0,848	
10	0,954	0,909	0,863	

Pe baza rezultatelor obținute autorul a trasat diagrama din figura 4.13.

De asemenea, autorul a calculat, folosind relația 4.33., coeficientul de omogenitate pentru stabilitatea Marshall, corespunzător tuturor domeniilor de variație, rezultatele fiind trecute în tabelul 4.27.

Aprecierea omogenității stabilității Marshall pentru giruri cu efective  $n = 5$ .

Tabelul 4.27.

S [kN]	Calificativul omogenității			Nesatisfăcător
	Foarte bun	Bun	Satisfăcător	
2,5	0,81	0,63	0,45	Toate valorile mai mici decât în coloana satisfăcătoare
3,0	0,84	0,69	0,54	
3,5	0,86	0,74	0,62	
4,0	0,88	0,77	0,65	
4,5	0,90	0,79	0,69	
5,0	0,91	0,81	0,72	

Pe baza datelor prezentate în tabelul 4.27. s-a trasat diagrama din figura 4.14.

Omogenitatea fluajului s-a calculat cu relația 4.34., pentru giruri cu efective  $n = 5$ , ținând cont de toleranțele maxime admise pentru diferite domenii de omogenitate corespunzătoare calificativelor respective. Rezultatele obținute sînt prezentate în tabelul 4.28.

Aprecierea omogenității fluajului pentru giruri cu efective  $n = 5$ .

Tabelul 4.28.

I [mm]	Calificativul omogenității			Nesatisfăcător
	Foarte bun	Bun	Satisfăcător	
1,5	0,696	0,393	0,190	Toate valorile mai mici decât cele din coloana satisfăcătoare.
2,0	0,772	0,545	0,316	
2,5	0,816	0,636	0,454	
3,0	0,848	0,696	0,545	
3,5	0,870	0,740	0,610	
4,0	0,886	0,772	0,656	
4,5	0,898	0,797	0,696	

Folosind rezultatele prezentate în tabelul 4.28., autorul a trasat diagrama din figura 4.15.

Luînd în considerare importanța studiului statistic, referitor la determinarea omogenității mixturilor asfaltice, autorul propune aplicarea acestei metode în tehnica rutieră, în scopul evaluării calității acestora, în scopul unei interpretări obiective a rezultatelor obținute în laboratoarele de specialitate.

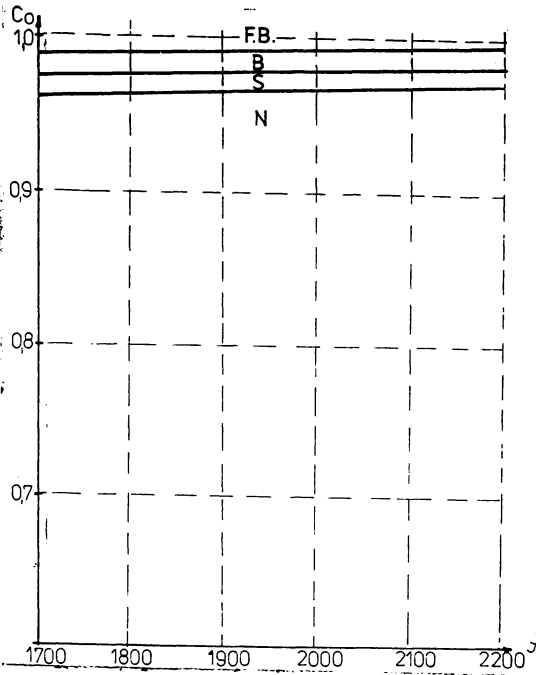


Fig. 4.12. Aprecierarea omogenității densității aparente pentru șiruri cu  $n=5$ .

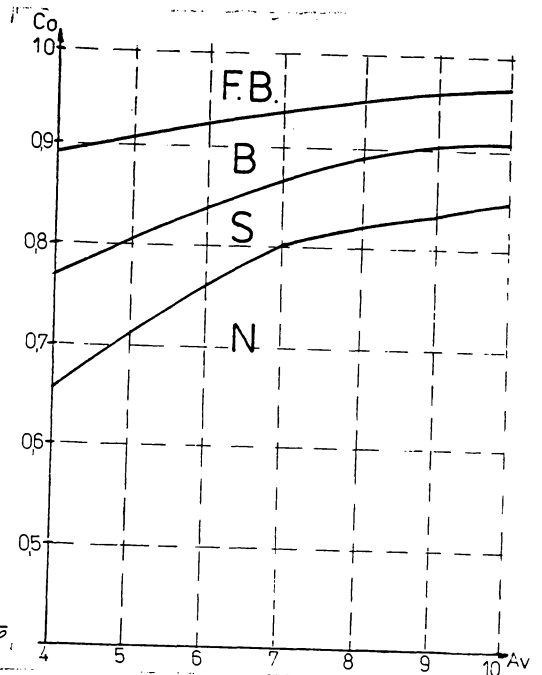


Fig. 4.13. Aprecierarea omogenității absorbției de apă pentru șiruri cu  $n = 5$ .

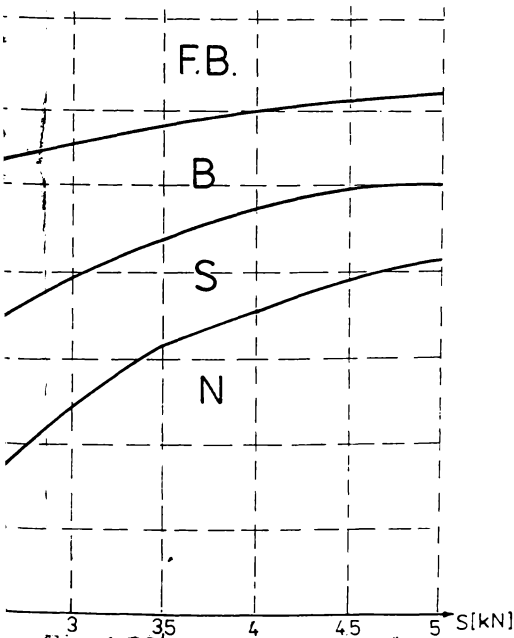


Fig. 4.14. Aprecierarea omogenității stabilității Marshall pentru  $n = 5$ .

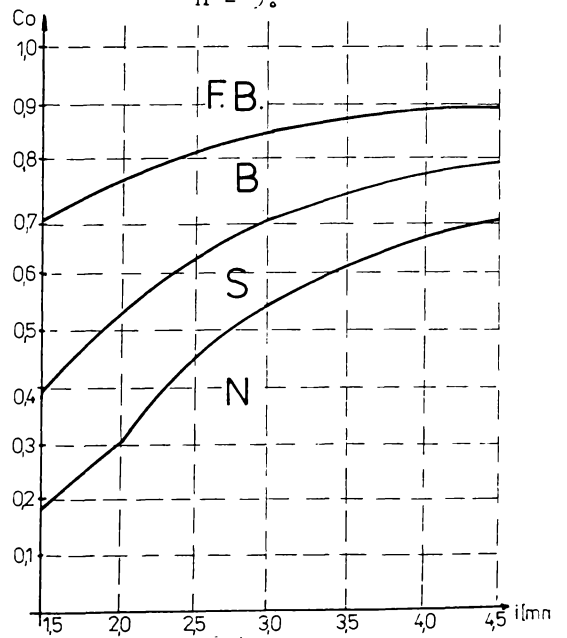


Fig. 4.15. Aprecierarea omogenității fluajului pentru  $n=5$ .

#### 4.8. CONCLUZII ȘI PROPUNERI

In urma studiilor și experimentărilor efectuate asupra mixturilor asfaltice cu execuția la rece, autorul a ajuns la următoarele concluzii și propuneri :

- tehnologia de realizare și punere în operă a mixturilor asfaltice cu execuția la rece este mai eficientă, din punct de vedere energetic și economic, decât tehnologia de realizare a mixturilor asfaltice realizate la cald, avînd și avantajul că se folosesc instalațiile existente, iar condițiile de muncă și de protecția mediului înconjurător se îmbunătățesc. In urma efectuării unui studiu comparativ între M.A.R. și mixturile asfaltice realizate la cald, din punct de vedere al eficienței economice, autorul a obținut următoarele rezultate :

- . o economie de combustibil lichid de 100 % ;
- . o economie de energie electrică de 29 % ;
- . reducerea prețului de cost cu 15 % ;

- autorul și-a adus contribuția la elaborarea dozajelor pentru mixturile asfaltice cu execuția la rece, stabilind zonele de granulozitate pentru fiecare tip de M.A.R., prezentate în punctul 4.1. Pentru contribuția adusă autorul a primit certificat de inovator nr. 752/31 decembrie 1987, cu titlul : "Mixtură asfaltică preparată cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă";

- din cercetările efectuate asupra M.A.R., autorul a ajuns la concluzia că foarte important este cunoașterea conținutului de apă al agregatelor naturale, pentru a putea calcula cantitatea de apă de umezire a agregatelor naturale în malaxor, avînd în vedere faptul că apa totală (apa din agregate + apa de umezire + apa din emulsia bituminoasă ) din M.A.R. nu trebuie să depășească 10 %, deoarece întîrzie prea mult ruperea emulsiei bituminoase ;

- pentru a cunoaște conținutul de apă al M.A.R., atât la stația de preparare, cît și la locul de punere în operă, autorul și-a adus contribuția la elaborarea unei încercări de determinare a umidității M.A.R. pe șantier ;

- prepararea mixturilor asfaltice cu execuția la rece se face în instalațiile existente în dotarea unităților de drumuri, cu modificările specificate, referitoare la dozarea apei și a emulsiei bituminoase. Pentru contribuția adusă la realizarea instalației, autorul a primit brevet de invenție acordat de OSIM



cu nr. 93 981/9 noiembrie 1986 cu titlul "Instalație pentru producerea mixturilor asfaltice la rece" ;

- în scopul determinării productivității instalației de producere a M.A.R. , autorul a aplicat metoda de calcul "Monte Carlo", iar în urma calculelor efectuate a ajuns la concluzia că productivitatea este cu 17,6 % mai mare decât în cazul tehnologiei de realizare a mixturilor asfaltice la cald ;

- în urma cercetărilor și experimentărilor efectuate, autorul a ajuns la concluzia că M.A.R. se caracterizează printr-un volum mare de goluri, fapt ce limitează folosirea lor numai la straturile bituminoase inferioare, ca strat de bază și de legătură. În cazul folosirii M.A.R. în stratul de uzură, autorul propune să se facă impermeabilizarea suprafeței de rulare, prin realizarea unui tratament bituminos sau cel puțin printr-o badijonare cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă ;

- mixturile asfaltice cu execuția la rece se utilizează la drumuri de clasă tehnică IV - V. S-au executat sectoare experimentale și pe drumuri de clasă tehnică III ( D.N. 59 Timișoara - Moravița ), cu rezultate bune, ceea ce permite autorului să facă propunerea de a extinde tehnologia de folosire a M.A.R. și pe astfel de drumuri ;

- efectuând încercări de laborator pe probe prelevate din îmbrăcămintea bituminoasă executată cu M.A.R., autorul a ajuns la concluzia că se îmbunătățesc caracteristicile fizico-mecanice ale acestora în timp, absorbția de apă se micșorează, iar densitatea aparentă crește ;

- în urma studiului statistic efectuat în vederea determinării omogenității M.A.R. atât din punct de vedere al dozajului de bitum , cât și al caracteristicilor fizico-mecanice ale acestora, autorul a ajuns la concluzia că M.A.R. realizate și experimentate au fost de calitate bună, deci a fost respectat dozajul elaborat, precum și tehnologia de punere în operă ;

- un aspect deosebit de important relevat de autor este faptul că se elimină complet poluarea mediului ambiant, precum și pericolul de producere a incendiilor, se evită îmbelzvirile profesionale cauzate de noxele de toxicitate, produse prin încălzirea bitumului și prin utilizarea combustibililor reziduali, deci se îmbunătățesc condițiile de lucru ale muncitorilor, atât a celor

de la stația de preparare a mixturilor asfaltice, cît și a celor de la locul de punere în operă a acestora;

- contribuția autorului la realizarea mixturilor asfaltice cu execuția la rece constă în inițierea, proiectarea și experimentarea tehnologiei împreună cu specialiștii de la Catedra de drumuri, fundații și instalații în construcții și specialiștii de la laboratorul central al Direcției Regionale de Drumuri și Poduri Timișoara, precum și cei de la gantierele de producere a mixturilor asfaltice ;

- de asemenea, autorul și-a adus contribuția la modificarea instalației existente, în scopul folosirii acesteia atît pentru fabricarea mixturilor asfaltice cu execuția la rece, cît și pentru fabricarea mixturilor asfaltice cu execuția la cald;

- în urma experimentărilor efectuate, autorul împreună cu un colectiv de specialiști au elaborat o instrucție referitoare la realizarea unor straturi bituminoase din mixtură asfaltică cu execuția la rece, folosind emulsia bituminoasă cationică cu rupere lentă. Instrucția a fost aprobată de Consiliul tehnico-economic al Direcției Drumurilor București, cu actul nr. ~~20/566 din 4 august 1989~~ 40/766 din 4 august 1989. Titlul "Instrucția Tehnică Departamentală pentru realizarea de straturi bituminoase executate cu mixtură asfaltică preparată la rece cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă", instrucție ce poartă indicativul D.D. 512/1990 ( anexa 4.2. ) ;

Analizînd rezultatele obținute și eficiența economică ce rezultă folosind mixturile asfaltice cu execuția la rece la ranforsarea drumurilor existente, tehnologia de preparare a M.A.R. a fost omologată de Direcția Drumurilor București cu nr. 40/766 din 4 august 1989.

Fuînd în considerare avantajele economice și energetice ce se obțin prin folosirea mixturilor asfaltice cu execuția la rece în tehnica rutieră, precum și rezultatele obținute în urma cercetărilor și experimentărilor efectuate și ținînd cont și de alte avantaje pe care le generează, arătate mai sus, se apreciază ca necesară generalizarea tehnologiei de producere a M.A.R., în scopul îmbunătățirii stării de viabilitate a drumurilor, avînd în vedere și faptul că se obține o creștere a productivității muncii.

## Cap.5. PRINCIPALELE CONCLUZII GENERALE SI CONTRIBUTIILE ORIGINALE ALE AUTORULUI

Lucrarea de doctorat prezintă contribuțiile aduse de autor referitoare la studiul, cercetarea și realizarea unor tehnologii eficiente, de mare productivitate, pentru întreținerea drumurilor cu îmbrăcămînți bituminoase.

Cercetările efectuate s-au desfășurat în perioada 1983-1990 și au fost determinate de necesitatea găsirii unor soluții eficiente pentru construcția și întreținerea drumurilor cu îmbrăcămînți bituminoase, în contextul crizei energetice care a afectat și sectorul rutier. Aceste cercetări au fost efectuate în laboratorul de drumuri al Școlii de drumuri, fundații și instalații în construcții, precum și în laboratorul central al Direcției Regionale Drumuri și Péduri (D.R.D.P.) Timișoara. Studiile au fost continuate prin experimentări pe teren, pe drumurile naționale ale D.R.D.P. Timișoara, care au confirmat rezultatele bune obținute în laborator, sectoarele experimentale avînd o comportare bună în exploatare.

Pentru noile tehnologii, autorul a efectuat calcule de eficiență economică și energetică, în baza cărora au fost evidențiate avantajele pe care le prezintă acestea.

Rezultatele cercetărilor s-au concretizat printr-o propunere de inovație, o propunere de invenție, două certificate de inovator, două certificate de inventator acordate de OSIM. De asemenea, rezultatele studiului și al cercetărilor efectuate s-au concretizat și prin elaborarea a trei metode pentru verificarea calității materialelor utilizate la lucrările de drumuri, a unei instrucții tehnice departamentale, proiectarea, realizarea și experimentarea unui aparat de laborator și a unei mașini de recuperat agregatele de pe acostamentele și partea carosabilă a drumului.

Necesitatea și oportunitatea studiilor și cercetărilor efectuate este dată de tendințele actuale de dezvoltare a rețelei de drumuri existente, a creșterii capacității de transport, a introducerii unor tehnologii eficiente, etc., dintre care se menționează :

- necesitatea unei abordări sistematice a gestiunii drumurilor, pentru a furniza informații referitoare la starea actuală a

drumurilor și la evoluția lor, în scopul stabilirii strategiei optime de întreținere a acestora ;

- menținerea drumurilor într-o stare de viabilitate care să permită exploatarea lor în condiții de siguranță, confort și economicitate ;

- îndreptarea eforturilor pentru efectuarea lucrărilor privind ridicarea stării tehnice a drumurilor în funcție de starea lor actuală, de intensitatea și structura traficului rutier ;

- utilizarea unor lianți cu o largă aplicabilitate în sectorul rutier, emulsiile bituminoase, care să permită introducerea unor tehnologii eficiente și de mare productivitate, cum ar fi realizarea unor lucrări de etanșare a părții carosabile și îmbunătățirea rugozității suprafeței de rulare, prepararea mixturilor asfaltice cu execuția la rece și alte lucrări de întreținere a drumurilor ;

- diversificarea emulsiilor bituminoase, astfel încât acestea să poată fi folosite în tot cursul anului, inclusiv în sezonul rece, aducând importante economii energetice prin realizarea lucrărilor de întreținere ;

- îmbunătățirea viabilității îmbrăcăminților bituminoase vechi și fisurate, precum și a drumurilor pietruite, folosind tehnologii eficiente și de mare productivitate, tehnologii care să poată fi generalizate în sectorul rutier din întreaga țară ;

- producerea unor mixturi asfaltice, care să permită realizarea unor straturi rutiere pentru a putea prelua, în bune condiții eforturile deosebite ce iau naștere datorită sarcinilor pe osie din ce în ce mai mari, caracteristice traficului actual ;

- introducerea tehnologiilor de preparare și punere în operă, la rece, a mixturilor asfaltice, în scopul economisirii combustibililor și energiei, precum și măririi productivității muncii ;

- optimizarea multicriterială a tehnologiilor de întreținere a drumurilor, în scopul îndeplinirii unor limite și restricții puse în cadrul sectorului rutier ;

- elaborarea unor metode și instrucțiuni care să îmbunătățească controlul de calitate al lucrărilor de întreținere, în scopul creșterii duratei de exploatare a acestora ;

- perfecționarea aparatului de laborator în scopul determinării cât mai exacte a caracteristicilor materialelor, ce intră în compoziția mixturilor asfaltice cu execuția la rece, ceea ce

permite stăpînirea în condiții bune a procesului de producere și punere în operă a acestora, conducînd implicit, la obținerea unor lucrări calitativ superioare ;

Ținînd seama de tendințele menționate, studiile și cercetările efectuate au reușit să rezolve o serie de probleme ale sectorului rutier din țara noastră.

În ceea ce privește necesitatea întreținerii drumurilor, este cunoscut faptul că drumurile se deteriorează de o manieră ireversibilă, mai mult sau mai puțin repede, în funcție de condițiile climatice, de rezistența structurii rutiere, de volumul de circulație și de sarcina pe osie a vehiculului.

Avînd în vedere această realitate și ținînd seama de faptul că, o bună parte din rețeaua de drumuri publice cu îmbrăcămînti moderne este într-o stare necorespunzătoare și că durata de exploatare a acestora este depășită, ceea ce generează importante pagube economiei naționale și mari consumuri suplimentare de carburanți, autorul tezei a studiat și cercetat aceste aspecte, aducîndu-și contribuția astfel :

- efectuarea unor studii și experimentări privind influența elementelor geometrice și a stării tehnice a drumurilor asupra consumului de carburanți. Cele patru sectoare experimentale au cuprins trasee cu :

- . îmbrăcăminte bituminoasă cu o suprafață de rulare bună;
- . îmbrăcăminte din beton de ciment acoperită cu un tratament bituminos, cu suprafață de rulare corespunzătoare ;
- . un drum pietruit ;
- . o îmbrăcăminte bituminoasă cu degradări.

Autorul a determinat consumul de carburant pentru fiecare sector folosit pentru experimentare, ținînd seama de elementele geometrice, precum și de starea tehnică a acestora, pentru două tipuri de autovehicule.

În urma experimentărilor efectuate , autorul tezei a calculat indicii de creștere ai consumului de carburant pentru autovehiculul greu de 160 kN, în funcție de declivitatea drumului.

Din studiul și calculele efectuate asupra consumurilor suplimentare de carburant pe un drum modernizat, dar întreținut necorespunzător, un drum cu degradări, au rezultat creșteri între 12...24 % mai mari decît consumul real. Aceste consumuri de carburanți sînt comparabile cu cele determinate pe un drum pietruit ;

- autorul tezei a efectuat și un studiu privind consumul de carburant pentru autovehiculele care evită un centru aglomerat, Din acest studiu au rezultat ameliorările aduse prin realizarea unei variante, ameliorări ce constau în :

- eliminarea unui punct periculos ;
- lărgirea părții carosabile ;
- reducerea lungimii de parcurs ;
- reducerea consumului de carburant ;

- din studiile și experimentările efectuate, autorul a ajuns la concluzia că este deosebit de important cunoașterea influenței elementelor geometrice ale drumului asupra consumului de carburant, pentru ca specialiștii de drumuri, proiectanții și constructorii să intervină în vederea realizării unor lucrări de drumuri care să conducă la consumuri minime de carburanți ;

- de asemenea, în urma studiului efectuat, se reține importanța întreținerii drumurilor, intervenția operativă de a repara suprafața părții carosabile, în scopul de a avea o viabilitate bună, ducând astfel la reducerea consumului suplimentar de carburant și totodată, la creșterea confortului și siguranței circulației, precum și la îmbunătățirea calității vieții ;

- cunoscând starea tehnică a rețelei din sud-vestul țării, autorul tezei a efectuat un calcul asupra consumului de carburant, ținând seama de categoria drumului, rezultând pentru anul 1989, dată la care s-a efectuat calculul, pierderi în valoare de 187 milioane lei/an. Determinarea pierderilor pe rețeaua de drumuri, ca urmare a stării tehnice necorespunzătoare, constituie un criteriu de apreciere al eficienței investițiilor în lucrările de drumuri și poduri, cât și pentru lucrările de întreținere și reparare a acestora ;

• studiind literatura de specialitate, autorul prezintă o metodă pentru investigarea rețelei rutiere precum și calculul grosimii de ranforsare a sectorului de drum cercetat, în funcție de doi parametri importanți, starea de degradare a suprafeței de rulare și intensitatea traficului rutier, metodă ce se aplică în Franța.

În urma studiilor și experimentărilor efectuate, autorul face unele propuneri privind măsurile ce trebuie luate pentru întreținerea drumurilor, astfel :

- necesitatea unei abordări sistematice a gestiunii

drumurilor, definitivarea programului SARO (Sistemul de administrare rutieră optimizat), care are drept scop stabilirea lucrărilor de întreținere preventivă și curativă a drumurilor naționale, inclusiv ordinea de urgență a acestora, pe baza măsurătorilor tehnice complexe, periodice ale rețelei rutiere, program care este în atenția Administrației Naționale a Drumurilor București ;

- reconsiderarea cercetării aplicative și valorificarea mai operativă a rezultatelor bune ;

- intensificarea cercetărilor în vederea folosirii la maximum de eficiență a resurselor acordate sectorului rutier, descoperirea de noi materiale energoconștinse, dezvoltarea tehnologiilor de întreținere și construcție a drumurilor, care se pot realiza cu consumuri minime de energie și combustibili;

- soluționarea circulației autovehiculelor grele și determinarea beneficiarilor de transporturi, ce depășesc curent prevederile legale, privind sarcina pe osie, să participe cu fonduri și materiale la ranforsarea drumurilor, înainte de a afecta transporturile.

Necesitatea întreținerii drumurilor a devenit o problemă deosebită pentru specialiști, apreciind că starea de subîntreținere cronică a drumurilor publice, concomitent cu dezvoltarea traficului greu, determină înrăutățirea îngrijorătoare a patrimoniului rutier național, generând pagube anuale de ordinul miliardelor de lei.

În ceea ce privește utilizarea emulsiilor bituminoase la elaborarea unor tehnologii rutiere, autorul tezei a efectuat studii, cercetări și experimentări asupra acestora, ceea ce a făcut să se obțină noi tipuri de emulsii bituminoase, care să asigure lucrătorilor de drumuri posibilități multiple pentru întreținerea, repararea și ranforsarea complexelor rutiere existente.

Rezultatele obținute de autor, referitoare la diversificarea și controlul calității emulsiilor bituminoase, constau în următoarele :

- înlocuirea emulgatorului de tipul RM, ce conține un component din import ( trietilex tetraamină), utilizat la prepararea emulsiilor bituminoase, cu un emulgator sintetizat din componente indigeni de întreprinderea "Detergentul" Timișoara, autorul aducându-și contribuția la experimentarea acestuia,

precum și a altor emulgatori de tipul  $RN$ ,  $RN_2$  și  $RN_3$ , utilizați la prepararea emulsiei bituminoase cationice în instalația de la Săcălaz. Din aceste experimentări a rezultat o caracteristică importantă a acestor emulgatori, pentru obținerea unor emulsii bituminoase de calitate, care se referă la conținutul de sărat amonic ce trebuie reținut în proporție de 8...13 % în compoziția emulgatorului.

Ținând seama de aceste aspecte autorul a propus o colaborare permanentă între furnizorul și beneficiarul de emulgator, cu scopul de a realiza emulgatori cu proprietăți superioare, pe bază de acizi grași sintetici, eliminând complet importul ;

- în scopul reducerii consumului de combustibil și energie la prepararea mixturilor asfaltice, s-a studiat posibilitatea preparării la rece a acestora, utilizând o emulsie bituminoasă specială. Prin studii și încercări de laborator s-a obținut dozajul necesar realizării unei emulsii bituminoase cationice cu rupere lentă ( E.B.C.R.L.). Fabricarea acestei emulsii s-a făcut la instalația de la Săcălaz, ceea ce a permis realizarea la scară industrială a E.B.C.R.L., necesară pentru producerea mixturii asfaltice cu execuția la rece ;

- pentru a verifica stabilitatea la îngheț a emulsiei bituminoase , autorul a experimentat o metodă care are ca scop de a examina dacă particulele de bitum se aglomerează în timp ce emulsia bituminoasă se supune la variații de temperaturi pozitive și negative. Încercările efectuate asupra emulsiei bituminoase preparată la Săcălaz, privind determinarea stabilității la îngheț, au scos în evidență faptul că emulsia bituminoasă preparată nu este stabilă la îngheț. Luând în considerare faptul că emulsia bituminoasă se folosește și pe timp rece, autorul a făcut experimentări cu scopul de a obține emulsie bituminoasă rezistentă la îngheț ;

- pentru obținerea unei emulsii bituminoase cationice care să fie utilizată și în sezonul rece la executarea unor lucrări pentru întreținerea drumurilor, autorul tezei a inițiat și experimentat în laborator obținerea unei astfel de emulsii bituminoase ( Antigel ). Cu ocazia încercărilor de laborator s-a constatat că vâscozitatea emulsiei bituminoase crește odată cu creșterea conținutului de clorură de sodiu. În funcție de procentul de sare s-au obținut emulsii bitumi-



noase cationice rezistente pînă la temperaturi de  $-18^{\circ}\text{C}$ . S-au obținut astfel trei tipuri de emulsii bituminoase cationice cu rupere rapidă ce pot fi folosite în sezonul rece :

E.B.C.R.;AGEL -5 ;

E.B.C.R.;AGEL -10 ;

E.B.C.R.;AGEL -18 ;

- avînd în vedere faptul că emulsiile bituminoase se transportă cu cisterne sau autocisterne la diferite distanțe, mai lungi sau mai scurte, în funcție de locul unde se întrebuintează, autorul tezei a făcut experimentări privind încercarea de determinare a stabilității la transport a acestora.

Principiul metodei a constat în vibrarea unei cantități date de emulsie bituminoasă, într-un anumit interval de timp, determinîndu-se restul pe sita de 0,63 mm. În funcție de cantitatea de reziduu de pe sită s-a stabilit dacă emulsia bituminoasă este sau nu rezistentă la transport ;

- ținînd cont de importanța încercării de determinare a stabilității la transport a emulsiilor bituminoase, autorul tezei a studiat , proiectat și experimentat un aparat pentru efectuarea acestei încercări. Cererea de inovație pentru aparat a fost înregistrată cu nr.403 461 din 9 noiembrie 1990. În urma experimentărilor și studiilor efectuate, autorul a ajuns la concluzia că aparatul este ușor de mînut, foarte util pentru șantierele care produc emulsie bituminoasă și ieftin;

- referitor la instalația de preparare a emulsiei bituminoase, în urma studiilor și experimentărilor efectuate la instalația de la Săcălaz, autorul tezei a ajuns la concluzia că pentru a obține o emulsie bituminoasă omogenă, este foarte important reglarea morii coloidale. S-a constatat că o distanță de 0,5...4,0 mm între stator și rotor, precum și o viteză de rotație de 4 500 rot/min., duc la obținerea unor emulsii bituminoase omogene, de calitate superioară;

Utilizarea emulsiilor bituminoase în sectorul rutier, precum și diversificarea acestora, va asigura lucrătorilor de drumuri, posibilități multiple pentru întreținerea drumurilor.

În ceea ce privește tratamentele bituminoase, au fost generalizate, în ultimii ani, fiind considerate tehnologii eficiente pentru întreținerea drumurilor cu îmbrăcăminți moderne. Ținînd seama de unele dezavantaje ale tehnologiei clasice de

execuție a tratamentelor bituminoase la cald, precum și de posibilitățile de economisire a materialelor de bază utilizate la aceste tehnologii, autorul tezei a studiat și experimentat două tehnologii noi, ce se realizează la rece cu emulsie bituminoasă :

- tratamente bituminoase cu agregate naturale anrobate în situ, numite și Trabinsit ;

- tratamente bituminoase armate cu geotextile, numite și Trabintex.

Studiul, cercetarea și experimentarea celor două tehnologii, de către autorul tezei, au condus la formularea următoarelor concluzii generale :

- tehnologia de execuție a Trabinsitului, comparativ cu tehnologia clasică de realizare a tratamentelor bituminoase întărite, prezintă o serie de avantaje care se reflectă prin:
  - eficiență economică. Crește productivitatea tehnologiei cu 20 %, economia de combustibil este de 18 %, consumul de agregate se reduce cu 35 %, iar consumul de emulsie bituminoasă este cu 25 % mai mic ;

- au o bună comportare în exploatare, regenerează suprafața bituminoasă, crește siguranța circulației rutiere, ceea ce demonstrează posibilitatea extinderii acestei tehnologii în sectorul rutier ;

- cele două tehnologii noi nu necesită investiții de utilaje, echipamente, folosindu-se același atelier utilizat la realizarea tratamentelor bituminoase clasice ;

- din observațiile făcute în timpul execuției Trabinsitului, au rezultat unele aspecte pe care autorul le-a luat în considerare, în scopul îmbunătățirii calității lucrărilor la execuție. Aceste aspecte se referă la : curățirea perfectă a suprafeței, agregatele naturale să fie curate, stropirea emulsiei bituminoase s-a făcut prin curgere obișnuită, deoarece sub presiune se aruncă agregatele naturale de pe suprafața tratată și impune reotificări manuale. Sectoarele experimentale au fost ținute sub observație, constataându-se că se comportă bine în exploatare ;

- tehnologia Trabinsit a fost brevetată ca invenție de OSIM și autorul tezei a obținut certificat de inventator nr. 90 187/25 mai 1988 ;

- tehnologia Trabintex a fost înregistrată la OSIM ca

propunere de invenție cu nr. 140 055/5 ianuarie 1989;

-tehnologia de execuție a Trabintexului s-a experimentat pe macadamuri, pentru păstrarea zestrei existente a drumului și îmbunătățirea condițiilor de circulație, sau pe îmbrăcăminti bituminoase fisurate cu scopul impermeabilizării îmbrăcămintei și opririi transmiterii fisurilor existente spre suprafață. Prin aplicarea acestei tehnologii, autorul a ajuns la concluzia că Trabintexul comparativ cu anrobatele bituminoase cu execuția la cald prezintă o serie de avantaje, după cum urmează :

- . în ceea ce privește eficiența economică, se reduce consumul de bitum cu circa 15 %, iar consumul de agregate naturale se reduce cu 25...30 %. Crește productivitatea muncii cu 30 % ;

- . tehnologia este simplă de realizat, se folosesc utilaje, echipamente și mijloace de transport existente în dotarea unităților de drumuri ;

- . sectoarele experimentale se comportă bine în exploatare, autorul având certitudinea că această tehnologie va fi utilizată de unitățile de întreținere a drumurilor.

Diversitatea tehnologiilor de execuție a tratamentelor bituminoase a impus o analiză de obținere a unui optim multicriterial, adică de a găsi o tehnologie optimă de realizare a tratamentelor bituminoase, în scopul îndeplinirii tuturor limitelor și restricțiilor puse în cadrul sectorului rutier. Studiul optim multicriterial a fost efectuat de autorul tezei, luând în considerare șase tehnologii de realizare a tratamentelor bituminoase, cele mai utilizate în practica de întreținere a rețelei rutiere, având în vedere următoarele criterii: consumul energetic, productivitatea, consumul de materiale, costul lucrărilor și durata de exploatare. Acest studiu a fost transpus pe calculator, realizând aplicația informatică "TEHDRUM", după metoda Topsis.

Realizarea programului de calcul "TEHDRUM", a scos în evidență că tratamentele bituminoase de tipul Trabintex, cu execuția la rece, sînt cele mai eficiente pentru întreținerea drumurilor, față de celelalte tipuri de tratamente bituminoase.

Din studiile, cercetările și experimentările, precum și experiența acumulată, autorul face unele propuneri pentru îmbunătățirea lucrărilor de tratamente bituminoase cu execuția

la rece astfel :

- controlul asupra agregatelor, referitor la determinarea dozajului optim de agregate naturale, autorul propune în acest scop, utilizarea unei cutii dozatoare. Pentru contribuția adusă la proiectarea, realizarea și experimentarea cutiei dozatoare, necesară verificării dozajelor de agregate pe șantier, autorul a primit certificat de inovator nr.1 069/20 dec 1988;

- controlul asupra dozajului de liant și agregate. Referitor la dozajul de liant, autorul scoate în evidență faptul că, pentru a se executa o răspândire uniformă a cantității de liant stabilită prin calcul, pe toată suprafața, este necesar ca autostropitorul de bitum să se deplaseze cu o viteză și o turație a pompei ce antrenează liantul, constantă. Pentru determinarea acestor caracteristici, autorul propune să se folosească o abață, care determină operativ, la fața locului, viteza de deplasare în funcție de turația pompei și cantitatea de liant ;

- acordarea unei atenții deosebite cilindrării tratamentelor bituminoase. Experiența a demonstrat că în cazul compactorului vibrator cu ruloouri netede se produce o spargere mai accentuată a agregatelor, dar și o fixare mai bună a acestora, decât în cazul compactoarelor pe pneuri. Compactorul cu ruloou cu bandaaj de cauciuc realizează o cilindrare mai bună și o concasare apropiată de cea a compactorului pe pneuri. Rugozitatea tratamentului bituminos, folosind compactorul cu ruloouri netede este inferioară celei obținute folosind compactorul cu pneuri sau cu ruloou vibrator cu bandaaj de cauciuc.

În concluzie, ținând cont de cele prezentate, se poate afirma că tratamentele bituminoase fac parte dintre tehnologiile de întreținere a drumurilor modernizate și constituie metodele de întreținere cel mai frecvent folosite în sectorul rutier.

Referitor la producerea mixturilor asfaltice cu execuția la rece, folosind emulsia bituminoasă cationică cu rupere lentă ( E.B.C.R.L.), în urma cercetărilor și experimentărilor efectuate, rezultatele și concluziile la care s-a ajuns sînt următoarele :

- stabilirea compoziției M.A.R. s-a făcut pe baza încercărilor preliminare de laborator, luîndu-se în considerare caracteristicile materialelor componente. S-au obținut mai multe

tipuri de M.A.R. pentru straturile de bază, legătură și uzură, autorul a calculat și stabilit zona de granulozitate pentru fiecare tip de M.A.R. ;

- în scopul reducerii consumului de combustibil și energie , autorul a studiat posibilitatea preparării la rece a acestora,utilizînd ca liant emulsia bituminoasă cationică cu rupere lentă preparată la stația de emulsie de la Săcălaz. Cercetările s-au efectuat în laboratorul Catedrei de drumuri, fundații și instalații în construcții, precum și în laboratorul D.R.D.P. Timișoara, rezultatele promițătoare obținute au permis trecerea la producția industrială și executarea secțiilor experimentale. Pentru experimentare s-au făcut unele modificări la instalația de preparare a amestecurilor asfaltice de tip LPX, de la formația de mixturi betoane Voiteg, ce au constat în dotarea cu o instalație de alimentare cu apă și emulsie bituminoasă a malaxorului, respectiv cu o bandă transportoare care realizează transportul agregatelor naturale predozate prin exteriorul uscătorului. De menționat că instalația LPX astfel modificată poate fi utilizată după dorință, atât pentru prepararea la rece a amestecurilor asfaltice, cît și la cald;

- modificările aduse instalației LPX în vederea utilizării acesteia și pentru prepararea la rece a amestecurilor asfaltice, au stat la baza întocmirii unei documentații de invenție, pentru care autorul a obținut certificat de inventator nr. 93 981/9 noiembrie 1986, emis de OSIM ;

- în procesul de fabricare a M.A.R. foarte important este să se cunoască cantitatea de apă necesară pentru umectare. În urma experimentărilor efectuate și a experienței acumulate autorul a ajuns la concluzia că apa totală nu trebuie să depășească 10 % din amestecul asfaltic ;

-pentru a cunoaște conținutul de apă din M.A.R. atât la stația de preparare, cît și la locul de punere în operă, autorul și-a adus contribuția la elaborarea unei încercări pentru determinarea umidității M.A.R. pe șantier;

- transportul, așternerea și compactarea M.A.R., s-a făcut cu utilajele existente la dotarea șantierului de drumuri. Autorul a constatat că în procesul tehnologic cel mai important aspect care trebuie avut în vedere este compactarea M.A.R., care asigură atât eliminarea apei, cît și un grad de compactare de minimum 90 % ;

- s-au executat sectoare experimentale, care apoi au fost extinse pe rețeaua de drumuri naționale, realizând ranforsări cu M.A.R. pe o lungime de 13,260 km de drum, fabricându-se 11 094 tone mixtură asfaltică cu execuția la rece. Încercările de laborator, efectuate asupra carotelor prelevate de pe sectorul executat cu M.A.R., au demonstrat comportarea corespunzătoare în exploatare a M.A.R. Aplicarea tehnologiei de fabricare a M.A.R. a fost atestată prin obținerea de către autor a certificatului de inovație nr. 752/31 dec 1987 ;

- o constatare făcută de autor, care merită relevată este faptul că la prepararea M.A.R., se elimină complet poluarea mediului înconjurător, precum și pericolul de incendiu și se evită îmbolnăvirile profesionale, cauzate de noxele de toxicitate, produse prin încălzirea bitumului și prin utilizarea combustibililor reziduali, în cazul mixturilor asfaltice cu execuția la cald ;

- autorul a efectuat un studiu comparativ, între mixturile asfaltice cu execuția la rece și cele cu execuția la cald, din punct de vedere energetic și a ajuns la următoarele rezultate : în cadrul M.A.R. se obține o economie de 100 % combustibil, 29 % energie electrică, prețul de cost se reduce cu 15 %, iar productivitatea crește cu 17,6 % ;

- de asemenea autorul a efectuat un calcul pentru a determina productivitatea instalației LPX modificată, aplicând metoda Monte-Carlo. În urma calculului efectuat a rezultat că productivitatea obținută la realizarea mixturilor asfaltice cu execuția la rece este cu 17,9 % mai mare decât în cazul tehnologiei de realizare a mixturilor asfaltice cu execuția la cald ;

- pentru verificarea calității M.A.R. din punct de vedere al dozajului de bitum și al caracteristicilor fizico-mecanice, autorul a efectuat un studiu statistic, determinând omogenitatea M.A.R. Studiul efectuat a demonstrat omogenitatea M.A.R., deci au fost respectate dozajele elaborate și tehnologia de punere în operă ;

- de asemenea, autorul și-a adus contribuția la elaborarea unei instrucții cu titlul : "Instrucție tehnică departamentală pentru realizarea de straturi bituminoase executate cu mixtură asfaltică preparată la rece cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă", instrucție ce poartă indicativul

DD 512/1990.

Urmare rezultatelor obținute și a cercetărilor efectuate asupra M.A.R., precum și a avantajelor economice și energetice constatate, se poate aprecia că tehnologia de preparare a M.A.R. este o tehnologie eficientă pentru întreținerea drumurilor.

Studiile, cercetările și experimentările efectuate de autor au condus la rezolvarea unor probleme deosebit de importante pentru sectorul rutier.

Principalele contribuții originale prezentate de autor în cadrul lucrării sînt :

- . conceperea și realizarea unei tehnologii eficiente pentru întreținerea drumurilor cu îmbrăcămînți moderne, tehnologia Trabinsit, care a fost brevetată ca invenție de OSIM și pentru care autorului i s-a acordat certificatul de inventator nr. 90 187/25 mai 1988 ;

- . cercetarea și experimentarea tehnologiei Trabintex, atât pe drumurile pietruite, cît și pe îmbrăcămînțile bituminoase vechi și fisurate. Subiectul prezintă obiectul unei propuneri de invenție la OSIM înregistrată cu nr.140 055/5 iunie 1989 ;

- . realizarea unui dispozitiv pentru controlul cantitativ al agregatelor naturale utilizate la lucrările de tratamente bituminoase, pentru care autorul a obținut certificat de inovator nr.1 069/20 dec 1988 ;

- . conceperea, realizarea și experimentarea tehnologiei de preparare a mixturilor asfaltice cu execuția la rece, folosind emulsia bituminoasă cationică cu rupere lentă, pentru care autorul a obținut certificat de inovație nr.752/31 dec 1987;

- . conceperea, proiectarea și realizarea modificărilor la instalația de preparare a mixturilor asfaltice de tip LPX, în scopul folosirii acesteia atât pentru prepararea mixturilor asfaltice la cald, cît și a mixturilor asfaltice la rece. Soluția realizată și experimentată a făcut obiectul unei documentații de invenție pentru care OSIM a acordat autorului certificatul de inventator nr. 93 981/9 noiembrie 1986;

- . proiectarea și realizarea aparatului pentru determinarea stabilității emulsiei bituminoase, la transport, pentru care s-a întocmit documentația de inovație înregistrată la

Direcția Tehnică a Ministerului Transporturilor București cu nr. 40./ 461/9 noiembrie 1990 ;

• elaborarea unei instrucții aprobate de Consiliul tehnico-administrativ al Administrației Naționale a Drumurilor cu titlul " Instrucție tehnică departementală pentru realizarea de straturi bituminoase executate cu mixtură asfaltică preparată la rece cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă", instrucție ce poartă indicativul D.D. 512/1990;

• conceperea și elaborarea unor metode pentru verificarea calității materialelor utilizate la lucrările de drumuri astfel :

- metodă pentru determinarea stabilității la îngheț a emulsiilor bituminoase cationice ;

- metodă pentru determinarea stabilității la transport a emulsiei bituminoase ;

- metodă pentru determinarea umidității mixturilor asfaltice preparate la rece, metodă de încercare pe șantier ;

• elaborarea și realizarea unui program de calcul prin aplicația informatică "TEHDRUM", avînd la bază metoda Topsis;

• stabilirea influenței elementelor geometrice și a stării tehnice a drumurilor asupra consumului de carburant, precum și indicii de creștere ai consumului de carburant pentru autovehiculul greu de 160 kN, în funcție de declivitatea drumului ;

• conceperea și elaborarea unui studiu privind consumul de carburant pentru autovehiculele care evită un centru aglomerat, dintr-o localitate ;

• elaborarea în laborator a dozajului pentru emulsia bituminoasă cationică cu rupere lentă, necesară preparării mixturilor asfaltice cu execuția la rece ;

• elaborarea dozajelor pentru mixturile asfaltice cu execuția la rece, utilizînd emulsia bituminoasă cationică cu rupere lentă, și experimentarea acestora ;

• conceperea și experimentarea în laborator a emulsiei bituminoase rezistente la îngheț - Antigel ;

• aplicarea metodei Monte Carlo pentru calculul productivității instalației modificate LPX, utilizată la fabricarea mixturilor asfaltice cu execuția la rece ;

• aplicarea studiului statistic pentru determinarea omog



genității mixturilor asfaltice cu execuția la rece și elaborarea unor diagrame pentru ușurarea calculelor.

Studiul bibliografic, cercetările teoretice și experimentările întreprinse pentru întocmirea tezei de doctorat, au fost valorificate astfel :

- publicarea și comunicarea unor lucrări științifice la diverse întruniri cu caracter tehnico-științific, ce au avut loc în țară (23 lucrări) și străinătate (2 lucrări) ;
- participarea în calitate de colaborator la elaborarea raportului, referitor la construcția și întreținerea drumurilor, pentru congresul mondial de drumuri de la Sydney și Bruxelles;
- obținerea a două brevete de invenție, două certificate de inovator, o propunere de invenție și o propunere de inovație ;
- proiectarea și realizarea mașinii de recuperat agregatele de pe partea carosabilă și acostamente ;
- proiectarea și realizarea unor aparate pentru efectuarea unor încercări de laborator ;
- introducerea unor noi metode de încercări, în scopul determinării calității materialelor ;
- executarea a peste 60 km de tratamente bituminoase cu agregate naturale anrobate in situ ;
- realizarea a peste 13 km de ranforsări folosind mixtura asfaltică cu execuția la rece ;
- realizarea unui program de calcul "TEHDRUM" în scopul determinării tehnologiei optime din punct de vedere multicriterial, pentru întreținerea drumurilor ;
- elaborarea unei instrucții tehnice departamentale.

În concluzie, autorul afirmă că toate tehnologiile prezentate în teză pot fi aplicate în producție, cu rezultate bune, atât din punct de vedere tehnic, cât și economic, fiind tehnologii economice pentru întreținerea drumurilor, așa cum rezultă și din calculele efectuate de autor.

B I B L I O G R A F I E

- 1) ANDRASIU, M. BACIU, A. ș a. Metode de decizii multicriteriale. București, Editura Tehnică, 1986.
- 2) ANDREI, R. Metode statistice aplicate la drumuri. București, Editura Tehnică, 1983.
3. ARCHINARD, P., LESAGE, J. Les revêtements Routoflex. Une solution économique et sérieuse pour l'entretien des chaussées déjà fatiguées. In "Revue générale des routes et des aérodromes"; nr.574, 1981.
4. BAROUX, R. Evolution récente des matériels de fabrication, de mise en oeuvre et d'entretien des chaussées souples. In "Revue générale des routes et des aérodromes ", nr.568, 1980.
5. BAROUX, R. ș.a. Les routes en R, deux ans après. In "Revue générale des routes et des aérodromes", nr. 594, 1983.
6. BLEEA, N. Metode pentru rezolvarea problemelor de optimizare. Aplicații. București, Editura Didactică și Pedagogică, 1978.
7. BERANGER, J., GUERIN, G. L'enrobé Accorex. In "Revue générale des routes et des aérodromes, nr.576, 1981.
8. BERTHIER, J. Formulation des enduits superficiels. In "Document réalisé et diffusé par SETRA", 1978.
9. BEURAN, MARIA, ILIESCU, M. Unele aspecte privind calculul la oboseală a structurilor rutiere nerigide. In convolutul "A 8-a Conferință Națională de Drumuri și Poduri, cu tema Drumul și energia ", Cluj-Napoca, 1990.
10. BILTU, AURICA. Metode moderne de control a calității lucrărilor de drumuri. Referat pentru doctorat, I.P."T.V." Timișoara, 1980.
11. BILTU, AURICA. Contribuții la studierea și realizarea unor tipuri de mixturi asfaltice pentru îmbrăcăminti bituminoase. Teză de doctorat. Timișoara, 1982.
12. BILTU, AURICA, NICOARA, L. Études sur les variations sous le trafic de quelques caractéristiques des couches bitumineuses. RILEM, Technoinform. Budapest, 1975.

13. BILTIU, AURICA, ș.a. Soluții tehnice pentru repararea îmbrăcămintilor bituminose pe timp de iarnă. In convolutul " A IV-a Sesiune de comunicări științifice a D.R.D.P. Timișoara și Cateara de drumuri și fundații, Timișoara, 1981.
14. BOICU, M. CHIRITESCUL, GH. ș.a. Consumul energetic, criteriu de bază în construcția de drumuri noi și amenajarea celor existente. In convolutul " A 7 -a Con-Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri", Pitești, 1986.
15. BOICU, M. Contribuții la introducerea unor soluții și tehnologii rutiere în condițiile economisirii materialelor energointensive. Teză de doctorat, 1983.
16. BOICU, M. IONESCU, S. ș.a. Tendințe de evoluție a traficului rutier interurban și perspectivele dezvoltării rețelei de drumuri naționale și autostrăzi. In "Buletinul rutier", nr. 2, 1981.
17. BOICU, M. MUNTEANU, V., CEGUS, P. Considerații asupra fundamentării direcțiilor de dezvoltare și întreținere a rețelei de drumuri publice în următorii ani. Studiu, Direcția Drumurilor, M.T.Tc., 1985.
18. BONNOT, J. Le point sur l'évolution des matériaux de chaussées utilisant le bitume. In "Revue générale des routes et des aérodromes", nr. 568, 1980.
19. BURLACU, M., BALCESCU, M. Tehnologii la rece în domeniul întreținerii și renforșării sistemelor rutiere cu materiale bituminose. Rezultate obținute la D.J.D.P. Buzău. In convolutul " A 8-a Conferință Națională de Drumuri și Poduri, cu tema Drumul și energia", Cluj-Napoca, 1980.
20. CERCHEZ, M. DANET, TH. Probleme pentru aplicarea matematicii în practică. Editura didactică și pedagogică, București, 1982.
21. CHIRITESCUL, GH. ș.a. Evoluția transporturilor în R.S.R. și unele țări europene. In convolutul " A 5-a Con-Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri, poduri și căi ferate", Tugnad, 1982.
22. COSTESCU, I. ș.a. Considerații asupra eficienței transporturilor auto în funcție de starea drumurilor. In "Buletinul științific și tehnic" al I.P."T.V.", Timișoara, 1980.

23. COSTESCU, I., LUCACI, GH. ș.a. Considerații asupra realizării unor straturi rutiere cu consum redus de energie. Creația tehnico-științifică, Timișoara, 1984.
24. COSTESCU, I., STELEA, ILEANA, ș.a. Considerații asupra execuției macadamurilor bituminoase la rece. In convolutul " AVVI-a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri", Tugnad, 1982.
25. COSTESCU, I., BELC, F. Preocupări pentru valorificarea materialelor locale și subproduselor industriale în construcția și întreținerea drumurilor. In convolutul " A 8 -a Conferință națională de drumuri și poduri", Cluj - Napoca, 1990.
26. CROMBEZ, A. ș.a. Le répertoire pratique des dégradations des chaussées urbaines. In " Revue générale des routes et des aérodrômes", nr.649, 1988.
27. CUTEANU, E., BELC, F. Microcalculatorul "MIC" în activitatea laboratorului de drumuri. In convolutul "A 7-a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri", Pitești, 1986.
28. DACCHI, N. ș.a. Utilisation de la vibrocompression pour le compactage en laboratoire d'éprouvettes d'enrobés bitumineux. In " Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées", nr. 142, 1986.
29. DANCEA, I. Metode de optimizare. Cluj - Napoca, Editura Dacia, 1976.
30. DELIGNE, P. Les enrobés à chaud, mise en oeuvre. In "Revue générale des routes et des aérodrômes", nr.29, 1981.
31. DELIGNE, P. ș.a. Microbétons bitumineux 0/6 Micronis. In " Revue générale des routes et des aérodrômes", nr. 643, 1987.
32. DELMAS, PH., BLIVET, J.C. Caractéristiques de géotextiles. In "Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées", nr.142, 1986.
33. DELMAS, PH. Le dimensionnement des ouvrages renforcés par géotextiles. In "Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées", nr. 142, 1986.
34. DELMAS, PH. Le fluage des géotextiles. In "Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées", nr.153, 1988.

35. DOROBANTU, S. Drumuri, Calculul și proiectare. București, Editura Tehnică, 1980.
36. DOROBANTU, S. Proiectare, cercetare, construcție drumuri și autostrăzi. In convolutul " A 8 -a Conferință națională de drumuri și poduri" , Cluj - Napoca, 1990.
37. DOROBANTU, S. Tradiție și inovație în școala românească de drumuri. București, Institutul de Construcții, 1983.
38. DOROBANTU, S., PAUCA, C. Traseu și terasamente. Editura didactică și pedagogică, București, 1980.
39. DOROBANTU, S. ș.a. Tehnologia lucrărilor de drumuri, căi ferate, poduri și tuneluri. București, Editura Tehnică, 1980.
40. DOROBANTU, S. Unele aspecte actuale de tehnică rutieră. In convolutul " A 8 -a Conferință națională de drumuri și poduri", Cluj - Napoca, 1990.
41. DOUBRÉRE, J.C. Amenagement et exploitation des routes. Paris, Editions Eyrolles, 1974.
42. DURIEZ, M. și ANRAMBIDE, J. Nouveau traité de matériaux de construction. Paris, Dunod, 1962.
43. DURRIEU, F. Caractérisation des émulsions de bitume pour enduits superficiels. In "Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées", nr.169, 1990.
44. ECKMANN, B. ș.a. Routes souples: matériaux, techniques de construction et caractéristiques de surface. In "Revue générale des routes et des aéro-dromes", nr. 661, 1989.
45. FAURE, M. Compactage par vibration des enrobés pour couche de roulement. In " Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées", nr. 119, 1982.
46. FÉVRE, CLAUDE-PHILIPPE. Chaussées souples. In "Revue générale des routes et des aéro-dromes", nr.650, 1988.
47. FODOR, G. ș.a. Considerații asupra interacțiunii vehicul foarte greu-drum și asupra capacității portante necesare a drumurilor în cazul transporturilor foarte grele. In convolutul "

- "A 7 -a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri", Pitești, 1986.
48. FLORESCU, C. Evoluția organizării, administrării și întreținerii rețelei rutiere naționale din Moldova. In convolutul " A 7 -a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri. Pitești, 1986.
49. FOTESCU, I. Emulsiile bituminoase și utilizarea lor în construcțiile rutiere.București, 1970.
50. FORSSBLAD, LAHS, ș.a. Compactage par vibration de revêtements bitumineux.Stockholm, Dynapac, 1976.
51. GERRITSEN, A.H. ș.a. Comportement à l'orniérage des enrobés bitumineux. Influence de la susceptibilité thermique des bitumes.In " Revue générale des routes et des aérodrômes", nr. 649, 1988.
52. GIGER, j. Evolution sur chantier des liants pour enduits superficiels et tentative de prévision en laboratoire. In "Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées, nr. 119, 1982.
53. GORAEV, V. ș.a. Influența căii de rulare asupra stării tehnice a autovehiculelor.In convolutul " A8-a Conferință națională de drumuri și poduri", Cluj - Napoca, 1990.
54. GRIMAU, J. Les enrobés denses à froid à l'émulsion.In "Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées", special V. Les émulsions de bitume, juin 1984.
55. GUINARD, G. La collecte des enrobés de récupération et leur traitement. In " Revue générale des routes et des aérodrômes, nr. 598, 1983.
56. GUGIUMAN, GH. ș.a. Imbrăcămintă bituminoasă armată.In convolutul " A 7 -a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri", Pitești, 1986.
57. GUGIUMAN, GH. ș.a. Propuneri de asimilare pentru metode de stabilire în laborator a caracteristicilor fizico -mecanice ale mixturilor asfaltice. In convolutul " A 8-a Conferință națională de drumuri și poduri, Cluj - Napoca, 1990.

58. HAAS, R. Les effets à long terme des décisions d'investissement dans les revêtements routiers. In "Revue générale des routes et des aérodrômes", nr.612, 1984.
59. HUTULEAC, C. Proiect de organizare privind menținerea stării de viabilitate a drumurilor publice pe baza consumului minim de energie în construcții și exploatare auto. IPTANA București, 1980.
60. IONESCU, N. ș. a. Eficiența depistării traficului greu cu ajutorul stațiilor de cântărire. In convolutul "A 8-a Conferință națională de drumuri și poduri", Cluj-Napoca, 1990.
61. IOSIFESCU, M., MOINEAGU, C. ș.a. Mică enciclopedie de statistică. București, Editura științifică și enciclopedică, 1985.
62. ISAIC, MANIU, A. În căutarea optimului. București, Editura Albatros, 1985.
63. JEUFFROY, G. Conception et construction des chaussées. Paris, Editions Eyrolles, 1983.
64. JEUFFROY, G. et SAUTEREL, R. Contrôles de qualité en construction routière. Paris, Presse de l'école nationale des ponts et chaussées, 1987.
65. JEUFFROY, G. Ecoroute, un nouveau logiciel de calcul des structures de chaussées. In "Revue générale des routes et des aérodrômes", nr.649, 1988.
66. KNOLL, E., HEIDE, W. Utilisation à froid de matériaux bitumineux fraisés non traités. In "Revue générale des routes et des aérodrômes", nr.604, 1984.
67. KENNEDY, C.K. Equipment for assessing the structural strength of road pavements. Simpozion internațional asupra capacității portante a drumurilor și pistelor de aeroport, Norvegia, 1982.
68. LAFOU, J.F. Enrobés à froid traités à l'émulsion de bitume. In "Bulletin de liaisons des laboratoires des ponts et chaussées", nr.136, 1985.
69. LANGUMIER, G. Enrobés spéciaux. Pourquoi et comment? In "Revue générale des routes et des aérodrômes", nr. 572, 1981.
70. LANGUMIER, G. Réflexions sur l'entretien des chaussées. Colas, Paris, 1985.

71. LASSALLE, R. Enrobés spéciaux à usages divers. In "Revue générale des routes et des aérodromes", nr.32, 1981.
72. LASSALLE, R. Liants et enrobés spéciaux. In "Revue générale des routes et des aérodromes.
74. LE DUFF, M. Etude de fonctionnement d'une rampe de répandage de liant à l'aide d'un modele numerique. In "Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées, Paris , 1984.
75. LE DUFF, M. Enduits superficiels à structure variable transversalement. In "Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et Chaussées, n3. 132, 1984.
76. LE DUFF, M. Enduits superficiels à structure "monochauche inversé gravillone". Type G.L., In " Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussees", nr. 142., 1986.
77. LE DUFF, M. Enduits superficiels .Evelution et évolution des matériels. In " Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées," nr. 143, 1986.
78. LÉVÉQUE, J. L'émulsion routiere de bitume, source d'economies et facteur de developpement. In "Bulletin International d'information et de liaison de l'ISTED", nr. 44-45, 1991.
79. LÉVÉQUE, J. Réflexions sur la mesure de la viscosité des émulsions. In "Revue générale des routes et des aérodromes", nr. 653, 1988.
80. LUCACI, GH. s.a. Asupra eficienței economice a tratamente-lor bituminoase. In convolutul "A 7-a Conferință-tuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri", Pitești, 1986.
81. LUCACI, GH. Contribuții la studiul și realizarea unor tipuri de mixturi asfaltice și imbrăcăminți bituminoase cu consum redus de energie." Teză de doctorat, 1986.
82. LUCACI, GH. PASCA, I. Studiul cauzelor apariției unor defecțiuni pe drumul național Timișoara-Arad și propuneri pentru prevenire și remediere. In convolutul "Comportarea in situ a construcțiilor", Constanța, 1986.



83. LUCACI, GH. Studiul compactării straturilor rutiere. Referat de doctorat, I.P. "Traian Vuia" Timișoara, 1980.
84. MAIGNAUT, J.L. Les enrobés à froid. In "Revue générale des routes et des aérodromes", nr.644, 1987.
85. MALBRUNOT, P. ș.a. Le matériel de construction des chaussées. In "Revue générale des routes et des aérodromes", nr.197, 1972.
86. MALBRUNOT, P. Sécurité et transport routier. In "Revue générale des routes et des aérodromes", nr. 656, 1988.
87. MANDAGASAN, B. ș.a. Méthode de projet autoroutier et routier en conception assistée par ordinateur. In "Revue générale des routes et des aérodromes", nr.649, 1988.
88. MARTINEAU, Y. Influence des conditions de fabrication et de mise en œuvre des enrobés. In "Revue générale des routes et des aérodromes", nr.612, 1984.
89. MARTINEAU, Y. Le point de vue de l'entreprise sur le matériel utilisé en construction autoroutière. In "Revue générale des routes et des aérodromes", nr. 669, 1981.
90. MARSAC, P. Mesure de la macrotecture de chaussées. In "Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées", nr. 140, 1985.
91. MARSOT, A. Utilisation de granulats non traditionnels. In "Revue générale des routes et des aérodromes", nr.615, 1985.
92. MARTIN, J. Les enduits superficiels. In "Revue générale des routes et des aérodromes", nr.568, 1980.
93. MANESCU, M. ș.a. Metode matematice moderne aplicate în organizarea și planificarea lucrărilor de construcții, București, Editura Academiei R.S.R., 1980.
94. MELCHIOR, A. De bonnes routes pas chères ou de mauvaises routes coûteuses. In "Revue générale des routes et des aérodromes", nr.612, 1984.
95. MESNIL, de ADELÉE, M. ș.a. Traitement automatique des résultats de mesure en continu. Application aux mesures de déflexion. In "Bulletin de liaison des

96. laboratoires et des ponts et chaussées", nr.130, 1984.
96. MONTI, O.A. Importance des revêtements modernes et aspects économiques déterminants. In "Revue générale des routes et des aérodromes", nr.675, 1990.
97. MUNTEANU, V. Calitatea biturilor și a mixturilor asfaltice. Referat teză de doctorat, I.P."Traian Vuia" Timișoara, 1982.
- 98) MUNTEANU, V. Considerații asupra construcției și întreținerii drumurilor, în contextul crizei mondiale de energie. Referat de teză, Timișoara, 1981.
99. MUNTEANU, V. Unele probleme de geometrie și optică în practica semnalizării rutiere. In " Buletin rutier", nr.2, 1977.
100. MUSTEATA, A. ș.a. Tehnologia de execuție a tratamentelor de regenerare folosind bitumul fluxat și criblurile preanrobate. In convolutul "A 8-a Conferință națională de drumuri și poduri", Cluj -Napoca, 1990.
101. Nanu, C., DAS, D. ș.a. Noi utilaje și dispozitive utilizate la executarea lucrărilor de întreținere a drumurilor în cadrul D.R.D.P. Timișoara. In convolutul "A 8-a Conferință națională de drumuri și poduri", Cluj - Napoca, 1990.
102. NICOARA, L. și STELEA, L. Comportarea în exploatare a tratamentelor bituminoase. In convolutul "Comportarea în situ a construcțiilor", Arad, 1988.
103. NICOARA, L. și STELEA, L. Considerații privind producerea mixturilor asfaltice la rece utilizând emulsia bituminoasă cationică cu rupere lentă. In convolutul " A 7-a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri", Pitești, 1986.
104. NICOARA, L., BOICU, M. ș.a. Construcția și întreținerea drumurilor. In "Raportul național la al XVII -lea Congres mondial de drumuri", Sydnei, 1983.
105. NICOARA, L., FODOR, GEORGETA, ș.a. Cunoașterea stării tehnice a drumului, necesitate eficientă pentru întreținerea eficientă și economică a acestuia. Simpozionul Academiei R.S.R. Timișoara, 1986.

106. NICOARA, L. Curs de proiectarea și construcția drumurilor. Tehnologii neconvenționale. Institutul Politehnic "Traian Vuia" Timișoara, 1988.
107. NICOARA, L. și LUCACI, GH. Curs. Trafic și autostrăzi. Institutul Politehnic "Traian Vuia" Timișoara, 1988.
108. NICOARA, L. și BILTIU, AURICA. Imbrăcăminți rutiere moderne. București, Editura Tehnică, 1983.
109. NICOARA, L., PAUNESCU, M.ș.a. Îndrumătorul laboratorului de drumuri. București, Editura Tehnică, 1985.
110. NICOARA, L. Intrținere, exploatare drumuri și autostrăzi. În convolutul "A 8-a Conferință Națională de drumuri și poduri", Cluj - Napoca, 1990.
111. NICOARA, L., STELEA, L. ș a. Mixturi asfaltice la rece. Sesiunea de comunicări științifice studentești, Timișoara, 1987.
112. NICOARA, L., SCHEIN, T., COSTESCU, I., STELEA, L. Observații și propuneri privind îmbunătățirea stării de viabilitate a drumurilor din pământ și a drumurilor pietruite. În convolutul "A 7 -a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri", Pitești, 1980.
113. NICOARA, L., BOICU, M., STELEA, L. Preocupări pentru introducerea unor tehnologii rutiere ce se realizează cu consumuri reduse de energie. În revista "P=tița", Bulgaria, 1986.
114. NICOARA, L. Preocupări pentru realizarea unor tehnologii eficiente construcției și întreținerii drumurilor publice. Referat prezentat în cadrul Academiei Române, Timișoara, 1987.
115. NICOARA, L. ș.a. Proiectarea și construcția drumurilor, vol. II, Tehnologii neconvenționale. Timișoara, I.P. "Traian Vuia", 1987.
116. NICOARA, L. Relul factorilor economici în proiectarea, construcția și întreținerea drumurilor. Timișoara, 1980.
117. NICOARA, L., ZAROJANU, H. ș.a. Sporirea eficienței și calității lucrărilor de întreținere și construcție a drumurilor și podurilor. În "A 6-a Consfătuire a

- specialiștilor de drumuri din OCCF", Brăno, 1988.
118. NICOARA, L., STELEA, L. ș.a. Tehnologii energointensive pentru construcția și întreținerea drumurilor. Actualități în construcții, București, Academia R.S.R., 1987.
119. NICOLAU, M. și IONESCU SOITARIU, D. Considerații privind realizarea băncii centrale de date tehnice rutiere. În convolutul "A 8-a Conferință națională de drumuri și poduri", Cluj - Napoca, 1990.
120. NICOLAU, M. ș.a. Metodologia de determinare a încadrării drumurilor tehnologice în categorii pentru calculul consumurilor de combustibili și lubrifianti. În convolutul "A 8 -a Conferință națională de drumuri și poduri", Cluj - Napoca, 1990.
- 121) NITU, I. și SULIGA, MARIA. Tehnologii rutiere noi în vederea economisirii materialelor energointensive. În convolutul "A 7-a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri", Pitești, 1986.
122. OURADOU, R. Politique de qualité des granulats. În "Revue générale des routes et des aérodrômes", nr. 644, 1987.
123. PACCOUD, G. Chaussées souples à aménagement progressif. În "Revue générale des routes et des aérodrômes", nr. 630, 1986.
124. PELLE VOISIN, R. Chauffage par micro-ondes et petit entretien routier. În "Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées", nr. 138, 1985.
125. PEYRONNE, C. și CARORF, G. Dimensionnement des chaussées. Presses de l'École "ationale des Ponts et Chaussées. Paris, 1984.
126. POPA, P. ș.a. Decizia multicriterială, metodă simplă cu contribuții importante la creșterea eficienței economice a activității întreprinderilor de construcții din domeniul drumurilor. În convolutul "A 8-a Conferință națională de drumuri și poduri", Cluj -Napoca, 1990.

127. POUPINEL, J.F. Qualité et service aux usagers In "Revue générale des routes et des aérodromes", n<sup>o</sup>. 665, 1989.
128. PRUDHOMME, F. Structures tout bitume, réseau Cofiroute. In "Revue générale des routes et des aérodromes", nr. 630, 1986.
129. RAFIROIU, M. Modele ale cercetării operaționale aplicate în construcții. București, Editura Tehnică, 1980.
130. RAFIROIU, M. Modele de simulare în construcții. Timișoara, Editura Facla, 1982.
131. REMILLON, A. Techniques d'entretien et de remise en État. In "Revue générale des routes et des aérodromes", 1986, nr. 631.
132. REQUIRAND, R. ș.a. Enduits superficiels sur géotextile. In "Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées", nr. 166, 1990.
133. RODE, F. Durabilité des couches d'usure. In "Revue générale des routes et des aérodromes", nr. 612, 1984.
134. SAINTON, A. Les aspects techniques des enrobés drainants au bitume caoutchouc Flexachape. Procédé Drainochape. In "Revue générale des routes et des aérodromes", nr. 618, 1985.
135. SAUTEREY, R. ș.a. Caracteristicile geometrice ale drumurilor și economiile de energie. In "Travaux" nr. 550, 1980.
136. SAUTEREY, R. Efficacité et recherche routière. In "Revue générale des routes et des aérodromes", nr. 619, 1985.
137. SIMEONOV, S. Aspects de la sécurité au cours de la construction et de l'exploitation de la TEM. In "Revue générale des routes et des aérodromes", nr. 632, 1986.
138. SBIRNEA, E. și ș.a. Considerații privind asigurarea și urmărirea calității lucrărilor de tratamente bituminose. In convelutul " A 8-a Conferință națională de drumuri și poduri", Cluj-Napoca, 1990.
139. SBIRNEA, E. și ANDREI, R. Sistematizarea procedeelor de

- control la fabricarea și punerea în operă a amestecurilor asfaltice pentru drumuri. În  
convolutul " A 7-a Consfătuire pe țară a  
lucrătorilor de drumuri și poduri", Pitești,  
 1986.
140. SPIREA, E. și SUCIU, D. Cu privire la stadiul circulației  
rutiere pe rețeaua semnificativă de dru-  
muri din România. În convolutul " A 8-a Con-  
ferință națională de drumuri și poduri",  
 Cluj - Napoca, 1990.
141. STARK, M.R., NICHOLLS, L.R. Mathematical Foundation for  
Design Civil Engineering Systems. Editura  
 Mc Graw-Hill, New - York, SUA, 1982.
142. STALNICEANU, C. și LUPU, M. Procedeu pentru stabilirea du-  
ratei optime de malaxare la fabricarea mix-  
turilor asfaltice. În convolutul " A 8-a  
 Conferință națională de drumuri și poduri",  
 Cluj - Napoca, 1990.
143. STELEA, L. și DEE, V. Aspecte privind executarea de trata-  
mente bituminoase pentru întreținerea dru-  
murilor moderne. În convolutul " A 6-a Cons-  
 fătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri,  
 poduri și căi ferate", Tugnad, 1982.
144. STELEA, L. Comportarea în exploatare a îmbrăcămintelor  
bituminoase executate cu amestecuri asfaltice  
realizate la rece. În convolutul " Comporta-  
 rea în situ a construcțiilor", Arad,  
 1988.
145. STELEA, L. Considerații asupra comportării în exploatare  
a amestecurilor asfaltice cu execuția la rece.  
 În convolutul "Soluții eficiente în construc-  
 ția și întreținerea drumurilor, podurilor,  
 și căilor ferate", Cluj- Napoca, 1987.
146. STELEA, L. Considerații asupra comportării în exploa-  
tare a tratamentelor bituminoase. În convo-  
 lutul: "Comportarea în situ a construcțiilor",  
 Piatra Neamț, 1984.
147. STELEA, L. Considerații asupra execuției și comportării  
în exploatare a tratamentelor bituminoase.

148. In convolutul : "Conferința I.R.F.", Sofia, 1982.
- 148) STELEA, L. și MARCU, P. Eficiența economică a întreținerii drumurilor. Simpozion la Baza Academiei, Timișoara, 1986.
149. STELEA, L. ș.a. Instalație pentru producerea mixturilor asfaltice la rece. București, brevet OSIM, 93 981/1985.
150. STELEA, L., COBZARIU, C. și BRÂNZAN, GH. Măsurile experimentale sau adaptate în cadrul D.R.D.P. Timișoara, în scopul creșterii gradului de siguranță al circulației rutiere. In convolutul: "A 7-a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri", Pitești, 1986.
151. STELEA, L. ș.a. Observații privind lucrările de tratamente bituminoase executate în diverse soluții și referiri la consumurile energetice. In convolutul: "A 7-a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri", Pitești, 1986.
- 152) STELEA, L. Observații asupra tehnologiei de preparare, execuția și comportare în exploatare a mixturilor asfaltice la rece. In convolutul : "Noi tehnologii rutiere pentru reducerea consumurilor de materiale, energie și combustibili, Timișoara, 1988.
- 153.) STELEA, L. ș.a. Preocupări pentru diversificarea emulsiei bituminoase la lucrările de drumuri. In convolutul: "A 7-a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri", Pitești, 1986.
154. STELEA, L. ș.a. Soluții eficiente privind execuția tratamentelor bituminoase pentru mărirea gradului de siguranță a drumurilor moderne. In convolutul: "Soluții eficiente în construcția și întreținerea drumurilor, podurilor și căilor ferate", Cluj Napcea, 1987.
155. STELEA, L. Studiul optimizării necesității întreținerii drumurilor în funcție de îmbunătățirea condițiilor de viață, a creșterii traficului greu și asigurarea resurselor existente. Referat doctorat, timișoara, 1990.

- 156.) STELEA, L., BELC, F., BAILLESCU, D. Tratamente bituminoase armate cu geotextile.In convolutul: "A 8-a Conferință națională de drumuri și poduri", Cluj-Napoca, 1990.
157. TAUTU, N. ș.a. Administrația rutieră optimizată în cadrul DDP Iași.In convolutul: "A 8-a Conferință națională de drumuri și poduri", Cluj-Napoca, 1990.
158. TAUTU, N. ș.a. Lărgirea bazei lianților pentru lucrările de drumuri.In convolutul: "A 7-a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri", Pitești, 1986.
159. TAUTU, N. ș.a. Preocupări privind adaptarea și îmbunătățirea unor instalații și echipamente.In convolutul: "A 7-a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri", Pitești, 1986.
160. TAUTU, N. ș.a. Tehnologia de execuție a tratamentelor de regenerare folosind bitum spumat.In convolutul: "A-8 -a Conferință națională de drumuri și poduri", Cluj-Napoca, 1990.
161. TOVISSI, L., VODAȘ V. Metode statistice. Aplicații în producție.București, Editura Științifică și Enciclopedică, 1982.
162. VANISCOTE, J.C. Enduits superficiels: synthèse des constatation sur planches expérimentales. In "Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées", nr. 119, 1982.
163. VAUTRIN, J.C., RAY, N. Recommandation sur les chaussées semi-rigides.In "Revue générale des routes et des aérodromes", nr.632, 1986.
- 164.) VELLUET, P. Etudes d'entretien sur routes nationales.In "Revue générale des routes et des aérodromes", nr. 674, 1990.
165. VIVIER, H., DEQUINES, J.P. Les enrobés à haut module. In "Revue générale des routes et des aérodromes", nr.632, 1986.
166. YOTIS, A. ș.a. L'étude et la construction des chaussées en béton pour le TEM.In "Revue générale des routes et des aérodromes", nr.632, 1986.



167. ZARNOCH, W. ș.a. Critères techniques d'étude et de construction des chaussées souples pour la TEM. In "Revue générale des routes et des aérodromes", nr.652, 1986.
168. ZAROJANU, H. Drumuri. Suprastructura. Iași, Institutul Politehnic "Gheorghe Asachi", 1974.
- 169.) ZAROJANU, H. ș.a. Echivalarea în trafic rutier în cale curentă a traficului rutier simulat pe pista inelară a stației de cercetare-I.F. Iași. In convolutul: "A-7- a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri", Pitești, 1986.
- 170.) ZAROJANU, H. ș.a. Stația de încercări rutiere a Institutului Politehnic Iași. In convolutul: " A 7-a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri", Pitești, 1986.
171. x<sup>x</sup> x Anuarul statistic al Republicii România. Direcția generală de Statistică bucurești, 1988.
172. x<sup>x</sup>x Autoroute Trans-Européenne Nord-Sud (TEM). Norme et procédures recommandées, 1981.
173. x<sup>x</sup> x A kationektév bitumenemilzió útépítésben történc alkalmezására. Budapesta, 1981.
174. x<sup>x</sup> x Colloque sur la route et l'énergie. Construction et entretien. Paris, Association Technique de la Route, 1981.
- 175, x<sup>x</sup> x Construction et entretien des chaussées souples. Question II. In "Al XVIII<sup>e</sup> Congrès Mondial de la Route. Bruxelles, 1987", Paris, 1987.
176. x<sup>x</sup> x Construction et entretien des chaussées rigides. Question III. In "Raport général la al XVIII<sup>e</sup> Congrès mondial de la Route". Bruxelles, 1987.
177. x<sup>x</sup> x Emulsii bituminosase anionice cu rupere lentă, pentru hidroizolații. STAS 11 342-79.
178. x<sup>x</sup> x Emulsii bituminosase cationice cu rupere rapidă pentru lucrările de drumuri. STAS 8 877-72.
179. x<sup>x</sup> x Entretien préventif de réseau routier national.

- Paris. Ministère des transports. Direction des routes, 1984.
180. x<sup>x</sup>x Fédération routière internationale I.R.F. Statistique Routières Mondiales 1981...1985. Edition 1985, C.N.-Genève, 1 202.03, rue de Lausanne.
181. x<sup>x</sup>x Instrucțiuni tehnice departamentale privind determinarea stării tehnice a drumurilor moderne. I.C.P.T.Tc., București, 1989.
182. x<sup>x</sup>x Instrucțiuni tehnice departamentale pentru prevenirea și remedierea derecțiilor la îmbrăcămînșilor rutiere moderne, Indicativ CD 98-86 aprobate de MTTc cu ordinul nr. 1 546/9 august 1985.
183. x<sup>x</sup>x Instrucțiuni tehnice departamentale pentru realizarea de straturi bituminoase executate cu mixtură asfaltică preparată la rece cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă, Timișoara, indicativ D,D. 512/1990.
184. x<sup>x</sup>x Le savoir-faire français en matière d'émulsions de bitume. Paris, Institut des Sciences et des Techniques de l'Équipement et de l'environnement pour le Développement, 1989.
185. x<sup>x</sup>x Liants routiers et économies d'énergie. Paris, OCDE, 1984.
186. x<sup>x</sup>x Legea drumurilor nr.13/1974. Buletinul Oficial al R.S.România, București, 1974.
187. x<sup>x</sup>x Les émulsions de bitume et leurs techniques d'application. Paris, Dunod, 1966.
188. x<sup>x</sup>x Orientările administrației drumurilor și perspectivele privind construcția și întreținerea drumurilor în cincinalul 1986-1990. Direcția Drumurilor București, 1985.
189. x<sup>x</sup>x Système de gestion des chaussées. Rapport réalisé par un groupe d'experts scientifiques de L'OCDE, Paris, 1987.
190. x<sup>x</sup>x Soluții tehnice normate. Construcții de drumuri și căi ferate. In "Buletinul construcțiilor", vol. 9, București, 1988.

A N E X E

## ANEXA 3.1.

Calculul consumului de carburant și energie la  
fabricarea emulsiei bituminoase cationice.

Faza de lucru	Motorină L/t	Energie electrică kWh/t
Incălzirea și transportul bitumului prin conducte	4,0	3,6
Incălzirea și circulația apei și a so- luției acide	1,6	1,2
Incălzirea și circulația emulgatorului	0,5	0,24
Transportul acidului	-	0,48
Prepararea soluției acide	-	0,12
Manevrarea emulsiei bituminoase de la moară la depozit	-	1,05
Incărcarea emulsiei bituminoase în mijloace de transport	-	1,05
<b>Total</b>	<b>6,1</b>	<b>7,74</b>

$$6,1 \text{ L/t} \times 0,85 \text{ kg/L} \times 1,450 \text{ kgcc/kg} = 7,52 \text{ kgcc/t.}$$

$$1 \text{ kWh} = 0,356 \text{ kgcc.}$$

$$7,74 \text{ kWh/t} = 2,75 \text{ kgcc/t}$$

$$1 \text{ kg bitum} = 1,750 \text{ kgcc.}$$

Pentru prepararea unei tone de emulsie bituminoasă ca-  
tionică, consumul energetic este :

$$7,52 \text{ kgcc/t} + 2,75 \text{ kgcc/t} = 10,27 \text{ kgcc/t.}$$

Tinând seama că bitumul are un conținut energetic de  
1 750 kgcc/t, rezultă că pentru o tonă de emulsie bituminoasă  
cationică cu un conținut de 60 % bitum, consumul energetic  
este :

$$1 \text{ 750 kgcc} \times 0,6 = 1 \text{ 050 kgcc}$$

$10,27 \text{ kgcc} + 1 \text{ 050 kgcc} = 1 \text{ 060,27 kgcc} - 1 \text{ 60 kgcc/t}$   
de emulsie bituminoasă.

Calculul consumului energetic la tratamentele  
Bituminoase.

1. Tratamente bituminoase simple.

1.1. Tratamente bituminoase simple cu execuția la rece.

Materiale :

- criblură 8...16 mm :

$$(13...16 \text{ kg/m}^2) \times 8 \text{ kgcc/t} = 0,1 \text{ kgcc/m}^2 ;$$

- emulsie bituminoasă:

$$(1,4...1,6 \text{ kg/m}^2) \times 1060 \text{ kgcc/t} = 1,6 \text{ kgcc/m}^2.$$

Total = 1,7 kgcc/m<sup>2</sup>

Utilaje :

- compactor cu ruloari :

$$41 \text{ CP} \times 0,735 \text{ kW/CP} \times 0,001 \text{ h/m}^2 \times 0,356 \text{ kgcc} = 0,01 \text{ kgcc/m}^2 ;$$

- compactor pe pneuri :

$$45 \text{ CP} \times 0,735 \text{ kW/CP} \times 0,001 \text{ h/m}^2 \times 0,356 \text{ kgcc} = 0,01 \text{ kgcc/m}^2 ;$$

- autostropitor de emulsie :

$$115 \text{ CP} \times 0,735 \text{ kW/CP} \times 0,001 \text{ h/m}^2 \times 0,356 \text{ kgcc} = 0,03 \text{ kgcc/m}^2 ;$$

- tractor cu perie mecanică :

$$65 \text{ CP} \times 0,735 \text{ kW/CP} \times 0,001 \text{ h/m}^2 \times 0,356 \text{ kgcc} = 0,02 \text{ kgcc/m}^2 ;$$

- autobasculante :

$$215 \text{ CP} \times 0,735 \text{ kW/CP} \times 0,001 \text{ h/m}^2 \times 0,356 \text{ kgcc} = 0,05 \text{ kgcc/m}^2 ;$$

Total : 0,12 kgcc/m<sup>2</sup>

Transportul emulsiei bituminoase :

$$(40 \text{ km} \times 35 \text{ L/100 km}) \times 2 \times 0,85 \text{ kg/L} \times 1450 \text{ kgcc/t} = 34,5 \text{ kgcc}$$

$$34,5 \text{ kgcc} \times \frac{1,5 \text{ kg/m}^2}{8} = \underline{0,006 \text{ kgcc/m}^2}.$$

Transportul criblurii:

$$(40 \text{ km} \times 35 \text{ L/100 km}) \times 2 \times 0,85 \text{ kg/L} \times 8 \text{ kgcc/t} = 190,4 \text{ kgcc}$$

$$190,4 \text{ kgcc} \times \frac{16 \text{ kg/m}^2}{6,5} = \underline{0,47 \text{ kgcc/m}^2}$$

Pentru execuția unui m<sup>2</sup> de tratament bituminos la rece, simplu se consumă :

$$1,7 \text{ kgcc/m}^2 + 0,12 \text{ kgcc/m}^2 + 0,006 \text{ kgcc/m}^2 + 0,47 \text{ kgcc/m}^2 = \\ = \underline{2,29 \text{ kgcc/m}^2}.$$

1.2. Tratamente bituminos simple cu execuția la cald.

Materiale :

- eribluță 8...16 mm :

$$(13...16 \text{ kg/m}^2) \times 8 \text{ kgcc/t} = 0,1 \text{ kgcc/m}^2 ;$$

- bitum :

$$0,9 \text{ kg/m}^2 \times 1\,750 \text{ kgcc/t} = 1,57 \text{ kgcc/m}^2 .$$

$$\underline{\text{Total : } 1,67 \text{ kgcc/m}^2}$$

Consumul de combustibil pentru încălzirea bitumului :

11,25 t motorină la 1 000 t mixtură ;

30 % necesar motorină pentru încălzirea bitumului ;

11,25 t x 0,3 = 3,375 t motorină/60 t bitum, capacitate rezervor ;

Rezultă 56,25 kg motorină pentru încălzirea unei tone de bitum.

$$56,25 \text{ kg} \times 1\,450 \text{ kgcc/t} = 81,56 \text{ kgcc/t}.$$

$$81,56 \text{ kgcc/t} : \frac{1}{0,9} \text{ t/kg/m}^2 = \underline{0,7 \text{ kgcc/m}^2}$$

Utilajele și transportul au un consum energetic similar ca la punctul 1.1.

La execuția unui m<sup>2</sup> de tratament bituminos simplu la cald consumul energetic este :

$$1,67 \text{ kgcc/m}^2 + 0,7 \text{ kgcc/m}^2 + 0,12 \text{ kgcc/m}^2 + 0,006 \text{ kgcc/m}^2 + \\ + 0,47 \text{ kgcc/m}^2 = \underline{2,96 \text{ kgcc/m}^2}.$$

2. Tratamente bituminos duble.

2.1. Tratamente bituminos duble cu execuția la rece.

Materiale :

- pentru primul strat :

. emulsie bituminosă :

$$(1,2...1,4 \text{ kg/m}^2) \times 1\,060 \text{ kgcc/t} = 1,4 \text{ kgcc/m}^2 ;$$

- criblură 8...16 mm:
- ( 13...15 kg/m<sup>2</sup> ) x 8 kgcc/m<sup>2</sup> = 0,1 kgcc/m<sup>2</sup>

Total : 1,5 kgcc/m<sup>2</sup>

- pentru al doilea strat :

- emulsie bituminoasă:

( 1,4...1,6 kg/m<sup>2</sup> ) x 1 060 kgcc/m<sup>2</sup> = 1,6 kg/m<sup>2</sup> ;

- criblură 3...8 mm :

( 9...10 kg/m<sup>2</sup> ) x 8 kgcc/m<sup>2</sup> = 0,08 kgcc/m<sup>2</sup> ;

Total = 1,68 kgcc/m<sup>2</sup>

Consumul energetic pentru transportul emulsiei bituminoase și cel al utilajelor folosite la execuția tratamentelor bituminoase duble este ca și la punctul 1.1., rezultând :

- utilaje : 0,24 kgcc/m<sup>2</sup> ;

- transport : 0,73 kgcc/m<sup>2</sup>.

Din cele de mai sus rezultă că, pentru execuția unui m<sup>2</sup> de tratament bituminos dublu cu execuția la rece se consumă 4,15 kgcc/m<sup>2</sup>.

## 2.2. Tratamente bituminoase duble cu execuție la cald

- pentru primul strat :

- bitum :

0,9 kg/m<sup>2</sup> x 1 750 kgcc/t = 1,57 kgcc/m<sup>2</sup> ;

- criblură 8...16 mm :

( 13...15 kg/m<sup>2</sup> ) x 8 kgcc/t = 0,1 kgcc/m<sup>2</sup> ;

Total = 1,67 kgcc/m<sup>2</sup>.

- pentru al doilea strat :

- bitum :

1,1 kg/m<sup>2</sup> x 1 750 kgcc/t = 1,9 kgcc/m<sup>2</sup> ;

- criblură 3...8 mm :

( 9...10 kg/m<sup>2</sup> ) x 8 kgcc/t = 0,08 kgcc/m<sup>2</sup>

Total = 1,98 kgcc/m<sup>2</sup>

Consumul decombustibili pentru încălzirea bitumului se calculează la fel ca la punctul 1.2., rezultând un consum energetic de 1,4 kgcc/m<sup>2</sup>.

Consumul energetic pentru transportul bitumului și cel al utilajelor participante la realizarea tratamentelor bituminoase duble cu execuția la cald este calculat ca la punctul

1.1., rezultând următorul consum energetic :

- utilaje :  $0,24 \text{ kgcc/m}^2$  ;
- transport :  $0,75 \text{ kgcc/m}^2$ .

Din cele prezentate mai sus rezultă că, pentru execuția unui  $\text{m}^2$  de tratament bituminos dublu cu execuția la cald se consumă în total  $9,20 \text{ kgcc/m}^2$ .

### 3. Tratamente bituminoase cu agregate naturale anrobate in situ la rece, Trabinsit.

Tinând cont de procesul tehnologic de execuție a tratamentelor bituminoase cu agregate naturale anrobate in situ, la rece, precum și de calculele anterioare, rezultă următorul consum energetic :

- agregate naturale :  $0,2 \text{ kgcc/m}^2$  ;
- emulsie bituminoasă :  $1,6 \text{ kgcc/m}^2$  ;
- utilaje :  $0,24 \text{ kgcc/m}^2$  ;
- transport :  $0,75 \text{ kgcc/m}^2$  ;

Total :  $2,77 \text{ kgcc/m}^2$

Din datele obținute rezultă că tratamentele bituminoase de tipul Trabinsit au un consum energetic mai mic decât tratamentele bituminoase duble.



**BILANT ENERGETIC COMPARATIV**  
 privind tehnologia de preparare la rece a mixturilor asfaltice în  
 instalația LPX modificată.

tonă mixtură

Denumirea operației	la rece		la cald		Energie consumată		la cald motori no kg kWh	total kgcc	total kgcc
	kg	e.e. kWh	kg	e.e. kWh	kgcc	kgcc			
<b>1. Pregătirea fabricației</b>									
1.1. Manipulare agregate cu bul- dozer pe senile ( DZ 09 B )			0,06		0,087	0,06			0,087
1.2. Încălzirea materialelor în predozatoare cu autoîncălzire cătorul de 1,25 m <sup>2</sup> (DZ 09 B)			0,27		0,293	0,27			0,291
<b>2. Fabricația</b>									
2.1.									
2.1.1. Incălzire bitum în botal și în tancuri cu ulei (DZ 09 B) 15,52 kg motorină/t.						15,52			15,52
2.2. Manipulare emulsie bitumi- noasă cu pompa. 0,04 h/t . 7,5 kW/h = 0,3 kW.									
2.2. Manipulare bitum cu pompa. 3 buc. x 0,04 h/t . 7,5 kW/h = 0,3 kW.					0,3			0,107	0,320
2.3. Manipularea apei cu pompa. 0,04 h/t . 7,5 kW/h = 0,3 kW.					0,3			0,107	
2.4. Dozarea materialelor cu predozatorul și dozatorul. 0,04 h/t . 2 buc . 5,5 kW/h = 0,44 kt. 0,04 h/t . 4buc . 1,5 kW/h = 0,24 kt.									
2.4.1. Item ca la rece					0,68			0,242	0,68
2.4.2. Item ca la rece									0,242
2.4.3. Item ca la rece									0,242
2.4.4. Item ca la rece									0,242

Anexa 4.1.

	1	2	3	4	5	6	7
2.5. Transport agregate la malaxor, cu bensi. 0,04 h/t .1 buc .3 kW/h = 0,12 kW.	2.5. Transport agregate la malaxor. 0,04 h/t .3 kW/h=0,12 kW.	-	0,12	0,048	-	0,12	0,042
2.6.	2.6. Uscarea agregatelor cu uscător și ventilator. 0,4 h/tr(18,5 kW/h+11 kW/h) = 11,8 kW.	-	-	-	-	11,8	4,20
2.7. Preparare mixtură asfaltică în malaxor. 0,04 h/t x18,5 kW/hx2 = 1,48 kW. Energie necesară pentru preparare emulației bituminose: 2,46 kg.0,428 = 1,05 kgcc. 3,01 kg. motorină .1,45 = 4,36 kgcc. 4,81 kWh .0,356 = 1,71 kgcc 0,527 kgcc+7,12 kgcc = 7,647 kgcc.	2.7. preparare mixtură asfaltică în malaxor. 0,04 h/t x18,5 kW/h x2 = 1,48 kW.	-	1,48	7,647	-	1,48	0,527
2.8. Depozitare mixtură asfaltică 0,04 h/t x7,5 kW/h = 0,3 kW.	2.8. Idem ca la rece	-	0,3	0,107	-	0,3	0,107
<b>3. Transport</b>							
3.1. Transport mixtură asfaltică. 2 x20 km x0,78 L/km x0,85 kg/L:6,5 t = 1,46 kg.	3.1. Idem ca la rece	1,46	-	2,262	1,46	-	2,262
<b>4. Punere în operă</b>							
4.1. Curățirea mecanică cu mătura pe tractor și autocisternă. 2 x0,0003 h/m <sup>2</sup> x4,9 L/h x0,85 kg/L = 0,022 kg.	4.1. Idem ca la rece	0,02	-	0,022	0,02	-	0,022
4.2. Amorsare cu emulsie bitumi- noasă. 0,053 h/100 m <sup>2</sup> x10 m <sup>2</sup> /t x10 L/h x x0,85 kg/L = 0,045 kg.	4.2. Idem ca la rece	0,05	-	0,072	0,05	-	0,072

0	1	2	3	4	5	6	7
4.3. Așternere mixtură asfaltică cu repartizatorul finisor S 400. 0,044 h/t x 7,29 L/h x 0,85 kg/L = = 0,273 kg.	4.2. idem ca la rece.	0,27	-	0,291	0,27	-	0,321
5.1. Compactarea cu compactor pe pneuri de 96 CP (DB 12 B). 0,044 h/t x 6,2 L/h x 0,85 kg/L = = 0,232 kg.	5. Compactarea.						
5.2. Compactor cu ruluu static autopropulsat (DB 12B). 0,044 h/t x 3,5 L/h x 0,85 kg/L = 0,131 kg.	5.1. idem ca la rece.	0,23	-	0,333	0,23	-	0,333
	5.2. idem ca la rece	0,13	-	0,188	0,13	-	0,188
	Total la tona de mixtură :	2,49	3,3	12,005	18,01	4,66	23,01
	Total la km de drum ( 7 000 m <sup>2</sup> ) :	1 740	2 310	3 440	12 610	3 370	19 400

Transportul emulsiei bituminoase :

( 20 km x 41,5 L/100 km ) x 0,85 kg/L x 7,12 kgcc = 50,2 kgcc.

50,2 kgcc : 16 t = 3,13 kgcc/t.

REGISTRUL DRUMURI SI PODURI  
TIMISOARA



INSTRUCTIUNI TEHNICE DEPARTAMENTALE  
PENTRU REALIZAREA DE STRAZURI BITUMINOASE EXECUTATE CU MIXTURA  
ASFALTICA PREPARATA LA RECE CU EMULSIE BITUMINOASA CATIONICA  
CU RUIERE LENTA

INDICATIV D.D. 82/90

Elaborate de:

DIRECTIA REGIONALA DRUMURI SI PODURI TIMISOARA

Coordonator: ing. Stelea Laurentiu

Colectiv  
elaborare : Dr. ing. Biltiu Aurica  
ing. Alexa Ioan  
ing. Szitar Rodica  
ing. Paqoa Ioan  
ing. Ionescu Nicolae

## CUPRINS



1. prevederi generale .....	1
2. Condiții tehnice .....	1
3. Materiale .....	3
4. Stabilirea compoziției amestecurilor asfaltice preparate la rece .....	4
5. Instalația de preparare a amestecurilor la rece .....	4
6. Prepararea amestecurilor asfaltice la rece .....	4
7. Transportul amestecurilor asfaltice .....	5
8. Punerea în operă a amestecurilor asfaltice .....	6
9. Controlul calității lucrărilor .....	7
10. Măsuri de tehnică securității muncii și P.S.I. ....	9
11. Caiet de sarcini pentru construcție bituminoasă cationică cu rupere lentă .....	10
12. Exemplu de calcul pentru stabilirea compoziției amestecurilor asfaltice preparate la rece .....	16
13. Instrucțiuni tehnice departamentale. Straturi bituminoase executate la rece cu emulsii bituminoase cationice .....	19
14. Determinarea umidității amestecurilor asfaltice preparate la rece. Metoda de încercare pe gantier .....	30
15. Lista cu instrucțiuni, normative și STAS-uri menționate în prezenta instrucție .....	32

-----  
 INSTRUCȚIUNI TEHNICE DEPARTAMENTALE PENTRU  
 REALIZAREA DE STRATURI BITUMINOASE EXECU-  
 TATE CU MIXTURA ASFALTICĂ PREPARATĂ LA RE-  
 CE CU EMULSIE BITUMINOASĂ CATIONICĂ CU RU-  
 PERE LENTĂ  
 -----

Indicativ  
 D.D. 512-90



**1. PREVEDERI GENERALE**

1.1. Prezentele instrucțiuni cuprind prevederi tehnologi-  
 ce de preparare la rece, punere în operă și controlul calității  
 mixturilor asfaltice realizate cu emulsie bituminoasă cationică  
 cu rupere lentă și executarea de straturi rutiere ce necesită mix-  
 tură. Prepararea mixturii se face în instalații L.P.X. adaptate  
 potrivit soluției brevetată de către O.S.I.M. sub nr.93981/30  
 mai 1987.

1.2. Domeniul de utilizare a mixturilor asfaltice prepa-  
 rate la rece cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă,  
 se referă la realizarea straturilor de bază și de legătură, la  
 drumuri de clasa tehnică IV-V.

1.3. Mixturile asfaltice preparate la rece cu emulsie  
 bituminoasă cationică cu rupere lentă, se pun în operă înainte  
 de ruperea emulsiei, stratul rutier din mixtură asfaltică rea-  
 lizat cu mixtură asfaltică la rece se poate da în circulație  
 după terminarea compactării.

1.4. Prepararea și punerea în operă a mixturii asfalti-  
 ce se face la rece, în condițiile unei temperaturi atmosferice  
 de cel puțin + 15 °C.

**2. CONDIȚII TEHNICE**

2.1. Grosimea unui strat din mixtură asfaltică preparată  
 la rece cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă este de  
 minim 4,0 cm după compactare.

2.1.1. Elementele geometrice, abaterile limită și deni-  
 velările admisibile trebuie să corespundă prevederilor din  
 STAS 174-83 pct.2.1. și 2.2.

-----  
 Elaborat de:  
 MINISTERUL LUCRĂRILOR PUBLICE TRANSPORTURILOR  
 SI AMPLASĂRII TERITORIULUI  
 DIRECTIA DRUMURILOR BUCUREȘTI  
 DIRECTIA REGIONALA DRUMURI SI PODURI TIMIȘOARA

2.2. Compoziția și caracteristicile fizico-mecanice ale  
mixturelor asfaltice preparate la rece.

2.2.1. Limitelor procentelor de agregate Naturale din  
agregatul total sînt date în tabelul 1, în funcție de tipul stra-  
tului bituminos realizat cu mixturi asfaltice la rece.

Tabelul 1

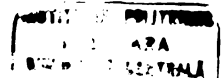
Agregate naturale, (%) din agregatul total.	Tipul stratului bituminos realizat cu mix- tură asfaltică la rece:		
	strat de bază	strat de legătură cu :	
		pietrig	criblură
criblură 16-25	-	-	20...40
criblură 8-16	-	-	20...50
nisip natural 0-7	20...30	20...30	20...30
pietrig 16-31	20...30	20...50	-
pietrig 7-16	40...50	30...50	-

2.2.2. Granulozitatea agregatelor naturale pentru fieca-  
re tip de mixtură asfaltică preparată la rece, este cuprinsă în  
limitelor date în tabelul 2 și respectiv în figurile 1 și 2.

Tabelul 2

Mărimea ochiului sitei sau ciurului, mm	Treccori prin sită sau ciur, în %, pentru mixtură asfaltică la rece pentru :	
	strat de bază	strat de legătură
0,09	1,0... 4,0	1,0... 4,0
0,2	2,0... 6,0	2,0... 10,0
0,63	8,0... 16,0	10,0 ... 20,0
3,15	20,0... 40,0	20,0... 40,0
8,0	30,0... 50,0	35,0... 55,0
16,0	50,0... 90,0	60,0... 90,0
25,0	70,0...100,0	75,0...100,0
31,5	90,0...100,0	90,0...100,0

2.2.3. Conținutul optim de bitum și apă de preumezire se  
stabilesc prin studii preliminare de laborator, efectuate într-un  
laborator de specialitate și trebuie să se încadreze în limitele  
din tabelul 3.



Tabelul 3

Mixtură asfaltică pentru strat de :	Apă de prănușă	
	în % din masa mixturii asfaltice	
Bază	3,0...4,0	4,0...5,0
legătură	4,0...5,0	4,0...5,0

2.2.4. Caracteristicile fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice preparate la rece cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă, trebuie să îndeplinească condițiile din tabelul 4.

Caracteristicile fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice preparate la rece se determină pe opruvete Marshall confecționate la rece, conform Instrucțiunilor tehnice departamentale privind metodele de încercare pentru straturi bituminoase executate la rece cu emulsii bituminoase cationice, elaborate de I.C.P.T.T.(anexa 3).

Tabelul 4

Caracteristici	Mixtură asfaltică la rece pentru strat de :	
	Bază	Legătură
Stabilitate (S) la 26°C, KN	2,5...3,0	2,5...3,0
Densitate aparentă : -pe opruvetă	2100	2200
kg/m <sup>3</sup> min. ^-pe placă	2000	2100
Absorbție de apă : -pe opruvetă	10	10
% vol.max. ^-pe placă	15	15
Grădul de compactare %,min.	90	90

### 3. MATERIALE

3.1. Agregatele naturale neprelucrate și prelucrate trebuie să corespundă condițiilor din STAS 662-89 (pentru nisip natural sort 0-7 și pietriș sort 7-16 și 16-31) și STAS 667-90 (pentru cribluri sort 8-16 și 16-25).

3.1.1. Sorturi de agregate naturale trebuie să se depoziteze separat în silozuri proprii (platforme amenajate cu pereți despărțitori) pentru evitarea amestecării lor.

3.2. Emulsia bituminoasă cationică cu rupere lentă

#### E.B.C.L.

Compoziția, prepararea, caracteristicile și metodele de verificare a calității emulsiilor bituminoase cationice cu rupere lentă sînt prezentate în "Caietul de sarcini pentru E.B.C.L.

58" anexa 1.





#### 4. STABILIREA COMPOZITIEI MIXTURILOR ASFALTICE PREPARATE LA RECE

4.1. Stabilirea compoziției mixturilor asfaltice se face pe baza încercărilor preliminare de către un laborator de specialitate cu respectarea condițiilor tehnice de la pct.2.2.1.-2.2.4. în funcție de caracteristicile materialelor componente.

4.2. Cantitatea de emulsie bituminoasă cationică, cu rupere lentă se stabilește în funcție de conținutul real de bitum din emulsie și în funcție de tipul mixturii asfaltice ce urmează a se prepara.

4.3. Cantitatea de apă de preumezire se stabilește în funcție de umiditatea agregatelor naturale, realizându-se 0...10 % apă totală (apă de preumezire + umiditatea agregatelor + apă din emulsie), astfel încât cantitatea de apă de preumezire poate varia între 4,0...6,0 %.

4.4. În anexa 2 se prezintă un exemplu privind stabilirea compoziției mixturilor asfaltice la rece.

#### 5. INSTALATIA DE PREPARARE A MIXTURILOR ASFALTICE LA RECE

5.1. Pentru prepararea mixturilor asfaltice la rece se folosește instalația L.P.X. adaptată, prezentată în fig.3 și 4.

5.1.1. Instalația este alcătuită din:

- dozatoare tip Nicolona (1);
- două benzi transportoare, care conduc agregatele la elevatorul cu cupe, din care una existentă (2) și una suplimentară (3) pentru evitarea utilizării uscătorului instalației;
- Silozul (4) și cântarul pentru cântărirea agregatelor pe sorturi (5);
- rezervor pentru emulsia bituminoasă cu rupere lentă(6);
- rezervor pentru apă (7) ;
- rampă de pulverizare existentă (pentru bitum) care se folosește pentru introducerea în malaxor a apei și a emulsiei bituminoase (8) ;
- malaxor cu amestec forțat tip LPX (9);
- buncăr de depozitare (10).

#### 6. PREPARAREA MIXTURILOR ASFALTICE LA RECE

6.1. Mixturile asfaltice la rece se prepară în instalația L.P.X. adaptată, prevăzută în cap.5 și fig.3 și 4.

6.1.1. Instalația L.P.X. adaptată este prevăzută cu dispozitive de cîntărire existente a agregatelor naturale cu precizie de  $\pm 3 \%$ , precum și de dozare a emulsiei și a apei de preumezire (releu de timp), cu precizia de  $\pm 0,4 \%$ .

6.1.2. Mixturile asfaltice la rece se prepară astfel:

- agregatele naturale trec din predozatoare cu ajutorul benzilor transportoare la elevatorul cu cupe, apoi în siloz unde se cîntăresc pe sorturi și trec în malaxor unde se adaugă apa de preumezire, se malaxează pentru a obține o umezire uniformă, apoi se adaugă emulsia bituminoasă cationică cu rupere lentă și se continuă malaxarea. Durata de malaxare este de 30 secunde pentru amestecarea agregatelor cu apa de preumezire și 60 secunde pentru amestecarea cu emulsia pînă la obținerea unui amestec omogen de culoare cafeniu;

- atât introducerea apei de preumezire cît și a emulsiei bituminoase cationice cu rupere lentă, sînt reglate exact cu un sistem de dozare automat printr-un releu de timp, astfel că operatorul din cabina de comandă dozează componentii, acționînd butoanele de comandă. Nu se recomandă malaxarea prelungită, iar în cazul ruperii emulsiei se oprește malaxarea, se deschide malaxorul și se curăță.

6.1.3. În timpul preparării mixturilor asfaltice la rece este necesar să se lucreze cu 8,0...10,0 % apă totală, raportată la masa agregatului total (apă de preumezire + umiditatea agregatelor + apă din emulsie). În general, cantitatea de apă de preumezire variază între 4,0 și 6,0 %, în funcție de condițiile climatice și conținutul de agregate sub 3 mm (ex.: la un conținut situat la limita superioară a agregatelor sub 3 mm și la un conținut de vînt, se lucrează la limita maximă de apă).

6.1.4. Gradul de anrobare al agregatelor cu emulsia bituminoasă cationică cu rupere lentă trebuie să fie 100 % și se apreciază vizual la ieșirea din malaxor a mixturii asfaltice.

## 7. TRANSPORTUL MIXTURILOR ASFALTICE

7.1. Mixturile asfaltice preparate la rece la ieșirea din instalație, nu se mai depozitează în siloz ci direct în autobasculantă și se transportă imediat la locul de punere în operă.

În vederea evitării riscului de segregare se recomandă înălțimea de cădere a mixturii din siloz în autobasculantă să fie cît mai mică.

7.2. Durata de transport și punere în operă va fi sub 2 ore. Deoarece este necesar să existe un număr suficient de margina pentru transportul continuu al amestecurilor asfaltice astfel ca ruperea emulsiei să aibă loc după punerea în operă a amestecului asfaltic. Distanța de transport a amestecului asfaltic la rece este în aproximativ 30...40 km.

În timpul transportului se pierde 1..2 % din apa totală.

### 8. PUNEREA ÎN OPERĂ A AMESTECURILOR ASFALTICE

8.1. Așternerea amestecurilor asfaltice preparate la rece se face în anotimpul cald, la temperaturi atmosferice de peste + 15 °C. Se recomandă perioada lunilor mai-septembrie, fiind din cauza temperaturii ridicate a mediului ambiant se produce o evaporare rapidă a apei din amestecul asfaltic la rece.

Punerea în operă a amestecurilor asfaltice la rece este interzisă pe timp friguros și timp ploios.

8.1.1. Pentru a realiza aderența amestecului asfaltic la stratul suport este necesar să se asigure curățirea și amorsarea cu emulsie bituminosă cationică cu rupere rapidă, în cantitatea de 0,5...0,8 kg/cm<sup>2</sup>.

8.1.2. Gradul de afinare al amestecurilor asfaltice preparate la rece este de 30...50 %. Pentru realizarea unui strat de minim 4 cm grosime după compactare, stratul de amestec la așternere va fi de 5,6...6,0 cm. În cazul straturilor mai groase (8...9 cm), așternerea amestecului se va face în două straturi succesive pentru asigurarea eliminării apei din amestec.

8.1.3. Punerea în operă se face cu repartizatorul finisor S 400 sau N.P.K. În timpul așternerii se mai pierde 1..2 % din apa totală. Fenomenul de rupere al emulsiei trebuie să aibă loc după așternerea, astfel ca mortarul rezultat să înglobeze granulele mari, fapt ce conduce la creșterea coeziunii, pe măsura eliminării apei.

8.1.4. La punerea în operă, amestecul mai conține 4...5 % Este necesară o compactare cât mai energică pentru a asigura eliminarea apei din amestecul asfaltic.

Eliminarea apei din amestec se face mai ales din partea superioară și când suportul este permeabil, din partea inferioară a stratului.

8.1.5. Compactarea se va face cu următoarele metode de compactare : compactor cu ruloare netede de 120 kN și compactor pe pneuri de 160 kN sau compactor vibrator de 100 kN și compactor cu ruloare netede de 120 kN, conform tabelului 5.

Tabelul 5

Tipul stratului	Abelice de compactare		
	A Compactator pe roată de 150 kN	Compactator cu rulouri ne- tede de 120 kN	B Compactator vi- brator de 100 kN
	Număr de treceri, minim		
Strat delegațură	24	6	20
Strat de bază	20	6	18

Pentru obținerea gradului de compactare de minim 90 % este necesar și obligatoriu respectarea numărului minim de treceri ale compactoarelor în funcție de atelierul de compactare adoptat, astfel încât la sfârșitul compactării să nu se mai observe urme ale compactorului pe suprafața îmbrăcămintei.

8.1.6. După evaporarea completă a apei din stratul de mixtură (4...6 zile) în funcție de condițiile atmosferice, stratul bituminos realizat cu mixtură asfaltică la rece trebuie să fie acoperit cu un tratament bituminos dublu de criblură executat la rece cu emulsie bituminoasă cu rupere rapidă conform STAS 599-87 sau cu un strat de uzură din mixtură asfaltică la cald, conform STAS 174-83. Stratul bituminos executat din mixtură la rece nu se lasă neacoperit peste iarnă.

## 9. CONTROLUL CALITĂȚII LUCRARILOR.

### 9.1. Verificarea materialelor.

Materialele se verifică în conformitate cu standardole în vigoare și condițiile suplimentare prevăzute pentru emulsia bituminoasă cationică cu rupere lentă.

Verificările și determinările ce se execută de laboratorul formației constau în următoarele:

#### a) criblură:

- granulozitatea, partea levigabilă, umiditatea și forma granulelor - STAS 4606-80 ;

#### b) pietriș:

- granulozitatea, umiditatea și partea levigabilă - STAS 4606-80;

#### c) nisip :

- granulozitatea, umiditatea, partea levigabilă, echivalent de nisip și substanțe organice - STAS 4606-80 ;

- d) emulsia bituminoasă, cu rupere lentă;  
- conținut de bitum, omogenitate și vâscozitate - STAS 8877-86;  
- timpul de rupere - conform instrucțiunilor I.C.P.T.T. (Anexa 3).

Frecvența determinărilor se va efectua în conformitate cu Instrucția ~~ministerului de transporturi și telecomunicații nr. 1269 din 22.03.1979~~ privind organizarea, funcționarea și sarcinile laboratorului formației de mixturi betoane, anexa 2 "Controlul calității materialelor aprovizionate"

Laboratorul de șantier va verifica:

- funcționarea dozatoarelor, conform instrucțiunilor de etalonare a dozatoarelor se face zilnic la începerea programului de lucru;
- umiditatea agregatului natural total, probă prelevată pe bandă, minim două probe pe zi, funcție și de condițiile atmosferice;
- granulozitatea amestocului de agregate naturale la ieșirea din malaxor se face zilnic;
- funcționarea corectă a dispozitivelor de cîntărire se face zilnic, dar în mod special la începerea programului de lucru;
- umiditatea mixturii asfaltice preparate la rece, probă prelevată din schip precum și umiditatea mixturii asfaltice la așternere, înainte și după compactare se face conform anexei nr.4. Umiditatea se determină zilnic la începerea preparării mixturii, la așternerea finisată și după compactare;
- compoziția mixturii asfaltice se verifică prin efectuarea unei extracții la 200 t mixtură.

9.3. Verificarea compoziției și caracteristicilor fizico-mecanice ale mixturii asfaltice și îmbrăcămintărilor bituminoase gata executate, se face în conformitate cu Instrucțiunile tehnice departamentale „Straturi bituminoase executate la rece cu emulsie bituminoasă cationică” (anexa 3).

Verificarea gradului de comportare se face obligatoriu la deschiderea șantierului. Gradul de compactare este dat de raportul între densitatea aparentă a mixturii compactate determinată pe probe prelevate din strat și densitatea aparentă determinată pe cilindri Marshall din aceeași mixtură.

**9.4. Verificarea elementelor geometrice.**

Această verificare se realizează în conformitate cu prevederile STAS 174-83, pot.4.4.



**10. MASURI DE TEHNICA SECURITATII MUNCII SI P.S.I.**

10.1. Pe întreaga porțiună de preparare și punere în operă a amestecurilor asfaltice la rece, se vor respecta prevederile din următoarele acte normative;

- "Norme de protecția muncii pentru lucrările de întreținere și reparații drumuri" (aprobate cu ord.MTTe nr.8/84) ;

- "Instrucțiuni privind condițiile de închidere a circulației rutiere sau de instituire a restricțiilor în vederea executării de lucrări în zona drumurilor publice" nr.630/2330 din 20.04.1985;

- "Norme de prevenire și stingere a incendiilor și dotarea cu mijloace tehnice de stingere pentru unitățile din MTTe" (aprobate cu ord.MTTe nr.12/1980).

10.2. Actele normative și instrucțiunile menționate la pot.10.1 nu sînt limitative, ele putînd fi completate de unități cu măsuri suplimentare specifice fiecărui loc de muncă.

## CAIET DE SARGINI

pentru emulsia bituminoasă cationică cu rupere lentă

### 1. PREVENIRI GENERALE

1.1. Prezentul caiet de sarcini se referă la condițiile tehnice ale emulsiei bituminoase cationice cu rupere lentă (E.B.C.L.), la prepararea, transportul și depozitarea acesteia.

1.2. E.B.C.L. se utilizează la prepararea mixturilor asfaltice la răco, conform "Instrucțiunilor tehnice pentru realizarea straturilor bituminoase executate cu mixturi asfaltice preparate la rece".

1.3. E.B.C.L. se obține prin dispersia mecanică a bitumului în apă, în prezența unui emulgator, într-o instalație de fabricare a emulsiilor bituminoase în anumite condiții tehnologice.

1.4. E.B.C.L. se prezintă sub forma unui fluid de culoare maronie, caracterizată printr-o rupere lentă.

### 2. CONDIȚII TEHNICE

#### 2.1. Materiale

2.1.1. Bitumul utilizat la prepararea E.B.C.L. este de tip D 80/120, conform STAS 754-86, având densitatea la temperatura de 15 °C de minim 0,992 kg/cm<sup>3</sup>.

#### 2.1.2. Apa

Apa de dispersie trebuie să fie lipsită de impurități organice și minerale și să îndeplinească condițiile impuse de STAS 1342/84.

#### 2.1.3. Emulgatorul

Emulgatorul trebuie să aibă afinitate atât cu apa cât și cu bitumul, iar în timpul fabricării emulsiei are rolul de a facilita emulsionarea reducând tensiunea interfacială între cele două faze (bitum și apă).

La fabricarea E.B.C.L. se utilizează emulgatorul bazic de tip RN<sub>2</sub> (RN) având caracteristicile specificate în Caietul de sarcini C.S.11.B.D.-1984 elaborat de Intreprinderea de Detergenți Timișoara.

#### 2.1.4. Acidul clorhidric

Acidul clorhidric are rolul de a neutraliza emulgatorul (faza apoasă trebuie să aibă pH-ul 2...3), îmbunătățind stabilitatea de depozitare și încetinind ruperea emulsiei bituminoase.

La fabricarea E.B.C.L. se folosește acidul clorhidric tehnic (HCl) cu caracteristicile conform prevederilor STAS 339-80.

**2.2. Emulsia bituminoasă cationică cu rupere lentă (E.B.C.L.)**

2.2.1. Emulsia bituminoasă cationică cu rupere lentă este de tip E.B.C.L.58, având un conținut de bitum tip D 80/120 de 58 %.

Compoziția E.B.C.L.58 se stabilește pe bază de încercări preliminare și trebuie să se încadreze în limitele date în tabel 1.

Nr. crt.	Compoziția	Valori în [%] pentru E.B.C.L.58
1	Bitum D 80/120	58,0...60,0
2	Emulgator RN <sub>2</sub> (RN)	1,0... 1,2
3	Acid clorhidric	1,4... 1,6
4	Apa	29,6...37,2
	Total	100

2.2. Caracteristicile E.B.C.L.58 trebuie să îndeplinească condițiile din tabelul 2.

Nr. crt.	Caracteristicile E.B.C.L.58	U.M.	Valoare	Metoda de verificare
1.	Conținut de bitum	%	57,0...59,0	STAS 8877-86
2.	Viscozitate Wngler la 20 °C	°E	6,0... 9,0	STAS 8877-86
3.	Omogenitatea: - rest pe sita cu țesătură de sîrmă de 0,63 mm max.	%	0,5	STAS 8877-86
4.	Stabilitatea la depozitare - rest pe sita de 0,63 mm, după 7 zile, max.	%	0,5	STAS 8877-86
5.	Timpul de rupere, min.	sec.	10	Metoda IOPTT
6.	pH emulsie		2...3	
7.	Adezivitatea față de agregatele naturale, min.	%	75	STAS 10969/2-80

**3. Prescripții de fabricare**

3.1. E.B.C.L. este un fluid de culoare maronie obținut prin dispersia bitumului în apă, în particule de ordinul micronilor, în prezența unui emulgator cu ajutorul unei mori coloidale. Bitumul (faza liant) și emulgatorul (faza apoasă sau soluția apoasă) se pregătesc separat.

3.2. Instalația de fabricarea emulsiei bituminoase se compune din :





- rezervoarele pentru depozitarea materialelor componente (bitum, apă, emulgator, acid clorhidric);
- vasul cu agitator pentru dozarea emulgatorului și a acidului clorhidric;
- bazinul pentru prepararea fazei apoase (soluția de emulgator) ;
- sistemul de dozare a celor două faze: liant și soluția de emulgator ;
- moara coloidală în care se produce emulsionarea;
- rezervoarele pentru depozitarea temporară a emulsiei prevăzute, cu instalație pentru reciclarea acesteia;
- anexe (conducte de legătură, pompe, instalație de încălzire, instalație electrică, aparatură de măsură și control etc.)

### 3.3. Fabricarea emulsiei

Fabricarea emulsiei se realizează în două etape:

- în prima etapă se efectuează pregătirea celor două faze: faza liant și faza apoasă;
- etapa a doua cuprinde emulsionarea liantului în soluția apoasă de emulgator.

#### 3.3.1. Pregătirea fazei liant

Bitumul tip D 80/120, destinat fabricării emulsiei bitumonoase, se încălzește în tancul în care a fost depozitat la o temperatură având următoarele valori limită de emulsionare,

- 140...145 °C pentru bitumul cu penetrația cuprinsă între 100 și 120 zecimi de mm și
- 145...150 °C pentru bitumul cu penetrația cuprinsă între 80 și 100 zecimi de mm.

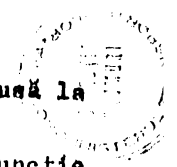
#### 3.3.2. Pregătirea fazei apoase

Faza apoasă se prepară în mod discontinuu și servește la fabricarea unei cantități determinate de emulsie.

Prepararea fazei apoase se realizează în felul următor:

- cantitățile de emulgator și de acid clorhidric se dozează volumetric și se introduc în vasul cu agitator în care se adaugă o cantitate mică de apă pentru a evita o reacție bruscă la formarea clorhidratului;

În această soluție concentrată este agitată mecanic apoi se introduce prin refulare în bazinul pentru prepararea fazei apoase unde se diluează cu apa în proporție indicată de dozaj, obținându-se astfel soluția diluată de emulgator;



- în final soluția apoasă, din bazin trebuie adusă la temperatura de 50...60 °C.

Cantitatea de soluție care se prepară este în funcție de capacitatea bazinului pentru prepararea fazei apoase.

Se dă mai jos un exemplu de calcul în care capacitatea bazinului este de 5000 kg (5 t), iar conținutul de bitum din emulsie este de 58 %. Soluția apoasă, în proporție de 42 %, este compusă din 39,4 % apă, 1,5 % acid clorhidric și 1,1 % emulgator.

- Dozajul de emulgator, în kg:

$$\begin{array}{r} 1,1 \dots\dots\dots 42 \\ \times \dots\dots\dots 5000 \\ \hline E = 130,9 \text{ kg} \end{array}$$

- Dozajul de acid clorhidric, în kg :

$$\begin{array}{r} 1,5 \dots\dots\dots 42 \\ \times \dots\dots\dots 5000 \\ \hline HCL = 178,6 \text{ kg} \end{array}$$

- Dozajul de apă, în kg:

$$\begin{array}{r} 39,4 \dots\dots\dots 42 \\ \times \dots\dots\dots 5000 \\ \hline \text{apa} = 4690,5 \text{ kg} \end{array}$$

Verificarea cantităților menționate se face pentru fiecare șarjă de soluție în parte.

### 3.3. Emulsionarea

În etapa a doua are loc fabricarea propriu-zisă a emulsiei care se realizează cu ajutorul morii coloidale.

Alimentarea morii coloidale se efectuează printr-un sistem de dozare format din două pompe volumetrice cu pistoane, una pentru faza liant și una pentru faza apoasă, care se pot regla astfel încât în final să se obțină emulsia cu conținutul de liant prescris.

La ieșirea din meara coloidală E.B.C.L., trebuie să aibă temperatura de 90 °C.

### 4. DEPOZITAREA ȘI LIVRAREA EMULSIEI

4.1. Emulsia fabricată se poate depozita fie în rezervoare subterane, situate sub nivelul instalației de emulsionare, unde pierderile de căldură sînt minime, fie în rezervoare metalice de formă cilindrică situate deasupra nivelului morii coloidale, prevăzute cu instalație pentru recircularea emulsiei.

4.2. Livrarea și transportul emulsiei se efectuează cu autocisterne sau cisterne cu bina curățate și umplute în întregime pentru a evita ruperea emulsiei în timpul transportului prin efectul de tangaj. Înainte de livrare și utilizare se recomandă ca emulsia să fie amestecată pentru omogenizare.

Emulsia poate fi păstrată în depozit și la temperaturi mai mari de + 5 °C.

4.3. Fiecare lot de emulsie transportat va fi însoțit de certificat de calitate elaborat de laboratorul stației de emulsie.

## 5. REGULI ȘI METODE DE VERIFICARE A CALITĂȚII

### 5.1. Verificarea materialelor componente

Verificarea calității materialelor utilizate la fabricarea E.B.C.L. se efectuează în conformitate cu metodologiile specificate în prescripțiile tehnice (standarde, caiete de sarcini) referitoare la aceste materiale și trebuie să corespundă condițiilor tehnice menționate la punctul 2.1.

### 5.2. Verificarea compoziției emulsiei

Aceasta constă de fapt în verificarea compoziției fazei apoase, adică se verifică cantitățile de emulgator, acid clorhidric și apă, care trebuie să corespundă dozajului prescris de laboratorul central, conform celor prezentate la pct.3.3.2.

### 5.3. Verificarea E.B.C.L. după fabricare

5.3.1. Verificarea calității emulsiei bituminoase se face zilnic, pe loturi de cel mult 50 t și ori de câte ori este nevoie. Pentru verificări se prelevează o probă în greutate totală de 3 kg care se împarte în trei părți egale:

- proba 1 se analizează în laboratorul stației de emulsie care emite un buletin de calitate;

- probele 2 și 3 sigilate și marcate se păstrează timp de 3 zile de către furnitor, după sosirea emulsiei de la beneficiar pentru verificări ulterioare, în cazul unor contestații privind calitatea.

5.3.2. E.B.C.L. trebuie să corespundă condițiilor tehnice precizate la pct.2.2. tabelul 2.

5.3.3. La verificarea calității și condițiilor tehnice ale E.B.C.L. se vor avea în vedere prescripțiile tehnice înscrise în standardele de determinare specifice pentru fiecare caracteristică în parte. Verificarea timpului de rupere se va efectua conform metodologiei elaborată de I.C.P.T.T. București.

- 5.3.4. Caracteristicile E.B.C.L. se verifică astfel:
- conținutul de bitum, conform STAS 9877-86;
  - vâscozitatea Engler, conform SRAS 9877-86;
  - omogenitatea, conform STAS 9877-86;
  - stabilitatea la depunere, conform STAS 9877-86;
  - timpul de rupere, conform Anexa 3.

- adezivitatea emulsiei la agregate naturale, conform STAS 10969/2-86.

**6. MASURI DE PROTECTIA MUNCII SI P.S.I.**

Pe întreaga perioadă a activității în stația de emulsie întregul personal trebuie să respecte prevederile următoarelor acte normative:

- "Norme republicane de protecția muncii" ale Ministerului Muncii și Ministerului Sănătății (aprobate cu ord. 34 și 60/75);
- "Norme de protecția muncii pentru lucrările de întreținere și reparații drumuri ale MTTc (aprobate cu ord.nr.8/82);
- "Norme de protecția muncii specifice activității de construcții-montaj pentru transporturile feroviare, rutiere și navale" ale MTTc (aprobat cu ord.nr.9/1982);
- "Norme de prevenire și stingere a incendiilor și dotarea cu mijloace tehnice de stingere pentru unitățile MTTc (aprobat cu ord .nr.12"1980);
- Instrucțiunile suplimentare specifice activității de fabricare și verificare a E.B.C.L. stabilite de unitatea producătoare corespunzătoare fiecărui loc de muncă.

ELABORATORI:  
D.R.D.P.TIMISOARA  
C.T.C.Laborator  
SEF BIROU  
Ing.Alexa Ioan

BENEFICIAR:  
Biroul P.P.U.P.  
Sef birou  
Ing.Lazic Ioan

*Alexa Ioan*

*Lazic Ioan*

AFROBAT

DIRECTOR, D.R.D.P. TIMISOARA

Ladislau Uvardy



EXEMPLU DE CALCUL

pentru stabilirea compoziției și dozajului amestecului de agregate și bitum în amestecul de agregate și bitum pentru stabilirea compoziției și dozajului amestecului de agregate și bitum pentru stabilirea compoziției și dozajului amestecului de agregate și bitum

1. DOZAJ PENTRU MIXTURA ASFALTICĂ UTILIZATĂ ÎN STRAT DE BAZĂ:

1.1. - cu criblură

AGREGATE	Dozaj	Procc. prin ciurul sau sita de...mm, în %								
		31	25	16	8	3,15	0,63	0,2	0,09	
criblură 16-25	30,0	30,0	30,0	27,5	5,4	0,1				
criblură 8-16	40,0	40,0	40,0	29,1	2,4	0,2	0,2			
nisip natural 0-7	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	29,8	15,4	3,3	1,5	
Total	100,0	100,0	100,0	86,6	37,8	30,1	15,6	3,3	1,5	

Necesarul de emulsie și apă de preumezire se calculează astfel:

a) E.B.C.L. 58:

- se stabilește % de bitum în mixtură de 3,8 % (conținutul din instrucțiuni);
- se calculează necesarul de emulsie ca fiind de:

$$\frac{3,8 \cdot 100}{58} = 6,6 \%$$

b) Apa de preumezire se calculează scăzând apa din emulsie (39,4 %) și apa conținută de agregate, din necesarul total de apă de 9 %;

- apa din emulsie:  $\frac{39,4 \cdot 6,6}{100} = 2,6 \%$

- apa conținută de agregatele naturale: 1,5 %;

- rezultă necesarul de apă de preumezire ca fiind:

$$9 - (2,6 + 1,5) = 4,9 \%$$

1.2. - cu pietriș

Agregate	Dozaj	Procc. prin ciurul sau sita de...mm, în %								
		31	25	16	8	3,15	0,63	0,2	0,09	
pietriș 16-31	30,0	30,0	29,4	27,6	8,4	0,6				
pietriș 7-16	45,0	45,0	45,0	30,6	7,6	1,1	0,2	0,1	0,2	
nisip natural 0-7	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	24,9	12,8	3,8	1,2	
TOTAL	100,0	100,0	99,4	83,2	41,0	26,6	13,0	3,9	1,4	

Necesarul de emulsie și apă de preumezire se calculează astfel:



a) E.B.C.L. 58 :

- necesarul de bitum: 4,0 % ;

- necesarul de emulsie :  $\frac{4,0 \times 100}{58} = 6,9 \%$

b) Necesarul de apă de preumezire:

- apa din emulsie :  $\frac{39,4 \times 6,9}{100} = 2,7 \%$

- apa din agregate: 1,3 %

- rezultă apa de preumezire:  $9 - (2,7 + 1,3) = 5,0 \%$

2. DOZAJ DE BENTU MIXTURA ASFALTICA UTILIZATA IN STRATUL DE LEGATURA:

2.1. - cu criblură

Agregate	Dozaj (%)	Trecu prin ciurul sau sita de...mm (%)								
		31,0	25,0	16,0	8,0	3,15	0,63	0,2	0,075	0,025
criblură 16-25	20,0	20,0	20,0	18,4	3,6	0,1				
criblură 8-16	45,0	45,0	45,0	32,8	2,7	0,2	0,2			
nisip natural 0-7	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	34,8	18,0	3,9	1,8	
Total	100,0	100,0	100,0	86,2	41,3	35,1	18,2	3,9	1,8	

Necesarul de emulsie și apă de preumezire se calculează astfel:

a) E.B.C.L. 58:

- necesarul de bitum: 4,2 %

- necesarul de emulsie:  $\frac{4,2 \times 100}{58} = 7,2 \%$  ;

b) Necesarul de apă de preumezire:

- apa din emulsie:  $\frac{39,4 \times 7,2}{100} = 2,8 \%$ .

- apa din agregate : 1,5 %

- rezultă apa de preumezire:  $9 - (2,8 + 1,5) = 4,7 \%$

2.2. - cu pietriș

Agregate	Dozaj (%)	Trecu prin ciurul sau sita de...mm (%)								
		31,0	25,0	16,0	8,0	3,15	0,63	0,2	0,075	0,025
pietriș 16-31	20,0	20,0	19,6	18,4	5,6	0,4				
pietriș 7-16	50,0	50,0	50,0	34,4	8,4	1,3	0,3	0,2	0,1	
nisip natural 0-7	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	29,8	15,4	3,3	1,5	
Total	100,0	100,0	99,6	82,8	44,0	31,5	15,7	3,5	1,6	

Necesarul de emulsie și apă de preumezire se calculează astfel:

a) E.B.C.L. 58

- necesarul de bitum : 4,5 %

- necesarul de emulsie:  $\frac{4,5 \times 100}{58} = 7,7 \%$  ;

-18 -

b) Necesarul de apă de preumezire:

- apa din emulsie :  $\frac{22,4 \times 7,7}{100} = 3,0 \%$

- apa din agregate: 1,3 % ;

- rezultă apa de preumezire:  $9 - (3,0 + 1,3) = 4,7 \%$ .



În anexa 2 s-a prezentat un exemplu de calcul pentru stabilirea compoziției mixturilor asfaltice preparate la rece, necesarul de emulsie și apă de preumezire variind în funcție de tipul mixturii, de granulozitatea și umiditatea agregatelor, de tipul agregatelor și de conținutul de bitum din emulsie. De aici rezultă importanța stabilirii exacte a acestor caracteristici.



**INSTRUCTIUNI TEHNICE DEPARTAMENTALE STRATURI  
BITUMINOASE EXECUTATE LA RECE CU EMULSII  
BITUMINOASE CATIONICE.**

**Metode de incercare.**

**1. GENERALITATI**

1.1. Prezentele instructiuni se referă la metodologia de preparare in laborator a mixturilor asfaltice cu emulsie bituminoasă cationică, la metodele de incercare a mixturilor și straturilor bituminoase, executate la rece cu emulsie bituminoasă cationică.

**1.2. Incercările au drept scop:**

- stabilirea dozajelor optime pentru mixturi, în vederea aplicării lor pe șantier; încercările se efectuează pe probe de mixturi preparate în laborator;

- controlul calității mixturilor preparate pe șantier; încercările se efectuează pe probe prelevate din producția curentă a șantierelor;

- verificarea calității straturilor bituminoase executate; încercările se efectuează pe carote prelevate din aceste straturi.

**2. PREPARAREA MIXTURILOR ASFALTICE**

Prepararea mixturilor asfaltice pentru efectuarea încercărilor de laborator se poate face manual în patentule sau mecanic în malaxoare de laborator, prin amestecarea pînă la obținerea unui produs omogen de agregate naturale, filer, soluție stabilizatoare și bitum rezidual din emulsie bituminoasă, în anumite proporții.

**2.1. Aparatură.**

Aparatura necesară se compune din:

- balanță cu sarcină și clasa de precizie conform STAS 3308-70 pentru sarcinile de 0,5 kg și 10 kg, avînd clasa de precizie 3;

- etuvă termoreglabilă în intervalul 20 °C...200 °C (±1 °C);

- ciururi din tablă perforată cu ochiuri rotunde de 25;16; 8; 5; 3,15; 1 mm și cu ochiuri pătrate de 40,6 și 10 mm conform STAS 1078-73. Țesătura pentru ciururile de 4, 6 și 10 mm se poate procura de la Intreprinderea "Tehnometal" Timișoara;

- site cu țesătura din sîmă de 0,6; 0,2 și 0,09 mm conform STAS 1077-67;

- pensule;

- șafe;





- linguri;
- reșou de aragaz sau plite electrice;
- aparat Proctor modificat, conform STAS 1913/13-84;
- malaxor mecanic de 120 rot/min, de 5 L capacitate, prevăzut cu recipient de malaxare, capabil să malaxeze în ritm continuu și fără pierderi - 5 kg agregate naturale, filer, emulsie bituminoasă și soluție de preumezire.

## 2.2. Mod de lucru.

### 2.2.1. Pregătirea și analiza materialelor componente ale mixturii asfaltice.

2.2.1.1. Probele de agregate naturale și filer prelevate conform STAS 667-90; STAS 662-89 și respectiv STAS 539-79 se usuă până la mază constantă și se analizează separat conform STAS 710-81 și STAS 4606-80 pentru agregate naturale și STAS 539-79 pentru filer sau înlocuitori.

Se precizează că, în cazul sorturilor de agregate naturale 4-6; 6-10; 10-16; la verificarea granulozității se vor folosi ciorurile cu ochiuri pătrate.

2.2.1.2. Probele de emulsie tip E.M.60 prelevate conform caietului de sarcini se analizează conform STAS 8877-86 din punct de vedere al omogenității, vâscozității și conținutului de bitum și conform pot. 2.2.1.2.1. din punct de vedere al timpului de rupere.

#### 2.2.1.2.1. Determinarea timpului de rupere a emulsiilor bituminoase cationice

Această încercare permite verificarea simplă și rapidă a timpului unei emulsii din punct de vedere al timpului de rupere (rapidă-R, semilentă-M; lentă-L).

Materiale și aparatură:

- nisip natural sort 0-3 mm conform STAS 667-82 pot.

#### 2.3.7.;

- apă distilată;
- patentule cu  $\phi = 16$  cm;
- spatule metalice;
- balanță tehnică;
- cronometru.

Mod de lucru:

Se cântăresc 200 g nisip natural uscat și se amestecă în patentulă cu 30 g apă distilată până la umidificarea completă.

Se adaugă 30 g emulsie, se pornește cronometrul și se continuă amestecarea, notându-se timpul citit pe cronometru în momentul ruperii emulsiei și aspectul amestecului.

Emulsia se consideră ruptă în momentul în care culoarea amestecului se schimbă de la maro la negru și materialul se aglomerează.

Interpretarea rezultatelor.

Tipul emulsiei se stabilește în funcție de aspectul amestecului și de timpul de rupere conform tabelului de mai jos:

Aspectul amestecului	Timpul de rupere	Tipul emulsiei
Neomogen, cu grănule rămase neanrobate	0...5 sec.	R
Omogen	5...10 sec.	M
Omogen, cu tendințe de spumare	peste 10 sec.	L

2.2.1.3. Probele de soluții stabilizatoare se analizează din punct de vedere al valorii PH-ului, care se determină potențiometric conform STAS 8619-70; în cazul în care nu se dispune de aparatura respectivă, această caracteristică se poate determina informativ, utilizând hîrtia indicatoare de tip MARCK sau indicator de culoare.

În laborator, soluția stabilizatoare se prepară prin introducerea acidului clorhidric în apă, adăugarea stabilizatorului și agitare pînă la omogenizare. Pentru preparare se utilizează un vas de sticlă, din material plastic sau emailat. Pentru 1 kg soluție se va utiliza: 940 g apă potabilă, 10 g acid clorhidric concentrat și 50 g stabilizator.

2.2.2. Elaborarea dozajelor pentru mixturi asfaltice.

Dozajele materialelor granulare (agregate naturale și filer) pentru prepararea mixturilor asfaltice cu emulsie se stabilesc pe baza granulozității a fiecărui material conform STAS 1338/1-84 pct.2.2.2., avînd în vedere zonele de granulozitate prescrise în "Instrucțiunile tehnice departamentale. Straturi bituminoase executate la rece cu emulsii bituminoase cationice".

În funcție de granulozitatea aleasă se propun trei dozaje de bitum diferențiate cu  $\pm 0,3$  % față de valoarea dozajului mediu, respectiv de emulsie bituminoasă, care să se încadreze în limitele prescrise.

Se efectuează conform STAS 1913/13-83 încercarea Proctor modificat pe amestecul de materiale granulare, în vederea stabilirii umidității optime de compactare.

Soluție de preumozire se stabilește ca diferență între cantitatea optimă determinată prin proba Proktor modificată, pe de o parte și cantitatea de apă rezultată din emulsia și din umiditatea materialelor naturale, pe de altă parte.

Se realizează și se supun încercărilor de laborator cele trei amestecuri de mixturi, conform prevederilor prezentelor instrucțiuni, alegându-se ca dozaj optim varianta pentru care mixtura asfaltică respectă condițiile tehnice prevăzute în "Instrucțiuni tehnice departamentale. Straturi bituminoase executate la rece cu emulsii bituminoase catinice" cu rupere lentă.

În anexa 2 este rodat un exemplu de stabilire a dozajului optim pentru mixtura asfaltică la rece.

### 2.2.3. Prepararea manuală în patentule

În cazul preparării manuale, cantitatea de mixtură realizată în patentulă corespunde unei epruvete de tip Marshall (1000 g).

Materialele granulare pregătite conform pct.2.2.1.uscate, cîntărite conform dozajelor elaborate la pct.2.2.2. se introduc în patentulă, se omogenizează și se adaugă apă pînă la umiditatea de 4 % (valoarea medie a umidității acestora pe șantier). Se adaugă apoi treptat soluția de preumozire stabilită conform pct.2.2.2. și se începe malaxarea.

Imediat după preumozire, se adaugă în fir continuu emulsia bituminoasă, cîntărită în cantitatea stabilită. și se continuă amestecarea pînă în momentul începerii ruperii emulsiei (schimbarea culorii amestecului de la marou la negru și aglomerarea materialului).

Se recomandă a nu se mai continua malaxarea, întrucît se produce dezahrobarea granulelor de agregat natural și spumarea amestecului.

**Observație:** Cîntărirea și introducerea agregatelor naturale se face diferențiat în laboratoarele unităților de drumuri față de cele ale institutelor de cercetare, astfel:

- pe sorturi în laboratoarele unităților de drumuri;
- pe fracțiuni (0-3,15; 3,15-5; 5-8; 8-12; 12-16; 16-20; 20-45) separate din fiecare sort în parte avînd grijă ca fracțiunile 0-3,15 să fie în prealabil bine omogenizate) în laboratoarele institutelor de cercetare.

#### 2.2.4. Prepararea mecanică în malaxor

Se realizează în mod similar ca și în cazul preparării manuale cu deosebire că amestecarea se efectuează într-un malaxor mecanic de laborator, iar cantitățile de materiale se calculează pentru 2 kg mixtură asfaltică.

Se atrage atenția că malaxarea să se întrerupă înainte de ruperea totală a emulsiei din aceleași considerații ca la pct.2.2.3 precum și pentru a nu se bloca sau rupe paleții malaxorului.

#### 3. PREGĂTIREA PROBELOR DE ANROBATE

Pregătirea probelor se face în funcție de proveniența mixturilor asfaltice, astfel:

- a) mixturi asfaltice preparate în laborator;
- b) mixturi asfaltice preparate în instalații industriale;
- c) carote extrase din straturi gata executate.

3.1. În cazul mixturilor preparate în laborator, probele obținute manual în patentule corespund volumului unei epruvete tip Marshall, iar în cazul celor preparate mecanic se prelevează câte 1000 g anrobat pentru confecționarea unei epruvete Marshall conform pct.4.3.

3.2. Probele de mixturi provenite din instalații industriale se prelevează în vase ermetic închise sau în saci de polietilenă. Cantitatea de mixtură prelevată va fi aproximativ 10 kg pentru laboratoarele de drumuri și de aproximativ 15 kg pentru laboratoarele institutelor de cercetare. Pregătirea acestora se realizează astfel:

- se mărunțește, prin desfacere, materialul aglomerat și se amestecă pînă la omogenizare;

- se prelevează cantitatea de anrobat necesară confecționării epruvetelor tip Marshall (aproximativ câte 1000 g material pt. o epruvetă; numărul de epruvete este de 6 pentru laboratoarele centrale și de 10 pentru cele de cercetare);

- restul de material servește pentru determinarea compoziției conform pct.5.2.

3.3. Probele sub formă de carote se prelevează mecanic cu carotiere cu dispozitiv de tăiere cu  $\phi \pm 101,6 \pm 0,1$  mm. Prelevarea carotelor se efectuează la 60 zile de la darea în circulație a sectorului de drum. Pentru fiecare 7000 m<sup>2</sup> suprafață executată se prelevează câte 8 carote. După prelevare, pentru menținerea umidității reale probele vor fi ambalate corespunzător. Pregătirea

prebelor provenite din stratul gata executat se realizează astfel:

- se curăță suprafața carotelor cu perii de sîrmă;
- se separă pe straturi componente, carotele alcătuite din mai multe straturi;
- carotele astfel pregătite se pot folosi direct pentru determinarea densității aparente, absorbției de apă și stabilității conform pct.5.3., precum și pentru determinarea compoziției conform pct.5.2.

#### 4. CONFECȚIONAREA EPRUVETELOR.

Epruvetele din mixturile asfaltice la rece preparate în laborator sau prelevate în timpul execuției, se confecționează din mixtură ~~confecti~~ imediat după amestecarea, respectiv în momentul în care mixtura parvine la laborator.

Epruvetele se pot confecționa cu sonete Marshall conform pct.4 sau prin compactarea cu presa hidraulică conform pct.4.2.

4.1. Epruvetele executate cu soneta Marshall se confecționează conform STAS 1338/1-84, pct.4.3.1.2. cu următoarele deosebiri:

- tiparele, lama gotnică pentru omogenizarea materialului în tipar ca și mixtura se utilizează la temperatura ambiantă;
- numărul de lovituri aplicate pe fiecare față a epruvetei este de 75 în loc de 50;
- decofrarea epruvetelor se efectuează după 48 ore de menținere a epruvetelor în tipare conform pct.4.4.

#### 4.2. Confecționarea epruvetelor prin compactare cu presa hidraulică

##### 4.2.1. Forme și dimensiuni.

Epruvetele, tiparele și accesoriile folosite la confecționarea acestora vor avea formele și dimensiunile după cum urmează:

- epruvete cilindrice tip Marshall, conform STAS 1338/1-84 tabelul 1 al 3;
- tipare și accesorii pentru confecționarea epruvetelor prin compactare, conform STAS 1338/3-84 tabelul 1.al.4.

##### 4.2.2. Aparatură.

- presă hidraulică de 600 kN;
- dispozitiv pentru confecționarea la presa hidraulică a epruvetelor cilindrice, conform STAS 1338/1-84 fig.5;
- dispozitiv manual sau mecanic pentru decofrarea epruvetelor cilindrice, conform STAS 1338/1-84 fig.7 și respectiv fig. 8;
- cronometru.

### 4.2.3. Modul de lucru

Proba de mixtură asfaltică necesară pentru confecționarea unei epruvete, pregătită conform pct.3 se introduce în tiparul în prealabil gătat pe un suport. Se netezește suprafața și se introduce pistonul în partea superioară a tiparului.

Întregul ansamblu de confecționare alcătuit din suport, tipar cu mixtură și piston se introduce între platanele preseii hidraulice.

Compactarea este asigurată de o presiune de  $30 \text{ N/mm}^2$  aplicată timp de 3 minute.

După confecționarea primei epruvete, cantitatea exactă de mixtură asfaltică necesară obținerii înălțimii prescrise (m) se calculează cu formula:

$$m = m_0 \frac{h}{h_0} \quad [g]$$

în care:

$m_0$  este cantitatea de mixtură folosită la confecționarea primei epruvete, în g;

h - înălțimea prescrisă a epruvetei, în mm;

$h_0$  - înălțimea primei epruvete, în mm.

### 4.3. Păstrarea epruvetelor

După confecționare, tiparele cu epruvetele întoarse pe fața opusă celei din momentul compactării se mențin timp de 24 ore la temperatura ambiantă, după care se scot epruvetele din tipar cu dispozitivele de decofrare respective.

După decofrare, epruvetele se păstrează pe o suprafață plană la temperatura ambiantă, timp de 48 ore.

### 5. Metode de determinare și încercare

#### 5.1. Determinarea conținutului de apă

Conținutul de apă se poate determina prin două metode: prin uscare sau prin distilare cu solvent, conform STAS 1338/2-84 pct.2.

#### 5.2. Determinarea compoziției

Compoziția mixturii asfaltice (conținutul de bitum rezidual din emulsie și de agregat natural total din mixtură) se determină conform STAS 1338/2-84 pct.3 cu precizarea că proba de mixtură asfaltică se usucă în prealabil în cuvă la temperatura de  $105 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ , pînă la masă constantă.

#### 5.3. Determinarea densității aparente și absorbției de apă pe plăcuțe prelevate din stratul bituminos.

Densitatea unitară aparentă și absorbția de apă a mixturilor asfaltice la rece se determină conform STAS 1338/2-84 pct.4

respectiv pct.5. Prolevarea carotelor se face după două luni de la execuție.

**5.4. Determinarea stabilității și a fluajului cu aparatul Marshall.**

Determinarea stabilității și a fluajului cu aparatul Marshall a epruvetelor din asfalt bituminos se determină conform STAS 1338/2-84, pct.9 cu condiția că determinarea se efectuează după 72 ore de la confecționarea epruvetelor (vezi pct.4.4 și că acestea se mențin înainte de încercare, 30-40 minute la temperatura de  $22 \pm 0,5$  °C.

**6. INTERPRETAREA REZULTATELOR**

**6.1. Rezultatul fiecărei determinări reprezintă media aritmetică a valorilor obținute pe un număr de probe stabilit conform STAS 1338/2-83 pct.1.3.4.**

**6.2. Abaterile față de medie nu trebuie să depășească limitele de toleranță admise de STAS 1338/2-84 pentru determinările respective. In caz contrar se procedează conform pct.1.3.5. din standardul menționat.**

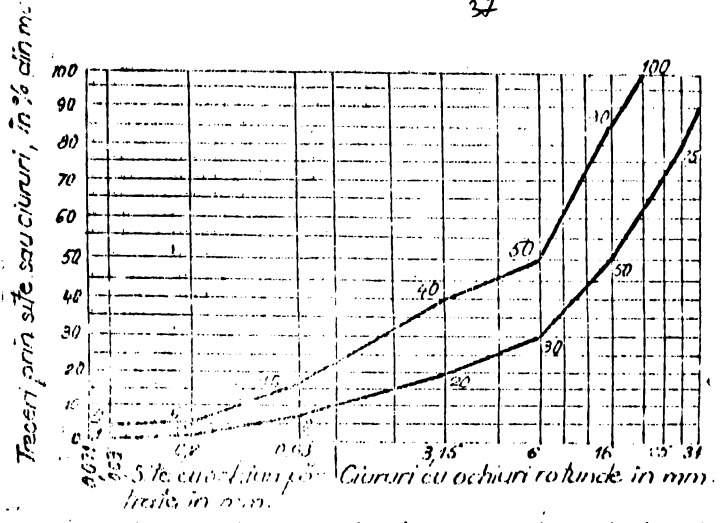


Fig. 1 - Zona de granulozitate pentru stratul de bază executat la rece cu emulsie.

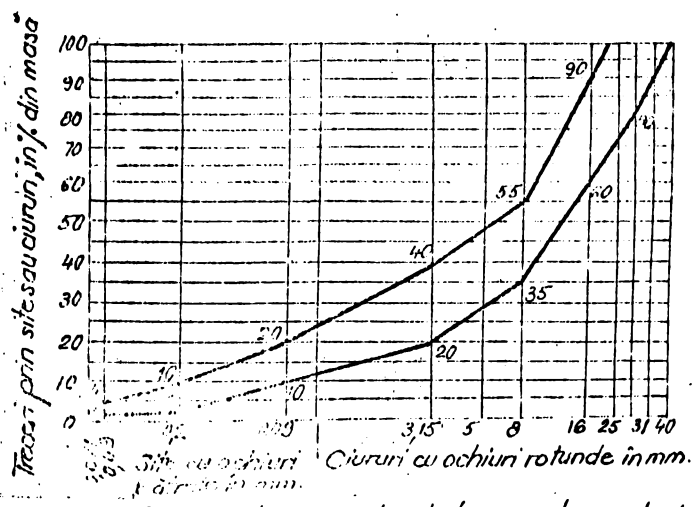


Fig. 2 - Zona de granulozitate pentru stratul de legătură executat la rece cu emulsie.



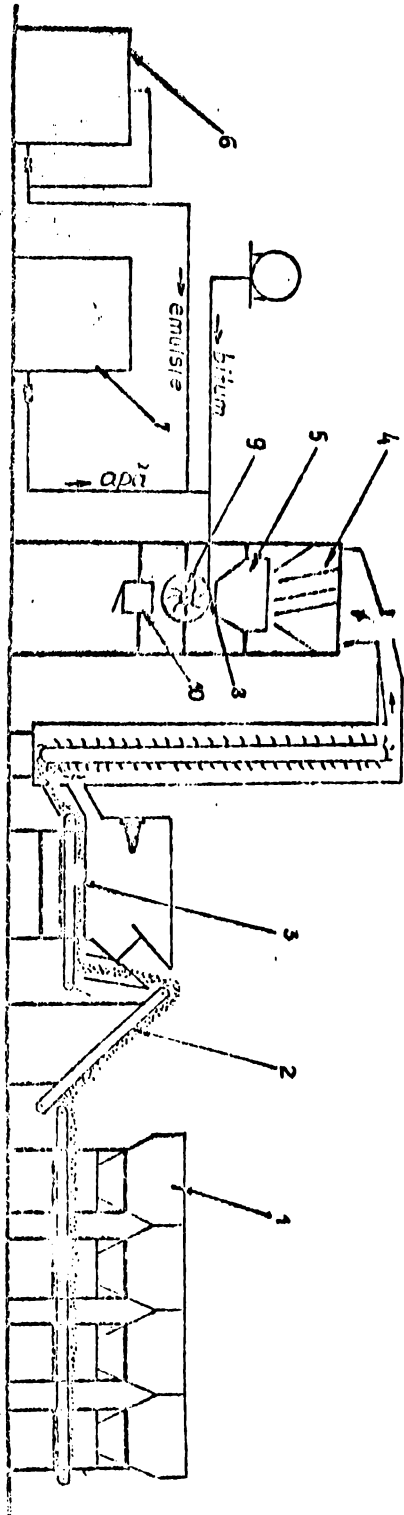


Fig. 3. - Schema generală a instalațiilor tehnologice pentru producerea amestecurilor asfaltice la rece cu emulsie bituminosă cationică cu rupere lentă.

- 1 - predozatoare;
- 2,3 - bandă transportoare;
- 4 - siloz agregate;
- 5 - cîntar agregate;
- 6 - rezervor pentru emulsie;
- 7 - rezervor pentru opii;
- 8 - rezervor pentru amestec;
- 9 - duze de pulverizare.

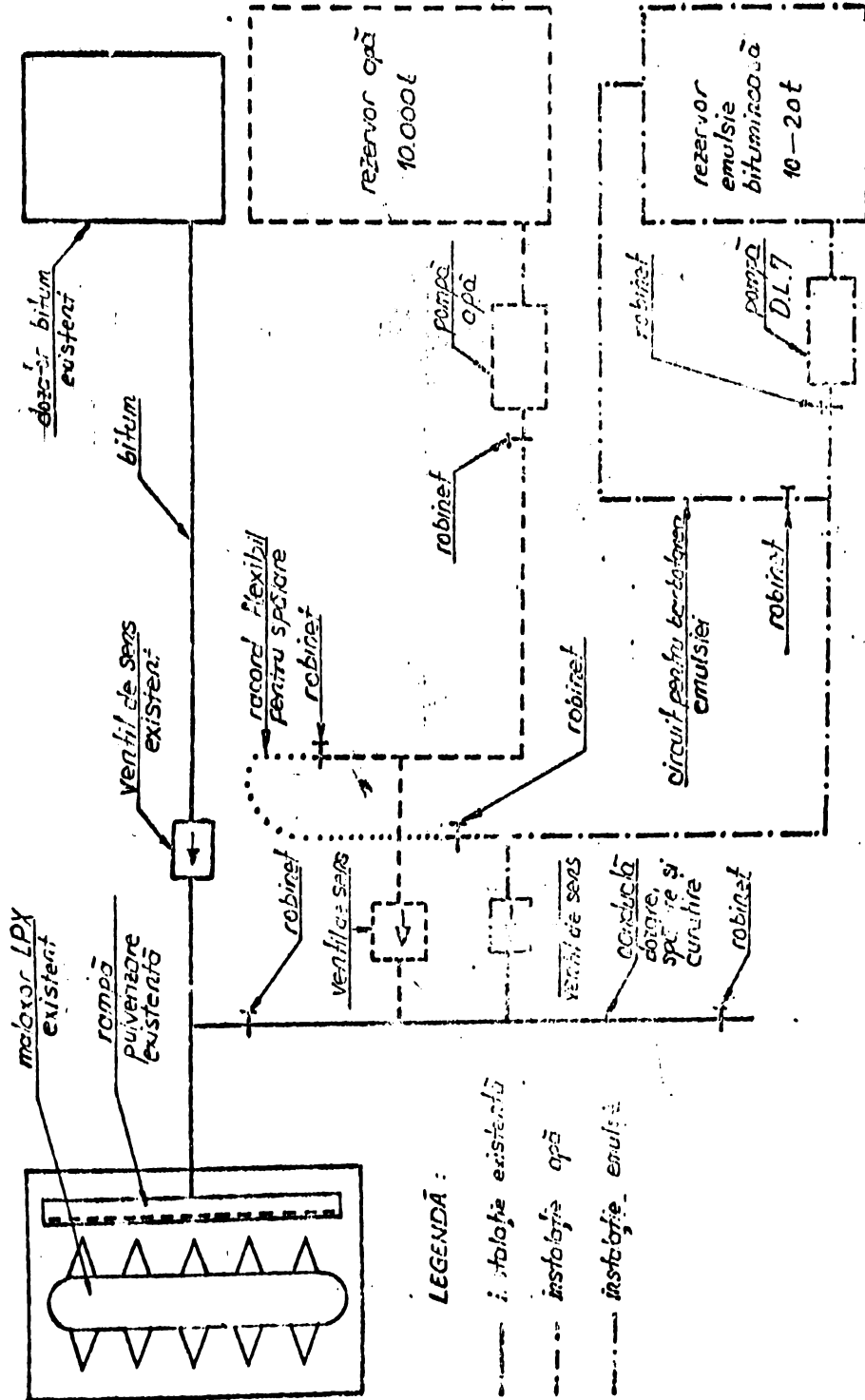


Fig. 4: — Schema instalațiilor de alimentare a malaxorului.

DETERMINAREA UMIDITĂȚII MIXTURILOR ASFALTICE  
PRIN METODA LA RECE. METODA DE ÎNCĂLECIRE PE SANTIER.



1. Scopul, domeniul de aplicare.  
Metoda se referă la determinarea umidității pe santier a umidității  
asfaltice preparate la rece, imediat după ce au  
fost amesturate cu malaxorul instalației, precum și la încheierea umidității  
după la așternerea înainte și după compactare.

2.1. Principiul metodei.

Metoda constă în determinarea masei de apă ce o pierde,  
o cantitate cunoscută de mixtură asfaltică preparată la rece, prin  
uscarea în etuvă termoreglabilă până la masă constantă la tempera-  
tura de  $105 \pm 2$  °C.

2.2. Prelevarea probelor.

Probele din mixtură asfaltică la rece se prelevează de la  
instalația de produs mixturi asfaltice (I.P.M.A.) sau la descăr-  
care, de la locul de punere în operă. Ele trebuie să fie probe  
medii reprezentative pentru întreaga cantitate de mixtură asfal-  
tică și se obțin astfel: din diferite puncte se iau circa 10  
lopeți de mixtură asfaltică, se omogenizează bine pe o suprafață  
curată, prin metoda șforturilor, obținându-se proba medie în  
cantitate aproximativ 1000 g.

Determinarea umidității se va face pe două probe paralele  
de câte 1000 g fiecare.

La așternere se recomandă prelevarea unei probe de 1000 g  
la 250m bandă de circulație.

2.3. Aparatura

- recipiente cu capace sau pungi din plastic;
- balanță tehnică cu sarcina maximă de 5 kg;
- etuvă termoreglabilă, cu posibilitatea de reglare a  
temperaturii la  $105 \pm 2$  °C;
- exicator cu plină;
- tavă de oțel nesmălțuită.

2.4. Modul de lucru.

Din proba de analizat, se cântărește 1000 g mixtură as-  
faltică preparată la rece, care se întinde într-un strat subțire  
într-o tavă de oțel nesmălțuită și se introduce în etuvă.

Evaporarea se consideră terminată atunci când prin cîn-  
tăririi succesive, masa mixturii rămâne constantă.

Se va lăsa mixtura să se răcească în exicator și apoi se  
va cântări din nou.

- 41

Umiditatea se calculează cu formula:

$$U = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100$$

[%]



unde:

$m_1$  este masa mixturii asfaltice cu umiditate, în g;

$m$  este masa mixturii asfaltice uscate, în g.

Rezultatul este media aritmetică a două determinări.

## L I S T A

cu instrucțiuni, normative și STAS-uri menționate  
în prezenta instrucție.

1. Instrucțiuni privind condițiile de închidere a circulației rutiere sau de instituire a restricțiilor în vederea executării de lucrări în zona drumurilor publice (ord.MTTe nr.630/2330/1985.
2. Instrucțiuni tehnice departamentale, Straturi bituminoase executate la rece cu emulsii bituminoase cationice elaborat de I.C.P.T.T.București.
3. Norme de protecția muncii pentru lucrările de întreținere și reparații drumuri (ord.MTTe nr.8/84.)
4. Norme de prevenirea și stingerea incendiilor și dotarea cu mijloace tehnice de stingere pentru unitățile MTTe. (ord.MTTe nr.12 /1980).
5. STAS 174-83. Imbrăcăminți bituminoase cilindrate executate la cald.
6. STAS 662-89. Agregate naturale de balastieră.
7. STAS 667.90 Agregate și piatră prelucrată pentru drumuri
8. STAS 599.87 Tratamente bituminoase. Condiții tehnice generale de calitate.
9. STAS 4606-80. Agregate naturale grele pentru betoane și mortare cu lianți minerali.
10. STAS 8877-86. Emulsii bituminoase cationice cu rupere rapidă pentru lucrările de drumuri.
11. STAS 754-86. Bitum heparafinos pentru drumuri
12. STAS 10969/2-88 Adezivitatea emulsiilor bituminoase la gargarate naturale. Metodă de determinare.
13. Instrucțiuni privind organizarea, funcționarea și sarcinile laboratorului formației de mixturi bituminoase. Publicate în Buletinul Construcțiilor nr.5/1980.