

Chim. Ileana STELEA

TEZĂ DE DOCTORAT

Conducători științifici:

Prof.Dr.Ing. Laurențiu NICOARĂ

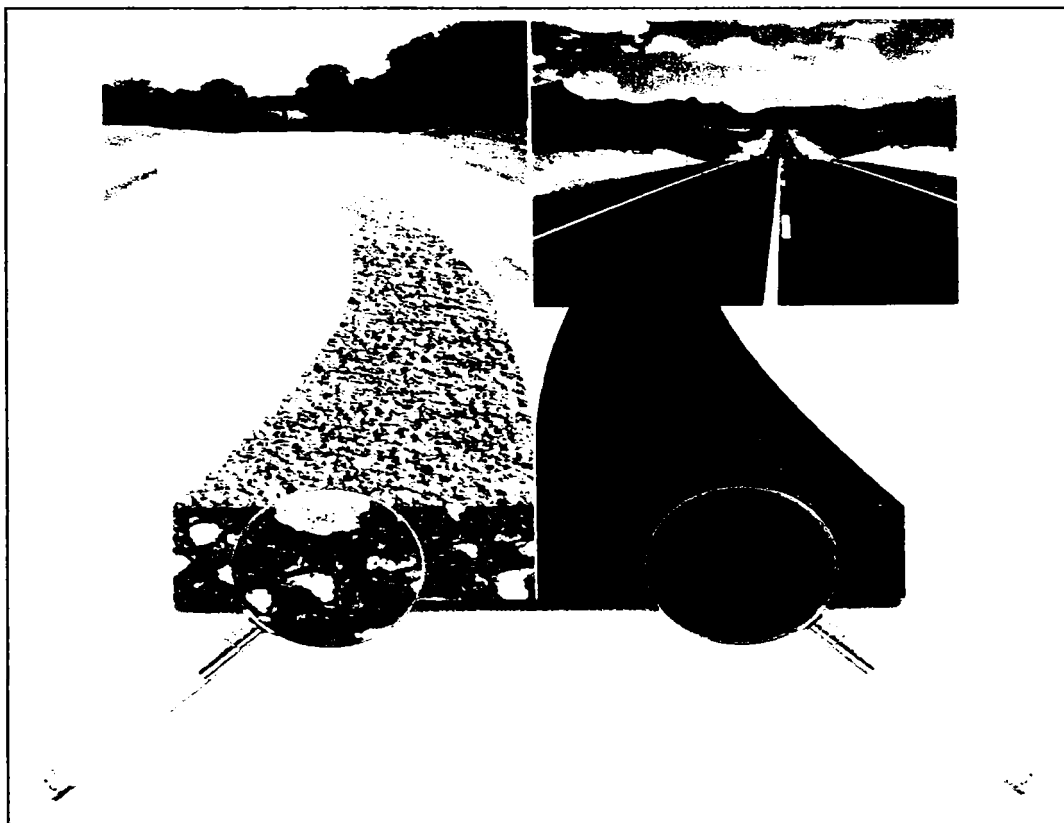
Prof.Dr.Ing. Ion COSTESCU

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA

Timișoara, 2003

Chim. Ileana STELEA

**CONTRIBUȚII LA STUDIUL, DIVERSIFICAREA ȘI
COMPORTAREA ÎN EXPLOATARE A
ÎMBRĂCĂMINȚILOR RUTIERE BITUMINOASE**

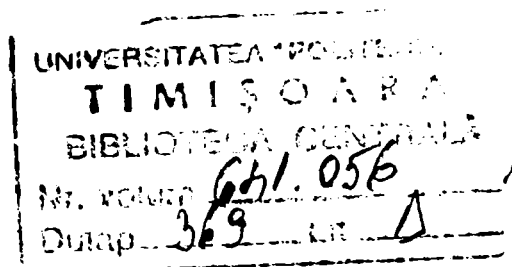


Conducători științifici:

Prof.Dr.Ing. Laurențiu NICOARĂ

Prof.Dr.Ing. Ion COSTESCU

Timișoara, 2003



Motto:

“Ca să fii drumar adevărat, trebuie să iubești drumurile din adâncul sufletului tău, să-ți faci din ele un ideal în viață, să trăiești permanent în mijlocul lor, ca să le înțelegi chemarea, să lupți cu înflăcărare și pasiune pentru dezvoltarea lor continuă, pentru progresul lor”

Prof. Dr. Ing. Laurențiu NICOARĂ

Memento

*Pentru mine finalizarea tezei de doctorat constituie un moment de referință pentru cel ce **a fost conducător științific Prof. Dr. Laurențiu NICOARĂ** prin bogăția de idei, vocația de cercetător, de talentul de pedagog, de îndelungata experiență practică a **profesorului NICOARĂ**, de maniera acestuia de lucru și de entuziasmul pe care îl însuflă colaboratorilor.*

*Sub conducerea **Domniei sale**, am reușit să aflu ce înseamnă a fi un drumar adevărat. Exactitatea și regularitatea dialogului său cu drumul și drumarii, a constituit sensul pragmatic pe care îl acorda actului pedagogic, de fundament teoretic al realității concrete de pe drumurile țării.*

*Bazat pe o largă și îndelungată experiență proprie pe un studiu vast și sistematic al publicațiilor de profil și pe rezultatele cercetărilor efectuate, **domnul profesor Laurențiu NICOARĂ** a publicat numeroase lucrări și cercetări destinate specialiștilor, a participat activ, cu referate și comunicări originale la foarte multe congrese și manifestări tehnice – științifice, interne și internaționale, unde intervențiile sale, bine documentate și argumentate au fost privite cu interes și apreciate. De aceste lucrări științifice au beneficiat din plin și au stat la baza realizării tezei de doctorat.*

*Suprema satisfacție a **Profesorului** a constituit-o discipolii, numeroșii discipoli pe care i-a modelat cu mâna sa și i-a luminat cu știința sa și care acum, risipiți prin toată țara, pe diverse nivele de ierarhie rutieră, poartă mai departe făclia înțelepciunii **Profesorului**.*

*Acești discipoli, au delegația de a fi purtătorii mesajului pe care **Profesorul** l-a lansat spre viitor și care a început să prindă contur sub ochii noștri și prin munca tuturor acelorora care își leagă numele de soarta României de mâine și a rețelei sale rutiere.*

Un gând de recunoștință celui ce mi-a fost conducător științific,

Ileana STELEA

Prefață

Teza de doctorat “**Contribuții la studiul, diversificarea și comportarea în exploatare a îmbrăcăminților rutiere bituminoase**” constituie o problemă de actualitate pentru cei ce lucrează în sectorul rutier, fiind prezentat un studiu complex referitor la diversificarea și urmărirea comportării în exploatare a îmbrăcăminților bituminoase.

Pentru realizarea și diversificarea îmbrăcăminților bituminoase performante sunt necesare studii privind factorii care acționează asupra acestora și efectele lor, comportarea în exploatare a structurilor rutiere suple existente și a celor reabilite. În acest sens, au fost necesare studii și investigații pentru a stabili cauzele care au produs defecțiunile apărute în îmbrăcămințile bituminoase. Literatura de specialitate studiată și investigațiile efectuate au pus în evidență necesitatea proiectării unor mixturi asfaltice performante pentru a rezista traficului actual și de perspectivă.

Studiile experimentale au constatat în:

- urmărirea comportării în exploatare a structurilor rutiere existente și a unor structuri rutiere reabilite stabilindu-se cauzele apariției unor degradări în îmbrăcămintea bituminoasă și eficiența lucrărilor de întreținere realizate;

- proiectarea și experimentarea unor mixturi asfaltice performante realizate cu fibre tip PNA indigene și a unor mixturi asfaltice antifăgaș, cu sau fără adaos de var, cu cribluri sau amestec de cribluri și pietriș concasat;

- studiul privind influența constituenților mixturilor asfaltice asupra proprietăților acestora prin efectuarea încercărilor de laborator pe probe preparate folosind agregate provenind de la diferite cariere sau balastiere, filer și var de la diferite surse pe de o parte, iar pe de altă parte pe probe de mixturi asfaltice cu compoziții diferite, realizate cu bitumuri de consistență diferită;

- verificarea comportării la orniere și la agresivitatea traficului.

De asemenea, a fost efectuat un studiu privind optimizarea lucrărilor de întreținere, punând în evidență importanța programului de priorizare multianuală în alegerea momentului intervenției, precum și alegerea celor mai eficiente tehnologii din punct de vedere tehnic și economic. Studiul de caz, efectuat pe un drum județean, a arătat importanța programului de optimizare a lucrărilor de întreținere a drumurilor, punând în evidență influența restricțiilor bugetare asupra rețelei rutiere și în primul rând asupra utilizatorilor drumurilor.

Pe baza studiilor și experimentărilor efectuate s-au realizat mixturi asfaltice performante care să reziste deformațiilor datorate traficului actual.

Teza de doctorat este structurată pe 5 capitole, bibliografie și anexe, 304 pagini, 98 figuri, 147 tabele și 77 formule.

Capitolul 1 Rolul și locul drumurilor în economia națională cuprinde unele aspecte teoretice referitoare la rolul drumurilor și în special rolul stratului de rulare asupra confortului și siguranței utilizatorilor drumului și asupra întregii structurii rutiere.

Pe baza bibliografiei studiate au fost puși în evidență factorii și efectele acestora asupra structurii rutiere și în special asupra stratului de rulare. Pe baza studiilor efectuate a rezultat necesitatea diversificării și realizării îmbrăcăminților rutiere bituminoase în general și în special a realizării unor mixturi asfaltice performante.

Capitolul 2. Comportarea în exploatare a îmbrăcăminților bituminoase. Sunt prezentate studiile și cercetările proprii efectuate pe unele sectoare de drum, pe parcursul a 6 (7) ani cu scopul de a urmări comportarea în exploatare a unor structuri rutiere flexibile. Studiile s-au desfășurat pe baza programului american LTPP (Long Term Pavement Performance), program la care România s-a afiliat începând din anul 1993.

Investigațiile de teren și laborator pe probele prelevate au pus în evidență evoluția degradărilor în timp și cauzele apariției și dezvoltării degradărilor în îmbrăcămințile bituminoase existente. De asemenea, au fost puse în evidență calitatea și eficiența tehnologiilor de întreținere și reabilitare utilizate pe unele sectoare de drum, precum și rolul mixturilor asfaltice în prevenirea degradărilor. Cercetările efectuate au drept scop constituirea unei baze de date privind performanțele pe termen lung a îmbrăcăminților bituminoase la nivel național.

Capitolul 3. Optimizarea întreținerii drumurilor, cuprinde studiul teoretic privind necesitatea întreținerii drumurilor punând în evidență faptul că, valoarea indicilor de degradare nu reflectă ea singură rata de deteriorare fiind necesară cunoașterea *duratei de exploatare rămasă*. În acest sens, pe baza studiilor teoretice au fost efectuate, în colaborare cu CESTRIN București, un studiu de caz pe un drum județean pentru optimizarea lucrărilor de întreținere.

Pe baza bibliografiei studiate s-a pus în evidență importanța optimizării lucrărilor de întreținere a drumurilor. Prin contribuții proprii, pe baza studiului efectuat, au fost reținute câteva strategii de întreținere cu și fără restricții bugetare, stabilind momentul intervenției, tehnologia eficientă din punct de vedere tehnic și economic, precum și bugetul necesar pe întreaga perioadă analizată și repartiția acestuia pe ani.

Capitolul 4. Considerații privind realizarea și diversificarea îmbrăcăminților bituminoase prezintă studiile proprii efectuate în laborator pentru proiectarea unor mixturi asfaltice armate cu fibre tip PNA și mixturi asfaltice antifăgaș care să reziste la deformațiile datorate traficului greu. Folosind mixturile asfaltice proiectate și studiate în laborator s-au realizat sectoare experimentale ce au fost urmărite în exploatare.

De asemenea, s-a studiat comportarea la ornieraj a mixturilor asfaltice proiectate și experimentate, punând în evidență o comportare bună la deformații.

Capitolul 5. Concluzii finale. Contribuții personale și valorificarea cercetărilor conține concluziile finale asupra subiectului tezei de doctorat, contribuțiile personale și felul cum au fost valorificate studiile și cercetările efectuate.

Teza de doctorat s-a desfășurat sub îndrumarea domnului Profesor Dr. Ing. Laurențiu NICOARĂ și a domnului Profesor Dr. Ing. Ion COSTESCU, cărora țin să-mi exprim profunda recunoștință pentru înalta competență și exigență cu care m-au călăuzit în întreaga activitate de studii și cercetări efectuate în vederea elaborării tezei de doctorat, pentru dragostea și pasiunea ce mi-au insuflat-o față de drumuri, pentru formarea mea profesională.

Exprim mulțumiri și recunoștință conducerii Universității “Politehnica” din Timișoara și cea a Facultății de Construcții și Arhitectură, pentru organizarea desăvârșită a acestei perioade de lucru. Un gând de recunoștință se îndreaptă spre colectivul Departamentului de Inginerie Geotehnică și Căi de Comunicație Terestră, conducerii acesteia, Domnului profesor dr.ing. Virgil HAIDA, pentru căldura cu care m-au înconjurat și ideile pe care mi le-au dat în decursul elaborării tezei.

Pentru modul generos în care m-au sprijinit în efectuarea lucrărilor de laborator, în urmărirea sectoarelor experimentale, în sistematizarea datelor, aduc mulțumiri colectivului de la Secția Laborator și Secția Structuri Rutiere a Centrului de Studii Tehnice Rutiere și Informatică din București (CESTRIN), care au sprijinit și urmărit cercetările efectuate de autor.

Pentru executarea sectoarelor experimentale îmi exprim mulțumirea și recunoștința conducerii Secțiilor de drumuri Arad, Deva, Târgu-Jiu, conducerii D.R.D.P. Timișoara și D.R.D.P. Craiova și în mod special, Centrului de Cercetări de Materiale Macromoleculare și Membrane S.A. București, care au participat activ la realizarea noilor tehnologii rutiere, precum și conducerii societății ANCORAD Oltenia și în special conducerii lotului Drăgoeni, care m-au sprijinit în realizarea sectoarelor experimentale.

Calde mulțumiri adresez domnului Profesor Dr. Ing. Vlad NICOLAE pentru încercările efectuate cu tehnologiile propuse de autor pe pista statică de încercări rutiere accelerate ce aparține Universității Tehnice “Gh. Asachi” din Iași.

De asemenea, îmi exprim mulțumirile și recunoștința tuturor celor ce lucrează la Direcția Regională de Drumuri și Poduri Timișoara și a celor din cadrul CESTRIN București, care sub o formă sau alta au contribuit și sprijinit la elaborarea și redactarea tezei de doctorat.

Din suflet mulțumiri deosebite familiei mele care mi-a fost aproape și m-a susținut permanent pe tot parcursul elaborării tezei.

Ileana STELEA

1. Rolul și locul drumurilor în economia națională	1
1.1. Generalități	1
1.2. Transporturile și rețeaua rutieră	3
1.2.1. România în rețeaua rutieră europeană	5
1.2.2. Influența stării tehnice a drumurilor asupra costurilor	8
1.3. Stratul de rulare	14
1.3.1. Rolul stratului de rulare	14
1.3.2. Factorii care acționează asupra stratului de rulare	18
1.3.2.1. Timpul și condițiile climaterice	19
1.3.2.2. Acțiunea traficului asupra căii	20
1.3.3. Calitățile suprafeței de rulare	29
1.3.3.1. Uniformitatea și planeitatea	30
1.3.3.2. Rugozitatea	34
1.4. Concluzii	38
2. Copmportarea în exploatare a îmbrăcăminților bituminoase	43
2.1. Programul Strategic Highway Reasearch Program (SHRP)	43
2.1.1. Obiectivele programului Long-Term Pavement Performance (LTPP)	44
2.2.2. Activitățile programului LTPP	47
2.2. Studiu de caz privind desfășurarea programului de evaluare a performanțelor îmbrăcăminților rutiere, pe termen lung, aplicat pe rețeaua de drumuri din România (RO-LTPP)	48
2.2.1. Selectarea sectoarelor RO-LTPP	50
2.2.1.1. Structura rutieră a sectoarelor de drum RO-LTPP selectate	50
2.2.2. Investigații de teren	52
2.2.2.1. Starea de degradare	53
2.2.2.2. Rugozitatea suprafeței de rulare	60
2.2.2.3. Uniformitatea suprafeței de rulare	64
2.2.2.4. Traficul recenzat	67
2.2.2.5. Măsurători de capacitate portantă	67
2.2.3. Investigații de laborator pe sectoarele RO-LTPP	70
2.2.3.1. Încercări pe probele prelevate din straturile bituminoase	71
2.2.3.2. Caracteristicile geotehnice ale pământului	91
2.3. Comportarea în exploatare a straturilor bituminoase utilizate la unele lucrări de întreținere sau reabilitare	96
2.4. Concluzii privind desfășurarea programului RO-LTPP	99
3. Optimizarea întreținerii drumurilor	102
3.1. Necesitatea întreținerii drumurilor	104
3.1.1. Metodă rapidă de apreciere a necesității întreținerii drumurilor	108
3.2. Factorii hotărâtori în stabilirea momentului și a lucrărilor de întreținere	111

3.2.1. Importanța indicilor de degradare în stabilirea lucrărilor de întreținere a drumurilor	112
3.2.1.1. Indicii de degradare pe tipuri de degradări	112
3.2.1.2. Indicii de degradare combinați (CPI)	115
3.2.1.3. Indicele de degradare total (OPI)	116
3.2.1.4. Rolul indicilor de degradare	117
3.2.1.5. Utilizări și limite ale indicelui de degradare combinat (CPI) și a indicelui total (OPI)	118
3.2.2. Starea de exploatare a îmbrăcămintei bituminoase și indicele de planeitate internațional	121
3.2.3. Importanța duratei de exploatare reziduală	123
3.3. Optimizarea activităților de management al drumurilor	129
3.3.1. Metodele de analiză a lucrărilor de întreținere și reabilitare a drumurilor	130
3.3.2. Etapele prioritizării multianuale	138
3.3.2.1. Analiza performanței	138
3.3.2.2. Strategiile și lucrările de menținere a îmbrăcăminților bituminoase în stare de viabilitate bună	138
3.3.2.3. Metode de analiză a prioritizării multianuale	139
3.3.2.4. Date și necesități de analiză a prioritizării multianuale	139
3.3.2.5. prioritizarea multianuală în cadrul administrațiilor de drumuri	140
3.3.3. Alegerea strategiei de reabilitare sau întreținere prin analiza de priorizare multianuală	142
3.3.3.1. Componentele analizei	142
3.3.3.2. Obiectivele analizei	144
3.3.4. Metode utilizate pentru analiza strategiilor	147
3.3.5. Parametrii de analiză în prioritizarea multianuală	151
3.3.5.1. Parametrul cost-eficiență marginală (MCE)	153
3.3.5.2. Creșterea raportului beneficiu/cost	157
3.3.6. Etapele de selecție a strategiilor într-o priorizare multianuală	159
3.4. Studiu de caz. Alegerea strategiei optime de întreținere pe baza prioritizării multianuale	161
3.4.1. Evaluarea stării tehnice	161
3.4.1.1. Evaluarea stării de degradare	162
3.4.1.2. Determinarea capacității portante	162
3.4.1.3. Planeitatea în profil longitudinal a suprafeței	165
3.4.2. Determinarea grosimii straturilor de ranforsare	166
3.4.2.1. Alcătuirea structurii rutiere	166
3.4.2.2. Calculul traficului de perspectivă	167
3.4.3. Analiza economică și prioritizarea lucrărilor de întreținere	169
3.4.3.1. Constituirea bazei de date	170
3.4.3.2. Stabilirea secțiunilor omogene	170
3.4.3.3. Definirea unor strategii de întreținere optimă pe termen lung	172
3.4.3.4. Stabilirea priorităților de intervenție	173
3.4.4. Concluzii	183
3.5. Concluzii privind optimizarea întreținerii drumurilor	183

4. Considerații privind realizarea și diversificarea îmbrăcăminților bituminoase	192
4.1. Influența componentilor mixturilor asfaltice asupra deformației îmbrăcăminților bituminoase	193
4.1.1. Tipul liantului	194
4.1.2. Influența agregatelor	195
4.1.3. Influența nisipului natural	195
4.1.4. Influența compactității	196
4.1.5. Influența părților fine (filer) și a raportului părți fine/bitum	197
4.3. Puncte sensibile pentru asigurarea calității îmbrăcăminților bituminoase	199
4.4. Cercetări privind realizarea unor îmbrăcămiți bituminoase performante	202
4.4.1. Mixturi asfaltice realizate cu fibre indigene	202
4.4.1.1. Modul de comportare a mixturilor asfaltice armate cu fibre	203
4.4.1.2. Tehnologii de utilizare a fibrelor la armarea mixturilor asfaltice	205
4.4.1.3. Tipuri de fibre. Proprietăți.	206
4.4.1.4. Teste de compatibilitate bitum- fibre	216
4.4.1.5. Proiectarea mixturilor asfaltice cu adaos de fibre	218
4.4.1.6. Mixturi asfaltice armate cu fibre indigene	220
4.4.1.7. Sectoare experimentale realizate cu fibre tip PNA indigene	221
4.4.1.8. Comportarea în exploatare a sectoarelor experimentale	224
4.4.1.9. Încercări accelerate efectuate pe mixturile asfaltice cu adaos de fibre tip PNA	226
4.4.2. Mixturi asfaltice antifăgaș	233
4.4.2.1. Cauzele care determină apariția făgașelor	233
4.4.2.2. Exigențele mixturilor asfaltice antifăgaș	234
4.4.2.3. Influența varului asupra bitumului și a mixturilor asfaltice	236
4.4.3. Mixturi asfaltice realizate cu var	240
4.4.3.1. Caracteristicile fizico-mecanice ale agregatelor naturale	241
4.4.3.2. Proiectarea mixturilor asfaltice cu sau fără var	243
4.4.3.3. Caracteristicile fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice proiectate	250
4.4.3.4. Concluzii privind rezultatele obținute în laborator	257
4.4.4. Sectoare experimentale realizate cu mixturi asfaltice antifăgaș	260
4.4.4.1. Urmărirea comportării în exploatare a sectoarelor experimentale realizate cu mixturi asfaltice antifăgaș	264
4.4.4.2. Calculul agresivității traficului pentru sectorul experimental realizat cu mixturi asfaltice antifăgaș pe D.N.66 km 10+100... 10+350	267
4.4.4.2.1. Estimarea agresivității traficului greu	268
4.4.4.2.2. Verificarea capacității portante a structurii rutiere ranforsate	274
4.4.4.2.3. Verificarea la omieraj	275
4.5. Concluzii	276
5. Concluzii finale. Contribuții personale și valorificarea rezultatelor	280
5.1. Concluzii finale	280
5.2. Contribuții personale și valorificarea rezultatelor	285
BIBLIOGRAFIE	289
ANEXE	

CAPITOLUL 1

ROLUL ȘI LOCUL DRUMURILOR ÎN ECONOMIA NAȚIONALĂ

1.1. GENERALITĂȚI

Istoria drumurilor este la fel de veche ca și omenirea. Omul, ca ființă sociabilă, a simțit nevoia să fie în legătură cu semenii săi și de aceea așezările omenești sunt unite între ele prin multiple legături de ordin social și economic. Statele, orașele și localitățile au simțit nevoia de comunicare, iar drumurile le-au satisfăcut această nevoie.

Drumurile reprezintă calea de transport dominantă în lume, atât în țările dezvoltate cât și în cele în curs de dezvoltare.

Transporturile constituie una din componentele principale ale vieții economice a societății umane.

Considerând esențiali factorii civilizației fără de care existența omului ca ființă socială și culturală este de neconceput, drumul apare drept un component nelipsit pentru dezvoltarea continuă a transporturilor rutiere, caracterizate prin creșterea numărului de vehicule, a mărfurilor transportate precum și a transportului de călători ceea ce conferă drumurilor publice un rol vital în economia generală a oricărei țări.

Semn evident al dezvoltării comerțului, implicit al industriei producătoare de mărfuri, al dezvoltării forței militare, al dezvoltării culturii, drumul însoțește etapele istoriei unui popor și nu de puține ori contribuie la desăvârșirea acestora.

<< **Via vita est** >> - drumul este o viață, are un început și nu se termină întotdeauna acolo unde vrem noi.

Referitor la locul și rolul drumului M. Delbeke [190], Ministrul Lucrărilor Publice din Belgia, în discursul inaugural la al II –lea Congres al Drumurilor 1910, a trasat adevărate jaloane care au ghidat activitatea ulterioară a sectorului rutier în lume. M. Delbeke preciza următoarele:

- * nimic din amenajarea planetei locuite de om nu are mai mare importanță ca **DRUMUL**;
- * pentru a scăpa de mizerie o regiune are nevoie de **DRUMURI**;
- * **DRUMUL** determină apariția, în preajma sa, a locuințelor moderne, curate confortabile;
- * apariția **DRUMURILOR** aduce cu sine civilizația;

* pe bună dreptate se spune “**Via vita**”, deoarece **DRUMUL** este, pentru populație, prosperitate și civilizație. Este **VIATĂ**.

Referitor la importanța drumurilor, la al -III-lea Congres Mondial de Drumuri din Londra 1913, inginerul român **Elie Radu** în discursul său din ședința plenară, a spus: <<**dacă problemele drumurilor nu pot avea soluții complete, atâta cu toate acestea, în noi toți, devotați servitori ai drumurilor, ardoarea generoasă și căldura inimii, fără de care nici un progres nu-i posibil**>> [190; 180].

Drumurile moderne au o influență pozitivă, demnă de luat în considerare, asupra vieții, fapt resimțit în activitatea zilnică a fiecăruia dintre noi. Ele stimulează buna dispoziție, creează ambianța necesară înfrumusețării zonelor din imediata lor apropiere, dau o notă de civilizație și invită la ordine și curățenie.

Când se cunoaște că majoritatea transporturilor de persoane se face pe drum, nu se poate concepe că, asigurarea unor condiții mai bune de circulație rutieră să nu contribuie substanțial la ameliorarea calității vieții oamenilor. Se știe că evaluarea unor asemenea ameliorări se oprește asupra securității, câștigurilor de timp și asupra confortului, pe care îl permite rețeaua rutieră. Valorificarea unor asemenea câștiguri se face prin intermediul observațiilor comportamentului utilizatorilor fără ca aceștia să știe că sunt observați, ceea ce garantează fiabilitatea rezultatelor obținute.

Amenajările rutiere urbane pot contribui în mod eficace la ameliorarea cadrului de viață al oamenilor, sub rezerva ca să se știe și să se adapteze bine urbanismului orașului. Astfel de amenajări, pot într-adevăr, să diminueze de o manieră importantă neajunsurile traficului rutier (accidente, zgomot, poluare).

Construcția unei rocade sau a unei ocoliri urbane, de exemplu, permite de a atinge acest obiectiv, evitând traversarea centrului de aglomerație de către traficul de tranzit. Evaluarea acestui avantaj se face actualmente prin intermediul unui indicator de reducere a neajunsurilor, care permite a pune în evidență ameliorarea obținută.

Sunt cunoscute cazurile când, prin construcția unei variante de ocolire a unei localități, noul drum, într-un interval foarte scurt de timp, a fost populat, oamenii construindu-și casele în apropierea drumului (Vinga, Baia de Criș, Târnava de Criș, etc.).

Îmbunătățirea calității vieții este legată de măsurile ce vizează siguranța circulației rutiere în scopul asigurării unor condiții cât mai bune pentru utilizatorii drumului și pentru creșterea gradului de confort și fluentă.

La al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri de la Iași 1998, un vorbitor [189], a comparat drumurile cu aparatul circulator al organismului, iar instituțiile

bancare cu sistemul lui nervos, arătând că <<aparaturile circulatoare dau semne de însănătoșire, în timp ce sistemul nervos se află, în continuare, în stare de somnolență>>.

Trebuie să înțelegem cu toții, de la mic la mare, că “ceva” s-a modificat în angrenajul economico-social în care ne învârtim, iar acest “ceva” îl constituie apariția utilizatorului ca factor activ și esențial în finanțarea activității drumurilor.

Anul 1997 a adus o schimbare netă a atitudinii utilizatorilor drumurilor față de aceste căi de comunicație. Conștienți, la modul concret de noua lor misiune de contribuabili, simțind pe pielea lor sau mai exact pe buzunarul lor, ce înseamnă contribuția la fondul special al drumurilor, utilizatorii sunt mai pretențioși față de calitatea muncii drumarilor. Ei nu se mai mulțumesc cu explicații ci doresc să circule pe drumuri mai bune, mai bine întreținute și semnalizate, în condiții de fluentă și securitate. Exigențele sunt îndreptățite și considerăm că trebuie subscris la ele. În fond, oamenii plătesc și au tot dreptul să pretindă să circule civilizată.

Banii utilizatorului contribuie în mod direct și substanțial la creșterea viabilității și la îmbunătățirea stării tehnice a rețelei rutiere. Utilizatorul este beneficiarul drumurilor și toate acțiunile și eforturile drumarilor trebuie să fie subordonate satisfacerii exigențelor lui, care nu cer altceva decât conștiinciozitate și profesionalism din partea specialistului de drumuri, precum și atenție pentru cheltuirea cu folos și chibzuință a fondurilor ce se pun la dispoziția drumurilor.

Trebuie acordată atenție sporită “sistemului nervos” pentru ca “aparaturile circulatoare” să-și îndeplinească funcția sa în bune condiții și într-un timp îndelungat.

1.2. TRANSPORTURILE ȘI REȚEAUA RUTIERĂ

Luând în considerare gama complexă a cerințelor de transport rutier generat de creșterea schimburilor și rețelelor internaționale, de dezvoltarea turismului, de necesitățile sporite de mobilitate și recreație a oamenilor, se conturează mai pregnant rolul deosebit de important al unei infrastructuri rutiere adecvate acestor cerințe care să permită desfășurarea transporturilor auto în condiții de siguranță, confort și economicitate.

Este binecunoscut că nu există activitate economico-socială care să nu necesite transporturi de mărfuri și călători.

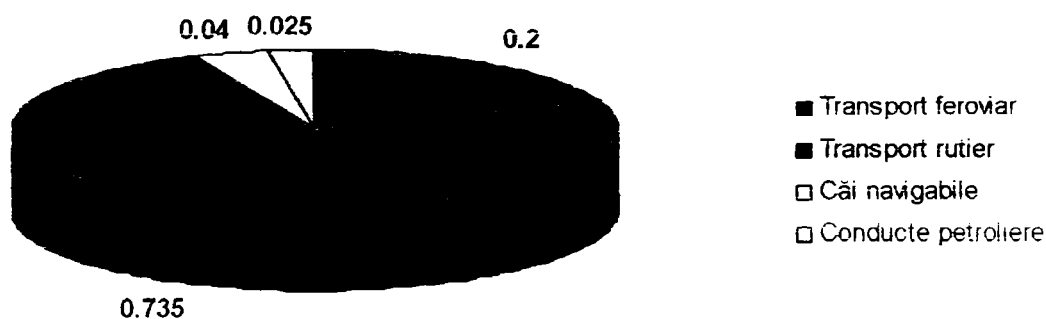
În sistemul economic și social general, transporturilor le revine un rol determinant, ele fiind indispensabile atât pentru desfășurarea normală a activităților economice cât și pentru satisfacerea nevoilor sociale ale membrilor societății.

Datele statistice atestă faptul că, transporturile rutiere dețin o pondere însemnată în totalul transporturilor.

Din studiile efectuate, pe rețeaua de drumuri din România se transportă în prezent 73,5 % din mărfuri și 63,4 % din totalul călătorilor, fiind pe departe cea mai solicitată rețea din sistemul de transport al țării.

Structura transportului de mărfuri și călători, pe moduri de transport, la nivelul anului 2002 este prezentată în figura 1.1.

Transport de mărfuri pe moduri de transport



Transport de pasageri pe moduri de transport

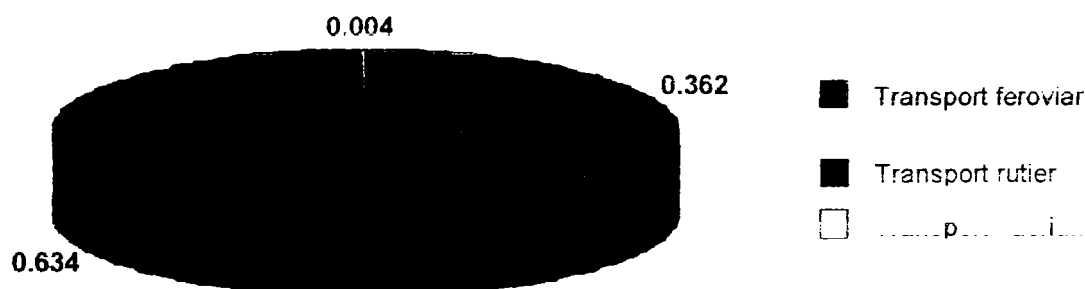


Figura 1.1. Structura transportului de mărfuri și călători

Se constată că, atât la transportul de mărfuri cât și la transportul de călători, transportul rutier este preponderent.

În România, prin reforma și strategia stabilită de Parlamentul României, se preconizează dezvoltarea infrastructurii transporturilor rutiere prin reabilitarea, modernizarea și dezvoltarea rețelei de drumuri, îmbunătățirea confortului călătorilor, creșterea siguranței circulației, eficientizarea transporturilor de mărfuri și călători,

mărirea mobilității populației concomitent cu armonizarea sistemului național de transport la sistemul european.

În acest sens, sunt necesare investiții considerabile în construcția de drumuri noi, în reabilitarea și întreținerea rețelei de drumuri existente. Administratorii drumurilor caută să obțină fonduri pentru aceste investiții și să dea o mai bună valoare banilor cheltuiți, o întrebuințare mai eficientă a resurselor limitate și să îmbunătățească calitatea lucrărilor și a serviciilor tuturor proiectelor de drumuri.

1.2.1. România în rețeaua rutieră europeană

Îmbunătățirea rețelei de drumuri este vitală pentru România avându-se în vedere politica de liberalizare a transporturilor în Europa. La cea de-a III-a Conferință Paneuropeană de la Helsinki, din Iunie 1997, s-au stabilit zece coridoare de transport care să asigure continuitatea și ritmicitatea traficului național și internațional în contextul realizării unei infrastructuri ce oferă nivelul tehnic corespunzător cerințelor traficului pe aceste direcții. (figura 1.2.).

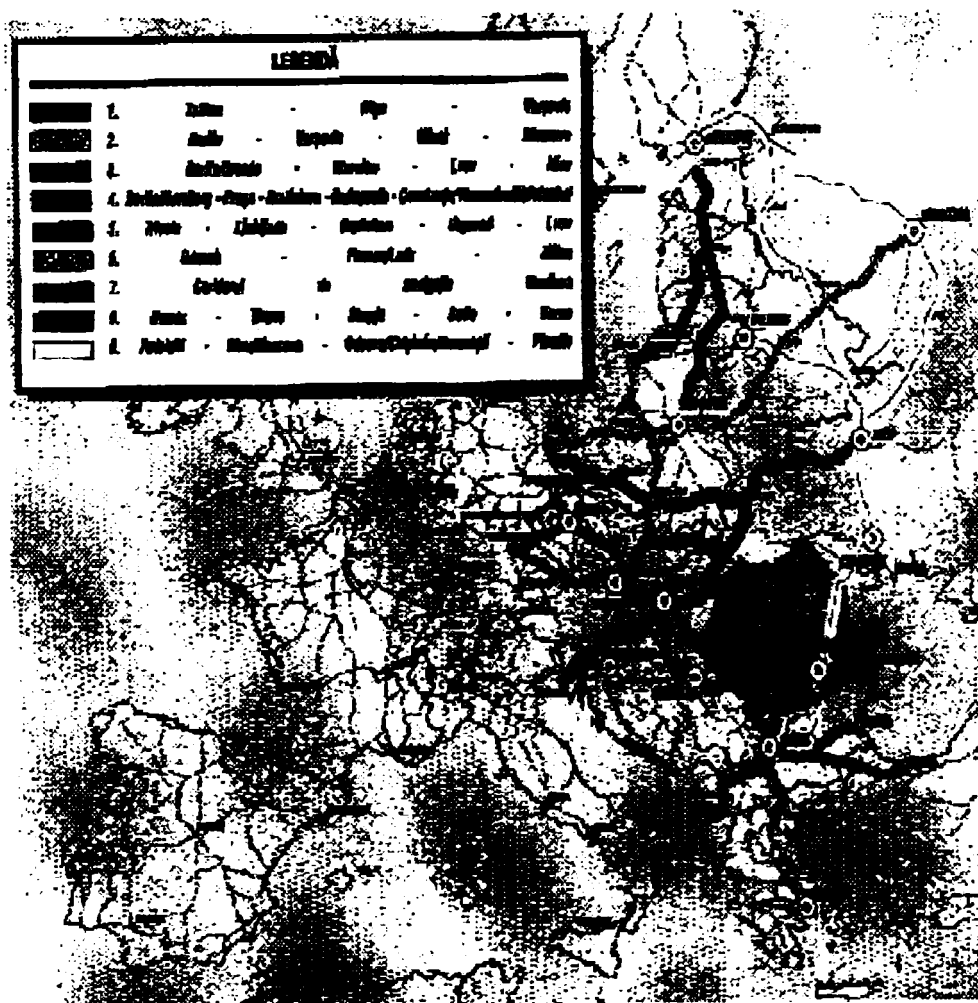


Figura 1.2. Coridoare Paneuropene

Pentru România au fost stabilite patru coridoare (figura 1.3.), și anume:

- coridorul 4: Nădlac - Arad - Timișoara - Craiova - Sofia;
- coridorul 4 C: Arad - Deva - Brașov - Pitești - București - Constanța;
- coridorul 7: navigație pe Dunăre;
- coridorul 9: Albița - Focșani - București - Giurgiu.

RETELE EUROPENE DE DRUMURI

Coridoare principale care traversează ROMANIA



CORRIDOR 4
Berlin/Nurnberg - Prague - Budapest - Bucharest - Constanta/Istanbul/Tessaloniki
CORRIDOR 7
Danube navigation Corridor / Coridorul de navigatie DUNAREA
CORRIDOR 9
Helsinki - St. Petersburg - Kiev /Moscow - Bucharest - Plovdiv - Alexandropolis

Figura 1.3. Coridoarele Paneuropene pentru România

Aceste coridoare au stat la baza strategiei dezvoltării drumurilor publice în România care răspund la următoarele premise:

- dezvoltarea infrastructurii de transport ca pârghie continuă de integrare a României în Uniunea Europeană, spre exemplu, realizarea unei infrastructuri la nivelul standardelor internaționale în conectarea infrastructurii românești de transport la rețeaua Paneuropeană;

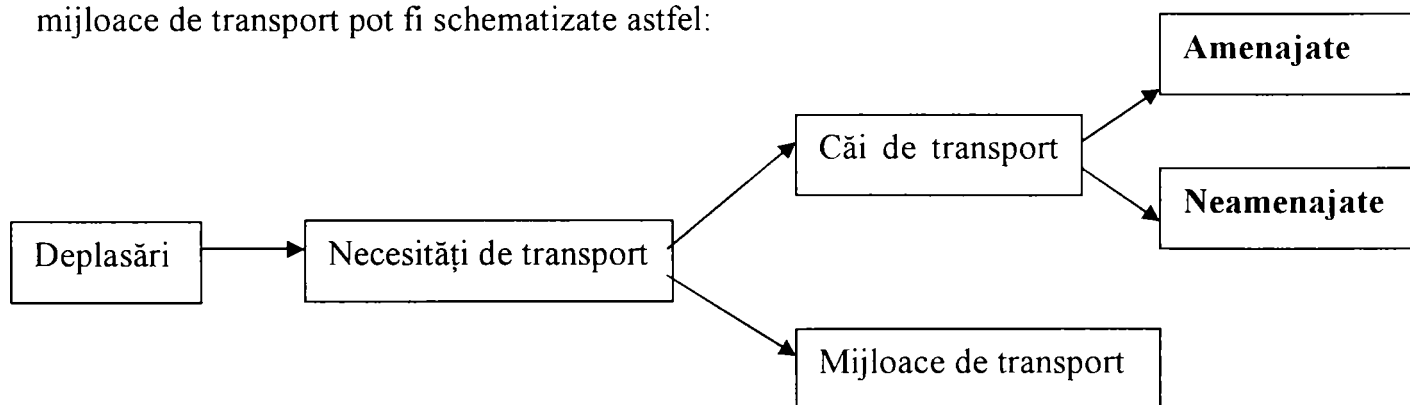
- prevederile acordului de asociere a României la Uniunea Europeană;
- dorința României de a se integra în structurile europene și euroatlantice.

Transporturile îndeplinesc un rol social și economic deosebit de important deoarece asigură circulația bunurilor și oamenilor în procesul de producție, repartiției și schimburilor materiale și spirituale. La acestea se adaugă și rolul important pe care îl are turismul intern și internațional ca mijloc de recreere și cunoaștere.

Efectuarea procesului de transport impune trei factori:

- mijlocul de transport (vehiculul) care poartă obiectul de transport;
- energia necesară punerii în mișcare a mijlocului de transport;
- calea pe care se deplasează mijlocul de transport.

Relațiile de cauzalitate între deplasări, necesități de transport, căi de transport și mijloace de transport pot fi schematizate astfel:



Ținând seama de faptul că, eficiența transporturilor depinde direct de starea drumurilor, Administrația Drumurilor a luat măsurile necesare pentru a asigura o stare de viabilitate corespunzătoare întregii rețele rutiere din țara noastră.

Dar, drumurile se degradează de o manieră ireversibilă, mai mult sau mai puțin repede în funcție de condițiile climaterice, de tipul structurii rutiere și suportului acesteia, de volumul circulației și de sarcina pe osie a autovehiculului. Starea necorespunzătoare a drumurilor generează cheltuieli suplimentare, iar neefectuarea la timp și în bune condiții a lucrărilor de întreținere generează degradarea într-un ritm

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

1.2.2. Influența stării tehnice a drumurilor asupra costurilor

Starea tehnică necorespunzătoare a rețelei de drumuri are consecințe negative asupra costurilor. În anumite situații este util de a distinge costurile 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 utilizatori, care trebuie comparate cu costurile de întreținere necesare pentru a menține drumul în stare bună de viabilitate.

Factorii care determină costurile pentru utilizatori cât și costurile sociale sunt menționați în tabelul 1.1.

Tabelul 1.1.

Costuri pentru Utilizatori	<ul style="list-style-type: none">- costul timpului: timpi de parcurs, influența negativă asupra circulației și timpul execuției lucrărilor de întreținere pe drum;- cheltuieli de exploatare a vehiculelor: uzura, consum de carburanți, lipsă de confort.
Costuri sociale	<ul style="list-style-type: none">- restricții de circulație în perioada de dezgheț;- costuri datorită accidentelor;- zgomot;- poluare.

Cheltuielile de exploatare a autovehiculelor se referă în mod special la consumul de carburanți, lubrifianți, piese de schimb, costuri de manoperă, etc.

Actualmente, puține date sunt disponibile pe ansamblul acestor costuri și cea mai mare parte a studiilor pun în evidență modificările în consumul de carburant în funcție de starea drumului. În figura 1.4 se prezintă costurile exploatarei vehiculului în funcție de indicii de confort (Canada).

Timpul 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 drumurilor se consideră relația cu uniformitatea longitudinală a suprafeței. Suedezii iau în considerare și efectul uniformității transversale a suprafeței (făgașele).

Relațiile între uniformitatea longitudinală a suprafeței "R" (mm/km) măsurată cu Bump Integrator și vitezele de parcurs "S" (km/h) au fost dezvoltate de Banca Mondială pentru Programe, având forma:

$$S = A_1 - 0,00089 R \quad (\text{pentru vehicule ușoare}) \quad [\text{km/h}] \quad (1.1.)$$

$$S = A_2 - 0,00060 R \quad (\text{pentru vehicule grele}) \quad [\text{km/h}] \quad (1.2.)$$

În aceste formule A_1 și A_2 sunt coeficienți ce depind de alți parametri legați de drum (menționați mai sus). Din studiu rezultă că trecerea de la o stare foarte bună privind uniformitatea ($R = 1\,500 \text{ mm/km}$) la o uniformitate rea ($R = 5\,000 \text{ mm/km}$) face să scadă viteza cu mai mult de 3 km/h [112].

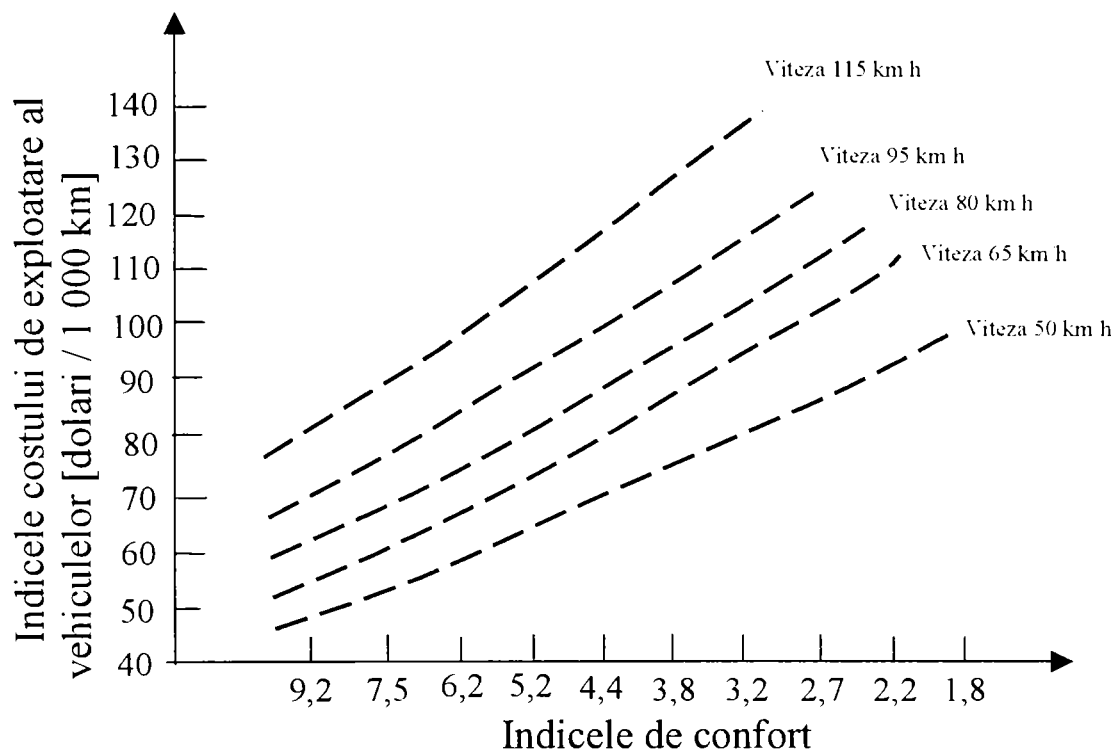


Figura 1.4. Costurile exploatări autovehiculului în funcție de indicele de confort

Câteva măsurători efectuate în Franța, înainte și după repunerea în funcțiune a unui drum, au condus la variații mai mari, până la 8 km/h [65; 193].

Starea tehnică necorespunzătoare din punct de vedere al uniformității suprafeței de rulare duce la creșterea costurilor privind autovehiculele (fig. 1.5.)[193].

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

Consumul de carburant al autovehiculelor poate fi influențat de macrorugozitatea îmbrăcămintei și de starea sa caracterizată prin uniformitatea longitudinală. Pe îmbrăcăminți cu o planeitate perfectă utilizarea unui tratament bituminos în loc de îmbrăcăminte bituminoasă majorează de la 20% la 30% valoarea rezistenței la rulare; suplimentul de consum de carburant poate fi de ordinul a 2% [28].

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

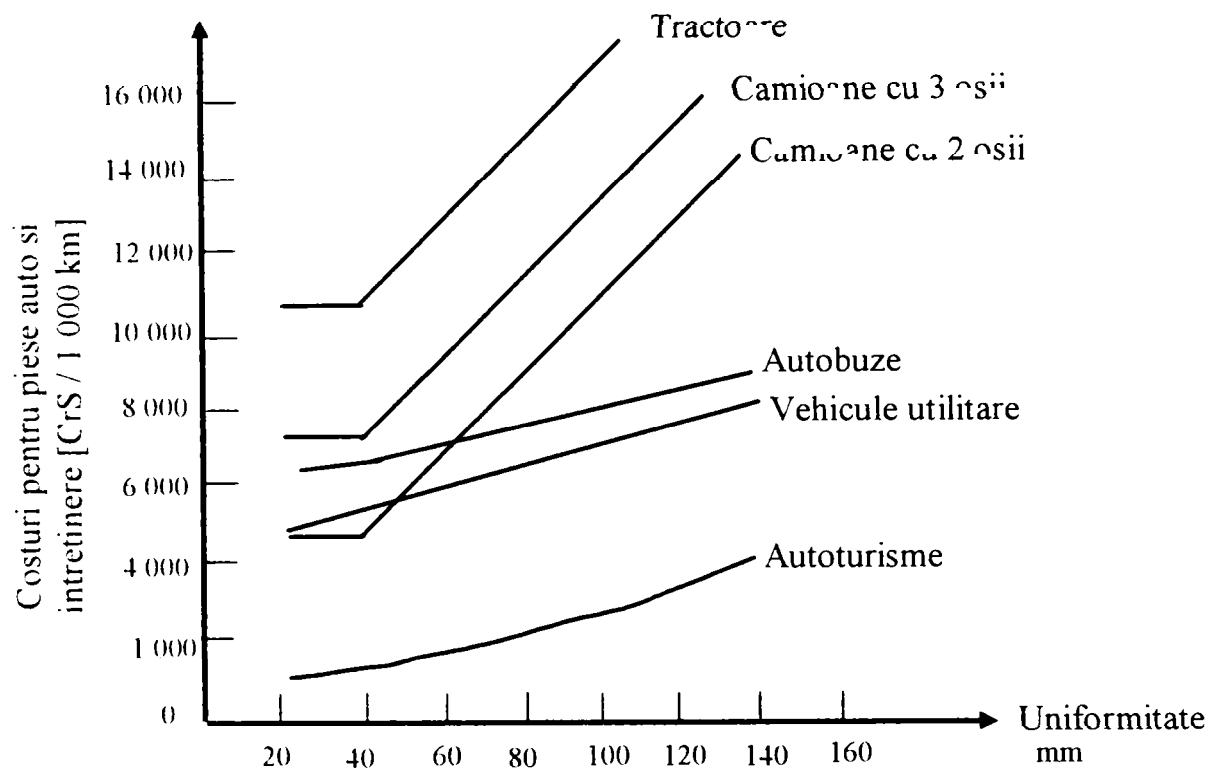


Figura 1.5. Creșterea costurilor exploatării vehiculelor în funcție de uniformitatea suprafeței de rulare

Restricțiile de circulație în perioada de dezgheț, antrenează pierderi economice pentru utilizatorii drumurilor. În Franța aceste costuri reprezintă de la 1...6 % din costurile totale ale utilizatorilor [192].

Accidentele. Riscul de accidente poate fi pus în legătură cu următorii parametrii caracteristici ai stării drumului: coeficientul de frecare longitudinal, transversal și planeitatea.

Relațiile între numărul de accidente prin derapaj și coeficientul de frecare transversal sunt prezentate în figura 1.6.

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

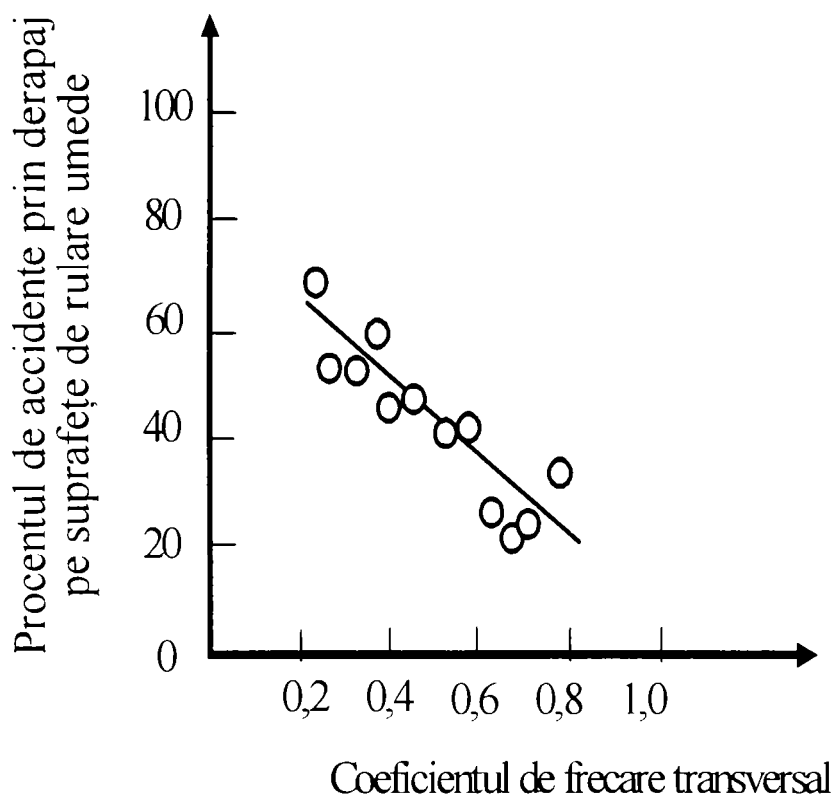


Figura 1.6. Influența coeficientului de frecare transversal asupra accidentelor de circulație

Zgomotul de rulare nu este decât o parte din zgomotul total al circulației. Măsurătorile de intensitate a zgomotului (redate în figura 1.7.) în funcție de rugozitatea drumului au fost realizate în Belgia și s-a constatat că [77]:

- pentru o îmbrăcăminte rutieră dată, zgomotul crește odată cu viteza, în timp ce aderența scade;
- nivelul de presiune acustică este în general o funcție crescătoare a rugozității geometrice;
- pentru o viteză dată zgomotul crește cu aderența.

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

Toate cele prezentate sunt câteva elemente ce pot fi luate în considerare pentru justificarea întreținerii și modernizării drumurilor însă greu de cuantificat.

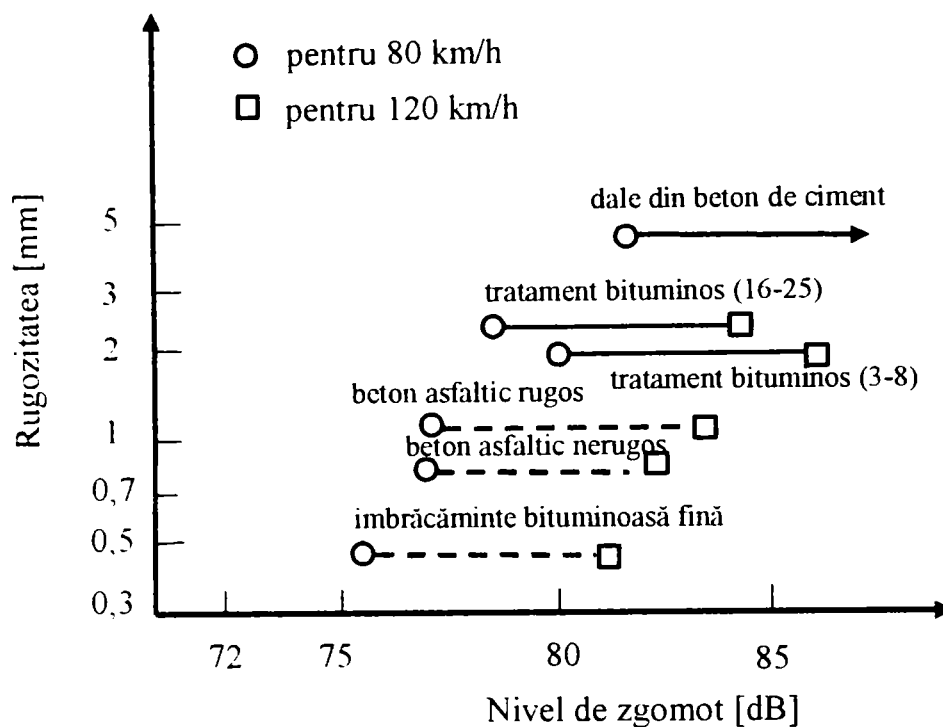


Figura 1.7. Relația dintre zgomot și rugozitate

Trăsătura caracteristică a activității de transport constă în faptul că nu creează produse noi ci numai participă la producția acestora. Datorită acestui fapt transporturile adaugă cheltuieli în plus, adică scumpesc produsul. Acest lucru îi face pe economiști să numească transporturile ca un “rău necesar”. Un rău fiindcă transporturile scumpesc mărfurile, dar necesar fiindcă fără ele producția materială nu se poate realiza.

Procesul de transport trebuie să se desfășoare cu îndeplinirea unor condiții impuse în așa fel stabilite, încât cerințele economiei naționale și ale populației să fie satisfăcute atât cantitativ cât și calitativ. Condițiile generale și specifice care se impun transporturilor în general, și celor rutiere în special sunt următoarele:

- siguranța circulației constituie condiția fundamentală a transporturilor, potrivit căreia toate mijloacele și instalațiile de transport trebuie să funcționeze neîntrerupt și în condiții perfecte, evitând în totalitate accidentarea călătorilor și personalului, distrugerea mărfurilor, avarierea și distrugerea mijloacelor și instalațiilor de transport;
- ritmicitatea transporturilor cerință care constă în respectarea regulată pe o perioadă dată de timp a aceluiași serviciu;
- cheltuieli minime de transport în vederea sporirii eficienței economice a producției materiale;
- durata cât mai redusă a transportului în scopul creșterii eficienței economice a acestora precum și pentru limitarea timpului cât mărfurile sunt scoase din sfera

producției și creșterea timpului acordat odihnei și agrementului în bugetul de timp al populației;

- confortul călătorilor care constituie condiție specifică transportului de călători.

Asigurarea confortului se efectuează prin acțiuni specifice asupra căii de transport (drum) cât și asupra mijloacelor de transport:

- integritatea cantitativă și calitativă a mărfurilor care implică menținerea proprietăților fizico-chimice ale acestora pe durata transporturilor;

- reducerea poluării mediului înconjurător se referă la producerea zgomotelor, eșaparea în atmosferă de gaze nocive și deversarea, în râuri, fluvii și mări a apelor murdare, uleiuri, etc.

Orice abatere de la cerințele calitative ale transporturilor trebuie tratată ca deficiență care reduce eficiența tehnică, economică și socială a activității de transport.

Cerințele calitative de transport sunt legate de stare tehnică a drumurilor reflectată prin calitatea suprafeței de rulare pe care se efectuează transportul.

Pentru toți cei care sunt implicați în asigurarea transporturilor rutiere se pun întrebări de felul următor: **“Vom avea drumuri mai bune?”**, **“Vom avea condiții de confort și siguranța circulației mai bune ?”**, **“Vom cheltui mai puțin pentru exploatarea vehiculelor și a rețelei rutiere?”**.

Toate aceste întrebări trebuie să-și găsească răspunsul prin realizarea unor obiective strategice și anume:

- ridicarea nivelului standardelor pentru orice servicii solicitate de utilizatorii drumurilor;

- asigurarea unei mai bune eficiențe a utilizării fondurilor și reducerea costurilor unitare;

- îmbunătățirea suprafeței de rulare, a elementelor ce concură la siguranța circulației rutiere;

- creșterea volumului de lucrări care să conducă la îmbunătățirea stării tehnice a drumurilor și a scurtării timpului de deplasare în deplină siguranță a circulației.

Stabilirea strategiei optime de întreținere preventivă și reforme coordonată precum și planificarea lucrărilor de întreținere nu sunt posibile fără cunoașterea în orice moment a parametrilor de stare ai drumurilor (de portanță, de degradare, rugozitate, planeitate).

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 utilizatori.

Confortul și siguranța utilizatorului sunt date de starea suprafeței de rulare care are un rol important atât pentru structura rutieră cât și pentru desfășurarea traficului în bune condiții.

În continuare vom trata câteva aspecte legate de elementul <strat de rulare> din cadrul structurii rutiere.

1.3. STRATUL DE RULARE

Drumurile sunt construite pentru a permite rularea în siguranță și confort a vehiculelor. Stratul de rulare reprezintă ținta tehnicii rutiere în materie de drumuri, iar celelalte straturi trebuie să asigure stabilitatea căii de rulare.

Diferențierea vitezelor autovehiculelor ca și intensitatea traficului au condus la apariția drumurilor cu mai multe benzi de circulație și mai mult, la luarea în considerare a îmbrăcăminților drumului, stabilindu-se criterii de calitate pentru stratul de rulare, și anume:

- să reziste circulației în așa fel ca solicitările din trafic să nu producă o uzură apreciabilă;
- să permită o circulație comodă și ușoară;
- să aibă o poluare sonoră cât mai mică, spre a nu fi obositoare atât pentru cei de la volan cât și pentru cei din jurul drumului;
- să asigure traficului maximum de siguranță ;
- să permită reparații pe orice vreme fără eforturi și fără să se întrerupă circulația;
- să permită cu ușurință adaptarea la un trafic sporit.

Rezultă deci că starea tehnică rutieră nu are vacanță și este obligată să țină pasul cu dezvoltarea autovehiculelor.

1.3.1. Rolul stratului de rulare

Stratul de rulare are un rol deosebit de important în ceea ce privește uzura vehiculelor care circulă pe drum, consumul de carburanți și lubrifianți, timpul necesar pentru parcurs, întâzieri în transport cât și în ceea ce privește costul transporturilor. Din cercetările efectuate s-a stabilit că starea suprafeței de rulare a drumurilor poate aduce prejudicii transporturilor materializate prin costuri suplimentare și prin consumuri energetice de peste 50 % din costul normal al transporturilor.

Pentru a se evita asemenea situații se impune luarea unor măsuri permanente încă din faza de proiectare a drumurilor cât și pe parcursul exploatării lor într-o astfel de

manieră încât rețeaua carosabilă să-și mențină calitățile suprafeței în limitele standardelor sau caietelor de sarcini aprobate.

Astfel, un rol important în proiectarea structurilor rutiere inclusiv a straturilor de rulare îl are previziunea de trafic și în special a traficului greu, tipul structurii rutiere alese și metodologia de dimensionare, zona climaterică, alcătuirea structurii rutiere, respectarea tehnologiei de execuție, etc.

În mod similar, comportarea de lungă durată a îmbrăcăminților rutiere sub acțiunea încărcărilor repetate și în special a celor grele și foarte grele, combinate cu efecte ale factorilor naturali și de climă pot avea ca rezultat, de cele mai multe ori, apariția pe suprafața părții carosabile a degradărilor (denivelări, fâgașe, crăpături, etc.), ca urmare fie a unei cauze obiective (trafic foarte greu ce a depășit prevederile) fie a neefectuării de lucrări preventive de întreținere și reparații. În literatura de specialitate [66] se pun în evidență rolurile stratului de rulare care se referă la:

- **siguranță în exploatare;**
- **confortul utilizatorilor;**
- **protecția structurii rutiere.**

Siguranța în exploatare a unui vehicul pe o îmbrăcămințe modernă impune ca stratul de rulare să aibă proprietăți antiderapante, adică o suprafață rugoasă.

Rolul unei îmbrăcăminți rutiere cu suprafață rugoasă este acela de a asigura stabilitatea vehiculelor în mișcare prin realizarea unei aderențe cât mai bune între pneu și cale.

Problema realizării unor suprafețe rugoase și menținerea acestei rugozități un timp cât mai îndelungat devine din ce în ce mai importantă pe măsura creșterii intensității traficului și a vitezei de circulație.

Este interesant de urmărit modul de variație a coeficientului de frecare longitudinală în funcție de viteză și de felul îmbrăcăminței rutiere (fig. 1.8).

Se observă că îmbrăcămințile rutiere cu textură grosieră se comportă diferit din punct de vedere a variației coeficientului de frecare longitudinală la variațiile de viteză, în raport cu îmbrăcămințile rutiere cu textură fină.

Rezultă că utilizarea îmbrăcăminților rutiere cu textură fină (mortare asfaltice) este contraindicată mai ales pe sectoarele unde se prevăd viteze mari de circulație.

Literatura de specialitate [66] evidențiază relația ce există între factorii ce influențează performanțele de aderență ale stratului de rulare cu: tipul îmbrăcăminței rutiere, viteza de circulație, traficul, etc.

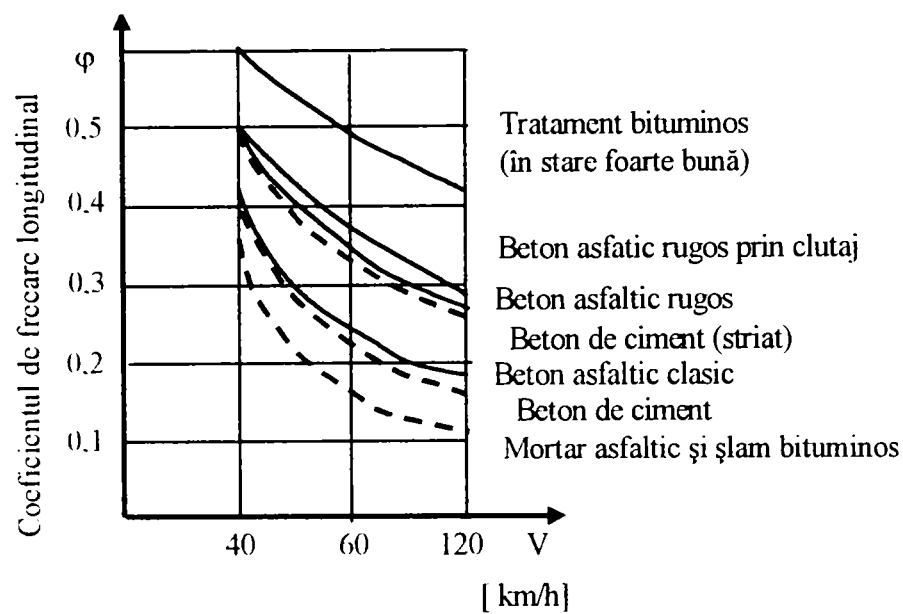


Figura 1.8. Variația coeficientului de frecare pneu – suprafață de rulare

Confortului utilizatorilor drumului. Una din cele mai importante cerințe ale confortului rutier este asigurarea pentru toți utilizatorii (indiferent cu ce mijloace de transport se deplasează) a unei suprafețe corespunzătoare a părții carosabile a drumului. Printre calitățile principale pe care trebuie să le posedă un drum este acela de a conferi o bună suprafață de rulare.

Se consideră o suprafață cu planeitate bună aceea al cărei profil longitudinal și transversal este identic sau diferă foarte puțin de cel prevăzut în proiect și care este lipsit în special de văluriri și denivelări.

Planeitatea este o calitate esențială, necesară nu numai pentru confortul utilizatorilor, dar și pentru reducerea cheltuielilor de transport și al uzurii vehiculelor. Exigențele privind uniformitatea suprafeței de rulare sunt direct proporționale cu intensitatea traficului rutier.

Pentru obținerea unei suprafețe uniforme, în primul rând este necesar ca structura rutieră să fie realizată în conformitate cu prevederile tehnologice din instrucțiunile tehnice în vigoare și din caietele de sarcini, prin folosirea celor mai perfecționate echipamente specifice pentru eliminarea parțială sau totală a muncii manuale.

Rolul de protecție al stratului de rulare privește în particular specialistul de drumuri deoarece calea de rulare:

- suportă direct agresiunea traficului și a condițiilor climaterice;
- oprește pătrunderea apei în celelalte straturi ale structurii rutiere, împiedicând astfel distrugerea legăturilor dintre straturi și mai ales interfața stratului de rulare cu stratul de legătură sau de bază.

Stratul de rulare trebuie, în plus, să asigure aceste roluri diferite într-o manieră cât mai durabilă. Calitatea lui trebuie deci să rămână convenabilă în pofida repetiției solicitărilor rezultate din trafic între intervalele de reabilitare.

În figura 1.9 se prezintă o secțiune transversală prin structura rutieră.

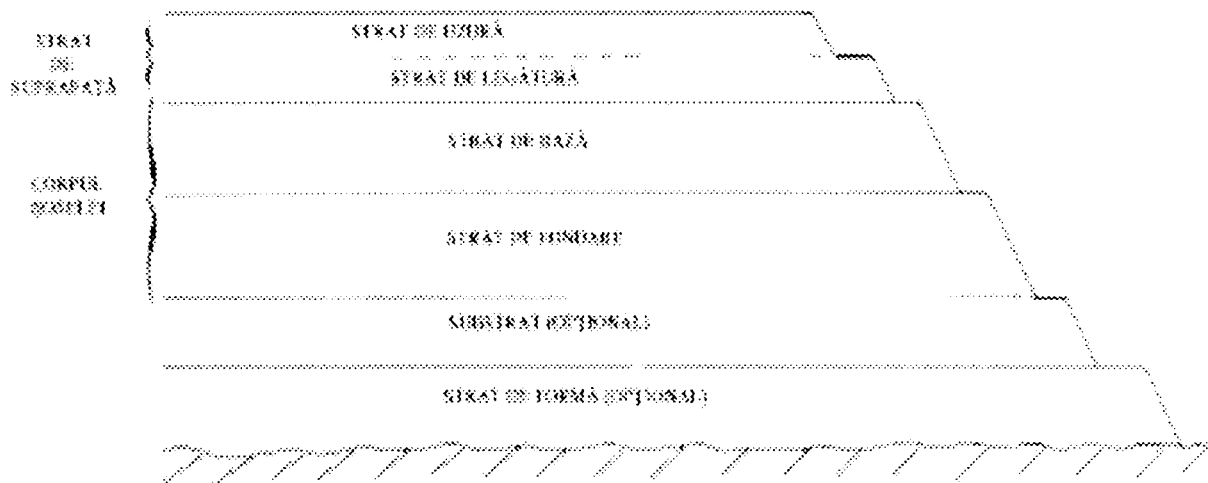


Figura 1.9. Secțiune transversală a unei structuri rutiere

Notă:

- **stratul de formă** este folosit când terenul natural prezintă caracteristici particulare slabe și eterogene;

- **substratul**, a cărui utilizare este opțională, dar care poate exista având rol:

* *anti-contaminant*: ecran contra ridicării elementelor argiloase sau mârloase în structura rutieră;

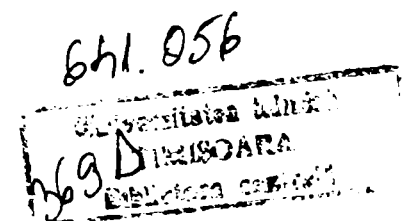
* *anti-capilar* : ecran contra urcării apei în corpul drumului sub acțiunea forțelor capilare;

• *anti-geliv*: realizat cu materiale insensibile la îngheț, pentru a spori grosimea totală a structurii până la o adâncime apropiată de pătrunderea maximă a înghețului.

În figura 1.10 se prezintă eforturile și deformațiile produse ca urmare a încărcărilor statice și dinamice ce acționează pe drum, care se transmit în fiecare strat ce alcătuiește structura rutieră.

Încărcarea (sarcina) pe suprafața drumului se definește prin presiunea pe suprafața de contact. La fiecare nivel al structurii rutiere: E_1 , E_2 , E_3 și E_4 fiind modulii de elasticitate pentru fiecare strat și al patului drumului, avem:

- $P_1 - P_2 - P_3$: eforturi verticale;
- $R_1 - R_2 - R_3$: eforturi radiale ;
- $\varepsilon_1 - \varepsilon_2 - \varepsilon_3$: deformații relative.



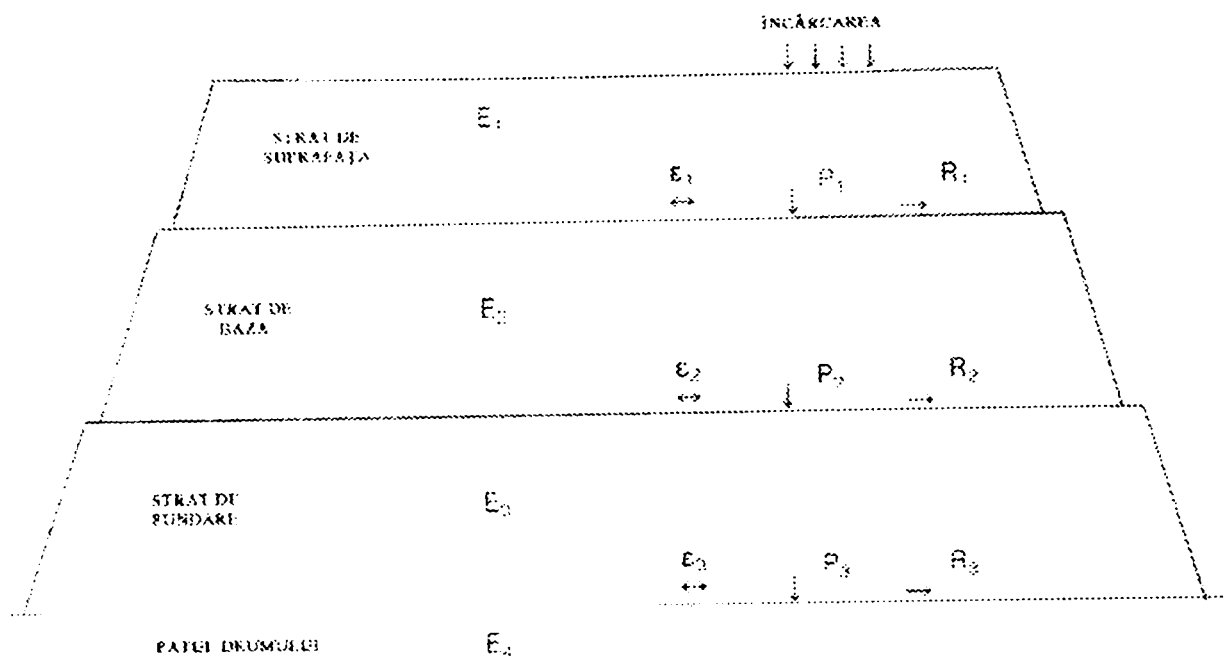


Figura 1.10 Starea eforturilor și deformațiilor într-o structură rutieră.

În îndeplinirea rolului de protecție a straturilor structurii rutiere, stratul de rulare trebuie să îndeplinească calitățile impuse de normele în vigoare.

În acest sens, specialistul de drumuri care proiectează, construiește și întreține drumul are un rol decisiv în îndeplinirea acestui deziderat.

Cunoscând rolul stratului de rulare vom prezenta în continuare care sunt sollicitările exercitate asupra sa.

1.3.2. Factori care acționează asupra stratului de rulare

Stratul de rulare din mixturi asfaltice suferă agresiuni repetate care provin din diferite surse:

- **timpul:** bitumul îmbătrânește în contact cu soarele, aerul și apa;
- **clima:** stratul de rulare este supus la temperaturi ridicate în sezonul de vară, ajungând la temperaturi atmosferice de +37...+42 °C, iar în sezonul rece, iarna, la temperaturi negative de -10...-25 °C. Variația de temperatură are influență negativă asupra menținerii unei suprafețe de rulare în stare corespunzătoare;
- **traficul:** în special traficul greu are efecte agresive asupra stratului de rulare, precum și a întregii structuri rutiere.

Unele din aceste surse pot să aibă efecte benefice sau negative asupra îmbrăcăminților bituminoase, efecte ce trebuie cunoscute și pe care le prezentăm în continuare.

Cei trei factori menționați au un rol important asupra calității suprafeței de rulare motiv pentru care vom analiza în continuare efectele lor .

1.3.2.1. Timpul și condițiile climaterice

Atunci când menționăm influența timpului asupra îmbrăcăminților bituminoase, nu trebuie să uităm că există cel puțin un efect benefic pentru drum numit autoreparare.

Termenul de autoreparare se referă la proprietatea îmbrăcăminților bituminoase de a reduce fisurile și porozitatea suprafeței de rulare prin migrarea liantului bitum din mixtură spre partea superioară a stratului de rulare sub acțiunea căldurii și a traficului.

Îmbătrânirea straturilor de mixturi asfaltice își are originea în acțiunea agenților atmosferici care sunt în majoritate legați de climă:

- **apa**: fragilizează legătura între bitum și agregate, micșorând adezivitatea pasivă a bitumului, contribuind deci la dezanrobarea mixturilor asfaltice și distrugerea lor mai devreme sau mai târziu;

- **aerul**: contribuie la evaporarea solvenților, el pătrunde în stratul de mixtură asfaltică, oxidând bitumul, îl face mai rigid și reduce durabilitatea stratului de rulare ;

- **lumina**: intervine prin razele ultraviolete favorizând oxidarea bitumului în contact cu aerul, sporind viteza de îmbătrânire a acestuia;

- **temperatura**: acționează asupra proprietăților mecanice a mixturilor asfaltice. La temperaturi scăzute îmbrăcămintea bituminoasă poate să fisureze, iar la temperaturi ridicate pot apare defecțiuni specifice: exudări ale bitumului, văluriri, fâgașe, etc.;

- **agenții chimici și în particular sarea**, folosită în sezonul rece la combaterea poleiului, acționează în diferite moduri asupra mixturilor asfaltice, și anume:

- * pot interveni direct asupra capacității portante prin reacții chimice, deși nu pare importantă, s-au constatat scăderi de rezistență;

- * pot apare fenomene de fisură datorită șocurilor termice dezvoltate de apariția gheții în mixtura asfaltică; calculul și experiența au arătat că acest șoc termic a fost slab;

- * menține o stare de umiditate la suprafața drumului și în această situație apare acțiunea nefastă ce trebuie asociată cu comportarea mixturilor asfaltice și prezența apei (dezanrobarea).

Efectele negative provocate de condițiile climaterice ca: apa, aerul, lumina, temperatura și agenții chimici, pot fi grave sau nu în funcție de timpul cât se manifestă, de timpul cât acționează asupra îmbrăcămintei rutiere. Dacă asupra unor factori climaterici putem interveni (cum ar fi apa) asupra altor factori climaterici nu se poate interveni (aerul, lumina, temperatura) și în acest caz trebuie luate măsuri legate de

proiectarea îmbrăcăminților bituminoase pentru a elimina efectele provocate de acești factori atmosferici.

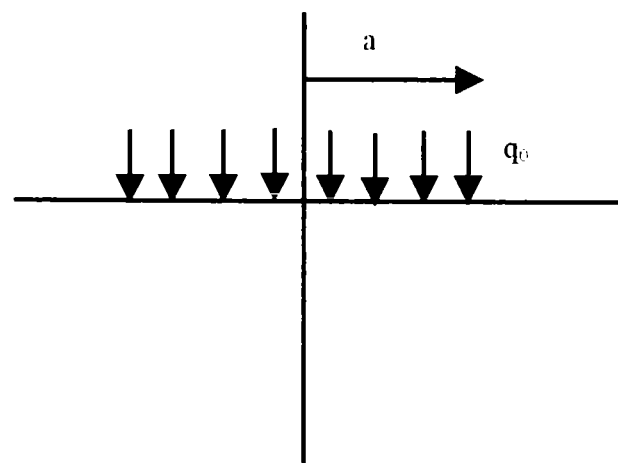
1.3.2.2. Acțiunea traficului asupra căii

Efectele traficului pot fi traduse prin degradări ce apar în îmbrăcămintea bituminoasă și în structura rutieră, dintre care menționăm: uzură, fluaj, fisurare din oboseală, etc.

Pentru a pune în evidență aceste efecte este util a prezenta eforturile și agresiunea exercitată de vehicul asupra drumului. Eforturile pot fi de doua feluri:

- eforturi verticale;
- eforturi horizontale.

Primul efort considerat este efortul vertical egal cu greutatea ce apasă asupra roții (figura 1.11). Acest efort nu este uniform distribuit pe suprafața de contact din cauza rigidității proprii și a proeminențelor roții. În general se consideră că, presiunea de contact este mai mare sub pneurile roții.



$p \sim 0,66 \text{ MPa}$

$a \sim 12,5 \text{ cm}$

pentru o greutate de 3,75 t pe osie

Figura 1.11 Eforturi verticale exercitate de trafic

Acest tip de solicitare duce la deformarea generalizată a structurii rutiere din care, o parte este supusă la compresiune și alta la întindere. În funcție de repartiția eforturilor o parte a stratului de rulare poate fi sau nu în zona de întindere (figura 1.12).

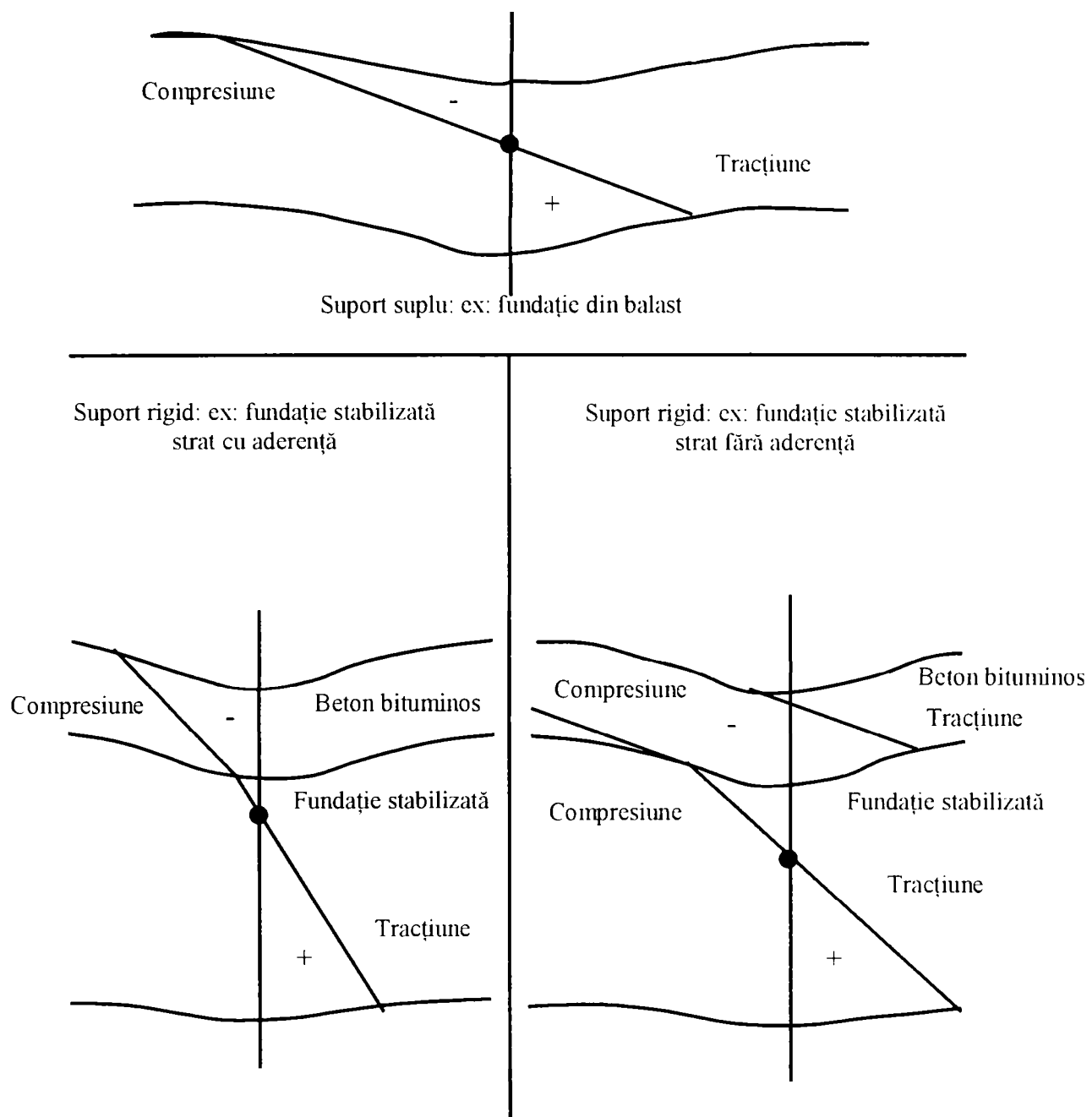


Figura 1.12 Eforturile în straturile de rulare

Se întâlnesc două cazuri legate de conlucrarea straturilor rutiere, cazuri ce vor fi descrise în continuare.

A. Cazul straturilor ce conlucrează. Dacă stratul de rulare aderă perfect de stratul inferior, deformația situează tot stratul de rulare în zona de compresiune și o face să contribuie cu un procent redus la rezistența structurii rutiere.

Această contribuție contează mai mult sau mai puțin în funcție de rigiditatea stratului de bază (strat stabilizat cu lianți hidraulici). Partea de inerție ce poate fi atribuită stratului de rulare pe un strat tratat cu lianți hidraulici poate să varieze și cu rigiditatea mixturii asfaltice. Această rigiditate depinde de alcătuirea stratului de rulare și de parametrii exteriori: frecvența de aplicare a sarcinilor este legată de viteza vehiculelor și temperatura stratului de suprafață.

B. Cazul straturilor fără conlucrare. Dacă stratul de rulare nu aderă perfect la stratul inferior sau dacă acesta e mai puțin rigid, el va lucra la întindere din încovoiere. Efectele întinderii vor fi mai mult sau mai puțin importante în funcție de rigiditatea materialului din stratul inferior: cele mai mari întinderi se întâlnesc atunci când structura rutieră este alcătuită din materiale nestabilizate. Materialul utilizat la calea de rulare în acest caz trebuie să aibă o compoziție ce suportă întinderi semnificative.

Trebuie subliniat că slaba rigiditate a stratului suport poate avea o cauză accidentală de exemplu: desfacerea primilor centimetri dintr-un strat stabilizat cu lianți hidraulici a granulelor ca urmare a unei slabe compactări – modul de alcătuire al stratului de rulare nefiind conceput să suporte întinderi semnificative - se va putea observa o rapidă degradare a acestui strat; trebuie remarcat că procesul de degradare nu poate decât să se accelereze în timp, deoarece apa ce pătrunde prin fisurile apărute în structură va accentua degradarea legăturii interfeței straturilor.

Al doilea efort ce trebuie luat în considerare este cel orizontal (figura 1.13), legat de frecarea dintre roată și îmbrăcămintea rutieră; acest efort existând chiar la o mișcare uniformă. Eforturile ce apar au o distribuție complexă deoarece își schimbă semnul în centrul amprente.

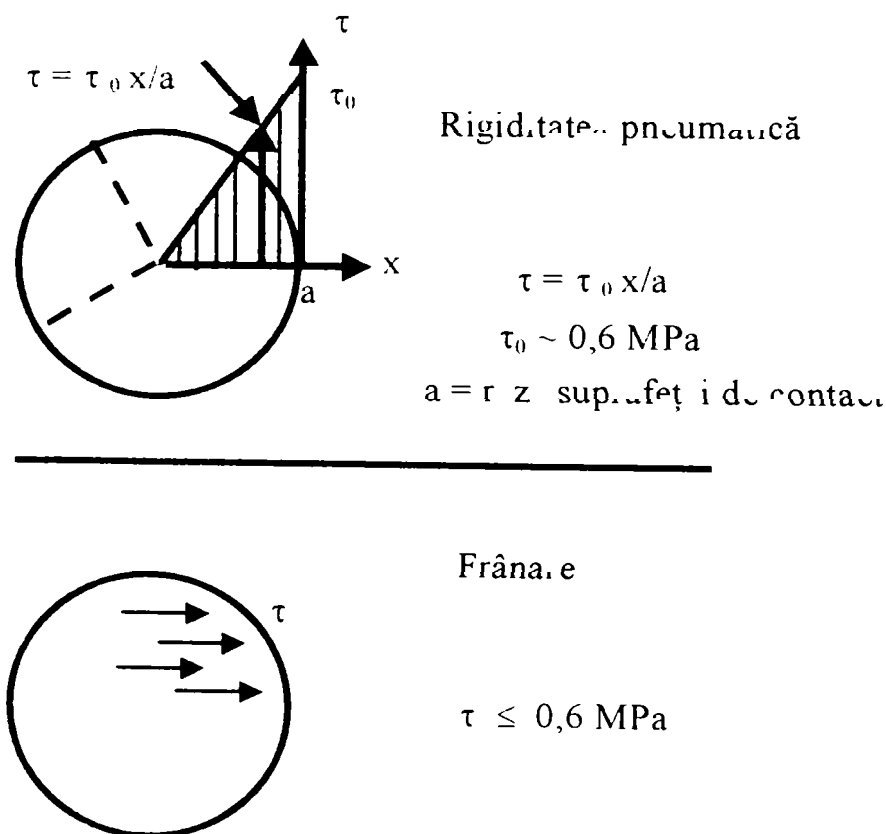


Figura 1.13 Eforturile orizontale date de trafic

Aceste eforturi horizontale contribuie împreună cu cele verticale la uzura și deformațiile straturilor de rulare (făgașe) din mixtură asfaltică (figura 1.14); putând în egală măsură să contribuie la degradarea calității interfeței dintre calea de rulare și stratul de bază (figura 1.15).

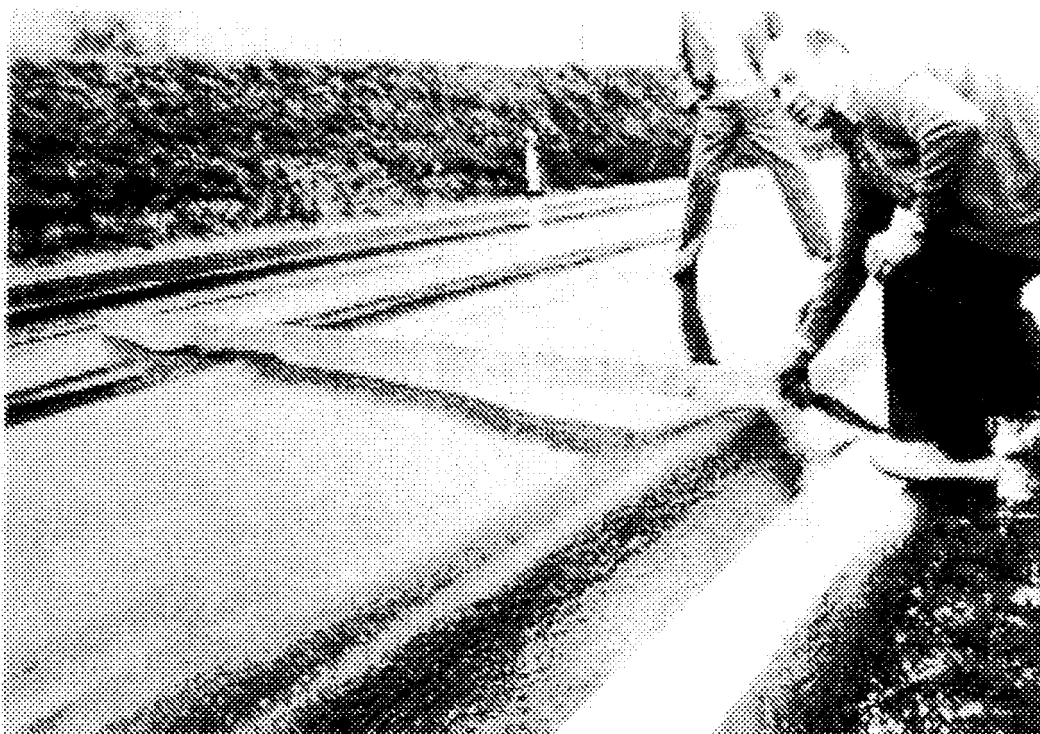


Figura 1.14. Făgaș la suprafața îmbrăcămintei bituminoase

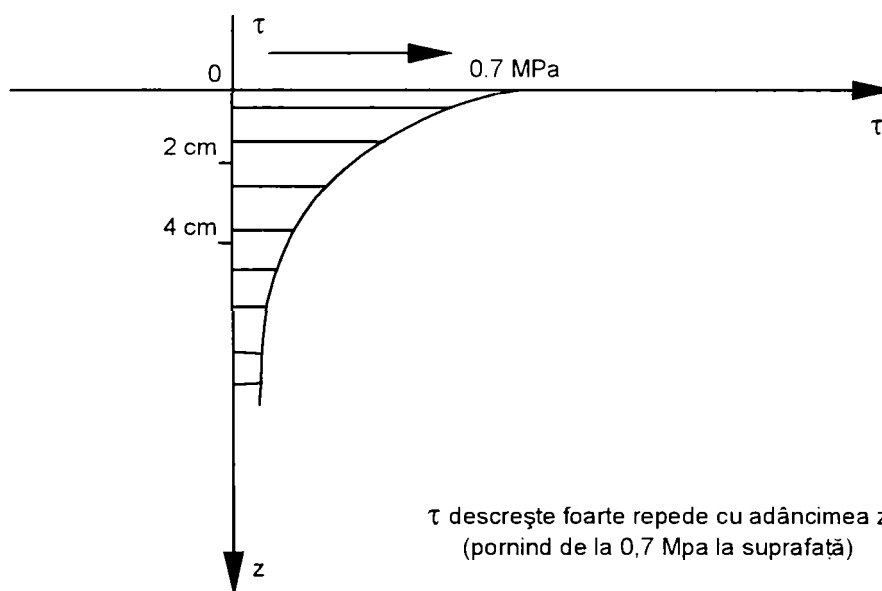


Figura 1.15 Eforturile în straturile de rulare: forfecare

Agresiunea exercitată de trafic asupra drumului este și de tip mecanic (figura 1.16). Această agresiune se manifestă prin acțiunea repetată a cramponelor folosite în perioada de iarnă. Aceste cramioane acționează ca niște ciocane, energia degajată de ele ducând la spargerea agregatelor și uzura stratului de rulare. Din acest punct de vedere acțiunea cramponelor poate fi evaluată plecând de la masa și viteza lor ($1/2 m v^2$).

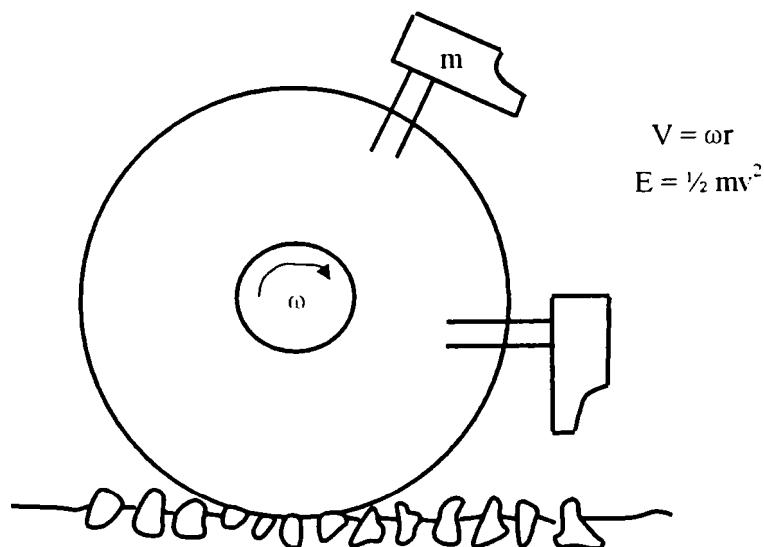


Figura 1.16. Acțiunea pneului cu crampoane

Pentru asigurarea rolului său – adică protecția straturilor inferioare și un nivel ridicat de confort cât mai îndelungat – stratul de rulare trebuie să fie capabil să reziste acțiunii traficului. Au fost examinate [66] eforturile mecanice generate de trafic; eforturile exercitate de anvelopele cu crampoane pot fi considerabil reduse acționând asupra masei lor și a vitezei vehiculelor. În ceea ce privește eforturile verticale și orizontale trebuie acționat asupra stratului de rulare care trebuie să fie suficient de rezistent, alegând o grosime și compoziție adecvată traficului rutier.

Aceste alegeri i-au determinat pe tehnicienii francezi să diferențieze materialele din straturile de rulare pentru drumurile noi sau ranforsări de cele pentru întreținerea drumurilor existente [66].

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:

- traficul greu (cu greutatea 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 oboselii 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 unui vehicul greu pe un drum provoacă degradări de diferite naturi (tabelul 1.2).

Tabelul 1.2

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

* patul drumului înregistrează la fiecare trecere a unei încărcări o deformație 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 drumului sunt suficient de reduse pentru ca deformațiile permanente să rămână moderate;

* structurile rutiere care au în componența lor straturi legate cu lianți bituminoși sau hidraulici sunt 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 pe direcții multiple. Acest mod de degradare prin eforturi de întindere din încovoiere este specific pentru structurile rutiere suple și semirigide;

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

- degradarea structurilor rutiere se produce mult mai rapid în cazul în care apar ilegalități în ceea ce privește depășirea sarcinii pe osia legală [112]. Suprasarcina mărește ponderea degradărilor și scurtează durata de exploatare, așa după cum reiese din tabelul 1.3.

Tabelul 1.3.

Suprasarcina [%]	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 13,8	x 0,36	x 0,07

R.S.B. – ranforsare cu straturi bituminoase;

R.S.H. – ranforsare cu straturi din agregate naturale 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.

Concluzia generală este că rețeaua de drumuri este și va fi supusă rigurozității traficului greu. Se evidențiază totodată, că efectele directe pe care le determină raportul dintre rezistența drumului și creșterea traficului greu sunt mai mari.

În aceste condiții apare necesară asigurarea unui sistem de urmărire în permanență a evoluției și distribuției traficului pe rețeaua rutieră precum și de control al respectării prevederilor legale privind limitele admise de viteză, gabarit mase-totale și încărcare pe osie pe tipuri de autovehicule și categorii de drumuri. Acesta a fost realizat prin elaborarea și punerea în aplicare a unui program de monitorizare a traficului rutier.

Creșterea indicelui de monitorizare marcată prin așa-zisul fenomen de “explozie a circulației” a determinat intensificarea preocupărilor privind studiul circulației rutiere și realizarea de drumuri care să răspundă la problema circulației.

În anul 1997 Administrația Națională a Drumurilor a elaborat un program de monitorizare a traficului rutier și în special al traficului greu pe rețeaua de drumuri naționale.

Principalele obiective ale programului de monitorizare a traficului sunt:

- determinarea distribuției traficului pe rețeaua de drumuri naționale și urmărirea evoluției acestuia în timp;

- estimarea agresivității traficului greu asupra drumurilor prin determinarea distribuției sarcinilor reale pe osie a vehiculelor grele aflate în circulația curentă;

- determinarea parametrilor de calcul pentru dimensionarea sistemelor rutiere (coeficienții de echivalare a traficului real în vehicule de calcul, determinarea traficului echivalent în osii de 115 kN);

- determinarea parametrilor de calcul pentru calcularea capacității de circulație și a nivelului de serviciu (distribuția traficului pe sensuri de circulație, debitul orar de calcul, viteza medie de circulație, etc.);

- depistarea vehiculelor supraîncărcate, cu masă totală sau sarcini pe osie care depășesc limitele admise de legislația rutieră și luarea de măsuri de penalizare sau interzicerea circulației acestora;

- dirijarea traficului greu și foarte greu pe trasee admise ținând seama de tonajul vehiculelor și de restricțiile existente pe rețeaua de drumuri naționale.

Pentru realizarea obiectivelor propuse, sistemul de monitorizare și control al traficului trebuie să îndeplinească următoarele funcțiuni:

- încadrarea vehiculelor reale într-un număr limitat de clase stabilite de utilizatorul sistemului;

- cântărirea fiecărei osii și stabilirea masei totale a vehiculelor;

- compararea sarcinilor reale pe osie și a maselor totale ale vehiculelor cu valorile limită stabilite prin legislația rutieră pentru clasa de vehicule în care se încadrează vehiculele respective și categoria de drum;

- determinarea altor caracteristici ale traficului necesare pentru dimensionarea structurilor rutiere și determinarea capacității de circulație a drumurilor.

Îndeplinirea acestor funcțiuni este asigurată de metodele de investigare a circulației rutiere.

Metodele tradiționale de investigare a circulației rutiere sunt:

- recensământul general de circulație;
- înregistrări automate de circulație cu contori de tip totalizator (ISAF);
- anchete de circulație Origine - Destinație;
- clasificarea și cântărirea dinamică, din mers, a vehiculelor (posturi dotate cu echipamente PEEK de tip WIM);
- cântărirea vehiculelor grele la punctele de trecere a frontierei;
- cântărirea statică a vehiculelor pe drum, folosind platforme mobile de cântărire.

Evoluția traficului până în prezent este urmărită în permanență de către AND-CESTRIN fiind determinată pe baza rezultatelor recensământului și înregistrărilor automate de circulație.

Periodic, după fiecare recensământ general de circulație, AND-CESTRIN elaborează prognoze de evoluție a traficului pentru următorii 20 de ani.

Evoluția traficului pe rețeaua de drumuri publice pentru perioada 1990...2000 și prognoza pentru perioada 2000...2020 este prezentată în figura 1.17.

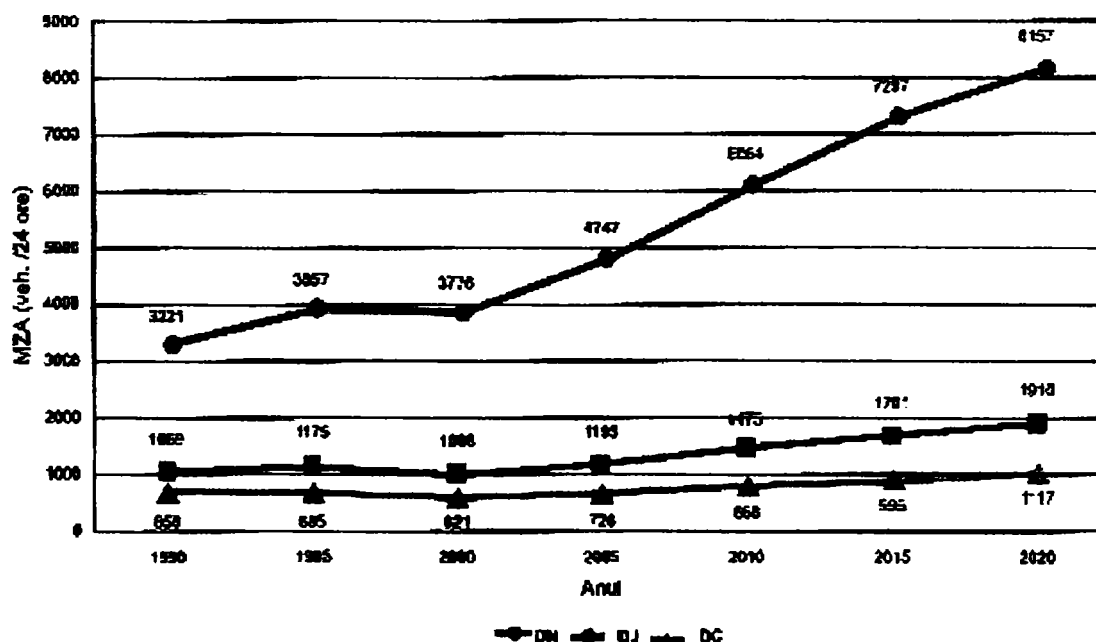


Figura 1.17. Evoluția traficului (1990...2020) pe rețeaua de drumuri publice

Pentru rețeaua de drumuri naționale evoluția traficului pentru perioada 1990...2020 pe categorii de vehicule: călători și marfă este prezentată în figura 1.18

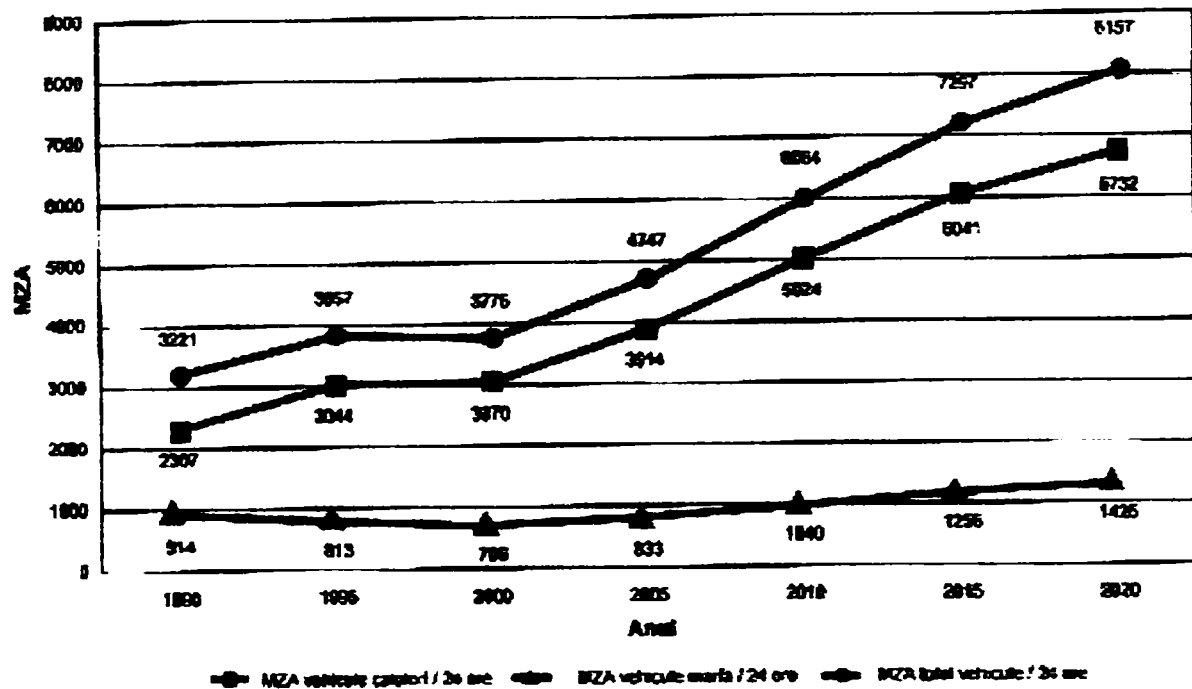


Figura 1.18. Evoluția traficului (1990...2020) pe rețeaua de drumuri naționale, pe categorii de vehicule.

Pe baza înregistrărilor automate de circulație, efectuate pe rețeaua de drumuri naționale, începând din anul 1970, s-a determinat curbă de evoluție anuală a traficului pentru perioada 1970 - 2001, ilustrată în figura 1.19

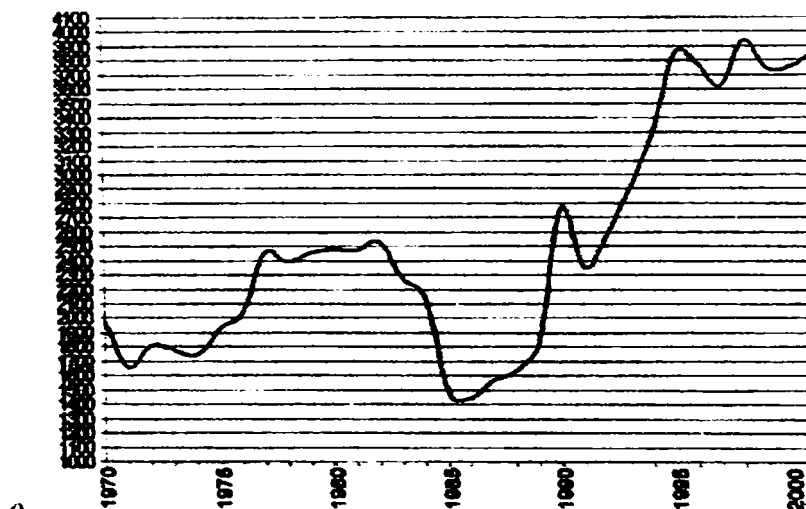


Figura 1.19. Evoluția anuală a traficului pe rețeaua de drumuri naționale (1970...2001)

Pe această curbă se pot observa variațiile traficului pe termen scurt determinate de situația economică sau restricțiile impuse traficului rutier. Astfel, pentru perioada 1987 - 1989 se observă reducerea traficului rutier pe rețeaua de drumuri naționale

datorită restricțiilor impuse transportului rutier de călători și marfă de către vechiul regim. După anul 1989 se remarcă evoluția într-un ritm înalt, chiar exploziv, a traficului în anul 1990 și după acesta până în anul 1995, după care urmează o evoluție în dinți de fierăstrău, determinată de condițiile economice, de creșterea utilizării vehiculelor în traficul urban, etc.

În concluzie, se apreciază că starea de sub-întreținere cronică a drumurilor duce la distrugerea permanentă a autovehiculelor de transport și consum sporit de carburanți pe care le înregistrează unitățile de transport auto și în final economia națională.

În aceste condiții apare ca absolut necesară adaptarea rețelei de drumuri naționale la cerințele traficului greu și în primul rând a acelor trasee, care atunci când au fost construite nu au fost dimensionate pentru a suporta un trafic greu sporit.

Se subliniază faptul că, de regulă, această adaptare trebuie făcută înainte de apariția unor degradări grave, asigurându-se conservarea în cât mai mare măsură a capacității portante a structurilor rutiere existente, evitându-se pe această cale costurile deosebit de mari pe care le-ar implica reconstrucția acestora.

1.3.3. Calitățile suprafeței de rulare

Pentru ca stratul de rulare din mixtura asfaltică să-și exercite rolul privind siguranța, confortul, protecția structurii rutiere astfel încât să reziste solicitărilor exercitate de trafic și agenților climaterici în timp, trebuie realizate îmbrăcămînți bituminoase performante.

Cercetările fundamentale efectuate în întreaga lume sunt orientate asupra unor materiale pentru drumuri care să fie utilizate la realizarea unor îmbrăcămînți performante, durabile pentru stratul de rulare.

Se consideră ca fiind necesară realizarea unui strat de rulare care să îndeplinească condiții de confort și siguranța circulației, prin cunoașterea unor caracteristici structurale și funcționale.

Caracteristicile structurale sunt legate de vârsta construcției, elementele geometrice, caracteristicile pământului de fundație, starea dispozitivelor de colectare și evacuare a apelor de suprafață și din infiltrații, degradări ale căii de rulare, pierderea capacității portante a structurii rutiere, etc.

Caracteristicile funcționale ale stratului de rulare sunt legate de:

- uniformitatea în profil longitudinal și transversal și
- rugozitatea.

În continuare ne vom referi la caracteristicile funcționale ale stratului de rulare, deoarece caracteristicile structurale se referă la structura rutieră în general.

1.3.3.1. Uniformitatea și planeitatea

Uniformitatea este calitatea suprafeței care influențează confortul utilizatorului. Uniformitatea este o calitate esențială, necesară nu numai pentru confortul utilizatorului ci și pentru reducerea cheltuielilor de transport și a uzurii vehiculelor. Cu cât traficul este mai intens, exigențele privind uniformitatea suprafeței de rulare sporesc (de exemplu, pe autostrăzi).

Desfășurarea circulației rutiere este influențată de uniformitatea suprafeței de rulare din următoarele puncte de vedere:

- al siguranței circulației, având în vedere mișcarea pe verticală a vehiculelor, datorită denivelărilor, lipsa unui contact permanent al pneurilor vehiculului cu suprafața de rulare și stânjenirea posibilităților de manevrare și frânare;
- al confortului de deplasare, determinat de posibilitatea efectuării unei deplasări cu o viteză de circulație constantă, fără a obosi conducătorul auto și fără a deteriora marfa transportată.

Uniformitatea suprafeței de rulare influențează și acțiunea dinamică a vehiculului asupra suprafeței de rulare și respectiv structurii rutiere, datorită solicitărilor dinamice verticale care iau naștere în urma deplasării unui vehicul pe o suprafață denivelată.

Se definesc ca defecte de neuniformitate a suprafeței de rulare, denivelările care sunt percepute de participanții la trafic. Defectele de neuniformitate ale suprafeței de rulare sunt caracterizate prin trei mărimi: lungimea de undă, adâncimea și amplitudinea, conform figurii 1.20.

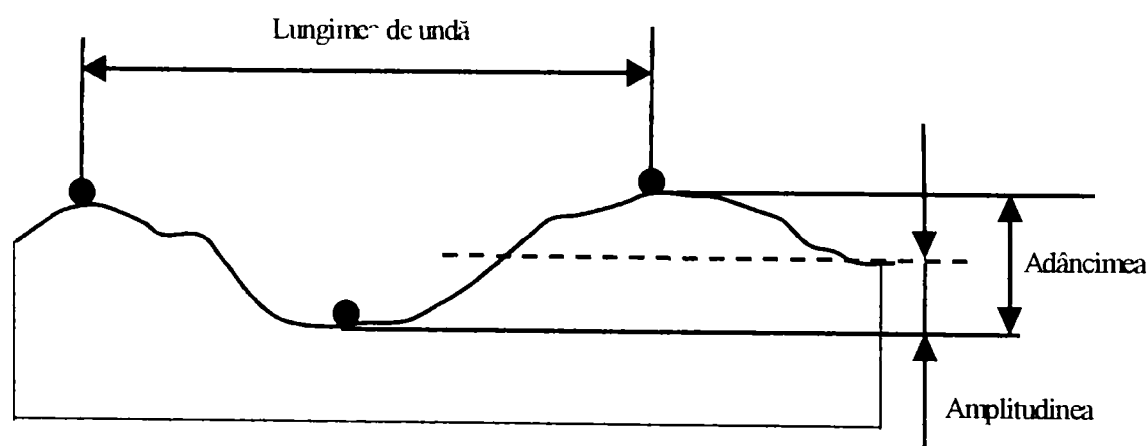


Figura 1.20. Elementele geometrice ale unei denivelări

Aceste caracteristici geometrice ale uniformității suprafeței de rulare permit stabilirea și eșalonarea lucrărilor de întreținere și reparații corespunzătoare astfel ca drumul în cauză să satisfacă nivelul de serviciu asociat categoriei sale și condițiilor de confort și siguranța circulației.

Profilul în lung al unui drum existent poate fi caracterizat printr-o funcție prin care se exprimă unul dintre elementele geometrice ale denivelării în raport cu distanța parcursă.

Această funcție continuă și aleatorie, are o compoziție spectrală nelimitată cu lungimi de undă în domeniul $[0, \infty)$, fiind compusă dintr-o sumă de semnale elementare sinusoidale (de tip Fourier). Fiecare semnal este definit prin lungimea de undă L și amplitudinea A sau adâncimea H , conform figurii 1.21.

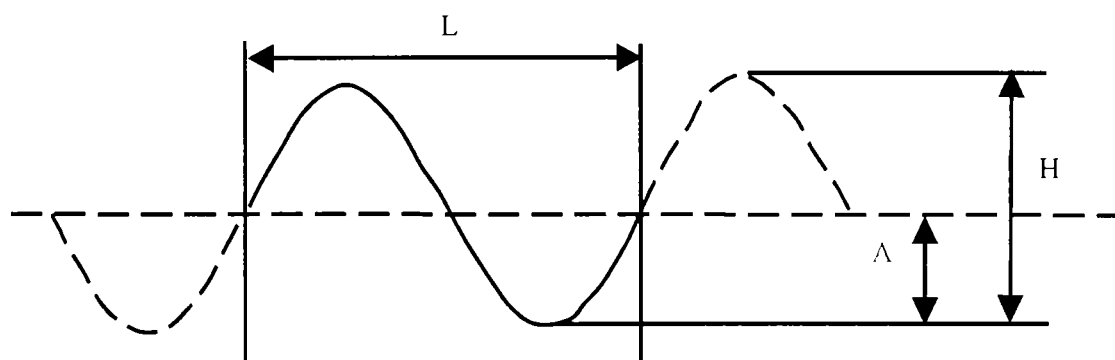


Figura 1.21. Simularea sinusoidală a funcției care exprimă dependența pe domenii

Pentru simplificarea studiilor privind uniformitatea în profil longitudinal, se obișnuiește să se definească această funcție prin mai multe benzi în lungimi de undă care corespund unor domenii distincte, după cum urmează:

- domeniul microrugozității: $0 < L \leq 0,002$;
- domeniul rugozității: $0,002 < L \leq 0,02$;
- domeniul uniformității necesar pentru studiul contactului dintre pneu și suprafața de rulare: $0,02 < L \leq 0,05$;
- domeniul uniformității necesar vehiculelor: $0,05 < L \leq 40$;
- domeniul folosit pentru studiul elementelor geometrice în profil longitudinal: $L > 40$

unde L se măsoară în m.

Măsurarea denivelărilor cerute de studiile de confort și siguranța circulației a pus în evidență necesitatea identificării denivelărilor a căror lungime de undă nu depășește 40 m.

Cel mai important tip de degradare care poate fi detectat prin măsurători ale uniformității transversale îl constituie fâgașele, produse prin trecerea vehiculelor grele pe aceeași urmă în cazul structurilor rutiere cu îmbrăcămînți bituminoase. Cauzele acestui tip de degradări sunt multiple cele mai importante fiind legate fie de încărcările date de trafic, fie de caracteristicile materialelor utilizate în îmbrăcămînța bituminoasă sau structura rutieră.

Apariția și evoluția în timp a fâgașelor înseamnă reducerea siguranței circulației în special pe vreme nefavorabilă, când apa se acumulează în fâgașe, fiind dificilă aprecierea adâncimii fâgașelor de către conducătorii autovehiculelor în vederea adaptării vitezei de circulație la starea drumului.

Lipsa unei uniformități corespunzătoare în profil longitudinal are efecte negative asupra:

- confortului și siguranței utilizatorului;
- costurilor de exploatare asupra vehiculelor.

Denivelările suprafeței drumului se repercutează asupra vehiculelor și conducătorilor auto sub formă de accelerații verticale. Efectele asupra confortului depind de frecvența solicitărilor, deci de viteza vehiculelor și a gamei lungimilor de undă care compun profilul drumului.

Ținând cont de frecvența de rezonanță a maselor nesuspendate (roțile autovehiculelor), de ordinul 5...20 Hz și a celor suspendate (șasiu, scaun), de ordinul 1...4 Hz se disting în general game de lungimi de undă care influențează fie confortul, fie securitatea utilizatorilor, conform figurii 1.22.

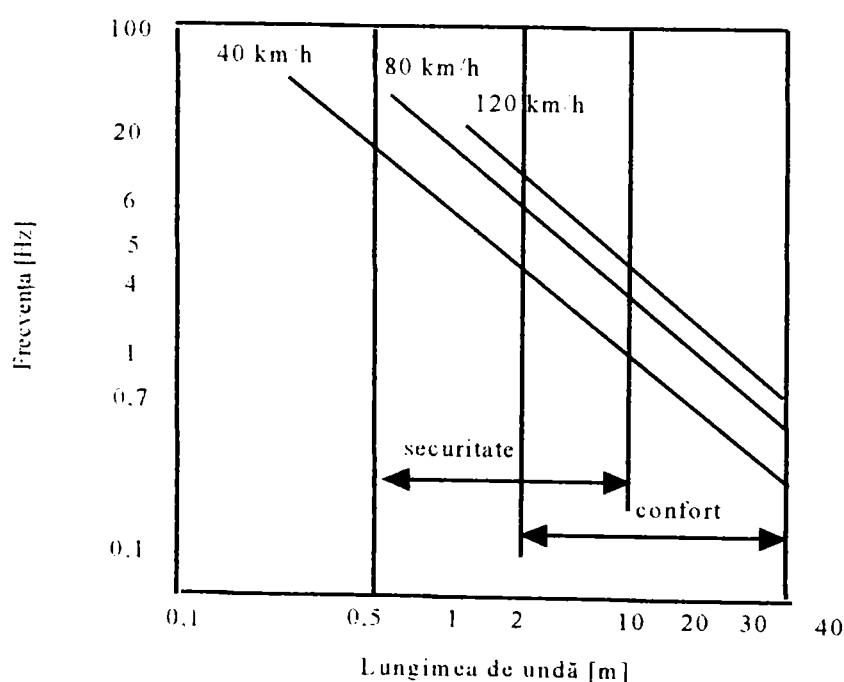


Figura 1.22. Variația frecvenței în funcție de lungimea de undă a denivelărilor

Se observă că securitatea utilizatorilor este asigurată în domeniul 0,5...10 m, iar confortul în domeniul 2...40 m. Se menționează că defectele de uniformitate modifică condițiile de aderență dintre pneu și șosea.

La aceste game de lungimi de undă diferite, pentru un autoturism, se consideră că nivelul de percepere în gama de lungimi de undă scurte (1...3 m) corespunde unei amplitudini de 1 mm și nivelul de disconfort, unei amplitudini de 5...6 mm. Pentru lungimile de undă mari (15...40 m) aceste cifre vor fi de 5...50 mm.

De fapt, gradul de confort poate fi redus prin caracterul periodic al unor defecte ca vălurile în profil longitudinal .

Uniformitatea necorespunzătoare, cel mai adesea în gama lungimilor de undă mici (1...3 m), pot crește costul de exploatare al vehiculelor (uzura mecanică, creșterea consumului de carburanți). Au fost stabilite relații între uniformitate și costurile de exploatare, care sunt utilizate în modelul HDM la analiza economică a strategiilor de întreținere din cadrul sistemului de administrare PMS.

Studii recente au pus în evidență o scădere de 30...50 % a vitezei de rulare datorită degradării în timp a uniformității.

Uniformitatea suprafeței de rulare trebuie să fie cu atât mai bună, cu cât circulația este mai rapidă și mai intensă.

Solicitările verticale ale autovehiculelor datorate neuniformității generează suprasarcini dinamice care conduc la deteriorarea structurilor rutiere.

Efectele neuniformității în profil transversal au consecințe negative asupra suprafeței de rulare și care constau în:

- a) efectul asupra ghidajului datorită fâgașelor;
- b) acumularea de apă în fâgașe antrenând un risc de hidroplanare a autovehiculelor;
- c) starea de deformație diferită a celor două benzi de rulare pe o bandă de circulație conduce la oscilații de rotație (disconfort) și transfer de sarcină de la o roată la alta (risc de pierdere a controlului).

În țara noastră planeitatea se determină cu ajutorul echipamentului APL (Analizator de profil longitudinal) și a Bump Integratorului.

Măsurătorile de planeitate efectuate cu echipamentul APL pe rețeaua de drumuri publice a permis stabilirea calificativelor de stare tehnică pe categorii de drum, funcție de indicatorul de planeitate IRI (tabelul 1.4.).

Tabelul 1.4.

Calificativ	Categorie drum		
	IRI [m/km]		
	European	Principal	Secundar
BUN	< 3,5	< 4,5	< 5,5
MEDIU	3,5...5,5	4,5...6,0	5,5...6,5
RĂU	> 5,5	> 6,0	> 6,5

Funcție de valorile IRI, respectiv calificativul de stare tehnică, pot fi stabilite lucrările de intervenție (tabelul 1.5.).

Tabelul 1.5.

Calificativ uniformitate	Tip intervenție
BUN	Întreținere curentă + plombări
MEDIU	Tratamente bituminoase + covoare asfaltice
RĂU	Ranforsări, covoare asfaltice

1.3.3.2. Rugozitatea

Rugozitatea este proprietatea suprafeței de rulare a îmbrăcămișilor rutiere de a prezenta asperități (ridicături mici și neregulate ca formă) care asigură stabilitatea vehiculelor în mișcare prin realizarea unei aderențe cât mai bune între pneu și cale.

Problema realizării unor suprafețe rugoase și menținerea acestei rugozități un timp cât mai îndelungat, devine din ce în ce mai importantă, pe măsura creșterii intensității traficului și a vitezei de circulație.

În exploatare, frecarea dintre pneu și suprafața de rulare prezintă un fenomen mai complicat în condițiile prezenței apei pe suprafața îmbrăcămintei rutiere. Modul în care evoluează în spațiu și în timp grosimea peliculei de apă dintre pneu și suprafața de rulare este prezentată în figura 1.23. și figura 1.24.

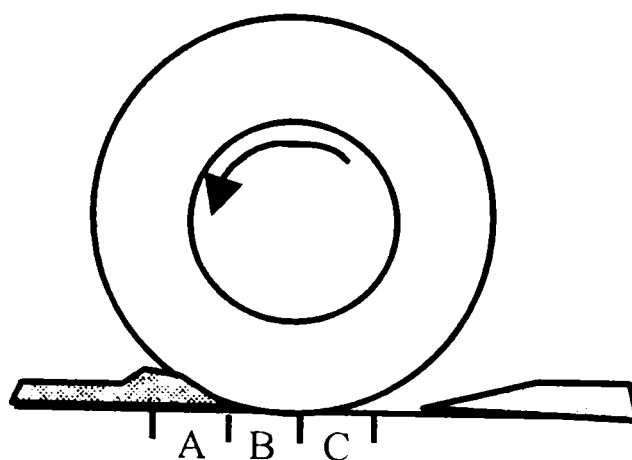


Figura 1.23. Zone de contact între pneu și suprafața de rulare în prezența unei pelicule de apă

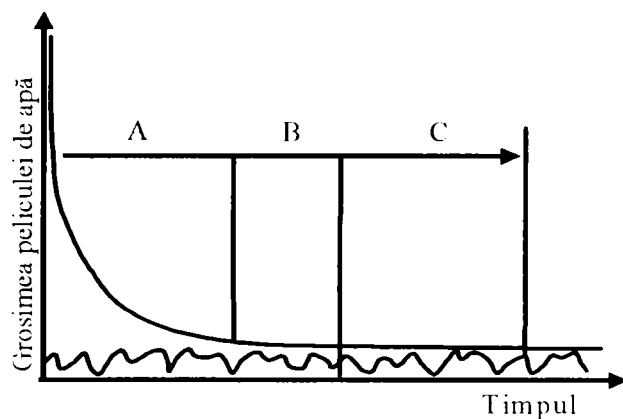


Figura 1.24 Variația grosimii peliculei de apă la contactul dintre pneu și suprafața de rulare

În zona A, pelicula de apă nu este ruptă, iar coeficientul de frecare este aproximativ 0. Zona B este o zonă de tranziție, iar în zona C pneul este în contact cu suprafața de rulare și coeficientul de frecare este apropiat, ca valoare, de coeficientul de frecare pe suprafața uscată.

Coeficientul de frecare depinde de următorii factori:

- viteza vehiculului: coeficientul de frecare scade cu cât viteza este mai mare, întrucât pelicula de apă din zona A nu are timp să fie eliminată;

- capacitatea drenantă a pneurilor: cu cât sculptura pneurilor este mai accentuată, evacuarea apei dintre pneu și îmbrăcămintea rutieră se produce mai repede și, în acest caz, coeficientul de frecare crește;

- capacitatea drenantă a suprafeței de rulare, care este strâns legată de rugozitatea geometrică a acesteia.

Textura suprafeței de rulare asupra fenomenelor de contact pneu – șosea se răsfrânge asupra securității utilizatorilor. Condiția de bază pentru a avea o aderență bună este ca să fie eliminată apa la contactul pneu-îmbrăcămintea rutieră.

În figura 1.25. este prezentată evoluția suprafeței de contact în funcție de viteza de circulație, în cazul când pelicula de apă are o grosime de 1 mm, suprafața șoselei fiind netedă.

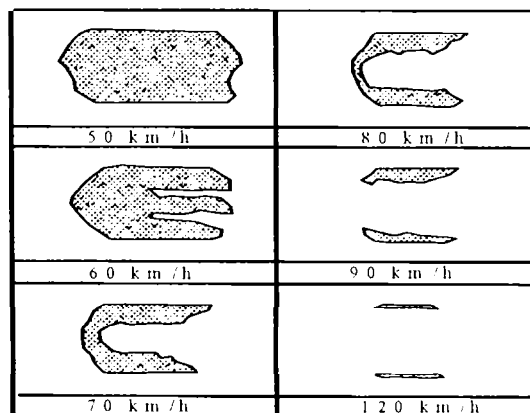


Figura 1.25. Evoluția suprafeței de contact în funcție de viteza de circulație

Atunci când zona de contact este aproape nulă se atinge fenomenul de acvaplanare, adică roata rulează pe un film de apă, fără nici un contact direct cu suprafața drumului.

De asemenea, textura suprafeței se răsfrânge asupra uzurii pneurilor, care poate fi:

- uzură abrazivă, legată de microtextură;
- degradarea pneului pe îmbrăcămintea rutieră cu umezeală pronunțată.

Situații în care se produce o uzură importantă a pneurilor pot fi constatate pe suprafețe macrorugoase (îmbrăcăminți noi sau care conțin agregate cu rezistență la frecare mare).

Textura suprafeței de rulare (macrotextura și microtextura) determină calitatea aderenței la rulare a pneurilor pe această suprafață.

Macrotextura este asociată cu rugozitatea drumului.

Microtextura depinde de natura petrografică și mineralogică a agregatelor.

Prezența apei pe suprafața de rulare constituie principalul factor care determină aderența pneurilor. Chiar dacă pneurile sunt în perfectă stare și dacă drumul are pante transversale corespunzătoare pentru scurgerea apelor din precipitații, pe suprafața de rulare rămâne un film de apă de 0,1 mm până la câțiva milimetri, în funcție de intensitatea ploii, care reduce aderența. Pe o vreme nefavorabilă, trebuie asigurate asemenea texturi ale suprafeței pneurilor și ale suprafeței de rulare, încât efectul combinat al acestora să asigure o suprafață de contact cât mai mare.

Coefficientul de rulare "F", prin care se caracterizează aderența, variază în funcție de natura îmbrăcămintei rutiere pentru aceeași grosime a filmului de apă conform figurii 1.26.

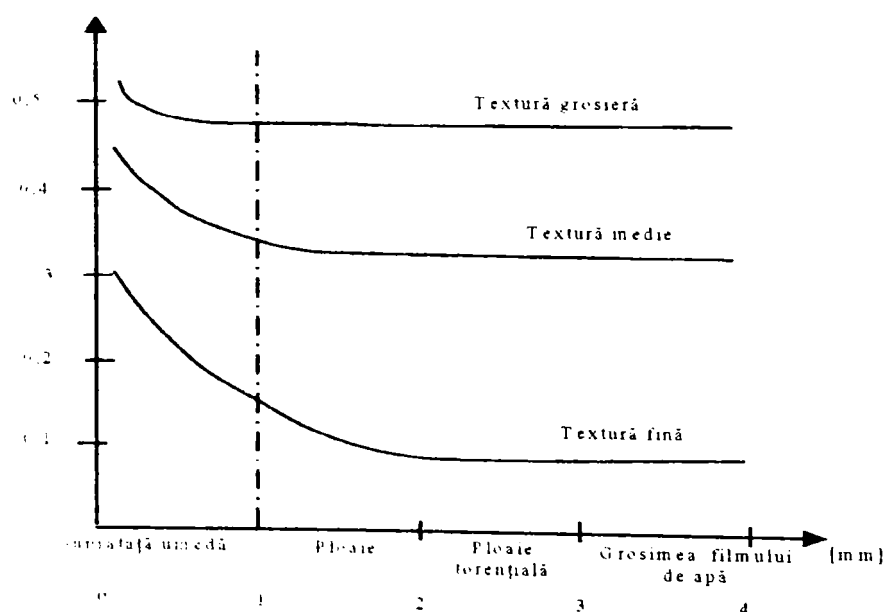


Figura 1.26. Influența naturii îmbrăcămintei rutiere și a grosimii filmului de apă asupra aderenței

Cu cât suprafața de rulare este mai rugoasă, coeficientul de frecare longitudinală crește și scade cu cât grosimea filmului de apă crește, indiferent de textură. În plus, aderența scade dacă grosimea filmului de apă crește.

Deși influența macrotexturii asupra fenomenului de alunecare pe suprafețe umede (acvoplanare) a făcut obiectul a numeroase studii, stabilindu-se soluții de realizare a unor îmbrăcămînți rutiere cu macrotură corespunzătoare, au rămas nerezolvate alte aspecte privind confortul și siguranța circulației:

- proiectarea apei pe parbrizele vehiculelor din spate, ceea ce conduce la reducerea vizibilității;

- fenomenul de reflexie a luminii pe suprafețe de rulare umede înrăutățește condițiile de confort optic (marcajele înguste devin invizibile, reflexia luminii de la sursele luminoase pe timp de noapte conduc la oboseala conducătorului autovehiculului).

Dacă macrotura pronunțată este favorabilă aderenței pe vreme ploioasă, pe ninsoare sau polei acestea nu mai au nici un efect, deoarece apa prezentă în mici depresiuni ale suprafeței de rulare îngheață, înglobând proeminențele până se ajunge la o suprafață perfect netedă, alunecoasă.

În țara noastră rugozitatea suprafeței drumurilor se măsoară, pe lângă metodele prevăzute în STAS 8849 – 83 “Lucrări de drumuri. Rugozitatea suprafețelor de rulare”, și prin metode de măsurare cu ajutorul echipamentului Griptester, determinându-se coeficientul de frecare longitudinală (μGT), funcție de care se poate face o apreciere a suprafeței de rulare.

Corelația este conform formulei de mai jos:

$$\mu GT = 1,5 SRT - 0,1$$

În tabelul 1.6. se prezintă aprecierea calității suprafeței de rulare funcție de coeficientul de frecare.

Tabelul 1.6.

Coeficientul de frecare [μGT]	Caracterizarea suprafeței de rulare
$\mu GT \geq 0,95$	Suprafață bună, permite circulația cu viteze mai mari de 90 km/h
$0,72 \leq \mu GT < 0,95$	Suprafață satisfăcătoare, permite circulația cu viteză de până la 80 km/h
$\mu GT < 0,72$	Suprafață necorespunzătoare, pericol de derapare; sunt necesare lucrări de îmbunătățire a rugozității suprafeței de rulare

Macrotura suprafeței drumului generează următoarele fenomene:

- punerea în vibrație a structurii pneului;
- succesunea aderării și lunecării;

- comprimarea și decompimarea aerului dintre pneu și îmbrăcăminte.

Măsurarea sistematică a nivelului sonor a pus în evidență faptul că o macrotextură pronunțată este adesea zgomotoasă, dar nu în mod permanent. Putem spune că o macrotextură "bună" este aceea care asigură o circulație liberă a aerului și a apei, și o macrotextură "proastă" cea care pune în vibrație pneurile.

Din studiile efectuate asupra rugozității îmbrăcăminților rutiere se pun în evidență unele observații și concluzii ce trebuie luate în considerare, dintre care se amintesc:

- necesitatea evacuării apei de pe suprafața de rulare în scopul evitării fenomenului de acvaplanare care micșorează într-o măsură hotărâtoare siguranța circulației la viteze ridicate;

- rugozitatea mare a tratamentelor bituminoase este în funcție de duritatea și forma agregatelor folosite: criblurile colțuroase și rezistente la șlefuire oferă o suprafață de rulare rugoasă timp îndelungat, în timp ce agregatele naturale cu muchii rotunjite conduc la o rugozitate scăzută;

- îmbrăcămințile rutiere cu textură grosieră, respectiv cu o rugozitate geometrică mare, oferă o bună aderență față de pneuri și în consecință măresc siguranța circulației;

- mixturile asfaltice bogate în criblură dau o suprafață de rulare cu o rugozitate geometrică corespunzătoare, în special când mărimea granulelor de criblură este mai mare de 10 mm și provine din roci dure;

- mixturile asfaltice și șlamurile bituminoase devin lunecoase la viteze de peste 60 km/h, mai ales pe timp de ploaie și deci, nu se recomandă în zone cu circulație intensă și viteze de exploatare ridicate.

În concluzie, calitatea suprafeței de rulare este strâns legată de calitatea mixturii asfaltice din care se realizează stratul de rulare.

Din cele prezentate, rezultă necesitatea diversificării studiilor și cercetărilor pentru realizarea unor mixturi asfaltice performante.

1.4. CONCLUZII

Scopul studiilor și cercetărilor întreprinse și prezentate în acest capitol este de a pune în evidență următoarele aspecte:

- **drumul a fost, este și va rămâne factorul determinant pentru civilizația și prosperitatea oamenilor;**

- **drumul este factorul important pentru dezvoltarea economiei țării, fiind principala cale ce asigură transportul de mărfuri și călători, în scopul dezvoltării economiei țării;**

- suprafața de rulare a unui drum **asigură confortul și siguranța utilizatorilor** drumului, care astăzi sunt și beneficiarii acestuia, precum și protecția structurii rutiere în general;

- starea suprafeței de rulare se reflectă în consumul sporit de carburanți, în creșterea timpului de parcurs și nu în ultimul rând asupra psihicului utilizatorului drumului creând bună dispoziție, siguranță și confort.

Studiile efectuate pun în evidență faptul că la realizarea proiectului unui drum și construcției sale trebuie avute în vedere următoarele aspecte în ceea ce privește îmbrăcămintea rutieră:

- să reziste fără a se deforma și uza rapid sub efectul eforturilor transmise de roata vehiculelor;

- să aibă calitatea de a asigura o rulare confortabilă a vehiculelor la viteze mari, deci de a prezenta o suprafață uniformă pe toată durata sa de exploatare (uniformitate și durabilitate);

- să permită evacuarea rapidă a apei de suprafață și să asigure un coeficient de aderență crescut (aderență și confort);

- să împiedice infiltrarea apelor de suprafață (impermeabilitatea).

Pe baza studiilor efectuate rezultă că factorii determinanți pentru calitatea și longevitatea unei îmbrăcăminți bituminoase sunt:

- traficul prin așa-zisa încărcare pe osie, repartiția acestei încărcări pe îmbrăcămintea rutieră și numărul de treceri;

- condițiile locale: climă și apă;

- proprietățile mecanice ale materialelor din care este realizată îmbrăcămintea bituminoasă, adică aptitudinea acestora de a rezista eforturilor provocate prin trafic și deformațiilor rezultate ca efect al apei și tasărilor infrastructurii.

De reținut că, fiecare îmbrăcămintă rutieră este supusă unei uzuri progresive a stratului de suprafață, a cărei rapiditate va fi în funcție de intensitatea traficului și de duritatea agregatelor naturale utilizate.

Literatura de specialitate [112] arată că îmbrăcămințile rutiere supuse unui trafic zilnic în medie de 30 000 vehicule vor suferi o diminuare a grosimii lor de la 1...2 mm/an, fenomen ce s-a pus în evidență în primii ani ai construcției rutiere, iar din al treilea an de serviciu grosimea se va diminua cu 0,3...0,6 mm/an, în medie.

În urma studiilor întreprinse se pune în evidență importanța uniformității suprafeței de rulare și anume:

- uniformitatea în profil longitudinal are efecte negative asupra:

- confortului și siguranței utilizatorului drumului;
- costului de funcționare a vehiculelor redat prin uzura mecanică și creșterea consumului de carburanți;
- uniformitatea în profil transversal are ca efecte negative următoarele:
 - acumularea apei în fâgașe antrenează riscul hidroplanajului vehiculelor;
 - starea de deformare diferită pe două benzi de rulare creează disconfort și riscul pierderii controlului autovehiculului;
- valoarea uniformității este importantă în evaluarea calității lucrărilor și luarea deciziilor de întreținere a rețelei rutiere;

Indicele de uniformitate constituie principalul parametru de intrare al sistemului complex de gestiune a rețelei rutiere (modelul HDM- Highway Design Model) în care sunt luate în calcul legile de influență ale uniformității asupra confortului și siguranței utilizatorilor, ca și asupra costurilor de funcționare a vehiculelor, relația între uniformitate și comportarea structurii rutiere, legi de probabilitate a evoluției uniformității în timp.

Un studiu al literaturii de specialitate arată că agresivitatea traficului pe un drum creează costuri suplimentare variate, de la 0,007...0,5 \$/km. Factorii care cauzează această variație sunt: tipul drumului (autostradă, D.N, D.J, D.C.), mediul (rural, urban), clima, modul de calcul al echivalențelor trecerilor, tipul lucrărilor de întreținere și costurile lor specifice.

Studiul agresivității traficului asupra îmbrăcămintei bituminoase scoate în evidență necesitatea controlului rutier care este esențial pentru asigurarea respectării reglementărilor în vigoare, deoarece încărcările axiale peste limitele admise au consecințe negative asupra drumului, ducând la degradarea sa rapidă. În urma studiilor întreprinse s-a ajuns la concluzia că și la noi în țară transporturile au tendința de a eluda reglementările în vigoare, cu consecințe greu de suportat din punct de vedere financiar de către Administratorul Drumurilor așa cum reiese din controalele efectuate la nivel de AND.

Literatura de specialitate [42] a pus în evidență, pentru unele țări din lume, legătura ce există între importanța fenomenului de degradare al structurilor rutiere (fâgașe și fisuri din oboseală) și încărcarea maximă admisă pe osie (tabelul 1.7.)

Tabelul 1.7

	Danemarca	Belgia	Spania	Franța	Irlanda	Italia	Japonia	Olanda	Anglia	Elveția	Turcia	SUA
Fisur	■	●	●	●	■	●	●	●	■	■	●	■
Fâgașe	■	●	●	●	■	●	●	●	●	■	●	■
Trafic Greu	■	●	●	●	■	●	●	●	●	■	●	■
Sarcina pe osie	10	13	13	13	10	10	10	10	9	10	8	10
C max	50	50	60	55	45	60	60	54	45	55	55	60

● mare
■ scăzută

Studiile efectuate în SUA [42] pun în evidență că utilizarea osiei simple, dar cu o roată cu pneu larg (425/65 R 22,5) este mult mai agresivă decât osia tridemului simplă, dar cu pneuri duble obișnuite (11R 22,5). (figura 1.27 și figura 1.28).

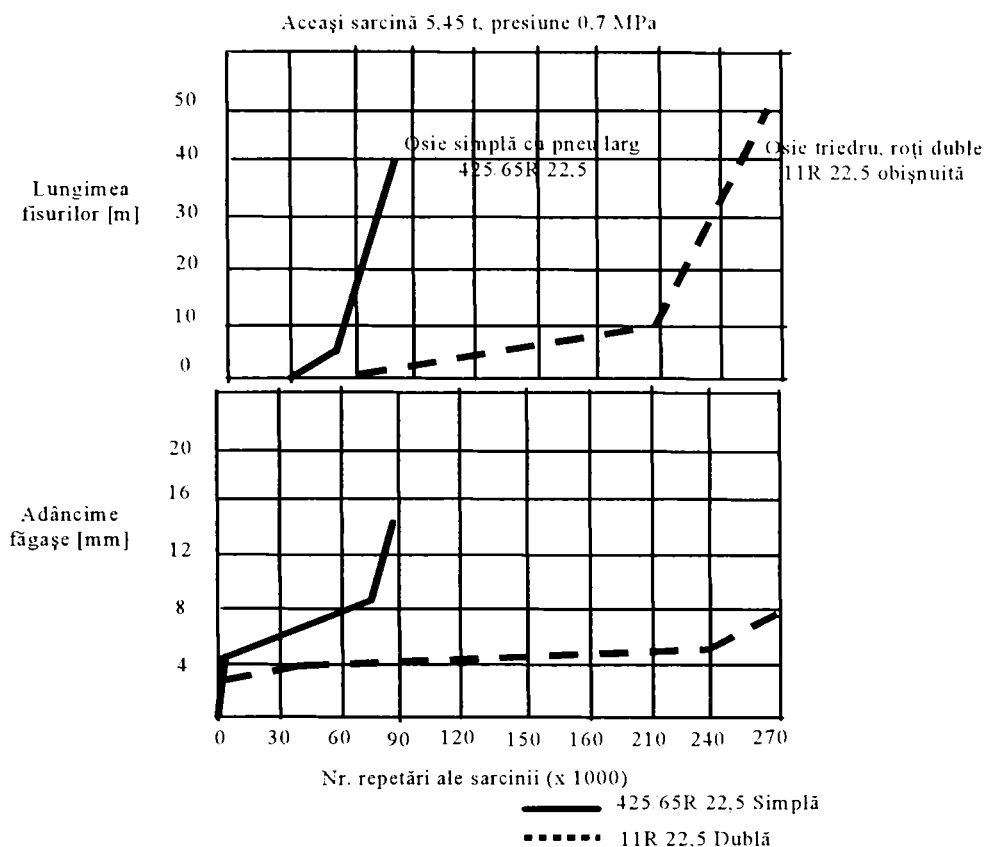


Figura 1.27. Efectul comparat al roților simple și al celor duble privind fisurarea și adâncimea fâgașelor

Pentru aceeași sarcină de 5,45 t și presiune de contact pneu-suprafață de rulare de 0,7 MPa, roata simplă cu pneu larg induce o deformație unitară mai mare în toate straturile structurii rutiere, aducând o diminuare a duratei de viață, atât din punct de vedere al fisurării, cât și al deformațiilor plastice. Pentru structurile rutiere luate în considerare (cu 9 cm și respectiv 18 cm grosimi ale straturilor bituminoase) și la o viteză de circulație de 20 km/h roata simplă cu pneu larg a condus la o adâncime de fâgaș de două ori mai mare decât roata dublă și la o durată de viață la oboseală de patru ori mai mică în raport cu roata dublă.

Rezultatele acestor încercări au fost confirmate și după anul 1994 în Franța, pe pista de încercări de la Nantes, sub încărcarea de 6,5 t (13 t/osie), ca și în celelalte încercări efectuate în lume (Slovacia, Olanda, Finlanda, Belgia, Germania, etc.)

În urma studiilor întreprinse s-a ajuns la concluzia că solicitările din trafic se reflectă în comportarea structurilor rutiere și în special asupra structurilor rutiere cu îmbrăcămînți bituminoase, mai ales când traficul greu, cu precădere osii tandem, depășesc circa 500 000 treceri în perioada de după execuția drumului, adică 50 osii/zi/sens într-o perioadă de 15 ani.

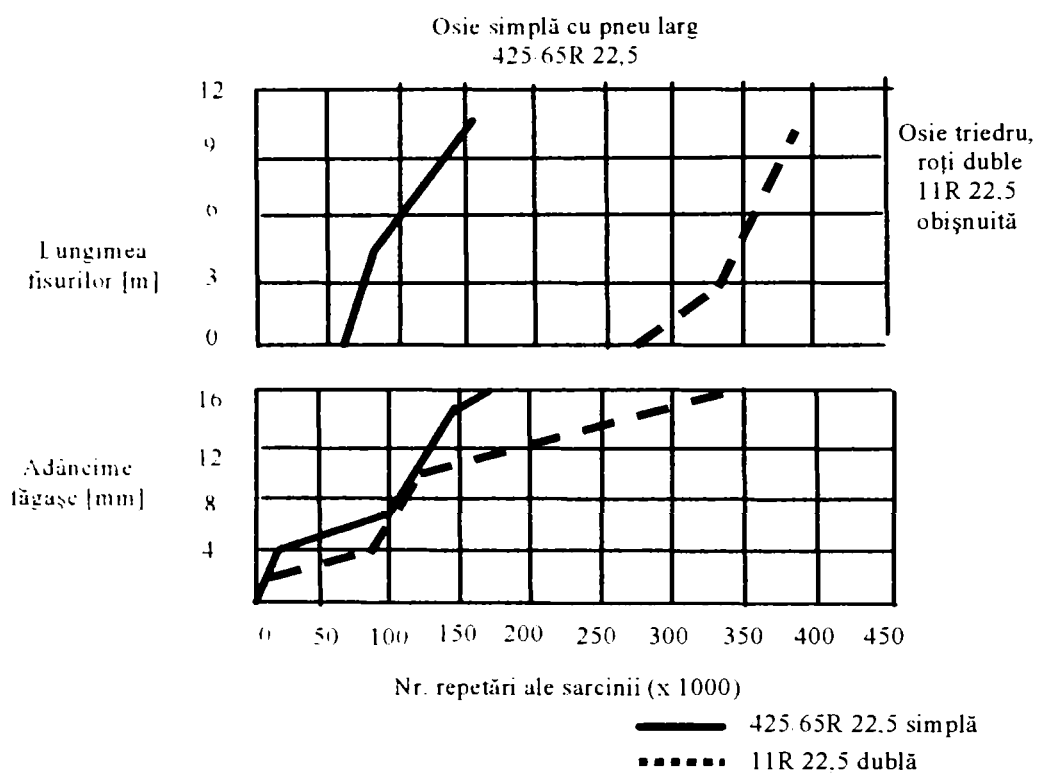


Figura 1.28. Efectul comparat al roților simple și al celor duble privind fisurarea și adâncimea fâgașelor

Dacă asupra factorilor climaterici putem acționa, asupra traficului se acționează într-o manieră mai mult sau mai puțin, prin luarea în considerare a unui coeficient de siguranță în realizarea proiectului construcției inițiale, atunci trebuie să acordăm atenție proiectării mixturilor asfaltice pentru realizarea îmbrăcăminților bituminoase care să răspundă cerințelor actuale de trafic.

Studiile întreprinse au arătat importanța proiectării mixturilor asfaltice, atenția ce trebuie acordată constituenților mixturilor asfaltice (bitum și agregate) și dozării acestora pentru a asigura durabilitatea și stabilitatea straturilor bituminoase.

Pe baza studiilor privind factorii care acționează asupra îmbrăcămintei bituminoase și efectele lor asupra siguranței și confortului utilizatorului, rezultă necesitatea studierii, cercetării și diversificării mixturilor asfaltice folosite la realizarea îmbrăcăminților bituminoase, care să le asigure durabilitate și stabilitate în timp sub efectul traficului și a condițiilor climaterice specifice țării noastre. În acest sens, am întreprins studii și cercetări, cu scopul de a monitoriza comportamentul diferitelor tipuri de structuri rutiere, privind modul cum drumul își modifică starea sau își îndeplinește funcția pentru care a fost proiectat și realizat, studii și cercetări ce sunt prezentate în capitolul următor al tezei

CAPITOLUL 2

COMPORTAREA ÎN EXPLOATARE A ÎMBRĂCĂMINȚILOR BITUMINOASE

Numărul de vehicule și greutatea pe osie este considerabil crescută după 1990. Această situație a făcut necesară punerea de acord a concepțiilor, privind dimensionarea și tehnologiile de reabilitare și construcție a drumurilor. Pe de altă parte, cercetările actuale în domeniul rutier au determinat apariția unor noi materiale și tehnologii.

Mai mult, cercetările arată [175] că nu se pot importa tehnologii rutiere fără a le adapta condițiilor țării respective.

În aceste condiții practicile utilizate și tehnologiile noi puse pe piață în construcția rutieră trebuie să facă obiectul unei evaluări a eficienței lor.

Această evaluare a comportamentului drumului necesită o intervenție concentrată și o analiză riguroasă a caracteristicilor drumului. În acest sens AND-CESTRIN a elaborat în anul 1996 un ghid pentru programul de evaluare a performanțelor tehnologiilor folosite pe drumurile naționale, fiind adaptat programului american SHRP (Strategic Highway Research Program). Ghidul a fost elaborat de CESTRIN București pentru a ajuta specialiștii de drumuri implicați în programul de evaluare a performanțelor drumurilor.

2.1. PROGRAMUL STRATEGIC HIGHWAY RESEARCH PROGRAM

Programul American de Cercetare, **Strategic Highway Research Program** (SHRP), din care s-a desprins programul LTPP (Long-Term Pavement Performance), ce a fost inițiat de către Administrația Federală a Drumurilor din America (FHWA), datorită faptului că vechile tehnologii și metodele tradiționale, majoritatea derivate din programul de încercări (AASHTO), nu mai satisfăceau noile cerințe impuse drumurilor, caracterizate prin creșterea continuă a volumelor de trafic, inclusiv a sarcinilor pe osie în condiții de reducere a fondurilor destinate construcției și întreținerii drumurilor.

Programul SHRP a devenit apoi un program internațional. Programul s-a numit strategic deoarece și-a propus să rezolve pe o durată scurtă de 5 ani primele 3 obiective (lianți, mixturi asfaltice și îmbrăcămînți bituminoase; betoane de ciment pentru lucrări de artă și îmbrăcămînți rutiere; întreținerea și exploatarea drumurilor) și pe o durată de 20 de ani programul de urmărire a performanțelor îmbrăcămînților pe termen lung – LTPP (Long-Term Pavement Performance).

2.1.1. Obiectivele programului Long-Term Pavement Performance

Obiectivele generale ale programului LTPP, care vizează urmărirea performanțelor pe termen lung ale îmbrăcăminților rutiere, au fost definite cu ocazia elaborării programului SHRP și constau în “creșterea durabilității îmbrăcăminților rutiere prin investigarea diferitelor tipuri de structuri existente, reabilitate sau noi, folosind diferite materiale în condiții de solicitări din trafic diverse, pe diferite tipuri de pământuri și exploatate folosind diverse metode și tehnici de întreținere”.

Obiectivele specifice ale programului LTPP, program la care România s-a afiliat începând din anul 1993, sunt următoarele:

- evaluarea metodelor de dimensionare structurală practicate în prezent;
- dezvoltarea unor metodologii și strategii îmbunătățite pentru reabilitarea îmbrăcăminților rutiere existente;
- dezvoltarea unor relații de calcul de dimensionare îmbunătățite pentru structuri rutiere noi și pentru ranforsări;
- cuantificarea mai precisă a efectelor pe care le au asupra performanțelor îmbrăcăminților rutiere următorii parametri:
 - încărcările din trafic;
 - mediul înconjurător;
 - proprietățile materialelor și variabilitatea acestora;
 - calitatea execuției lucrărilor;
 - tehnologiile de întreținere aplicate;
- determinarea efectelor pe care le are asupra performanțelor, specificul alcătuirii structurale a îmbrăcăminților;
- stabilirea la nivel național, a unei baze de date privind performanțele pe termen lung ale îmbrăcăminților rutiere;
- utilizarea datelor și cunoștințelor obținute prin realizarea obiectivelor, la rezolvarea principalelor dificultăți întâmpinate la realizarea, implementarea și exploatarea eficientă a unui sistem optimizat de administrare a drumurilor (Pavement Management System).

Realizarea practică a programului LTPP implică următoarele faze:

- *faza întâi*: selectarea sectoarelor candidat în funcție de criteriile și metodologia prevăzută în Îndrumătorul LTPP, elaborat în cadrul programului internațional, care constituie o primă adaptare a ghidului internațional la condițiile specifice ale rețelei de drumuri din fiecare țară;

- *faza a doua*: inspectarea pe teren a sectoarelor propuse inițial, marcarea lor ca sectoare SHRP-LTPP conform marcajului internațional și stabilirea programului inițial de investigații (sondaje, prelevări de probe și determinarea stării îmbrăcămintei rutiere), necesare pentru completarea fișelor tehnice ale sectoarelor propuse;

- *faza a treia* cuprinde analiza probelor prelevate și interpretarea rezultatelor, completarea fișelor tehnice pentru sectoarele candidat și înaintarea lor spre aprobare la Programul Internațional – (Divizia LTPP din cadrul FHWA);

- *faza a patra* se derulează cu confirmarea acceptării sectoarelor propuse Programului Internațional. După primirea acelei confirmări se va proceda, în continuare, la marcarea definitivă a sectoarelor respective și stabilirea programului periodic de urmărire și investigare a acestora, inclusiv a modalității de întreținere pe perioada realizării programului.

Modul de realizare a acestor investigații și de colectare a datelor pentru sectoarele SHRP-LTPP fac obiectul unui îndrumător separat, “**Îndrumător pentru colectarea și înregistrarea datelor LTPP**”, acest îndrumător fiind structurat pe următoarele capitole:

- identificarea sectoarelor;
- testarea materialelor;
- clima;
- întreținere;
- reabilitare;
- trafic;
- investigarea stării tehnice a drumurilor.

Programul de urmărire pe termen lung implică realizarea a trei tipuri de studii:

- studii generale privind comportarea îmbrăcăminților existente - General Pavement Studies (GPS);

- studii specifice privind performanțele îmbrăcăminților rutiere noi - Specific Pavement Studies (SPS);

- studii realizate pe piste privind performanțele îmbrăcăminților rutiere noi General Pavement Studies (GPS).

Studiile generale tip GPS au ca obiectiv studierea comportării în timp a unor sectoare de drum existente, în scopul evaluării eficacității și a performanțelor soluțiilor de întreținere aplicate de unitatea de întreținere în raza căreia se află sectorul de drum.

Scopul cercetării folosind programul de evaluare a performanțelor drumurilor este de a îmbunătăți comportarea și durata de viață a drumurilor și de a optimiza resursele folosite în construcția și întreținerea drumurilor.

Acest lucru necesită o mai bună înțelegere a cauzelor degradărilor și a efectelor lor asupra duratei de viață a drumului.

Pentru a atinge acest obiectiv, programul de evaluare a performanțelor drumurilor vizează în particular următoarele aspecte:

- evaluarea tehnologiilor cu rigoare și obiectivitate într-un cadru bine structurat;
- stabilirea limitelor de aplicare a procedeele curente și a tehnologiilor noi;
- furnizarea de parametrii pentru a adopta și a optimiza tehnologiile (concepțiile și materialele) aferente fiecărei regiune a țării;
- evaluarea eficacității programelor de întreținere, de refacere și construcție pe planul investițiilor și al intervențiilor;
- compararea performanțelor relative ale structurilor drumurilor studiate.

Urmărirea drumurilor în timp va permite stabilirea unor modele de comportare, care sunt utilizate pentru a optimiza gestionarea drumurilor.

Se știe că, multe lucrări de întreținere pe drumuri sunt realizate în mod curent și determinări cu aparate noi sunt efectuate cu punctualitate. Din nefericire, aceste lucrări sunt puțin cunoscute și în majoritatea cazurilor, eficiența acestora nu este bine apreciată. Pentru a remedia aceste situații se impun noi activități de cercetare care să evalueze performanțele intervențiilor realizate pe drumuri. Pentru a ține cont de situația prezentă, programul de evaluare a performanțelor drumurilor comportă două orientări și anume:

- validarea îmbrăcămințiilor existente;
- experimentarea unor noi tehnologii puse pe piață.

Programul de validare constă în a evalua tehnologiile utilizate cu scopul de a determina eficiența și de a îmbunătăți, la nevoie, aceste experiențe cu referire la:

- dimensionarea straturilor rutiere;
- dozajul amestecurilor (materialelor compozite);
- experiențele privind întreținerea, reabilitarea și construcția drumurilor;
- programele de intervenție.

Programul experimentării se bazează pe evaluarea și determinarea condițiilor de utilizare a noilor tehnologii și la nevoie, pe adaptarea acestor tehnologii la:

- producții de cercetare;
- noi materiale;
- tehnologii inovatoare;
- noi procedee.

În acest sens, este necesar de a pune în evidență ce activități sunt necesare în cadrul programului LTPP pentru atingerea dezideratului propus.

2.1.2. Activitățile programului LTPP

Structura rutieră este alcătuită din mai multe straturi construite pe sol. Zonele în care sunt construite drumurile pot fi variate din punct de vedere al climei, naturii solului, reliefului, nivelul apei freactice etc. Tehnologiile și materialele întrebuintate pentru realizarea drumurilor pot fi, de asemenea, variate potrivit proiectelor elaborate. În timpul exploatării sale, drumul este supus solicitărilor datorate traficului și climei. Aceste solicitări provoacă degradări perceptibile suprafeței de rulare. Evoluția acestor degradări depinde de solicitările ce acționează, de caracteristicile fizico-mecanice ale materialelor ce compun structura rutieră, de solul și mediul drumului. Performanțele drumului sunt în funcție de evoluția degradărilor observate la suprafața sa.

Pentru a evalua în mod corect performanțele unui drum este necesar luarea în calcul a tuturor componentelor unui proiect, a concepției de realizare a lucrărilor, caracteristicile zonei și de a studia comportarea drumului în timp.

Acest program implică administrațiile de drumuri, care au un rol important încă de la începutul pregătirii proiectului supus la o evaluare de performanță.

Uniformizarea acestor cercetări permite interpretarea datelor pe baze comune și compararea rezultatelor de performanță a drumurilor studiate.

Programul de evaluare a performanțelor drumurilor cuprinde activități de bază comune tuturor studiilor și activități opționale selecționate în funcție de natura proiectului luat în studiu [175].

Activitățile de bază servesc la studiul proiectului, recunoașterea parametrilor posibili de a afecta comportarea drumului și de a scoate în evidență caracteristicile esențiale pentru toate studiile de evaluare a performanțelor. Intervențiile și caracteristicile următoare sunt necesare pentru toate studiile de evaluare a performanțelor:

- determinarea secțiunilor pe zone;
- descrierea studiului;
- date generale privind zona drumului;
- planul de localizare, general și detaliat al sectorului studiat;
- releveul degradărilor de suprafață;
- profilul longitudinal;
- profilul transversal;
- sondaje și prelevare de probe.

Activitățile opționale se folosesc pentru a determina alte caracteristici ale sectorului studiat, pentru o evaluare adecvată a performanțelor drumului.

În acest sens se pot studia;

- deflexiunile;
- profilul longitudinal;
- rugozitatea;
- condițiile climaterice;
- variația sezonieră a patului drumului și profilului longitudinal;
- proprietățile fizice și mecanice ale structurii rutiere.

Frecvența încercărilor este planificată în funcție de proiectul ce se studiază. În general, frecvența activităților desfășurate este următoarea:

- **înaintea intervenției**, în cazul unei ranforsări pentru a determina dacă performanțele intervenției sunt afectate de starea anterioară a drumului;

- **imediat după o intervenție**, în toate cazurile (refacere, construcție), pentru a cunoaște starea inițială a drumului;

- **anual**, în cazul în care evoluția anuală a comportării unui drum este semnificativă sau în cazul când activitățile nu sunt influențate de comportamentul drumului în timpul iernii;

- **bianual**: - în cazul când comportarea drumului este diferită între vară și iarnă, iar activitățile se pot desfășura de două ori pe an.

Încercările anuale și bianuale trebuie realizate în aceeași perioadă a anului pentru a face o evaluare corectă.

Pentru o mai bună apreciere a condițiilor de realizare a lucrărilor, literatura de specialitate [175] recomandă efectuarea de încercări în diferite faze de realizare a construcției.

Conform celor prezentate anterior, m-am implicat, alături de CESTRIN București, în aplicarea acestui program în sectorul rutier din țara noastră și mai precis în cadrul Direcțiilor Regionale de Drumuri și Poduri (D.R.D.P.) Timișoara și Craiova.

În continuare, voi prezenta pe scurt desfășurarea acestui program de urmărire pe termen lung a comportării în exploatare a unor sectoare de drum.

2.2. STUDIU DE CAZ PRIVIND DESFĂȘURAREA PROGRAMULUI DE EVALUARE A PERFORMANTELOR ÎMBRĂCĂMINȚILOR RUTIERE PE TERMEN LUNG, APLICAT PE REȚEAUA DE DRUMURI DIN ROMÂNIA (RO – LTPP)

Programul RO-LTPP s-a desfășurat, luând în studiu 12 sectoare de drum cu îmbrăcămînți bituminoase [130; 131; 133; 183].

Se poate aprecia că, în contextul actual de dezvoltare a rețelei rutiere în România, obiectivele programului RO-LTPP sunt aproape identice cu cele ale programului american cu diferențele corespunzătoare condițiilor de trafic și climă, de pământuri și materiale specifice rețelei rutiere din țara noastră.

Programul RO-LTPP vizează aceleași obiective ca și programul american, adaptate condițiilor țării noastre.

În vederea realizării obiectivelor propuse, în desfășurarea programului RO-LTPP s-a urmărit realizarea următoarelor activități, pentru a evalua performanțele îmbrăcăminților bituminoase existente sau performanțele tehnologiilor de întreținere a unor drumuri luate în studiu, anume:

- selectarea sectoarelor RO-LTPP;
- releveul degradărilor;
- rugozitatea suprafeței de rulare;
- uniformitatea suprafeței de rulare în profil longitudinal;
- deflexiunile structurii rutiere;
- efectuarea sondajelor cu scopul de a determina structura rutieră și de a preleva probe;

- determinarea caracteristicilor materialelor ce alcătuiesc structura rutieră (straturile bituminoase, straturile din beton de ciment, straturile granulare și terenul natural);

- clima și temperatura zonei sectorului luat în studiu;
- traficul.

În scopul realizării acestor activități au fost implicați mai mulți factori:

- administrațiile de drumuri, în zona cărora se află sectoarele RO-LTPP, care au contribuit la selectarea, marcarea și punerea la dispoziție a unor date referitoare la caracteristicile sectorului studiat;

- AND-CESTRIN care a inițiat programul și l-a adaptat condițiilor specifice țării noastre, stabilind activitățile necesare pentru îndeplinirea obiectivelor propuse în program, efectuând anumite activități și coordonarea întregii activități;

- universitățile tehnice din țară, prin departamentele de specialitate care au fost implicate direct în:

- efectuarea releveului degradărilor;
- determinarea rugozității;
- efectuarea sondajelor;
- prelevarea probelor;

- determinarea caracteristicilor fizico-mecanice ale probelor prelevate;
- determinarea temperaturilor pe anumite perioade de timp de-a lungul mai multor ani;
- urmărirea noilor tehnologii de întreținere și reabilitare utilizate pe unele din sectoarele RO-LTPP.

În cadrul Departamentului de Inginerie Geotehnică și Căi de Comunicație Terestre Timișoara m-am ocupat direct de urmărirea comportării sectoarelor RO-LTPP de pe raza de activitate a Direcției Regionale de Drumuri și Poduri (D.R.D.P.) Timișoara și Craiova.

Programul RO-LTPP a început din anul 1996...1997 și continuă și în prezent.

În continuare voi prezenta pe scurt activitățile desfășurate în cadrul programului RO-LTPP, sub coordonarea mea directă, și rezultatele la care s-a ajuns până în prezent.

2.2.1. Selectarea sectoarelor RO-LTPP

Selectarea sectoarelor de drum candidat pentru programul de urmărire pe termen lung s-a făcut luând în considerare următoarele elemente:

- a) istoricul sectorului;
- b) tipul structurii rutiere;
- c) categoria de trafic;
- d) tipul climateric;
- e) condițiile hidrologice aferente sectorului;
- f) natura pământului din patul drumului.

Ținând cont de factorii prezentați mai sus, pe raza D.R.D.P. Timișoara au fost selectate 7 sectoare RO-LTPP cu îmbrăcămînți bituminoase, iar în cadrul D.R.D.P. Craiova au fost selectate 5 sectoare RO-LTPP cu îmbrăcămînți bituminoase.

În continuare voi prezenta rezultatele obținute pe sectoarele cu îmbrăcămînți bituminoase din cadrul D.R.D.P. Craiova și D.R.D.P. Timișoara, precum și unele observații privind performanțele lucrărilor de întreținere și reabilitare realizate pe aceste sectoare.

2.2.1.1. Structura rutieră a sectoarelor de drum RO-LTPP selectate

Pentru studiile de tip General Pavement Studies (GPS) structura sectoarelor de drum luate în studiu trebuie să se încadreze în unul din tipurile de structuri specificate în tabelul 2.1.

Tabelul 2.1

Indicativ sector	Alcătuirea structurii rutiere
GPS – 1	Îmbrăcămintă bituminoasă realizată din straturi bituminoase așternute pe un strat de bază granular
GPS – 2	Îmbrăcămintă bituminoasă realizată din straturi bituminoase așternute pe un strat de bază realizat din agregate naturale stabilizate cu lianți
GPS – 3	Îmbrăcămintă din beton de ciment cu rosturi (Jointed Plain Concrete Pavement – JPCP)
GPS – 4	Îmbrăcămintă din beton de ciment armat cu rosturi (Jointed Reinforced Concrete Pavement – JRCP)
GPS – 5	Îmbrăcămintă din beton de ciment armat continuu (Continuously Reinforced Concrete Pavement – CRCP)
GPS – 6A	Îmbrăcămintă bituminoasă existentă ranforsată cu straturi bituminoase
GPS – 7A	Îmbrăcămintă din beton de ciment existentă ranforsată cu straturi bituminoase
GPS – 7B	Îmbrăcămintă din beton de ciment existentă care în viitor se va ranfora cu straturi bituminoase
GPS – 9	Îmbrăcămintă din beton de ciment existentă ranforsată cu beton de ciment
GPS – 10	Îmbrăcămintă bituminoasă existentă tratată cu șlam bituminos

Ținând cont de cele prezentate în tabelul 2.1, D.R.D.P. Timișoara a propus 7 sectoare candidat RO-LTPP pentru a fi luate în studiu, prezentate în tabelul 2.2, iar D.R.D.P. Craiova a propus și selectat 5 sectoare prezentate în tabelul 2.3.

Toate datele prezentate în tabelul 2.2. au fost luate din **Banca de Date Tehnice Rutiere** completată în august 1995, existentă la DRDP Timișoara.

Tabelul 2.3

Nr. crt.	Experiment	D.N.	Poziția km	Tip strat	Grosime [mm]	Anul exec.
1	GPS – 1	67	171+300 ... 171+500	I.B.U.	40	1982
				I.B.B	40	1982
				I.B.U.	25	1965
				I.B.M.	45	1965
				Ba	200	1965
2	GPS – 2	56 A	52+000 ... 52+200	I.B.U.	25	1968
				I.B.B	35	1968
				N.S.C	220	1968
3	GPS – 7A	66	65+000 ... 65+200	I.B.U.	30	1981
				I.B.B	40	1981
				I.B	60	1981
				B.C	180	1956
				Ba	200	1956
4	GPS – 6A	66	107+800 ... 107+950	I.B.U.	40	1977
				I.B.B	50	1977
				I.B.U.	25	1967
				I.B.M	45	1967
				Ba	200	1967
5	GPS – 2	67	21+750 ... 21+950	I.B.U.	25	1971
				I.B.B	55	1971
				BA.S.	120	1971
				Ba	300	1971

Tabelul 2.2

Nr. Crt.	Experiment	D.N	Poziția km	Tip strat	Grosime [mm]	Anul exec.
1	GPS - 1	66	153+800 ... 153+950	I.B.U	30	1963
				I.B.B	40	1963
				BA	320	1963
2	GPS - 2	59	30+250 ... 30+400	I.B.U	30	1987
				I.B.U	30	1980
				I.B.U	25	1963
				I.B.B	45	1963
				B.S.C	170	1963
M	150	1963				
3	GPS - 6A	59	20+800 ... 20+950	I.B.U	25	1973
				I.B.B	35	1973
				I.U	70	1961
				M	80	1961
				M	250	1961
4	GPS - 6B	7	489+480 ... 489+630	I.B.U	25	1964
				I.B.B	45	1964
				BA	380	1964
5	GPS - 7A	68 A	75+500 ... 75+650	I.B.U	42	1992
				I.B.B	55	1992
				B.C	190	1969
				N	20	1969
BA	200	1969				
6	GPS -	58B	61+300 ... 61+450	I.B	35	1988
				I.B	60	1988
				I.B	110	-
				PS	250	-
7	GPS -	79	31+300 ... 31+450	I.B	30	1988
				I.B	40	1988
				M	80	-
				BA	140	-
				U	360	-

Notă:

- IB.U. -îmbrăcăminte bituminoasă - strat de uzură;
- I.B.B. - îmbrăcăminte bituminoasă - strat de legătură;
- I.U. - îmbrăcăminte bituminoasă ușoară;
- B.C. - îmbrăcăminte din beton de ciment;
- BA. -balast
- B.S.C. - balast stabilizat cu ciment
- M - macadam;
- N - nisip;

Se constată că, în ceea ce privește alcătuirea structurii rutiere, sectoarele se încadrează în indicativele prezentate în „Îndrumătorul LTPP”.

2.2.2. Investigații de teren

Investigațiile de teren au constat în evaluarea stării de degradare, măsurarea rugozității și efectuarea sondajelor.

Aceste investigații au fost efectuate începând cu anul 1996 continuându-se și în prezent, având drept scop de a determina parametrul de degradare și de rugozitate,

ceilalți parametri fiind determinați de CESTRIN București, respectiv parametrul de capacitate portantă și planeitate.

Important a fost de a urmări evoluția degradărilor pe sectoarele luate în studiu, pe cât posibil de a stabili cauzele care au dus la apariția degradărilor constatate pe teren și măsurate, și de a stabili performanțele îmbrăcăminților bituminoase existente pe aceste sectoare de drum și performanțele tehnologiilor de întreținere și reabilitare aplicate pe unele din aceste sectoare RO-LTPP.

2.2.2.1. Starea de degradare

Ținând cont de importanța degradărilor în luarea deciziilor privind lucrările de întreținere ce trebuie realizate pentru a aduce drumurile într-o stare de viabilitate corespunzătoare, o mare atenție s-a acordat efectuării releveului degradărilor. De fapt, performanțele îmbrăcăminților bituminoase sunt date de starea suprafeței de rulare și în primul rând de evoluția degradărilor suprafeței îmbrăcămintei [175].

Pentru evaluarea stării de degradare s-a utilizat metoda eșantionării, conform “Ghidului de evaluare a stării de degradare a îmbrăcămintei bituminoase pentru drumuri cu sisteme rutiere suple și semirigide ” elaborat de AND /CESTRIN [176].

Metodologia constă în evaluarea cantitativă a degradărilor pe eșantioane de 30 m.

Analiza rezultatelor investigațiilor s-a făcut prin calculul indicilor de evaluare a stării de degradare:

- **indicele de evaluare structurală (I.E.ST.)**, determinat pe baza evaluării degradărilor de tip structural;

- **indicele de evaluare a suprafeței (I.E.SU.)**, determinat pe baza evaluării degradărilor de suprafață;

- **indicele de evaluare global (I.G.)**, compus din indicele de evaluare structural și indicele de evaluare a degradărilor de suprafață.

Degradările de tip structural luate în studiu au fost:

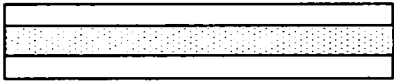
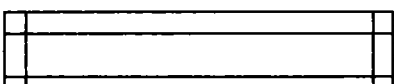



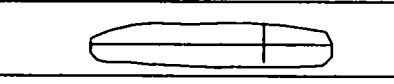
- degradări datorate oboselii structurii rutiere;
- faianțări;
- fisuri și crăpături longitudinale;
- plombări;
- fâgașe;
- fenomene de pompaj;
- gropi care afectează structura rutieră.

Degradările de suprafață luate în studiu au fost:

- rupturi de margine;
- fisuri transmise la rosturile de lucru;
- fisuri și crăpături transversale;
- gropi care afectează stratul de suprafață;
- văluriri;
- suprafață exudată;
- suprafață cu ciupituri;
- cedări de acostamente.

Degradările observate și măsurate pe sectoarele RO-LTPP luate în studiu au fost reprezentate grafic folosind simbolurile și indicativele din tabelele 2.4; 2.5 și tabelul 2.6.

Tabelul 2.4


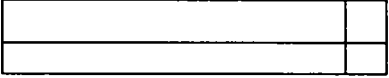

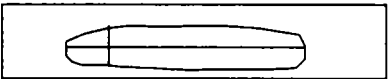
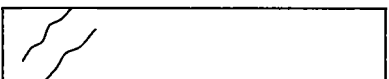



Nr. Crt.	Tipul degradărilor structurale	Simbol
1.	Degradări datorate oboselei structurii rutiere	
2.	Faianțări	
3.	Fisuri și crăpături longitudinale	
4.	Plombări	
5.	Făgașe	-
6.	Fenomene de pompaj	
7.	Gropi care afectează structura rutieră	

Reprezentarea grafică a degradărilor s-a făcut prin marcarea exactă a poziției tipului de degradare și precizarea exactă a lungimii, lățimii sau suprafeței acestora prezentate pe formulare tip conform ghidului de evaluare a degradărilor [176].

Folosind simbolurile din tabelele 2.4. și 2.5 și indicativele din tabelul 2.6. degradările au fost măsurate și evaluate pe grade de severitate și frecvența de apariție fiind folosite în calculul indicilor de evaluare a degradărilor.

În Anexa 2.1 se prezintă evoluția degradărilor în timp (1996 ... 2002) pe tipuri de degradări și grade de severitate, măsurate pe sectoarele RO-LTPP din cadrul D.R.D.P. Timișoara, iar în Anexa 2.2 pe sectoarele RO-LTPP din cadrul D.R.D.P. Craiova.

Tabelul 2.5

Nr. Crt.	Tipul degradărilor de suprafață	Simbol
8.	Rupturi de margine	
9.	Fisuri transmise la rosturile de lucru	
10.	Fisuri și crăpături transversale	
11.	Gropi care afectează stratul de suprafață	
12.	Văluriri	
13.	Suprafață exudată	
14.	Suprafață șlefuită	
15.	Suprafață cu ciupituri	
16.	Cedări de acostamente	-

În calculul indicilor de evaluare a degradărilor sunt implicați mai mulți parametri:

- tipurile de degradări prezentate în tabelul 2.6.;
- probabilitatea de apariție a degradărilor;
- coeficienți de pondere aplicați fiecărui tip de degradare și grad de severitate;
- “punctele deduse” exprimate ca produsul dintre probabilitatea de apariție, coeficientul de pondere și frecvența de apariție pentru fiecare tip de degradare și grad de severitate.

Indicele de evaluare a degradărilor structurale (I.E.ST.) În calculul I.E.ST. s-a ținut seama de lățimea eșantionului. Cunoscând lățimea fiecărui eșantion și lungimea s-a calculat suprafața. De asemenea, suprafața urmei roții s-a considerat $0,76 \times$ lungimea eșantionului.

Pentru fiecare tip de degradare și grad de severitate s-a calculat procentul de suprafață afectat de degradări.

Degradările pentru care s-a calculat indicele de degradare structural sunt cele notate cu indicativele: 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7.

Tabelul 2.6.

Nr. Crt.	Denumire degradare	U.M	Grad de severitate	Indicativ	
Degradări de tip structural					
1.	Degradări datorate oboselii Structurii rutiere	m ²	Redus (r) Mediu (M) Ridicat (R)	1r 1M 1R	
2.	Faianțări	m ²	Idem	2r 2M 2R	2r _c 2M _c 2R _c
3.	Fisuri și crăpături longitudinale	m	Idem	3**r _{a(c)} 3M _{a(c)} 3R _{a(c)}	3**r _{b(c)} 3M _{b(c)} 3R _{b(c)}
4.	Plombări	m ²	Idem	4r 4M 4R	
5.	Făgașe	mm	-	5	
6.	Fenomene de pompaj	m	-	6	
7.	Gropi care afectează structura	m ²	Redus (r) Mediu (M) Ridicat (R)	7r 7M 7R	
Degradări de suprafață					
8.	Rupturi de margine	m	Redus (r) Mediu (M) Ridicat (R)	8r 8M 8R	
9.	Fisuri transmise la rosturile de lucru	m	Idem	9**r _{a(c)} 9M _{a(c)} 9R _{a(c)}	9**r _{b(c)} 9M _{b(c)} 9R _{b(c)}
10.	Fisuri și crăpături transversale	m	Idem	10r 10M 10R	10r _c 10M _c 10R _c
11.	Gropi care afectează stratul de Suprafață	m ²	-	11	
12.	Văluriri	m ²	-	12	
13.	Suprafață exudată	m ²	Redus (r) Mediu (M) Ridicat (R)	13r 13M 13R	
14.	Suprafață șlefuită	m ²	-	14	
15.	Suprafață cu ciupituri	m ²	Redus (r) Mediu (M) Ridicat (R)	15r 15M 15R	
16.	Cedări acostamente	mm	-	16	

În calcule s-a însumat lungimea fisurilor longitudinale colmatate cu cele necolmatate, separat pentru fiecare tip de fisură longitudinală (din zona urmei roților sau din afara urmei roților).

Lungimea fisurilor longitudinale s-a înmulțit cu 0,5 pentru a determina suprafața zonei afectată de acest tip de degradări.

Împărțind suprafața degradată la suprafața eșantionului luată în studiu am determinat procentul de suprafață afectat de fiecare tip de degradare, pe grade de severitate. Calculele s-au făcut pe fiecare eșantion, tip de degradare și grad de severitate, iar rezultatele medii ce reprezintă procentul din suprafața degradată sunt prezentate în anexele 2.1 și 2.2 [130; 131; 133].

Cunoscând valorile probabilității de apariție a degradărilor structurale, coeficienții de pondere și frecvența de apariție a degradărilor de tip structural (tabelul 2.7.) s-au calculat “punctele deduse” pentru fiecare tip de degradare și grad de severitate conform tabelului 2.8.

Tabelul 2.7.

Tip de degradare	Probabilitatea de apariție [%]	Coeficienți de pondere			Frecvența de apariție		
		r	M	R	O	M	F
1. Degradări datorate oboselii structurii rutiere	20	0.4	0.7	1.0	0.4	0.8	1.0
2. Făianțări	20	0.4	0.7	1.0	0.4	0.8	1.0
3a. Fisuri și crăpături longitudinale	15	0.4	0.7	1.0	0.6	0.8	1.0
3b. Fisuri și crăpături longitudinale	10	0.3	0.8	1.0	0.5	0.8	1.0
4. Plombări	10	0.4	0.7	1.0	0.4	0.8	1.0
5. Făgașe	10	0.4	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0
6. Fenomene de pompaj	10	1.0	1.0	1.0	0.7	0.9	1.0
7. Gropi care afectează structura	5	0.3	0.8	1.0	0.4	0.8	1.0

Legendă:

- * r = grad redus de severitate;
- * M = grad mediu de severitate;
- * R = grad ridicat de severitate;
- * O = frecvența apariției $p \leq 10\%$ (ocazional);
- * M = frecvența apariției $10\% < p < 50\%$ (moderat);
- * F = frecvența de apariție $p > 50\%$ (frecvent).

Pentru făgașe “punctele deduse” s-au calculat în funcție de gradul de severitate aplicat valorii medii a adâncimii (h) a făgașului și anume:

- grad redus de severitate pentru $h_{\text{mediu}} \leq 20 \text{ mm}$;
- grad mediu de severitate pentru $20 < h_{\text{mediu}} \leq 40 \text{ mm}$;
- grad ridicat de severitate pentru $h_{\text{mediu}} > 40 \text{ mm}$.

Tabelul 2.8.

Tip degradare	Frecvența de apariție:		
	$p \leq 10 \%$	$10 \% < p \leq 50 \%$	$p > 50 \%$
1. 1r/A 1M/A 1R/A	20x0.4x0.4=3.2 20x0.7x0.4=5.6 20x1.0x0.4=8.0	20x0.4x0.8=6.4 20x0.7x0.8=11.2 20x1.0x0.8=16.0	20x0.4x1.0=8.0 20x0.7x1.0=14.0 20x1.0x1.0=20.0
2. 2r/A 2M/A 2R/A	20x0.4x0.4=3.2 20x0.7x0.4=5.6 20x1.0x0.4=8.0	20x0.4x0.8=6.4 20x0.7x0.8=11.2 20x1.0x0.8=16.0	20x0.4x1.0=8.0 20x0.7x1.0=14.0 20x1.0x1.0=20.0
3a. 0.5(3r _a +3r _{ac})/A 0.5(3M _a +3M _{ac})/A 0.5(3R _a +3R _{ac})/A	15x0.4x0.6=3.6 15x0.7x0.6=6.3 15x1.0x0.6=9.0	15x0.4x0.8=4.8 15x0.7x0.8=8.4 15x1.0x0.8=12.0	15x0.4x1.0=6.0 15x0.7x1.0=10.5 15x1.0x1.0=15.0
3b. 0.5(3r _b +3r _{bc})/A 0.5(3M _b +3M _{bc})/A 0.5(3R _b +3R _{bc})/A	10x0.3x0.5=1.5 10x0.8x0.5=4.0 10x1.0x0.5=5.0	10x0.3x0.8=2.4 10x0.8x0.8=6.4 10x1.0x0.8=8.0	10x0.3x1.0=3.0 10x0.8x1.0=8.0 10x1.0x1.0=10.0
4. 4r/A 4M/A 4R/A	10x0.4x0.4=1.6 10x0.7x0.4=2.8 10x1.0x0.4=4.0	10x0.4x0.8=3.2 10x0.7x0.8=5.6 10x1.0x0.8=8.0	10x0.4x1.0=4.0 10x0.7x1.0=7.0 10x1.0x1.0=10.0
5. h ≤ 20 mm 20 mm < h ≤ 40 mm h > 40 mm	10x0.4x1.0=4.0 10x0.7x1.0=7.0 10x1.0x1.0=10.0	10x0.4x1.0=4.0 10x0.7x1.0=7.0 10x1.0x1.0=10.0	10x0.4x1.0=4.0 10x0.7x1.0=7.0 10x1.0x1.0=10.0
6.	10x1.0x0.7=7.0	10x1.0x0.9=9.0	10x1.0x1.0=10.0
7. 7r 7M 7R	5x0.3x0.4=0.6 5x0.8x0.4=1.6 5x1.0x0.4=2.0	5x0.3x0.8=1.2 5x0.8x0.8=3.2 5x1.0x0.8=4.0	5x0.3x1.0=1.5 5x0.8x1.0=4.0 5x1.0x1.0=5.0

Folosind formula:

$$I.E.ST. = 100 - \Sigma \text{“puncte deduse”} \quad [\%] \quad (2.1)$$

s-a calculat indicele de degradare structural având valorile prezentate în anexa 2.3 pentru sectoarele RO-LTPP din cadrul D.R.D.P. Timișoara și anexa 2.4 pentru sectoarele RO-LTPP din cadrul D.R.D.P. Craiova.

Indicele de evaluare a degradărilor de suprafață (I.E.SU). Calculul I.E.SU. urmează aceeași cale ca și calculul I.E.ST. cu unele diferențe și anume:

- calculele se referă la degradările de tip 8, 9, 10 ... 15;
- valorile probabilității de apariție a degradărilor de suprafață, a coeficienților de pondere și frecvenței de apariție a acestor degradări sunt cele prezentate în tabelul 2.9;
- “punctele deduse” se calculează pentru fiecare tip de degradare și grad de severitate conform tabelului 2.10;
- fisurile și crăpăturile transversale de tip 9 și 10 se însumează, cele colmatate cu cele necolmatate și se multiplică cu 0,5 pentru a calcula suprafața zonei afectată de aceste tipuri de degradări;
- pentru degradările de tip 16 (cedări de acostamente) “punctele deduse” se calculează în funcție de gradul de severitate aplicat valorii medii a diferenței existente între suprafața îmbrăcăminte rutiere și acostament (h) astfel:

- grad redus de severitate pentru $h_{\text{mediu}} \leq 20 \text{ mm}$;
- grad mediu de severitate pentru $20 \text{ mm} < h_{\text{mediu}} \leq 50 \text{ mm}$;
- grad ridicat de severitate pentru $h_{\text{mediu}} > 50 \text{ mm}$.

Tabelul 2.9.

Tip de degradare	Probabilitatea de apariție [%]	Coeficienții de pondere			Frecvența de apariție		
		r	M	R	O	M	F
8. Degradări de margine	10	0.3	0.8	1.0	0.4	0.7	1.0
9. Fisuri transmise la rosturile de lucru	15	0.4	0.7	1.0	0.5	0.8	1.0
10. Fisuri și crăpături transversale	15	0.5	0.7	1.0	0.4	0.8	1.0
11. Gropi care afectează stratul de suprafață	10	1.0	1.0	1.0	0.4	0.8	1.0
12. Văluriri	15	1.0	1.0	1.0	0.4	0.8	1.0
13. Suprafață exudată	10	0.3	0.7	1.0	0.3	0.7	1.0
14. Suprafață șlefuită	5	1.0	1.0	1.0	0.3	0.7	1.0
15. Suprafață cu ciupituri	10	0.3	0.7	1.0	0.3	0.7	1.0
16. Cedări acostamente	10	0.3	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0

Legendă:

- * r = grad redus de severitate;
- * M = grad mediu de severitate;
- * R = grad ridicat de severitate;
- * O = frecvența apariției $p \leq 10 \%$ (ocazional);
- * M = frecvența apariției $10 \% < p \leq 50 \%$ (moderat);
- * F = frecvența de apariție $p > 50 \%$ (frecvent).

Tabelul 2.10.

Tip de degradare	Frecvența de apariție:		
	$P \leq 10 \%$	$10 \% < p \leq 50 \%$	$P > 50 \%$
8. 8r/30	$10 \times 0.3 \times 0.4 = 1.2$	$10 \times 0.3 \times 0.7 = 2.1$	$10 \times 0.3 \times 1.0 = 3.0$
8M/30	$10 \times 0.8 \times 0.4 = 3.2$	$10 \times 0.8 \times 0.7 = 5.6$	$10 \times 0.8 \times 1.0 = 8.0$
8R/30	$10 \times 1.0 \times 0.4 = 4.0$	$10 \times 1.0 \times 0.7 = 7.0$	$10 \times 1.0 \times 1.0 = 10.0$
9. $0.5(9r+9r_c)/A$	$15 \times 0.4 \times 0.5 = 3.0$	$15 \times 0.4 \times 0.8 = 4.8$	$15 \times 0.4 \times 1.0 = 6.0$
$0.5(9M+9M_c)/A$	$15 \times 0.7 \times 0.5 = 5.2$	$15 \times 0.7 \times 0.8 = 8.4$	$15 \times 0.7 \times 1.0 = 10.5$
$0.5(9R+9R_c)/A$	$15 \times 1.0 \times 0.5 = 7.5$	$15 \times 1.0 \times 0.8 = 12.0$	$15 \times 1.0 \times 1.0 = 15.0$
10. $0.5(10r+3r_c)/A$	$15 \times 0.5 \times 0.4 = 3.0$	$15 \times 0.5 \times 0.8 = 6.0$	$15 \times 0.5 \times 1.0 = 7.5$
$0.5(10M+10M_c)/A$	$15 \times 0.7 \times 0.4 = 4.2$	$15 \times 0.7 \times 0.8 = 8.4$	$15 \times 0.7 \times 1.0 = 10.5$
$0.5(10R+10R_c)/A$	$15 \times 1.0 \times 0.4 = 6.0$	$15 \times 1.0 \times 0.8 = 12.0$	$15 \times 1.0 \times 1.0 = 15.0$
11. 11/A	$10 \times 1.0 \times 0.4 = 4.0$	$10 \times 1.0 \times 0.8 = 8.0$	$10 \times 1.0 \times 1.0 = 10.0$
12. 12/A	$15 \times 1.0 \times 0.4 = 6.0$	$15 \times 1.0 \times 0.8 = 12.0$	$15 \times 1.0 \times 1.0 = 15.0$
13. 13r/A	$10 \times 0.3 \times 0.3 = 0.9$	$10 \times 0.3 \times 0.7 = 2.1$	$10 \times 0.3 \times 1.0 = 3.0$
13M/A	$10 \times 0.7 \times 0.3 = 2.1$	$10 \times 0.7 \times 0.7 = 4.9$	$10 \times 0.7 \times 1.0 = 7.0$
13R/A	$10 \times 1.0 \times 0.3 = 3.0$	$10 \times 1.0 \times 0.7 = 7.0$	$10 \times 1.0 \times 1.0 = 10.0$
14. 14/A	$5 \times 1.0 \times 0.3 = 1.5$	$5 \times 1.0 \times 0.7 = 3.5$	$5 \times 1.0 \times 1.0 = 5.0$
15. 15r/A	$10 \times 0.3 \times 0.3 = 0.9$	$10 \times 0.3 \times 0.7 = 2.1$	$10 \times 0.3 \times 1.0 = 3.0$
15M/A	$10 \times 0.7 \times 0.3 = 2.1$	$10 \times 0.7 \times 0.7 = 4.9$	$10 \times 0.7 \times 1.0 = 7.0$
15R/A	$10 \times 1.0 \times 0.3 = 3.0$	$10 \times 1.0 \times 0.7 = 7.0$	$10 \times 1.0 \times 1.0 = 10.0$
16. $h_{\text{mediu}} \leq 20 \text{ mm}$	$10 \times 0.3 \times 1.0 = 3.0$	$10 \times 0.3 \times 1.0 = 3.0$	$10 \times 0.3 \times 1.0 = 3.0$
$20 \text{ mm} < h_{\text{mediu}} \leq 50 \text{ mm}$	$10 \times 0.7 \times 1.0 = 7.0$	$10 \times 0.7 \times 1.0 = 7.0$	$10 \times 0.7 \times 1.0 = 7.0$
$H_{\text{mediu}} > 50 \text{ mm}$	$10 \times 1.0 \times 1.0 = 10.0$	$10 \times 1.0 \times 1.0 = 10.0$	$10 \times 1.0 \times 1.0 = 10.0$

Folosind formula:

$$I.E.SU. = 100 - \Sigma \text{“puncte deduse”} \quad [\%] \quad (2.2.)$$

s-a calculat indicele de evaluare a degradărilor de suprafață. Rezultatele sunt prezentate în anexele 2.3 și 2.4.

Indicelui global al stării de degradare (I.G). Pentru fiecare eșantion s-a calculat indicele global al stării de degradare folosind formula:

$$IG = \sqrt{IEST \cdot IESU} \quad [\%] \quad (2.3.)$$

În anexele 2.3 și 2.4 sunt prezentați indicii de evaluare a degradărilor de suprafață, indicii de evaluare a degradărilor de structură, precum și indicii globali calculați pentru sectoarele RO-LTPP, cu îmbrăcămînți bituminoase, din cadrul D.R.D.P. Timișoara și Craiova, pentru fiecare eșantion, pentru fiecare bandă de circulație și pe ani de studiu.

Trebuie remarcat că unele sectoare au fost luate în studiu începând cu anul 1996, iar altele începând cu anul 1997. De asemenea, pe unele sectoare nu s-a putut efectua releveul defecțiunilor în anul 1997, deoarece au fost în reabilitare (cazul sectoarelor de pe DN 59 km 30 + 250...30 + 400; DN 59 km 20+ 800...20 + 950; DN 7 km 489 + 480...489 + 930).

Indicii de evaluare a degradărilor calculați pentru fiecare sector și sens de circulație în fiecare an au fost reprezentați grafic, putând astfel urmări evoluția lor în timp. Graficele privind evoluția indicilor de evaluare a degradărilor de suprafață, structură și globali sunt prezentate în anexa 2.5 pentru sectoarele RO-LTPP din cadrul D.R.D.P. Timișoara și anexa 2.6 pentru sectoarele din cadrul D.R.D.P. Craiova.

În urma studiului privind evaluarea degradărilor s-a stabilit că degradările evoluează după o ecuație de regresie.

2.2.2.2. Rugozitatea suprafeței de rulare

Rugozitatea este proprietatea suprafeței de rulare a îmbrăcămînților rutiere de a prezenta asperități, care asigură stabilitatea vehiculelor în mișcare prin realizarea unei aderențe cât mai bune între pneu și cale.

Problema realizării unei suprafețe rugoase și menținerea acesteia un timp cât mai îndelungat, devine din ce în ce mai importantă, pe măsura creșterii traficului și a vitezei de circulație.

Pe sectoarele RO-LTPP rugozitatea s-a determinat folosind metoda înălțimii de nisip. Rezultatele obținute în urma măsurătorilor efectuate sunt prezentate în tabelul 2.11, pentru sectoarele RO-LTPP din cadrul D.R.D.P. Timișoara și în tabelul 2.12

pentru sectoarele RO-LTPP din cadrul D.R.D.P. Craiova, respectiv graficele din figurile 2.1. și 2.2.

Tabelul 2.11

Nr. crt.	D.N.	km...km	An	Rugozitatea H.S. [mm]			Calificativ suprafață
				dreapta	stânga	mediu	
1.	66	153+800...153+950	1997	0,42	0,55	0,48	Satisfăcătoare
			1998	0,60	0,37	0,48	Satisfăcătoare
			1999	0,82	0,87	0,84	Satisfăcătoare
			2000	0,83	0,6	0,71	Satisfăcătoare
			2001	0,55	0,54	0,54	Satisfăcătoare
			2002	0,52	0,55	0,54	Satisfăcătoare
2.	68 A	75+500...75+650	1997	0,61	0,59	0,63	Satisfăcătoare
			1998	0,56	0,56	0,56	Satisfăcătoare
			1999	0,56	0,56	0,56	Satisfăcătoare
			2000	0,51	0,40	0,45	Satisfăcătoare
			2001	0,47	0,52	0,49	Satisfăcătoare
			2002	0,55	0,52	0,53	Satisfăcătoare
3.	59	30+250...30+400	1997	Lucrări de reabilitare			
			1998	0,46	0,50	0,48	Satisfăcătoare
			1999	0,32	0,34	0,33	Satisfăcătoare
			2000	0,43	0,28	0,36	Satisfăcătoare
			2001	0,50	0,46	0,48	Satisfăcătoare
			2002	0,26	0,40	0,33	Satisfăcătoare
4	59	20+800...20+950	1997	Lucrări de reabilitare			
			1998	0,34	0,36	0,35	Satisfăcătoare
			1999	0,26	0,28	0,27	Nesatisfăcătoare
			2000	0,16	0,28	0,22	Nesatisfăcătoare
			2001	0,56	0,48	0,52	Satisfăcătoare
			2002	0,22	0,25	0,24	Nesatisfăcătoare
5.	58 B	61+300...61+450	1997	0,75	0,74	0,74	Satisfăcătoare
			1998	0,40	0,28	0,34	Satisfăcătoare
			1999	0,30	0,75	0,52	Satisfăcătoare
			2000	0,22	0,80	0,50	Satisfăcătoare
			2001	0,52	0,55	0,54	Satisfăcătoare
			2002	0,83	1,38	1,09	Foarte bună
6.	79	31+200...31+350	1997	0,84	0,84	0,84	Satisfăcătoare
			1998	0,78	0,80	0,79	Satisfăcătoare
			1999	0,52	0,50	0,51	Satisfăcătoare
			2000	0,26	0,51	0,43	Satisfăcătoare
			2001	0,57	0,56	0,56	Satisfăcătoare
			2002	0,57	0,58	0,57	Satisfăcătoare
7.	7	489+480...489+630	1997	0,67	0,68	0,68	Satisfăcătoare
			1998	0,57	0,42	0,50	Satisfăcătoare
			1999	0,30	0,28	0,30	Satisfăcătoare
			2000	0,28	0,26	0,27	Nesatisfăcătoare
			2001	0,57	0,57	0,57	Satisfăcătoare
			2002	0,54	0,56	0,55	Satisfăcătoare

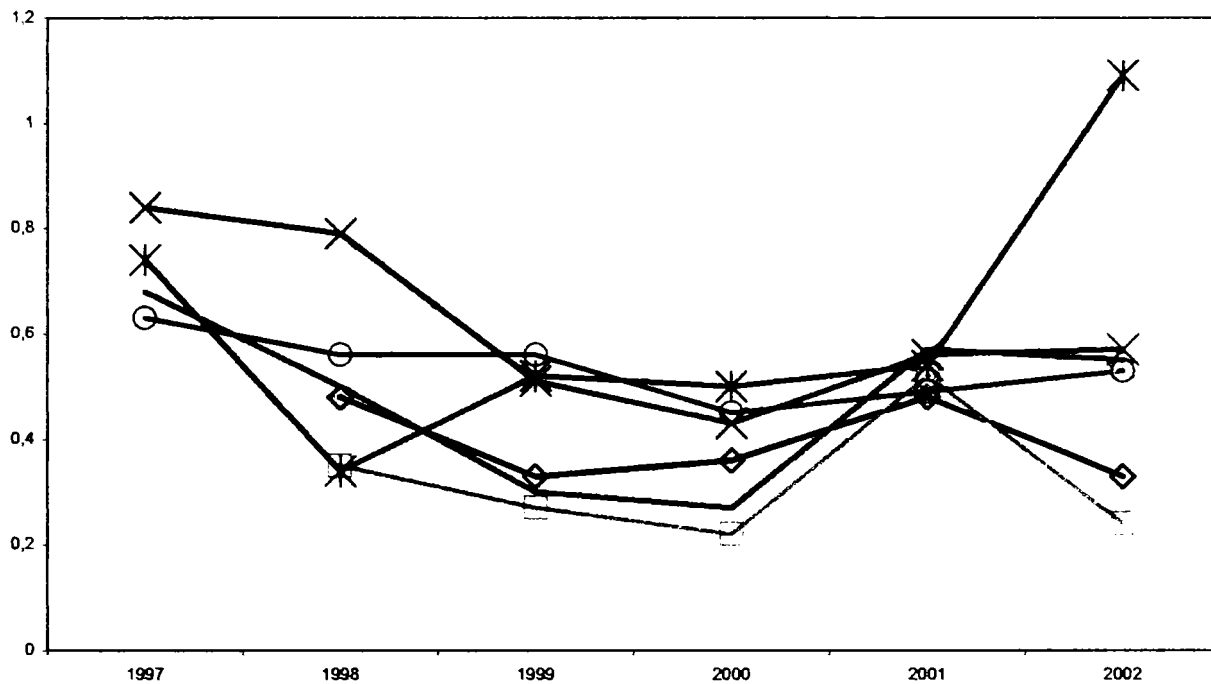
Tabelul 2.12

Nr. crt	D.N.	km...km	An	Rugozitatea H.S. [mm]			Calificativ suprafață
				dreapta	stânga	mediu	
1.	66	65+000...65+150	1997	0,33	0,30	0,31	Satisfăcătoare
			1998	0,18	0,16	0,16	Nesatisfăcătoare
			1999	0,18	0,17	0,17	Nesatisfăcătoare
			2000	0,24	0,17	0,21	Nesatisfăcătoare
			2001	0,5	0,54	0,52	Satisfăcătoare
			2002	0,45	0,50	0,48	Satisfăcătoare
2	66	107+800...107+950	1997	0,35	0,66	0,50	Satisfăcătoare
			1998	0,35	0,42	0,39	Satisfăcătoare
			1999	0,35	0,38	0,38	Satisfăcătoare
			2000	0,4	0,46	0,43	Satisfăcătoare
			2001	0,6	0,55	0,56	Satisfăcătoare
			2002	0,49	0,51	0,50	Satisfăcătoare
3.	67	21+750...21+950	1997	0,21	0,23	0,22	Nesatisfăcătoare
			1998	0,21	0,23	0,22	Nesatisfăcătoare
			1999	0,21	0,23	0,22	Nesatisfăcătoare
			2000	0,20	0,19	0,20	Nesatisfăcătoare
			2001	0,48	0,49	0,48	Satisfăcătoare
			2002	0,43	0,45	0,44	Satisfăcătoare
4	67	171+300...171+500	1997	0,24	0,24	0,24	Nesatisfăcătoare
			1998	0,17	0,24	0,24	Nesatisfăcătoare
			1999	0,17	0,25	0,25	Nesatisfăcătoare
			2000	0,17	0,22	0,19	Nesatisfăcătoare
			2001	0,48	0,46	0,47	Satisfăcătoare
			2002	0,41	0,39	0,40	Satisfăcătoare
5	56 A	52+000...52+150	1997	0,24	0,26	0,25	Nesatisfăcătoare
			1998	0,16	0,18	0,17	Nesatisfăcătoare
			1999	0,25	0,25	0,25	Nesatisfăcătoare
			2000	0,24	0,17	0,21	Nesatisfăcătoare
			2001	0,43	0,52	0,48	Satisfăcătoare
			2002	0,49	0,52	0,51	Satisfăcătoare

Rezultatele prezentate în tabelele 2.11 și 2.12 arată scăderea sau creșterea rugozității în timp, în funcție de lucrările de întreținere care s-au realizat pe aceste sectoare. Dar, aceste rezultate mai pun în evidență un aspect foarte important și anume că, prin lucrările de întreținere realizate (tratamente bituminoase, șlamuri bituminoase), rugozitatea a fost îmbunătățită pentru 1...2 ani, ceea ce arată că, pe de o parte, lucrările de întreținere nu au fost cele mai adecvate pentru realizarea unei suprafețe bune (șlamurile bituminoase), iar pe de altă parte, materialele folosite nu au fost de calitate, neavând duritatea necesară de a rezista traficului din zona respectivă (cazul tratamentelor bituminoase).

Din studiile efectuate asupra rugozității suprafeței de rulare rezultă, ca o concluzie generală, necesitatea utilizării unor tehnologii și materiale cu performanțe ridicate pentru realizarea îmbrăcăminților bituminoase performante, care să reziste solicitărilor la care sunt supuse permanent.

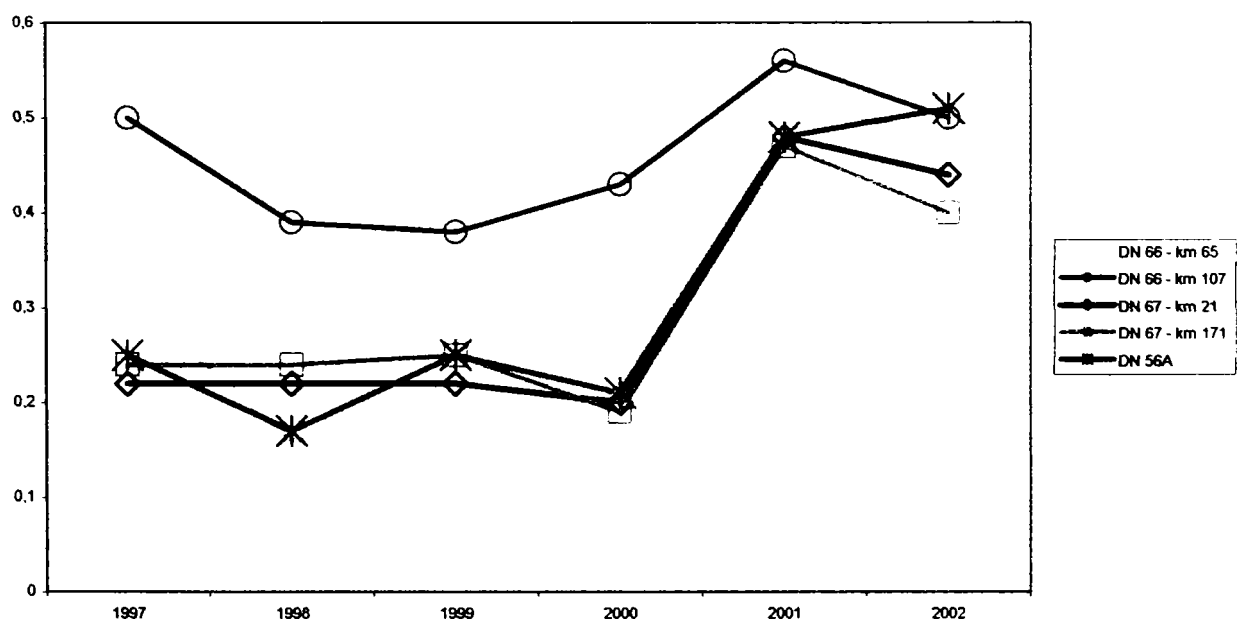
HS [mm]



Anul

Figura 2.1. Evoluția rugozității pe sectoarele RO-LTPP din cadrul D.R.D.P Timișoara

HS [mm]



Anul

Figura 2.2. Evoluția rugozității pe sectoarele RO-LTPP din cadrul D.R.D.P Craiova

2.2.2.3. Uniformitatea suprafeței de rulare

Se cunoaște faptul că, starea suprafeței de rulare influențează în mod direct siguranța circulației și confortul utilizatorilor. De asemenea, viteza de circulație a autovehiculelor scade pe drumurile cu suprafețe denivelate, iar costurile cresc.

Calitatea suprafeței de rulare a îmbrăcăminților bituminoase este apreciată de utilizator prin:

- rugozitatea, care vizează siguranța circulației la viteze mari și pe timp de ploaie;
- uniformitatea, proprietate ce influențează confortul și care deranjează orice conducător auto și ca atare, s-a impus a se studia această caracteristică a suprafeței de rulare, care are un rol important în luarea deciziilor privind întreținerea drumurilor și alegerea tehnologiei adecvate.

Uniformitatea suprafeței de rulare în profil longitudinal s-a realizat de către CESTRIN București cu aparatul APL 72. Rezultatele măsurătorilor sunt exprimate prin indicele IRI care este o notă internațională de planeitate. Unitatea de măsură este m / km.

În funcție de valorile IRI, m / km, se acordă calificative suprafeței de rulare, pe categorii de drumuri conform tabelelor 2.13. și 2.14.

Tabelul 2.13.

Calificativ	Valori IRI [m/km]		
	European	Principal	Secundar
BUN	< 3,5	< 4,5	< 5,5
MEDIU	3,5...5,5	4,5...6,0	5,5...6,5
RĂU	> 5,5	> 6,0	> 6,5

Tabelul 2.14

Clasa IRI	Calitatea suprafeței de rulare
0...2	Foarte bună: permite o circulație confortabilă la viteze > 120 km/h
2...4	Bună: circulația permisă până la 100...120 km/h
4...6	Medie: permite o circulație confortabilă până la viteze de 70...80 km/h
6...9	Rea: permite o circulație confortabilă până la viteze de 50...60 km/h
9...12	Foarte rea: circulația este permisă la viteze < 50 km/h

Luând în considerare cele prezentate în tabelele 2.13 și 2.14 și ținând cont de rezultatele măsurătorilor efectuate, s-au putut acorda calificative suprafeței de rulare din punct de vedere al uniformității prezentate în tabelul 2.15 pentru sectoarele RO-LTPP din cadrul D.R.D.P. Timișoara și tabelul 2.16 din cadrul D.R.D.P. Craiova, respectiv figurile 2.3 și 2.4.

Tabelul 2.15.

Nr. crt.	Drumul	Poziția km	Anul	IRI [m/km]	Calificativ
1.	DN 59	30+250...30+400	1998	1,5	Bun
			1999	1,4	Bun
			2000	0,8	Bun
			2001	2,3	Bun
			2002	1,9	Bun
2.	DN 59	20+800...20+950	1998	1,7	Bun
			1999	1,5	Bun
			2000	1,0	Bun
			2001	1,8	Bun
			2002	1,5	Bun
3.	DN 66	153+800...153+950	1998	4,3	Mediu
			1999	6,6	Rău
			2000	3,7	Mediu
			2001	4,1	Mediu
			2002	4,7	Mediu
4.	DN 68A	75+500...75+650	1998	2,5	Bun
			1999	-	-
			2000	2,5	Bun
			2001	-	-
			2002	2,8	Bun
5.	DN 79	31+200 ... 31+350	1998	3,5	Bun
			1999	-	-
			2000	2,1	Bun
			2001	-	-
			2002	2,7	Bun
6.	DN 58B	61+300 ... 61+450	1998	3,7	Bun
			1999	3,4	Bun
			2000	4,9	Mediu
			2001	8,1	Rău
			2002	7,4	Rău
7.	DN 7	489+480...489+630	1998	1,2	Bun
			1999	1,1	Bun
			2000	0,8	Bun
			2001	1,4	Bun
			2002	1,6	Bun

Tabelul 2.16.

Nr. Crt.	Drumul	Poziția km	Anul	IRI [m/km]	Calificativ
1.	DN 66	65+000 ... 65+150	1998	2,9	Bun
			1999	3,5	Bun
			2000	2,8	Bun
			2001	3,1	Bun
2.	DN 66	107+800 ... 107+950	1998	3,2	Bun
			1999	4,6	Mediu
			2000	6,3	Rău
			2001	4,2	Mediu
3.	DN 67	21+750 ... 21+950	1998	4,2	Mediu
			1999	4,3	Mediu
			2000	4,0	Mediu
			2001	4,0	Mediu
4.	DN 67	171+300 ... 171+500	1998	3,6	Bun
			1999	3,0	Bun
			2000	3,7	Bun
			2001	3,4	Bun
5.	DN 56 A	52+000 ... 52+200	1998	5,2	Rău
			1999	5,8	Rău
			2000	5,6	Rău
			2001	5,6	Rău

Din datele prezentate în tabelele 2.15 și 2.16 precum și figurile 2.3 și 2.4, și ținând cont de tipul lucrărilor realizate pe unele din aceste sectoare s-a ajuns la concluzia că starea suprafeței de rulare este foarte rea pe unele sectoare RO-LTPP, lucrările de întreținere realizate nu au fost cele corespunzătoare pentru a îmbunătăți planeitatea.

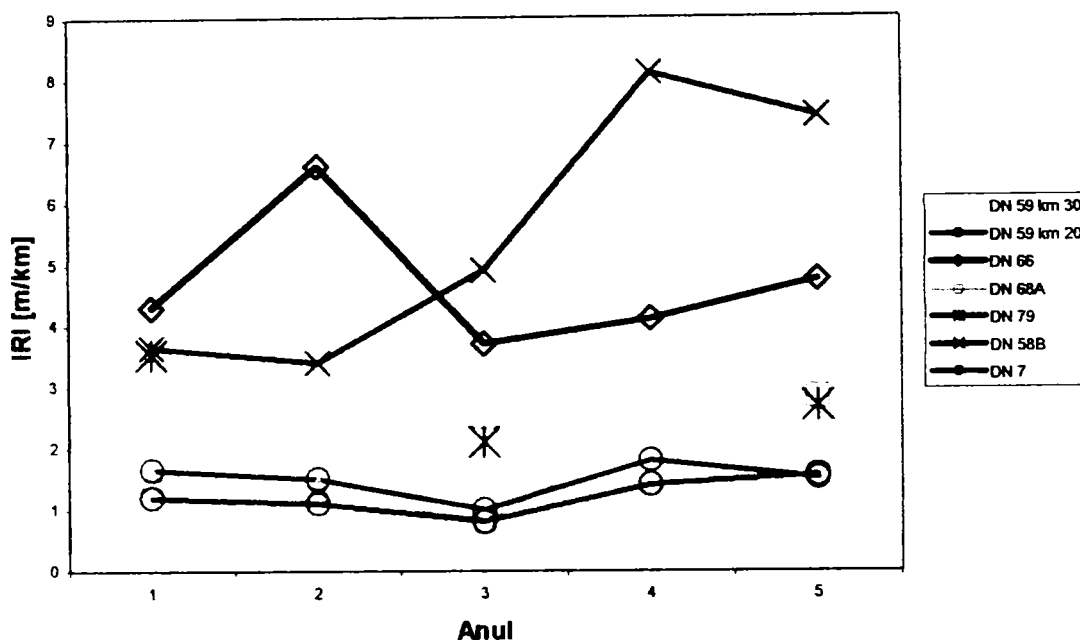


Figura 2.3. Variația uniformității în timp pe sectoarele RO-LTPP din cadrul D.R.D.P. Timișoara

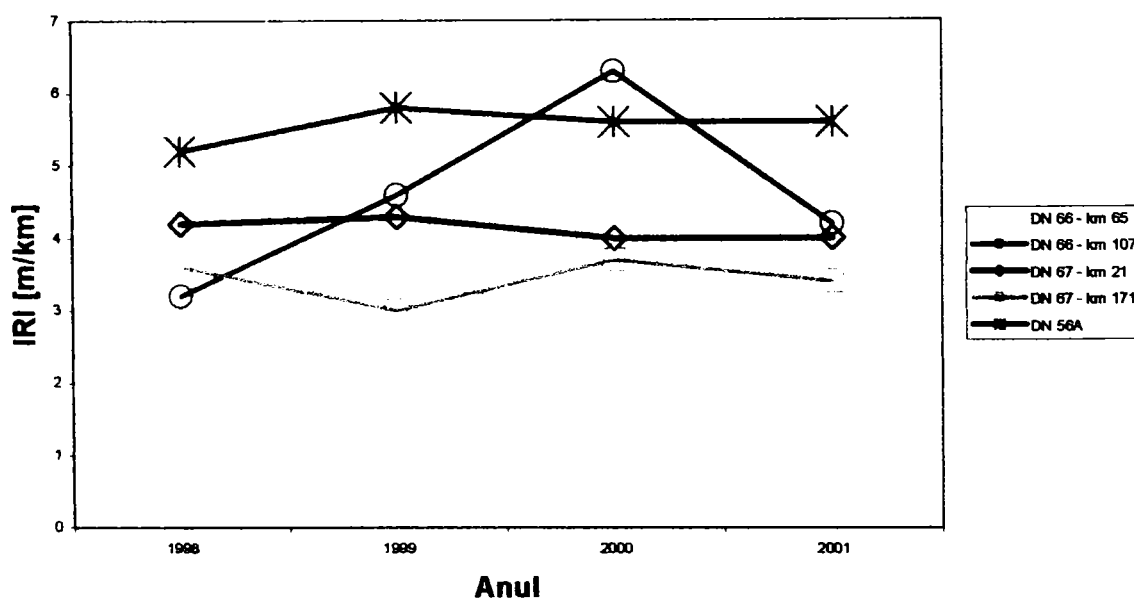


Figura 2.4. Variația uniformității în timp pe sectoarele RO-LTPP din cadrul D.R.D.P. Craiova

Rezultatele obținute pun în evidență necesitatea studierii și realizării unor îmbrăcămînți bituminoase performante capabile să preia denivelările din îmbrăcămînțile bituminoase existente și să reziste traficului actual fără a se deforma sub greutatea sarcinilor ce acționează .

2.2.2.4. Traficul recenzat

Din datele transmise de CESTRIN/AND București, prezentate în tabelul 2.17, la nivelul anului 2002 (MZA vehicule/24 h), rezultă că traficul recenzat se încadrează în clasele de trafic T_1 și T_2 , pe majoritatea sectoarelor desfășurându-se un trafic ce se încadrează în clasa de trafic T_2 .

Traficul este destul de intens pentru unele structuri rutiere care au fost dimensionate pentru un trafic mult mai mic. Dacă luăm în considerare și anul construcției acestor structuri rutiere considerăm că sunt necesare lucrări de ranforsare sau chiar de reabilitare.

2.2.2.5. Măsurători de capacitate portantă

Măsurătorile și calculele referitoare la capacitatea portantă au fost realizate cu sprijinul CESTRIN-AND București și sunt prezentate în tabelele 2.18 și 2.19. În urma măsurătorilor de capacitate portantă luând în considerare starea de degradare, traficul, uniformitatea și defecțiunile, s-a constatat că în majoritatea cazurilor structurile rutiere necesită intervenții pentru a aduce sectorul într-o stare de viabilitate corespunzătoare. De asemenea, se constată că sunt sectoare care nu mai pot prelua solicitările din trafic fără a suferi deformații.

În urma calculelor efectuate s-a constatat că sunt necesare realizarea unor straturi în grosimi ce variază de la 0...11,5 cm, după cum se poate observa în tabelele 2.18 și 2.19.

De asemenea, măsurătorile și calculele efectuate au pus în evidență urgența de remediere, ținând cont de perioada cât structurile rutiere mai pot prelua traficul. Rezultatele sunt prezentate în tabelul 2.18 pentru sectoarele RO-LTPP din cadrul D.R.D.P. Timișoara și tabelul 2.19 pentru sectoarele RO-LTPP din cadrul D.R.D.P. Craiova.

Sectoarele de pe DN 66 Km 153+800, DN 58 B și DN 79 necesită lucrări de ranforsare în două straturi.

Cu excepția sectoarelor reabilite, celelalte sectoare intră în urgența I de remediere.

Tabelul 2.17.

Cod unit.	Nr. Drum	Nr Post	Poziție Km post	Limite sector		Lung. sector	MZA (veh. 24 h)								Total vehicule	
				Poziția km început	Poziția km sfârșit		Biciclete Motociclete	Autoturisme microbuze autocamioane	Autocamioane și derivate cu două osi	Autocamioane și derivate cu trei sau patru osi	Autovehicule articulate	Autobuze	Tractoare vehicule speciale	Remorci		Vehicule cu tracțiune animală
2	56A	190	53.080	48.850	69.422	20.572	265	2613	107	23	105	56	40	37	214	341
3	58B	324	57.000	47.565	66.908	19.343	281	1891	133	24	43	20	17	22	14	241
3	59	325	13.300	6.400	14.300	7.900	206	5849	375	110	138	114	38	78	24	697
3	59	326	22.800	14.300	36.150	21.850	122	4390	282	75	96	86	26	42	18	516
3	6	285	434.610	397.267	435.210	37.943	51	2681	314	98	502	31	19	130	15	387
2	66	204	65.237	54.000	72.250	18.250	77	4548	339	260	56	151	15	31	39	555
2	66	205	106.500	94.400	121.000	26.600	9	1826	298	97	72	25	6	30	1	238
3	66	335	157.900	136.000	161.363	25.363	32	2178	485	233	171	30	19	46	32	326
2	67	206	10.100	10.050	25.260	15.210	111	3020	679	537	26	72	21	19	74	453
2	67	207	35.500	35.450	40.500	5.050	131	2714	171	49	24	81	18	13	49	319
2	67	212	173.00	152.700	180.400	27.700	88	3085	350	165	98	121	24	58	88	402
3	68A	345	77.700	54.454	78.489	14.035	73	1957	234	69	112	43	17	35	16	258
3	7	300	498.600	483.530	512.812	29.282	106	2258	381	117	812	45	14	103	14	389
3	79	356	37.220	21.452	41.500	20.048	76	3747	504	87	754	35	31	119	12	541

Tabelul 2.18

Nr. crt.	Drum	Banda	Secțiunea	Grosimea necesară [cm]	Durata de exploatare rămasă [ani]	Urgență de remediere
1	D.N. -	dr.	489-480...489-562	1.5	9	3
			489-562...489-630	0	18	3
		stg.	489-480...489-630	0	20	3
2	D.N. 66	dr.	153-800...153-882	11.5	0	1
			153-882...153-950	11.0	0	1
		stg.	153-800...153-867	11.5	0	1
			153-867...153-950	7.5	0	1
3	D.N. 58 B	dr.	61-300...61-397	6.5	2	1
			61-397...61-450	10.5	0	1
		stg.	61-300...61-397	5.0	2	1
			61-397...61-450	10.5	0	1
4	D.N. 79	dr.	31-200...31-252	5.5	2	1
			31-252...31-350	13.5	0	1
		stg.	31-200...31-297	10.8	1	1
			31-297...31-350	4.0	3	2
5	D.N. 59	dr.	30-250...30-400	2.5	8	3
		stg.	30-250...30-400	0	9	3
6	D.N. 59	dr.	20-800...20-897	4.0	3	2
			20-897...20-950	2.5	5	2
		stg.	20-800...20-852	4.5	3	2
			20-852...20-950	3.5	4	2

Tabelul 2.19.

Nr. Crt.	D.N.	Banda	Secțiunea	Grosimea necesară [cm]	Durata de exploatare rămasă [ani]	Urgența de remediere
1	D.N. 66	dr.	65-000...65-200	0	-	3
		stg.	65-000...65-200	0	-	3
2	D.N. 66	dr.	107-800...107-950	1.5	9	3
		stg.	107-800...107-950	2.0	8	3
3	D.N. 56.A	dr.	52-000...52-052	10.0	0	1
			52-000...52-112	12.0	0	1
			52-112...52-200	9.5	1	1
		stg.	52-000...52-142	11.0	0	1
			52-142...52-200	9.0	1	1
4	D.N. 67	dr.	171-300...171-397	0.5	9	3
			171-397...171-500	6.5	4	2
		stg.	171-300...171-397	0.5	9	3
			171-397...171-500	5.0	3	2
5	D.N. 67	dr.	21-800...21-877	9.0	1	1
			21-877...21-750	7.5	1	1
			21-750...21-800	3.5	4	2
		stg.	21-750...21-817	2.0	8	3
			21-817...21-892	10.0	0	1
			21-892...21-950	9.0	1	1

Analizând tabelul 2.18 se constată că sunt sectoare care au fost reabilitate și necesită ranforsări (DN 59 Km 20+800...20+897) sau lucrări de întreținere folosind straturi subțiri (DN 59).

Analizând rezultatele din tabelul 2.19 rezultă că sunt necesare lucrări chiar și în 3 straturi, fiind necesare grosimi mai mari de 9 cm.

Din cele prezentate putem trage concluzia că apariția degradărilor este o consecință și a capacității portante insuficiente sau neuniforme.

2.2.3. Investigații de laborator pe sectoarele RO-LTPP

Pentru determinarea caracteristicilor materialelor ce compun structura rutieră s-au efectuat încercări în laborator pe probele prelevate de pe sectoarele RO-LTPP.

În acest sens s-au efectuat sondaje deschise pe fiecare din sectoarele RO-LTPP și s-au prelevat probe din fiecare strat, ce alcătuiește structura rutieră, precum și din terenul natural. Cu această ocazie s-a putut pune în evidență felul straturilor ce alcătuiesc structura rutieră, precum și grosimea lor.

În tabelul 2.20. și 2.21. sunt prezentate structurile rutiere ale sectoarelor RO-LTPP din cadrul D.R.D.P. Craiova și respectiv D.R.D.P. Timișoara.

Tabelul 2.20.

Nr. crt.	Drumul	Poziția km	Anul construcției	Stratul	Grosimea [cm]
1.	D.N. 67	21+600	1986	tratament bituminos	2.3
			1971	mixtură asfaltică	8.0
			1971	nisip stabilizat	8.0
			1971	balast	42.0
2.	D.N. 67	171+300	1982	mixtură asfaltică	8.0
			1965	mixtură asfaltică	6.5
			1965	balast	30.0
3.	D.N. 66	65+000	1981	mixtură asfaltică	13.0
			1956	beton de ciment	18.5
			1956	balast	25.0
4.	D.N. 66	107+800	1998	tratament bituminos	1.5
			1977	mixtură asfaltică	8.0
			1968	mixtură asfaltică	7.0
			1968	balast	25.0
5.	D.N. 56 A	52+000	1968	mixtură asfaltică	8.0
			1968	nisip stabilizat	22.0
			1968	balast	40.0

Tabelul 2.21.

Nr. Crt.	Drumul	Poziția km	Anul construcției	Stratul	Grosimea [cm]
1.	D.N. 66	153+830	1998 1963 1963	tratament bituminos mixtură asfaltică balast	2,5 13.0 40.0
2.	D.N. 68A	75+480	2000 1992 1969 1969 1969	șlam bituminos mixtură asfaltică beton de ciment nisip balast	1,0 9.0 17.0 2 ... 3 22.0
3.	D.N. 7	489+460	1997 1997 1964 1964	mixtură asfaltică mixtură asfaltică mixtură asfaltică balast	8.0 (4+4) 7.0 12.2 40.0
4.	D.N. 58 B	61+280	2000 1988 1988	tratament bituminos mixtură asfaltică la cald mixtură asfaltică la rece mixtură asfaltică la cald piatră spartă	2.5 3.5 6.0 11.0 25.0
5.	D.N. 79	31+280	1988	mixtură asfaltică piatră spartă balast pământ amestecat cu balast umplutură	7.0 (3+4) 8.0 14.0 8.0 28.0
6.	D.N. 59	30+220	1997 1987 1980 1963 1963 1963	mixtură asfaltică mixtură asfaltică mixtură asfaltică mixtură asfaltică nisip stabilizat piatră spartă	8.0 (4+4) 3.0 3.0 4.75 12.0 10.0
7.	D.N. 59	20+780	1997 1997 1973 1961 1961 1961	mixtură asfaltică mixtură asfaltică mixtură asfaltică mixtură asfaltică macadam piatră spartă	8.0 4.0 4.65 4.0 35.0 10.0

2.2.3.1. Încercări pe probele prelevate din straturile bituminoase

Pe probele prelevate din straturile bituminoase s-a determinat compoziția mixturilor asfaltice din fiecare strat (tabelul 2.22. și tabelul 2.23.), caracteristicile fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice (tabelul 2.24. și 2.25.) și caracteristicile bitumului extras.

Tabelul 2.22

Nr. crt.	DN	Poziția km	Stratul	Agregate [%]		Bitum [%]	
				1996 / 97	1998	1996/97	1998
1.	D.N. 66	153+800...153+950	uzură legătură	- 93.0 - 94.3	92.9 94.3	- 7.0 - 5.7	7.1 5.7
2.	D.N. 68 A	75+500...75+ 650	uzură legătură	- 94.3 - 94.7	94.0 94.8	- 5.7 - 5.3	6.0 5.2
3.	D.N. 79	31+200...31+350	uzură legătură	- 92,2 - 94,3	92,8 94,3	- 7,8 - 5,7	7,3 5,7
4.	D.N. 58 B	61+300...61+450	legătură	- 94,1	95,2	- 4,9	4,8
5.	D.N. 59*	30+250...30+400	uzură uzură uzură legătură	93,5 - 92,7 - 92,7 - 95,2 -	- - - -	6,5 - 7,3 - 7,3 - 4,8 -	- - - -
6.	D.N. 59*	20+800...20+950	uzură legătură baza	94,2 - 95,6 - 90,1 -	- - -	5,8 - 4,4 - 9,95 -	- - -
7.	D.N. 7*	489+480...489+630	uzură legătură	92,5 - 94,2 -	- -	7,5 - 4,8 -	- -

Tabelul 2.23

Nr. crt.	DN	Poziția km	Stratul	Agregate [%]		Bitum [%]	
				1997	1998	1997	1998
1.	D.N. 67	21+600	uzură legătură	93,9 95,7	93,0 95,0	6,1 4,3	7,0 5,0
2.	D.N. 67	171+300	uzură legătură uzură legătură	93,8 96,0 93,5 94,2	94,0 94,8 93,4 95,2	6,2 4,0 6,5 5,8	6,0 5,2 6,6 4,8
3.	D.N. 66	107+800	uzură legătură anrobat beton asfaltic	93,6 94,5 94,4 92,8	92,8 94,3 95,4 93,5	6,4 5,5 5,6 7,2	7,2 5,7 4,6 6,5
4.	D.N. 66	65+000	uzură legătură anrobat	93,3 94,2 94,2	93,5 94,3 -	6,7 5,8 5,8	6,5 5,7 -
5.	D.N. 56 A**	52+000...52+200	uzură legătură	- -	93,0 95,2	- -	7,0 4,8

* sector în reabilitare

xx sector luat în studiu în 1998

Tabelul 2.24

D.N. km	Stratul	Stabilitatea Marshall [kN]		Indicele de fluaj [mm]		S / i [kN/mm]		ρ_a plăcuțe [kg / m ³]		ρ_a cilindrii [kg / m ³]		Av [%] plăcuțe		Av [%] cilindrii		Grad de compactare [%]	
		1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998
58 B	Legătură	6,9	7,0	1,5	2,0	3,1	3,5	2 276	2 280	2 282	2 285	14	14	5,1	5,6	100	100,2
	Bază	8,15	-	2,8	-	2,9	-	-	-	1 779	-	-	-	21,3	-	-	-
59 km 20+000	Legătură	4,1	-	2,0	-	2,1	-	-	-	2 160	-	-	-	6,9	-	-	-
	Uzură	7,6	-	2,5	-	3,0	-	-	-	2 079	-	-	-	10,5	-	-	-
59 km 30+000	Uzură	9,5	-	2,9	-	3,3	-	-	-	2 213	-	-	-	4,0	-	-	-
	Uzură	11,0	-	3,5	-	3,4	-	-	-	2 296	-	-	-	2,0	-	-	-
	Uzură	9,8	-	2,0	-	4,9	-	-	-	2 115	-	-	-	9,7	-	-	-
	Legătură	6,9	-	3,2	-	2,2	-	-	-	2 167	-	-	-	10,1	-	-	-
66	Uzură	8,0	9,0	3,2	3,2	2,5	2,8	2 291	2 300	2 228	2 230	3,6	4,0	3,3	3,8	97	97,0
	Legătură	11,0	10,0	2,8	3,0	3,9	3,3	2 170	2 178	2 227	2 230	7,4	7,5	5,8	6,8	102,6	102,3
68 A	Uzură	6,9	7,0	3,0	3,3	2,3	2,1	2 312	2 320	2 272	2 275	1,0	2,1	3,9	4,0	98	98,0
	Legătură	4,9	5,0	2,9	3,0	1,7	1,7	2 280	2 280	2 278	2 280	7,3	7,0	8,1	8,5	99,9	100,0
7	Uzură	9,5	-	3,2	-	3,0	-	2 350	-	2 246	-	2,7	-	3,4	-	95,5	-
	Legătură	7,6	-	3,0	-	2,5	-	2 141	-	2 228	-	10,8	-	7,3	-	104	-
79	Uzură	7,6	8,0	3,5	3,8	2,2	2,1	-	2 200	2 186	2 190	-	7,8	-	8,0	-	99,5
	Legătură	8,6	8,0	2,0	2,4	4,3	3,3	-	2 110	2 044	2 050	-	8,0	-	8,0	-	97,0

Tabelul 2.25

D.N. km	Stratul	Stabilitatea Marshall [kN]		Indicele de fluaj [mm]		S / i [kN/mm]		ρ_n cilindrii [kg/m ³]		Av [%]	
		1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998
55 km 107+109	Uzură	17,6	-	3,0	-	5,9	-	2 222	-	5,2	-
	Legătură	18	-	3,8	-	4,7	-	2 200	-	2,7	-
	Anrobat	18	-	3,4	-	5,3	-	2 326	-	3,2	-
56 A	Uzură	-	16,0	-	3,8	-	4,2	-	2 290	-	3,8
	Legătură	-	8,0	-	2,4	-	3,3	-	2 260	-	4,0
66 km 65+000	Uzură	10,3	10,0	3,0	3,8	3,4	2,6	2 378	2 370	0,2	2,5
	Legătură	17,6	16,5	3,2	3,0	5,5	5,5	2 324	2 325	2,3	2,8
	Anrobat	15,1	14,3	3,3	2,8	4,6	5,1	2 367	2 360	2,1	-
	Uzură	22,4	20,8	4,9	3,3	4,5	6,3	2 264	2 260	3,3	2,0
66 km 107+900	Legătură	4,4	5,0	3,5	3,5	1,3	1,4	2 364	2 358	1,7	1,0
	Anrobat	12,3	9,3	4,5	3,9	2,7	2,4	2 407	2 300	0,5	5,1
	Beton asfaltic	22,9	21,5	4,3	4,4	5,3	4,8	2 183	2 200	5,0	3,4
67 km 21+600	Uzură	21,5	19,8	3,8	3,9	5,6	5,0	2 248	2 250	3,3	3,8
	Legătură	14,8	16,3	3,9	3,9	3,8	4,2	2 120	2 150	8,3	8,3
	Uzură	12,4	11,9	3,6	3,8	3,4	3,1	2 202	2 250	0,7	2,0
67 km 171+700	Legătură	22,1	18,9	3,1	3,0	7,1	6,3	2 347	2 330	3,2	3,2
	Anrobat	21,6	18,9	4,5	4,4	4,8	4,2	2 357	2 340	0,8	1,8
	Legătură	17,2	16,8	3,5	3,2	4,9	5,2	2 307	2 310	4,4	4,6

Important a fost determinarea **modulului de rigiditate** (S_m) al mixturilor asfaltice. care este influențat de următorii parametrii:

- temperatură;
- timpul de încărcare;
- susceptibilitatea termică a bitumului utilizat;
- procentele, exprimate în volume a agregatelor (V_g), bitumului (V_b), și aerului (V_a).

Centrul de Cercetări Schell [135; 165] a descoperit și experimental o abacă care permite de a obține, cu o aproximație bună, modulul de rigiditate al mixturilor asfaltice folosind parametrii mai sus menționați (figura 2.5).

Această abacă permite determinarea modulului de rigiditate al mixturilor asfaltice în funcție de modulul de rigiditate al bitumului determinat, folosind abaca Van der Poel. În același timp abaca permite determinarea efectului datorită modificării compoziției amestecului de agregate-bitum asupra modulului de rigiditate al mixturilor asfaltice.

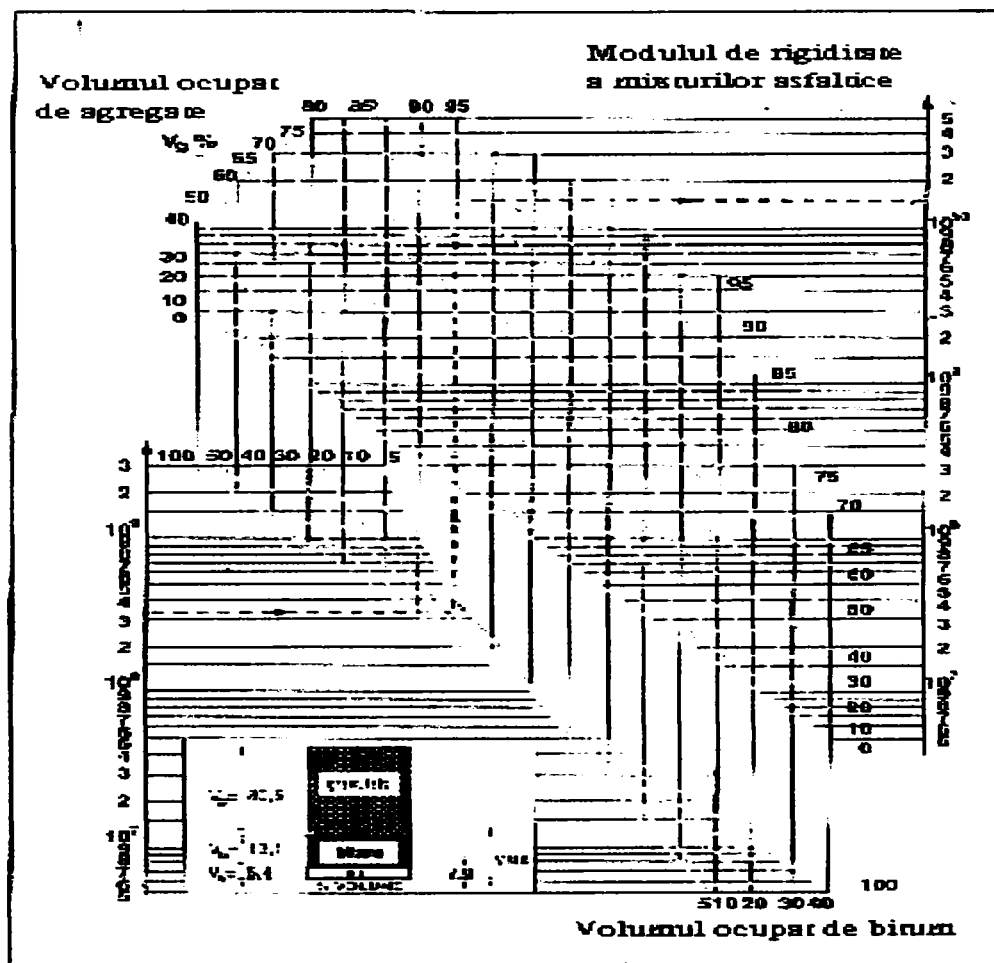


Figura 2.5. Abaca de calcul a modulului de rigiditate al mixturilor asfaltice

Modulul de rigiditate al mixturilor asfaltice variază în limite largi în funcție de timpul de încărcare și de temperatură, după cum se poate urmări în figura 2.6., pentru un beton asfaltic bogat în criblură, având 7 % bitum.

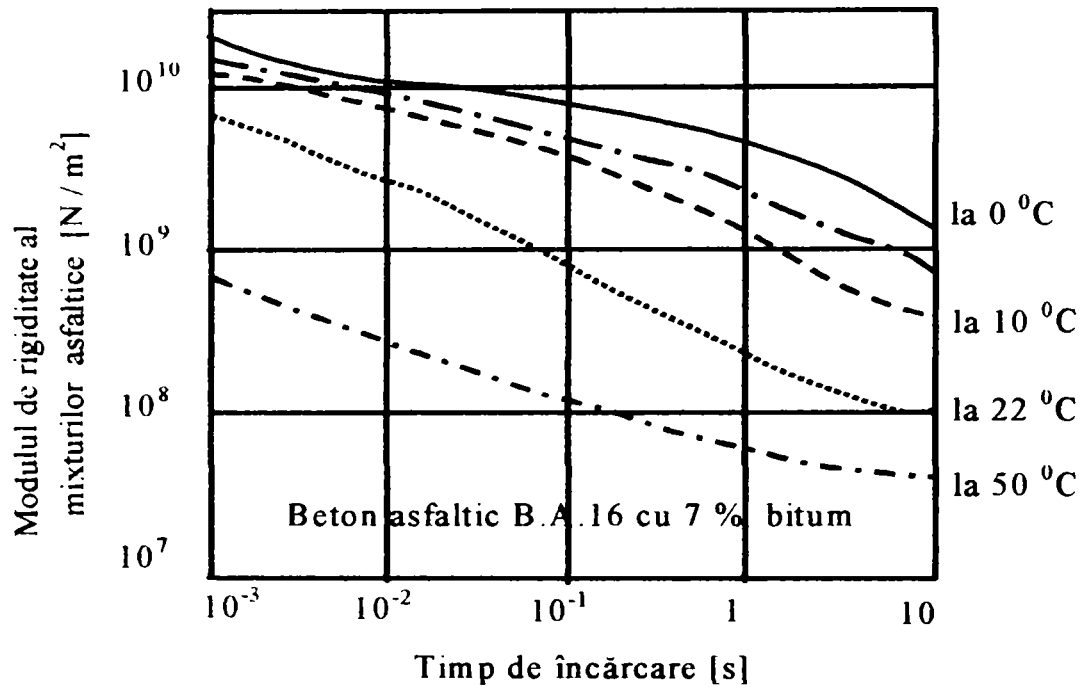


Figura 2.6. Variația modului de rigiditate în funcție de timpul de încărcare

Henkelm și Klomp [165] completând lucrările lui Van der Poel au exprimat modulul de rigiditate al mixturilor asfaltice prin relația:

$$S_m = S_b \left(1 + \frac{2,5}{n} \cdot \frac{C_v}{1 - C_v} \right)^n \quad [\text{N/m}^2] \quad (2.4)$$

în care:

S_m este modulul de rigiditate al mixturilor asfaltice, în N/m^2 ;

C_v - concentrația volumică a agregatului în mixtura asfaltică și care se determină cu relația: $C_v = V_g / (V_g - V_b)$ [%] (2.5.)

Unde:

V_g este procentul agregatelor;

V_b - procentul de bitum;

n se calculează cu relația: $n = 0,38 \log (4 \times 10^{10} / S_b)$ (2.6.)

Luând în considerare cele prezentate mai sus s-a calculat modulul de rigiditate pentru fiecare mixtură asfaltică prelevată. Rezultatele sunt prezentate în tabelele 2.26. pentru mixturile asfaltice prelevate de pe sectoarele RO-LTPP din cadrul D.R.D.P. Timișoara și 2.27 pentru mixturile asfaltice prelevate de pe sectoarele RO-LTPP din cadrul D.R.D.P. Craiova.

Tabelul 2.26

D.N.	Stratul	An ran- fors.	V _g [%]		V _m [%]		V _b [%]		C _v [%]		C _v " [%]		S _m [Pa]			
			V _g [%]		V _m [%]		V _b [%]		C _v [%]		C _v " [%]		-15 °C		30 °C	
			1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998
58 B	legătură	1987	8,1	8,0	80,6	80,6	11,3	110,9	0,87	0,85	0,83	0,83	894*10 ⁹	893*10 ⁹	499*10 ¹⁰	489*10 ⁹
	bază	1973	20,0	-	61,7	-	18,3	-	0,77	-	0,66	-	28,3*10 ⁹	-	19*10 ⁷	-
59 km 20+000	legătură	1973	11,8	-	78,4	-	9,8	-	0,88	-	0,81	-	43,7*10 ⁹	-	29*10 ⁷	-
	uzură	1961	0,2	-	85,5	-	14,3	-	0,86	-	1,13	-	17,5*10 ⁹	-	35*10 ⁷	-
59 km 30+000	uzură	1987	6,8	-	78,0	-	14,6	-	0,84	-	0,81	-	5995*10 ⁸	-	5955*10 ⁷	-
	uzură	1980	3,3	-	79,7	-	17,0	-	0,82	-	0,82	-	3,59*10 ⁸	-	12,6*10 ⁷	-
	uzură	1963	10,9	-	70,4	-	18,7	-	0,79	-	0,73	-	46,2*10 ⁹	-	37*10 ⁸	-
	legătură	1963	10,4	-	78,9	-	10,7	-	0,88	-	0,82	-	45,4*10 ⁹	-	45*10 ⁸	-
66	uzură	1963	4,0	4,5	79,8	79,8	16,2	16,0	0,83	0,81	0,82	0,80	256*10 ⁹	253*10 ⁹	22*10 ⁸	22*10 ⁹
	legătură	1963	8,0	8,2	79,1	79,1	12,9	13,0	0,85	0,84	0,81	0,80	99,9*10 ⁹	99,5*10 ⁹	2*10 ⁹	2,3*10 ⁹
68A	Uzură	1992	5,0	5,3	81,7	81,7	13,3	12,9	0,86	0,85	0,84	0,83	142,8*10 ⁹	142,8*10 ⁹	609*10 ¹⁰	609*10 ¹⁰
	legătură	1992	5,8	5,3	81,8	81,8	12,4	12,0	0,87	0,86	0,85	0,83	160*10 ⁹	160*10 ⁹	0,9*10 ⁶	1,1*10 ⁶
7	Uzură	1964	3,8	-	78,9	-	17,3	-	0,82	-	0,81	-	99,8*10 ⁹	-	5*10 ⁹	-
	legătură	1964	8,9	-	80,1	-	11,0	-	0,87	-	0,82	-	145*10 ⁹	-	4,8*10 ⁹	-
79	Uzură	1987	6,0	6,3	76,6	76,6	17,4	17,4	0,81	0,80	0,79	0,75	92,2*10 ⁹	92*10 ⁹	142*10 ⁶	141*10 ⁶
	legătură	1987	12,0	10,0	75,7	75,7	12,3	12,0	0,86	0,84	0,79	0,75	95,2*10 ⁹	95*10 ⁹	142*10 ⁶	140*10 ⁶

Tabelul 2.27

D.N.	Stratul	Anul ran- fors.	V _z [%]		V _m [%]		V _b [%]		C _v [%]		S _m [Pa]			
			-15 °C		30 °C		-15 °C		30 °C		-15 °C		30 °C	
			1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998
55 km	Uzură	1959	6,3	-	79,1	-	14,6	-	0,84	-	-	-		
	Legătură	1974	2,6	-	75,6	-	21,8	-	0,78	-	0,29*10 ¹²	0,12*10 ¹¹		
33+846	Anrobat	1974	4,9	-	84,2	-	10,6	-	0,89	-	-	-		
	Uzură	-	-	6,3	-	79,2	14,5	-	-	0,84	0,29*10 ¹²	0,83*10 ¹⁴		
52+000	Legătură	-	-	3,0	-	75,6	21,4	-	-	0,78	0,11*10 ¹²	0,12*10 ¹¹		
	Uzură	1981	0,5	0,5	83,3	83,3	16,2	16,2	0,84	0,84	0,31*10 ¹²	1,23*10 ¹⁴		
66 km	Legătură	1981	2,9	3,0	83,3	83,0	13,8	14,0	0,86	0,86	0,41*10 ¹²	0,23*10 ¹⁴		
	Anrobat	1981	1,2	1,5	84,7	84,5	14,1	15,0	-	0,86	0,21*10 ¹²	0,93*10 ¹⁴		
66 km	Uzură	1977	4,0	4,3	81,1	81,2	14,9	14,5	0,84	0,84	0,11*10 ¹²	0,73*10 ¹⁴		
	Legătură	1977	1,5	2,0	85,1	85,8	13,4	12,2	0,86	0,86	0,61*10 ¹²	0,28*10 ¹⁴		
107+000	Uzură	1967	4,0	3,9	82,7	82,1	13,3	14,0	0,86	0,86	0,41*10 ¹²	0,24*10 ¹⁴		
	Legătură	1967	6,7	6,5	77,1	77,5	16,2	16,0	0,83	0,83	0,18*10 ¹²	0,43*10 ¹⁴		
67 km	Uzură	1974	5,5	5,8	80,4	80,2	14,1	14,0	0,85	0,85	5,16*10 ¹⁴	0,23*10 ¹⁴		
	Legătură	1974	13,0	12,3	77,59	77,7	9,41	10,0	0,89	0,89	0,71*10 ¹²	2,23*10 ¹⁴		
21+600	Uzură	1992	5,8	6,0	79,95	79,5	13,4	14,5	0,85	0,85	0,14*10 ¹⁴	0,26*10 ¹⁴		
	Legătură	1992	4,5	6,2	85,6	85,8	9,7	8,0	0,90	0,90	0,11*10 ¹²	1,1*10 ¹⁶		
67 km	Uzură	1965	0,1	2,1	84,1	84,9	15,8	13,0	0,84	0,84	0,11*10 ¹²	0,22*10 ¹⁴		
	Legătură	1965	3,4	3,2	82,8	82,8	13,8	14,0	0,86	0,86	0,27*10 ¹¹	0,92*10 ¹⁴		

Analizând rezultatele prezentate în tabelele 2.20....2.27 se constată următoarele aspecte:

- conținutul de bitum se încadrează în limitele prevăzute de normele în vigoare, cu unele excepții;

- valorile stabilității Marshall se situează la limita superioară sau o depășesc; valori mari ale stabilității mixturilor asfaltice studiate se datorează și îmbătrânirii bitumului;

- valorile modulului de rigiditate al mixturilor asfaltice sunt mai mari de 4 480 N/m², ceea ce demonstrează că mixturile asfaltice au un grad mare de rigiditate.

Caracteristicile bitumului extras din probele prelevate

Ținând cont de rolul bitumului în comportarea îmbrăcăminților bituminoase în exploatare, se impune ca o necesitate folosirea unui bitum de bună calitate, care să corespundă standardelor în vigoare din toate punctele de vedere.

În acest sens se impune efectuarea unor încercări pentru a determina caracteristicile bitumului extras, cu scopul de a pune în evidență comportarea în timp și influența sa asupra mixturilor asfaltice.

Încercările care s-au efectuat asupra bitumurilor extrase au fost următoarele:

- punctul de înmuiere “Inel și bilă”;
- penetrația la 25 °C;
- ductilitatea la 25 °C;
- indicele de penetrație;
- modulul de rigiditate al bitumului;
- deformația la rupere a bitumului.

Indicele de penetrație (I.P.) reprezintă valoarea susceptibilității bitumurilor în funcție de temperatură și se poate determina prin calcul pe baza determinării penetrației la 25 °C și a punctului de înmuiere “Inel și Bilă” (I.B.).

$$\text{I.P.} = \frac{20 - 500a}{1 + 50a} \quad (2.7.)$$

în care: a este susceptibilitatea termică și se poate determina cu relația:

$$a = (\lg P_{IB} - \lg P_{25} \cdot c) / T_{IB} - 25 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.8.)$$

unde:

* $\lg P_{IB}$ este logaritmul penetrației la temperatura punctului de înmuiere care poate varia între 600 și 1 000 1/10 mm, din punct de vedere practic, s-a luat valoarea medie 800 1/10 mm;

* $\lg P_{25^{\circ}\text{C}}$ - logaritmul penetrației bitumului la 25°C ;

* I.B. - temperatura punctului de înmuiere a bitumului studiat. Deci, putem scrie:

$$a = (\lg 800 - \lg P_{25^{\circ}\text{C}}) / T_{\text{IB}} - 25^{\circ}\text{C} \quad (2.9.)$$

Metoda pentru determinarea indicelui de penetrație se bazează pe faptul că dependența penetrației unui bitum oarecare față de temperatura poate fi reprezentată printr-o dreaptă, când se folosește o scară logaritmică pentru penetrație și o scară zecimală pentru temperatura (figura 2.7).

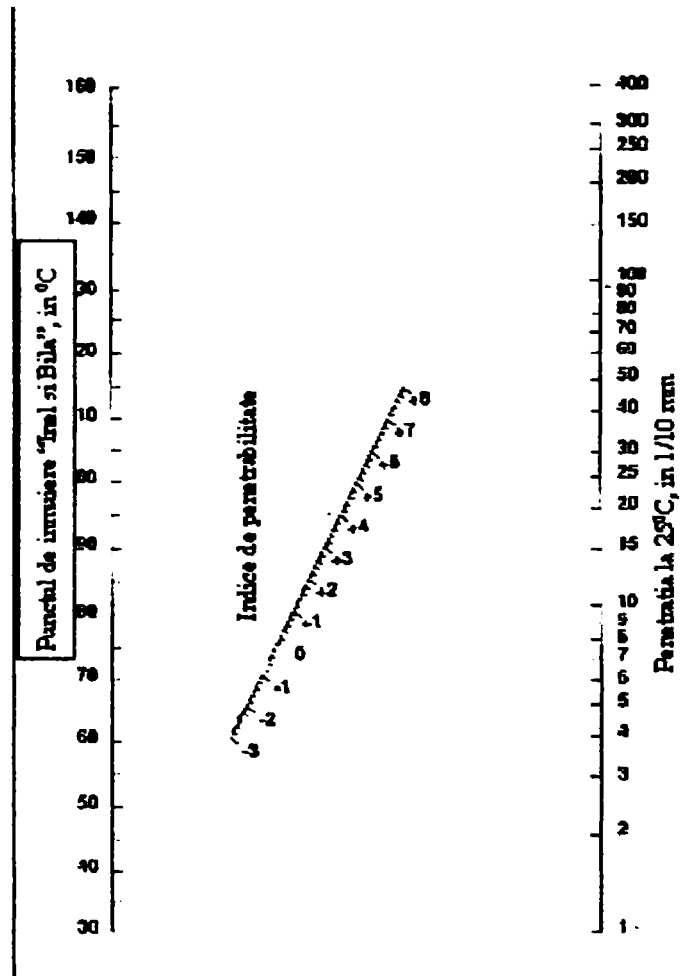


Figura 2.7 Nomogramă pentru determinarea indicelui de penetrație

De reținut:

- biturile al căror indice de penetrație variază între -1 și +1 sunt considerate bitumuri normale;

- biturile cu I.P. > +1 sunt sensibile față de temperatură;

- biturile cu I.P. < -1 sunt sensibile față de temperatură.

Valorile indicelui de penetrație determinat pentru toate biturile sunt prezentate în tabelul 2.28 și 2.29.

Tabelul 2.28

D.N.	Stratul	Anul ranf.	Inel și bilă [°C]		Penetrația [1/10 mm]		Ductilitatea [cm]		Indicele de penetrație		Modul de rigiditate [N/m ²], 10 sec						Deformația relativă 10 sec.					
			[°C]		[1/10 mm]		[cm]		penetrație		-15 °C			30 °C			-15 °C			30 °C		
			1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998
58B	Uzură	-	65	65	6,8	6,8	8,0	8,0	-1,5	-1,5	2,5*10 ⁹	2,5*10 ⁹	2*10 ⁷	2*10 ⁷	2*10 ⁷	2*10 ⁷	0,002	0,002	0,002	0,002	1,0	1,0
	Legătură	-	64	64	-	3,2	4,0	4,0	-3,0	-3,0	2,5*10 ⁹	2,5*10 ⁹	5*10 ⁷	5*10 ⁷	5*10 ⁷	5*10 ⁷	0,001	0,001	0,001	0,001	0,5	0,5
59 km 20+000	Bază	1973	100	-	10	-	2	-	3	-	7,5*10 ⁹	-	5*10 ⁷	-	5*10 ⁷	-	0,02	-	-	0,02	0,5	-
	Uzură	1973	103	-	10	-	4	-	3	-	7,5*10 ⁹	-	5*10 ⁷	-	5*10 ⁷	-	0,02	-	-	0,02	0,5	-
59 km 30+000	Legătură	1961	90	-	12	-	6	-	3	-	5*10 ⁹	-	2*10 ⁷	-	2*10 ⁷	-	0,02	-	-	0,02	0,75	-
	Uzură	1987	89	-	10	-	3	-	2	-	5*10 ⁸	-	5*10 ⁷	-	5*10 ⁷	-	0,002	-	-	0,002	0,1	-
59 km 30+000	Uzură	1980	83	-	13	-	3,5	-	1	-	2*10 ⁸	-	2*10 ⁷	-	2*10 ⁷	-	0,04	-	-	0,04	0,75	-
	Uzură	1963	60	-	15	-	4,5	-	-1	-	2,5*10 ⁹	-	2*10 ⁸	-	2*10 ⁸	-	0,002	-	-	0,002	0,2	-
66	Legătură	1963	96	-	10	-	4,0	-	2,5	-	7,5*10 ⁹	-	7,5*10 ⁸	-	7,5*10 ⁸	-	0,005	-	-	0,005	0,5	-
	uzură	1963	53	59	7,7	7,3	25	25	-3	-2,5	2,5*10 ⁹	2,5*10 ⁹	1*10 ⁶	1*10 ⁶	1*10 ⁶	1*10 ⁶	0,002	0,002	0,002	0,002	0,15	0,2
68A	legătură	1963	83	86	2,0	3,5	14	11	-1	-1	2,5*10 ⁹	2,5*10 ⁹	2*10 ⁸	2*10 ⁸	2*10 ⁸	2*10 ⁸	0,002	0,002	0,002	0,002	0,2	0,2
	uzură	1992	64	64	-	8,0	5	5	-3	-3	2,5*10 ⁹	2,5*10 ⁹	5*10 ⁷	5*10 ⁷	5*10 ⁷	5*10 ⁷	0,001	0,001	0,001	0,001	1,0	1,0
7	legătură	1992	56	56	-	8,5	17	17	-3	-3	2,5*10 ⁹	2,5*10 ⁹	1*10 ⁶	1*10 ⁶	1*10 ⁶	1*10 ⁶	0,001	0,001	0,001	0,001	5,0	5,0
	uzură	1964	59	-	7,3	-	12,5	-	-2,5	-	2,5*10 ⁹	-	5*10 ⁶	-	5*10 ⁶	-	0,002	-	-	0,002	5,0	-
79	legătură	1964	78	-	5,0	-	3,3	-	0	-	2*10 ⁹	-	3*10 ⁶	-	3*10 ⁶	-	0,005	-	-	0,005	0,75	-
	uzură	-	85	85	2,8	2,8	4,5	4,5	0	0	2*10 ⁹	2*10 ⁹	3*10 ⁶	3*10 ⁶	3*10 ⁶	3*10 ⁶	0,005	0,005	0,005	0,005	5,0	5,0
79	legătură	-	84	84	3,2	3,2	3,5	3,5	0	0	2*10 ⁹	2*10 ⁹	3*10 ⁶	3*10 ⁶	3*10 ⁶	3*10 ⁶	0,005	0,005	0,005	0,005	0,75	0,8
	legătură	-	84	84	3,2	3,2	3,5	3,5	0	0	2*10 ⁹	2*10 ⁹	3*10 ⁶	3*10 ⁶	3*10 ⁶	3*10 ⁶	0,005	0,005	0,005	0,005	0,75	0,8

Tabelul 2.29

D.N. km	Stratul	Anul ranf.	Inel și bilă [°C]		Penetrația [1/10 mm]		Ductilitatea [cm]		Indicele de Penetrație		Modul de rigiditate [N/m ²], 10 sec						Deformația relativă 10 sec.							
			Inel și bilă [°C]		Penetrația [1/10 mm]		Ductilitatea [cm]		Indicele de Penetrație		-15 °C			30 °C			-15 °C			30 °C				
			1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998		
56 A km	uzură	-	-	59	-	7,3	-	22	-	-	-	2,5*10 ⁹	-	-	1*10 ⁶	-	-	0,002	-	-	0,002	-	-	0,2
	legătură	-	-	86	-	8,5	-	15	-	-	-	2,5*10 ⁸	-	-	2*10 ⁸	-	-	0,002	-	-	0,002	-	-	0,2
66 km	uzură	1981	44	46	-	20,2	-	35	-	-4	-	2*10 ⁹	-	-	3*10 ⁶	-	-	0,005	-	-	0,005	-	-	0,8
	legătură	1981	58	58	-	21,5	-	25	-	-1,8	-	2,5*10 ⁹	-	-	2*10 ⁸	-	-	0,002	-	-	0,002	-	-	0,2
65+000	anrobat	1981	80	59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	uzură	1977	86	85	-	12,8	-	30	-	2,0	-	2*10 ⁸	-	-	3*10 ⁶	-	-	0,005	-	-	0,005	-	-	5,0
66 km	legătură	1977	85	84	-	15,2	-	24	-	2,5	-	2*10 ⁸	-	-	3*10 ⁶	-	-	0,005	-	-	0,005	-	-	3,0
	uzură	1967	60	85	-	7,7	-	9	-	1,0	-	2*10 ⁹	-	-	5*10 ⁶	-	-	0,005	-	-	0,005	-	-	3,0
107+900	legătură	1967	86	85	-	7,6	-	8	-	1,0	-	2*10 ⁹	-	-	3*10 ⁶	-	-	0,005	-	-	0,005	-	-	0,8
	uzură	1974	98	64	6	8,0	4	12	2	-1,5	5*10 ⁸	2,5*10 ⁹	5*10 ⁷	5*10 ⁷	5*10 ⁷	5*10 ⁷	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,1	1,0	
67 km	legătură	1974	-	56	-	8,5	-	10	-	-3,5	-	3,5*10 ⁹	-	-	1*10 ⁶	-	-	0,001	-	-	0,001	-	-	5,0
	uzură	1992	76,4	65	8	9,8	6	34	2	-1,5	2*10 ⁸	3,5*10 ⁹	7*10 ⁷	7*10 ⁷	2*10 ⁷	2*10 ⁷	0,04	0,002	0,04	0,002	0,002	0,75	1,0	
21+600	legătură	1992	79	64	6	9,6	5	15	0	-1,5	2*10 ⁹	2,0*10 ⁹	10 ⁸	10 ⁸	5*10 ⁷	5*10 ⁷	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,2	0,5	
	uzură	1965	78,7	98	6	6,0	5	5	0	2,0	2*10 ⁹	2,0*10 ⁸	10 ⁸	10 ⁸	3*10 ⁶	3*10 ⁶	0,002	0,004	0,002	0,004	0,002	0,2	0,8	
171+700	Legătură	1965	86,2	97	8	5,9	4	5	1	2,0	2*10 ⁹	2,0*10 ⁸	1,5*10 ⁸	1,5*10 ⁸	3*10 ⁶	3*10 ⁶	0,004	0,002	0,004	0,002	0,002	0,3	0,1	

Pentru studiul comportării în timp a biturilor este foarte important a se studia reologia lor care contribuie la cunoașterea schimbării consistenței lor de la starea solidă la starea lichidă, în funcție de condițiile de solicitare, efort, timp și temperatură [165].

În acest scop s-a considerat de către Van der Poel că este mai comod să se lucreze cu modulul de rigiditate (S_b), al bitumului definit prin relația:

$$S_b = \sigma/\varepsilon \quad [N/m^2] \quad (2.10)$$

S_b este modulul de rigiditate al bitumului, în N/m^2 ;

σ - efortul unitar longitudinal;

ε - deformația relativă longitudinală.

Modulul de rigiditate al unui bitum depinde în principal de doi factori:

- durata de încărcare;
- temperatura la care are loc determinarea, de aceea se mai poate scrie:

$$S_b = \sigma/\varepsilon (t, T) \quad [N/m^2] \quad (2.11.)$$

unde:

- t este timpul de încărcare, în secunde;
- T este temperatura de lucru, în $^{\circ}C$.

În figura 2.8. este prezentată variația modulului de rigiditate al unui bitum în funcție de timpul de încărcare și de temperatură.

Se constată că la temperaturi joase, modulul de rigiditate este practic independent de timpul de încărcare, în această zonă bitumul are un comportament elastic. Din contră, dacă temperatura este mai ridicată și timpul de încărcare este mai mare, se constată că modulul de rigiditate descrește și devine invers proporțional cu timpul. Bitumul prezintă atunci un comportament vâscos.

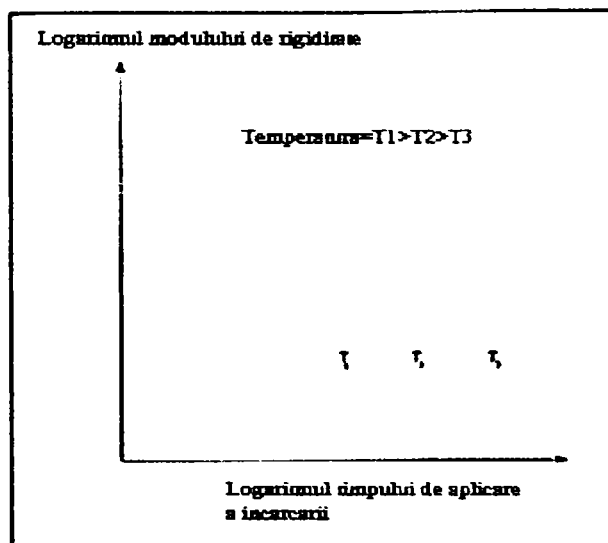


Figura 2.8. Variația modulului de rigiditate funcție de timpul de încărcare.

În același timp figurile 2.9. și 2.10. pun în evidență faptul că variația modulului de rigiditate al unui bitum în funcție de timpul de încărcare și temperatura este cu atât mai puțin important cu cât susceptibilitatea termică a bitumului este mai scăzută sau când indicele de penetrație este mai mare. [135; 165].

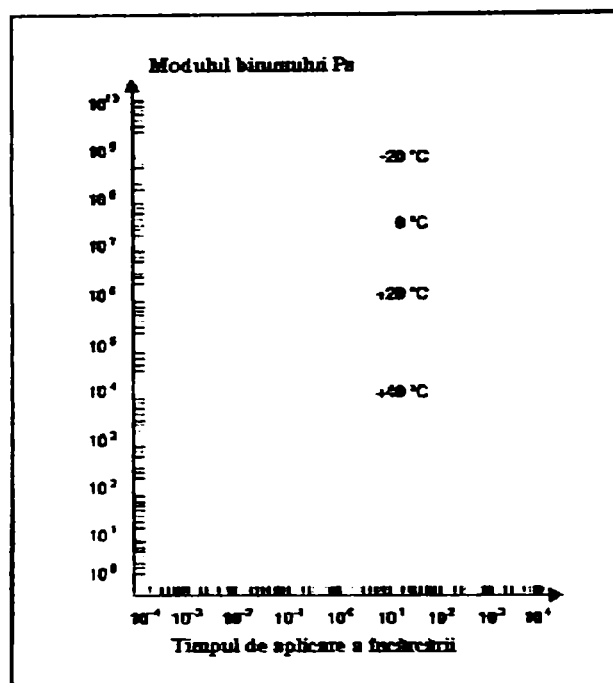


Figura 2.9. Variația modulului de rigiditate în funcție de timpul de încărcare și temperatură, pentru un bitum obținut prin distilare directă .

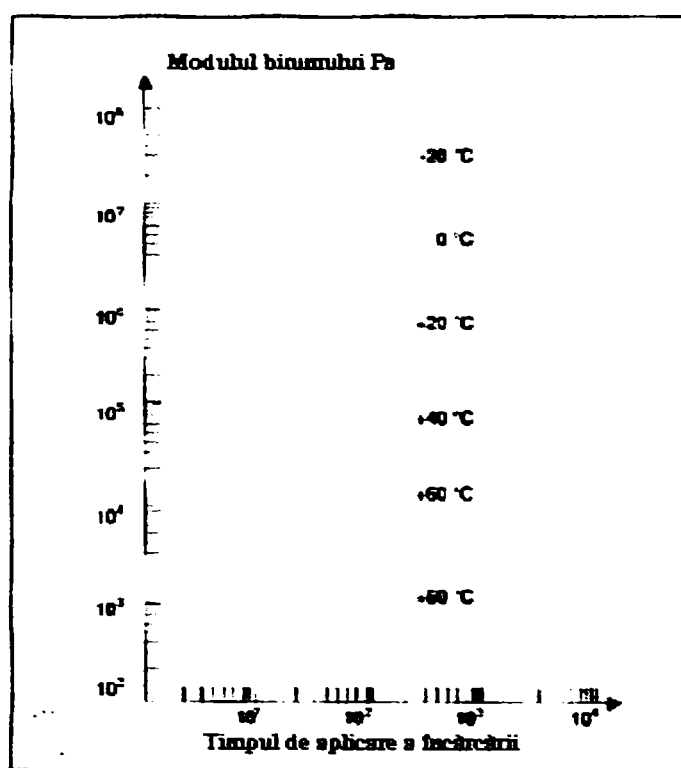


Figura 2.10. Modulul de rigiditate al unui bitum obținut prin oxidare de penetrație 40 1/10 mm în funcție de timpul de încărcare și temperatură.

În timp ce pentru un bitum cu indice de penetrație scăzut trecerea între domeniul elastic și vâscos este rapidă, pentru un bitum cu indice de penetrație ridicat trecerea între domeniul elastic și vâscos este mult mai lentă.

Se menționează faptul că numai la temperaturi scăzute și la un timp de încărcare foarte mic dispare influența temperaturii și a timpului de încărcare, astfel că modulul de rigiditate are valoarea sa maximă de aproximativ $3 \times 10^9 \text{ N/m}^2$.

Van der Poel a constatat că modulul de rigiditate al bitumului poate fi definit în funcție de următoarele caracteristici:

- consistența bitumului;
- susceptibilitatea termică a bitumului;
- timpul de încărcare pentru care se face determinarea;
- temperatura la care se efectuează încercarea.

Aceste patru caracteristici au fost incluse în trei parametri și anume:

- diferența între temperatura la care este determinat modulul de rigiditate și punctul de înmuiere “Inel și Bilă” al bitumului;
- indicele de penetrație al bitumului (I.P.);
- durata de aplicare a efortului.

În nomograma Van der Poel (fig. 2.11.) este prezentată variația modulului de rigiditate al bitumului și posibilitatea de a calcula rapid, cu ajutorul acestei nomograme, modulul de rigiditate al bitumului.

Modulul de rigiditate al bitumului este o variabilă foarte practică pentru a reprezenta proprietățile reologice ale mixturilor asfaltice, în ansamblul lor, în funcție de caracteristicile bitumului care intră în compoziția lor, de temperatură și de timpul de încărcare.

Valorile modulului de rigiditate determinat cu ajutorul nomogramei sunt prezentate în tabelul 2.28 și 2.29.

La ora actuală se pune problema de a cunoaște comportarea bitumului la rupere. Ruperea unui material cere un efort care depășește forțele de atracție dintre molecule, acest efort se numește coeziune. Pentru bitumurile normale coeziunea este de 5 MPa.

Deformația relativă “ λ_r ” se exprimă cu relația:

$$\lambda_r = (L - L_0)/L_0 \quad (2.12)$$

unde: L este lungimea eșantionului;

L_0 - alungirea eșantionului înaintea încercării.

În urma studiilor efectuate s-a ajuns la concluzia că deformația la rupere este o funcție complexă a coeziunii, modulului de rigiditate și indicelui de penetrație al bitumului. [165]

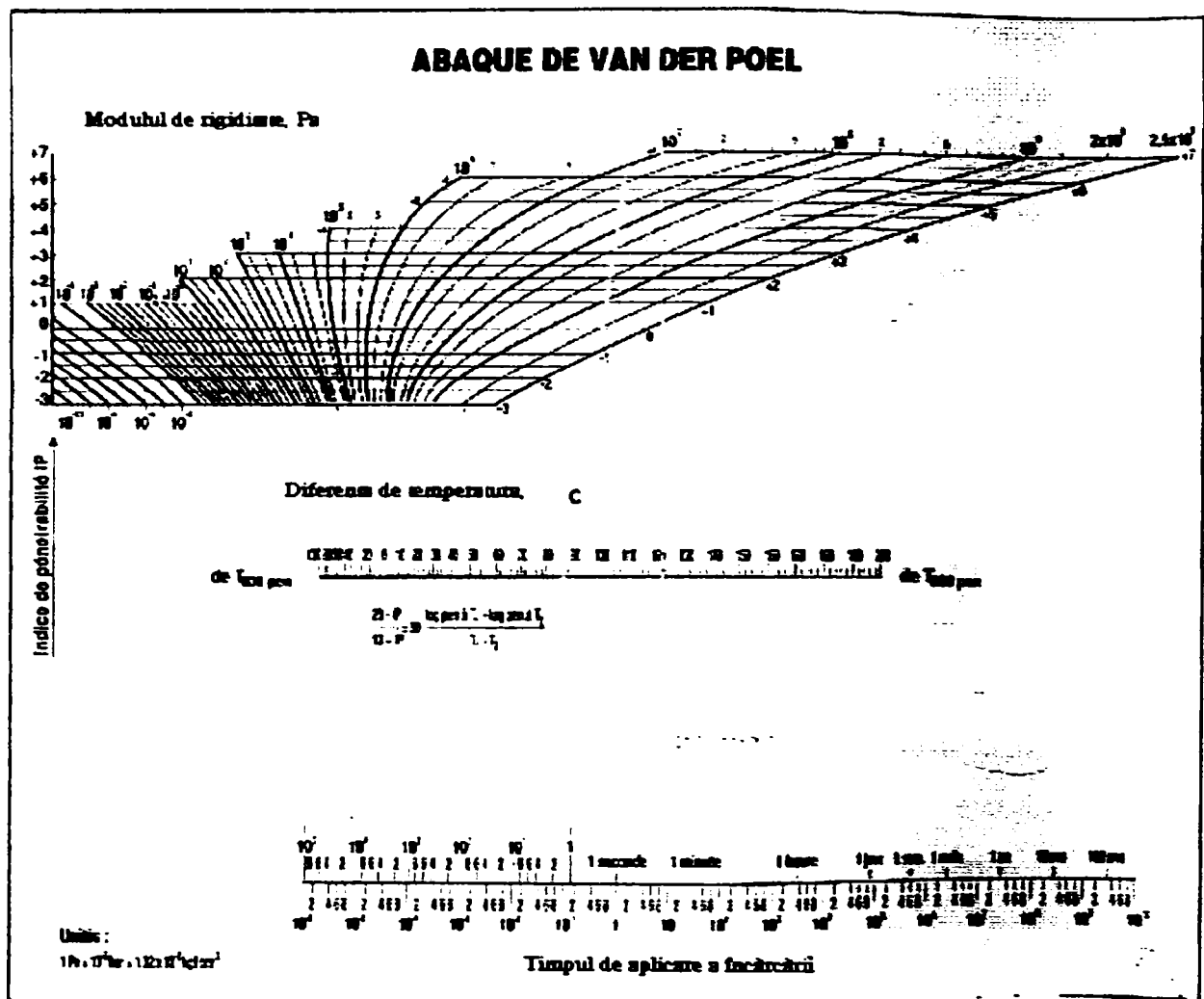


Figura 2.11. Variația și calculul modulului de rigiditate al unui bitum

Folosind abaca Van der Poel este posibil a determina deformația la rupere medie pentru bitumurile uzuale (figura 2.12.).

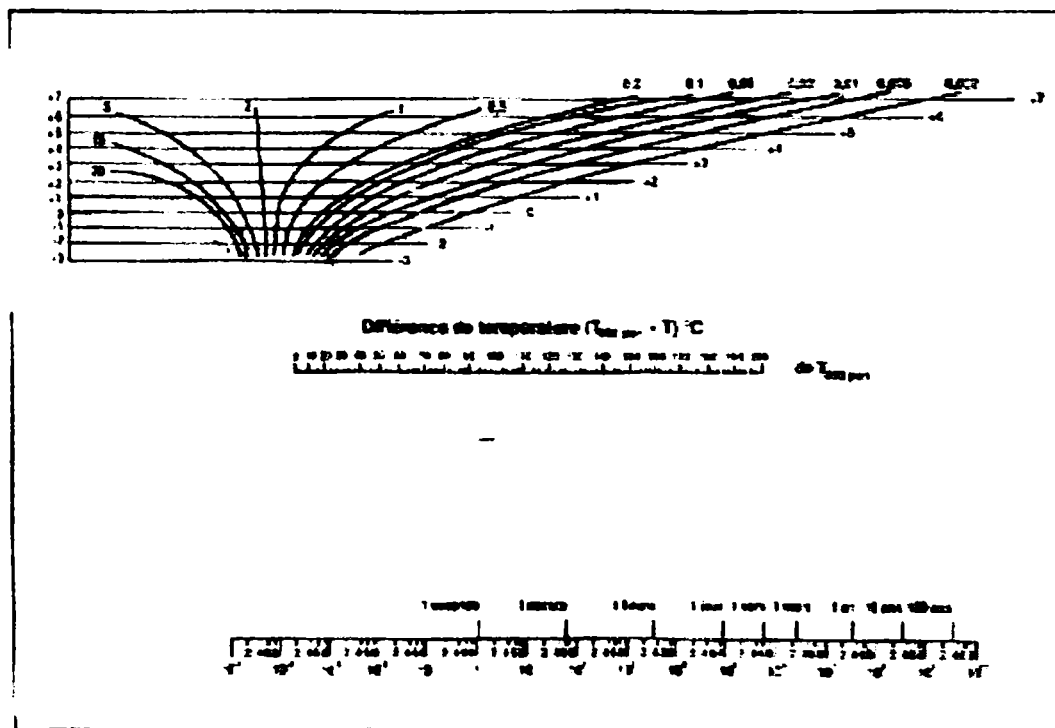


Figura 2.12. Deformația relativă la rupere în funcție de indicele de penetrație, temperatură și timpul de încărcare.

În figura 2.13. se prezintă variația deformației relative la rupere în funcție de modulul de rigiditate al bitumului.

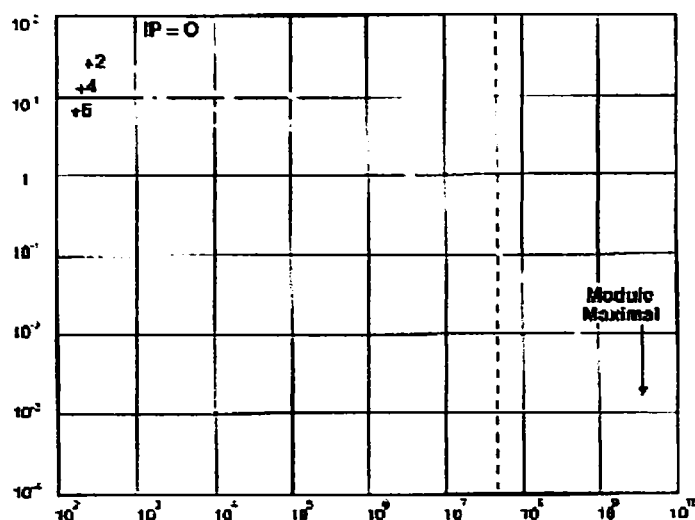


Figura 2.13. Deformația relativă la rupere în funcție de modulul de rigiditate al bitumului și indicele de penetrație.

Ca toate materialele bituminoase, bitumul este sensibil la fenomenul de oboseală. Pe de altă parte, rezistența sa la rupere se poate micșora pentru un mare număr de încercări repetate. Față de alte materiale bitumul posedă proprietatea de autoreparare care permite limitarea efectului distructiv al fenomenului de oboseală.

Toate rezultatele încercărilor de laborator efectuate asupra bitumului extras din mixturile asfaltice prelevate sunt prezentate în tabelul 2.28. pentru bitumurile extrase din mixturile asfaltice prelevate de pe sectoare RO-LTPP din cadrul D.R.D.P. Timișoara și în tabelul 2.29. pentru bitumurile extrase din mixturile asfaltice prelevate de pe sectoarele RO-LTPP din cadrul D.R.D.P. Craiova [131; 135].

Calitatea biturilor extrase, analizate, studiate și prezentate în tabelul 2.28. și 2.29. au pus în evidență următoarele aspecte:

- valorile mari ale punctului de înmuiere, peste limitele impuse de normele în vigoare, precum și valorile mici obținute pentru penetrație, atestă faptul că bitumurile s-au durificat în timp sub acțiunea traficului și a condițiilor climaterice;

- modificările de consistență pun în evidență îmbătrânirea bitumului și deci modificarea compoziției și structurii acestuia;

- valorile modulilor de rigiditate, calculați pentru temperaturi pozitive și negative pun în evidență un bitum foarte rigid, la temperaturi negative, un bitum îmbătrânit din cauza solicitărilor în timp și a condițiilor climaterice;

- valorile obținute pentru deformația relativă la rupere arată că efortul necesar pentru ruperea bitumului este mai mare la temperaturi pozitive. Valorile mici pentru deformația relativă la rupere obținute pentru temperaturi negative, arată că efortul

necesar pentru a învinge forțele de atracție dintre molecule este foarte mic și deci, bitumul este sensibil la acțiunea traficului. Bitumul este lipsit de proprietatea de autoreparare care ar permite limitarea fenomenului de rupere sub acțiunea traficului greu, ceea ce duce la apariția fisurilor și crăpăturilor în îmbrăcămințile bituminoase;

- valorile obținute pe bitumurile luate în studiu arată că bitumurile au devenit prea vâscoase, mediul de dispersie nu mai permite deplasarea micelilor între ele și ca atare la cel mai mic efort se produce fisurarea, fapt constatat în realitate;

- sub acțiunea traficului și a condițiilor climaterice, care au acționat în timp, s-a produs fenomenul de oxidare și polimerizare a uleiurilor, parte din ele trecând în rășini, iar acestea în asfaltene, ceea ce a făcut ca liantul să devină mai fragil, facilitând apariția fisurilor și crăpăturilor în îmbrăcămințile bituminoase.

Semnificația dată termenului de îmbătrânire a bitumului în tehnica rutieră, privește transformarea ireversibilă a compoziției cu consecințe directe asupra priorităților de utilizare. Intensitatea cu care se produce fenomenul de îmbătrânire a bitumului, poate limita, prin influența pe care o execută, durata de folosință a biturilor și implicit durata de exploatare a straturilor bituminoase.

În general, transformările unui bitum sunt lente, dar în timp se accentuează și conduc la pierderea completă a proprietăților de liant. Viteza de transformare este determinată de compoziția bitumului și de condițiile de solicitare.

Practic, procesul de îmbătrânire [47;55;85;92;93;103] se manifestă prin efecte de opacizare, pierderea supleței, mărirea fragilității, fisurarea și pierderea coeziunii, iar în final printr-o durificare excesivă. Procesele de îmbătrânire sunt complexe, fiind construite din procese fizice de pierdere prin volatilizare a compușilor ușori și procese chimice de transformare a componentilor ușori în componenți grei.

Se definesc superioare, din punct de vedere al îmbătrânirii bitumurile care atestă capacitatea de a păstra un timp îndelungat consistența sub o valoare critică.

Bitumul fiind un produs organic manifestările încep să se producă de la fabricație. Fiind imperceptibile până în momentul prelucrării pe șantier, ele nu sunt periculoase, dar încălzirea prelungită în rezervoare sau malaxoare cu agregatele naturale calde amplifică procesul de transformare și accelerează îmbătrânirea. În condiții extreme, degradarea poate merge până la transformarea în cocs.

Îmbătrânirea bitumului [134] se produce în trepte:

- prima perioadă, formarea texturii aglutinate ca urmare a evaporării uleiurilor ușoare în parte, datorită unor reacții chimice ce se produc sub acțiunea căldurii și a luminii;

- a doua perioadă, de transformare a texturii aglutinate într-o rețea tridimensională foarte rezistentă la deformare și fisurare, care odată ce apar se autorepară. Formarea rețelei se datorează, pe de o parte, unei redistribuiri a componentilor în structura micelară, ca urmare a evaporării parțiale a uleiurilor și pe de altă parte a formării unor noi componente. Cu cât această perioadă este mai îndelungată, cu atât comportarea mixturii asfaltice se menține corespunzător și durata de exploatare a îmbrăcăminților bituminoase se prelungește;

- a treia perioadă este de îmbătrânire propriu-zisă. În acest moment, concomitent cu pierderea plasticității, bitumul pierde și proprietățile coezive. Această perioadă este legată de formarea unei texturi tridimensionale rigide, care la apariția celor mai mici eforturi locale produse de neuniformitățile din structura rețelei micelare, se dezmembrează. Degradarea straturilor rutiere bituminoase devine periculoasă atunci când temperatura scade foarte mult și circulația este caracterizată de un trafic greu și intens. Fenomenul se produce datorită faptului că liantul interpus între granulele de agregat natural este supus unor forțe de tracțiune care depășesc rezistența lui la întindere și deci nu mai rezistă și se destramă structura. În cazul biturilor studiate asistăm la această fază când biturile sunt îmbătrânite. Procesul de îmbătrânire se produce cu atât mai ușor cu cât liantul este mai îmbătrânit, fapt constatat pe teren, când în îmbrăcămințile bituminoase au apărut fisuri și crăpături și nu se mai autorepară din cauza distrugerii structurii bitumului.

Intensitatea de transformare depinzând, în sfera condițiilor de solicitare, de compoziția bitumului, o contribuție importantă o are procesul de fabricație prin care s-a obținut bitumul. Din acest punct de vedere biturile naturale sunt cele mai rezistente la îmbătrânire, cele de cracare cele mai sensibile, iar cele de oxidare mai rezistente decât cele de distilare.

Din punct de vedere al compoziției, biturile bogate în hidrocarburi saturate îmbătrânesc mai greu, deși în prima fază atestă un grad de întărire mai pronunțat.

Reacțiile predominante sunt de oxidare, dehidrogenare, condensare și polimerizare.

Factorii implicați în procesul de îmbătrânire al bitumului sunt:

- **acțiunea factorilor oxidanți din atmosferă, oxigenul** din aer și într-o măsură mai mică ozonul. S-a dovedit că oxigenul din aer contribuie la degradarea bitumului în timp, prin formarea de compuși cu masă moleculară crescută și grupări polare și, că acțiunea lui poate fi amplificată de lumină, căldură și creșterea duratei de expunere. Datorită vitezei reduse de difuziune a oxigenului în masa bitumului îmbătrânirea începe

de la suprafață. Efectul se consideră că se produce pe o adâncime redusă și pelicula formată are un rol protector asupra straturilor inferioare. După distrugerea ei crește viteza de deteriorare a bitumului în adâncime. În acest proces sunt angrenate toate grupările de componenți, cu o amploare mai mare sau mai mică în funcție de gradul lor de reactivitate. Cercetările de laborator [168;196] au arătat că toți componenții bitumului sunt susceptibili la oxidare;

- **acțiunea radiațiilor de diferite lungimi de undă**, care în mod similar agenților oxidanți, exercită o acțiune de degradare a bitumului importantă în timp în perioada de exploatare ca urmare a expunerii continue la acțiunea radiațiilor solare. Toate radiațiile exercită efecte distructive asupra bitumului, iar gradul de influență este mai dăunător în cazul radiațiilor UV și mai puțin sever în cazul radiațiilor vizibile. Explicația teoretică a degradării produse de influența radiațiilor UV presupune declanșarea unor reacții fotochimice cu apariția de radicali liberi. Aceste reacții au loc când unele molecule absorb cuante de energie din UV și se scindează;

- **acțiunea căldurii**, care în reacțiile compușilor organici reprezintă un factor de creștere a vitezelor de reacție. Efectul ei depinde de compoziția și respectiv originea și modul de prelucrare al bitumului. Sub acest aspect bitumurile de oxidare sunt cele mai rezistente, iar cele de cracare cele mai sensibile. Procesele de transformare sub acțiunea căldurii determină trecerea uleiurilor în rășini, a rășinilor în asfaltene și a asfaltenelor în produși grei. Reacțiile predominante sunt reacții de oxidare - polimerizare - condensare. Raportul de transformare se amplifică pe măsura creșterii temperaturii de încălzire a bitumului și devine periculos în procesul de preparare al mixturilor asfaltice dacă agregatele naturale sunt supraîncălzite. Se apreciază că acest efect este mai pregnant decât acțiunea exercitată de factorii climaterici asupra îmbrăcămintei bituminoase pe durata de exploatare de 10 ani.

De aici, putem trage **concluzia, referitoare la îmbătrânirea bitumurilor studiate, că procesul de îmbătrânire a început și s-a produs încă din faza de preparare a mixturilor asfaltice. Acest lucru nu am avut cum să-l studiem și nici să-l verificăm, dar cert este că procesul de îmbătrânire, în timp de 2 ani, s-a produs foarte lent sau deloc, fapt constatat din valorile caracteristicilor obținute pe bitumurile studiate în 1996 și 1998, caracteristici care au rămas aproape neschimbate, ceea ce dovedește că odată îmbătrânite, procesul are loc încet, acestea devin mai puțin susceptibile la temperatură;**

- **acțiunea mecanică a traficului**, contribuie la îmbătrânirea bitumului prin creșterea unor condiții prielnice pierderii caracterului vâsco-elastic, manifestate prin

fenomene de oboseală. Solicitățile mecanice pot fi produse ca urmare a solicitărilor traficului și a ecartului mare de temperatură în care trebuie să lucreze bitumul în diferite straturi ale structurii rutiere, ca urmare a variațiilor temperaturii atmosferice în medie de la $-20...+60$ °C. Fisurarea prin oboseală apare atunci când este depășită o anumită limită a mărimii deflexiunii sau a intensității sarcinii în funcție de calitatea bitumului. Sub această valoare ruperea materialului nu are loc chiar dacă numărul de solicitări este foarte mare. Producând în permanență o mișcare în masa liantului bituminos, efectele mecanice contribuie la grăbirea proceselor de modificare structurală și de compoziție a bitumului. O grosime redusă a peliculei de bitum accelerează procesul îmbătrânirii, deci al degradării îmbrăcămintei bituminoase.

Cercetările de laborator efectuate prin încercări la oboseală sub sarcini repetate, la temperaturi scăzute constituie o metodologie de investigare frecvent folosită în studiul îmbătrânirii mixturilor asfaltice, respectiv asupra bitumului din mixturile asfaltice.

Cercetările efectuate au scos în evidență că procesul de îmbătrânire al bitumului se manifestă prin modificările de consistență, fapt constatat și în urma încercărilor efectuate pe bitumurile studiate.

Ținând cont de cele prezentate și de valorile caracteristicilor bitumurilor studiate trebuie reținut că acestea sunt bitumuri îmbătrânite, și-au pierdut fluiditatea și mobilitatea, și-au redus proprietățile liante și elasticitatea, deci nu mai rezistă solicitărilor din trafic și condițiilor climaterice. Toate acestea au dus și duc la apariția defecțiunilor în îmbrăcămințile bituminoase, defecțiuni constatate cu ocazia inspecției vizuale prezentate anterior. Concluzia este că, liantul trebuie regenerat și deci trebuie efectuate lucrări de întreținere adecvate sau lucrări de ranforsare acolo unde capacitatea portantă o cere, folosind mixturi asfaltice performante realizate cu materiale care să reziste deformațiilor din trafic, folosind bitumuri care să reziste, în timp, fenomenului de îmbătrânire.

2.2.3.2. Caracteristicilor geotehnice ale pământului

Pentru a determina natura și caracteristicile geotehnice ale pământurilor s-au prelevat probe de pământ de pe sectoarele RO-LTPP din cadrul D.R.D.P. Timișoara și D.R.D.P. Craiova, asupra cărora s-au efectuat încercări de laborator.

În urma studiilor și a încercărilor de laborator efectuate pe probele de pământ prelevate s-au obținut rezultatele prezentate în tabelul 2.30 pentru probele prelevate de pe sectoarele RO-LTPP din cadrul D.R.D.P. Timișoara și tabelul 2.31 pentru probele prelevate de pe sectoarele RO-LTPP din cadrul D.R.D.P. Craiova.

Pământurile se pot clasifica după granulozitatea elementelor componente, stabilindu-se fracțiunile granulometrice ale materialelor ce alcătuiesc terenurile de fundare și funcție de acestea denumirea pământurilor.

Neuniformitatea pământurilor se exprimă prin coeficientul de neuniformitate definit prin raportul dintre diametrul corespunzător procentelor de 60 % și 10 % din cantitatea totală a materialului. În funcție de valorile coeficientului de neuniformitate se determină granulozitatea pământului, care poate fi neuniformă, uniformă și foarte uniformă.

În tabelul 2.32 se prezintă clasificarea pământurilor din punct de vedere al uniformității.

Tabelul 2.32.

Categorii de pământuri	Coeficientul de neuniformitate
Pământuri foarte uniforme	$1 < U_n \leq 5$
Pământuri uniforme	$5 < U_n \leq 10$
Pământuri neuniforme	$U_n > 10$

Indicele de plasticitate și granulozitatea pământurilor determină natura pământului, tipul de pământ (tabelele 2.33. și 2.34.).

Indicele de grupă dă indicații asupra calității pământului, dacă este bun, foarte bun sau rău (necorespunzător) pentru terasamente (tabelele 2.33. și 2.34.).

Indicele de consistență dă indicații asupra modelării pământului, reflectă ușurința cu care se modelează pământul și servește la calculul capacității portante. Valorile indicelui de consistență determinate în laborator atestă faptul că avem de a face cu pământuri plastic consistente (DN 59 km 30+250; DN 68A), plastic vârtoase (DN 59 km 20+800; DN 66 km 153+850; DN 79A km 31+200) și respectiv plastic tare.

Clasificarea pământurilor studiate după natura și calitatea lor este prezentată în tabelele 2.33. și 2.34.

De asemenea, s-a determinat sensibilitatea la îngheț a pământurilor folosite la lucrările de drumuri și care au fost prelevate de pe sectoarele RO-LTPP, folosind criteriul granulozității.

Natura pământului ajută la determinarea tipului de pământ și a gradului de sensibilitate la îngheț-dezghet (tabelele 2.33. și 2.34.).

Tabelul 2.30.

Nr. Crt	Cota de prelevare a probei [m]	Denumirea pământului din patul drumului	Tipul pământului	Principalele caracteristici geotehnice											Grad de compact [%]		
				Granulozitatea		γ [kN/m ³]	W [%]	W _L [%]	W _p [%]	I _p [%]	I _c	ϕ [°]	C [kPa]	ρ_d [g/cm ³]		ρ_{dmax} [g/cm ³]	
				Argilă [%]	Praf [%]												Nisip [%]
A. SECTOR D.N. 66 km 153+800...153+950																	
1	-1,00	Nisip prăfos cu resturi de piatră spartă	P ₃	10	25	65	19,3	20,3	38,2	18,3	19,9	0,9	15	22	1,62	1,68	96
B. SECTOR D.N. 68 A km 75+500...75+650																	
2	-0,50	Nisip prăfos (umplută)	P ₃	-	13	77	19,1	21,0	-	-	-	-	25	-	1,56	1,62	96
	-1,00	Nisip prăfos	P ₃	3	37	60	18,9	23,5	35,2	19,5	15,7	0,74	20	10	1,53	1,61	95
C. SECTOR D.N. 79 km 31+200...31+350																	
3	-1,20	Praf nisipos argilos	P ₄	18	48	34	19,7	23,5	42,2	18,3	23,9	0,78	14	20	1,65	1,70	97
D. SECTOR D.N. 7 km 489+480...489+630																	
4	-	Rocă stâncoasă	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E. SECTOR D.N. 59 km 20+800...20+950																	
5	-0,60	Praf nisipos	-	6,0	60	34	19	17,5	35	15	20	0,87	20	15	-	-	-
F. SECTOR D.N. 59 km 30+250...30+400																	
6	-85	Praf nisipos	-	6,5	59,5	34	17,65	23	37	15	22	0,64	19	20	-	-	-
G. SECTOR D.N. 58 B km 61+300...61+450																	
7	-	Nisip	-	-	-	-	-	-	-	+3	21	22	-	-	1,61	1,86	-

Tabelul 2.31.

Nr. Crt	Cota de prelevare probe [m]	Denumirea pământului din patul drumului	Tipul pământului	Principalele caracteristici geotehnice										Grad de compact [%]			
				Granulozitatea			γ [kN/m ³]	W [%]	W _l [%]	W _p [%]	I _p [%]	I _c	ϕ [°]		c [kPa]	ρ_d [(g/cm ³)]	ρ_{dmax} [(g/cm ³)]
				Argilă [%]	Praf [%]	Nisip [%]											
A. SECTOR D.N. 67 km 21+600																	
1	-0,60	Nisip mijlociu cu rar pietriș	P ₂	-	-	91+9% pietriș	19,2	6	-	-	31	-	1,67	1,73	96,5		
B. SECTOR D.N. 56 A km 52+301																	
2	-0,50	praf	P ₄	12	63	25	19,1	23,2	36,2	18,6	17,6	0,74	18	25	1,61	1,68	95,8
C. SECTOR D.N. 66 km 65+000																	
3	-0,45	Nisip prăfos	P ₃	15	31	54	19,2	20,5	30,5	18,5	12,0	0,83	21	15	1,59	1,67	95,2

Tabelul 2.33.

Proba	Denumirea pământului	Tipul de pământ	Plasticitatea	Calitatea	Gradul de sensibilitate la îngheț-dezghet	Uniformitatea
D.N. 66	nisip prăfos	P ₃	Mijlocie	Bun	Foarte sensibile	Neuniforme
D.N. 79	praf nisipos argilos	P ₄	Mare	Bun	Foarte sensibile	Neuniforme
D.N. 68 A	nisip prăfos	P ₃	Mijlocie	Bun	Sensibile	Uniforme
D.N. 58 B	nisip	P ₁ /P ₂	-	Bun	Sensibile	-
D.N. 59 km 20	praf nisipos	P ₄	Mijlocie	Bun	Foarte sensibile	Uniforme
D.N. 59 km 30	praf nisipos	P ₄	Mare	Bun	Foarte sensibile	Uniforme

Tabelul 2.34.

Proba	Denumirea pământului	Tipul de pământ	Plasticitatea	Calitatea	Gradul de sensibilitate la îngheț-dezghet	Uniformitatea
D.N. 66 km 65	nisip prăfos	P ₃	Mijlocie	Bun	Foarte sensibile	neuniforme
D.N. 56A	praf	P ₄	Mijlocie	Bun	Foarte sensibile	neuniforme
D.N. 67 km 21	nisip mijlociu cu pietriș	P ₂	-	Bun	Sensibile	foarte uniforme
D.N. 67 Km 171	nisip prăfos	P ₃	Mijlocie	Bun	Sensibile	foarte uniforme

Luând în considerare faptul că pământurile studiate sunt sensibile și foarte sensibile la îngheț, putem afirma că pot apărea degradări din îngheț-dezghet, în îmbrăcămințile bituminoase. Rezistența, stabilitatea și durabilitatea terasamentelor în exploatare, depind de calitatea pământurilor din care sunt realizate, de tehnologia aplicată la execuție și de întreținerea acestora.

Calitatea terasamentelor influențează hotărâtor fiabilitatea construcției rutiere. Orice defecțiune la nivelul acestora, provoacă degradări grave în structura rutieră, care de cele mai multe ori se remediază foarte anevoios și presupun mari consumuri de energie.

Din cele studiate și prezentate rezultă necesitatea realizării scurgerii apelor, precum și necesitatea impermeabilizării structurilor existente.

2.3. COMPORTAREA ÎN EXPLOATARE A STRATURILOR BITUMINOASE UTILIZATE LA LUCRĂRI DE ÎNTREȚINERE SAU REABILITARE

Pe unele sectoare RO-LTPP din cadrul D.R.D.P Timișoara și D.R.D.P. Craiova s-au realizat lucrări de întreținere curentă (tratamente bituminoase, șlam bituminos, reciclarea mixturi asfaltice la rece) sau lucrări de reabilitare, după cum rezultă din tabelul 2.35.

Tabelul 2.35.

Nr. crt.	Sectorul – D.N./km	Lucrări realizate	Anul reabilitării
1.	D.N. 7 km 489+480...489+630	4.0 cm B.A. 16 4.0 cm B.A.D. 25 7.0 cm A.B. pentru egalizare	1997 1997 1997
2.	D.N. 59 km 20+800...20+950	4.0 cm B.A. 16 4.0 cm B.A.D. 25	1997 1997
3.	D.N. 59 km 30+250...30+400	4.0 cm B.A. 16 4.0 cm B.A.D. 25	1997 1997
4.	D.N. 58 B Km 61+300...61+450	Reciclare la rece Tratament bituminos simplu	1998 2000
5.	D.N. 68.A Km 75+500...75+650	Șlam bituminos	2000
6.	D.N. 66 Km 153+800...153+950	Tratament bituminos simplu	1998

Sectoarele, pe care s-au realizat lucrări de întreținere sau reabilitate au fost urmărite în timp pentru a pune în evidență calitatea tehnologiilor și a materialelor folosite asupra performanțelor îmbrăcăminților bituminoase. În acest sens, s-au efectuat următoarele investigații:

- releveul degradărilor;
- rugozitatea suprafeței de rulare;
- planeitatea;
- capacitatea portantă.

Investigațiile efectuate au pus în evidență următoarele aspecte:

- **tratamentele bituminoase simple** au îmbunătățit rugozitatea suprafeței de rulare, dar pentru planeitate și capacitate portantă nu au adus îmbunătățiri. De asemenea, multe degradări și-au făcut apariția la scurt timp. În cazul sectorului de pe DN 66 km 153+800...153+950 se impune cel puțin o ranforsare pentru a aduce sectorul în condiții de siguranță și confort;

- **reciclarea la rece a îmbrăcămișilor bituminoase (DN 58 B)** nu a dat rezultate, deoarece era necesar un tratament bituminos de închidere, care trebuia realizat în 1998 și nu în anul 2000. De asemenea, cauza degradărilor a constituit-o capacitatea portantă neuniformă și insuficientă, de aceea rezultatele nu au fost cele așteptate.

- **șlamul bituminos realizat pe o îmbrăcăminte cu degradări de tipul fisurilor,** (DN 68A km 75+500) nu se recomanda mai ales că existau foarte multe fisuri în stratul bituminos transmise din stratul de beton de ciment. Șlamul bituminos ca strat subțire se recomandă pentru suprafețe poroase și nu pentru suprafețe fisurate ;

- **îmbrăcămișile bituminoase realizate cu mixturi asfaltice** au dat rezultate bune pe DN 7 unde mixtura asfaltică din stratul de uzură a fost realizată cu bitum aditivat cu 2 % Interlene I R 400. Sectorul RO-LTPP de pe DN 7 se comportă bine fapt pus în evidență de rezultatele investigațiilor efectuate referitoare la planeitate, capacitate portantă, rugozitate și calitatea mixturilor asfaltice. Proiectul prevedea realizarea stratului din beton asfaltic preparat cu bitum modificat cu polimer, dar rezultatele nesatisfăcătoare privind caracteristicile bitumului modificat, cu ocazia studiului preliminar de laborator, au condus la înlocuirea acestei tehnologii cu tehnologia pe bază de bitum aditivat. Dozajele realizate sunt prezentate în tabelul 2.36. iar caracteristicile fizico-mecanice în tabelul 2.37.

Tabelul 2.36

Compoziție	Dozaj realizat			Limite STAS		
	B.A. 16	B.A.D. 25	An-robot bitu-min.	B.A.16	B.A.D.25	Anrobot bituminos
Granulozitatea trece prin sită sau ciurul de: mm,[%]						
0,09						
0,2	8,2	6,2	3,4	8...11	1...6	2...10
0,16	12,0	9,0	5,4	11...25	5...20	4...22
3,15	20,4	18,8	16,6	18...35	10...30	10...35
8	47,5	40,3	48,4	32...60	22...37	29...58
16	70,4	49,7	76,7	66...83	41...62	51...86
25	98,1	85,1	98,1	96...100	73...90	74...100
	100	100	100		90...100	100
Bitum pur [%]	-	4,7	4,2	-	4,4...4,8	4,0...4,8
Bitum aditivat cu 1,2 [%] Interlene IN/400, [%]	5,5	-	-	5,4...6	-	-

Tabelul 2.37

Caracteristicile	B.A. 16		B.A.D. 25		Anrobat bituminos	
	Mixtură	Carotă	Mixtură	Carotă	Mixtură	Carotă
Bitum, %	5,5	-	4,7	-	4,2	-
Stabilitate, kN	8,8	-	9,2	-	7,3	-
Fluaj, mm	3,17	-	2,32	-	1,4	-
Densitate, kg/m ³	2 371	2 374	2 366	2 390	2 215	2 274/2 212
Absorbție, %	2,1	-	3,4	-	7,6	-
Grosime strat, cm	-	4,0	-	4,0	-	7/13
Grad de compactare, %	-	100,1	-	101,0	-	102,7/99,9

Analizând rezultatele prezentate în tabelul 2.37 se constată că se încadrează în limitele prevăzute de STAS, iar gradul de compactare a fost realizat, deci mixturile asfaltice puse în operă au fost de bună calitate.

S-a respectat condiția ca, stratul de egalizare când depășește grosimea de 5 cm, anrobotele bituminoase să se pună în operă în 3 straturi pentru a se putea realiza gradul de compactare.

Pe sectorul RO-LTPP de pe DN 7 s-a determinat și rugozitatea suprafeței de rulare și

s-a constatat că îmbrăcămintea prezintă o textură medie, valoarea înălțimii de nisip HS fiind $> 0,2$ și $< 0,6$ mm, putem aprecia că suprafața de rulare este satisfăcătoare. Din punct de vedere al rugozității se impune o viteză de circulație $<$ de 80 km/h.

Uniformitatea în profil longitudinal s-a determinat cu analizatorul de profil în lung APL 72. Pe partea dreaptă din 150 valori IRI, 6 se încadrează în clasa IRI 2...4, adică 9 %, iar restul de 91 % se încadrează în clasa 0...2, deci calitatea suprafeței de rulare este foarte bună din punct de vedere al planeității.

Valorile $IRI < 3$ m/km atestă o suprafață bună din punctul de vedere al planeității.

Ca o concluzie generală este că, soluția aleasă a fost bună, iar dozajele și tehnologia de execuție s-au realizat cu exigență și profesionalism.

Nu același lucru se poate spune despre calitatea mixturii asfaltice puse în operă în anul 1997-1998 pe DN 59. Calitatea lucrărilor realizate s-a reflectat asupra calității suprafeței de rulare prin apariția degradărilor și printr-o rugozitate satisfăcătoare sau nesatisfăcătoare.

Din cele prezentate mai sus reținem necesitatea realizării unor lucrări de întreținere și reabilitare adecvate. Nu orice tehnologie se preferă pentru a rezolva problemele ce apar pe drumuri. De aceea, este necesar a se investiga drumul ca un tot, pentru a cunoaște structura lui, capacitatea portantă, planeitatea etc., în orice

moment când este nevoie de o intervenție, fie o întreținere curentă, ranforsare sau reabilitare. Dacă nu se cunosc toți parametrii ce caracterizează un drum, se pot lua decizii greșite.

Cele prezentate impun aprofundarea studiilor și cercetărilor pentru a diversifica mixturile asfaltice în funcție de zonele unde se folosesc, de traficul existent și de perspectivă precum și de materialele disponibile existente în zona respectivă, astfel ca să se folosească întotdeauna o mixtură asfaltică de calitate bună acolo unde drumul o cere.

2.4.CONCLUZII PRIVIND DESFĂȘURAREA PROGRAMULUI RO-LTPP

Ca urmare a studiilor și cercetărilor efectuate, referitoare la urmărirea comportării în exploatare a sectoarelor de drum cu îmbrăcămînți bituminoase, precum și a rezultatelor obținute, folosind programul de urmărire în exploatare LTPP, se pot evidenția anumite aspecte ce se impun a fi luate în considerare.

Importanța studiilor și cercetărilor întreprinse în cadrul acestui program pe sectoarele RO-LTPP constă în:

- **cuantificarea efectelor asupra performanțelor îmbrăcămînților rutiere moderne a următorilor factori: traficul, condițiile climaterice, proprietățile materialelor, calitatea execuției lucrărilor, tehnologiile de întreținere aplicate;**

- **evaluarea metodelor de dimensionare structurală practicate până în prezent adaptarea lor la situațiile reale din țara noastră;**

- **necesitatea unor relații de calcul și dimensionare îmbunătățite pentru structuri rutiere noi și pentru ranforsări;**

- **stabilirea la nivel național a unei baze de date privind performanțele pe termen lung a îmbrăcămînților rutiere bituminoase;**

- **punerea în evidență a efectelor pe care le are asupra performanțelor îmbrăcămînților bituminoase specificul alcătuirii structurii rutiere;**

- **aplicarea unor strategii performante pentru reabilitarea drumurilor existente;**

- **punerea în evidență a tehnologiilor eficiente folosite până în prezent pentru construcția, întreținerea și reabilitarea drumurilor cu îmbrăcămînți rutiere bituminoase;**

- **necesitatea realizării unor lucrări de proiectare, construcție și întreținere de bună calitate;**

- **acordarea unei atenții sporite materialelor folosite în construcția și întreținerea drumurilor;**

- **diversificarea tehnologiilor de întreținere și construcția a drumurilor** cu îmbrăcămînți bituminoase, folosind diferite tipuri de bitum cu o consistență mai mică sau mai mare, pure, aditivate, modificate sau aditivate și modificate, funcție de zona în care se află drumul, de regimul termic și hidric, de traficul existent și de cel de perspectivă.

Concluzia generală este că, nu se poate impune aceeași tehnologie de construcție și întreținere a drumurilor cu îmbrăcămînți bituminoase aplicabilă pe întreaga rețea de drumuri.

Studiile efectuate și prezentate, la care mi-am adus contribuția participând în mod direct au o mare importanță în a stabili tehnologiile ce pot fi folosite în scopul remedierii degradărilor constatate.

Pe majoritatea sectoarelor RO-LTPP luate în studiu s-a constatat existența fisurilor și mai ales a fisurilor transversale. Acest tip de degradări pune specialistul de drumuri la grele încercări în ceea ce privește alegerea soluțiilor de remediere, fapt constatat cu ocazia studiului.

Fisurile constatate pot avea diferite cauze. Acest studiu complex ne ajută în a stabili cauzele și, în funcție de acestea, a stabili tehnologia ce trebuie folosită.

Din studiile și cercetările efectuate am ajuns la anumite concluzii:

- fisurile datorate oboselii se tratează cu o mixtură asfaltică pusă într-un strat gros când traficul este intens. Niciodată nu se va folosi șlamul bituminos;

- dacă fisurile au apărut numai în stratul de uzură soluția cea mai adecvată este reciclarea acestui strat;

- fisurile datorate îmbătrânirii bitumului, adică fisurarea de sus în jos, se tratează folosind tehnologia de tipul mixturilor asfaltice la rece, tratamentelor bituminoase, betoane asfaltice foarte subțiri.

Constituirea acestei baze de date privind urmărirea sub trafic a îmbrăcămînților bituminoase existente și a celor realizate prin lucrări de întreținere și reabilitare constituie o bancă de date prețioasă pentru evaluarea și cuantificarea performanțelor diferitelor tehnologii aplicate pe drumurile naționale. Ele putând constitui un ghid de orientare pentru inginerul de drumuri în luarea deciziilor privind lucrările ce trebuie realizate.

De asemenea, datele obținute, ca urmare a aplicării programului RO-LTPP constituie un argument pentru intensificarea eforturilor, tuturor factorilor în scopul diversificării și experimentării unor noi tipuri de mixturi asfaltice, pentru

stratul de uzură, care să corespundă actualelor condiții de trafic și climă specifice țării noastre.

Investigarea degradărilor pe tipuri de degradări (suprafață și structură) constituie un mijloc important în a alege programul de întreținere care se referă fie la o tehnologie de reabilitare și de modernizare a drumurilor, fie la o tehnologie de întreținere a suprafeței de rulare a drumului.

Această bază de informatizare obținută cu ajutorul programului RO-LTPP propun a se numi “**CUDRAP**” (caracteristici de uniformitate, degradare, rugozitate, aderență, portanță). **CUDRAP**, dacă este completat constituie un mijloc de analiză a performanțelor drumurilor în orice moment și în primul rând de luarea deciziilor de către specialistul de drumuri.

Referitor la rețeaua de drumuri din țara noastră, se constată că necesită lucrări de întreținere, ranforsare sau reabilitare pe aproape toată lungimea sa. Resursele bugetare nu sunt întotdeauna suficiente pentru îmbunătățirea performanțelor tuturor drumurilor, în același timp, fiind necesară o alegere obiectivă, din partea factorilor de răspundere, a drumurilor ce trebuie supuse intervențiilor, precum și a tehnologiilor de întreținere și reabilitare a rețelei rutiere. În acest sens, este necesar a stabili o prioritizare optimizată a acestor lucrări de întreținere și a face o analiză economică privind eficiența tehnologiilor propuse, precum și a momentului intervenției pentru întreținerea și reabilitarea rețelei rutiere.

Ca urmare a studiilor și cercetărilor efectuate, propun a se introduce în programul RO-LTPP calculul indicilor pe tipuri de degradări, precum și calculul indicilor totali ai structurii rutiere (care pe lângă indicii de evaluare a degradărilor iau în considerare indicii de evaluare a planeității, rugozității, capacității portante, etc.), pentru a obține rezultate mai bune referitoare la evaluarea performanțelor îmbrăcăminților bituminoase existente sau a celor realizate.

Cunoașterea indicilor de evaluare a degradărilor pe tipuri de degradări, a indicilor combinați sau totali, precum și a duratei de exploatare a îmbrăcăminților bituminoase, ne ajută la stabilirea momentului întreținerii sau reabilitării drumului, precum și la stabilirea tehnologiilor necesare rezolvării acestor probleme. Datele obținute prin programul RO-LTPP ne ajută în optimizarea lucrărilor de întreținere, pe termen scurt și lung, a rețelei rutiere, atât în ceea ce privește alegerea momentului cât și tehnologia necesară, eficientă din punct de vedere tehnic și economic.

OPTIMIZAREA ÎNTREȚINERII DRUMURILOR

Întreținerea drumurilor într-o stare de viabilitate corespunzătoare este o necesitate pentru buna desfășurare a transportului rutier, precum și pentru a reduce costurile pentru utilizatori și costurile sociale. Pentru inginerul de drumuri, care este beneficiarul drumului, se pune problema „când trebuie să se intervină asupra drumurilor“ pentru a le menține într-o stare de viabilitate bună pe toată durata de exploatare.

În timpul duratei de exploatare a unei îmbrăcăminiți bituminoase întâlnim diferite stadii de degradare a structurii rutiere (mai mult sau mai puțin grave), provocate de oboseala structurii rutiere și de îmbătrânirea mixturilor asfaltice din îmbrăcăminițele bituminoase.

În figura 3.1. se prezintă 3 stadii de degradare a structurii rutiere ce trebuie luate în considerare, și anume:

- **pragul de alertă (P.A.)**, momentul când apare o degradare pe suprafața de rulare nepercepută de utilizator;
- **pragul de sensibilizare al utilizatorului (P.S.U)**, se manifestă prin degradarea suprafeței de rulare și a structurii rutiere, degradări ce sunt percepute de utilizator;
- **pragul de intervenție (P.I.)** este momentul care definește sfârșitul duratei de serviciu a unei îmbrăcăminiți bituminoase.

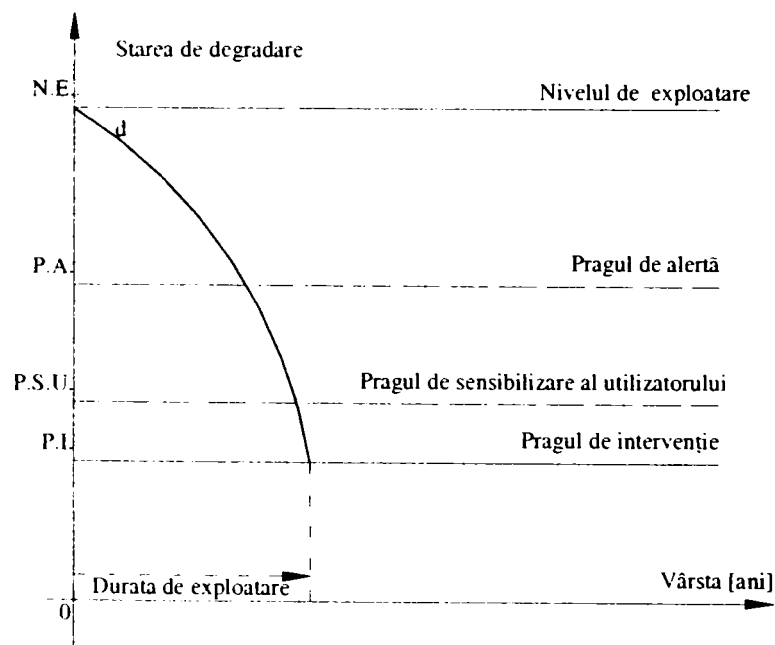


Figura 3.1. Evoluția stării de degradare pe durata de exploatare

Durata de exploatare a îmbrăcăminții rutiere este influențată de lucrările de întreținere efectuate pe durata de utilizare a acesteia și poate fi prelungită dacă se realizează lucrări de întreținere judicios eşalonate în timp, conform figurii 3.2.

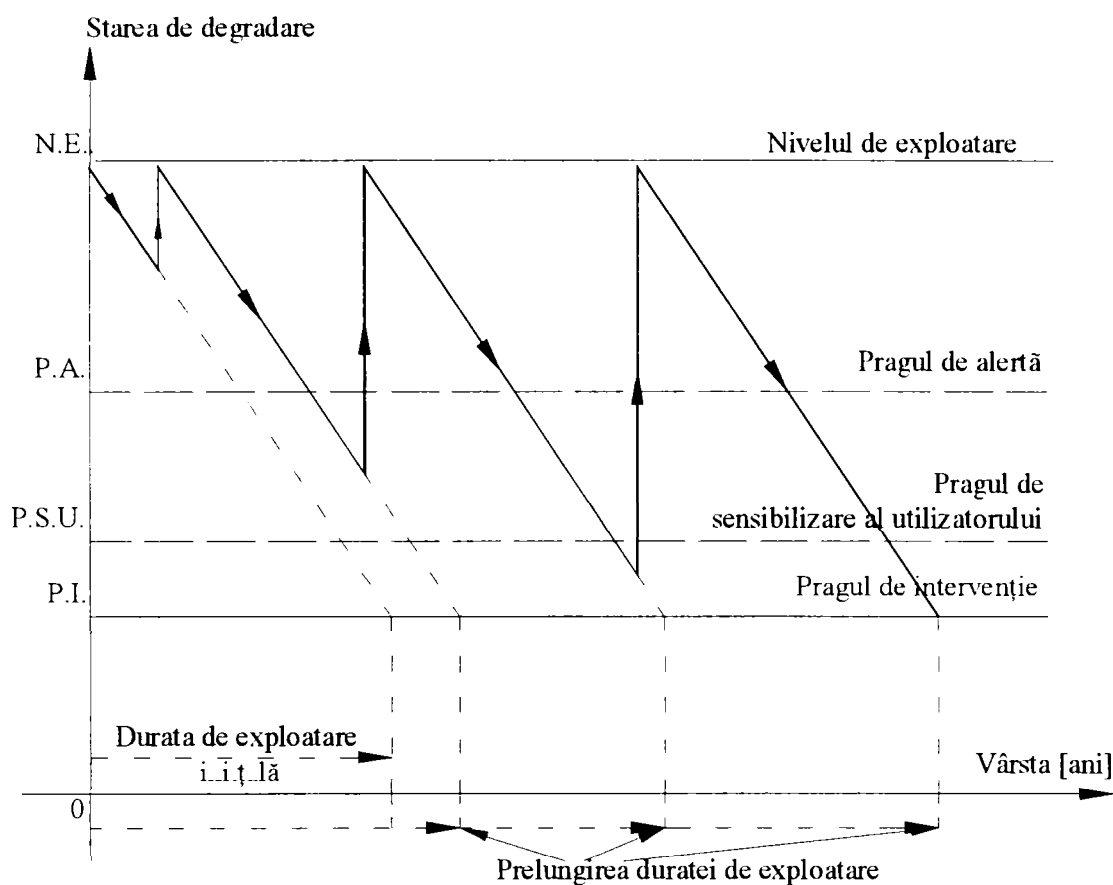


Figura 3.2. Prelungirea duratei de exploatare prin realizarea unor lucrări de întreținere

Analizând figura 3.2 se constată următoarele aspecte ce trebuie luate în considerare de administratorii drumurilor, astfel:

- de la darea în exploatare a unei îmbrăcăminți bituminoase și pragul de alertă sunt necesare lucrări de întreținere preventivă pentru a menține drumul într-o stare de viabilitate corespunzătoare;
- între pragul de alertă și pragul de sensibilizare al utilizatorului sunt necesare lucrări de întreținere curativă;
- pragul de intervenție arată că ranforsarea coordonată este indispensabilă.

Din cele prezentate rezultă că starea de degradare determină alegerea tipului de lucrări sau că alegerea eficientă a tipului de lucrări de întreținere este funcție de starea de degradare a îmbrăcăminților bituminoase.

Ținând cont de cele de mai sus rezultă importanța aprecierii necesității întreținerii îmbrăcăminții bituminoase.

3.1. NECESITATEA ÎNTREȚINERII DRUMURILOR

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 [114] 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:

$$e = K \log \frac{d'_{\alpha}}{d_c} \quad (3.1)$$

unde:

e este grosimea straturilor bituminoase pentru ;

K - un coeficient;

d'_{α} - valoarea deflexiunii caracteristice pe vechea îmbrăcăminte, care nu este depășită decât într-un procent α admis;

d_c - deflexiunea critică admisibilă corespunzând traficului N cu greutatea pe osie de 115 kN.

Literatura [114] menționează faptul că relația (3.1) se aplică pe tronsoane uniforme, unde distribuția valorilor deflexiunilor urmează o lege logaritmică normală (figura 3.3.).

Curbele de distribuție sunt centrate pe $\log d'$. Distanțele tip ale curbelor de distribuție relative la valorile deflexiunilor observate pe un tronson uniform, înainte și după ranforsare sunt aceleași.

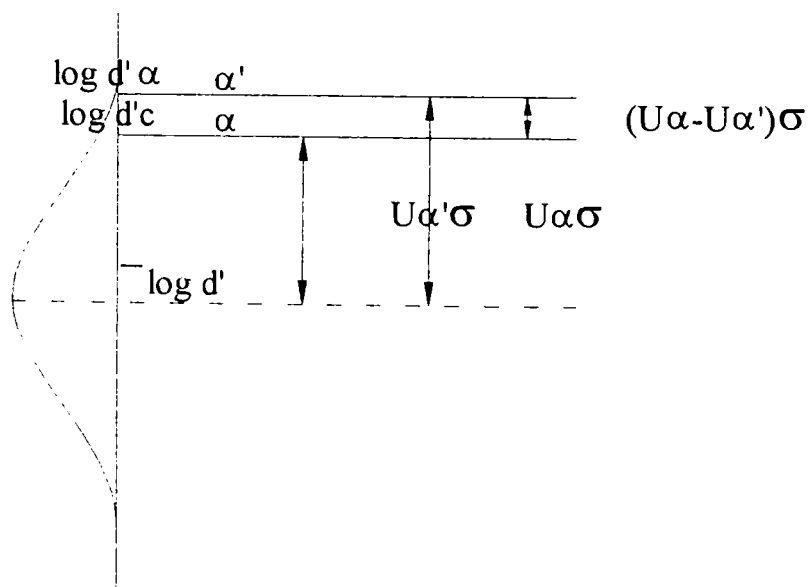


Figura 3.3. Curba de distribuție a valorilor deflexiunilor

Cunoscând că:

$$\log \frac{d'_\alpha}{d'_c} = \log d'_\alpha - \log d'_c \quad (3.2)$$

relația (3.1) devine:

$$e = K(\log d'_\alpha - \log d'_c) \quad (3.3)$$

Ținând seama de forma de distribuție a valorilor deflexiunilor măsurate pe structura rutieră existentă se obține:

$$\log d'_\alpha = \log \bar{d}'_c - u_{\alpha'} \cdot \sigma \quad (3.4)$$

unde:

\bar{d}'_c este valoarea medie a deflexiunilor măsurate pe îmbrăcămintea existentă;

U - variabilă normală redusă;

α' - procentul din suprafața îmbrăcămintei admisă a se degrada în perioada A' ;

A' - durata de exploatare prevăzută;

σ - distanța tip a distribuției logaritmice normală a deflexiunilor.

Georges Langumier arată 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 α' este puțin ridicat și că, zonele degradate sunt 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 115 kN, atunci se poate scrie:

$$\log d'_c = \log d'_\alpha = \log \bar{d}'_c + U_{\alpha'} \cdot \sigma \quad (3.5)$$

Din relațiile 3.4 și 3.5, prin diferență, se obține:

$$\log d'_\alpha - \log d'_c = U_{\alpha'} \cdot \sigma - U_{\alpha'} \cdot \sigma \quad (3.6)$$

$$\log d'_\alpha = \log d'_c + (U_{\alpha'} - U_{\alpha'}) \cdot \sigma \quad (3.7)$$

unde:

α' este procentul din suprafața îmbrăcămintei pe care se observă degradări la sfârșitul perioadei A' .

Deflexiunile de pe vechea îmbrăcămintă pot fi apreciate cunoscând următoarele elemente:

d'_c (deflexiunea critică corespunzătoare traficului N' cu greutatea pe osie de 115 kN, echivalând cu traficul real scurs de la ultimele lucrări de ranforsare (pe durata A'));

- α' (procentul de suprafață degradată de-a lungul perioadei A');
- σ' (distanța tip a distribuției logaritmice normală a deflexiunilor).

Ținând seama de relațiile 3.3 și 3.7., relația 3.1 se poate scrie:

$$e = K [\log d'_c - \log d_c + (U_\alpha - U_{\alpha'}) \cdot \sigma] \quad (3.8)$$

unde e se mai poate scrie:

$$e = K \left[\log \frac{d'_c}{d_c} + (U_\alpha - U_{\alpha'}) \cdot \sigma \right] \quad (3.9)$$

Pe de altă parte dacă se înlocuiește K cu raportul $\frac{333}{P}$, unde P este coeficientul de ranforsare a sectorului la nivelul deflexiunilor d_0 definit de relația:

$$P = \frac{333}{h} - \log \frac{\bar{d}_0}{d_h} \quad (3.10)$$

unde:

* \bar{d}_0 este valoarea medie a deflexiunilor măsurate pe un tronson uniform a unei îmbrăcămînți existente;

* h - grosimea stratului bituminos de ranforsare, în cm;

* \bar{d}_h - este valoarea medie a deflexiunilor măsurate după aplicarea straturilor bituminoase.

Ținând seama de relațiile 3.10, relația 3.9 devine:

$$e \times P = 333 \left[\log \frac{d'_c}{d_c} + (U_\alpha - U_{\alpha'}) \cdot \sigma \right] \quad (3.11)$$

unde e este exprimat în centimetrii.

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

$$\log d_c = R - \frac{1}{S} \log N \quad (3.12)$$

$$\log d'_c = R - \frac{1}{S} \log N' \quad (3.13)$$

unde: R este structura rutieră existentă;

S - structura rutieră după ranforsare.

Luând 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 bituminos pe care s-a aplicat.

Din relația 3.13 scăzând relația 3.12 se obține:

$$\log d'_c - \log d_c = \frac{1}{S}(\log N - \log N') \quad (3.14)$$

sau

$$\log \frac{d'_c}{d_c} = \frac{1}{S} \log \frac{N}{N'} \quad (3.15)$$

Ținând cont de relația 3.15, relația 3.11 devine:

$$e \times P = 333 \left[\frac{1}{S} \log \frac{N}{N'} + (U_\alpha - U_{\alpha'}) \cdot \sigma \right] \quad (3.16)$$

Tot după AASHO, $S \approx 3,25$ și înlocuind în 3.16 rezultă:

$$e \times P = 100 \log \frac{N}{N'} + 333(U_\alpha - U_{\alpha'}) \cdot \sigma \quad (3.17)$$

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

$\sigma \cong 0.09$ și $333\sigma \cong 30$ atunci relația 3.17 devine:

$$e \times P = 100 \log \frac{N}{N'} + 30(U_\alpha - U_{\alpha'}) \quad (3.18)$$

Dacă e este exprimată în m , relația 3.18 devine:

$$e \times P = \log \frac{N}{N'} + \frac{3}{10}(U_\alpha - U_{\alpha'}) \quad (3.19)$$

Plecând de la relația 3.19, grosimea este:

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

unde:

$$e'P = \log \frac{N}{N'} \quad (3.20)$$

$$e''P = \frac{3}{10}(U_\alpha - U_{\alpha'}) \quad (3.21)$$

Relația 3.19 este aditivă și variabilele sunt 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 momentului întreținerii.

Literatura menționează [69] că, dacă ipotezele care stau la baza relației de plecare sunt 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.

3.1.1. Metodă rapidă de apreciere a necesității întreținerii drumurilor

Din literatura de specialitate rezultă că e' exprimă influența traficului greu prognozat, de-a lungul perioadei în cursul căreia îmbrăcămintea bituminoasă va păstra caracteristici satisfăcătoare. 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 3.1:

Tabelul 3.1.

2	Perioada în ani				
	1		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:

$$N' = N'_0 \frac{r^{A'} - 1}{r - 1}, \text{ în perioada anterioară} \quad (3.22)$$

$$N = N_0 \frac{r^A - 1}{r - 1}, \text{ în perioada ulterioară} \quad (3.23)$$

Dar : $N_0 = N'_0 \cdot r^{A'}$ (3.24)

Făcând raportul între relațiile 3.23 și 3.22 și ținând cont de relația 3.24 se obține:

$$\frac{N}{N'} = \frac{N_0}{N'_0} \cdot \frac{r^A - 1}{r^{A'} - 1} = r^{A'} \frac{r^A - 1}{r^{A'} - 1} = \frac{r^A - 1}{1 - \frac{1}{r^{A'}}} \quad (3.25)$$

Deci avem:

$$\frac{N}{N'} = \frac{r^A - 1}{1 - \frac{1}{r^{A'}}} \quad (3.26)$$

Examinând relația 3.26 rezultă următoarele observații:

- efectele duratelor A și A' sunt asimetrice;
- durata A este întotdeauna un factor esențial;
- durata A' are o importanță neglijabilă dincolo de un anumit interval și anume când A' depășește 10 ani, termenul în care intervine A' are un simplu efect corector;

- rata creșterii agresivității traficului „r” este un factor important, cu atât mai mult cu cât durata A este mai lungă.

Termenul $e' = \log \frac{N}{N'}$ este interpretat în figura 3.4.

Graficul prezintă o serie de curbe care corespund la:

diferite rate de creștere a agresivității traficului „a”, de 5; 10; 15 și 20 %, rate ce acoperă toată gama de valori curente

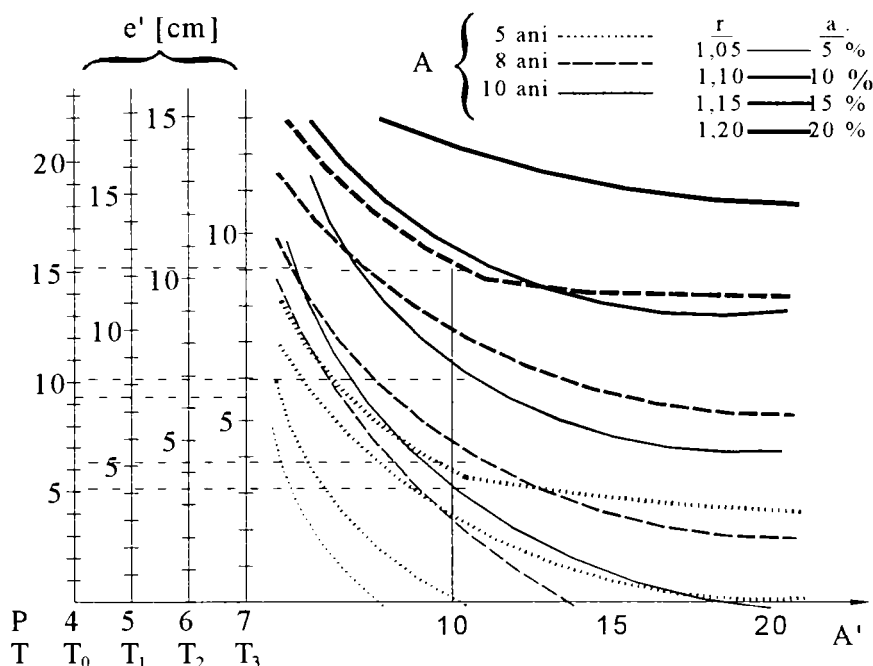


Figura. 3.4. Determinarea grosimii de ranforsare în funcție de agresivitatea traficului

- diferite durate A' , de 5; 8 și 10 ani, ultimele două durate de exploatare permit utilizarea întregii capacități a îmbrăcămintei bituminoase 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 îmbrăcămintei bituminoase pentru deflexiunile corespunzătoare claselor de trafic de la T_0 la T_3 , prezentate în tabelul 3.2.

Tabelul 3.2.

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

Termenul e'' poate fi interpretat folosind graficul din figura 3.5.

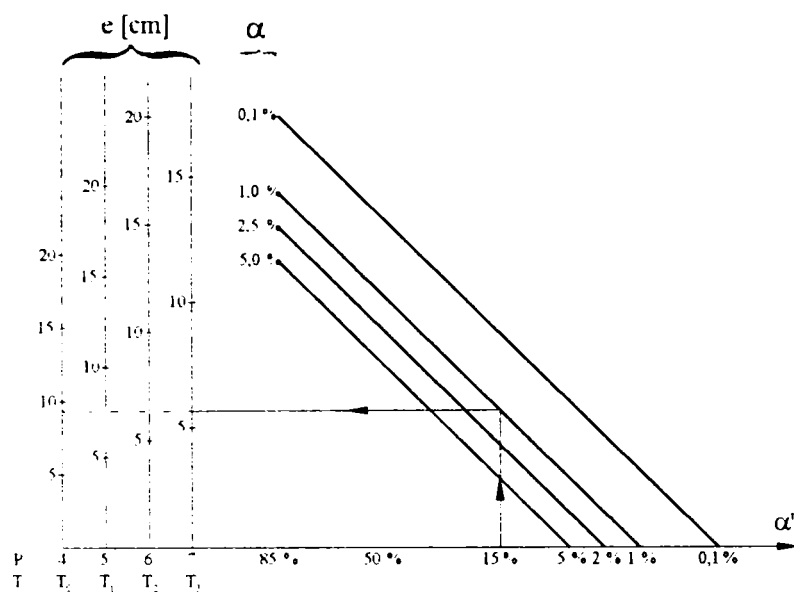


Figura 3.5. Determinarea grosimilor de ranforsare funcție de suprafața degradată

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 ranforsare de 5,5 cm.

Necesitatea de ranforsare poate fi ușor apreciată în cazul în care intervențiile de întreținere sunt efectuate la intervale regulate, adică $A = A'$, când relația 3.26 devine:

$$\frac{N}{N'} = r^{A'} = r^A \quad (3.27)$$

$$e'P = \log \frac{N}{N'} = \log r^A = \log r^{A'} = A \log r \quad (3.28)$$

$$e' = \frac{A}{P} \log r \quad (3.29)$$

dar:

$$r = 1 + \frac{a}{100} \quad (3.30)$$

$$\log r \cong \frac{a}{100} \times c \quad (3.31)$$

$$e' = A \times a \times \frac{c}{P} \quad (3.32)$$

unde c este o constantă.

Literatura menționează [69] că pe o perioadă în care P poate fi considerat stabil, dacă „ a ” rămâne constant, rezultă:

$$\sum e' = a(\sum A) \times c \quad (3.33)$$

Din cele expuse rezultă următoarele concluzii:

- grosimea de ranforsare a îmbrăcămintei bituminoase este proporțională cu ratele de creștere anuală a agresivității traficului greu;

- 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, cunoscând traficul real și cel prognozat, precum și procentul degradărilor.

Metoda prezentată are o mare importanță în aprecierea necesității întreținerii drumurilor, fiind rapidă și luând 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 releveul defecțiunilor.

Ținând seama de importanța și rapiditatea acestei metode în aprecierea întreținerii drumurilor, se propune aplicarea acestei metode și la noi, în sectorul rutier.

3.2. FACTORII HOTĂRĂTORI ÎN STABILIREA MOMENTULUI ȘI A LUCRĂRILOR DE ÎNTREȚINERE

Scopul urmăririi degradărilor îmbrăcăminților bituminoase este monitorizarea periodică a stării îmbrăcămintei bituminoase. Rezultatele monitorizării pot fi utilizate pentru:

- determinarea condiției existente a drumului;
- prognozarea performanței viitoare;
- evaluarea ratei de deteriorare la nivelul drumului și a rețelei;
- estimarea duratei de exploatare rămase a îmbrăcămintei la nivelul drumului și a rețelei;
- determinarea alternativelor de întreținere posibile;
- programarea momentului viabil pentru acțiunile de întreținere;
- evaluarea și îmbunătățirea practicilor standard existente referitor la proiectarea, construcția și întreținerea drumurilor;
- evaluarea efectelor practicilor de întreținere asupra performanței și duratei de viață a îmbrăcămintei bituminoase;
- evaluarea beneficiilor pentru utilizator.

Utilizarea datelor despre degradarea îmbrăcămintei bituminoase depinde de detaliile, calitatea și acuratețea lor și pot fi utilizate pentru calculul indicilor de degradare așa cum s-a prezentat anterior (cap. 2).

3.2.1. Importanța indicilor de degradare în stabilirea lucrărilor de întreținere a drumurilor

Aprecierea stării tehnice a drumului se efectuează prin determinarea unor indici de stare. Un astfel de model este cel realizat în cadrul unui sistem de management al drumurilor Pavement Management System (PMS), care ia în considerare:

- **indicii de degradare a structurii rutiere pe tipuri de degradări** cum sunt indicele de fâgașe, indicele de fisuri transversale, indicele de faianțare etc.;

- **un indice combinat al degradării structurii rutiere** (de exemplu: indicele de degradare a suprafeței și indicele structural) pe baza unei combinări a unuia sau a mai multor tipuri de degradări;

- **un indice prioritar total a structurii rutiere** bazat pe diferite tipuri de degradări plus alți factori cum sunt volumul de trafic, rugozitatea, planeitatea, etc.

Indiferent de tipul de indice (pe tipuri de degradări, combinat sau total) metodele de calcul ale indicilor trebuie să fie compatibile cu politica și obiectivele stabilite de agenția de drumuri. În această privință, este necesar formarea unui comitet pentru a stabili politica și obiectivele cărora li se adresează programul de management al drumurilor.

3.2.1.1. Indicii de degradare pe tipuri de degradări

În calculul indicilor de degradare folosiți în stabilirea necesității întreținerii drumurilor trebuie să se ia în considerare următoarele obiective:

- **tipurile de degradare** a structurii rutiere, care trebuie inventariate (de ex. fâgașe, rugozitate, deflexiune), **frecvența** inventarierii datelor (ex. anual, bianual, trimestrial) și **lungimea sectorului de drum**. Această parte a politicii trebuie, de asemenea, să se adreseze **tipului de indici de degradare** (ex. indice de: fâgașe, degradare a suprafeței, rugozitate, etc.) pentru a fi calculat.

- **trebuie stabilită o scară de notare** pentru fiecare indice de degradare. Această scară poate fi bazată pe valori de la 0 la 100, 0 la 10 sau orice alte valori; sau poate fi o scară deschisă (o scară care începe de la 0 pentru o îmbrăcămintă perfectă și nu are limită pentru valoarea superioară, o notă mai mare indică degradări mai mari). În plus, una din valorile limită ale scării de notare (ex. 100 sau 0) trebuie atribuită unei îmbrăcăminți perfecte. Dacă limita superioară (ex. 100) este atribuită unei îmbrăcăminți perfecte, atunci metoda de calcul a indicelui de degradare este numită metoda punctului de deducere. Adică, cum îmbrăcămintea acumulează mai multe puncte de degradare, nota va scădea. Pe de altă parte, dacă limita inferioară (ex, 0)

este atribuită unei îmbrăcăminți perfecte, atunci o notă mai mare implică mai multe degradări.

Literatura de specialitate [2] arată că, deși unele Agenții de drumuri au stabilit diferite note de clasificare pentru diferiți indici de degradare, este avantajos a se stabili o notă unică pentru toți indicii. Aceasta ar facilita o mai bună comunicare între diferiți utilizatori de PMS. Totuși, dacă au fost adoptate diferite scări de notare, atunci trebuie stabilită o scară dictionar pentru toți utilizatorii:

- pentru fiecare indice de degradare, trebuie stabilită o valoare prag (pragul de intervenție) la care îmbrăcămintea bituminoasă necesită reparații. Valoarea prag poate fi orice număr între limita superioară și cea inferioară a scării de notare. De exemplu, o valoare prag de 60, pentru o scară de notare de la 0 la 100 (100 = îmbrăcămintă perfectă), arată că îmbrăcămintea bituminoasă necesită intervenții când s-a ajuns la pragul de 60. De subliniat este faptul că, pot fi atribuite diferite valori prag diferiților indici de degradare. Totuși, în ceea ce privește scara de notare, un prag unic ar facilita o mai bună comunicare între utilizatorii diferitelor administrații de drumuri.

Trebuie observat că, dacă valoarea numerică a pragului este selectată în această etapă (înaintea calculului oricărui indice de degradare), atunci poate fi integrat în calculul diferiților indici de degradare. Aceasta va elimina impactul asupra numărului de sectoare de drum care necesită reparații sau asupra procesului de luare a deciziilor:

- pentru **fiecare tip de degradare, nivelurile de gravitate** (ex. ridicat, mediu și scăzut) **trebuie stabilite, și fiecare nivel trebuie definit clar**. De exemplu, lățimea unei fisuri, adâncimea unui fâgaș, sau suma de defecțiuni care constituie nivelurile scăzut, mediu și ridicat de degradări trebuie definit clar. Trebuie observat că, este posibil să se stabilească o scară continuă pentru diferitele niveluri de gravitate pe baza valorii numerice;

- pentru **fiecare tip de degradare și pentru fiecare nivel de gravitate, trebuie stabilită extinderea maximă a degradărilor la care starea sectorului de drum este inacceptabilă** (este nevoie de realizarea unei lucrări de reparație). De exemplu, literatura de specialitate [1] arată că extinderea maximă acceptabilă pentru faianțarea de grad ridicat, mediu și scăzut este respectiv 10 %, 50 % și 100 % din sectorul de drum luat în studiu. Aceasta înseamnă că, dacă 10 % sau mai mult dintr-un sector de drum are doar faianțări de grad ridicat, atunci acel sector este inacceptabil. Extinderea maximă acceptabilă pentru fiecare nivel de gravitate pentru fiecare degradare trebuie stabilită pe baza judecății ingineresti și/sau a criteriilor ingineresti. Extinderea maximă acceptabilă stabilită reprezintă factorul de greutate pentru fiecare nivel de gravitate și de aici el

poate fi utilizat pentru calculul indicelui de degradare combinând diferitele niveluri de gravitate ale unui tip de degradare. Aceasta poate fi ilustrată în câteva exemple.

Exemplul 1

Literatura de specialitate [1] specifică că extinderea maximă admisă pentru gradul scăzut, mediu și ridicat de gravitate a faianțării este respectiv 100, 50 și 10 % din sectorul luat în studiu. Agenția utilizează o scară de notare de la 0 la 100 (100 = îmbrăcăminte perfectă) și o valoare prag de 60 ca să indice că îmbrăcăminte bituminoasă are nevoie de reparații.

Pe baza criteriilor expuse mai sus, scara de notare și valoarea prag stabilesc o ecuație pentru calculul Indicelui de faianțare - Alligator Cracking Index (ACI).

1. Criteriile specifică că atunci când extinderea maximă acceptabilă a faianțărilor de gravitate ridicată - High Severity Alligator Cracking (HSAC) de 10 % din sectorul luat în studiu este atinsă, atunci se consideră că acest sector a atins valoarea prag de 60. De aici, valoarea dedusă pentru HSAC = 4 * HSAC. Când HSAC = 10, atunci valoarea dedusă este = 4 * 10 = 40 puncte.

2. Pentru faianțarea de gravitate medie - Medium Severity Alligator Cracks (MSAC), valoarea dedusă este egală cu $40 * MSAC / 50 = 0,8 * MSAC$. Adică, dacă MSAC = 50 %, atunci valoarea dedusă este = 0,8 * 50 = 40 și valoarea prag este 100 - 40 = 60

Similar, valoarea dedusă pentru faianțările de gravitate scăzută - Low Severity Alligator Cracking (LSAC) = 0,4 * LSAC

Ecuația combinată pentru calculul Indicelui de Faianțare (ACI) este:

$$ACI = 100 - (4 * HSAC + 0,8 * MSAC + 0,4 * LSAC) \quad (3.34.)$$

De reținut că factorii 4; 0,8 și 0,4 din ecuația de mai sus reprezintă factorii de greutate între cele trei niveluri de gravitate a faianțării.

Exemplul 2

Pe baza ecuației ACI (3.34) din exemplul 1, se calculează ACI pentru un sector de drum cu 20, 10 și 5 % faianțare scăzută, medie și ridicată.

$$ACI = 100 - (4 * HSAC + 0,8 * MSAC + 0,4 * LSAC)$$

$$ACI = 100 - (4 * 5 + 0,8 * 10 + 0,4 * 20) = 64$$

Deoarece 64 este mai mare decât 60 (valoarea prag), atunci sectorul este acceptabil.

Un indice de degradare pe tipuri de degradări (ex.: indice de fâgașe, indice de faianțare) furnizează o măsură a gravității și extinderii degradării respective. Totuși, un indice pe tipuri de degradare nu exprimă rata degradării sectorului de drum și nu reflectă

tipul de intervenție. De exemplu, după o intervenție, valoarea diferiților indici de degradare pe tipuri de defecțiuni este aceeași (indică o îmbrăcăminte bună) indiferent de grosimea stratului bituminos. Similar, valoarea unui indice de degradare a unui sector de drum nu exprimă rata deteriorării sectorului. Valoarea indicelui într-o perioadă de timp (câțiva ani) trebuie examinată pentru a determina rata degradării. Deci, sectoarele de drum având aceeași valoare a indicelui de degradare pot sau nu să necesite intervenții în același timp. În consecință, nu este posibil să se producă programe de lucrări multianuale doar pe baza indicelui de degradare.

3.2.1.2. Indicii de degradare combinați (CPI)

Unele Agenții de drumuri [1;2] combină diferite tipuri de degradări pentru calculul CPI (Combined Pavement Indices): indicele structural, indicele de degradare a suprafeței, indicele de confort la rulare, indicele de siguranță. Înainte de calculul oricărui CPI, fiecărui tip de degradare trebuie să i se atribuie un factor de greutate și gravitate relativ și factori de extindere. Semnificația factorului de greutate relativ este că anumite tipuri de degradare contribuie mai mult la degradarea totală a îmbrăcăminte bituminoase decât alte tipuri de defecțiuni. În timp ce semnificația factorilor de gravitate și extindere este că, pentru același tip de degradare o îmbrăcăminte bituminoasă cu clasificare de gravitate redusă a suportat o degradare mai redusă decât una cu clasificare de gravitate medie sau înaltă. Calculul unui CPI este ilustrat de utilizarea următorului exemplu.

Exemplul 3

O agenție de drumuri cere calculul indicelui de degradare (SDI) utilizând cinci tipuri de degradări. Degradările și factorii lor relativi de greutate sunt: pompajul (0,15), fisuri longitudinale (0,20), fisuri transversale (0,20), ruperea marginilor (0,25) și refulări (0,20). Factorii de gravitate și de extindere pentru fiecare tip de degradare sunt 0 pentru deloc, 4 pentru gravitate redusă și ocazional 8 pentru gravitate medie și frecvent, și 10 pentru gravitate ridicată și extindere. Utilizând o notă de la 0 la 100 (100 = perfect), pentru a calcula SDI pentru un sector de drum cu următoarele tipuri de degradări: pompaj (mediu, ocazional), fisuri longitudinale (scăzut, frecvent), fisuri transversale (mediu, frecvent), ruperea marginilor (scăzut, ocazional) și refulări (deloc), folosim ecuația:

$$SDI = 100 - (0,15*8*4 + 0,2*4*8 + 0,2*8*8 + 0,25*4*4 + 0,2*0*0) \quad (3.35)$$

$$SDI = 72,0$$

Trebuie observat că SDI reprezintă doar o categorie de degradări a structurii rutiere. Numărul total de categorii sau indici (ex., indice de planeitate, indice structural) utilizați în PMS depinde de criteriile și practicile administrațiilor de drumuri. Pentru a menține aceeași notă a indicilor (ex., de la 0 la 100 sau de la 0 la 10) pentru fiecare indice de categorie, suma factorilor de greutate relativi a diferitelor tipuri de degradare care realizează indicele trebuie să fie 1. Pentru exemplu de mai sus, aceasta este:

$$0,15 + 0,2 + 0,2 + 0,25 + 0,2 = 1,0$$

Alte agenții de drumuri calculează o condiție totală sau combinată sau un indice de prioritate utilizând diferite tipuri de degradări.

3.2.1.3. Indicele de degradare total (OPI)

Calculul indicelui de degradare total este similar cu cel al CPI. Pentru fiecare tip de degradare, trebuie atribuit un factor de greutate și factori de gravitate și de extindere. Dacă indicele total este calculat utilizând diferiți CPI (ex., indicele de degradare a suprafeței, indicele de siguranță, indicele de rulare etc), atunci doar un factor de greutate trebuie atribuit. Motivul este că factorii de gravitate și de extindere sunt deja incluși în calculul CPI. Pentru a menține aceeași scară de notare (0 la 100, 0 la 10 sau altele), suma factorilor de greutate pentru toate tipurile de degradare trebuie să fie unu. Indicele total al structurii rutiere poate fi atunci calculat însumând produsul fiecărui CPI și factorul de greutate corespunzător. Ca orice alt indice de degradare, o valoare de prag pentru indicele total poate fi stabilită sub care un sector de drum este inacceptabil și necesită reparații. Calculul OPI este ilustrat în exemplele următoare.

În cazul că evaluarea totală a structurii rutiere constă din patru categorii de indici: indicele de degradare a suprafeței (SDI) = 75, indicele de drenare (DI) = 80, indicele de planeitate (RI) = 85 și indicele structural (SI) = 90. Pentru toți indicii, valoarea 100 reprezintă starea cea mai bună. Se calculează Indicele total al structurii rutiere (OPI) pe baza unei scări de notare de la 0 la 100, (100 este îmbrăcămintă bituminoasă perfectă) considerând că factorii relativi de greutate între diferiții indici sunt: 0,20; 0,25; 0,28 și 0,27 pentru SDI, DI, RI, și SI. Ecuația pentru calculul OPI este:

$$OPI = 0,2 * SDI + 0,25 * DI + 0,28 * RI + 0,27 * SI \quad (3.36)$$

$$OPI = 0,20 * 75 + 0,25 * 80 + 0,28 * 85 + 0,27 * 90 = 83,10$$

Considerăm un exemplu în care calculul OPI are cinci tipuri de degradare. Tipurile de degradări și factorii lor de greutate sunt: fisuri longitudinale (0,10), fisuri transversale (0,10), rupere de margini (0,15), refulări (0,10) și rugozitate (0,55). Factorii de gravitate și de extindere pentru fiecare tip de degradare sunt : 0 pentru deloc, 4

pentru gravitate scăzută și ocazional, 8 pentru gravitate medie și frecvent, 10 pentru gravitate înaltă și extins. Utilizând o scară de notare de la 0 la 100 (100 pentru îmbrăcăminte bituminoasă perfectă), pentru a calcula OPI ,pentru un sector de drum cu următoarele tipuri de degradare: fisuri longitudinale (scăzut, frecvent), fisuri transversale (mediu, frecvent), ruperi de margine (scăzut, ocazional), refulări (deloc), rugozitate (mediu, frecvent), folosim ecuația:

$$\text{OPI} = 100 - (0,1 \cdot 4 \cdot 8 + 0,1 \cdot 8 \cdot 8 + 0,15 \cdot 4 \cdot 4 + 0,1 \cdot 0 \cdot 0 + 0,55 \cdot 8 \cdot 8) = 52,8 \quad (3.37)$$

Indicii combinați sau totali au aceleași limite și altele în plus. Deoarece indicii combinați și totali se calculează pe baza unui proces de medie, indicii nu pot fi utilizați singuri de inginerii de drumuri pentru a determina alternative de lucrări fezabile sau pentru evaluarea degradării produse de fiecare mecanism de degradare . Pentru aceasta se apelează la durata de exploatare rămasă.

3.2.1.4. Rolul indicilor de degradare

Există câteva beneficii importante care pot deriva din utilizarea indicilor de degradare a îmbrăcămintei bituminoase astfel:

- orice indice de degradare permite o mai bună comunicare între inginerii de drumuri, de exemplu, dacă scara de notare a indicilor de degradare este 0 la 100 (100 = îmbrăcămintă perfectă) și valoarea prag este 60, atunci o valoare a indicelui de degradare a unui sector de drum de 45 are același înțeles specific pentru toți inginerii indiferent de zona geografică a sectorului de drum;

- indicii de degradare permit organismelor de drumuri să stabilească niveluri de prag critice standard sub care îmbrăcămintea bituminoasă este considerată inacceptabilă și sunt necesare reabilitări sau ranforsări. Această valoare critică poate varia cu clasificarea funcțională a drumului (ex., drum principal față de drum secundar). Pentru fiecare indice de degradare sau pentru toți indicii, este posibil a stabili diferite niveluri de prag când un nivel indică necesitatea de întreținere de rutină, altul indică reparații minore, altul reabilitare majoră, etc.;

- indicii de degradare permit organismelor de drumuri să clasifice drumurile și autostrăzile pentru activitățile de întreținere/reabilitare;

- indicii de degradare stabiliți de-a lungul anilor permit administrațiilor de drumuri să determine rata deteriorării diferitelor sectoare de drum din rețea și permit inginerilor din administrație să modifice sau să calibreze modelele de prognoză a performanței;



- indicii de degradare permit proiectantului de drumuri să privească înapoi la metoda de proiectare și să analizeze efectele diferitelor atribute de proiectare asupra degradării îmbrăcămintei bituminoase;

- dacă fiecare indice de degradare este calculat pe baza unui singur tip de degradare (indici de degradare pe tipuri), atunci este posibil să se determine suma relativă a degradării atribuite fiecărui mecanism de degradare. De aici, este posibil să se efectueze o analiză mai detaliată a alternativelor de reabilitare fezabile;

- indicii de degradare permit inginerilor de drumuri și/sau autorităților să evalueze starea de "sănătate" a rețelei de drumuri și rata ei de degradare. Aceste informații împreună cu analiza proprie a cauzei degradării drumului, tehnologiile de reparare și costurile asociate sunt utilizate pentru estimarea cerințelor sectorului rutier .

3.2.1.5. Utilizări și limite ale indicelui de degradare combinat (CPI) și a indicelui total (OPI)

Trebuie să subliniem faptul că, numărul și tipul de degradări care trebuie incluse în calculul unui indice combinat (CPI) sau a unui indice total (OPI) depinde de hotărârea inginerească a administrației de drumuri. De exemplu, se poate calcula OPI utilizând doar date de rugozitate sau indicele de planeitate, sau poate include rugozitatea și degradarea suprafeței sau se poate calcula OPI pe baza rugozității, degradării suprafeței și indicilor structurali. De aici, înainte de evaluarea și analiza îmbrăcămintei bituminoase, administrația de drumuri trebuie să stabilească criteriile inginerești și procedeele referitoare la calculul indicilor îmbrăcămintei bituminoase, CPI și OPI. Criteriile și procedurile trebuie să se bazeze pe obiectivele administrației de drumuri. Mai mult, procedurile trebuie să specifice tipurile de degradare, categoria de degradare, și factorii de greutate care trebuie incluși în calculul OPI. Asemenea proceduri, când sunt scrise, vor îmbunătăți comunicarea între diferitele departamente din cadrul administrației de drumuri și vor face ca interpretarea datelor să fie uniformă în toată țara.

Un punct important de menționat, arată literatura de specialitate [1;2] este că, inginerii de drumuri trebuie să-și folosească judecata și experiența când stabilesc ecuațiile pentru calculul OPI și CPI. Factorii de greutate atribuiți trebuie să se bazeze pe experiența inginerească și pe judecată. Această experiență trebuie obținută de la un comitet intern de experți compus din experți din diviziile de proiectare, construcție, materiale, întreținere, planificare și programare. Experții trebuie să studieze ecuațiile pentru a determina dacă reprezintă sau nu lumea reală în termeni de necesități la nivelul

rețelei de drumuri. Dezvoltarea ecuațiilor OPI și CPI și stabilirea valorilor factorilor de greutate sunt de obicei un proces iterativ bazat pe judecăți ingineresti și date de feedback pentru a realiza ecuațiile care să reflecte condițiile din lumea reală, și performanța și comportarea îmbrăcămintei în general.

Utilizatorii/practicienii PMS trebuie să știe cum, când și de ce să utilizeze diferitele tipuri de indici de degradare.

Utilizările indicelui de degradare combinat (CPI) sau total (OPI)

CPI și/sau OPI pot fi utilizați pentru a ajuta administrația de drumuri în rezolvarea următoarelor probleme:

- verificarea corectitudinii și modificarea modelelor de performanță a îmbrăcămintei bituminoase existente care se bazează pe CPI sau OPI;

- determinarea ratei combinate a degradării diferitelor sectoare de drum;

- redactarea hărților referitoare la distribuția stării tehnice a drumului în rețeaua rutieră;

- facilitarea comunicării între diferiți utilizatori de PMS și conducerea administrației de drumuri. Administrația de drumuri poate utiliza valorile și tendința OPI și/sau CPI pentru a suporta cerințele bugetare sau a arăta impactul diferitelor niveluri bugetare asupra sănătății rețelei rutiere;

- evaluarea și înțelegerea impactului strategiei de reabilitare asupra sănătății rețelei de drumuri;

- examinarea metodelor de proiectare a drumurilor și impactul diferitelor variabile de proiectare și construcție asupra performanței îmbrăcămintei bituminoase;

- redactarea listelor de prioritizare a diferitelor sectoare uniforme din rețea. Totuși, din punct de vedere ingineresc, astfel de liste de prioritizare au o aplicație limitată din cauză că valorile indicilor de degradare nu indică rata degradării îmbrăcămintei bituminoase și nici durata de exploatare proiectată a sectorului de drum luat în studiu.

Limitele unui indice de degradare combinat (CPI) sau a unui indice total (OPI)

Conceptele pentru calcularea și utilizarea indicilor de degradare ai structurii rutiere în cadrul unui sistem de management al drumurilor au fost introduse în anul 1970. De atunci, majoritatea Agențiilor de drumuri și-au direcționat eforturile pentru a beneficia de avantajele acestei noi tehnologii și a o utiliza în dezvoltarea unui PMS. Astăzi, majoritatea administrațiilor de drumuri, printre care și Administrația de Drumuri Naționale din țara noastră, calculează o formă sau alta din indicii de degradare pe tipuri de degradări, indici combinați și/sau indicele total. Administrațiile trebuie să analizeze aplicabilitatea indicilor de degradare la problemelor vieții reale și la diferitele procese

de luare a deciziilor. În acest subcapitol, sunt prezentate și discutate limitele utilizării indicilor de degradare (pe tipuri de degradări, combinați sau totali) în scopuri inginerești (ex.: prioritizarea diferitelor sectoare de drum și selecția unei strategii de reabilitare optime) sau pentru alte procese de luare a deciziilor.

Indicii de degradare singuri (fără date istorice) nu reflectă durata de viață proiectată sau rata de degradare, utilizarea lor pentru dezvoltarea unor programe de reabilitare pe un an sau multianuale poate fi înșelătoare. Pentru a dezvolta în mod corespunzător aceste programe, și alți factori majori trebuie evaluați în plus față de indicii de degradare, ca de exemplu:

- pentru sectoarele de drum nou reabilite sau construite care nu prezintă degradări, valorile diferiților indici de degradare sunt aceleași. Totuși, un sector poate fi proiectat să dureze trei ani (un strat subțire) în timp ce altul pentru 15 ani (strat gros), figura 3.6. Luând în considerare numai valoarea indicelui de degradare conform figurii 3.6. suntem tentați a realiza lucrări de întreținere pe drumul proiectat pentru 17 ani;

- indicii de degradare singuri nu pot fi utilizați pentru evaluarea beneficiilor activităților de reabilitare. De exemplu, îmbunătățirea indicelui de degradare (beneficii pe termen scurt) pentru o lucrări de întreținere și reparații pe suprafețe mici. Beneficiile pe termen lung sunt totuși diferite. Astfel, beneficiile reabilitării nu pot fi legate de îmbunătățirea în valoarea indicelui de degradare singur. Durata de exploatare proiectată a alternativei de reabilitare trebuie luată în considerare;

- dacă beneficiile reabilitării sunt măsurate doar prin îmbunătățirea valorii indicelui de degradare, atunci deciziile de reabilitare tind să favorizeze o reparație ieftină (de ex., straturi bituminoase subțiri). Deoarece durata de exploatare prognozată a straturilor bituminoase subțiri este relativ mai scurtă decât cea a covoarelor asfaltice și deoarece restul rețelei rutiere se deteriorează continuu, cantitatea de sectoare de drum care necesită reparații va crește continuu dacă se utilizează doar opțiuni reduse de reabilitare a duratei de exploatare proiectate;

- deciziile de reabilitare bazate doar pe indici de degradare nu vor ajuta administratorii de drumuri să controleze distribuția viitoare a condițiilor rețelei rutiere;

- valoarea oricărui indice combinat (CPI) sau a unui indice total (OPI) se obține în mod tipic prin media diferitelor tipuri de degradări, cu factori de greutate proprii. Astfel, asemenea valoare singură nu permite examinarea diferitelor tipuri de degradare și nu reflectă adevărata stare a îmbrăcămintei bituminoase. Adică, este posibil ca un sector de drum să aibă o valoare relativ bună a indicelui combinat și o valoare proastă pentru un indice de degradare pe tipuri de degradări;

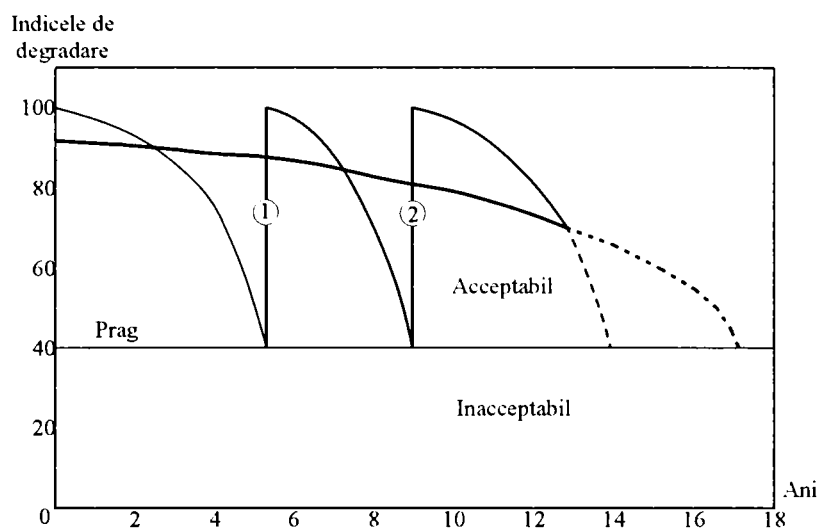


Figura 3.6. Diferitele activități de reabilitare în funcție de indicele de degradare

- valoarea unui indice total sau combinat poate fi utilizată pentru evaluarea nevoilor la nivelul rețelei rutiere. Valorile diferiților indici de degradare sau date trebuie examinate înainte de a lua orice decizii sau recomandări referitoare la tehnologiile de reabilitare posibile și a costurilor estimate;

- OPI și/sau CPI nu se intenționează să fie utilizați la identificarea procentului de degradare adus de fiecare tip de degradare. Adică, valorile OPI și/sau CPI indică cantitatea medie de degradări adusă unui sector de drum de diferitele tipuri de degradare (ex., planeitate, fisuri transversale și longitudinale, etc.). Suma relativă a degradărilor poate fi obținută dacă inginerul de drumuri studiază și analizează datele primare (faianțare, fâgașe etc.). Deci, se recomandă ca toate datele primare care compun toți indicii să fie stocate în banca de date.

3.2.2. Starea de exploatare a îmbrăcămintei bituminoase și indicele de planeitate internațional

Starea de exploatare poate fi definită ca o măsură a capacității (în momentul observării) sectorului de drum de a servi traficul care îl utilizează la viteza limită recomandată. Această definiție indică că starea de exploatare este o schemă de clasificare a îmbrăcămintei subiectivă care depinde de părerea utilizatorului drumului. Pentru orice sector de drum, valoarea numerică atribuită stării de exploatare este numită ratingul de stare de exploatare – Pavement Serviceability Rating (PSR). PSR este un concept subiectiv dezvoltat mai întâi de Carey și Irick la testul AASHO [171; 184; 185]. PSR se bazează pe o scară de notare care variază de la o țară la alta. De exemplu, scara în Statele Unite se întinde de la 0,0 la 5,0 (5,0 indică o îmbrăcămintă perfectă). Valoarea subiectivă a PSR a unui sector de drum este clasificarea medie numerică

determinată de un grup de indivizi care utilizează drumul respectiv și îl clasifică independent.

La testul AASHO, PSR a fost corelat cu măsurători obiective făcute pe suprafața îmbrăcămintei bituminoase, care au inclus măsurarea indicelui de planeitate, extinderea fisurilor și reparațiilor locale, și (pentru structuri rutiere suple) media adâncimii fâgașelor pe urmele roților. Aceasta a permis inginerului să cuantifice un indice de stare de exploatare prezent – Present Serviceability Index (PSI), care prognozează în mod obiectiv PSR subiectivă. Ecuțiile 3.38 și 3.39 au fost dezvoltate la testul AASHO pentru structuri rutiere suple și rigide.

$$PSI = 5,03 - \log(1+SV) - 1,38(RD)^2 - 0,01(C+P)^{1/2} \quad (3.38)$$

$$PSI = 5,41 - 1,78 \log(1+SV) - 0,09(C+P)^{1/2} \quad (3.39)$$

Unde:

log este logaritm în baza 10;

SV - indicator al planeității îmbrăcămintei bituminoase;

RD - adâncimea medie a fâgașului;

C - lungimea fisurilor de clasă 2 și 3 pe 1000 m²;

P - zona cu reparații locale pe 1000 m².

Trebuie notat că mulți ingineri utilizează doar termenul SV (un indicator al planeității îmbrăcămintei bituminoase) obținut prin măsurarea planeității longitudinale pentru a calcula PSI. Ceilalți termeni (C, P și RD) au un impact minor asupra determinării valorii PSI.

Planeitatea este o măsură a calității drumului și a beneficiilor economice (beneficiul utilizatorului) derivate din reabilitare și/sau întreținere. De aceea, este o măsură importantă a stării rețelei rutiere. Planeitatea este măsurată tipic utilizând fie un sistem de măsurare de tip răspuns montat într-o mașină sau o remorcă. Măsoară deplasarea relativă a axului din spate în unități ca mm/km, inch/milă, numărare/unitate de lungime etc. Sistemele echipamentului de planeitate include rugometrul BPR, metrul Mays, integratorul Mays, Integratorul Bump, metrul Cox, APL și altele. Deși fiecare echipament este calibrat în mod continuu, pot apărea probleme asociate cu reproductibilitatea și repetabilitatea datelor.

Indicele internațional de planeitate – International Roughness Index (IRI) furnizează o bază cantitativă comună de referință pentru diferite măsurători de planeitate în scopul calibrării și comparării rezultatelor. IRI a fost dezvoltat ca Experiment de Planeitate a Drumului Internațional, care a fost realizat în Brazilia în 1982 și dezvoltat de Banca Mondială și alte țări ca Statele Unite, Marea Britanie,

Brazilia și Franța, astăzi și în țara noastră. IRI însușește profilul suprafeței longitudinale a drumului pe urma roților, reprezentând vibrația indusă, într-o mașină tipică, de planeitatea drumului. IRI este definit de panta rectificată medie (raportul mișcării de suspensie acumulată cu distanța parcursă) a unei simulări standard pentru viteza de parcurs de 50 m/h. Se calculează din datele elevației suprafeței colectate fie printr-o urmărire topografică fie profilometru mecanic. IRI este exprimat tipic în unități de mm/km sau inch/milă.

Recent, un număr tot mai mare de Agenții de drumuri, printre care și Administrația Națională de Drumuri din țara noastră, CESTRIN București, au obținut date de planeitate utilizând IRI. Datorită acestui lucru, au fost extinse eforturile de a corela datele PSI existente la măsurătorile IRI. Ecuațiile 3.38 și 3.39. exprimă două asemenea corelații care sunt prezentate în figura 3.7.

Indicele confortului de rulare a unui sector de drum poate fi calculat utilizând date de planeitate, ecuația PSI, PSR, IRI, sau orice altă corelație dezvoltată de agenția de drumuri. Metoda de calcul al indicelui de confort la rulare este aceeași ca cea prezentată anterior. Literatura de specialitate [173] ilustrează aceste aspecte în mod detaliat.

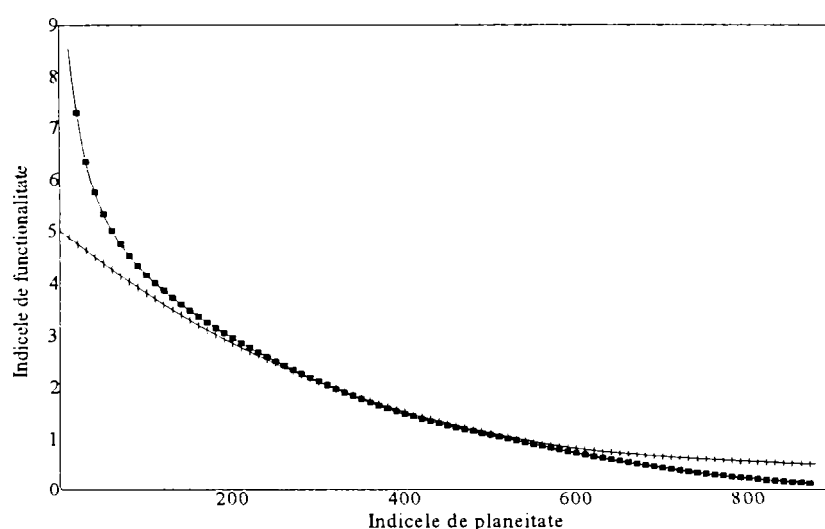


Figura 3.7. Indicele de stare de exploatare prezent față de indicele de planeitate

3.2.3. Importanța duratei de exploatare rămasă

Pentru o mai bună înțelegere a conceptului duratei de exploatare rămasă – Remaining Service Life (RSL) și a potențialului său vom prezenta câteva aspecte referitoare la: definiții, generalități, calculul, utilizările și limitele RSL.

Durata de exploatare proiectată este o estimare a numărului de ani de exploatare (după construcție sau reabilitare) pentru ca o îmbrăcăminte bituminoasă să acumuleze valoarea prag predeterminată de punctele de degradare. Această estimare este tipic o funcție a procedurii de proiectare și modelele de prognozare a degradării utilizate de administrațiile de drumuri.

Durata de exploatare a îmbrăcămintei bituminoase este numărul real de ani de exploatare, începând din anul de construcție sau reabilitare, până când o îmbrăcăminte bituminoasă acumulează valoarea prag predeterminată de punctele de degradare. Pentru un sector cu îmbrăcăminte bituminoasă nou construit sau reabilitat, durata de exploatare este egală cu durata proiectată. Durata de exploatare reală a îmbrăcămintei bituminoase poate fi mai scurtă (valoarea prag de degradare este atinsă într-o perioadă de timp mai scurtă decât durata proiectată) sau mai lungă (valoarea prag de degradare este atinsă într-o perioadă de timp mai lungă) decât durata de exploatare proiectată.

Durata de exploatare rămasă (RSL) este numărul estimat de ani, de la orice dată (de obicei de la data ultimei verificări), până când un sector de drum acumulează o degradare egală cu valoarea prag. Pentru rețea, este media duratelor de exploatare rămase ale tuturor sectoarelor de drum din rețea. Trebuie observat că orice sector de drum care cade sub valoarea prag are o durată de exploatare rămasă zero. În general, nu se atribuie o durată de exploatare rămasă negativă indiferent de starea sa. Pentru un sector de drum nou proiectat și construit sau reabilitat, RSL este egal cu durata de exploatare proiectată.

Durata de exploatare rămasă (RSL) a unui sector de drum combină gravitatea și extinderea degradării și rata deteriorării îmbrăcămintei bituminoase. În general, un sector de drum va suporta mai mult decât un tip de defecțiune (ex.: fâgașe, faianțare, fisuri transversale, fisuri longitudinale, etc.) în timpul duratei de exploatare. Rata degradării fiecărei defecțiuni de obicei nu este aceeași. Pe baza valorii de prag stabilite pentru fiecare tip de defecțiune și a datelor de urmărire a degradărilor, un sector de drum poate primi diferite clasificări (valori ale indicilor de degradare diferite) și poate avea diferite perioade de timp (durata de exploatare reziduală) care sunt necesare pentru ca fiecare tip de defecțiune să-și atingă valoarea de prag. Dintre toate perioadele de timp, cea mai scurtă este momentul optim la care trebuie realizate intervențiile. Astfel, RSL a unui sector de drum este analog cu cel al unei ființe umane. Dacă o persoană este diagnosticată cu o inimă suferindă, artere îngroșate și probleme de rinichi care i-ar cauza moartea în 2; 5 și respectiv 10 ani, atunci durata de viață rămasă a acestei persoane este 2 ani și nu media celor trei perioade de timp. Pentru un sector de drum cu îmbrăcăminte bituminoasă, literatura de specialitate ilustrează RSL utilizând următorul exemplu.

Dacă un sector de drum prezintă trei tipuri de degradări: fâgașe, faianțare și fisuri transversale, și analiza datelor istorice arată că ratele de degradare ale fiecărui tip de defecțiune sunt diferite, iar datele arată că îmbrăcămintea bituminoasă va avea o

comportare la un nivel de exploatare acceptabil pentru încă 2, 5 și 7 ani înainte de a atinge valorile prag pentru fâgașe, faianțare și fisurare transversală. Se pune problema de a stabili care este durata de exploatare rămasă (RSL) a acestui sector?

Din cele prezentate anterior, răspunsul este că: **RSL = 2 ani**

Adică, relativ la criteriile ingineresti referitoare la valorile prag acceptabile pentru diferite tipuri de degradări, acest sector de drum necesită reparații în 2 ani. Trebuie observat că, este foarte important să se determine valorile prag ale diferitelor tipuri de defecțiuni pe baza unor criterii ingineresti echilibrate.

Calculul RSL al unui sector de drum se bazează pe valorile indicilor de degradare pe tipuri de degradări ale aceluia sector. Metoda de calcul depinde de datele de degradare disponibile. Literatura americană [146;161] prezintă câteva exemple în acest sens pentru o înțelegere mai bună a cazului prezentat.

Pentru îmbrăcăminți bituminoase suple, se presupune că, criteriile ingineresti necesită investigarea a cinci tipuri de degradări (fâgașe, faianțare, fisuri transversale, rugozitate și rezistența la alunecare) și calcularea a cinci indici de degradare. Fiecare indice de degradare se bazează pe o scară de notare de la 0 la 100 (100 = îmbrăcămintă bituminoasă perfectă) și o valoare prag de 50 sub care îmbrăcămintă bituminoasă este inacceptabilă. Mai departe, se presupune că banca de date PMS a administrației conține doar datele urmării comportării în exploatare cu un an în urmă (fără date de degradare istorice). Pe baza datelor din urmărire, indicii de fâgașe, faianțare, fisuri transversale, rugozitate și rezistență la alunecare au fost calculați la 60; 95; 90; 80 și respectiv 90. Se calculează RSL pentru sectorul de drum luat în studiu, care a fost în exploatare timp de 8 ani și a fost proiectat pentru 7 ani .

În acest exemplu, se poate presupune că, atunci când îmbrăcămintă bituminoasă a fost construită cu opt ani în urmă, valoarea tuturor indicilor a fost 100. Deoarece date despre degradare sunt disponibile doar pentru un an în urmă, poate fi presupusă o curbă a deteriorării în linie dreaptă cum se vede în figura 3.8. Se poate calcula RSL pentru fâgașe, faianțare, fisuri transversale, planeitate și alunecare.

$$RSL_{f\grave{a}ga\text{ș}} = 8 * (60 - 50) / (100 - 60) = 2 \text{ ani}$$

$$RSL_{faian\text{ț}are} = 8 * (95 - 50) / (100 - 95) = 72 \text{ ani}$$

$$RSL_{fisuri\ transversale} = 8 * (90 - 50) / (100 - 90) = 32 \text{ ani}$$

$$RSL_{planeitate} = 8 * (80 - 50) / (100 - 80) = 12 \text{ ani}$$

Luând în considerare cele prezentate anterior , precum și rezultatele de mai sus, rezultă că **RSL = 2 ani**.

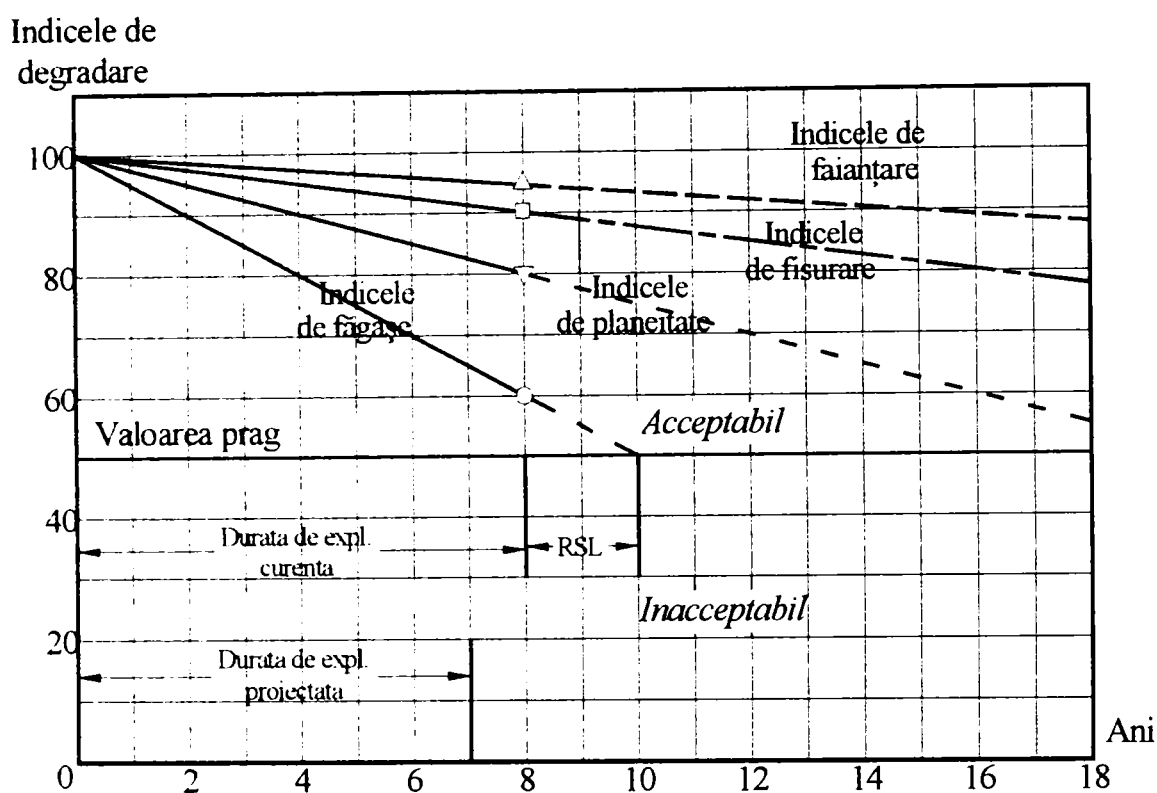


Figura 3.8. Evoluția performanțelor pentru diferiți indici de degradare.

Adică, conform criteriilor ingineresti și a ratei medii de degradare (o evoluție liniară a degradării în acest exemplu datorită lipsei de date istorice de degradare), se prognozează că acest sector de drum necesită reabilitare pentru făgașe într-un plan de lucru pe 2 ani. Pentru recomandarea alternativelor de reabilitare fezabile sau pentru costuri, inginerul trebuie să examineze valorile celorlalți indici de degradare. Trebuie menționat că nu se intenționează recomandarea unei curbe de deteriorare liniară. Totuși, dacă nu există date istorice de degradare, arată literatura de specialitate [188], atunci o evoluție liniară poate fi acceptată .

Un alt caz ia în considerare un sector de drum (aceleași criterii ingineresti ca în exemplul de mai sus), în care banca de date PMS conține următoarele date culese pe timpul exploatarei (tabelul 3.5).

Tabelul 3.5

Tipuri de degradări	Indici de degradare				
	1983	1985	1987	1989	1991
Făgașe	100	85	72	65	60
Faianțare	100	100	99	98	95
Fisuri transversale	100	100	98	95	90
Planeitate	100	95	90	80	65

Se calculează RSL a sectorului de drum care a fost în exploatare timp de 8 ani și a fost proiectat pentru 10 ani.

În acest exemplu (pentru fiecare tip de degradare) poate fi utilizată tehnica curbei computerizate când curba performanței poate fi obținută pe baza datelor de degradare

culese în timp. Figura 3.9., sunt prezentate curbele de performanță pentru indicii de degradare. Prin extinderea fiecărei curbe pentru a intersecta valoarea prag de 50, se pot obține următoarele RSL:

$$RSL_{\text{făgaș}} = 5 \text{ ani}$$

$$RSL_{\text{faiantaș}} = 9 \text{ ani}$$

$$RSL_{\text{fisuri transversale}} = 8,5 \text{ ani}$$

$$RSL_{\text{planeitate}} = 1,3 \text{ ani}$$

Din nou, conform criteriilor ingineresti, sectorul de drum necesită reabilitare pentru planeitate în 1,3 ani. Această informație singură poate fi utilizată pentru a plasa acest sector într-un plan de lucru de unul sau doi ani. Pentru recomandarea alternativelor de reabilitare fezabile sau pentru costuri, inginerul trebuie să examineze valorile celorlalți indici de degradare. Pentru acest exemplu, examinarea altor RSL sau a valorile altor indici de degradare sugerează că o alternativă de reabilitare poate fi recomandată care să rezolve și problemele de planeitate și cele de făgașe și extinderea duratei de exploatare cu încă 8 ani (RSL pentru fisuri transversale). Trebuie observat că ecuația prognozei generată de fiecare tehnică de adaptare a curbei este adusă la zi când apar mai multe date de degradare în viitor. Deci, o valoare RSL prognozată în acest an se poate schimba în viitor când mai multe date vor fi disponibile.

Cum s-a arătat mai înainte, conceptul de durată de exploatare reziduală a unei îmbrăcămînți bituminoase combină gravitatea și extinderea degradării și rata deteriorării îmbrăcămînței bituminoase și deci RSL poate fi utilizat pentru:

- estimarea duratei de exploatare prognozate rămasă a diferitelor sectoare de drum și durata medie de exploatare reziduală a rețelei rutiere;
- calculul procentului din rețea din fiecare categorie de durată de exploatare prognozată rămasă și de aici determină distribuția RSL a rețelei rutiere;
- detectarea într-o etapă timpurie a oricărei distribuții neuniforme în RSL a rețelei de drumuri. De exemplu, dacă RSL al unui mare procent din rețeaua rutieră este de 5 ani, atunci administrația de drumuri trebuie să se aștepte ca sarcina să crească în 5 ani cu excepția cazului când se face ceva pentru a echilibra distribuția;
- ajută administrațiile de drumuri în determinarea tipului de degradare care controlează performanța îmbrăcămînței bituminoase. Adică, dacă RSL a diferitelor sectoare de drum este controlată în principal de un tip de degradare (ex., faiantaș), atunci îmbrăcămînța bituminoasă și procesele de proiectare a mixturii asfaltice trebuie examinate, deoarece constituie cauza apariției acestor tipuri de degradări.

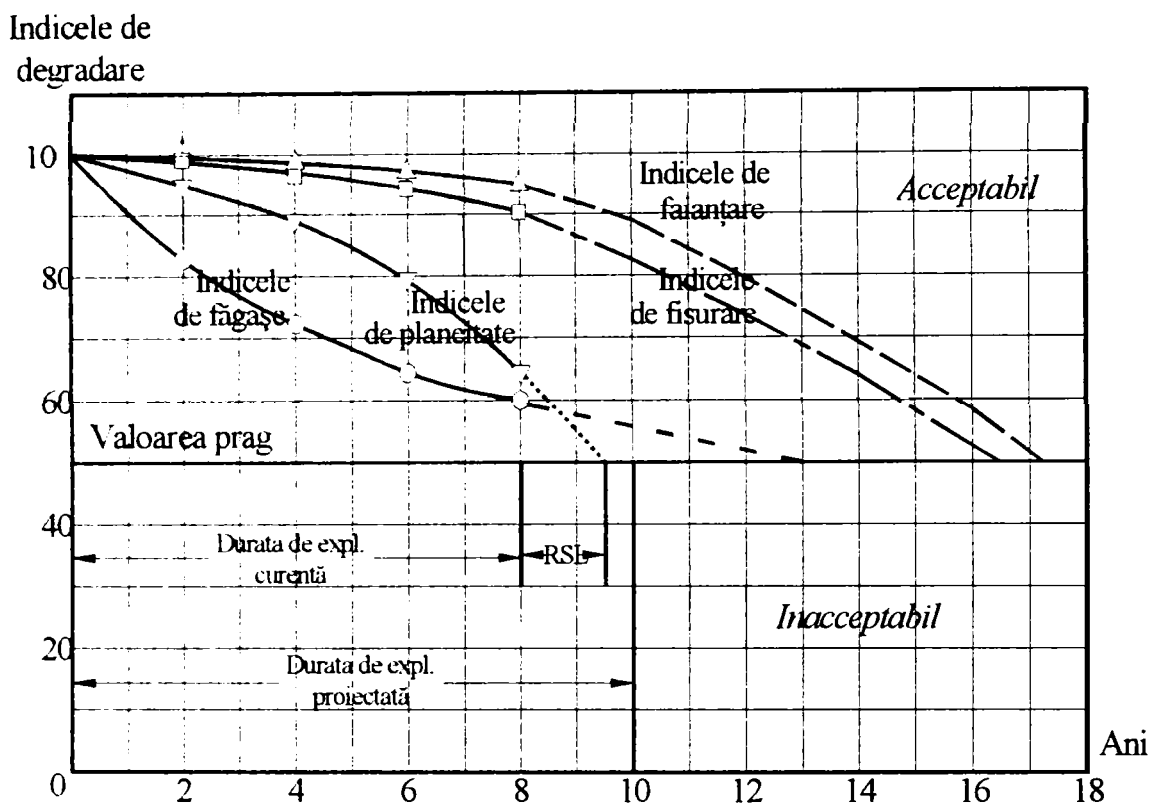


Figura 3.9. Curbe de performanță bazate pe date de degradare

RSL a rețelei rutiere poate fi utilizată ca o funcție obiectivă în optimizarea strategiei de reabilitare a rețelei de drumuri;

- determină alternativele de reabilitare fezabile;
- selectează strategia de reabilitare optimă bazată pe maximizarea RSL a rețelei rutiere sau pe crearea unei distribuții uniforme a procentului din rețeaua de drumuri în diversele categorii de RSL;
- generează programe de reabilitare pe unul sau mai mulți ani pe baza cerințelor rețelei;
- evaluează impactul diferitelor niveluri bugetare asupra sănătății rețelei.
- îmbunătățește comunicarea cu factorii legislativi referitor la cerințele rețelei de drumuri;
- permite planificarea unui program anual echilibrat. Aceasta se poate realiza stabilind o strategie de reabilitare optimă bazată pe generarea unei distribuții uniforme a RSL a rețelei rutiere.

Un punct foarte important de observat este că, dacă RSL al fiecărui sector de drum este cunoscut, atunci poate fi determinat procentul din sectorul de drum din fiecare categorie de RSL. Această informație permite agenției de drumuri să examineze încărcarea programelor de reabilitare viitoare și să controleze starea viitoare a rețelei astfel încât încărcarea să nu varieze drastic de la un an fizic la altul. Această informație importantă nu poate fi obținută decât dacă se utilizează valorile indicilor de degradare și rata degradării.

3.3. OPTIMIZAREA ACTIVITĂȚILOR DE MANAGEMENT AL DRUMURILOR

Prioritizarea multianuală este un program de management al drumurilor utilizat pentru a identifica în mod obiectiv cea mai bună combinație de tehnologii pe o perioadă de mai mulți ani. Acest procedeu ajută administrațiile de drumuri la alocarea resurselor limitate într-un mod eficient din punct de vedere al costurilor pe termen lung, furnizând informațiile necesare evaluării impacturilor pe termen lung a diferite strategii de reabilitare prin evaluarea următoarelor aspecte:

- momentul acțiunilor de reabilitare;
- analiza economică a întreținerii fezabile și a alternativelor de reabilitare;
- impactul, în timp prognozat asupra rețelei de drumuri, pentru fiecare combinație de proiecte, pe o perioadă analizată dată.

Prioritizarea multianuală este benefică pentru administrațiile de drumuri pentru care suma de bani disponibilă este mai mică decât suma necesară pentru menținerea rețelei rutiere într-o stare de viabilitate bună. Deci, prioritizarea multianuală este importantă pentru majoritatea administrațiilor de drumuri, responsabile cu managementul unei rețele de drumuri deteriorate, în special atunci când sunt disponibile fonduri limitate.

Avantajele prioritizării multianuale se referă la posibilitatea de:

- a prognoza starea viitoare a îmbrăcămintei bituminoase;
- a alege opțiuni pentru momentul aplicării tehnologiilor de întreținere și reabilitare;
- a evalua eficiența diferitelor strategii de reabilitare pentru fiecare sector de drum;
- a realiza o analiză economică a strategiilor de întreținere și reabilitare;
- a utiliza un proces obiectiv de luat în considerare a proiectelor de finanțat într-un program multianual;
- a furniza informațiile necesare pentru factorii de decizie cu scopul de a prioritiza eficient proiectele de reabilitare în limitele de finanțare posibile;
- a determina necesitățile de finanțare pentru a atinge țelul administrației de drumuri, cum ar fi menținerea unui anumit nivel de funcționalitate în timp.

Pentru a pune în evidență efectul benefic al prioritizării multianuale, vom prezenta o scurtă comparație a programelor de analiză folosite în managementul drumurilor.

3.3.1. Metode de analiză a lucrărilor de întreținere și reabilitare a drumurilor

Studiile au arătat că se cunosc mai multe programe de analiză, folosite de administrațiile de drumuri ca metode de management al drumurilor, de la cele mai simple până la cele mai performante, cum sunt: clasificarea, prioritizarea anuală sau multianuală și optimizarea.

Pentru a înțelege posibilitățile oferite de prioritizarea multianuală, este important să se înțeleagă diferențele ce există între metodele de analiză prezentate mai sus. În acest sens, ne vom referi la caracteristicile fiecărei metode de analiză (clasificarea, prioritizarea și optimizarea) folosite în managementul drumurilor.

Cea mai simplă formă de programare a lucrărilor este clasificarea necesităților de întreținere și reabilitare a structurilor rutiere, fie pe baza judecății ingineresti, fie după parametrii măsurați. În fiecare an îmbrăcămințile bituminoase sunt clasificate conform criteriilor de clasificare până când suma de bani disponibilă pentru lucrările de întreținere și reabilitare este consumată. Procesul se repetă an de an. Cele mai cunoscute criterii de clasificare sunt:

- clasificarea după starea tehnică a îmbrăcăminței bituminoase;
- clasificarea după costurile inițiale;
- clasificarea după cost și moment;
- clasificarea după costul duratei de exploatare;
- clasificarea după raportul beneficiu /cost.

În cele mai multe cazuri starea curentă a îmbrăcăminței bituminoase, degradările prezente sunt utilizate pentru a stabili strategia de întreținere și reabilitare fezabilă pentru fiecare nivel posibil de stare. Considerând că avem mai multe drumuri care au o îmbrăcămințe bituminoasă mai mult sau mai puțin afectată de degradări, conform criteriului clasificării după starea tehnică, vom alege drumul cu îmbrăcămințea bituminoasă cea mai rea, pentru a realiza lucrări de întreținere sau reabilitare. În tabelul 3.9. prezentăm câteva exemple de clasificare și alegere a tehnologiilor.

Tabelul 3.9.

Nr. Drum	Starea de degradare a îmbrăcăminței bituminoase	Lucrări de intervenție	Costul milioane \$
1	67	Tratament bituminos	1,0
2	82	Întreținere preventivă	0,5
3	52	Covor asfaltic	3,0
4	71	Șlam bituminos	2,0
5	74	Tratament bituminos	1,5
6	85	Întreținere preventivă	0,5

Considerând că avem disponibil un buget de 4 milioane \$ și luând în considerare criteriul clasificării după starea de degradare a îmbrăcămintei bituminoase, vom alege ca prioritate drumurile nr.3 și 1 și astfel fondurile s-au epuizat.

O versiune mai completă a procesului de clasificare ia în considerare și traficul ca factor de greutate, atribuind un factor de greutate pentru fiecare nivel de trafic și anume:

- pentru traficul intens se atribuie un factor de 0,5;
- pentru traficul mediu se atribuie un factor de 1,0;
- pentru traficul redus factorul de greutate este 1,5.

Înmulțind indicele de degradare al îmbrăcămintei bituminoase cu factorul de greutate se obține o nouă clasificare conform tabelului 3.10.

Tabelul 3.10.

Drumul	Indicele de degradare (I.D.)	Prima clasificare	Traficul	I.D. x Trafic	Clasificarea II-a	Costul mil. \$
1	67	2	1,0	67	4	1,0
2	82	5	1,5	123	6	0,5
3	52	1	1,0	52	3	3,0
4	71	3	0,5	36	1	2,0
5	74	4	0,5	37	2	1,5
6	85	6	1,0	85	5	0,5

Având un buget de 4 milioane \$ vom putea realiza lucrări pe drumul 4 (2 milioane \$) ; pe drumul nr.5 (1,5 milioane \$) și pe 6 (0,5 milioane \$). Al treilea drum clasificat nu a fost finanțat deoarece fondurile necesare nu au fost disponibile după ce au fost tratate primele două priorități (4 și 5). Acest program de clasificare este simplu de utilizat, dar este limitat în ceea ce privește cantitatea de informații disponibile referitoare la impactul diferitelor alegeri asupra stării rețelei rutiere. De asemenea, nu ia în considerare ritmul de deteriorare a drumului, deoarece nu se elaborează modele de performanță.

Deoarece nu se utilizează un raport beneficiu/cost, nu se iau în considerare nici diferitele strategii economice sau beneficiile furnizate administrației de drumuri.

Literatura de specialitate [184] pune în evidență faptul că multe administrații de drumuri folosesc un program pentru selectarea proiectului și tehnologiei, care, deși duce la dezvoltarea planurilor și programelor multianuale, nu utilizează o analiză de prioritizare multianuală. Ele utilizează prioritizări pe un singur an pentru a dezvolta planuri multianuale. Din această cauză, multe administrații de drumuri, care cred că realizează beneficii din **prioritizarea multianuală, nu câștigă toate beneficiile posibile.**

Prioritizarea pe un singur an este o altă metodă folosită pentru a stabili prioritățile de întreținere a diferite drumuri sau sectoare de drum din cadrul rețelei rutiere. Utilizând date despre starea tehnică, costul inițial, costul ciclului de exploatare, sau raportul beneficiu/cost, proiectele cele mai benefice sunt identificate în fiecare an de analiză. Diferența primară dintre această abordare și **adevărata prioritizare multianuală** este că nu ia în considerare intervențiile efectuate în anii alternativi. În timp ce prioritizarea pe un singur an poate lua în considerare cea mai eficientă tehnologie dintr-un număr de tehnologii fezabile, rareori ia în considerare fiecare intervenție fezabilă în fiecare dintre anii analizați. Din această cauză, **utilizatorii prioritizărilor pe un singur an nu stabilesc beneficiul real al aplicării unei alternative mai puțin costisitoare într-un an mai timpuriu în comparație cu o alternativă mai scumpă într-unul din anii mai târzii ai analizei. Similar, impactul pe termen lung al amânării sau accelerării proiectelor de la un an la altul nu poate fi evaluat cu ușurință.**

Administrațiile de drumuri care utilizează procesul de prioritizare pe un singur an consideră această abordare ca o metodă care ajută în tratarea proiectelor celor mai urgente printr-un procedeu oarecum obiectiv. Deoarece abordarea este simplă de explicat și logică pentru administrațiile de drumuri cu un mare număr de drumuri ce necesită întreținerea, fiind deseori utilizată.

Deși această abordare este oarecum obiectivă, **are dezavantaje serioase care trebuie înțelese de administrațiile de drumuri. În primul rând, nu se iau în considerare intervențiile alternative sau momente de aplicare, deci impactul pe termen lung nu este evaluat corespunzător. În al doilea rând, majoritatea administrațiilor de drumuri, care utilizează această abordare rezolvă în primul rând îmbrăcămințile în cea mai proastă stare, forțând administrația să continue să funcționeze în acest fel. În final, deoarece impactul pe termen lung nu este evaluat, beneficiarul drumurilor nu poate evalua costul real al reabilitării în timp. Ca rezultat, o administrație de drumuri ar putea să continue să-și mărească problemele fără să cunoască că intervențiile alternative ar putea furniza soluții mai bune pe termen lung.**

Prioritizarea multianuală este o analiză mai performantă în selectarea proiectelor și strategiilor, într-adevăr optimizată, de soluționare a necesităților unei rețele de drumuri. Tehnicile de prioritizare utilizează modele matematice pentru a obține cea mai bună combinație, pe o perioadă dată. Se face o analiză privind:

- proiectele din rețea care să privească reconstrucția, reabilitarea sau întreținerea;

- tehnologiile particulare de aplicat fiecăruia din proiectele selectate;
- cel mai eficient moment pentru aplicarea reabilitării corespunzătoare.

Această metodă necesită utilizarea modelelor de prognozare a performanțelor, sau estimările duratei de exploatare rămase, pentru măsurarea eficienței unui anumit proiect în viitor. De asemenea, necesită definirea unor niveluri prompte de identificare a nevoilor, și prognoze care să permită accelerarea sau amânarea realizării lucrărilor în timpul perioadei analizate. Se recomandă, de asemenea, utilizarea unui program de calcul pentru a evalua rapid alternativele considerate.

Administrațiile de drumuri care utilizează prioritizarea pentru selectarea proiectelor identifică în general unele metode de evaluare a strategiilor. Există două abordări obișnuite utilizate la prioritizare. Ele includ următoarele aspecte:

- abordarea cost-eficiență;
- abordarea beneficiu/cost.

În multe cazuri, administrațiile de drumuri utilizează câteva forme de cost-eficiență pentru a evalua o tehnologie față de alta, sau un an față de altul. O abordare mai obișnuită este utilizarea unui raport beneficiu/cost pentru a compara beneficiul administrației, per cost unitar, pentru fiecare opțiune posibilă. Beneficiul se estimează ca durată de exploatare adițională furnizată prin aplicarea unei anumite tehnologii, cum se arată în figura 3.10. Costul lucrării realizate, în termeni de cost inițial sau cost al ciclului de viață, este de asemenea definit și împărțit la beneficiul calculat pentru a determina raportul beneficiu/cost. Tehnologia sau momentul recomandat este apoi identificat ca și tehnologia care aduce cel mai mare raport beneficiu/cost, sau cea mai mare creștere a raportului beneficiu/cost.

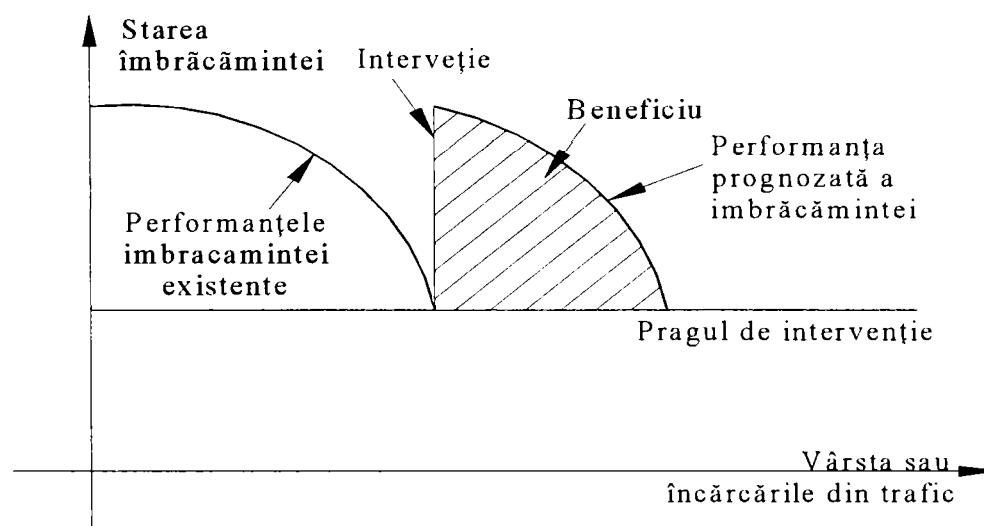


Figura 3.10. Calculul beneficiilor

Cu un proces de prioritizare, selecția proiectelor are loc după ce a fost identificată tehnologia recomandată sau momentul pentru fiecare sector care necesită întreținere sau reabilitare. După ce au fost luate aceste decizii, proiectele sunt prioritizate și programul multianual este dezvoltat prin coroborarea nevoilor programului cu nivelurile de fonduri disponibile. Acest proces este ilustrat în figura 3.11.

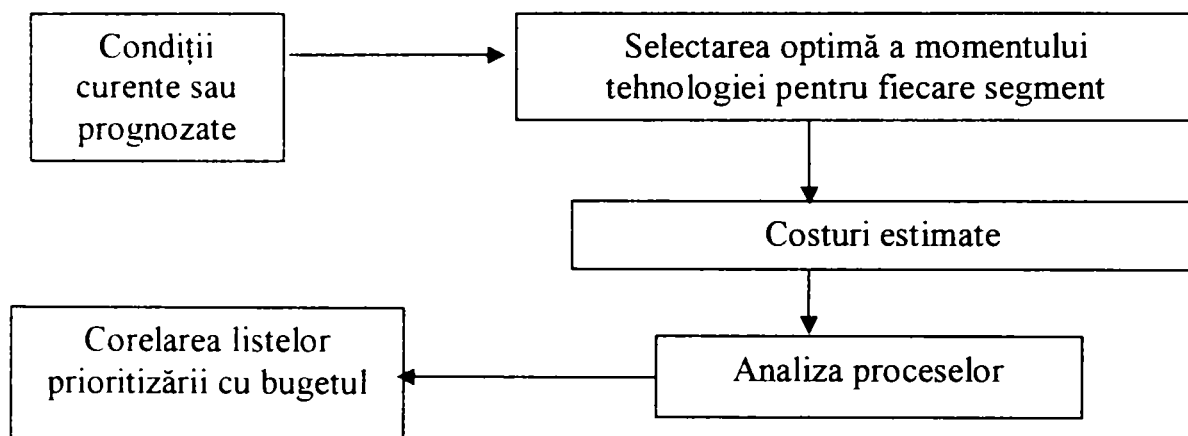


Figura 3.11. Etapele procesului de prioritizare multianuală

După cum rezultă din figura 3.11., un proces de prioritizare ia în considerare aplicarea tehnologiei preferate pentru fiecare an din analiză, în limita financiară anticipată de administrația de drumuri. Această analiză poate include considerarea unui mare număr de opțiuni în fiecare an analizat, de aceea acest tip de analiză necesită un computer. Acest concept este ilustrat în figura 3.12. pentru un sector de drum. O analiză pe o rețea întreagă poate deveni de nerealizat fără un program de calculator.

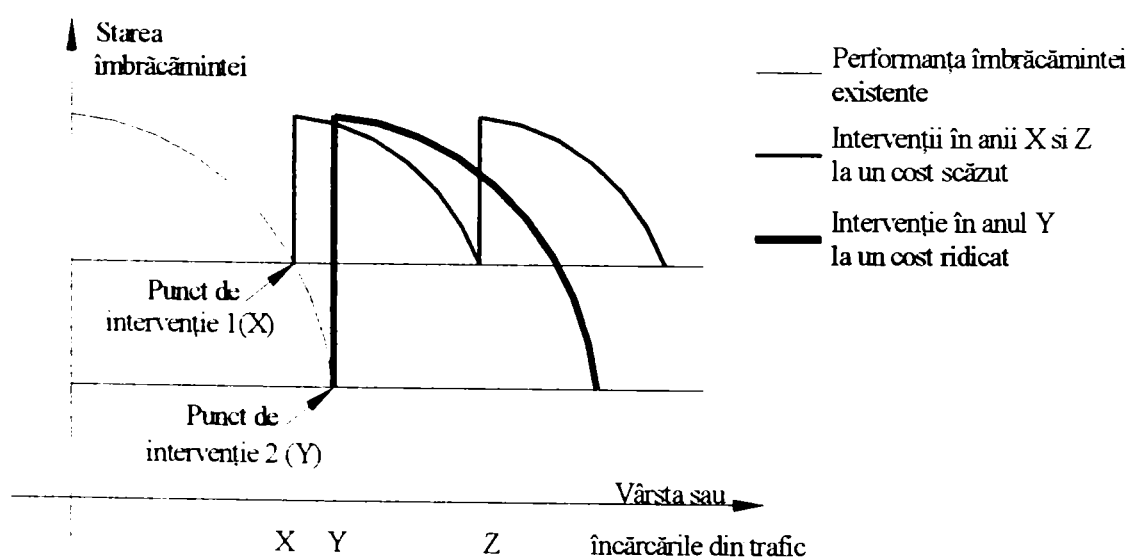


Figura 3.12. Tipuri de intervenții într-o prioritizare multianuală

În majoritatea cazurilor, proiectele care aduc cel mai mare beneficiu administrației de drumuri sau utilizatorilor vor avea o mai mare prioritate în procesul de dezvoltare a programului. Unele administrații de drumuri au scheme de prioritzare incorporate în sistemele de management al drumului pentru a realiza mai bine procesul de selecție a proiectului cu scopul de a reflecta prioritățile reale. De exemplu, deși un drum județean poate fi cel mai bun proiect din punct de vedere cost-eficiență pentru agenție, presiunea publicului poate forța selectarea unui proiect național înaintea finanțării proiectului pe drumul județean. Un sistem de prioritzare funcțional poate să furnizeze agenției informațiile necesare pentru a înțelege pe deplin impactul acestor decizii asupra stării pe termen lung a rețelei de drumuri, sau nevoile viitoare de întreținere și reabilitare.

Prioritizarea multianuală diferă de un proces de clasificare în mai multe privințe. Întâi, în majoritatea cazurilor, prioritzarea multianuală ia în considerare un număr de alternative de tehnologii. Utilizarea unui calcul de beneficii identifică în general tehnologia care aduce cele mai multe beneficii administrației de drumuri în timp ce o clasificare tipică consideră doar o opțiune pentru un anumit nivel de stare. O altă diferență rezidă în gradul de sofisticare al analizei. Într-o clasificare, factorii cei mai comuni considerați sunt starea tehnică și nivelurile de trafic existent. Într-o prioritzarea multianuală, o agenție poate să simuleze condițiile viitoare prin utilizarea modelelor de performanță astfel încât niveluri de trafic viitoare, performanța prognozată a diferitelor tehnologii, și alți factori pot fi luați în calcul.

Analizele prioritizării multianuale reprezintă soluțiile obținute dintr-o analiză optimizată. Dr. Robert Lytton [161;162] a demonstrat că mai multe abordări euristice, cum ar fi abordarea prioritizării multianuale, utilizând o analiză a creșterii beneficiu/cost, furnizează soluții similare cu o abordare optimizată ca programarea dinamică. Aceasta din cauză că ambii algoritmi trec prin secvențe similare de decizie pentru a determina setul de alternative și proiecte care aduc cel mai mare beneficiu pentru totalitatea sumei de bani cheltuite. De aceea, multe administrații de drumuri se referă la prioritzarea multianuală ca la o tehnică optimizată.

Literatura de specialitate [161] identifică următoarele avantaje și dezavantaje ale prioritizării multianuale față de prioritzarea pe un singur an .

Avantajele prioritizării multianuale sunt următoarele:

- **opțiunea momentului de reabilitare, reconstrucție, sau întreținere** poate fi inclusă în proces;

- **capacitatea de a găsi o combinație optimă de proiecte, alternative și moment** pentru orice nivel bugetar poate fi incorporată;

- **abilitatea de a stabili scopuri pentru niveluri viitoare de viabilitate**, sau alte scopuri strategice, este posibilă;

- **poate fi evaluat impactul diferitelor niveluri de finanțare.**

Ca **dezavantaje** amintim:

- **este mai complexă** decât o prioritizare pe un singur an;

- **credibilitatea rezultatelor** depinde de capacitatea modelelor de prognozare a performanței sau a degradării.

Optimizarea lucrărilor de întreținere și reabilitare este cea mai complexă formă de analiză multianuală. Prin utilizarea metodelor de programare matematice, inclusiv programarea liniară, neliniară, unitară și dinamică, soluțiile optimizate sunt dezvoltate conform scopurilor stabilite de administrația de drumuri. Foarte simplu, o administrație de drumuri care utilizează modele de optimizare va selecta ceva de optimizat cum ar fi beneficiul maxim total pentru administrație sau cel mai scăzut cost de reabilitare pentru a atinge anumite niveluri de stare tehnică. Administrația va identifica de asemenea orice limite de resurse care pot afecta analiza.

Optimizarea consideră scopurile organizației și utilizează tehnici de programare matematice pentru a găsi strategii de rețea care să atingă scopurile. Aceasta se face în două etape. Întâi, se identifică strategiile care ating scopul total al organizației. Un exemplu de strategie poate fi de a minimaliza costurile totale cerute de întreținerea unui nivel de stare dorit. Proiectele pot fi adaptate strategiei doar după ce strategia a fost determinată. De exemplu, dacă strategia a identificat că 3 000 km de drum trebuie mutate din categoria de **stare tehnică a** în categoria de **stare tehnică b**, administrația trebuie să identifice sectoarele care îndeplinesc aceste cerințe. Abordarea utilizată în optimizare este ilustrată în figura 3.13.

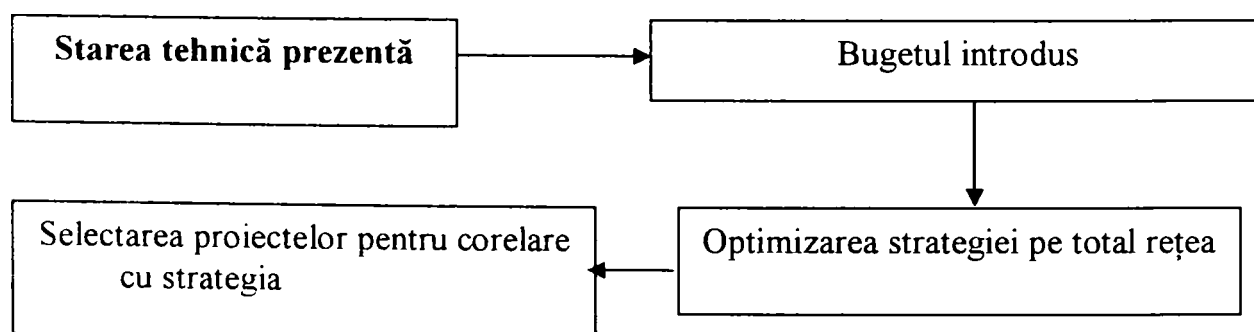


Figura 3.13. Procesul de optimizare

O analiză de optimizare consideră scopul optimizării și utilizează tehnici de programare matematică pentru a găsi cele mai bune soluții dintr-un număr infinit de soluții posibile. Diferența dintre optimizare și metodele, prezentate anterior, este că,

Într-o analiză de optimizare rezultatele sunt furnizate în termeni de procent de kilometri care trebuie mutați dintr-o stare în alta, mai degrabă decât identificarea proiectelor specifice. De exemplu, analiza de optimizare poate recomanda că, pentru obținerea celui mai mare beneficiu pentru administrație, 30 % din îmbrăcămințile bituminoase cu o stare tehnică necorespunzătoare trebuie reabilitate pentru a fi aduse într-o stare tehnică bună și pe restul din îmbrăcămințile bituminoase, într-o stare tehnică destul de bună, trebuie realizate intervenții de întreținere curativă. Administrațiile care utilizează optimizarea cred că această metodă mai complexă se adresează la două aspecte importante care nu sunt luate în considerare într-o analiză de prioritizare [173; 174; 175]. Acestea sunt:

- **evaluarea compensațiilor inter-proiect** în alegerea strategiilor;
- **alegerea strategiilor care sunt garantate să se încadreze în limitele bugetare.**

Aceste administrații de drumuri preferă rezultatele obținute prin optimizare din următoarele motive:

- **permite compensații între proiecte, dar evaluează orice număr de alegeri de strategii** pentru fiecare proiect în cursul realizării acestor compensații;

- **permite planificarea nivelului rețelei multianual** și programarea cu scopul mutării întregului sistem către un nivel definit de performanță.

Deși aceste capacități suplimentare sunt atinse prin analiza de optimizare, unele administrații de drumuri au găsit că rezultatele optimizării nu sunt înțelese de oficialii aleși și responsabilii de rețeaua publică. Administrațiile au raportat că este mai ușor să apere proiecte și tehnologii alese printr-un proces de prioritizare.

Metodele de optimizare și prioritizare furnizează anumite beneficii în termeni de luare a deciziilor mai eficiente din punct de vedere al costului, mai mare durată de exploatare, un mai mare număr de utilizatori serviți corespunzător. S-a constatat că soluții aproape optime pot fi approximate prin utilizarea metodelor euristice ca analiza creșterii beneficiu/cost. Abordările euristice sunt mai simple și mai eficiente decât metodele de programare matematice, ceea ce a dus la acceptarea lor mai largă în cadrul administrațiilor de drumuri. Această lucrare a demonstrat că utilizarea abordărilor euristice poate aduce unei administrații de drumuri 20...40 % mai mult beneficiu decât metodele de selectare a proiectelor subiective, utilizarea optimizării aduce încă 10...20 % beneficiu. Administrațiile care utilizează metode euristice adesea se referă la analiza lor ca la o analiză de optimizare.

3.3.2. Etapele prioritizării multianuale

O analiză a prioritizării multianuale are un număr de etape, fiecare fiind de obicei specifică pentru administrația care le implementează. Aceste etape sunt următoarele:

- analiza performanței;
- strategiile și lucrările de menținere a îmbrăcăminților în stare de viabilitate bună;
- metodele de analiză a prioritizării multianuale;
- date și necesități de analiză a prioritizării multianuale.

3.3.2.1. Analiza performanței.

Pentru a realiza o analiză multianuală, este imperativ ca analiza performanței îmbrăcămintei bituminoase să fie realizată astfel încât să fie stabilite ratele de deteriorare ale fiecărui tip de îmbrăcămintă bituminoasă. Aceste informații pot fi utilizate pentru a prognoza starea viitoare a îmbrăcămintei bituminoase, pentru a determina:

- tipul corespunzător de reabilitare necesar în anii viitori;
- cel mai bun moment de aplicare a tehnologiei alese;
- o estimare a duratei de exploatare suplimentare obținute prin aplicarea tehnologiei alese;
- determinarea impactului pe termen lung al deciziilor de programare.

Sunt disponibile un număr mare de metode de modelare pentru reprezentarea tendințelor de degradare a îmbrăcămintei bituminoase incluse în rețeaua de drumuri.

3.3.2.2. Strategiile și lucrările de menținere a îmbrăcăminților bituminoase în stare de viabilitate bună.

Una din funcțiile importante ale analizei prioritizării multianuale este selectarea strategiilor de întreținere și reabilitare preferate pentru fiecare proiect posibil luat în considerare în perioada analizată. Există un număr de metode diferite utilizate pentru alegerea tehnologiei adecvate de a menține în stare de viabilitate bună îmbrăcămintea bituminoasă, cum sunt:

- **arborii de decizie**, cu o serie de ramuri care sunt selectate pe baza condițiilor, tipurilor de degradări prezente, clasificări funcționale, sau alți factori. Fiecare ramură duce la tehnologia preferată pentru un set de condiții date;

- **matrice**, cu tabele care descriu anumite caracteristici și limitele permise ale nivelurilor de reabilitare. Matricea poate identifica tehnologia preferată sau poate lista o serie de alternative fezabile care sunt luate în considerare în funcție de eficiența lor;

- **reguli**, inclusiv un set de reguli care specifică lucrări particulare pentru anumite condiții.

Fiecare din aceste metode au anumite cerințe, precum și avantaje și dezavantaje.

3.3.2.3. Metode de analiză a prioritizării multianuale

Există un număr de metode diferite care pot fi utilizate pentru o analiză de prioritarizare multianuală. Din păcate, majoritatea administrațiilor se confruntă cu dilema prioritizării proiectelor de reabilitare, deoarece nivelurile de finanțare nu se adresează nevoilor administrației de drumuri. Din această cauză, o analiză de prioritarizare multianuală include o analiză de investiție în rețea care ia în considerare calculele diferitelor opțiuni de reabilitare și ajută la identificarea alternativelor celor mai eficiente din punct de vedere al costului. În multe cazuri, o analiză a costului ciclului de viață este incorporată într-o evaluare beneficiu/cost a eficienței diferitelor opțiuni de reabilitare. Administrațiile de drumuri care nu au date despre costul ciclului de viață corespunzătoare pentru a elabora acest tip de analiză pot opta pentru utilizarea costurilor inițiale ca bază pentru evaluarea eficienței.

Procesul de selecție a proiectului implică utilizarea informațiilor produse prin fiecare din componentele analizei și dezvoltarea planurilor multianuale de modernizare a drumurilor.

Indiferent de metodă, rezultatul final este dezvoltarea unui program multianual care indică limitele proiectului, costul estimat, și scopul lucrării. Acest proces include în mod tipic reprezentanți din întreaga administrație de drumuri, nu doar din departamentul de întreținere. Este imperativ ca informațiile din procesul de selectare a proiectelor să fie integrate în sistemul de management al drumurilor astfel încât sistemul să fie ușor de aplicat.

3.3.2.4. Date și necesități de analiză a prioritizării multianuale

Fiecare component al unei analize de prioritarizare multianuală are necesități individuale pentru tipurile de date necesare pentru realizarea analizei. Aceste cerințe de date variază considerabil după nivelul de complexitate a analizei, tipul de sistem de clasificare a stării tehnice utilizat de administrație, și nivelul de încredere în date. Din această cauză, este greu de identificat o listă de cerințe de date. Trebuie înțeles că, dacă o administrație dorește să dezvolte o metodă complexă a unora din aceste componente, pot fi necesare informații mai detaliate.

Analiza performanței îmbrăcămintei bituminoase se referă la următoarele date;

- date de inventar (tip de suprafață, amplasare etc.);
- geometrie drumului;
- vârsta structurii rutiere și inclusiv a îmbrăcăminte bituminoase;
- condiții istorice;
- stare prezentă a îmbrăcăminte bituminoase;
- factori de mediu;
- estimări de trafic;
- caracteristicile materialelor.

Strategiile și tehnologiile utilizate pentru menținerea îmbrăcăminte bituminoase în stare de viabilitate bună se referă la :

- tipuri de tehnologii fezabile;
- condițiile în care fiecare tehnologie este considerată fezabilă;
- costul fiecărei tehnologii;
- durata de exploatare estimată a fiecărei tehnologii.

Metodele de prioritizare iau în considerare:

- durata de exploatare estimată a fiecărui tehnologii;
- costul fiecărei tehnologii (costul ciclului de viață sau costul inițial);
- politici și practici ale administrației de drumuri.

Procesul de selectare a proiectelor are în atenție următoarele aspecte:

- limitele proiectului;
- scopul proiectului (pod, îmbrăcăminte etc.);
- factori de prioritizare;
- costurile proiectului;
- constrângerile proiectului;
- resursele disponibile;
- politicile și practicile administrației de drumuri.

3.3.2.5. Prioritizarea multianuală în cadrul Administrațiilor de drumuri.

Ca parte a activităților lor de management al drumurilor s-au identificat un număr de beneficii furnizate de acest proces. Deși unele beneficii au fost greu de cuantificat, cum ar fi comunicația mai bună sau luarea deciziilor mai în cunoștință de cauză, altele au fost mai tangibile:

- o procedură automată care asistă în procesul de selecție a proiectelor, conform limitelor și practicilor din administrație;
- îmbunătățiri ale eficienței, pe termen lung, a procesului de decizie;

- o înțelegere a impactului momentului sau a selecției tehnologiei alese asupra stării tehnice pe termen lung a rețelei rutiere;

- îmbunătățiri în prognozarea necesităților viitoare.

Multe administrații de drumuri pot beneficia de utilizarea metodelor de prioritizare multianuală în dezvoltarea programului de reparații capitale. Este evident totuși că, multe administrații de drumuri nu pot să utilizeze rezultatele unui proces de prioritizare multianuală din mai multe motive și anume:

- prezența unei filosofii de management care reflectă o prioritate de tipul cel mai prost;

- influențe externe care pot schimba selecția proiectelor, ca proiecte adiacente sau factori politici;

- o acumulare de drumuri sub nivelul de stare tehnică acceptabilă, pe care administrația vrea să le rezolve înainte de a lua măsuri mai costisitoare.

Pentru a câștiga cel mai mare beneficiu din utilizarea metodelor prioritizării multianuale, este important ca administrația de drumuri să ia în considerare următorii factori:

- conducerea trebuie să înțeleagă recomandările făcute;

- recomandările să reflecte acele proiecte care vor aduce administrației cele mai mari beneficii, presupunând condițiile normale îndeplinite ;

- diferite strategii pot fi dezvoltate pentru a atinge diferite scopuri astfel încât, administrația de drumuri să poată dezvolta un program care să se adreseze scopului corect, și aceste metode nu sunt decât unelte menite să asiste personalul administrației;

- ele nu sunt făcute să înlocuiască experiența și judecata personalului experimentat.

Rezultatele unei analize de prioritizare multianuală trebuie să fie utilizate de administrație și să compare impacturile pe termen lung și eficiența totală a oricărui alt program considerat de administrație. Astfel, administrația de drumuri poate evalua complet costurile adevărate ale unei strategii și determina acțiunea care îndeplinește cel mai bine scopurile propuse.

Prioritizarea multianuală este o metodă utilizată pentru stabilirea priorităților între diferite nevoi ale proiectelor de drumuri astfel încât, administrația de drumuri are informațiile necesare pentru a evalua impactul pe termen lung a unui program.

Programul de reparații capitale este inclus într-o listă de proiecte de întreținere, reabilitare și reconstrucție a drumurilor, care vor fi finanțate în fiecare din anii acoperiți de program. Programul este dezvoltat în mod normal printr-o evaluare a multe

combinații de proiecte și tehnologii, pentru niveluri bugetare estimate pentru fiecare an programat. Deși, planurile de îmbunătățire se pot întinde pe 1...10 ani, majoritatea administrațiilor de drumuri consideră că proiectele programate pentru primii doi sau trei ani sunt fixe în timp ce proiectele din anii următori pot fi accelerate, amânate, lăsate sau adăugate la listă.

Există un număr diferit de abordări care pot fi utilizate pentru dezvoltarea unui program multianual, inclusiv strategii care se referă la o tehnologie sau mai multe pentru fiecare proiect.

3.3.3. Alegerea strategiei de reabilitare sau întreținere prin analiza de prioritizare multianuală

În domeniul managementului drumurilor, există multe utilizări ale termenului de dezvoltare a strategiei. În unele cazuri, o strategie poate fi un sinonim pentru tehnologie selectată pentru un proiect individual. Alte administrații de drumuri se pot referi la o strategie ca la o clasificare de tehnologii (ca reabilitare minoră) pentru a se adresa unui anumit nivel de degradare sau tip de degradare. Dezvoltarea strategiei de drumuri este definită în National Cooperative Highway Research program (NCHRP) [184] astfel:

“O strategie este un plan de acțiune compus din aplicarea uneia sau mai multor tehnologii de întreținere sau reabilitare, proiectate să îmbunătățească sau să mențină starea tehnică a unui sector de drum peste cerința minimă predeterminată.”

Pentru a fi mai eficientă, fiecare strategie trebuie să fie evaluată ca:

- cel mai bun moment pentru aplicarea strategiei;
- durata de exploatare proiectată anticipată;
- orice limite fizice, de mediu, sau economice care pot influența alegerea.

3.3.3.1. Componentele analizei

Dezvoltarea unei strategii de drum depinde de implementarea unui număr de componente ale analizei, cum sunt:

- listarea ghidului strategic și a opțiunilor de tehnologii;
- costuri;
- performanța îmbrăcăminte bituminoase.

Una din primele componente este o listare a ghidului strategiei și a opțiunilor de tehnologie care trebuie luate în considerare în analiză. Ghidul strategiei constă în mod normal dintr-o serie de reguli care arată când o categorie de lucrări de întreținere sau reabilitare devine fezabilă, sau când o tehnologie particulară poate fi fezabilă. De

exemplu, o regulă poate afirma că activitățile de întreținere preventive se execută pe sectoare cu îmbrăcăminte bituminoasă cu indicele de degradare între 80...100. Reabilitări minore pot fi considerate pentru îmbrăcăminți bituminoase cu starea de degradare între 65...80 și așa mai departe. În cadrul fiecărei categorii de reparații, pot fi considerate lucrări specifice cum sunt colmatarea fisurilor, repararea gropilor sau plombări, etc. Activitatea de întreținere depinde de tipul suprafeței îmbrăcăminte bituminoase și de degradarea identificată.

În situațiile când clasificarea stării tehnice este utilizată pentru definirea fezabilității unei tehnologii sau strategii de reabilitare, există în mod normal un număr de ani în care fiecare sector de îmbrăcăminte bituminoasă se află în fiecare categorie de stare tehnică. În figura 3.14 se arată trei momente posibile pentru o strategie minoră de reabilitare pentru a fi aplicată unui anumit sector de drum.

Luarea în considerare a fiecărei tehnologii fezabile, în fiecare punct, în timp, necesită o analiză complexă. Din acest motiv, un alt component important al strategiei prioritizării multianuale este un program computerizat pentru elaborarea analizei. Programul trebuie să poată compara eficiența unei strategii cu a alteia și impactul selectării fiecărui moment posibil pentru reabilitare.

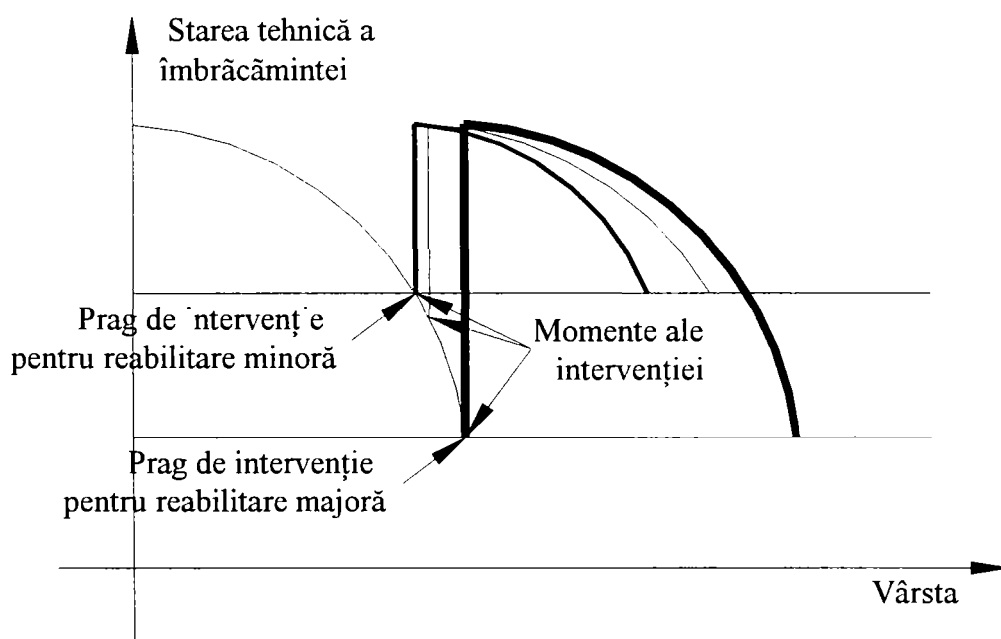


Figura 3.14. Opțiuni pentru momentul reabilitării

Un alt component al dezvoltării strategiei este un component de cost care arată costul unitar pentru fiecare dintre lucrările de întreținere și reabilitare care sunt luate în considerare, în termeni de cost inițial sau cost al ciclului de exploatare. Acest component este important pentru analiza costului fiecărui proiect, pentru a putea fi dezvoltate programe de finanțare anticipate.

Analiza eficienței fiecărei soluții necesită ca performanța așteptată a fiecărei tehnologii să fie de asemenea luată în considerare. Din acest motiv, un component de performanță trebuie adăugat programului astfel încât durata de exploatare anticipată a fiecărei tehnologii poate fi estimată. Aceste estimări ale condiției viitoare pot fi bazate pe modele de performanță deja dezvoltate de administrația de drumuri sau pe modele separate dezvoltate special pentru această aplicație. În unele administrații, unde se consideră noi tehnologii, modelele trebuie dezvoltate pentru a reflecta performanța, deoarece nu există date atunci când o tehnologie se utilizează pentru prima oară.

3.3.3.2. Obiectivele analizei

Fiecare administrație poate utiliza rezultatele unei strategii de drumuri diferit, dar obiectivele generale al analizei sunt similare fiind aceea de a asista în dezvoltarea programelor informatice. În majoritatea cazurilor, o strategie este dezvoltată să planifice programul de întreținere și reabilitare pentru anul curent și cei viitori pe baza limitelor care influențează selectarea proiectului. Impactul fiecărei strategii poate să facă ca să fie luate decizii informate pe baza rezultatelor pe termen lung.

O strategie de program finală trebuie să fie dezvoltată printr-un proces iterativ care combină datele de intrare ale unui număr de surse, inclusiv sistemul de management al drumurilor, cu judecata personalului experimentat al administrației de drumuri.

Selecția tehnologiei ca parte a dezvoltării de strategie. Selecția proiectului și a tehnologiei într-un program de management poate fi considerată ca două activități separate, sau poate fi combinată pentru a fi considerată o parte a strategiei de dezvoltare.

Abordări ale dezvoltării strategiei. Există două abordări primare utilizate în cadrul unei prioritizări multianuale pentru dezvoltarea strategiei; abordările strategiei cu tehnologie unică și abordările strategiei cu tehnologii multiple. Abordările strategiei cu tehnologie unică consideră fiecare strategie de întreținere sau reabilitare separat, deși mai mult de o tehnologie poate fi considerată fezabilă pentru fiecare proiect. Eficiența fiecărei strategii este considerată independent de orice alt tip de tehnologii care pot fi aplicate în anii viitori.

O strategie de tehnologii multiple constă dintr-o serie de două sau mai multe tehnologii pentru o perioadă analizată. În loc de a considera, de exemplu, eficiența unui strat bituminos subțire în anii doi și trei pentru un anumit sector de drum, o strategie multiplă consideră stratul bituminos subțire în anii doi și trei urmată de un alt strat

bituminos subțire în anii șapte sau opt. O altă strategie pentru același sector poate fi un strat bituminos subțire în anii doi și trei urmat de un covor asfaltic în anii nouă sau zece.

Dezvoltarea strategiei cu tehnologie unică. Cea mai obișnuită abordare a dezvoltării unei strategii consideră una sau mai multe tehnologii fezabile pentru fiecare sector de proiect. Fiecare tehnologie este considerată independent astfel încât, tehnologia cea mai eficientă din punct de vedere al costului pentru un sector de drum este recomandată pentru implementare.

Primul pas în dezvoltarea unei strategii cu tehnologie unică este identificarea lucrărilor de întreținere sau reabilitare fezabile de luat în considerare în analiză și regulile care definesc condițiile în care tehnologiile pot fi aplicate. De exemplu, reabilitarea minoră poate fi o tehnologie corespunzătoare pentru o îmbrăcăminte bituminoasă în clasa de stare tehnică 75...90 (presupunând că 100 reprezintă o îmbrăcăminte bituminoasă excelentă), în timp ce un strat bituminos subțire poate fi luat în considerare pentru o îmbrăcăminte cu starea tehnică între 65...80 cu degradări structurale mici sau deloc. Ambele alternative pot fi considerate fezabile pentru sectoare de drum pentru care indicele de stare tehnică al structurii rutiere este cuprins între 75...80.

După ce tehnologiile au fost definite, și regulile de aplicare a fiecărei tehnologii au fost stabilite, programul analizează impactul fiecărei tehnologii fezabile, independent. Pe baza tipului de analiză utilizat, tehnologiile pot fi analizate în termeni de beneficiu adus administrației de drumuri pentru raportul eficiență-cost a fiecărei alternative. Cea mai bună tehnologie pentru fiecare sector este identificată. Aceste tehnologii sunt apoi clasificate astfel încât proiectele cele mai benefice sunt corelate cu bugetul disponibil multianual.

Depinzând de tipul de analiză utilizat, procesul de selecție a proiectelor poate fi destul de complex. De reținut că, administrațiile de drumuri care utilizează o strategie cu tehnologie unică poate lua în considerare mai multe tehnologii fezabile pentru fiecare sector de drum în fiecare an al analizei. Totuși, fiecare dintre tehnologii este considerată independent. În majoritatea cazurilor, tehnologia și anul care aduce cele mai multe beneficii sau eficiență-cost pentru o administrație de drumuri este identificată ca cea mai potrivită tehnologie de aplicat pentru sectorul de drum dat.

Dezvoltarea unei strategii cu tehnologii multiple. Administrațiile de drumuri consideră o combinație de tehnologii pentru fiecare sector de drum în fiecare an al analizei. În acest tip de abordare, administrația de drumuri identifică tehnologiile fezabile pentru analiză și stabilește același tip de reguli de aplicare a tehnologiilor ca și

la strategia unei tehnologii unice. Diferența primară este că în această abordare este analizată combinația a cel puțin două tehnologii în ani succesivi.

Cum e de așteptat, numărul de strategii posibile crește considerabil în abordarea tehnologiilor multiple. Aceasta deoarece numărul combinațiilor de tehnologii crește ușor. Reabilitarea minoră va fi totuși considerată în fiecare an când starea tehnică a sectorului de drum se încadrează între 75...90. Totuși, o tehnologie consecutivă poate fi adăugată pentru a forma întreaga strategie pentru un sector de drum. În acest caz, tehnologia consecutivă poate fi o reabilitare minoră suplimentară când drumul ajunge din nou la nivelul de stare tehnică 80, un strat bituminos când starea tehnică ajunge la 65 sau o reabilitare la nivelul de stare tehnică 40. Utilizând acest exemplu, strategia reabilitării minore propune trei strategii de tehnologii multiple, care trebuie luate în considerare. Cele trei strategii trebuie luate în considerare în fiecare an când tehnologia inițială este considerată fezabilă.

Tehnologiile consecutive sunt utilizate în primul rând pentru a rezolva problema că durata de exploatare a celor mai multe tehnologii este mai scurtă decât perioada analizată în care aceste tehnologii sunt luate în considerare. În majoritatea cazurilor când o tehnologie unică este luată în considerare, beneficiul unei alternative, sau eficiența unei tehnologii, este calculat pe baza duratei de exploatare suplimentară așteptată după aplicarea tehnologiei. Utilizarea tehnologiilor consecutive permite considerarea unor beneficii suplimentare realizate prin aplicarea celei de-a doua tehnologii, care reprezintă perioada analizată cu mai multă acuratețe.

Unele administrații de drumuri utilizează tehnologii consecutive ca mod de reprezentare a unui proiect de construcție în etape. De exemplu, dacă un sector de drum a fost planificat pentru o ranforsare de 8 cm, dar banii nu sunt disponibili pentru realizarea lui, administrația poate alege să pună în operă un strat bituminos de 4 cm în anul în care a fost planificată reabilitarea și ceilalți 4 cm într-un an următor. În sistemul de management al drumurilor, această construcție în etape va fi reprezentată ca tehnologii consecutive. Trebuie observat că tehnologia consecutivă joacă un rol important în alegerea proiectelor sau tehnologiilor pentru programul multianual. Și momentul și tipul de tehnologiei consecutive sunt importante pentru administrație deoarece modificarea oricărui poate avea o influență mare asupra beneficiului sau eficienței întregii strategii. Neglijarea recomandărilor pentru tehnologiile consecutive poate avea un mare impact asupra eficienței programului pe termen lung.

Figura 3.15. ilustrează grafic conceptul de strategie cu tehnologii multiple.

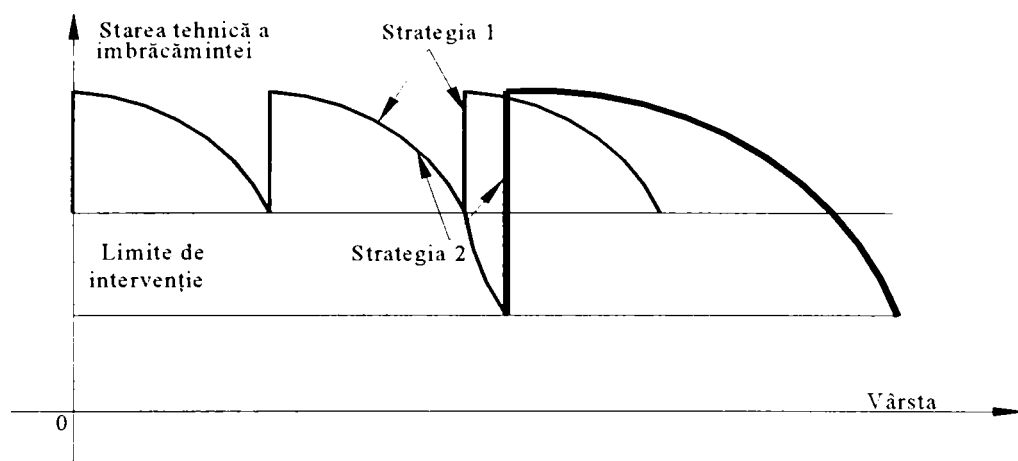


Figura 3.15. Strategii cu tehnologii multiple

Această figură ilustrează două strategii cu tehnologii multiple fezabile pentru un sector de drum; o strategie cu două activități de reabilitare minore și una cu o acțiune de reabilitare minoră urmată de o reabilitare majoră. În determinarea strategiei optime, se consideră beneficiul ambelor strategii într-o analiză beneficiu/cost.

3.3.4. Metode utilizate pentru analiza strategiilor

Pentru a dezvolta strategii pentru programele multianuale, este important ca administrația de drumuri să stabilească următoarele:

- o listă cu tehnologiile considerate că trebuie luate în analiză;
- setul de reguli care determină când fiecare din tehnologii trebuie considerată fezabilă.

Există multe metode care sunt utilizate de administrațiile de drumuri pentru a alege aceste activități, cum ar fi: metode de decizie, matricele de decizie, și regulile de programare. Fiecare din aceste metode vor fi prezentate în continuare.

Metodele de decizie stabilesc setul de reguli pentru alegerea unei anumite tehnologii care definesc diferite seturi de condiții. Un exemplu de decizie foarte simplu este arătat în figura 3.16.

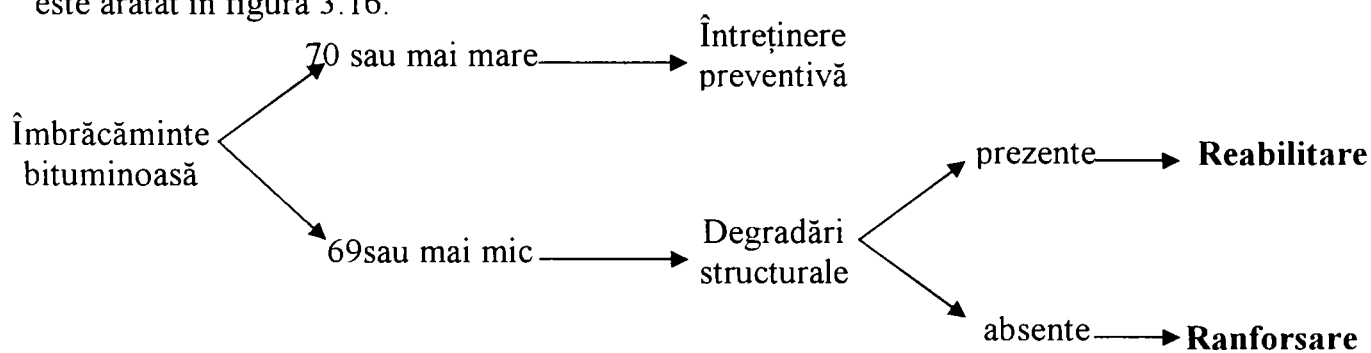


Figura 3.16. O ramificație de decizie simplă

În majoritatea situațiilor, metodele de decizie sunt mult mai complexe decât în exemplul ilustrat mai sus. Dezvoltarea metodelor de decizie este destul de ușoară pentru administrațiile de stat, deoarece deseori ele copiază procesul de gândire al procesului de

selecție cunoscut al tehnologiei. Nivelul de detaliu necesar pentru o metodă de decizie și datele utilizate trebuie să fie specifice administrației pentru a fi utile. Deși, elementele specifice de utilizat în metodele de decizie sunt dependente de cerințele unei administrații, există câteva tipuri de date care sunt incluse în mod normal în dezvoltarea metodelor de decizie. Acestea sunt:

- tipul suprafeței îmbrăcăminteii drumului și istoricul construcției;
- o indicație de clasificare funcțională și/sau trafic;
- cel puțin un tip de indice de stare tehnică, inclusiv degradare și/sau rugozitate;
- mai multe informații specifice despre tipul degradării prezente, fie în termeni de sumă a deteriorării din solicitare sau prezență a unui anumit tip de degradare;
- geometria, cu scopul de a indica dacă supralărgirea părții carosabile sau repararea acostamentului va fi necesară o dată cu reabilitarea.

După cum s-a prezentat mai înainte, metodele de decizie utilizate pentru selectarea tehnologiilor sunt asemănătoare cu procesul de decizie folosit în mod normal de administrațiile de drumuri. Acesta este unul din primele avantaje. Alte avantaje include flexibilitatea la schimbare incorporată și ușurința cu care poate fi explicat procesul de selecție a tehnologiei. Metodele de decizie sunt, de asemenea, în general, ușor de programat deci pot fi cu ușurință automatizate și incorporate într-un sistem de management al drumurilor.

Primul dezavantaj este rigiditatea cu care se stabilesc regulile. În majoritatea cazurilor, metodele de decizie conduc la una sau două tehnologii posibile, deși alte tehnologii mai puțin cunoscute și folosite pot fi alternative viabile. Nu se acordă considerație eficienței sau beneficiului unei tehnologii sau alteia. Mai degrabă, din cauza condițiilor existente sau prognozate, o anumită cale de strategie stabilită este urmată. Este greu de evaluat alte opțiuni care ar putea îmbunătăți eficiența deciziilor luate în cadrul administrației.

Alt dezavantaj al acestei abordări este că pentru a fi aplicabilă în dezvoltarea programului multianual, fiecare din elementele de date utilizate în metodele de decizie trebuie să poată fi prognozate din primul an de analiză pentru a reprezenta corespunzător condițiile în anii viitori analizați.. Dacă unele criterii nu sunt prognozate, este imposibil să se urmărească corect căile metodelor de decizie.

Pentru a ilustra acest fapt, ne imaginăm un sector de drum cu o clasă tehnică de 77 fără degradări structurale aparente. Cum este condusă analiza multianuală, starea tehnică viitoare a sectorului de drum trebuie proiectată în fiecare din anii analizei. Dacă, de exemplu, prezența degradărilor structurale nu este, de asemenea, luată în considerare

sectorul de drum nu va fi niciodată considerat pentru o refacere structurală. În loc de asta, va fi planificat pentru o refacere a suprafeței până când starea prognozată ajunge sub clasa tehnică acceptată.

Matricele de decizie sunt foarte similare cu metodele de decizie exceptând faptul că informațiile sunt prezentate sub formă de tabel, matrice, mai degrabă decât ramificații. În majoritatea cazurilor, tabelul este urmărit de la stânga la dreapta. Coloana din stânga listează în mod normal tehnologia ce trebuie considerată iar coloanele din dreapta specifică condițiile în care tehnologia se recomandă. Puține matrice rezultă în mai mult de o strategie recomandată pentru un sector. Un exemplu de matrice este prezentată în tabelul 3.11.

Matricele de decizie pot deveni complicate. În unele cazuri, când există criterii multiple, când o tehnologie particulară este considerată fezabilă, fiecare tehnologie particulară poate avea câteva linii în matrice.

Tabelul 3.11.

Tipul lucrării	Tipul îmbrăcămintei	Nivelul de stare tehnică	Degradări structurale
Întreținere preventivă	Beton asfaltic	70...100	Nu/Da
Suprafațare funcțională	Beton asfaltic	0...69	Nu
Suprafațare structurală	Beton asfaltic	0...69	Prezente

Matricele de decizie se bazează pe aceleași tipuri de informații utilizate în dezvoltarea metodelor de decizie. Elementele de date particulare care sunt utilizate depind de procesul de decizie unică utilizat de administrația care dezvoltă matricele. Totuși, cum s-a prezentat mai înainte, există câteva tipuri generale de date care sunt în mod normal incluse în matricele de decizie. Aceste informații sunt :

- tipul suprafeței îmbrăcămintei sau istoricul construcției,
- o indicație de clasificare funcțională și/sau trafic,
- cel puțin un tip de indice de stare tehnică, inclusiv degradare și/sau rugozitate,
- informații despre tipul de degradare prezent, fie în termeni de sumă de degradări legate de solicitare fie prezența unui anumit tip de degradare,
- geometria, pentru a indica dacă supralărgirea părții carosabile sau reparația acostamentului vor fi necesare împreună cu reabilitarea.

Din cauza similitudinilor dintre metodele de decizie și matricele de decizie, avantajele și dezavantajele sunt de asemenea similare. În unele cazuri, matricele de decizie pot fi mai greu de urmărit decât metodele de decizie deoarece matricea în general începe cu tehnologia de reabilitare și utilizatorul trebuie să găsească criteriile utilizate pentru selectarea tehnologiei. O metodă de decizie, subliniază în general condițiile specifice care trebuie îndeplinite ca utilizatorul să fie condus la recomandarea

tehnologiei. Matricea de decizie este probabil puțin mai ușor de programat decât metoda de decizie.

Reguli de programare. Unele administrații preferă să stabilească un set destul de simplu de reguli care sunt urmate pentru identificarea tipului de tehnologie preferată. În general, aceste reguli identifică doar câteva criterii care trebuie îndeplinite pentru selectarea tehnologiei preferate și anume în funcție de starea tehnică a îmbrăcămintei bituminoase se stabilesc ce fel de tehnologii se folosesc.

Tipuri de tehnologii considerate în dezvoltarea strategiei. Diferite tipuri de tehnologii pot fi considerate în procesul de dezvoltare a strategiei. În general administrațiile preferă una din două abordări:

- o categorie de reabilitare este recomandată sau
- o anumită tehnologie este propusă.

Categorii de reabilitare. Unele administrații de drumuri găsesc că un sistem de management al drumurilor nu trebuie utilizat la nivel de rețea pentru a face recomandări pentru tipuri specifice de tehnologii. Aceste administrații aleg să identifice categorii de strategii, ca întreținerea de rutină sau reabilitarea minoră. În fiecare din aceste categorii, se identifică un număr de tehnologii fezabile. De exemplu, categoria întreținere de rutină poate include colmatarea fisurilor, sau plombarea gropilor. În timp ce categoria întreținere de rutină a fost identificată, administrația face o investigație mai profundă despre tipul tehnologiei necesare. Categoriile tipice de lucrări sunt date mai jos.

- întreținere;
- reabilitare minoră;
- reabilitare majoră;
- reconstrucție.

Un dezavantaj al acestei abordări este că datele generale despre cost și modele de performanță trebuie utilizate în cadrul sistemului de management al drumurilor unde această abordare este folosită. În loc de a recomanda colmatarea fisurilor pentru un anumit sector, fiecare având costuri specifice, sistemul de management al drumurilor trebuie să estimeze un cost mediu al întreținerii de rutină. Acest cost mediu este apoi utilizat pentru alocarea bugetului necesar. Estimarea costurilor aduce beneficii întregului proces.

Același lucru se manifestă și în cazul prognozării condițiilor viitoare. Dacă se utilizează categoriile generale, ele sunt utilizate și pentru dezvoltarea modelelor de degradare. Aceasta rezultă în modele generice care nu reprezintă corect diferitele modele de degradări ale tipurilor specifice de tehnologii. Unele administrații au depășit

aceste limite adăugând o funcție care permite modelului de performanță a îmbrăcămintei bituminoase să se schimbe conform performanțelor fiecărui sector individual. Astfel, sectoarele de drum care au o performanță mai bună decât starea tehnică medie pot fi tratate diferit față de sectoarele care au o stare tehnică mult mai rea decât media.

Tehnologii specifice. Unele administrații de drumuri preferă să utilizeze sistemul de management al drumurilor pentru a identifica tehnologiile fezabile care sunt dezvoltate în continuare ca parte a proiectului. Literatura de specialitate [1;2] prezintă o listă cu tehnologiile cele mai utilizate pentru întreținerea drumurilor, cum sunt:

- plombări;
- colmatări fisuri;
- tratamente bituminoase și șlam bituminos;
- covoare asfaltice;
- frezare și reparare;
- reabilitare.

Aceste tehnologii sunt folosite și la noi pentru construcția și întreținerea drumurilor.

Un dezavantaj al acestei abordări este că administrația de drumuri trebuie să dezvolte modele de performanță, informații despre costuri, și metode sau matrice de decizie pentru fiecare din tehnologiile considerate în program. Din acest motiv, multe administrații limitează numărul de tehnologii considerate în analiza lor. Poate cel mai mare dezavantaj este că se utilizează informații limitate pentru identificarea tehnologiilor de reabilitare fezabile pentru fiecare sector. Acest dezavantaj poate fi eliminat sau diminuat prin furnizarea a cât mai multe informații despre sectorul de drum.

3.3.5. Parametrii de analiză în prioritizarea multianuală

În prioritizarea multianuală, proiectele recomandate și tehnologiile asociate sunt identificate prin utilizarea unei analize de prioritizare care identifică costurile asociate cu fiecare strategie și îmbunătățirea (sau eficiența) pe care fiecare strategie posibilă o aduce rețelei de drumuri. O metodă de analiză eficientă pentru prioritizarea și selectarea proiectelor trebuie să ia în considerare următoarele șapte principii:

- nivelul de management la care se face evaluarea trebuie identificat clar;
- analiza economică furnizează baza unei decizii de management, dar nu reprezintă o decizie prin ea însăși;

- criteriile, regulile sau ghidurile pentru asemenea decizii trebuie să fie formulate separat, înainte de a aplica rezultatele evaluării economice, chiar dacă astfel de criterii pot fi clare și simple;

- evaluarea economică însăși nu are legătură cu metoda sau sursa de finanțare a proiectului;

- evaluarea economică trebuie să ia în considerare toate alternativele posibile, în limitele de timp și alte planificări și resurse de proiectare;

- toate alternativele trebuie comparate în aceeași perioadă;

- evaluarea economică a îmbrăcăminților bituminoase trebuie să includă costurile administrației și costurile utilizatorului, precum și beneficiile, dacă este posibil.

Într-o analiză de prioritizare multianuală, există două componente primare. Întâi, analiza trebuie să furnizeze un mod de a determina beneficiul, sau eficiența, aduse de aplicarea tehnologiei. În plus, analiza trebuie să furnizeze o modalitate de a estima costurile totale ale fiecărei tehnologii. Împreună, aceste informații furnizează informațiile necesare pentru a compara eficiența strategiilor per cost unitar. Studiile și cercetările efectuate au pus în evidență modul de a calcula eficiența strategiilor aplicate.

Literatura de specialitate [1;2], arată că fiecare strategie de tehnologii de întreținere sau reabilitare posibilă aduce o creștere a duratei de exploatare a drumului. Într-o analiză de **prioritizare multianuală, durata de exploatare suplimentară este considerată ca eficiență sau beneficiu furnizat de strategia aleasă**. Eficiența este întotdeauna calculată în termeni ne-monetari. Aceasta se face în mod normal luând zona sub o curbă și înmulțind cu un factor de trafic. Curba este de obicei un tip de indicator de stare tehnică ca **Indicele calității îmbrăcămintei – Pavement Quality Index (PQI)** sau **Indicele stării tehnice a îmbrăcămintei bituminoase - Pavement Condition Index (PCI)**. Beneficiile, pe de altă parte, pot fi monetare sau ne-monetare. Cât despre costurile utilizatorilor, beneficiile monetare sunt greu de calculat cu un grad rezonabil de acuratețe. Din acest motiv, majoritatea administrațiilor de drumuri estimează beneficiile la fel cum estimează eficiența. Suprafața sub curba de performanță este mai bine înțeleasă dintr-un grafic ca cel prezentat în figura 3.17.

Costul analizei ciclului de exploatare – Life – cycle cost analysis (LCCA) include evaluarea costului administrației, costul utilizatorului, costul întreținerii, și alte costuri relevante în alternativele de investiție. La nivelul rețelei, costurile ciclului de exploatare sunt utilizate pentru fiecare tehnologie sau strategie fezabilă pentru determinarea costurilor totale care vor fi implicate în durata de exploatare estimată a alternativelor.

Valoarea prezentă – Present Worth (PW) și Costul anual uniform echivalent – Equivalent Uniform Annual Cost (EUAC), sunt cele mai comune metode utilizate la nivelul rețelei pentru estimările costului ciclului de exploatare se arată în literatura de specialitate [1]. Datorită dificultății în aplicarea costurilor de ciclu de exploatare, la nivelul rețelei, mai multe administrații de drumuri se bazează pe costurile inițiale, o estimare a costurilor întreținerii anuale, și o rată de discount ca factori principali utilizați în costul analizei ciclului de exploatare.

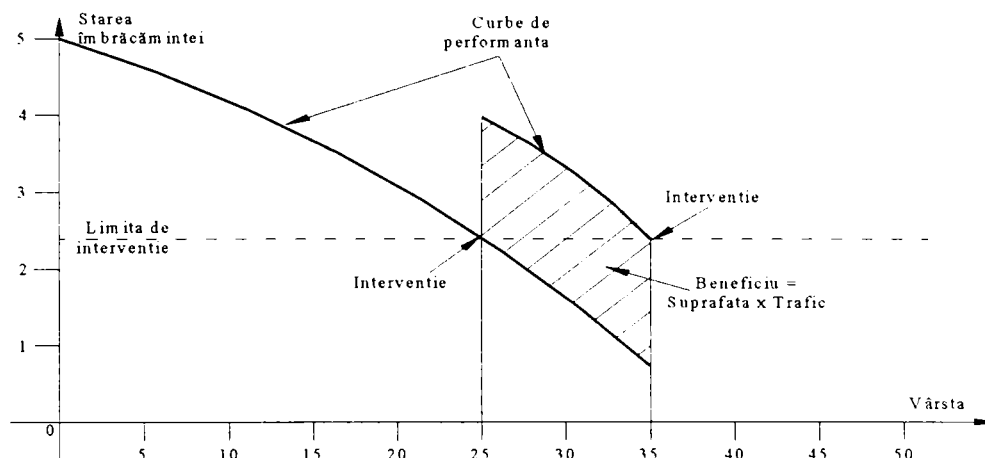


Figura 3.17. Calculul beneficiului

Metode de analiză a prioritizării. Există două abordări utilizate pentru realizarea unei analize de prioritizare multianuală: analiza cost-eficiență marginală și analiza creșterii beneficiu/cost. Fiecare din aceste metode de analiză generează un raport ca mijloc de determinare a celor mai cost-eficiente strategii. Un raport ≥ 1 este considerat ca strategie viabilă pe când un raport < 1 este considerat o strategie costisitoare. Cu cât sunt mai bune estimările de beneficiu și cost pentru fiecare tehnologie (sau strategie), cu atât mai bine raportul ilustrează cost-eficiența relativă a strategiilor. Literatura de specialitate [1] pune în evidență anumite aspecte legate de cele două metode de analiză a prioritizării multianuale. În continuare vom prezenta fiecare din aceste metode.

3.3.5.1. Parametrul cost-eficiență marginală (MCE).

Analiza Cost-eficienței Marginale – Marginal Cost–Effectiveness (MCE) este metoda de evaluare a cost-eficienței unui proiect particular și a tehnologiilor asociate prin utilizarea unui raport de cost-eficiență. Comparând raportul unei strategii cu alta, proiectele cele mai cost-eficiente pentru rețea pot fi identificate pentru nivelurile de finanțare disponibile.

În analiza cost-eficienței marginale sunt parcurse următoarele etape:

- identificarea tehnologiilor fezabile pentru fiecare perioadă de analiză bazată pe condiția proiectată și nivelurile de intervenție stabilite;

- calculul eficienței (E) fiecărei combinații de strategii (eficiența este în general suprafața de sub curba de performanță înmulțită cu o funcție de trafic);
- calculul costului (C) fiecărei combinații în termeni de valoare netă;
- calculul cost-eficienței (CE) pentru fiecare combinație ca raport E/C, unde valoarea cea mai mare este cea mai bună;
- selectarea alternativei de strategii și a momentului pentru fiecare sector cu cel mai bun cost-eficiență (CE);
- calculul cost-eficienței marginale (MCE) a tuturor strategiilor pentru toate sectoarele după cum urmează:

$$\text{MCE} = (\text{E}_r - \text{E}_s) / (\text{C}_r - \text{C}_s) \quad (3.43)$$

unde:

E_s este eficiența strategiei selectate;

E_r - eficiența strategiei pentru comparare;

C_s - costul strategiei selectate;

C_r - costul strategiei pentru comparare.

- dacă MCE este negativă, sau dacă E_r este mai mic decât E_s , strategia comparată este eliminată, dacă nu, ea înlocuiește strategia selectată ;

- acest proces este repetat până nu mai pot fi făcute alte selecții în orice an din perioada analizată.

Acest tip de analiză are rezultate aproape optime. Câteva exemple ale unei analize MCE simple au fost reținute din literatura de specialitate [1], exemple realizate în 1994 și furnizate de Departamentul de Transporturi din Minnesota – Minnesota Department of Transportation (MnDOT). Analiza se bazează pe o rețea cu trei sectoare (sectoarele A, B și C) și un nivel bugetar de 11. Rezultatele sunt prezentate în tabelul 3.12.

Analiza cost eficiență marginală cuprinde următoarele etape:

Etapa 1: Calculul cost-eficienței (CE) pentru fiecare tehnologie (coloana 5).. Identifică strategia cu cel mai mare E/C și determină creșterea cost-eficienței marginale (MCE) furnizată de alte strategii pentru acel sector.

Cel mai mare E/C este asociat cu alternativa C_1 , colmatare fisuri, cu un E/C de 3,0. MCE adusă de alte două strategii fezabile pentru segmentul C poate fi calculat cum se arată în continuare.

$$\text{MCE}_{\text{C}_2} = (\text{E}_{\text{C}_2} - \text{E}_{\text{C}_1}) / (\text{C}_{\text{C}_2} - \text{C}_{\text{C}_1}) \quad (3.44)$$

$$\text{MCE}_{\text{C}_2} = (5 - 3) / (4 - 1) = 2/3 = 0,7 \quad (3.45)$$

$$\text{MCE}_{\text{C}_3} = (\text{E}_{\text{C}_3} - \text{E}_{\text{C}_1}) / (\text{C}_{\text{C}_3} - \text{C}_{\text{C}_1}) = (10 - 3) / (6 - 1) = 7/5 = 1,4 \quad (3.46)$$

Tabelul 3.12.

Sec-tor	Alter-native	Tehnologia	Efici-ența	C mil.\$	E/C	Cost eficiență marginală MCE					Fi-nal
						6	7	8	9	10	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A	1	Tratament Bituminos	1	1	1	1	xxx	Xxx	xxx	xxx	U
	2	Strat bituminos 1 cm	5	2	2,5	2,5	U	U	xxx	xxx	
	3	Covor de 2 cm	8	4	2,0	2,0	1,5	1,5	U	U	
	4	Covor de 4 cm	11	8	1,4	1,4	1,0	1,0	0,8	0,8	
B	1	Covor de 2 cm	8	4	2,0	2,0	2,0	U	U	U	U
	2	Covor de 3 cm	10	6	1,7	1,7	1,7	1,0	1,0	U	
	3	Covor de 4 cm	11	8	1,4	1,4	1,4	0,8	0,8	0,5	
C	1	Colmatare fisuri	3	1	3,0	U	U	U	U	U	U
	2	Plombări	5	4	1,2	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
	3	Covor de 3 cm	10	6	1,7	1,4	1,4	1,4	1,4	xxx	
Buget					12	11	9	5	3	1	

Etapa 2. Aducerea la zi a tabelului eficienței utilizând MCE pentru alternativa C2 și C3.

MCE care înlocuiește E/C considerate pentru alternativele C2 și C3 deoarece doar suma marginală cost-eficienței la o strategie selectată pentru segmentul C trebuie luată în considerare în continuare.

Etapa 3: Determină bugetul rămas.

Bugetul disponibil a fost 12 (coloana 5), dar utilizăm 1 pentru alternativa C1, bugetul rămas este atunci $12-1$ (costul alternativei C_1) = 11 (coloana 6).

Etapa 4: Găsește cel mai mare E/C sau MCE din tabelul revăzut dezvoltat în etapa a 2-a. Determină MCE-urile pentru orice altă strategie fezabilă pentru segmentul ales.

Din tabelul 3.12., după etapa a-2-a, este clar că al doilea E/C sau MCE este asociat cu alternativa A2 (2,5) din coloana 6. MCE-urile pentru alte strategii asociate cu segmentul A trebuie calculate.

$$MCE_{A1} = (E_{A1} - E_{A2}) / (C_{A1} - C_{A2}) = (1-5) / (1-2) < 0 \quad (3.47.)$$

Deoarece eficiența marginală asociată cu această tehnologie este mai mică, nu se mai ia în considerare în analiză.

$$MCE_{A3} = (E_{A3} - E_{A2}) / (C_{A3} - C_{A2}) = (8-5) / (4-2) = 3/2 = 1,5 \quad (3.48.)$$

$$MCE_{A4} = (E_{A4} - E_{A2}) / (C_{A4} - C_{A2}) = (11-5) / (8-2) = 6/6 = 1 \quad (3.49.)$$

Etapa 5: Se aduce la zi tabelul 3.12.(eficiența și bugetul) coloana 7.

Bugetul rămas este $11-2$ (costul alternativei A_2) = 9

Etapa 6. Se repetă selecția celui mai mare E/C sau MCE din coloana 7, și calculează MCE-urile pentru orice altă tehnologie din segmentul ales. Analizând coloana 7 din tabelul 3.12. rezultă că cel mai mare E/C sau MCE este 2,0 asociat cu alternativa B_1 . Se calculează MCE-urile pentru alternativa B_2 și alternativa B_3 :

$$MCE_{B_2} = (E_{B_2} - E_{B_1}) / (C_{B_2} - C_{B_1}) = (10 - 8) / (6 - 4) = 2/2 = 1,0 \quad (3.50.)$$

$$MCE_{B_3} = (E_{B_3} - E_{B_1}) / (C_{B_3} - C_{B_1}) = (11 - 8) / (8 - 4) = 3/4 = 0,8 \quad (3.51.)$$

Etapa 7: Se aduce la zi tabelul 3.12.(eficiența și bugetul) coloana 8.

Bugetul rămas este $9-4$ (costul alternativei B_1) = 5

Etapa 8: Se repetă selecția celui mai mare E/C sau MCE din coloana 8 și calculează orice MCE-uri pentru strategiile rămase pentru sectorul selectat. Utilizând tabelul 3.12. coloana 8 rezultă că alternativa A_3 are MCE cea mai mare. (1,5) și este selectat în loc de alternativa A_2 , deoarece bugetul disponibil a permis selectarea unei alternative cu o eficiență de cost marginal mai mare decât ar fi adus alegerea originală.

$$MCE_{A_4} = (E_{A_4} - E_{A_3}) / (C_{A_4} - C_{A_3}) = (11 - 8) / (8 - 4) = 3/4 = 0,8 \quad (3.52.)$$

Etapa 9: se aduce la zi tabelul eficienței (coloana 9) și calculează bugetul rămas:

$5 + 2$ (costul alternativei A_2) - 4 (costul alternativei A_3) = 3, se trece în coloana 9.

Etapa 10. Se repetă selecția celui mai mare MCE pentru fondurile disponibile și se recalculează orice MCE-uri. Utilizând tabelul 3.12., coloana 9, alternativa C_3 are MCE cea mai mare din toate celelalte alternative. Bugetul rămas de 3, totuși, ne oprește din alegerea acestei alternative care are un cost de 6 (chiar după ce se adaugă costul alternativei C_1 , bugetul $3+1$ este mai mic decât 6). Revenind la tabel, coloana 9, următorul MCE este asociat cu alternativa B_2 , care are un cost acceptabil asociat după ce costul alternativei B_1 este adăugat înapoi la buget.

$$MCE_{B_3} = (E_{B_3} - E_{B_2}) / (C_{B_3} - C_{B_2}) = (11 - 10) / (8 - 6) = 1/2 = 0,5 \quad (3.53.)$$

Etapa 11: Se aduce la zi tabelul eficienței și bugetul rămas, coloana 10.

Bugetul rămas este : $3 + 4$ (costul alternativei B_1) - 6 (costul alternativei B_2) = 1,0

Etapa 12: Se determină dacă bugetul rămas va permite alegerea unei alternative rămase. Dacă da, se calculează MCE-urile, se aduce la zi tabelul eficienței 3.12., și se calculează bugetul rămas. Dacă nu, analiza se încheie. Bugetul rămas de 1 nu permite alternativa B_3 , alternativa A_4 sau alternativa C_2 să fie considerate mai departe. Selecția finală a tehnologiilor, eficiența totală, costul total și costul total al eficienței programului selectat sunt prezentate în continuare.

Eficiența totală sau programul selectat este $(8+10+3)=21$. Costul total este $(4+6+1)=11$. Pe baza acestei informații, E/C total pentru programul selectat este $21/11=1,9$. Pentru nivelul bugetar permis, acesta este cel mai bun cost-eficient program care poate fi selectat. Dacă apar fonduri suplimentare, poate fi determinat un program mai eficient.

3.3.5.2. Creșterea raportului beneficiu/cost

Creșterea raportului beneficiu/cost – Incremental benefit/cost (IBC) este o altă metodă utilizată pentru evaluarea cost-eficienței diferitelor combinații de strategii. Abordarea IBC este foarte similară cu abordarea MCE exceptând faptul că sunt utilizate mai degrabă beneficiile decât eficiența în analiză. În majoritatea cazurilor, calculul beneficiului ca zonă sub curba de performanță este aceeași cu mărimea eficienței. Pentru a calcula beneficiul, zona poate fi sau nu multiplicată cu câteva mărimi de trafic. Selecția combinației optime de strategii și tehnologii într-o analiză de IBC este ilustrată prin utilizarea unei frontiere eficiente, cum se prezintă în figura 3.18.

Cele șapte puncte de pe grafic reprezintă fiecare costurile și beneficiile asociate cu șapte strategii; o strategie de a nu face nimic și șase strategii de reparație etichetate de la 1 la 6. Punctele de sus sunt unite cu o linie frântă. Fiecare segment de linie a fost desenat începând din punctul nu face nimic și desenând segmentele astfel încât nici un punct strategic nu există deasupra liniei, și nici un segment de linie nu are o pantă mai mare decât segmentul anterior. Această linie frântă este numită “frontiera eficienței”. Panta fiecărui segment succesiv se numește creșterea raportului beneficiu/cost mergând de la o strategie la alta. Strategiile care sunt pe frontiera eficienței aduce cele mai multe beneficii per cost unitar pentru administrație.

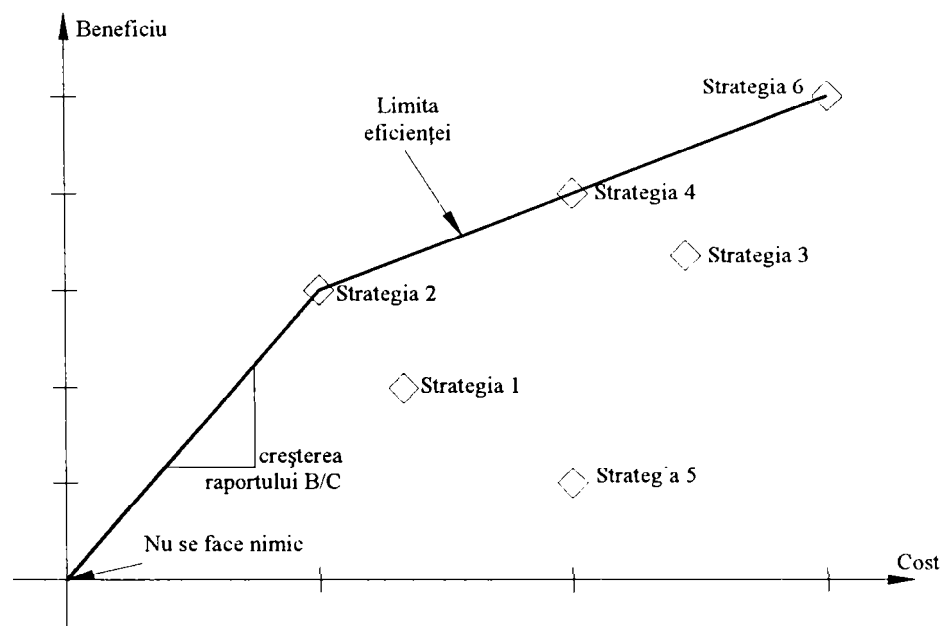


Figura 3.18. Creșterea frontierei de eficiență beneficiu/cost

Pentru a realiza o analiză IBC, și costul și beneficiile sunt exprimate în termeni de Costuri (Beneficii) Anuale Uniforme Echivalente – Equivalent Uniform Annual Costs (EUAC) sau Equivalent Uniform Annual Benefits (EUAB). Această conversie transformă toate costurile inițiale și viitoare în costuri anuale uniforme echivalente astfel încât toate strategiile pot fi comparate după o bază egală chiar dacă strategiile sunt planificate în diferite momente în timpul perioadei analizate.

Metodele de analiză a creșterii raportului beneficiu/cost sunt bine documentate în literatura de specialitate [1;2]. Primul pas în analiză este calculul costului anual uniform echivalent (EUAC) și a beneficiului anual uniform echivalent (EUAB) ale fiecărei strategii de reabilitare.

Pentru calculul EUAC se folosește următoarea ecuație:

$$EUAC = PVC \cdot [r \cdot (1+r)^n] / [(1+r)^n - 1] \quad (3.54.)$$

unde:

PVC este costul valorii prezente;

r - rata de discount;

n - numărul de ani.

Pentru fiecare strategie se calculează și EUAB folosind următoarea ecuație:

$$EUAB = PVB \cdot [r \cdot (1+r)^n] / [(1+r)^n - 1] \quad (3.55.)$$

Unde PVB este beneficiul prezent.

EUAB se împarte la EUAC pentru a determina raportul beneficiu/cost al fiecărei tehnologii (sau strategii). Creșterea raportului beneficiu/cost (IBC) a strategiilor sunt calculate utilizând următoarea ecuație:

$$IBC_j = (EUAB_j - EUAB_{j-1}) / (EUAC_j - EUAC_{j-1}) \quad (3.56.)$$

Strategiile pentru fiecare sector sunt apoi sortate în ordine crescătoare a IBC și orice IBC-uri negative (care indică inexistența creșterii beneficiului) sunt eliminate din calcul. Utilizarea IBC este o abordare care selectează cea mai bună strategie pentru fiecare sector de drum pentru a maximiza beneficiile fără a depăși nivelul bugetului.

Literatura de specialitate [1] prezintă un exemplu grafic în figura 3.19. IBC este definit ca raportul dintre creșterea beneficiului față de creșterea costului între alternative succesive

Așa cum rezultă din figura 3.19., alternativa 2 este eliminată deoarece arată o creștere în cost și descreștere în beneficiu. Selecția alternativelor 1, 3 sau 4 este o funcție a bugetului disponibil. Alternativa 1 aduce cel mai mare raport beneficiu/cost; totuși, alternativa 4 aduce beneficiul anual maxim dacă fondurile sunt disponibile.

3.3.6. Etapele de selecție a strategiilor într-o prioritizare multianuală

Prioritizarea multianuală este o metodă utilizată pentru determinarea celei mai cost-eficiente combinații de proiecte, tehnologii și momente de reabilitare.. Trebuie luate în considerare și alte necesități care includ îmbunătățirea podurilor, îmbunătățirea siguranței circulației, creșterea capacității portante. Trebuie luați în considerare și alți factori, cum ar fi îmbunătățirea drumului sau necesitatea de a combina proiecte în zone învecinate pentru a obține prețuri de construcție mai competitive. Din cauza acestor tipuri de factori, selecția finală de proiecte și tehnologii trebuie făcută în cooperare cu alte Birouri sau Departamente din cadrul administrației de drumuri. Rezultatele prioritizării multianuale sunt o parte importantă a acestui proces, care ajută administrația de drumuri să evalueze diferitele opțiuni.

Procesul de selectare a proiectelor constă dintr-o serie de activități ingineresti și de planificare care asistă factorii de decizie în dezvoltarea programului multianual de îmbunătățire a drumurilor. Acest proces integrează funcționarea și păstrarea rețelei existente de drumuri cu dezvoltarea pe termen lung și obiectivele de performanță pentru rețeaua de drumuri. Este deseori un proces iterativ care implică o evaluare continuă a alternativelor considerate. Majoritatea administrațiilor de drumuri au procesul lor propriu de selecție a strategiilor.

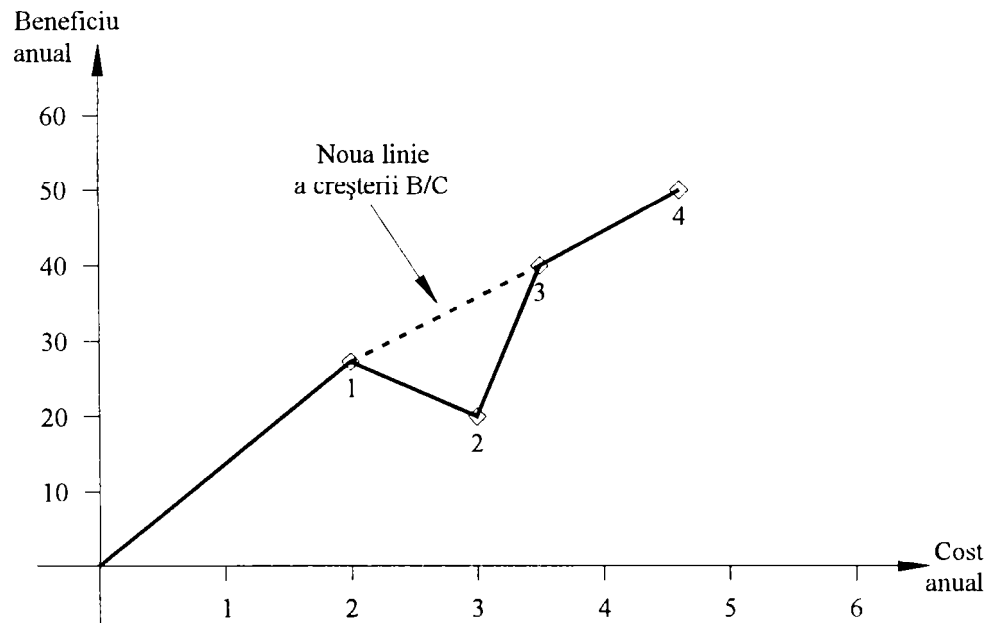


Figura 3.19. Beneficiul anual față de costul anual

Activitățile de selectare a strategiilor. Deși, procesul de selectare a strategiilor variază de la stat la stat, există un număr de activități care sunt folosite în mod normal pentru a ajuta factorii de decizie să identifice, să evalueze și să selecteze proiectele care

vor fi incluse în programul de îmbunătățire a drumurilor. Activitățile cele mai obișnuite sunt:

- evaluarea necesităților rețelei rutiere;
- revederea scopurilor;
- evaluarea avantajelor interproiecte;
- analiza investițiilor.

Evaluarea necesităților rețelei rutiere. Înainte de a începe procesul de selecție a proiectelor, trebuie identificate nevoile proiectului prin utilizarea sistemelor de management existente sau a recomandărilor departamentale. Aceste recomandări, care includ proiecte de poduri, îmbunătățirea îmbrăcămintei drumului, siguranța circulației și creșterea capacității portante, trebuie evaluate pentru determinarea unei liste de cerințe ale rețelei de drumuri.

Scopul acestei evaluări este identificarea sectoarelor rețelei de drumuri pentru reabilitare în ceea ce privește îmbrăcămintea bituminoasă, podurile, caracteristici de siguranță, capacitate portantă etc. În timpul procesului, o echipă de ingineri utilizează informații furnizate de diferite birouri din administrație pentru evaluarea stării diferitelor sectoare ale rețelei sau combină diferite necesități pentru a forma proiecte potențiale.

Revederea detaliată a scopurilor proiectului. Implică vizite pe șantier cu intenția de a identifica toate lucrările necesare pentru îmbunătățirea proiectelor care au fost puse în evidență în activitatea anterioară. Pot fi realizate de personal specializat sau pot include reprezentanți din toată administrația de drumuri, inclusiv secții.

Evaluarea problemelor interproiect. Toate necesitățile de îmbunătățire sunt evaluate și prioritizate în ordinea importanței pentru fiecare proiect individual sau sector de rețea. Unele necesități sunt combinate într-un proiect sau amânate pentru un moment mai bun .

Analiza investiției. Costurile estimate pentru îmbunătățirea fiecărui component al programului de drumuri (drumuri europene, poduri, trafic și siguranță, programe locale etc.) sunt analizate pentru determinarea cerințelor prezente și viitoare. Nevoile bugetare sunt comparate cu veniturile prognozate și alocațiile bugetare statale și locale pentru stabilirea programului de îmbunătățire care îndeplinește cel mai bine obiectivele administrației de drumuri.

Integrarea managementului drumurilor în procesul de selecție a proiectelor. Informația dintr-o analiză de prioritizare multianuală este o parte importantă a

procesului de selecție a proiectului. Activitățile și informațiile furnizate ajută factorii de decizie în:

- determinarea stării globale a rețelei de drumuri;
- selectarea tehnologiilor de întreținere cost-eficiente;
- evaluarea eficienței diferitelor strategii de păstrare în starea globală a rețelei;
- evaluarea efectului diferitelor scenarii bugetare în starea rețelei rutiere;
- determinarea nevoile bugetare și stabilirea limitelor de buget.

Biroul de Pavement Management Systems (PMS) poate activa coordonând efortul diferitelor divizii din administrația de drumuri. Următoarele exemple ilustrează acest punct:

- într-o administrație de stat, **Secția de management al drumurilor** lucrează cu **Comitetul de proiectare a drumurilor** la analiza diferitelor strategii de reabilitare, cum sunt straturi bituminoase subțiri, multiple, sau ce strategie trebuie luată în considerare. Aceste tipuri de decizii devin importante când Secția de management al drumurilor analizează strategii de reabilitare fezabile ca parte a procesului de prioritizare multianuală;

- altă administrație, lista de prioritizare a proiectelor de întreținere a drumurilor este utilizată ca bază pentru determinarea tuturor amplasărilor fezabile de revăzut de către comitetul de specialitate. După ce comitetul revede fiecare amplasament, se pregătesc scopurile pentru fiecare proiect. Acestea descriu îmbunătățirea și nevoile bugetare pentru fiecare proiect. Pe baza informațiilor din aceste vizite, proiectele sunt reprioritizate și lista PMS este utilizată pentru înregistrarea proiectelor finale și furnizarea informațiilor pentru restul de administrații de drumuri. Un beneficiu al integrării rezultatelor analizei prioritizării multianuale în procesul de selecție a proiectului este că eficiența procesului de pre construcție este uneori mult îmbunătățit. Unele administrații de drumuri au obținut și o coordonare îmbunătățită a eforturilor diferitelor divizii. Ca rezultat, apare o mai bună înțelegere a proiectelor selectate pentru program și sunt necesare mai puține schimbări o dată ce un proiect a fost programat.

3.4. STUDIU DE CAZ. ALEGEREA STRATEGIEI OPTIME DE ÎNTREȚINERE PE BAZA PRIORITIZĂRII MULTIANUALE

3.4.1. Evaluarea stării tehnice

În scopul programării lucrărilor de întreținere a drumurilor este necesară cunoașterea stării tehnice a rețelei de drumuri din toate punctele de vedere, iar

investigarea drumurilor devine o necesitate obiectivă. Investigarea drumurilor oferă administratorului de drumuri informații privind:

- desășurarea traficului rutier;
- starea suprafeței de rulare;
- capacitatea portantă a complexului rutier.

Starea tehnică prezintă o serie de caracteristici care pot fi grupate în două mari categorii:

- caracteristici funcționale;
- caracteristici structurale.

Caracteristicile funcționale principale sunt:

- planeitatea;
- rugozitatea suprafeței de rulare.

Caracteristicile structurale se referă la:

- capacitatea portantă a complexului rutier;
- starea de degradare structurală.

Aceste caracteristici interesează administratorul de drumuri, de ele depinzând confortul și siguranța circulației rutiere.

Consiliul Județean Sălaj a inițiat o expertiză a drumului județean 108 A Românași-Creaca-Jibou, între km 40+000...59+000, cu scopul de a moderniza acest drum în contextul realizării parcului industrial Jibou.

3.4.1.1. Evaluarea stării de degradare

Pentru a defini cât mai precis caracteristicile stării tehnice a drumului investigat, s-a efectuat evaluarea stării de degradare pe sectoare de 1 km prin vizualizare.

Drumul investigat prezintă degradări atât de suprafață cât și în structura rutieră (de tipul fisurilor, crăpăturilor, tasărilor, faianțărilor, gropilor, etc.), degradări ce pun în evidență necesitatea efectuării unor lucrări care să asigure un nivel de circulație solicitat de utilizatorii drumului.

3.4.1.2. Determinarea capacității portante

Capacitatea portantă a drumurilor este definită de deformația elastică (deflexiunea). Pe sectoarele de drum analizate, capacitatea portantă a fost determinată cu ajutorul deflectometrului PHONIX MLY 10 000, în profile transversale situate la distanța de 200 m între ele. În figurile 3.20 și 3.21. se prezintă schematic aparatul ce măsoară deflexiunile din structura rutieră existentă și bazinul de deflexiuni înregistrate. Rezultatele măsurătorilor sunt înregistrate și stocate prin intermediul unui procesor de

sistem, în memoria unui computer (un laptop, COMPAQ LTE Lite/20) prevăzut cu o imprimantă (KODAK DICONIX 180 SI).

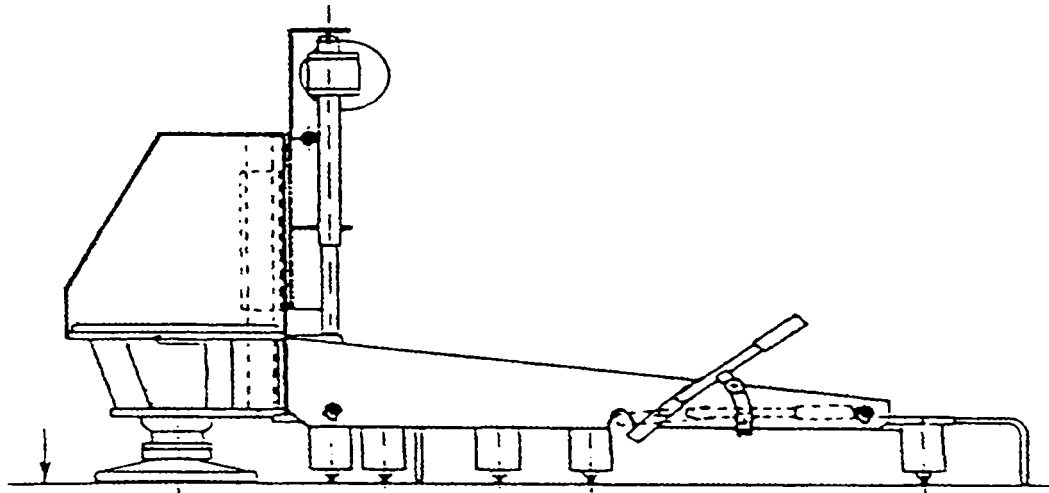


Figura 3.20. Schema de prezentare a deflectometrului

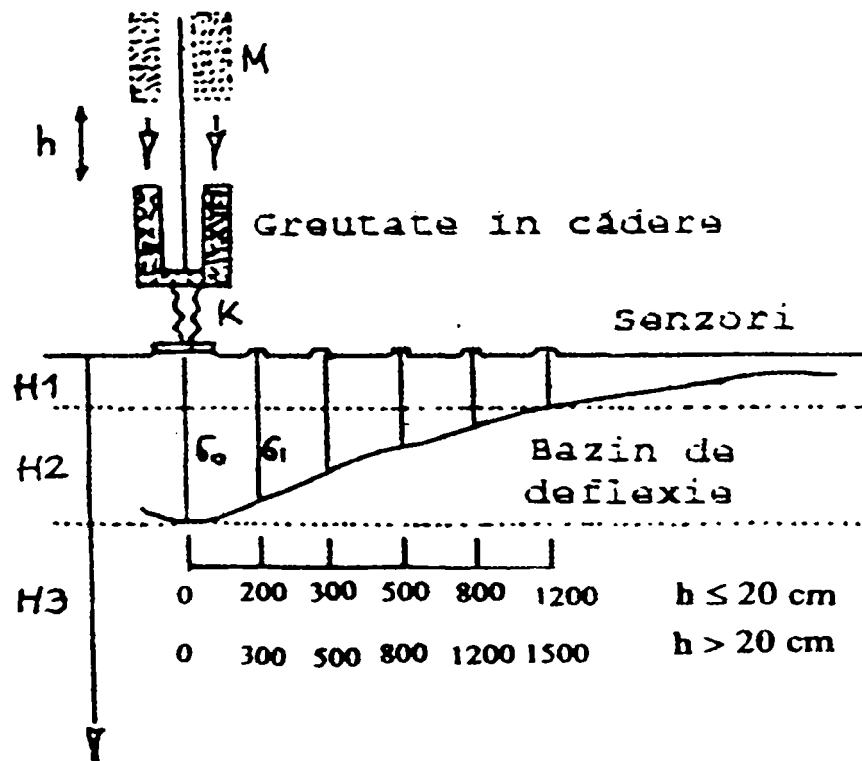


Figura 3.21. Schema dispunerii geofonilor și bazinul de deflexiune înregistrat

Valorile deflexiunilor sunt exprimate în microni. Intervalul de variație a deflexiunilor pe aceste sectoare de drum sunt cuprinse între 120...1 220 microni.

În figura 3.22. este prezentată variația în profil longitudinal a deflexiunilor.

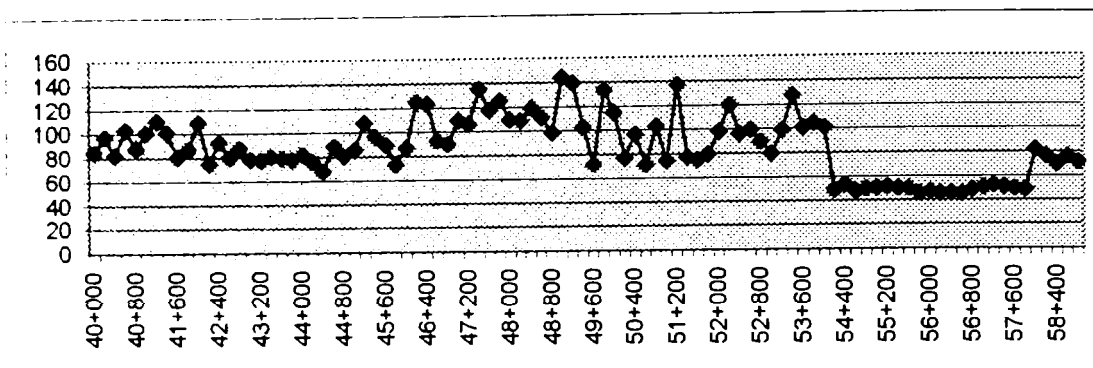


Figura 3.22. Variația în profil longitudinal a deflexiunilor

Valorile deflexiunii (d_1) sunt prelucrate pentru fiecare secțiune de drum și pentru întregul traseu de drum analizat. Indicatorii statistici calculați sunt:

D_{M20} este deflexiunea medie corespunzătoare temperaturii normale de 20°C , în μ ;

S_{20} - abaterea medie pătratică, în μ ;

C_v - coeficientul de variație, %;

d_c - deflexiunea caracteristică, în μ ;

$$d_c = D_{M20} + t_{\alpha} \times S_{20} \quad (3.54.)$$

t_{α} - coeficientul care depinde de probabilitatea de apariție (α) a unor valori ale deflexiunii mai mari decât deflexiunea caracteristică, numărul de valori (n) și de clasa tehnică a drumului, conform tabelului 3.13.:

Tabelul 3.13.

N	Clasa tehnică	
	I, II, III	IV, V
	α	
	1,5 %	2,5 %
≤ 20	2,34	2,09
≥ 20	2,20	1,96

Pentru structurile rutiere suple, cu grosimi totale ale straturilor bituminoase care variază între 6...12 cm, criteriile de apreciere a capacității portante pe baza deflexiunii caracteristice sunt următoarele (tabelul 3.14.):

Tabelul 3.14.

d_c [μm]	Sub 500	500...650	651...800	peste 800
Calificativ	Foarte bună	Bună	Mediocră	Rea

În tabelul 3.15. sunt prezentate valorile indicatorilor statistici și calificativele de capacitate portantă funcție de valoarea deflexiunii caracteristice. Din analiza tabelului 3.15. rezultă că deformabilitatea este variabilă pe sectorul analizat, între 15,8...34,91 %. Din punct de vedere al capacității portante numai sectorul km 54+100...57+800, cu îmbrăcăminte din beton de ciment, satisface circulația rutieră, nefiind necesară ranforsarea acestui sector de drum.

Tabelul 3. 15.

Sector km...km	N	d _M [μm]	D _{M20} [μm]	S [μm]	C _v [%]	d _c [μm]	Califi- cativ
40+000...50+930	55	697	752	240	31,9	1 222	Rea
50+930...54+100	16	704	760	225	29,5	1 201	Rea
54+100...57+800	19	166	179	28	15,8	234	Bună
57+800...59+000	6	400	437	153	34,91	737	Mediu

Pentru analiza sectoarelor de drum s-au folosit deflexiunile Benkelman. Programul de calcul care asigură transferul deflexiunilor face corelația de temperatură a deflexiunilor și transformarea acestora în deflexiuni Benkelman pe baza relației stabilită între deflexiunile dinamice FWD și deflexiunea Benkelman.

$$d_B = 0.9 \times d_{FWD} + 34 \quad (3.55.)$$

unde :

d_B este deflexiunea Benkelman ;

d_{FWD} - deflexiunea măsurată cu aparatul FWD.

Deflexiunile Benkelman, obținute pe baza relației 3.55, au pus în evidență o capacitate portantă insuficientă și neuniformă, fiind necesare lucrări de ranforsare.

3.4.1.3. Planeitatea în profil longitudinal a suprafeței

Uniformitatea în profil longitudinal a fost determinată cu analizorul de profil în lung APL 72 și exprimată prin indicele IRI, care este o notă internațională de planeitate.

Unitatea de măsură a indicelui IRI este m/km.

În figura 3.23. sunt prezentate diagramele de variație a valorilor IRI.

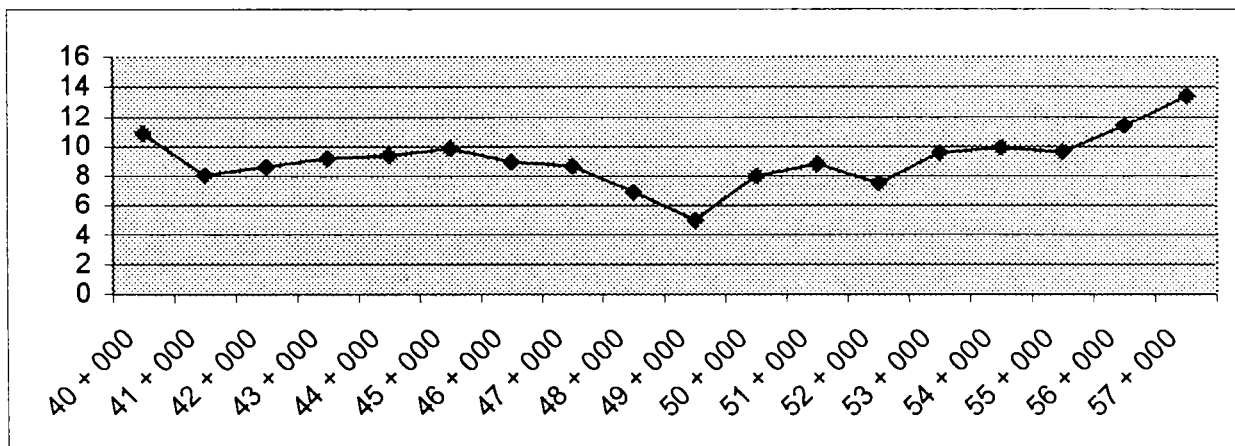


Figura 3.23. Diagrama de variație a valorilor IRI

Din analiza individuală a valorilor IRI și a diagramei a rezultat că planeitatea este FOARTE PROASTĂ ,valorile IRI fiind mai mari de 6.0 m/km, cu excepția sectorului km 49+000...50+000 unde valorile IRI încadrează calitatea suprafeței de rulare ca fiind acceptabilă.

3.4.2. Determinarea grosimii straturilor de ranforsare

Pe baza valorilor deflexiunilor măsurate cu ajutorul deflectometrului cu solcitare dinamică FWD Phonix MLY 10 000, s-au calculat grosimile straturilor de ranforsare.

Calculul de dimensionare s-a realizat cu ajutorul unui program de calcul Phonix Design Program.

Parametrii principali care intervin în calculul de dimensionare sunt:

- modul de alcătuire al structurii rutiere;
- traficul exprimat în osii standard, pentru perioadele de perspectivă de 10 și 5 ani;
- perioadele proiectare de 10 și 5 ani.

3.4.2.1. Alcătuirea structurii rutiere

Structura rutieră existentă, determinată prin sondaje deschise efectuate, este prezentată în tabelul 3.16.

Tabelul 3.16.

Poziția km...	Modul de alcătuire
40+200	49 cm balast 11 cm mixtură asfaltică
44+600	10 cm balast 50 cm piatră spartă 6 cm mixtură asfaltică
45+800	38 cm balast 5.5 cm piatră spartă 9 cm mixtură asfaltică
48+000	40 cm balast 6 cm piatră spartă 14 cm mixtură asfaltică
48+800	36 cm balast 5 cm piatră spartă 10 cm mixtură asfaltică
50+200	40 cm balast 5 cm piatră spartă 10 cm mixtură asfaltică
52+400	34 cm balast 5 cm piatră spartă 15 cm mixtură asfaltică
53+000	36 cm balast 12 cm piatră spartă 14 cm mixtura asfaltică
57+600	20 cm balast 10 cm piatră spartă 20 cm beton de ciment 7 cm mixtură asfaltică

3.4.2.2. Calculul traficului de perspectivă

Traficul de perspectivă a fost calculat pe baza recensământului din anul 2000 și exprimat în osii standard, prezentat în tabelul 3.17. pentru perioada de proiectare de 5 ani (2002...2007).

Tabelul 3.17.

Limite sector km...km.	Osii standard, OS						
	2000	2005	2010	2015	2020	2002	2007
40+000...50+930	125	149	187	229	262	134	164
50+930...57+768	99	118	148	182	209	107	130

Rata de creștere pentru fiecare limită de sector s-a calculat cu relația :

$$r = \left(\sqrt[5]{\frac{OS_{2007}}{OS_{2002}} - 1} \right) \times 100 \quad (3.56.)$$

În tabelul 3.18. sunt prezentate ratele de creștere a volumului de trafic pentru fiecare limită de sector :

Tabelul 3.18.

Limite sector	Rata de creștere [%]
40+000...50+930	4,1
50+930...57+768	4,1

Pentru perioada de proiectare de 10 ani (2002...2012), traficul de perspectivă este prezentat în tabelul 3.19:

Tabelul 3.19.

Limite sector km...km.	Osii standard, OS						
	2000	2005	2010	2015	2020	2002	2012
40+000...50+930	125	149	187	229	262	134	204
50+930...57+768	99	118	148	182	209	107	162

Rata de creștere pentru fiecare limită de sector s-a calculat cu relația 3.57:

$$r = \left(\sqrt[10]{\frac{OS_{2012}}{OS_{2002}} - 1} \right) \times 100 \quad (3.57.)$$

În tabelul 3.20. sunt date ratele de creștere a volumului de trafic pentru fiecare limită de sector, pentru perioada de proiectare de 10 ani.

Tabelul 3.20.

Limite sector	Rata de creștere [%]
40+000...50+930	4,3
50+930...57+768	4,3

Calculul grosimii straturilor de ranforsare cu Design Program comportă 4 etape :

- evaluarea deflexiunilor măsurate;
- calculul modurilor de elasticitate pentru fiecare strat al structurii rutiere, în fiecare punct de măsurare;
- calculul duratei de exploatare rămasă;
- calculul grosimii necesare a straturilor de ranforsare pentru o perioadă de perspectivă și un volum de trafic rezultat.

Calculul modului de elasticitate dinamic al straturilor bituminoase (E_1)

Modulul de elasticitate dinamic al straturilor bituminoase (E_1) este calculat în fiecare punct de măsurare cu ajutorul programului Design Program.

În tabelul 3.21. sunt prezentate valorile indicatorilor statistici:

Tabelul 3.21.

Sector km...km	Modulul de elasticitate dinamic [MPa]				
	n	E_{1m} [Mpa]	S [Mpa]	C_v [%]	Intervalul de variatie [Mpa]
40+000...50+930	55	3 427	2 810	82,0	534...14 392
50+930...54+100	16	1 775	735	41,4	654...3 067
54+100...57+800	19	3 424	528	15,0	2 812...4 696
57+800...59+000	6	7 289	4 765	65,3	628...14 103

E_{1m} este valoarea medie a modului de elasticitate dinamic al straturilor bituminoase existente, MPa;

S – abaterea medie pătratică, Mpa;

C_v – coeficientul de variație, %.

Din analiza tabelului 3.21. rezultă că modulul de elasticitate E_m variază între 1 775 și 7 289 MPa, iar coeficientul de variație între 15...82 %.

În “Normativul pentru dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare a sistemelor rutiere suple și semirigide” indicativ AND 550, valorile de calcul ale modului de elasticitate dinamic ale straturilor asfaltice existente pentru tipul climateric II, variază între 2 500 și

3 300 MPa, în funcție de starea de degradare. Din cele prezentate rezultă că traseul studiat are o capacitate portantă neuniformă și insuficientă.

Durata de exploatare rămasă și anume numărul de ani în care structura rutieră poate prelua solicitările datorate traficului de perspectivă este în funcție atât de capacitatea portantă cât și de volumul de trafic, deci reprezintă momentul până la care trebuie intervenit cu lucrări de întreținere

În tabelul 3.22. și 3.23. este prezentată durata de exploatare reziduală, în ani pentru perioada de proiectare de 5 și 10 ani, precum și grosimea de ranforsare necesară a se realiza și urgențele lucrărilor ce trebuie efectuate.

Tabelul 3.22.

Limite sector km...km	Durata de exploatare rămasă, [ani]	Urgența de remediere	Grosimea de ranforsare [cm]	Lungime sector, [km]
40+000...42+500	2	I	2.5	2.5
42+500...45+100	4	II	0.5	2.6
45+100...46+100	2	I	3.0	1.0
46+100...47+100	1	I	4.0	1.0
47+100...48+500	0	I	4.0	1.4
48+500...50+100	1	I	4.0	1.6
50+100...51+300	5	III	1.5	1.2
51+300...53+300	5	III	1.0	2.0
53+300...54+100	1	I	3.0	0.8
54+100...59+000	16	III	0	4.9
			Total	19

Tabelul 3.23.

Limite sector km...km	Durata de exploatare rămasă [ani]	Urgența de remediere	Grosimea de ranforsare [cm]	Lungime sector, [km]
40+000...40+700	3	II	3.0	0.7
40+700...41+500	1	I	5.0	0.8
41+500...42+500	2	I	4.0	1.0
42+500...44+500	4	II	2.0	2.0
44+500...46+900	1	I	5.0	2.4
46+900...48+500	1	I	6.0	1.6
48+500...50+100	1	I	5.5	1.6
50+100...53+300	6	III	2.5	3.2
53+300...54+100	1	I	4.5	0.8
54+100...58+100	19	III	0	4.0
58+100...59+000	6	III	1.5	0.9
			Total	19

Cunoscând starea drumului luat în studiu, capacitatea sa portantă fiind neuniformă, este necesar a se stabili strategiile de ranforsare pe fiecare secțiune omogenă. În acest sens s-a efectuat o analiză economică și o prioritizare a lucrărilor de întreținere cu utilizarea eficientă a fondurilor.

3.4.3. Analiza economică și prioritizarea lucrărilor de întreținere

Analiza economică s-a făcut cu ajutorul modelului economic HDM III și s-a bazat pe compararea unor strategii de întreținere cu o strategie de referință.

Utilizarea modelului HDM (Highway Design Model) cuprinde următoarele faze:

- constituirea unei baze de date;

- stabilirea criteriilor de definire a unor secțiuni omogene funcție de parametrii de stare tehnică;

- definirea unor politici de întreținere pe termen scurt și lung;

- stabilirea priorităților de întreținere.

3.4.3.1. Constituirea bazei de date

Baza de date se referă la: lungimea sectorului, mediu (tip climateric, tip pământ), portanță, deflexiunea structurii rutiere, planeitatea suprafeței de rulare, modul de alcătuire a structurii rutiere, starea de degradare.

3.4.3.2. Stabilirea secțiunilor omogene

Pe baza datelor privind capacitatea portantă (deflexiunea Benkelman), planeitatea (exprimată în valori IRI) și starea de degradare, s-au stabilit criteriile de selectare a secțiunilor omogene necesare analizei economice folosind modelul HDM, astfel:

- stabilirea claselor de deflexiuni;

- stabilirea claselor pentru valorile indicelui de planeitate IRI;

- stabilirea claselor de trafic.

S-au definit două clase de deflexiuni “A” și “B” :

A pentru deflexiunea < 100, 0.01 mm ;

B pentru deflexiunea > 100, 0.01 mm

Valorile individuale IRI, obținute în urma măsurărilor de planeitate efectuate pe drumul expertizat, luate în studiu sunt încadrate în următoarele clase:

A < 5,5

5,5 < B < 10

C > 10

Clasele de trafic, conform modelului HDM, stabilite pentru rețeaua de drumuri secundare din România sunt :

$T_1 < 1\ 500$ vehicule / zi;

$1\ 500 < T_2 \leq 3\ 000$ vehicule / zi;

$3\ 000 < T_3 \leq 5\ 000$ vehicule / zi ;

$5\ 000 < T_4 \leq 7\ 500$ vehicule / zi ;

$7\ 500 < T_5 \leq 10\ 000$ vehicule / zi ;

$T_6 > 10\ 000$ vehicule / zi.

Pe baza unui calcul statistic s-au stabilit două clase de trafic:

$T_1 < 1\ 000$ vehicule / zi ;

$T_2 > 1\ 000$ vehicule / zi.

Criteriile după care se stabilesc secțiunile omogene sunt :

- clasificarea: S;
- trafic: T_1, T_2 ;
- planeitate: A, B, C;
- capacitate portantă: A, B.

Secțiunile omogene includ toate sectoarele de drum caracterizate de aceleași valori ale parametrilor mai sus menționați.

De exemplu, indicativul unei secțiuni poate fi : S1AB (clasificare S – drum secundar, clasa de trafic 1, valori IRI mai mici de 5,5 și deflexiunea mai mare de 100, 0.01 mm).

Analiza economică se face la nivel de drum și ca urmare luând în considerare criteriile de stabilire a secțiunilor omogene au rezultat 5 secțiuni omogene, care sunt prezentate în tabelul 3.24. și figura 3.24.

Tabelul 3.24

Sectoare omogene	Poziții kilometrice, km...km
S1AA L = 0.4 km	48+800... 49+000
	49+600... 49+800
S1AB L = 1.6 km	48+000... 48+800
	49+000... 49+600
	49+800... 50+000
S1BA L = 9.8 km	40+000... 40+600
	40+800... 41+000
	41+600... 42+000
	42+200... 45+200
	45+400... 46+200
	46+600... 47+000
	50+200... 50+800
	51+000... 51+200
	51+400... 52+200
	52+400... 53+400
54+200... 56+000	
S1BB L = 4.2 km	40+600... 40+800
	41+000... 41+600
	42+000... 42+200
	45+200... 45+400
	46+200... 46+600
	47+000... 48+000
	50+000... 50+200
	50+800... 51+000
	51+200... 51+400
	52+200... 52+400
53+400... 54+200	
S1CA L = 3.0 km	56+000... 59+000

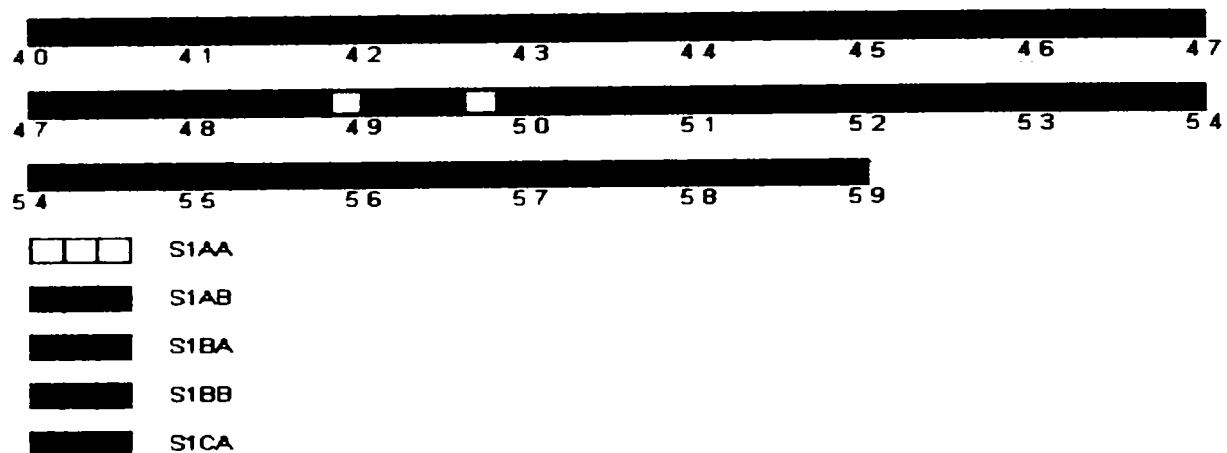


Figura 3.24. Sectoarele omogene

3.4.3.3. Definirea unor strategii de întreținere optimă pe termen scurt și lung

Ținând cont de rezultatele calculului de dimensionare au fost stabilite următoarele politici de intervenție (tabelul 3.25.):

Tabelul 3.25.

Codul politicii	Tipul de lucrare
REFE	Plombarea gropilor 100 %
TRP	Tratament bituminos simplu (cu grosimea de 1,5 cm) programat
TRC	Tratament bituminos simplu (cu grosimea de 1,5 cm) când suprafața degradată depășește 30 %
CC4	Covor asfaltic (în grosime de 4 cm) când valoarea lui IRI > 5
CP4	Covor asfaltic (în grosime de 4 cm) programat
CC5	Covor asfaltic (în grosime de 5 cm) când valoarea lui IRI > 5,5
CP5	Covor asfaltic (în grosime de 5 cm) programat

În tabelul 3.26. sunt prezentate costurile unitare financiare și economice (fără TVA) a lucrărilor de întreținere la nivelul anului 2002 pentru drumurile județene, utilizate de beneficiar.

Tabelul 3.26.

Tipul de lucrare	Costuri financiare (\$) (cu TVA)	Costuri economice (\$) (fără TVA)
Plombarea gropilor / m ²	5.2	4.4
Tratament bituminos simplu / m ²	0.94	0.8
Tratament bituminos dublu / m ²	1.88	1.6
Covor asfaltic 4 cm / m ²	4.67	3.9
Covor asfaltic 5 cm / m ²	5.83	4.9
Întreținerea curentă / km / an	1 382	1 161

Notă: Calculul s-a efectuat pentru 1\$ = 33 000 lei

3.4.3.4. Stabilirea priorităților de intervenție

Modelul de analiză economică HDM permite:

- analiza fiecărei secțiuni omogene rezultate;
- elaborarea unor rapoarte care cuprind:
 - tipul lucrărilor de întreținere pe perioada analizată pentru fiecare strategie;
 - evoluția condițiilor de stare tehnică pentru perioada analizată;
 - beneficiul și rata internă de rentabilitate (drept criterii de selecție a unei strategii de întreținere).

Modelul de analiză HDM, include și costurile de exploatare a vehiculelor pentru categoriile de vehicule luate în considerare .

Analiza economică a fost făcută pentru o perioadă de 10 ani, având ca an de referință anul 2002, pentru o rată de actualizare de 12 %. Costurile sunt exprimate în milioane dolari. Pentru analiza economică s-au stabilit, pe baza politicilor de întreținere, mai multe grupe de strategii.

Pentru exemplificare am ales un singur grup de strategii cel mai reprezentativ pentru drumul analizat (tabelul 3.27)

Tabelul 3.27. (GS)

Codul strategiei	Anul de aplicare	Tipul de lucrare
1. REFE	2002	Plombarea gropilor în proporție de 100 %.
2. GS-A	2002 2010	Covor asfaltic de 4 cm condiționat când IRI > 5. Tratament bituminos cu grosimea de 1,5 cm.
3. GS-B	2002 2005	Tratament bituminos cu grosimea de 1,5 cm. Tratament bituminos cu grosimea de 1.5 cm când suprafața degradată este mai mare de 30 %.
4. GS-C	2002 2003	Plombarea gropilor în proporție de 100 %. Covor asfaltic de 5 cm condiționat când IRI > 5.5.
5. GS-D	2002 2003	Plombarea gropilor în proporție de 100 %. Covor asfaltic de 4 cm condiționat când IRI > 5.5.

Utilizând modelul HDM (Highway Design Model) care este un model economic cu un program de optimizare a lucrărilor de drumuri fără restricții bugetare, s-a luat ca indicator raportul beneficiu/cost: cel mai mare raport beneficiu /cost va indica soluția eficientă de întreținere a drumurilor. Conform graficelor prezentate în figurile 3.25...3.29 au rezultat următoarele soluții eficiente:

- pentru sectorul omogen S1AA a rezultat soluția GS-B ; GS-D și GS-A;
- pentru sectorul omogen S1AB a rezultat soluția GS-B, GS-D și GS-A;
- pentru sectorul omogen S1BA a rezultat soluția GS-B , GS-C și GS-D;
- pentru sectorul omogen S1BB a rezultat soluția GS-B, GS-D și GS-C;

- pentru sectorul omogen SICA a rezultat soluția GS-A, GS-D ..

În figura 3.30. este prezentată schema de calcul folosind programul HDM.

Graficele din figurile 3.25...3.29 pun în evidență :

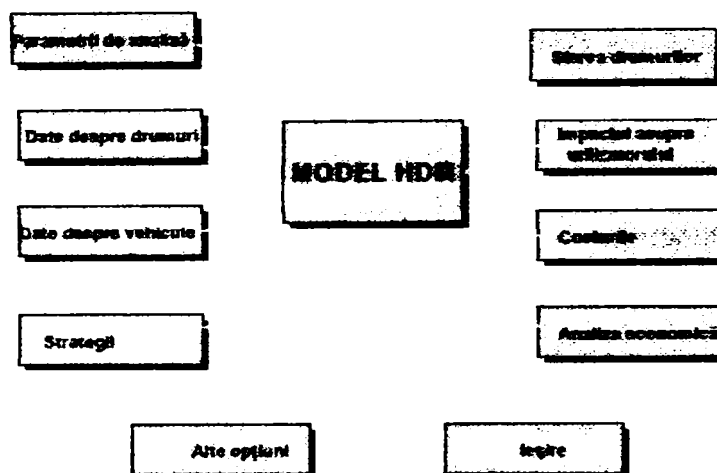


Figura 3.30. Programul economic HDM

- raportul beneficiu/cost (condiția de selectare a tehnologiilor eficiente);
- impactul fiecărei tehnologii analizate asupra uniformității drumului și a costurilor pentru utilizatori;
- creșterea raportului beneficiu/cost. Conform celor prezentate anterior rezultă că tehnologiile care se află pe „frontiera eficienței” sunt cele mai eficiente, având cea mai mare creștere a raportului beneficiu/cost administrație.

Analiza economică cu restricții bugetare se realizează cu ajutorul programului EBM-HS (Expenditure Bedgeting Model – Highway Sector). Acest program ia în calcul: rata de actualizare de 12 %, valoare stabilită de Banca Mondială pentru România, perioada de analiză de 10 ani și capitalul care se impune. Având în vedere că administrația de drumuri dispune de un anumit buget, pentru drumul luat în studiu, prezentăm câteva cazuri plecând de la un buget cât mai mic până la un buget cât mai mare, pentru a stabili impactul restricțiilor bugetare asupra costurilor și asupra stării drumului.

Din calculul de dimensionare au rezultat grosimile de ranforsare, necesare a se realiza pentru a aduce drumul într-o stare de viabilitate corespunzătoare. Costul acestor lucrări este de 650 000 \$, fără a lua în calcul costul altor lucrări de întreținere preventivă ce sunt necesare pe parcursul celor 10 ani de exploatare a drumului. Folosind programul EBM – HS se stabilesc lucrările ce se pot realiza folosind un anumit buget, și comparând cu soluțiile optime rezultate ca urmare a aplicării programului HDM, stabilind impactul acestora asupra rețelei rutiere și asupra costurilor.

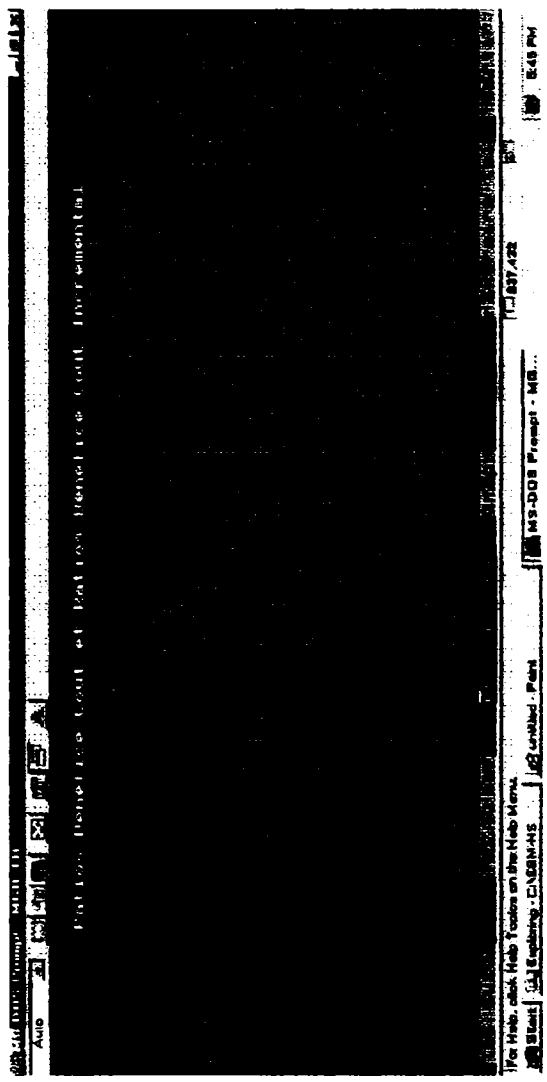


Figura 3.25 Soluția optimă pentru secțiunea S1A A

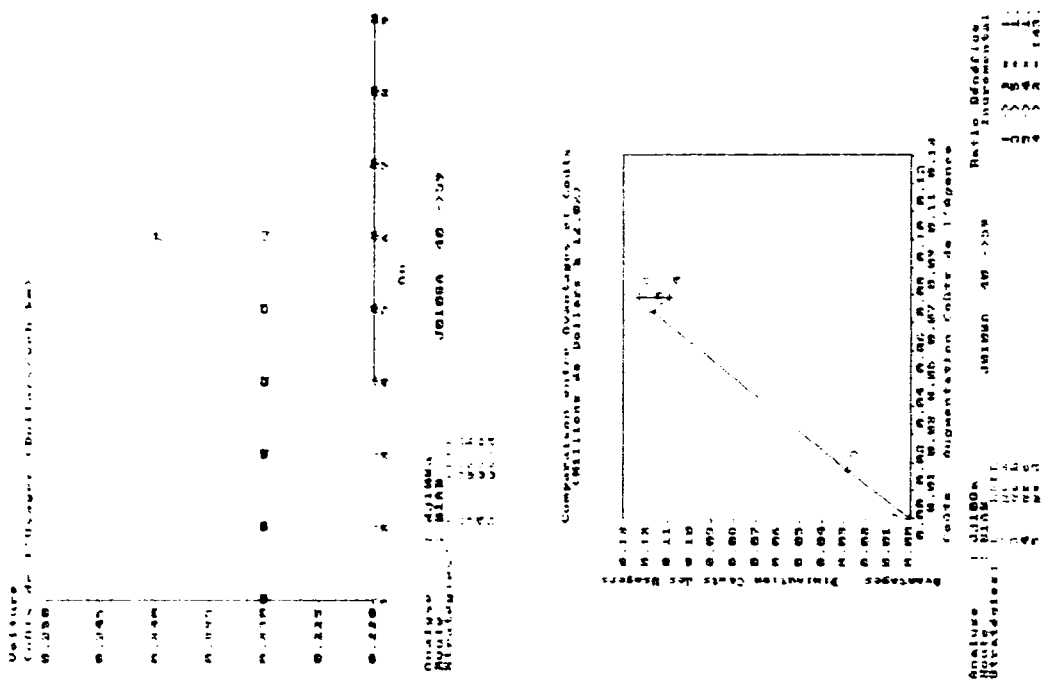
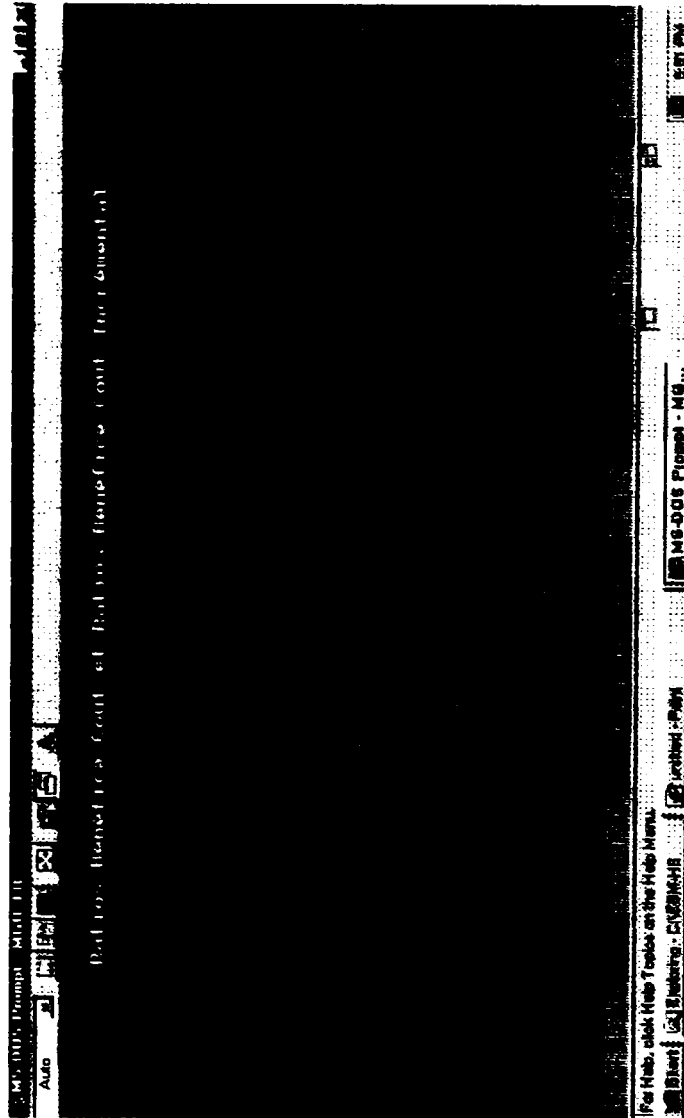


Figura 3.26. Soluția optimă pe sectorul SIAE



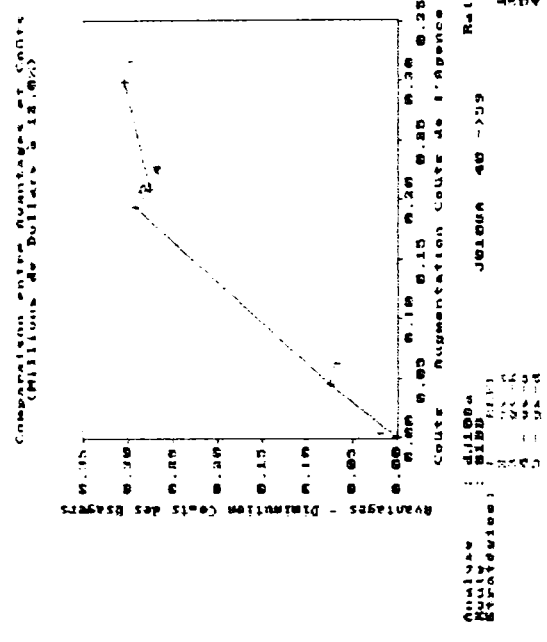
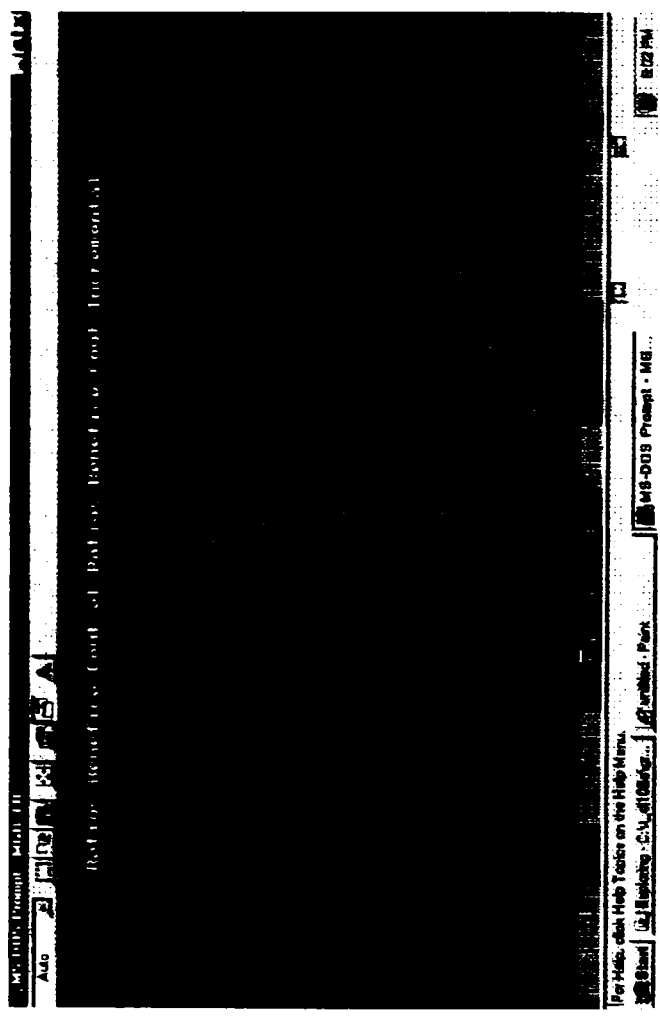
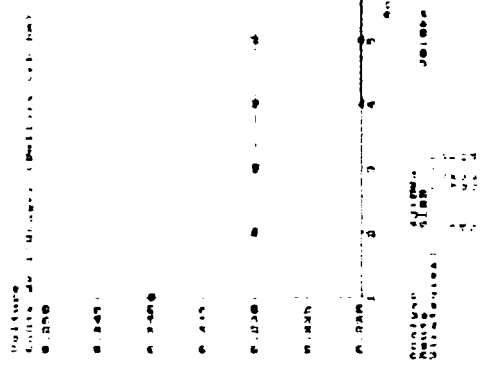


Figura 3.28. Soluția optimă pe sectorul SIBB

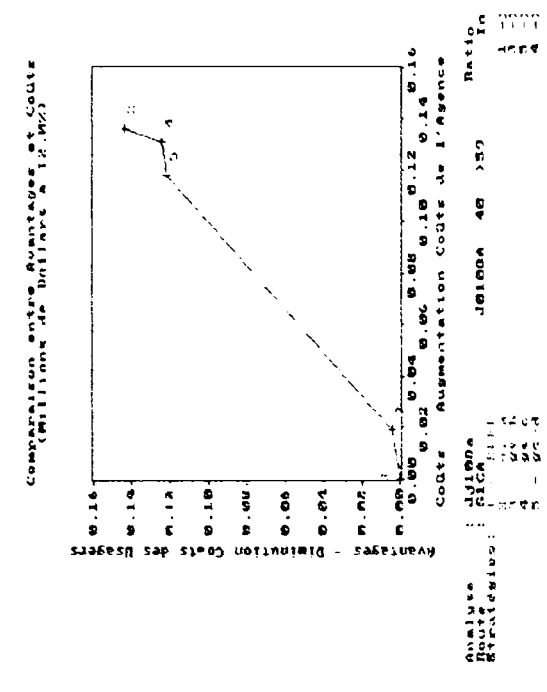
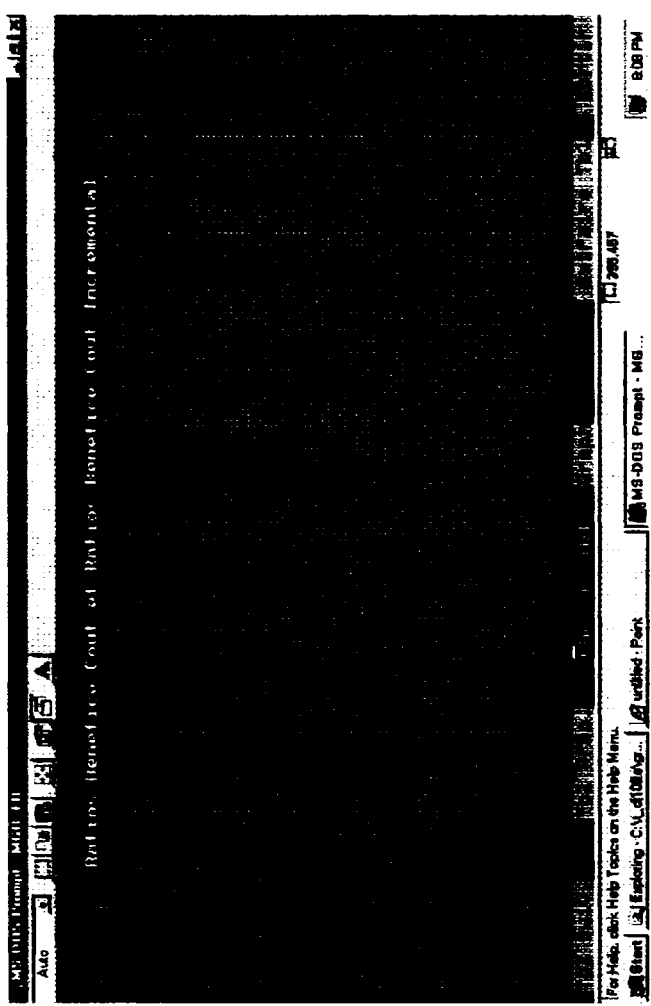
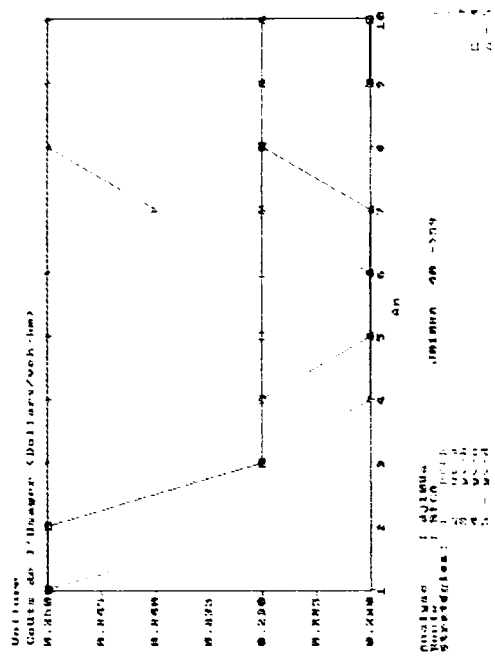


Figura 3.29. Soluția optimă pe sectorul SICA

Pentru un capital de 650 000 \$, capital necesar, conform calculului de dimensionare, au rezultat următoarele soluții eficiente (tabelul 3.28.)

Tabelul 3.28.

Scenariul bugetar pe 10 ani														
Perioada de timp		1...10												
Capital		0.65 (mil. \$)												
Secțiune Omogenă	Soluția optimă	B	C	B/C	Alocări fonduri / an (mil. \$)									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S1AA	GS-A	.025	.058	.431										
S1AB	GS-A	.044	.093	.473										
S1BA	GS-B	.04	.122	.327	.15	.14	.14	.08	0	.01	0	0	.02	0
S1BB	GS-D	.098	.23	.426										
S1CA	Refe	.000	.000	0										
Total		.207	.503	.411										

Din analiză rezultă ca pentru un capital de 650 000 \$ se pot realiza tehnologiile optime conform programului HDM pe 4 secțiuni omogene, iar pe o secțiune nu se va realiza nimic deoarece bugetul este insuficient.

Pentru un capital de 810 000 \$, au rezultat următoarele soluții eficiente conform tabelului 3.29

Tabelul 3.29

Scenariul bugetar pe 10 ani														
Perioada de timp		1...10												
Capital		0.81 (mil. \$)												
Secțiune Omogenă	Soluția Optimă	B	C	B/C	Alocări fonduri / an (mil. \$)									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S1AA	GS-A	.027	.058	.465										
S1AB	GS-A	.044	.093	.473										
S1BA	GS-B	.04	.122	.327	.21	.19	.19	.08	0	.01	0	0	.03	0
S1BB	GS-D	.098	.23	.426										
S1CA	GS-A	.008	.126	0										
TOTAL		.216	.664	.190										

Din analiză rezultă ca pentru un capital de 810 000 \$ reușește să aleagă o soluție eficientă din punct de vedere tehnic și economic și pe sectorul S1CA, care pentru un buget insuficient se puteau realiza doar plombări.

În figura 3.31 se prezintă repartitia lucrărilor pe drumul expertizat pentru un buget de 810 000 dolari.

Repartitia lucrărilor pe 10 ani pentru un buget de 810 000 dolari

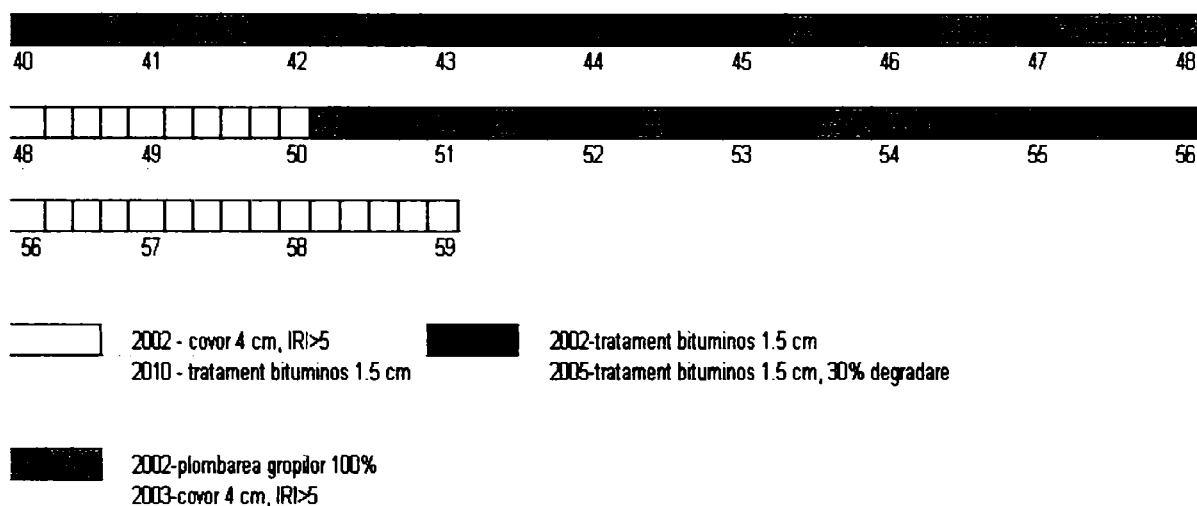


Figura 3.31.Repartitia lucrărilor pe 10 ani pentru un buget de 810 000 dolari

Pentru un capital de 850 000 \$, au rezultat următoarele soluții eficiente conform tabelului 3.30

Tabelul 3.30.

Scenariul bugetar pe 10 ani														
Perioada de timp		1...10												
Capital		0.85 (mil. \$)												
Secțiunea omogenă	Soluția optimă	B	C	B/C	Alocări fonduri / an (mil. \$)									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S1AA	GS-A	.027	.058	.465										
S1AB	GS-A	.044	.093	.473										
S1BA	GS-B	.04	.122	.327	.21	.19	.19	.08	0	.01	0	0	.03	0
S1BB	GS-D	.098	.23	.426										
S1CA	GS-A	.008	.126	0										
Total		.216	.664	.190										

Din analiză rezultă că pentru un capital de 850 000 \$ reușește să aleagă aceleași soluții eficiente din punct de vedere tehnic ca și pentru un capital de 810 000 \$. Diferența de 40 000 \$ nu poate fi investită în nici o altă lucrare mai bună din punct de vedere tehnic, deoarece bugetul rămas este insuficient.

Pentru un capital de 1 000 000 \$, au rezultat următoarele soluții eficiente conform tabelului 3.31

Tabelul 3.31.

Scenariul bugetar pe 10 ani														
Perioada de timp		1...10												
Capital		1.0 (mil. \$)												
Secțiunea omogenă	Soluția optimă	B	C	B/C	Alocări fonduri / an (mil. \$)									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S1AA	GS-A	.008	.013	.615										
S1AB	GS-A	.044	.093	.473										
S1BA	GS-C	.193	.635	.304	.09	.04	0	.45	0	.05	0	0	.01	0
S1BB	GS-B	.030	.052	.576										
S1CA	refe	0	0	0										
Total		.274	.794	.345										

Din analiză rezultă că pentru un capital de 1 000 000 \$ reușește să aleagă soluția optimă din punct de vedere tehnic pe secțiunea S1BA (9,8 km), dar pe secțiunile S1CA nu mai pot fi realizate lucrările necesare conform programului HDM, deoarece bugetul de 1 000 000 \$ a fost cheltuit.

Pentru un capital de 1 450 000 \$, au rezultat următoarele soluții eficiente conform tabelului 3.32

Tabelul 3.32.

Scenariul bugetar pe 10 ani														
Perioada de timp		1...10												
Capital		1.45 (mil. \$)												
Secțiunea omogenă	Soluția optimă	B	C	B/C	Alocări fonduri / an (mil. \$)									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S1AA	GS-A	.027	.058	.465										
S1AB	GS-A	.044	.093	.473										
S1BA	GS-C	.193	.635	.304	.14	.59	.19	.48	0	0	0	0	.03	0
S1BB	GS-D	.098	.230	.426										
S1CA	GS-A	.008	.161	.049										
TOTAL		.369	1.177	.314										

Din analiză rezultă ca pentru un capital de 1 450 000 \$ reușește să aleagă soluții eficiente din punct de vedere tehnic pe toate secțiunile omogene cheltuiind 1 440 000 \$, dar u sunt cele mai eficiente din punct de vedere economic.

Folosind programul EBM-HS se pot alege tehnologiile cele mai eficiente din punct de vedere economic și tehnic, folosind un buget minim. Programul alege opțiuni pentru momentul aplicării unui anumit tip de tehnologie folosind un buget limitat. De asemenea acest program determină necesitățile de finanțare pentru a atinge scopul propus. Găsește o combinație optimă de alternative și momente de întreținere pentru orice nivel bugetar.

3.4.4. Concluzii

Urmare expertizării DJ 108 A km 40+000...59+000 au rezultat următoarele aspecte :

- drumul are o planeitate necorespunzătoare, (IRI mai mare 6 m/km), cu consecințe negative asupra utilizatorilor drumului (confort, siguranța circulației, consumuri suplimentare de carburanți, uzura prematură a vehiculelor) ;

- capacitatea portantă redusă pe 74 % din lungimea sectorului investigat .

Din studiul economic HDM pe sectorul investigat, studiu ce ia în considerare:

- planeitatea IRI;
- deformabilitatea structurii rutiere;
- traficul rutier prezent și de perspectivă;
- durata de exploatare reziduală;
- starea de degradare,

au rezultat următoarele soluții eficiente:

- pentru sectorul omogen S1AA a rezultat soluția GS-B, GS-D și GS-A;
- pentru sectorul omogen S1AB a rezultat soluția GS-B, GS-D și GS-A;
- pentru sectorul omogen S1BA a rezultat soluția GS-B, GS-C și GS-D;
- pentru sectorul omogen S1BB a rezultat soluția GS-B, GS-C și GS-D;
- pentru sectorul omogen S1CA a rezultat soluția GS-A și GS-D;

Soluțiile propuse sunt eficiente din punct de vedere tehnic și economic, îmbunătățind uniformitatea suprafeței de rulare, scade costul utilizatorilor, iar costurile administrației sunt cele mai mici. Prin aplicarea programului de prioritizare multianuală s-au stabilit atât momentul intervenției cât și tipul tehnologiei.

3.5.CONCLUZII PRIVIND OPTIMIZAREA ÎNTREȚINERII DRUMURILOR

Studiile și cercetările efectuate au contribuit la punerea în evidență a unor aspecte ce trebuie luate în considerare de către administratorii drumurilor în optimizarea lucrărilor de întreținere. Sunt probleme legate de momentul intervenției și tehnologia aleasă pentru a realiza lucrări de calitate, durabile în timp, folosind eficient resursele bugetare disponibile.

Referitor la starea de degradare, trebuie menționat că structura rutieră prezintă trei stadii de degradare în timpul duratei de exploatare a unei îmbrăcăminiți bituminoase și anume:

- **stadiul 1, de la darea în exploatare până la pragul de alertă**, care este momentul apariției unor degradări nepercepute de utilizatori;

- **stadiul 2, de la pragul de alertă până la pragul de sensibilizare al utilizatorului** – momentul când degradările sunt percepute de utilizatorii drumului;

- **stadiul 3, de la pragul de sensibilizare al utilizatorului până la pragul de intervenție**, ce definește sfârșitul duratei de exploatare a îmbrăcăminților bituminoase.

Durata de exploatare poate fi prelungită sau nu, în funcție de lucrările de întreținere ce se realizează și mai ales, în funcție de tipul acestora și de momentul intervenției. Referitor la prelungirea duratei de exploatare a unei îmbrăcăminți bituminoase, literatura arată că sunt necesare anumite lucrări de întreținere și anume:

- **întreținerea preventivă** trebuie să se efectueze din momentul dării în exploatare până la pragul de alertă;

- **întreținerea curativă** se impune a fi efectuată din momentul ce starea tehnică a îmbrăcămintei bituminoase a ajuns la pragul de alertă până la pragul de sensibilizare a utilizatorului;

- **ranforsarea coordonată** este necesară înainte de a se ajunge la pragul de intervenție.

Din studiile și cercetările efectuate s-a ajuns la concluzia că, starea de degradare a îmbrăcămintei bituminoase joacă un rol important în alegerea tipului de lucrări de întreținere, dar nu singură. Studiile au pus în evidență faptul că, grosimea de ranforsare depinde de trafic și de starea de degradare, astfel:

- grosimea de ranforsare a îmbrăcămintei bituminoase este proporțională cu ratele de creștere a agresivității traficului greu, iar necesitatea întreținerii drumurilor rezidă din creșterea acestuia;

- grosimea de ranforsare poate fi calculată rapid, fără a se apela la măsurători de deflexiuni, cunoscând traficul real și cel prognozat, precum și procentul degradărilor.

Din cele prezentate rezultă necesitatea cunoașterii degradărilor în orice moment. Pentru a rezolva acest deziderat este necesar a se urmări comportarea în exploatare a îmbrăcăminților bituminoase privind modul de evoluție a degradărilor, așa cum s-a arătat în capitolul 2.

Trebuie subliniat că, starea de degradare și traficul ajută la stabilirea grosimii stratului de ranforsare, dar nu la alegerea materialului compozit din care se realizează acest strat.

Din studiile efectuate a rezultat că, pentru a stabili dacă un drum necesită sau nu anumite intervenții, precum și tipul intervențiilor și momentul acestora, este necesar a

cunoaște, în orice moment, factorii determinanți care intervin în luarea deciziilor de către administratorii drumurilor și care se referă la :

- indicii de degradare ai structurii rutiere;
- durata de exploatare rămasă.

În acest sens este necesar și important a cunoaște indicii de degradare care se referă la:

- indicii de degradare ai structurii rutiere pe tipuri de degradări;
- indicele total al structurii rutiere;
- indicele combinat al degradărilor structurii rutiere.

Pentru a obține rezultate fezabile trebuie avut în vedere ca în calculul indicilor de degradare, pe tipuri, să se stabilească:

- tipurile de degradări;
- frecvența culegerii datelor;
- lungimea sectorului de drum;
- tipul indicelui de degradare care trebuie calculat;
- scara de notare pentru fiecare indice de degradare;
- valoarea prag (pragul de intervenție) pentru fiecare indice de degradare, care trebuie stabilită înaintea calculului oricărui indice de degradare;
- nivelurile de gravitate (ridicat, mediu, scăzut) trebuie definite clar;
- extinderea maximă acceptabilă a degradărilor pentru fiecare tip de degradare și pentru fiecare nivel de gravitate, care constituie factorul de greutate, trebuie stabilit înainte de calculul indicilor de degradare combinați.

Luând în considerare cele prezentate, rezultă că indicii de degradare au anumite utilizări dar și limite de utilizare, astfel:

- furnizează informații cu privire la gravitatea și extinderea degradării respective;
- nu exprimă rata degradării sectorului de drum;
- nu reflectă tipul de reabilitare.

Există câteva aspecte importante care pot deriva din utilizarea indicilor de degradare ai structurii rutiere și care se referă la:

- orice indice de degradare permite o mai bună comunicare între inginerii de drumuri;
- indicii de degradare permit specialiștilor să stabilească niveluri de prag critice standard sub care structura rutieră este considerată inacceptabilă și sunt necesare lucrări de întreținere sau ranforsare;

- indicii de degradare ai structurii rutiere permit organismelor responsabile să programeze drumurile și autostrăzile pentru activitățile de întreținere sau reabilitare;

- unii indici de degradare ca (PSI) fac legătura între clasificările subiective și măsurătorile de degradare obiective;

- indicii de degradare determinați de-a lungul anilor permit administrațiilor de drumuri să determine rata deteriorării diferitelor sectoare de drum din rețea și permit inginerilor din administrație să modifice modelele de prognoză ale performanței;

- indicii de degradare permit proiectantului de drumuri să privească înapoi la metoda de proiectare și să analizeze efectele diferitelor atribute de proiectare asupra degradării structurii rutiere;

- dacă fiecare indice de degradare este calculat pe baza unui singur tip de defecțiune (indicii de degradare pe tipuri), atunci este posibil să se determine suma relativă a degradării atribuite fiecărui mecanism de degradare, realizând o analiză mai detaliată a alternativelor de intervenție fezabile;

- indicii de degradare permit inginerilor de drumuri și/sau autorităților să evalueze starea de “sănătate” a rețelei de drumuri și rata ei de degradare. Aceste informații împreună cu analiza proprie a cauzei degradării drumului, tehnologiile de reparare și costurile asociate sunt utilizate pentru estimarea cerințelor rețelei rutiere.

Indicele de degradare combinat (CPI) și/sau indicele de degradare total (OPI) pot fi utilizați pentru a ajuta administrația de drumuri în rezolvarea următoarelor probleme:

- verificarea corectitudinii și modificarea modelelor de performanță a îmbrăcămintei bituminoase care se bazează pe CPI sau OPI;

- determinarea ratei combinate a degradării diferitelor sectoare de drum;

- redactarea hărților referitoare la distribuția stării tehnice a drumului în rețeaua rutieră;

- facilitarea comunicării între diferiți utilizatori de PMS și conducerea administrației de drumuri, pentru a arăta impactul diferitelor niveluri bugetare asupra sănătății rețelei rutiere;

- evaluarea și înțelegerea impactului strategiei de reabilitare asupra stării tehnice a rețelei de drumuri;

- examinarea metodelor de proiectare a drumurilor și impactul diferitelor soluții de proiectare asupra performanței îmbrăcămintei bituminoase;

- redactarea listelor de prioritizare a diferitelor sectoare din rețea.

Limitele unui indice combinat sau total pune în evidență următoarele aspecte:

- valoarea oricărui indice de degradare reflectă starea tehnică a îmbrăcămintei bituminoase observată în timpul urmăririi comportării în exploatare, **dar valoarea indicelui de degradare nu reflectă ea singură rata deteriorării îmbrăcămintei bituminoase;**

- valorile indicilor de degradare a sectoarelor de drum nou reabilite sunt în general aceleași indiferent de durata de exploatare proiectată;

- orice listă de prioritizare generată pe baza valorilor indicilor de degradare fără a lua în calcul date istorice de degradare poate fi înșelătoare. Este posibil ca două sau mai multe sectoare de drum să aibă aceeași valoare a indicelui de degradare dar rate de degradare complet diferite, având efecte negative asupra clasificării priorității de întreținere;

- valoarea indicelui de degradare pentru două sau mai multe sectoare de drum poate fi aceeași, deși ratele lor de deteriorare sunt complet diferite. De aici, un sector poate ajunge la valoarea prag într-un an , în timp ce alt sector poate avea o stare tehnică acceptabilă încă cinci ani;

- indicii de degradare nu pot fi utilizați singuri pentru evaluarea beneficiilor activităților de reabilitare. Trebuie luată în considerare și durata de exploatare proiectată;

- dacă beneficiile reabilitării sunt măsurate doar prin îmbunătățirea valorii indicelui de degradare, atunci deciziile tind să furnizeze o reparație ieftină, un strat bituminos subțire și astfel cantitatea de sectoare de drum care necesită reparații va crește continuu;

- deciziile de reabilitare bazate doar pe indicii de degradare nu vor ajuta administratorii de drumuri să controleze distribuția viitoare a stării tehnice a rețelei rutiere;

- valoarea indicelui de degradare combinat sau total singură nu reflectă adevărata stare a îmbrăcămintei bituminoase, fiind posibil ca un sector de drum să aibă o valoare relativ bună a indicelui combinat, dar o valoare necorespunzătoare pentru un indice de degradare pe tipuri de defecțiuni;

- valoarea unui indice de degradare total sau combinat poate fi utilizată pentru evaluarea nevoilor rețelei rutiere, dar trebuie examinate și alte valori ale indicilor de degradare înainte de a lua decizii sau a face recomandări referitoare la tehnologiile de reabilitare posibile și la costurile lor estimate.

Este necesar ca toate datele despre starea de degradare să fie stocate în banca de date, deoarece sunt necesare pentru a lua decizii privind momentul intervenției, tipul

tehnologiei, etc. Studiile efectuate au pus în evidență că durata de exploatare a unui sector de drum combină gravitatea și extinderea degradării cu rata deteriorării îmbrăcămintei bituminoase. Durata de exploatare este importantă în definirea următoarelor date:

- calculul procentului din rețea, din fiecare categorie de durată de exploatare prognozată reziduală, putând determina distribuția duratei de exploatare reziduală a întregii rețele rutiere;

- detectarea într-o etapă timpurie a oricărei distribuții neuniforme în durata de exploatare reziduală a rețelei rutiere. De exemplu, dacă durata de exploatare reziduală a unui mare procent din rețeaua rutieră este de 5 ani, atunci administrația de drumuri trebuie să se aștepte ca sarcina pe osie să crească în 5 ani și astfel trebuie intervenit pe toată rețeaua rutieră;

- ajută administratorii drumurilor în determinarea tipului de degradare care controlează performanța îmbrăcămintei bituminoase. Dacă durata de exploatare reziduală a diferitelor sectoare de drum este controlată în principal de un tip de degradare (faianțare), atunci îmbrăcămintea bituminoasă și procesele de proiectare a mixturii asfaltice trebuie examinate, deoarece constituie cauza apariției acestor tipuri de degradări;

- determină alternativele de reabilitare fezabile;

- generează programe de reabilitare pe unul sau mai mulți ani pe baza cerințelor rețelei de drumuri și îmbunătățește comunicarea cu factorii de decizie referitor la aceasta;

- controlează starea tehnică viitoare a rețelei de drumuri;

- calculează procentul utilizatorilor care folosesc drumul sub standard;

- permite planificarea unui program anual echilibrat.

De asemenea, durata de exploatare reziduală ne ajută să alegem alternativa cea mai eficientă dintre două alternative de reabilitare fezabile, care au diferite costuri și diferite durate de proiectare. Alternativa cea mai eficientă este cea care are raportul dintre durata de exploatare câștigată/Cost mai mare.

Studiile efectuate au pus în evidență câteva programe de analiză folosite de administratorii drumurilor, de la cele mai simple până la cele mai performante, cum sunt:

- clasificarea;

- prioritzarea anuală și multianuală;

- optimizarea.

Din cele prezentate anterior, rezultă că cea mai simplă formă de programare a lucrărilor este clasificarea fie după judecățile ingineresti fie după anumiți parametri măsurați.

Studiile efectuate au arătat că acest program este simplu de utilizat, dar este limitat în ceea ce privește cantitatea de informații disponibile referitoare la impactul diferitelor alegeri asupra stării de viabilitate a rețelei rutiere. De asemenea, acest program nu ia în considerare ritmul de deteriorare a drumurilor și nici diferitele strategii economice sau beneficiile furnizate administrației de drumuri. Programul de prioritizare pe un singur an ia în considerare cea mai eficientă tehnologie fezabilă pentru acel an. Deși, această metodă este oarecum obiectivă are dezavantaje serioase care trebuie înțelese de administratorii drumurilor și anume:

- nu este evaluat impactul pe termen lung;
- nu se poate evalua costul real al reabilitării în timp.

Ca rezultat al folosirii acestui program o administrație de drumuri ar putea să-și mărească problemele fără să cunoască că luând în considerare și intervențiile alternative ar putea obține soluții mai bune pe termen lung.

Prioritizarea multianuală este un program de management al drumurilor utilizat pentru a identifica în mod obiectiv cea mai bună combinație de tehnologii pe o perioadă de mai mulți ani. Acest program ajută administratorii drumurilor la alocarea resurselor limitate într-un mod eficient din punct de vedere al costurilor pe termen lung, furnizând informațiile necesare evaluării impacturilor pe termen lung a diferite strategii de reabilitare prin evaluarea următoarelor aspecte:

- momentul acțiunilor de reabilitare;
- analiza economică a întreținerii fezabile și a alternativelor de reabilitare;
- impactul în timp prognozat asupra rețelei de drumuri, pentru fiecare combinație de proiecte pe o perioadă analizată dată.

Prioritizarea multianuală este benefică pentru administrațiile de drumuri, pentru care fondurile disponibile sunt mai mici decât bugetul necesar pentru a menține rețeaua rutieră într-o stare de viabilitate bună. Avantajele prioritizării multianuale se referă la:

- posibilitatea de a prognoza starea viitoare a rețelei rutiere;
- posibilitatea de a alege opțiuni pentru momentul aplicării lucrărilor de intervenție;
- evaluarea eficienței a diferitelor strategii de reabilitare pentru fiecare sector de drum;

- posibilitatea de a efectua o analiză economică a strategiilor de întreținere și reabilitare;
- furnizează informațiile necesare pentru factorii de decizie cu scopul de a prioritiza eficient proiectele de reabilitare în limitele de finanțare posibile;
- determină necesitățile de finanțare pentru a atinge scopul administrației de drumuri, cum ar fi menținerea unui anumit nivel de viabilitate în timp.

Au fost identificate și unele dezavantaje cum sunt :

- complexitatea metodei;
- credibilitatea rezultatelor depinde de capacitatea modelelor de prognozare a performanței sau a degradării.

Pentru a obține cel mai mare beneficiu din utilizarea metodelor prioritizării multianuale, este important ca administratorii de drumuri să ia în considerare următoarele aspecte:

- conducerea să înțeleagă recomandările făcute;
- recomandările să reflecte acele proiecte care vor aduce administrației cele mai mari beneficii;
- diferite strategii pot fi dezvoltate pentru a atinge diferite scopuri astfel încât administrația de drumuri să poată dezvolta un program care să se adreseze scopului urmărit;

- metodele nu sunt decât unele menite să ajute personalul administrației de drumuri, ele nu sunt făcute să înlocuiască experiența și judecata inginerului de drumuri.

Rezultatele unei analize de prioritizare multianuală trebuie să fie utilizate de administrațiile de drumuri și să compare impacturile pe termen lung și eficiența totală a oricărui alt program considerat de administrație. Astfel, administrația poate evalua complet costurile adevărate ale unei strategii și poate determina acțiunea care îndeplinește cel mai bine scopurile propuse.

Prioritizarea multianuală este utilizată pentru stabilirea priorităților între diferite proiecte de drumuri astfel încât, administrația de drumuri are informațiile necesare pentru a evalua impactul pe termen lung al unui program. Pentru realizarea unei analize de prioritizare multianuale se ia în considerare:

- cost - eficiența marginală;
- creșterea raportului beneficiu/cost.

Activitățile și informațiile furnizate din analiza de prioritizare multianuală ajută factorii de decizie:

- să determine starea de degradare globală a rețelei de drumuri;

- să selecteze tehnologiile de întreținere cost-eficiente;
- să evalueze eficiența diferitelor strategii de păstrare a rețelei rutiere;
- să evalueze efectul diferitelor scenarii de buget asupra stării rețelei de drumuri;
- să determine cerințele bugetare și să stabilească limitele de buget.

Studiul de caz efectuat pe un drum județean a pus în evidență necesitatea realizării unei prioritizări multianuale a lucrărilor de întreținere deoarece, ajută administratorul de drumuri în:

- alegerea tehnologiei eficiente din punct de vedere tehnic și economic;
- alegerea momentului intervenției;
- alocarea fondurilor pe ani în funcție de lucrările ce trebuie efectuate;
- stabilește lucrările cele mai eficiente din punct de vedere tehnic în cazul restricțiilor bugetare;

- starea tehnică nesatisfăcătoare a drumului arată că este necesar și eficient a se aplica o ranforsare , care aduce beneficii pe termen lung puse în evidență de raportul beneficiu/cost supraunitar;

- prin folosirea programului de optimizare a lucrărilor de întreținere a drumurilor se iau în calcul inclusiv cheltuielile de întreținere preventivă și curativă a rețelei de drumuri studiată, pe perioada de timp analizată, față de calculul de dimensionare care nu ține cont de cheltuielile pe care le suportă agenția cu întreținerea preventivă și curativă.

- de asemenea, analiza economică, cu restricții bugetare alege soluția cea mai eficientă pentru bugetul disponibil sau impus, iar soluția se consideră optimă atunci când raportul beneficiu / cost este pozitiv.

Prioritizarea multianuală stabilește diferite tehnologii de întreținere funcție de parametrii măsurați și luați în calcul, ceea ce implică diversificarea îmbrăcăminților bituminoase și deci, diversificarea mixturilor asfaltice.

În acest sens, în capitolul următor voi prezenta câteva preocupări pentru proiectarea mixturilor asfaltice performante necesare diversificării și realizării îmbrăcăminților bituminoase care să reziste deformațiilor datorate traficului greu și condițiilor climaterice specifice țării noastre.

CAPITOLUL 4

CONSIDERAȚII PRIVIND REALIZAREA ȘI DIVERSIFICAREA ÎMBRĂCĂMINȚILOR BITUMINOASE

Urmărirea comportării în exploatare a unor structuri rutiere a scos în evidență apariția și dezvoltarea anumitor degradări în timp.

Studiile și cercetările efectuate au arătat că degradările constatate au cauze numeroase și variate, de ordin cantitativ (trafic etc.), calitativ (tipul materialelor din structura rutieră etc.) sau aleatorii (ape pluviale etc.). Acești factori sunt, simultan, cauze și efect: degradările apărute pot deveni cauzele noilor degradări, dezvoltându-se în cascadă.

Fiecare factor are o acțiune preponderentă mai temporară și aleatorie, deci trebuie să fim foarte prudenți când stabilim valoarea acestor influențe.

Ținând cont de elementele furnizate prin diferite studii [185], pot fi stabilite cele patru cauze ale degradărilor:

- traficul;
- condițiile climaterice, mediul și consecințele lor;
- dimensionarea structurii rutiere;
- calitatea materialelor și punerea lor în operă.

Traficul este un parametru a cărui influență este încă greu de definit. Încercările AASHTO au arătat că evoluția deformațiilor, fisurilor, etc. este legată de încărcarea pe osie, de durata aplicării și de numărul de treceri, dar că aceste rezultate nu sunt valabile decât pentru o structură rutieră dată, așezată pe un anumit sol, în condiții climaterice precise.

Este, deci, necesar să fim prudenți când interpretăm aceste rezultate pentru o structură rutieră oarecare.

Condițiile climaterice și mediul acționează asupra structurii rutiere, prin prezența apei în cantitate mare și datorită ciclului îngheț-dezghet ajutat de trafic, în general, și în special de agresivitatea traficului greu, provocând apariția diferitelor defecțiuni.

Dimensionarea structurii rutiere constituie cauza apariției unor degradări atunci când crește traficul și/sau greutatea pe osie, când structura rutieră are o capacitate portantă insuficientă.

Calitatea materialelor ce intră în compoziția mixturilor asfaltice și punerea lor în operă sunt două criterii esențiale privind cauzele apariției degradărilor. Aceste

probleme, legate de mixturile asfaltice, au fost, sunt și vor fi preocupări permanente ale specialiștilor de drumuri pentru a obține mixturi asfaltice performante, care să reziste solicitărilor la care sunt supuse, mixturi asfaltice din care să se realizeze îmbrăcămînți bituminoase performante, care să reziste agresivității traficului greu și condițiilor climaterice din țara noastră, destul de aspre în ultimul timp.

Cercetările [185] pe bitum și mixturi asfaltice există de mult timp și vor exista încă. Acest lucru este normal, deoarece utilizarea bitumului în construcția și întreținerea drumurilor se face de foarte mult timp și continuă să aibă un rol important în comportarea îmbrăcămînților bituminoase și, mai ales, a stratului de rulare.

Deci, cercetările efectuate și prezentate în acest studiu, vin să alinieze tehnicile utilizării bitumului și a mixturilor asfaltice la evoluția condițiilor de circulație, la concepția generală a drumurilor, la politica de întreținere și ranforsare și, bineînțeles, la condițiile economice.

Este foarte important, într-un domeniu atât de complex, de a face periodic bilanțul rezultatelor obținute, de a le critica, de a le compara, pentru a încerca să se realizeze și să se ajungă la o îmbunătățire a calității mixturilor asfaltice.

În acest context, lucrarea tratează, într-o concepție unitară, pe baza bibliografiei existente și a contribuțiilor personale, aspectele principale, teoretice și practice, ale realizării îmbrăcămînților bituminoase cu performanțe ridicate, ținând cont de condițiile existente, de caracteristicile traficului, condițiile climaterice, materialele disponibile, posibilitățile de realizare, etc.

Pentru a răspunde exigențelor datorate traficului greu și condițiilor climaterice, la care sunt supuse mixturile asfaltice din îmbrăcămînțile bituminoase, este necesar proiectarea și realizarea unor mixturi asfaltice cu anumite caracteristici, care să reflecte calitatea acestora (lucrabilitate, compactitate, stabilitate mecanică, insensibilitate la acțiunea apei).

4.1. INFLUENȚA COMPONENTILOR MIXTURILOR ASFALTICE ASUPRA DEFORMAȚIEI ÎMBRĂCĂMINȚILOR BITUMINOASE

În condițiile actuale din țara noastră, când intensitatea traficului greu este în continuă creștere, iar greutatea pe osie este deosebit de mare, apar frecvent deformații ale îmbrăcămînților bituminoase care constituie un adevărat pericol pentru siguranța circulației, numărându-se printre defecțiunile grave ale drumurilor.

Deformațiile permanente sub formă de fâgaș, sunt defecțiuni ale complexului rutier și apar la nivelul stratului de rulare indiferent de cauzele care le generează, prezentându-se sub forma unor albie longitudinale de adâncimi și lățimi variabile.

- Făgașele pot genera impedimente majore pentru desfășurarea traficului, cum ar fi:
- riscul acvaplanării pe timp de ploaie;
 - derapajul;
 - apariția fisurilor și crăpăturilor în îmbrăcămintea bituminoasă în zona întinsă, favorizând, astfel, infiltrarea apei, generând degradări periculoase;
 - dificultăți în schimbarea direcției de mers, etc.

Datorită problemelor mari pe care le ridică în mod evident făgașele, rezultă necesitatea studierii și introducerii unor măsuri care să limiteze apariția făgașelor, mai ales pe drumurile în curs de reabilitare.

În urma studiilor întreprinse, am reținut câteva aspecte privind influența diferiților componenți asupra formării făgașelor.

4.1.1. Tipul liantului

Literatura de specialitate [162; 163] a arătat influența considerabilă pe care o are consistența liantului, exprimată prin penetrație și punct de înmuiere, asupra formării făgașelor

În figura 4.1. se prezintă influența a 5 tipuri de lianți (curba 1 bitum pur și celelalte unt bitumuri modificate), având caracteristici (penetrația, punctul de înmuiere și indicii de penetrație) diferite, asupra adâncimii făgașului care, la același număr de treceri, este diferită, fiind în funcție de penetrația bitumului, dar și de indicele de penetrație. Lianții 1; 6; 11 și 13 se clasează bine după penetrația lor și la penetrații apropiate (1 și 11) urmează indicele de penetrație. Din liantul 10 cu penetrația apropiată de cea a liantului 6 prin proprietățile sale reologice, are un comportament diferit.

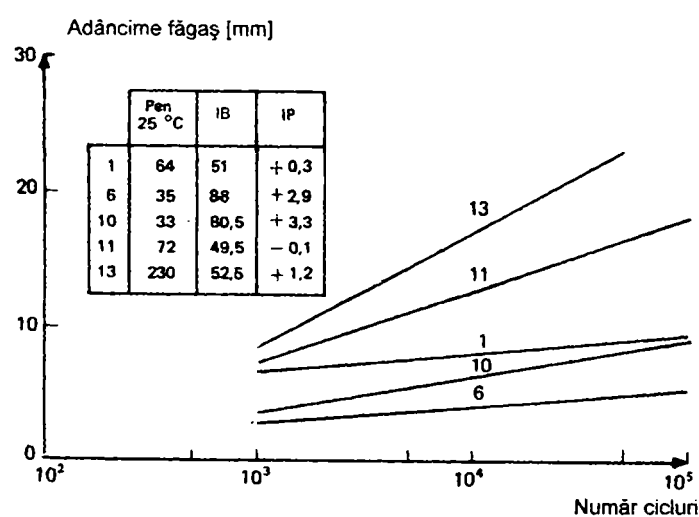


Figura 4.1. Influența tipurilor de bitum asupra adâncimii făgașelor

Din cele prezentate rezultă necesitatea cunoașterii caracteristicilor lianților bituminoși și folosirea unor bitumuri mai dure pentru realizarea mixturilor asfaltice care să reziste la deformații datorate traficului greu.

4.1.2. Influența agregatelor

Literatura de specialitate [162] pune în evidență efectul pe care îl are asupra adâncimii fâgașelor, dimensiunea și felul agregatelor.

În figura 4.2. se prezintă, comparativ, influența agregatelor concasate și neconcasate asupra formării fâgașelor.

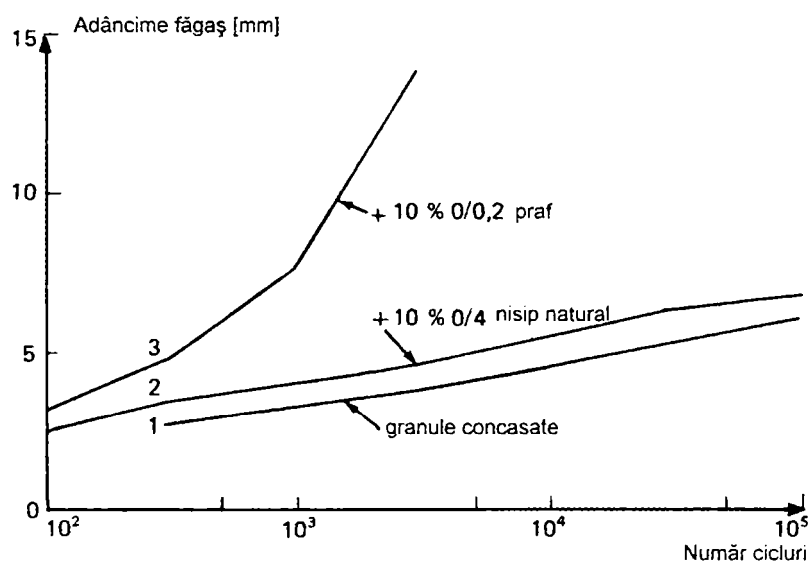


Figura. 4.2. Influența agregatelor neconcasate asupra formării fâgașelor

Adâncimea fâgașului este mult mai mare dacă se folosesc agregate neconcasate pe de o parte, iar pe de altă parte, pentru același procent de agregate neconcasate (10 %) dar micșorând dimensiunea agregatelor, se formează fâgașe mult mai pronunțate (mai adânci) pentru același număr de treceri.

4.1.3. Influența nisipului natural

Influența nisipului natural asupra stabilității mixturilor asfaltice a fost mult studiată [39;79;95; 162]. În figura 4.3. se arată că, pentru un nisip natural dat, creșterea procentului duce la creșterea instabilității și se poate vedea că 6 % nisip eolian 0/2 conduce la aceleași efecte ca și 15 % nisip cu granulozitate mai mare 0/5.

Graficele din figura 4.3. pun în evidență faptul că instabilitatea (creșterea adâncimii fâgașului) mixturii asfaltice crește odată cu creșterea procentului de nisip fin. De asemenea, se prezintă și efectul a două nisipuri diferite atât ca dimensiune cât și ca procent. Bineînțeles numărul de treceri este același.

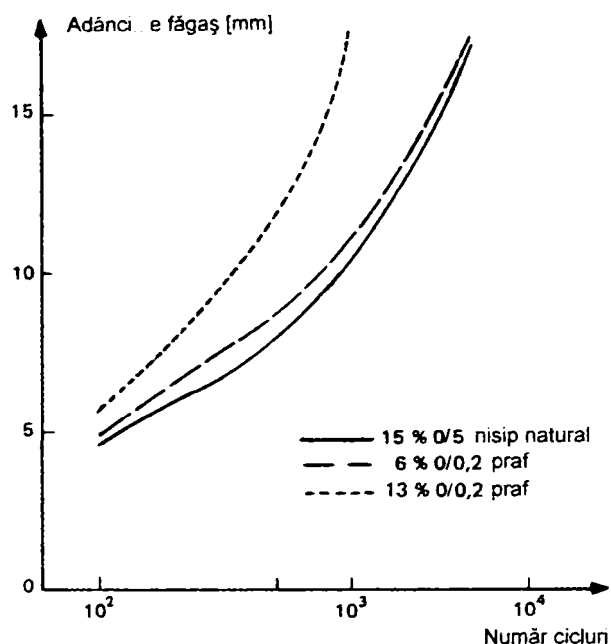


Figura. 4.3. Influența procentului și / sau dimensiunii nisipului asupra creșterii adâncimii fâgașului

4.1.4. Influența compactității

Compactitatea este o caracteristică esențială a îmbrăcăminților bituminoase, fiind un fenomen logic pentru că, acest parametru va integra un mare număr de alți parametri, cum ar fi: granulozitatea, angularitatea, conținutul în părți fine, conținutul în liant, etc.

În figura 4.4a. se prezintă influența compactității asupra producerii și adâncimii fâgașelor.

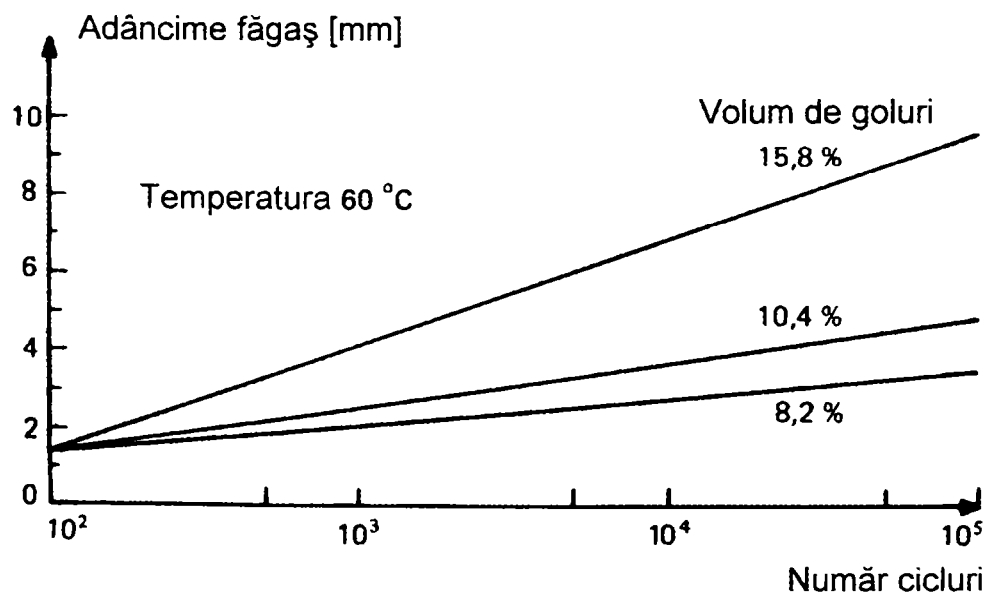


Figura 4.4a. Influența compactității asupra fâgașelor

Se observă că, pentru același tip de amestec (agregat anrobat cu bitum), dar cu volum de goluri diferit, din cauza unei compactări insuficiente, adâncimea fâgașului crește cu creșterea volumului de goluri.

Figura 4.4.b. pune în evidență creșterea instabilității mixturilor asfaltice cu creșterea volumului de goluri, datorită unei compactări insuficiente, pe de o parte, iar pe de altă parte cu scăderea dimensiunii agregatelor.

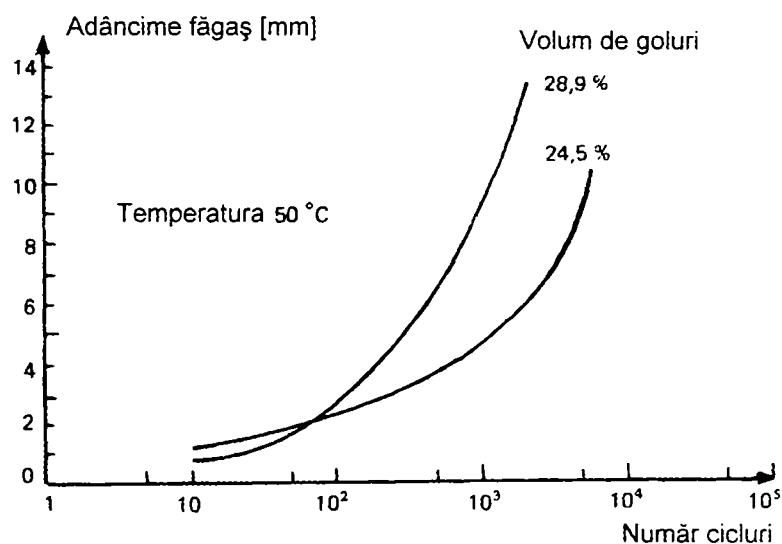


Figura 4.4 b. Influența compactității asupra producerii fâgașelor

4.1.5. Influența părților fine (filer) și a raportului părți fine/bitum

În figura 4.5. se pune în evidență influența creșterii conținutului de bitum (1 și 3) asupra adâncimii fâgașului în funcție de conținutul de părți fine.

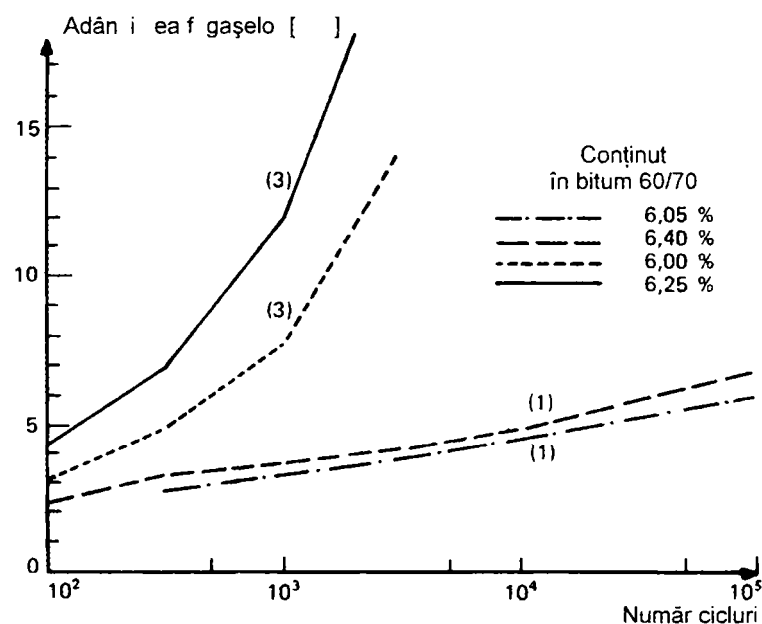


Figura. 4.5. Influența conținutului de părți fine și bitum

Sunt prezentate două mixturi asfaltice (0/14) și anume: mixtura asfaltică notată cu „1” conține agregate concasate, iar mixtura asfaltică (3) conține 10 % nisip eolian. Deși dozajul 1 are un conținut mai mare de bitum, totuși adâncimea fâgașului este mai mică,

deoarece intervine colțurozitatea agregatelor care mărește stabilitatea mixturilor asfaltice.

Din figura 4.5. se observă că, o scădere a conținutului în liant este dăunătoare mixturilor asfaltice la care a crescut procentul de părți fine, în sensul că, pentru o scădere a bitumului cu 0,05 % și o creștere a părților fine cu 10 %, adâncimea fâgașului crește foarte mult, de la ≈ 3 mm la $\approx 7...7,5$ mm pentru 1 000 de treceri. Mărind numărul de treceri, creșterea adâncimii fâgașului este și mai mare, este dezastruoasă cum se precizează și în literatura de specialitate [162].

De asemenea, o creștere a procentului de liant, peste limita optimă admisă, duce la diferențe privind stabilitatea mixturilor asfaltice, care sunt mai puțin perceptibile în cazul când mixtura asfaltică este alcătuită din agregate concasate. Creșterea procentului de liant este foarte dăunătoare pentru mixturile asfaltice ce conțin părți fine în procent mare. Părțile fine sunt foarte dăunătoare pentru obținerea unor mixturi asfaltice stabile la deformații.

Literatura de specialitate arată că, mărirea procentului de părți fine de la 7 % la 12 %, într-o mixtură asfaltică 0/10 discontinuă, a dus la variații considerabile ale fâgașului (de la 6,6 mm la 10^5 treceri la 16 mm la 2 000 de treceri). Pentru betoanele asfaltice este foarte important a se vorbi de un procent limitat de umplere a golurilor unui schelet mineral. Studiile raportului părți fine / bitum întreprinse pe un agregat anrobat cu bitum, aparent are aceleași efecte ca cele arătate mai sus.

Figura 4.6. pune în evidență influența raportului părți fine / bitum asupra formării fâgașelor, influență ce se pune în evidență prin compactitatea realizată.

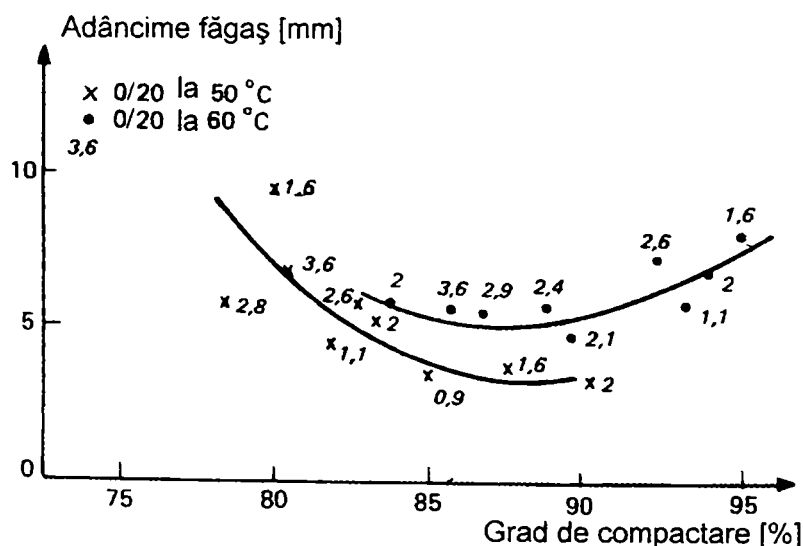


Figura. 4.6. Influența compactității asupra formării fâgașelor a două agregate anrobate cu bitum având raportul părți fine / bitum diferit

Studiile prezentate vin să pună în evidență o serie de parametri ce trebuie luați în considerare la proiectarea mixturilor asfaltice folosite la realizarea îmbrăcăminților bituminoase pentru a rezista deformațiilor datorate traficului greu.

4.3. PUNCTE SENSIBILE PENTRU ASIGURAREA CALITĂȚII ÎMBRĂCĂMINȚILOR BITUMINOASE

Calitatea îmbrăcăminților bituminoase depinde atât de calitatea mixturilor asfaltice cât și de calitatea lucrărilor de punere în operă, definite prin următoarele caracteristici:

- **fiabilitatea** - este probabilitatea ca îmbrăcămintea bituminoasă să îndeplinească funcția, pentru care a fost realizată, în decursul unui interval de timp stabilit prin durata de proiectare;

- **mentenabilitatea** - este proprietatea îmbrăcămintei bituminoase de a fi menținută în stare bună de exploatare prin **intervenții** de întreținere curentă.

Fiabilitatea este determinată de:

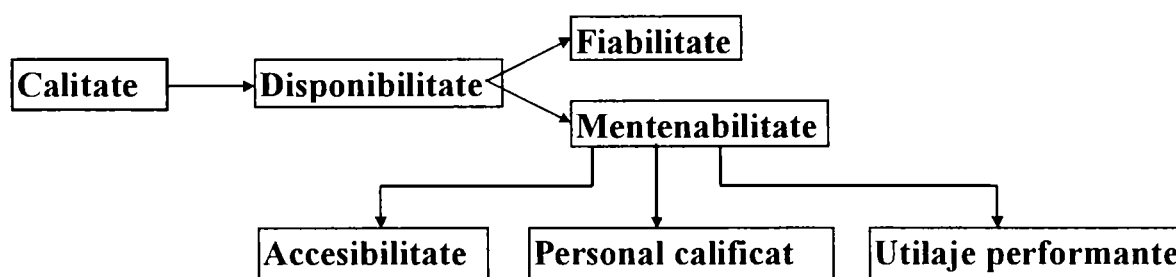
caracteristicile de calitate ale materialelor;

- * tehnologia de fabricare și punere în operă a mixturilor asfaltice;
- * controlul tehnic de calitate.

Mentenabilitatea este reflectată de:

- * condițiile de exploatare;
- * ușurința de întreținere.

Deci, calitatea se manifestă prin disponibilitate, care la rândul ei este determinată de fiabilitate și mentenabilitate, astfel:



În sectorul rutier, ca sistem de asigurare a calității, se impune cunoașterea unor relații determinate pentru realizarea unor lucrări calitative.

Relațiile determinante pentru asigurarea calității mixturilor asfaltice se referă la:

- * relația dintre documentație și produs;
- * relația dintre beneficiar și furnizor;
- * relații de colaborare pe șantier.

Relația dintre documentație și produs influențează calitatea mixturilor asfaltice prin:

- * aparatură - care trebuie să aibă precizia necesară pentru a satisface toleranțele impuse de documentație;
- * materiile prime (agregate naturale, filer, bitum);
- * personalul care trebuie să aibă calificarea corespunzătoare locului de muncă și să fie cointerestat;
- * microclimatul fizic - condiții optime de muncă;
- * microclimatul psihic - relația de colaborare și bună înțelegere dintre personalul ce concură la realizarea lucrărilor.

De exemplu, calitatea mixturilor asfaltice obținute conform documentației tehnice este influențată de o serie de factori, așa cum rezultă din figura 4.7.

Relațiile dintre beneficiar și furnizor sunt de mai multe feluri și sunt generate de anumiți factori care pot crea deficiențe calitative asupra mixturilor asfaltice, astfel:

- furnizorul este cunoscut că livrează materiale de calitate și în acest caz beneficiarul, fiind convins de acest fapt, face controale prin sondaj;

- furnizorul are condiții de a realiza calitatea cerută, dar experiența și autoritatea controlului tehnic de calitate CTC este nesatisfăcătoare. În acest caz, beneficiarul solicită certificate de atestare a calității materialelor, dar face și controale exigente și compară rezultatele obținute cu cele din certificatul de calitate al furnizorului;

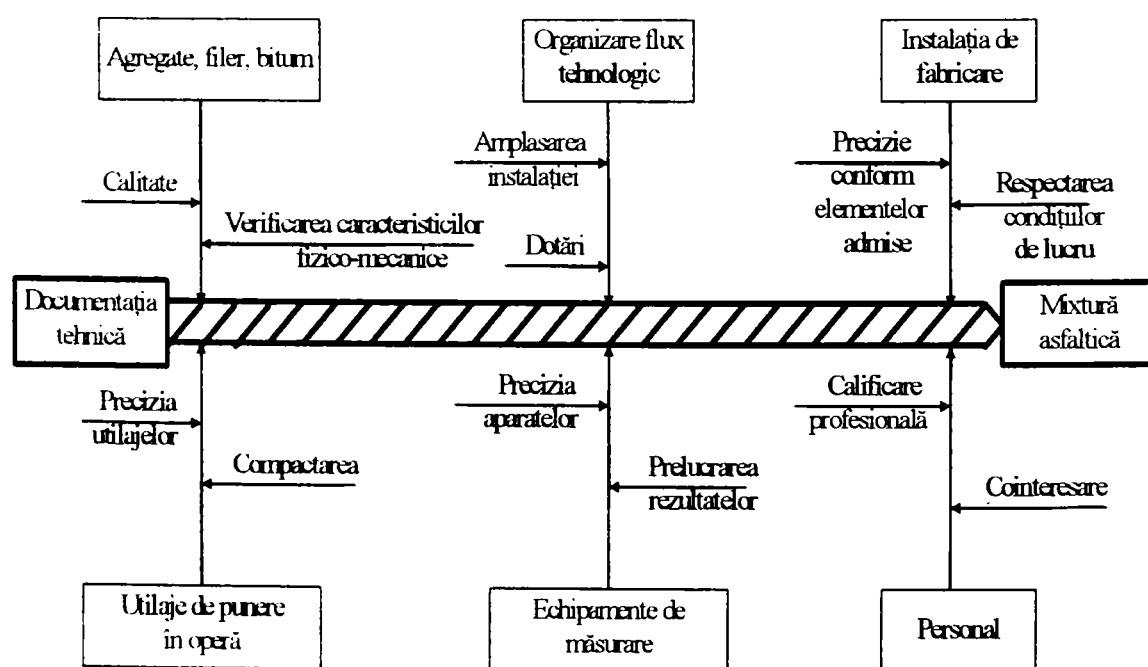


Figura 4.7. Factori ce intervin în relația documentație - mixtură asfaltică

Notă:

- indică factorii obiectivi;
- ← indică factorii subiectivi.

- furnizorul livrează materiale neomogene, beneficiarul va menține un delegat permanent pentru controlul materialelor.

În cazul lucrărilor de drumuri, calitatea depinde în mod esențial de: vigilență, competență, cunoștințe profesionale, responsabilitatea celui care conduce întreaga activitate de fabricare și punere în operă și nu în ultimul rând de responsabilitatea personalului care asigură consultanța, care trebuie să fie conștient de consecințele defavorabile, uneori dezastruoase ale unor neglijențe în execuție, precum și de responsabilitatea beneficiarului.

Responsabilitățile se împart în:

- responsabilitatea finală a consultanței față de beneficiarii lucrărilor și de colectivitate;

- responsabilitatea constructorului în timpul perioadei de garanție;

- responsabilitatea beneficiarului față de utilizatorii drumului.

Din studiile și cercetările efectuate și prezentate anterior, rezultă necesitatea unui control de calitate riguros efectuat de toți factorii ce concură la realizarea obiectului “drum” înainte de începerea lucrărilor, în timpul execuției fiecărei faze și după terminarea lucrărilor.

Pentru a realiza un control de calitate eficient este necesar să existe ”**omul calitate**”, care trebuie să fie un bun specialist, să cunoască în detaliu procesul tehnologic, să aprecieze efectul unor incidente asupra calității lucrărilor. Omul calitate trebuie să aibă pregătire profesională exemplară, experiență profesională, exigență profesională, disciplină tehnologică, conștiinciozitate și spirit de răspundere, să fie factor de decizie și responsabilitate.

Controlul de calitate presupune cunoașterea punctelor sensibile ce concură la asigurarea calității îmbrăcăminților bituminoase.

În figura 4.8. sunt prezentate punctele sensibile pentru asigurarea calității și rolul hotărâtor al “omului calitate ” asupra întregului proces tehnologic de realizare a îmbrăcăminților bituminoase.

Luând în considerare factorii ce influențează comportarea în exploatare a îmbrăcăminților bituminoase existente și ținând cont de starea de viabilitate a rețelei rutiere precum și de bugetul disponibil pentru întreținerea și construcția unor drumuri, care să satisfacă utilizatorii drumului ce sunt de fapt și beneficiarii acestuia, și ținând cont de calitatea, tipul și procentul materialelor ce intră în compoziția mixturilor

asfaltice, precum și de influența acestora asupra comportării în exploatare a îmbrăcăminților bituminoase, a rezultat necesitatea efectuării unor studii și cercetări cu scopul de a obține mixturi asfaltice performante, rezistente la solicitările datorate agresivității traficului și condițiilor climaterice din țara noastră.

4.4. CERCETĂRI PRIVIND REALIZAREA UNOR ÎMBRĂCĂMINȚI BITUMINOASE PERFORMANTE

Realizarea unor îmbrăcăminți bituminoase performante presupune, în primul rând realizarea unor mixturi asfaltice performante capabile de a rezista solicitărilor datorate traficului și agenților climaterici.

Studiul realizat, privind optimizarea lucrărilor de întreținere, coroborat cu studiul privind comportarea în exploatare a îmbrăcăminților bituminoase existente și reabilitate, cu studiul privind efectele traficului asupra îmbrăcăminților bituminoase, studiul referitor la rolul stratului de rulare, privind siguranța și confortul utilizatorului precum și protecția structurii rutiere, rolul materialelor componente asupra calității mixturilor asfaltice, luând în considerare și materialele existente în țara noastră și ținând cont de experiența țărilor avansate cu experiență în construcția drumurilor, am studiat, cercetat, proiectat și experimentat câteva tipuri de mixturi asfaltice performante, folosite pentru realizarea îmbrăcăminților bituminoase care să reziste solicitărilor la care sunt supuse în cursul exploatării lor.

În acest sens, am studiat posibilitatea de a realiza mixturi asfaltice performante folosind fibre indigene și/sau varul hidratat.

4.4.1. Mixturi asfaltice realizate cu fibre indigene

Este cunoscut faptul că, utilizarea fibrelor la realizarea mixturilor asfaltice, asimilate în compoziția acestora ca părți fine, conferă straturilor rutiere o bună rezistență la oboseală și îmbătrânire, o bună comportare la temperaturi scăzute, fiind mai elastice, precum și caracteristici satisfăcătoare pentru a rezista la formarea fâgașelor.

În programul de reabilitare al drumurilor o preocupare prioritară este creșterea rezistenței la oboseală a îmbrăcăminților rutiere și prevenirea producerii și propagării fisurilor din straturile inferioare. Calitatea lucrărilor executate în acest sens depinde de materialele și tehnologiile utilizate.

În general, straturile antifisură au la bază o membrană bituminoasă armată cu geogrilă, geotextile sau fibre. Sunt cunoscute tehnologiile la cald, când stratul antifisură

este constituit din mixtură asfaltică realizată cu bitum modificat cu polimeri și anumite tipuri de fibră (celuloză, sticlă). Alte tehnologii utilizează șlamuri bituminoase armate cu fibre. În străinătate, în special Franța, se aplică de circa 20 ani armarea cu fibre prin diverse tehnologii : Flexiplast, Filaflex, Compoflex, Drenoflex, Mediflex, Rugoflex, Viafibre, Microville, etc. Aceste tehnologii s-au dezvoltat rapid în America și Austria, mai ales în cadrul programului SHRP. În țara noastră, s-au experimentat și aplicat numai tehnologii în care stratul antifisură s-a realizat cu ajutorul geogriurilor (TENSAR-AR, NETESIN 300) și a geotextilelor.

Utilizarea fibrelor în mixturile asfaltice conferă straturilor rutiere o mai bună rezistență la oboseală și îmbătrânire, rezistență la temperaturi scăzute, deoarece fibrele fixează mai bine bitumul în mixtura asfaltică, formând o rețea tridimensională care joacă rol de armătură.

4.4.1.1. Modul de comportare a mixturilor asfaltice armate cu fibre

Multitudinea de fibre înglobate în mixtura asfaltică o modifică atât pe termen scurt cât și pe termen lung.

Pe termen scurt fibrele modifică reologia bitumului.

Fibrele amestecate în bitum sau emulsia bituminoasă fac să crească vâscozitatea acestora considerabil astfel, un procent 0.2 % fibre crește vâscozitatea de 10 ori. Mixtura asfaltică devine mai puțin suplă, fiind ca o pastă omogenă, nu se separă când este utilizată și prezintă o bună stabilitate.

Pe termen lung fibrele ameliorează considerabil performanțele mixturilor asfaltice.

Fibrele în număr mare armează mixtura asfaltică, făcând să crească rezistența la deformații și rezistența la oboseală.

De asemenea, rezistența la uzură este mărită, iar indicele de uzură măsurat este mult diminuat. Adăosul de fibre crește durata de exploatare și permite utilizarea cu bune rezultate a mixturilor asfaltice armate cu fibre pe drumuri cu trafic greu.

Buna comportare a mixturilor asfaltice armate cu fibre se poate explica dacă se admite că mixturile asfaltice armate cu fibre sunt constituite din trei faze:

- scheletul mineral care formează o primă fază continuă;
- masticul constituit din bitum, filer și fibre, toate îmbrăcând scheletul mineral, formând a II-a fază continuă;
- aerul, exprimat prin volumul de goluri, formează o fază discontinuă.

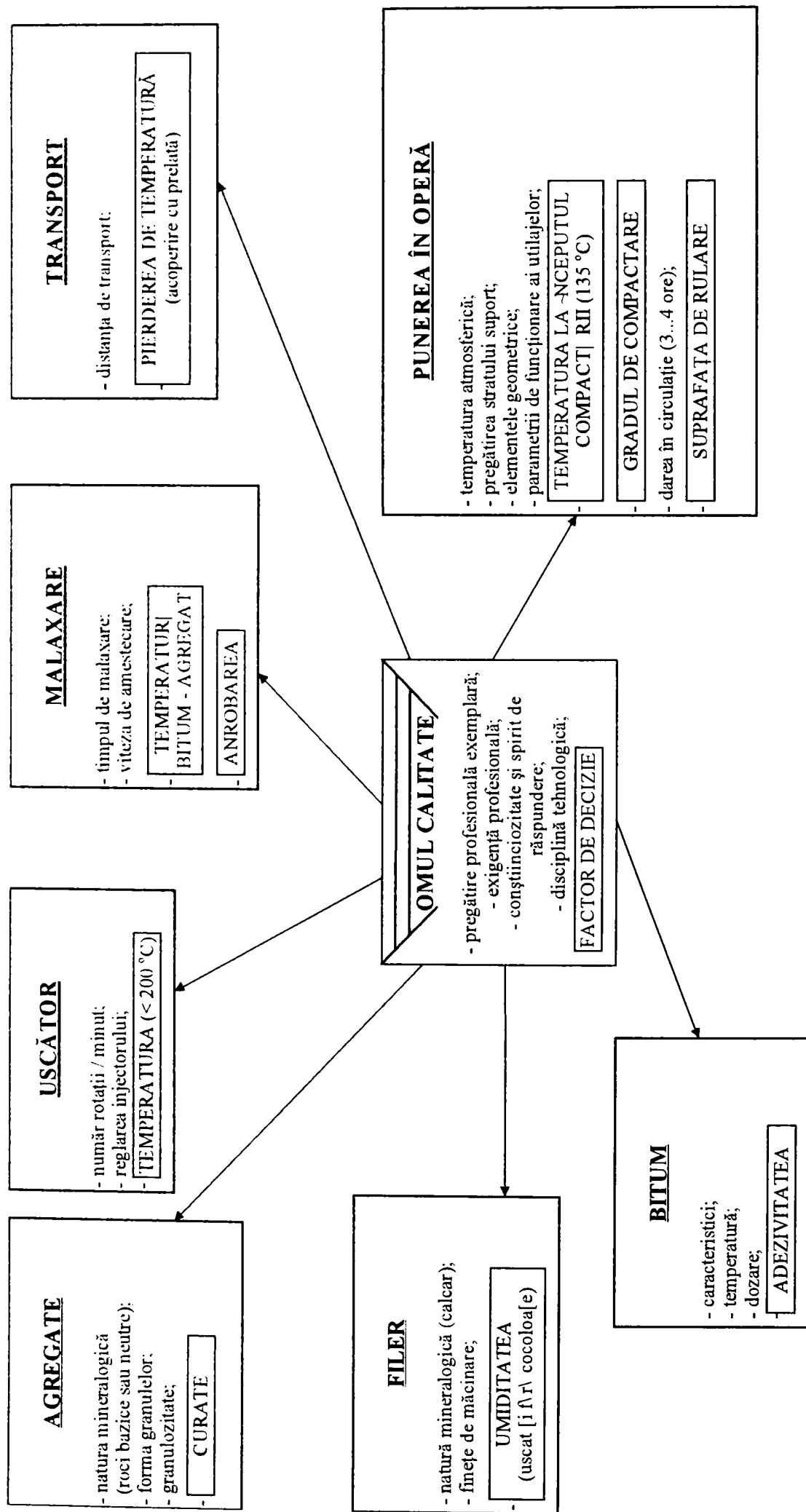


Figura 4.8. Punctele sensibile și rolul "omului calitate" în asigurarea calității îmbrăcăminților bituminoase

Presupunând că, în mixturile asfaltice toate particulele de mărimi inferioare grosimii filmului de mastic se încorporează în acesta, atunci în mixturile asfaltice armate cu fibre, pentru o creștere a conținutului în bitum cu 20...30 %, creșterea grosimii filmului de mastic este de circa 100 %, ceea ce explică buna comportare a acestor mixturi asfaltice, deoarece la solicitările de comprimare răspunde doar scheletul mineral, iar la cele de tracțiune doar masticul bituminos.

4.4.1.2. Tehnologii de utilizare a fibrelor la armarea mixturilor asfaltice

Fibrele se pot utiliza la armarea mixturilor asfaltice atât la cald cât și la rece, în proporție de 0.1...0.5 %, față de agregatele din mixtura asfaltică.

Tehnologii la cald. În Franța, mixturile asfaltice armate cu fibre au început să fie folosite din 1970. Astăzi cele mai folosite fibre sunt fibrele minerale, de sticlă și celuloză.

Aceste mixturi asfaltice se utilizează pentru stratul de uzură ca mixturi asfaltice dense COMPOFLEX, în grosimi de 3...4 cm, pe drumuri cu denivelări, ca mixturi asfaltice foarte fine MEDIFLEX aplicate în grosimi de 2..3 cm, care să asigure impermeabilitatea sau ca mixturi asfaltice drenante DRENOFLEX, RUGOFLEX, MICROVILLE pentru a ameliora securitatea pe timp de ploaie și reducerea zgomotului la rulare. Se caracterizează printr-un procent mare de bitum (7,2 % față de 5,8 % pentru mixturile asfaltice clasice fără fibre).

Pentru sistemul antifisură se utilizează mortare asfaltice cu fibre interpusse între straturile fisurate și stratul de rulare:

- stratul de interpunere (1,5...2,5 cm) cu fibre de celuloză și 9...11 % bitum;
- stratul superior (3...4 cm) cu fibre și 6,6...7,5 % bitum.

Tehnologia Viafibre ARF poate fi asimilată cu cea a mortarului asfaltic. Stratul de legătură are granulozitatea de 0/10, filerul împreună cu fibrele de celuloză, de 1 mm, reprezintă 10 % din masa agregatelor, iar bitumul 7 %.

Tehnologii la rece. Fibrele sunt folosite și la obținerea mixturilor asfaltice la rece, când liantul este emulsia bituminoasă. Și în acest caz se pot utiliza fibre de sticlă, de celuloză sau sintetice, în proporție de 0,1...0,5 % față de agregate.

Tehnologia Flexiplast se bazează pe interpunerea unei membrane bituminoase din bitum modificat cu polimer EVA (etilen – vinil – acetat) între suprafața fisurată și un strat bituminos executat la rece, armat cu fibre sintetice cu lungimea de 4...8 mm, în procent de 0,1...0,2 % omogenizate perfect în masa mixturii asfaltice, peste care se realizează celelalte straturi bituminoase.

Tehnologia Filaflex constă în realizarea in situ a unei membrane antifisură armată cu fibre sintetice continue, pulverizate pe suprafața liantului prin duzele utilajului într-un procent de 80...120 g/m².

Procedul GRIPFLEX. O mixtură asfaltică este realizată la rece, alcătuită din emulsie bituminoasă modificată cu polimeri, cu granulozitate discontinuă de 0/6 sau 0/10 și fibre sintetice cu lungimea de 4...8 mm, tratate la suprafață pentru a ușura dispersia. Procentul de fibre este foarte mic 0,1...0,2 % față de agregate.

Mixtura asfaltică discontinuă armată cu fibre în procent de 0,15 %, se pune în operă în cantitate de 20 kg/m².

Colmat FR este un produs al firmei COLAS din Franța, care în ultimii ani a dezvoltat o nouă generație de mixtură asfaltice la rece – COLMAT fibre.

Granulozitatea poate fi continuă sau discontinuă de 0/4; 0/6; 0/10.

Colas impune o calitate maximă și de aceea alegerea se sprijină pe:

- materiale din roci masive ulterior concasate, rezistente la uzură;
- nisipul să fie foarte curat;
- conținut de apă cât mai constant;
- proveniență unică a agregatelor;
- liantul este o emulsie bituminoasă din bitum pur D 70/100 sau modificat;
- folosirea fibrelor de sticlă, stabile din punct de vedere chimic se face la punerea în operă.

Actiseal F produs de SCR Franța utilizează fibre de sticlă tratate și tăiate la dimensiuni de 12,5...15 mm, la punerea în operă. Granulozitatea poate fi continuă sau discontinuă, iar ca liant se preferă emulsiile bituminoase cu latex sintetic sau cu SBS (stiren – butadien – stiren).

4.4.1.3. Tipuri de fibre. Caracteristici și proprietăți specifice

Fibrele sunt substanțe organice sau anorganice, naturale sau de sinteză. Există o mare diversitate de fibre funcție de natura și proveniența acestora. În figura 4.9 se prezintă sintetic principalele tipuri de fibre.

Alegerea tipului de fibră cel mai indicat la armarea mixturilor asfaltice se face în funcție de proprietățile fizico-mecanice și chimice ale fibrelor.

În general fibrele se caracterizează prin compoziția chimică și anumite proprietăți fizico-mecanice:

- alungirea la rupere;
- rezistența la tracțiune;
- tenacitate;

- densitate;
- umiditate;
- rezistență la agenții chimici (acizi, baze).

În categoria fibrelor pe bază de celuloză, cheratină și semiartificiale pe bază de celuloză regenerată intră:

- fibrele celulozice – bumbacul, inul, cânepa, iuta, ramia;
- fibrele cheratice – lâna;
- fibrele de celuloză regenerată - vâscoza.

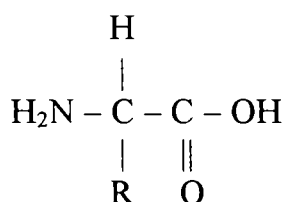
Fibrele celulozice sunt constituite în principal din celuloză, în alcătuirea căreia intră unități de 1,4-β-D-anhidroglucopirazonă cu formula brută : $C_6H_{10}O_5$

Veriga elementară este compusă din două inele de anhidroglucopirazonă dispuse în planuri care se rotesc unele față de altele, cu trei grupe hidroxilice libere cu reactivități diferite pentru fiecare inel. Compoziția chimică a acestor fibre este prezentată în tabelul 4.4.

Tabelul 4.4

Fibra	Celuloză [%]	Lignină [%]	Ceruri [%]	Cenușă [%]
Bumbac	90...94	0	0,50	1,0
Ramie	76	0,7	5,20	1,0
In	71...76	2,2	3,5	1,0
Cânepă	74...77	3,7	4,0	0,8
Iută	63...67	13,1	1,4	0,6

Lâna este alcătuită din proteine structurate, insolubile, numite cheratină. Secvența constitutivă de bază o reprezintă α-aminoacizii:

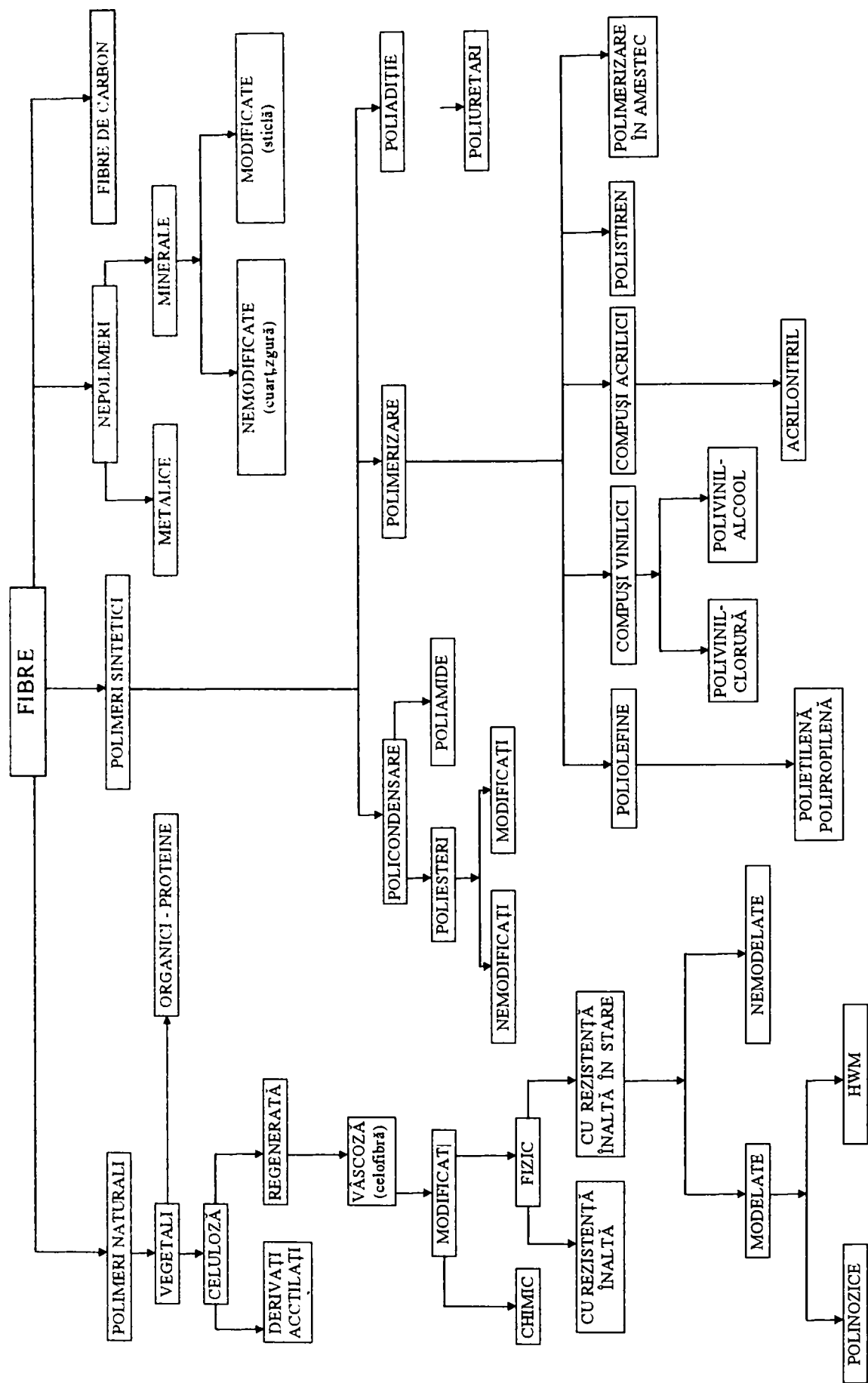


Analiza elementară arată următoarea distribuție a elementelor constitutive:

Elementul	Carbon	Oxigen	Azot	Sulf	Hidrogen	Microelemente
Cantitate, %	49,7	20,0	16,7	6,1	7,03	0,47

Formula empirică a proteinei cheratice fiind: $C_{78}H_{112}N_{18}O_{12}S$.

Fibra de lâna prezintă o morfologie complicată în care conformațiile spiralate ale aminoacizilor constituenți se dispun în formațiuni multifilamentare formând protofibrile cu diametrul de cca. 20 Å. Prin regenerarea celulozei se pot obține trei tipuri de vâscoze:



- xantogenatul de celuloză: $\text{Cel} - \text{O} - \text{C} - \text{SNa}$



- diacetatul de celuloză: $\text{CH}_3 - \text{C} - \text{O} - \text{O} - \text{Cel} \dots\dots\dots \text{Cel} - \text{O} - \text{O} - \text{C} - \text{CH}_3$



- complecși cuproamoniacali ai celulozei.

De asemenea, se pot obține fibre tip vâscoză care conțin 60...70 % celuloză și 40...30 % polimer sintetic. Aceste tipuri de fibre se fabrică la noi în țară la Brăila, Suceava, București. Printre fibrele de vâscoză cele mai utilizate sunt: vâscoza normală (celofibra), HWM (celofibră cu rezistență ridicată în stare umedă) și fibrele polinozice cu proprietățile fizico-mecanice prezentate în tabelul 4.5.

Tabelul 4.5

Proprietate	Bumbac	În	Câneapă	Iută	Lână	Vâscoză normală	Fibră HWM	Fibră polinozică
Gradul de polimerizare	3 000	4 700	4 800	4 700	-	350...450	500...550	600...650
Densitate [kg/m ³]	1,5...2,0	1,5...1,6	1,7	1,4	1,3	1,5	1,5	1,5
Tenacitate condiționat umed [cN/dyn]	3,0...4,9	0,08	0,06	0,03	1...1,7	2,2...3,5	3,5...5,8	4,5...9,5
	3,3...6,4	-	-	-	0,8...1,6	0,5...1,0	2,5...4,5	3,5...6,5
Alungirea [%] condiționat umed	16...22	1,5	2,2	1,5	25...35	20...30	16...26	8...15
	6,0...13	2,2	1,8	1,7	25...50	25...35	20...28	9...17
Umiditate reținută [%]	7,0...8,0	20	35	65	35	10...18	6...15	4...8
Rez. spec condiționat umed [cN/mm ²]	20...80	84	72	68	25...35	60...90	80...110	120...180
	24...33	88	75	71	20...30	5...10	10...20	20...80

După cum se observă **lâna** prezintă proprietățile care din punct de vedere textil o situează în fruntea ierarhiei fibrelor naturale, iar prin proprietățile igienice și de vopsire le domină și pe cele vâscoase. Din punct de vedere al utilizării acestor fibre la armarea mixturilor asfaltice, proprietățile cele mai relevante sunt alungirea, rezistența specifică și umiditatea reținută. Din valorile prezentate în tabel, cele mai indicate sunt lâna, vâscoza cu modul ridicat în stare umedă (HWM) și fibrele polinozice. Dezavantajele pe care le prezintă aceste tipuri de fibre sunt din punct de vedere al degradării chimice și biochimice.

Pornind de la structura chimică se poate observa ușor că atât fibrele naturale cât și cele din celuloză regenerată se degradează ușor prin hidroliză acidă și bazică când prezintă mari pierderi de masă; astfel că după 1,5...2 ani de la punerea în operă există posibilitatea ca rețeaua de armare să se reducă la 10...15 % față de cea inițială datorită degradării chimice și a acțiunii microorganismelor.

Fibrele acrilice se obțin din copolimeri vinilici RHC-CH₂ în care acrilonitrilul (CH₂-CH-CN) participă în proporții variabile. Când acrilonitrilul este mai mult de 85 %

din masa copolimerului fibrele se numesc acrilice, iar când participarea este de 35...85 %, se numesc modacrilice. Drept monomeri se folosesc în special acetatul de vinil, esteri acrilici sau metacrilici, α -metilstirenul, acrilamida, etc. Fibrele acrilice se obțin ca filamente continue sau ca fibre scurte. Filamentele continue au o rezistență în stare uscată de 5 cN/dyn iar alungirea la rupere are valori de până la 48 %. Lucrul mecanic la rupere este mare, ceea ce confirmă rezistența ridicată a acestor fibre. De asemenea, ele prezintă o rezistență remarcabilă la stabilitate față de factorii climaterici și au o bună stabilitate dimensională și rezistență la abraziune. Suprafața specifică a fibrei este de 30...80 m²/g iar volumul total al porilor este 0,6...1,6 cm³/g.

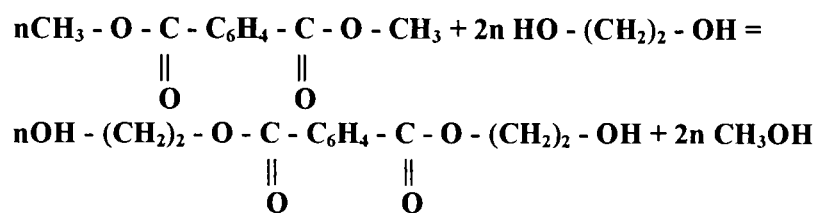
Pentru a obține fibre cu calității superioare (rezistență la temperaturi înalte, alungire mare, rezistență la tracțiune bună), în procesul de obținere în băile de filare se utilizează substanțe (solvenți și agenți de coagulare) ca: apa, glicerina, alcoolul butilic, săruri de calciu, xileni, glicoli, dimetilformamida, etc. care conferă firului obținut proprietățile dorite. Proprietățile fizico-mecanice ale fibrelor acrilice sunt prezentate în tabelul 4.6.

Tabelul 4.6

Proprietatea	Fibre acrilice	Fibre modacrilice
Rezistența la rupere, cN/dyn		
- stare umedă	2,5...4,5	2,5...4,5
- stare uscată	2,0...4,5	2,0...4,5
Alungirea, %		
- stare umedă	27...48	27...48
- stare uscată	27...48	27...48
Revenire elastică la 3 % alungire	90...95	90...95
Masa specifică relativă	1,16	1,30
Absorbția de umiditate la 20 °C și 65 % UR	1,2...2,0	0,5...0,8
Punct de înmuiere, °C	190...240	150
Influența climei	nu scade rezistența	nu scade rezistența
Rezistența chimică	Foarte mare	mare

Aceste tipuri de fibre sunt cunoscute mai mult sub denumirea generică de melană sau PNA și se apropie cel mai mult de lână.

Fibre poliesterice sunt polimeri care au în lungul lanțului macromolecular grupări esterice. Fibrele poliesterice ce produc într-o gamă o largă de sortimente care se prelucrează în amestec cu bumbacul, lâna și alte fibre chimice. Dintre cele care s-au impus sunt cele pe bază de polietilentereftalat (P.E.T.). În țara noastră aceste tipuri de fibre se obțin la Terom - Iași în mai multe variante (copoliesteri pe bază de dimetilozftalat de sodiu). P.E.T.-ul se obține din dimetiltereftalat și etilenglicol prin reacția de mai jos, alcoolul metilic fiind continuu îndepărtat din reacție.



La nivelul structurii moleculare cel puțin 97 % din P.E.T este alcătuit din unități liniare. Pentru a fi transformat în fibre, polimerul granulat și uscat este topit în extruder și apoi filat. În ultimul timp se folosește o tehnologie combinată de etirare și texturare, când gradul de orientare este ridicat, conducând la rezistențe mari la rupere.

Fibrele P.E.T. se produc în două sortimente:

- tip lână "L" cu lungimi de 50...120 mm;
- tip bumbac "B" cu lungimi de 35...50 mm.

Pentru a avea o bună stabilitate dimensională fibrele poliacrilice se fixează la cald (termoformare) la 135 °C cu ajutorul apei, aburului sau aerului. Principalele proprietăți fizico-mecanice ale fibrelor PET sunt prezentate în tabelul 4.7.

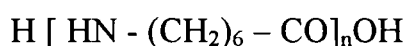
Tabelul 4.7

Proprietatea	UM	Valoarea
Grad mediu de polimerizare	-	136
Conținut de oligomeri	%	0,5
Densitate	kg / m ³	1 380
Tenacitate	cN / dyn	2,5...7,5
Alungire	%	12...50
Revenirea elastică după o deformare de 20 %	-	90...95
Rigiditatea medie	cN / dyn	8...9
Absorbția de umiditate	%	0,4

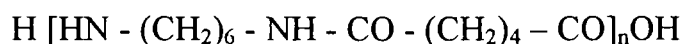
Fibrele PET prezintă o rezistență bună față de acizii minerali diluați, agenții de oxidare, apă, solvenți. Alkaliile, funcție de capacitatea de ionizare, acționează diferit asupra fibrei. Aceasta este în general sensibilă la medii alcaline care hidrolizează ireversibil oxigenul carbonilic. Degradarea termică are loc la temperaturi cuprinse între 200...300 °C.

Fibrele poliamidice se obțin prin policondensarea acizilor cu amine, iar la noi sunt cunoscute sub denumirea generică de "nailon". În România acest tip de fibre se fabrică la FIBREX S.A. și RIFIL S.A. Săvinești sub denumirea de "relon". În funcție de monomerii utilizați se obțin diferite tipuri de fibre poliesterice ce pot fi alifatic, alifatic-aromatic sau aromatic. Cele mai uzuale dintre acestea sunt:

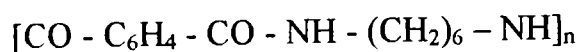
- **Poliamida 6 - obținută din ε - caprolactama**



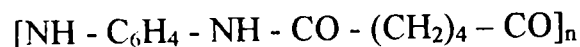
- **Poliamida 66 - obținută din acid adipic și hexametildiamină**



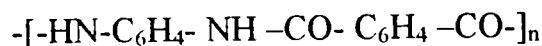
- **Poliamida 6T** - obținută din acid tereftalic și hexametilendiamină



- **Poliamida MXD - 6** - obținută din acid adipic și m - fenilendiamină



- **Poliamida HT - 1 (Neomex)**- obținută din m-fenilendiamină și clorura acidului izoftalic:



Toate aceste tipuri de poliamide se obțin prin filare în topitură când sunt în echilibru cu o cantitate de apă de 0,1...0,2 % din masa copolimerului și au stabilitate la deformare bună.

Granulele de polimer sunt trimise la filare iar după filare mănunchiul de filamente se răsuțește, se aburește, apoi se tratează cu uleiuri minerale și substanțe antistatice care îi îmbunătățesc stabilitatea termică, fotochimică și antistatică. Acești compuși se adaugă în timpul sau la sfârșitul reacției de polimerizare. După modul de prevenire al degradării, aceste adausuri de tratare a fibrelor se împart în patru categorii și anume:

- pentru limitarea degradării la cald - compuși care conțin Cu, P, halogeni;
- pentru limitarea degradării la lumină - substanțe cu Mg și P;
- pentru limitarea degradării datorate oxigenului - compuși aromatici, halogenați sau care conțin Cu și P;
- pentru limitarea încărcării electrostatice se folosesc uleiuri minerale, acizi grași sau esterii lor, fosfați organici, amine, etc.

Poliamidele prezintă totuși un grad mare de degradabilitate în prezența apei, acizilor, alcaliilor și radiațiilor. O comportare mai bună o au poliamidele aromatice care au o rezistență de opt ori mai mare la degradare față de cele alifatiche. Proprietățile fizico-mecanice ale poliamidelor, ca structură chimică, sunt prezentate în tabelul 4.8:

Tabelul 4.8

Proprietatea	Poliamida				
	6	66	6T	MXD - 6	HT - 1
Masa moleculară medie	13 200				
Grad mediu de polimerizare	117				
Densitatea, kg/m ³	1 140	1 140	1 210	1 243	1 300
Tenacitatea, cN /dyn	4,5...5,8	4,9	4,5	4,3	5,0...5,3
Alungirea la rupere, %	26...32	57	35	29	28
Capacitatea de revenire, %	4,5				
Temperatura de înmuiere, °C	170	265	370	243	440
Umiditatea absorbită, %	4,3	4,5	4,5	0	0

Fibre poliolefinice. La noi în țară se produc fibre poliolefinice, mai ales din polipropilenă la TEROM S.A. Iași. În funcție de utilizare sunt 3 tipuri de astfel de fibre:

- cu tenacitate ridicată (4,5...5,5 cN/dyn);
- cu tenacitate medie (2,5...3,0 cN/dyn);
- cu structură chimică modificată ce pot fi obținute sub formă de cord - mai mult filamente răsucite - la diverse dimensiuni.

Cele mai indicate fibre poliolefinice pentru sectorul rutier sunt cele din polipropilenă izotactică obținute în două sortimente: polifilamentate și fibre scurte, ele având o bună compatibilitate cu bitumul. Principalele proprietăți fizico-mecanice ale acestor fibre sunt (tabelul 4.9):

Tabelul 4.9.

Proprietatea	Fibre polifilamentate	Fibre scurte
Rezistența la rupere, 10^{-10} N/m ²	5...7	3...6
Tenacitatea, cN/dyn	5...7	4...6
Alungirea la rupere, %	15...35	20...35
Rezistența la îndoiri repetate	200 000	200 000
Umiditatea reținută, %	0,03	0,03
Temperatura de topire, °C	170...175	170...175
Contractia în apă la 100 °C, %	0,3	0,3
Densitate, kg/m ³	900...920	930...940
Revenirea elastică la 5 % alungire	88...98	88...95

În ceea ce privește rezistența la abraziune, fibrele polipropilenice sunt asemănătoare cu PET - ul, dar inferioare poliamidelor. În schimb, au o bună comportare la solicitări ciclice și o foarte bună stabilitate la microorganisme și fungi. Fibrele se tratează cu antioxidanți pentru protecție la degradare solară și UV. Au bună compatibilitate cu bitumul și din cauza hidrofobiei avansate favorizează îndepărtarea rapidă a apei din mixturile asfaltice.

Fibrele de sticlă. În ultimii ani utilizarea fibrelor de sticlă s-a extins atât în industria textilă cât și în alte domenii de activitate (electrotehnică, construcții) datorită proprietăților fizice (stabilitate termică și dimensională, caracteristici electrice), mecanice (rigiditate, rezistență la tracțiune) și chimice excepționale pe care le prezintă. Fibrele de sticlă se obțin prin filarea unei topituri de oxizi de siliciu, calciu, alcalii, magneziu, borax, etc. sub formă de fibre scurte (vată de sticlă) sau filamente continue într-o gamă largă de finețe. Proprietățile și morfologia fibrelor de sticlă variază cu natura și raportul cantitativ al oxizilor componenți.

Principalele tipuri de fibre de sticlă au compozițiile chimice prezentate în tabelul 4.10. (fibrele discontinue) și tabelul 4.11. (fibrele continue).

Fibrele de sticlă au o rezistență mare la tracțiune $(56...60) \times 10^8$ N/m² și modul de elasticitate echivalent cu cel al metalelor 80×10^9 N/m², hidrofilie extrem de scăzută, proprietăți dielectrice bune, stabilitate chimică mare, rezistență la umiditate și

inflamabilitate, stabilitate termică, rezistență excelentă la lumină, microorganisme, uleiuri, solvenți, atmosferă corozivă. Variațiile de temperatură nu au nici un efect asupra proprietăților fizico-mecanice până la 350 °C. Rezistența la tracțiune crește cu micșorarea diametrului, iar tenacitatea este mai mare decât a fibrelor textile.

Tabelul 4.10.

Component	Vată de sticlă [%]	Vată minerală [%]	Vată de bazalt [%]
SiO ₂	72,0	48,0	48,6
Al ₂ O ₃	1,5	9,0	17,0
Na ₂ O	15,0	-	1,5
CaO	9,0	36,0	9,5
MgO	2,3	2,0	11,0
MnO	-	-	3,0
Fe ₂ O ₃	0,2	5,0	9,0

Tabelul 4.11

Component	tip A	tip E	tip C	tip D	tip S	Tip RA	Tip L
SiO ₂	70,0	53,0	65,0	70,0	65,0	62,0	34,0
Al ₂ O ₃	1,5	15,0	4,0	-	25,0	2,0	3,0
Na ₂ O	16,0	0,9	8,5	16,0	-	14,0	0,5
CaO	8,0	20,0	14,0	-	-	4,0	-
MgO	3,0	2,9	3,0	-	10,0	1,4	-
B ₂ O ₃	1,5	9,0	5,0	14,0	-	-	-
ZrO ₂	-	-	-	-	-	11,0	-
TiO ₂	-	-	-	-	-	5,0	-
PbO	-	-	-	-	-	-	62,5
Fe ₂ O ₃	-	0,3	0,5	-	-	0,6	-

- tip A = sticlă alcalină;
 tip E = sticlă cu rezistență electrică;
 tip C = sticlă cu rezistență chimică;
 tip D = sticlă borată;
 tip S = sticlă magneziană cu rezistență ridicată;
 tip RA = sticlă cu rezistență la alcalii;
 tip R = sticlă rezistență la radiații și alcalii.

La noi în țară se produc fibre de sticlă la întreprinderea FIROS S.A., care se folosesc în cea mai mare parte pentru structuri de armare și neșute utilizate în scopuri tehnice.

Fibrele de sticlă se obțin sub mai multe forme și anume:

- bobine de roving (roving-ul fiind un ansamblu de cca. 60 fire paralele nerăsucite cu diametrul de 9 μ) de formă cilindrică cu înălțimea de 200...300 mm și diametrul de 250...300 mm cântărind 13...15 kg. Dintre tipurile de bobine de roving cel care a prezentat interes în domeniul construcțiilor este roving-ul de tocare care trebuie să prezinte o bună comportare la tăiere și împrăștiere;

- matul din fire de bază care este o împâslitură neșesută obținută din fire standard stocate cu lungimea de 35 ± 15 mm, legate între ele cu lianți organici. Se prezintă sub formă de vâl cu masa de $150 \dots 900$ g/m², lățime de 1,0...2,2 m și un conținut de liant de 3...6 %. Se livrează ca suluri cu greutatea de circa 25 kg și se poate folosi ca atare sau tăiat în benzi și apoi tocat în instalații speciale de preparare a amestecurilor asfaltice anrobate cu fibre;

- fibre de sticlă tocate - se obțin din roving prin tăiere cu cuțite rotative la 25...100 mm. Conținutul în ancolant este de 0,5...0,7 % (vinil silan sau cromcomplex) și se utilizează la anrobarea agregatelor ;

- fibre de sticlă măcinate - obținute prin măcinarea fibrelor de bază în mori cu ciocane la dimensiuni de 0,4...6,0 mm, ulterior tratate cu ancolanți.

Utilizarea fibrelor de sticlă atât pentru armare cât și pentru țesături textile presupune ancolarea lor, adică acoperirea firului cu un film de alcolant sau anizimant care îl face compatibil cu materialele cu care se amestecă ulterior. Ancolarea este operația prin care firele ieșite din filieră se trec printr-o baie de soluție de ancolare care le acoperă pe toată suprafața. Ancolanții pentru fibrele de armare sunt soluții apoase coloidale. După uscare ancolantul trebuie să acționeze ca adeziv și protector al fibrei de sticlă, să fie stabil la folosire și să nu se separe. Proprietățile pe care le conferă ancolanții fibrelor de sticlă sunt: bună adezivitate, rigiditate sporită, proprietăți antistatice și electrice corespunzătoare.

Ancolanții se compun din plastifianți, lubrifianți, agenți antistatici, agenți de cuplare, formatori de film și adezivi. Proprietățile fizico-mecanice ale principalelor tipuri de fibre de sticlă sunt redate în tabelul următor (tabelul 4.12):

Tabelul 4.12

Proprietatea	Tip E	Tip C	Tip D	Tip S	Tip RA
Densitatea kg/m ³	2 540	2 490	2 160	2 490	2 600
Rezistența la tracțiune, N/m ²	3 500	3 150	2 450	4 655	2 200
Rezistența la rupere la 500 °C, N/m ²	1 750	-	-	2 450	-
Alungirea, % - la 40 °C	73,5	70,0	52,5	86,8	-
- la 100 °C	82,6	-	-	90,3	-
Punct de înmuiere, °C	772	692	710	889	900
Indice de refracție	1,547	1,541	1,470	1,523	1,520
Stabilitate chimică	f. slabă	slabă	slabă	Bună	f. bună

Pentru armarea amestecurilor asfaltice cele mai indicate sunt fibrele tip A și RA care au bună stabilitate chimică și rezistență la alcalii. Se pot utiliza în stare umedă sau uscată, tocate la dimensiuni de 4...12 mm. Ancolantul este bine să fie pe bază de polivinilacetat și polistiren ca să le confere o bună compatibilitate cu bitumul.

4.4.1.4. Teste de compatibilitate bitum-fibre

După cum s-a arătat, fibrele introduse în mixturile asfaltice fixează bitumul în anrobat formând o rețea tridimensională. Această putere de blocare a fibrelor poate fi apreciată prin diferite teste de încercări specifice mixturilor asfaltice.

Ca test preliminar de compatibilitate a sistemului bitum – fibră s-a ales determinarea variației punctului de înmuiere (I.B.) funcție de tipul și conținutul de fibre, precum și omogenitatea amestecului rezultat (vizual).

S-au utilizat mai multe tipuri de fibre sub diferite forme și anume:

- * scamă nefilată din fibre celulozice de 5...10 mm;
- * fibre acrilice – poliacrilatul de nitril 100 % (PNA) – scamă filată și răsucită tocată la 5 și 10 mm;
- * fibre poliesterice – polietilentereftalat 100 % (PET) – tocată la 5 și 10 mm;
- * destrămături din resturi textile cu 30 % fibre celulozice, 40 % PET și 30 % PNA – scamă nefilată de 10 mm și fire răsucite de 5 și 10 mm;
- * fibre de sticlă S tip CSW₁₂-TS₆ uscate, de 12 mm;
- * fibre de sticlă RA tip CSD₁₀-RV₁-4,5 uscate, de 4,5 mm.

S-a lucrat cu bitum de la rafinăria Pitești (punct de înmuiere 41 °C și penetrația 110 1/10 mm) și bitum Crișana (punct de înmuiere 43 °C și penetrația 110 1/10 mm).

Rezultatele acestor teste preliminarii nu au fost influențate de proveniența bitumului. Diferențele au apărut datorită naturii, formei și dimensiunii fibrei utilizate, precum și conținutul acesteia în amestec. Un prim test a constatat în efectuarea de amestecuri bitum-fibră la care s-au utilizat toate tipurile de fibre, prezentate anterior, în proporție de 4 % față de bitum, tăiate la dimensiuni de 5 mm. S-a constatat că fibrele sub formă de scamă nefilată, în timpul amestecării se aglomerează, deci utilizarea lor în această formă nu este indicată.

Pentru amestecurile celelalte, la care fibrele s-au dispersat uniform în bitum s-au determinat punctele de înmuiere (tabelul 4.13). Pentru fibrele tip PNA și amestec BBC, PET, PNA s-au realizat și amestecuri bitum-fibră de 4% în care fibrele au fost tocate la 10 mm. Recepturile obținute au fost omogene, iar creșterea punctului de înmuiere a fost relativ mică față de cea realizată în testul precedent (tabelul 4.13)

Cu fibrele celulozice s-au obținut amestecuri omogene, fără aglomerări, la dimensiuni ale acestora de 1...2 mm.

Diferențele dintre punctele de înmuiere ale amestecurilor realizate cu fibre de sticlă se datorează nu atât naturii sticlei cât ancolantului cu care acestea sunt acoperite. La fibrele de tip CSW₁₂-TS₆ ancolantul este un compozit pe bază de etil-vinil-acetat

(EVA), un termoplast foarte compatibil cu bitumul care asigură o peliculă pe toată suprafața fibrei, peliculă care are o adezivitate crescută la agregatele naturale.

Tabelul 4.13

Tip fibră	Formă	Conținut fibră [%]	ΔIB bit. Pitești [°C]	ΔIB bit. Crișana [°C]
PNA 10 mm	Filat	4	50	51
	Răsucit	4	37	40
PNA 5 mm	Filat	4	44	43
	Răsucit	4	42	42
PET	Filat	4	29	37
BBC, PNA, PET, 5 mm	Răsucit	4	45	43
BBC, PNA, PET, 10 mm	Răsucit	4	48	47
Sticlă S umedă, 12 mm	Tocătură	4	15	14
Sticlă RA uscată, 4,5mm	Tocătură	4	5	7

Al doilea set de experimentări a constat în stabilirea conținutului de fibre în bitum care să conducă la o creștere de peste 15 °C a punctului de înmuiere, fapt datorat îndesirii rețelei de armare. S-a lucrat cu fibre de 5 mm în procent de 2; 4 și 6 % bitum de Suplacu de Barcău. Rezultatele obținute pentru creșterea punctului de înmuiere sunt prezentate în figura 4.10. și tabelul 4.14 .

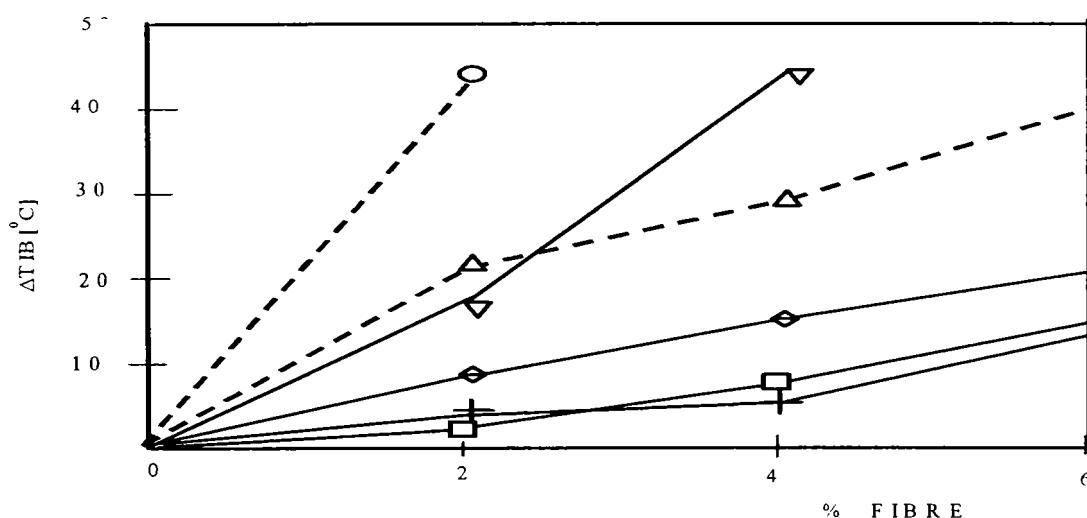


Figura 4.10 Variația punctului de înmuiere a amestecului bitum-fibră

- scamă nefilată din fibre celulozice;
- o – fibre acrilice orientate – PNA 100 %;
- Δ - fibre poliesterice – PET 100 %;
- ∇ - scamă nefilată amestec: 30 % fibre celulozice, 40 % poliester, 30 % PNA;
- ◇ - fibre de sticlă umede – CSW₁₃-TS₆-12;
- + - fibre de sticlă uscate – CSD₁₀-RV₁-4,5.

Tabelul 4.14

Tip fibră	Dimensiuni [mm]	Concentrații		
		2 %	4 %	6 %
Celuloză	2	3	12	14
PNA răsucit	5	31	42	-
	10	33	40	-
PET	5	21	27	40
Amestec BBC, PNA, PET	5	17	45	-
	10	20	47	-
Sticlă S, umedă	12	8	14	12
Sticlă RA, uscată	4,5	2,5	7	12

Analizând rezultatele prezentate anterior se desprinde ca o primă concluzie faptul că, se pot utiliza fibre cu rol de armare în compoziția mixturilor asfaltice:

- fibrele utilizate trebuie să fie sub formă de măcinătură de 5 sau 10 mm;
- se pot utiliza cu bune rezultate fibrele de sticlă și artificiale de tip PNA, PET, amestec de (BBC, PNA, PET), răsucite și tocate.

Dintre fibrele de sticlă cele mai recomandate sunt cele de tip S și RA, ancolate cu compozite pe bază de EVA, sub formă de tăiată de 4,5 mm sau 12 mm.

4.4.1.5. Proiectarea mixturilor asfaltice cu adaos de fibre

În laborator au fost realizate mixturi asfaltice cu bitum pur sau cu bitum modificat cu CAPS-R, cu adaos de fibre indigene de sticlă sau PNA.

Caracteristicile bitumului folosit sunt prezentate în tabelul 4.15.

Tabelul 4.15.

Caracteristica	U.M.	Bitum de la Suplacu de Barcău	
		Pur	Modificat
Punct de înmuiere Inel și Bilă	°C	46	45
Penetrație la 25 °C	1/10 mm	130	56
Ductilitate la 25 °C	cm	> 100	> 100

Au fost elaborate dozaje de tipul unui B.A.16, câte două dozaje pentru fiecare tip de fibră, tabelul 4.16., cu bitum pur sau bitum modificat.

Prepararea mixturilor asfaltice cu fibre s-a realizat după procedeul mixturilor asfaltice la cald. Fibrele amestecate cu filerul s-au adăugat amestecului de agregate încălzite. S-au malaxat până la obținerea unui amestec omogen și apoi s-a dozat bitumul continuând malaxarea până la omogenizarea perfectă a amestecului. S-au confecționat epruvete cilindrice și cubice și s-au efectuat încercări de laborator.

Tabelul 4.16.

Materiale	U.M.	Dozaj	
		1	2
B.A.A.F_s (B.A.A.F_s)*			
Criblură 8-16	%	25	58
Criblură 3-8	%	35	27
Nisip de concasaj	%	25	25
Nisip natural	%	12	-
Filer	%	8,0	10
Fibră de sticlă	%	0,3 RA	0,2 S
Bitum	%	6,5	6,0
B.A.A.F_{PNA} (B.A.A.F_{PNA})*			
Criblură 8-16	%	25	58
Criblură 3-8	%	35	27
Nisip de concasaj	%	25	25
Nisip natural	%	12	-
Filer	%	8,0	10
Fibră PNA	%	0,3	0,2
Bitum	%	6,5	6,0
B.A.A.F _{PNA} = beton asfaltic armat cu fibre de PNA			
(B.A.A.F _{PNA})* = beton asfaltic cu bitum modificat armat cu fibre de PNA			
B.A.A.F _s = beton asfaltic armat cu fibre de sticlă			
(B.A.A.F _s)* = beton asfaltic cu bitum modificat armat cu fibre de sticlă			

Caracteristicile fizico-mecanice obținute sunt prezentate în tabelul 4.17. pentru dozajul 1 și în tabelul 4.18. pentru dozajul 2.

Tabelul 4.17.

Caracteristici	Bitum pur			Bitum modificat	
	B.A.16	B.A.A.F _s	B.A.A.F _{PNA}	B.A.A.F _{PNA}	B.A.A.F _s
Stabilitatea Marshall la 60 °C, [kN]	7,25	7,3	7,6	8,5	7,6
Fluajul [mm]	2,9	1,8	2,4	2,9	2,8
Densitatea aparentă [kg/m ³]	2 346	2 337	2 299	2 293	2 317
Absorbția de apă [%]	0,35	0,9	1,3	1,9	1,3

Tabelul 4.18.

Caracteristici	Bitum modificat		
	B.A.16 _m	B.A.A.F _{PNA} *	B.A.A.F _s *
Stabilitatea Marshall la 60 °C, [kN]	8,0	8,0	8,5
Fluajul [mm]	4,1	3,3	4,3
Densitatea aparentă, [kg/m ³]	2 418	2 354	2 362
Absorbția de apă [%]	1,0	1,8	1,9

Pentru realizarea dozajului optim de fibră s-au realizat mixturi asfaltice cu procente diferite de fibră 0,3 %; 0,5 %, rezultatele obținute fiind prezentate în tabelul 4.19.

Tabelul 4.19.

Caracteristici	Bitum pur				
	B.A.16	B.A.A.F _s 0,3 fibră	B.A.A.F _{PNA} 0,3 % fibră	B.A.A.F _{PNA} 0,5 % fibră	B.A.A.F _s 0,5 % fibră
Stabilitatea Marshall la 60 °C, [kN]	7,2	7,6	7,9	6,0	7,0
Fluajul [mm]	2,9	1,8	2,0	2,5	2,4
Densitatea aparentă [kg/m ³]	2 348	2 347	2 302	2 314	2 295
Absorbția de apă [%]	2,9	1,8	2,0	2,5	2,35

Ținând cont de rezultatele obținute s-a trecut la experimentarea pe teren a unora din mixturile asfaltice cu fibre realizate în laborator.

4.4.1.6. Mixturi asfaltice armate cu fibre indigene

În anul 1998 au fost experimentate mixturile asfaltice realizate cu bitum pur și armate cu fibre de sticlă și PNA. Agregatele folosite au prezentat caracteristicile din tabelul 4.20.

Tabelul 4.20.

Agregatul Caracteristici	Criblură sort		Nisip de concasaj	Filer
	8-16	3-8		
Granulozitatea, în % Trece prin sita sau ciurul de... mm:				
0,09	-	-	2,0	74,7
0,2	-	0,1	14,5	91,2
0,63	-	2,0	40,5	95,7
3,15	3,5	4,0	97,2	97,5
8,0	12,0	97,0	100,0	100,0
16,0	100,0	100,0	-	-
25,0	-	-	-	-
Rezistența la uzură Los Angeles, %	18,7	-	-	-
Forma granulelor, în %	79,5	-	-	-
Trece prin ciurul inferior, în %	12,0	4,0	-	-
Rest pe ciurul superior, în %	0	3	-	-

Dozajul folosit a fost următorul :

- criblură 8...16 mm: 35,7 %;
- criblură 3...8 mm: 25,4 %;
- nisip de concasaj: 23,5
- filer Casial Deva : 9,1 %;

- fibră sticlă sau PNA : 0,3 %;
- bitum D 80/100 : 6,0 %.

Fibrele de sticlă au fost de la FIROS S.A. București, iar cele de PNA de la VIGOTEX S.A. București.

Mixtura asfaltică s-a preparat în stația LPX de la Pădureni și a fost pusă în operă pe D.N.79 A km 109+440...109+470 stânga cu fibre de PNA, iar pe sectorul 109+470...109+500 stânga cu fibre de sticlă. Procesul de preparare și punere în operă s-a realizat la fel cu cel pentru mixturile asfaltice realizate la cald cu bitum pur.

De la stația de preparat mixturi asfaltice s-au prelevat două probe (câte una pentru fiecare tip de mixtură asfaltică cu fibre) pe care s-au determinat caracteristicile fizico-mecanice (tabelul 4.21.).

Tabelul 4.21.

Caracteristici	Proba	
	1	2
Rezistența la compresiune la 22 °C, în N/mm ²	3,4	4,0
Rezistența la compresiune la 50 °C, în N/mm ²	1,2	1,8
Stabilitatea Marshaal la 60 °C, în kN	8,4	9,1
Indicele de fluaj, în mm	2,5	2,5
Densitatea aparentă, în kg/m ³	2 360	2 355
Conținut de bitum, %	5,8	6,0
Punct de înmuiere Inel și Bilă, °C	63	-
Stabilitate/fluaj, kN/mm	3,4	3,6

Notă: Proba 1 este un B.A.16 realizat cu fibre de sticlă.

Proba 2 este un B.A.16 realizat cu fibre de PNA.

Fibrele de sticlă și PNA indigene, experimentate în laborator și pe teren la prepararea mixturilor asfaltice, au pus în evidență faptul că se îmbunătățesc performanțele mixturilor asfaltice. De asemenea, experimentările efectuate în laborator au pus în evidență influența agregatelor asupra caracteristicilor mixturilor asfaltice armate cu fibre.

Prepararea și punerea în operă a mixturilor asfaltice armate cu fibre se poate realiza cu utilajele existente în dotarea șantierelor.

Sectoarele experimentale realizate în anul 1998 pe D.N. 79 a au pus în evidență o comportare bună a mixturilor asfaltice realizate cu fibre indigene și ca atare, s-au continuat experimentările și în alte zone ale țării cu climă diferită.

4.4.1.7.Sectoare experimentale realizate cu fibre tip PNA indigene

Începând din anul 1998 și până în prezent s-au realizat 10 sectoare experimentale, folosind mixtura asfaltică realizată cu bitum pur și adaos de fibre indigene.

Conform tabelului 4.22. s-au realizat sectoare experimentale în zone de câmpie, deal, podiș, munte.

Tabelul 4.22.

Nr. crt	D.N. (D.J.) km...	Data	Agregate [%]	Bitum [%]	Zonă
1	79 A km 109+400...109+470 stg.	18.08.1998	63,5	6,0	Câmpie
2	D.J. 792 km 14+672...14+712 stg.	3.11.1998	56,9	7,0	Munte
3	București – Splaiul Unirii	10.03.1999	57,7	6,2	Oraș
4	17 km 132+100...132+300	10.11.1999	57,5	7,0	Munte
5	D.J. 676 km 27+000...27+100	16.09.1999	24,2	6,5	Deal
6	D.J. 671 km 42+360...42+460	23.09.1999	33,4	7,0	Munte
7	22 C km 38+440...38+640 stg.	10.10.1999	58,0	6,3	Câmpie
8	13 km 86+865...87+067 (B3)	10.08.1999	74,4	6,6	Podiș
9	6 km 71+275...71+759	28.09.2000	74,1	6,5	Câmpie
10	D.J. 675 A 0+000...0+100	18.10.2000	40,2	7,5	Deal

Dozajele proiectate și propuse pentru experimentare sunt prezentate în tabelul 4.23. Dozajele diferă în funcție fie de condițiile existente pe șantier fie de dorința beneficiarului sau constructorului.

Tabelul 4.23.

Materialul [%]	1	2	3	4	5*	6*	7	8	9	10
Criblură 8-16	38	25	25	22	-	-	30	55	60	60
Criblură 0-7	-	-	-	-	85	50	-	-	-	-
Criblură 3-8	27	29	15	67	-	-	30	20	14	14
Nisip de concasaj	25	16	50	-	-	-	30	-	15	15
Nisip natural	-	20	-	-	-	-	-	15	-	-
Filer	10	10	11	15	10	10	10	10	11	11
Bitum	6,0	7,0	6,2	6,2	6,5	7,0	6,3	7,0	6,7	6,5
Fibră de PNA	0,3	0,25	0,25	0,25	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Curbele de granulozitate, pentru fiecare mixtură asfaltică pusă în operă pe sectoarele experimentale realizate pe drumurile naționale, sunt prezentate în figura 4.11.

Prepararea mixturilor asfaltice cu adaos de fibre s-a realizat în instalațiile existente (A.N.G., LPX, MARINI) la formațiile de preparat mixturi asfaltice, după tehnologia preparării mixturilor asfaltice la cald cu diferența că fibrele s-au adăugat pe banda de filer.

Agregatele au provenit de la diferite cariere în funcție de zona unde s-a realizat sectorul experimental. Sectoarele experimentale de pe drumurile naționale au fost ținute sub observație, compoziția și caracteristicile mixturilor asfaltice prelevate fiind prezentate în figura 4.12 și tabelul 4.24.

Nr. crt.	Sita/ciur [mm]	Treceri	Treceri	Treceri	Treceri	Treceri
1	0.09	9.3	11.5	9.4	11.3	10.1
2	0.2	14.1	18.5	12.8	13.5	12.5
3	0.63	21.6	26.1	22.7	16.4	17.5
4	3.15	36.5	42.5	42	25.6	25.9
5	8	65.8	69.2	69.7	46.4	45.6
6	16	100	98.6	99.7	100	99
7	25		100	100		100
		D.N.	D.N. 17	D.N.	D.N. 13	D.N.6
		79 A		22 C		

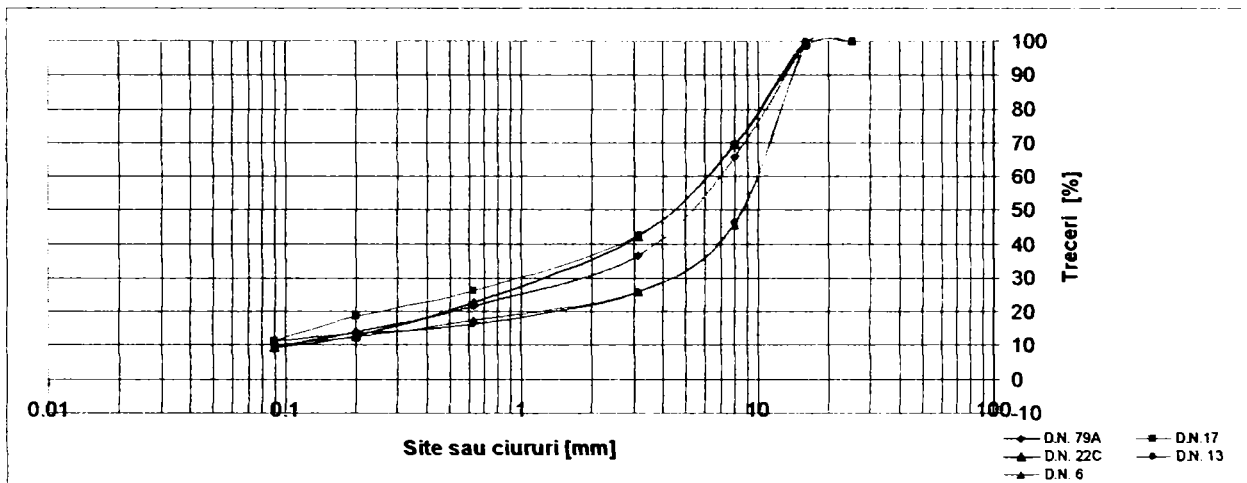


Figura 4.11. Curbele de granulozitate pentru mixturile asfaltice cu fibre tip P.N.A indigene

Nr. crt.	Sita/ciur [mm]	Treceri	Treceri	Treceri	Treceri	Treceri
1	0.09	9.3	10.4	9.4	11.3	10
2	0.2	14.1	14.1	12.8	13.5	12.5
	0.63	21.6	22.6	22.7	16.4	17.4
4	3.15	36.5	45.5	42	25.6	26
5	8	65.8	70.2	69.7	46.4	45.9
6	16	94.9	97.1	99.7	100	98.6
7	25	100	100	100		100
	D.N.	79A	17	22C	13	6

00

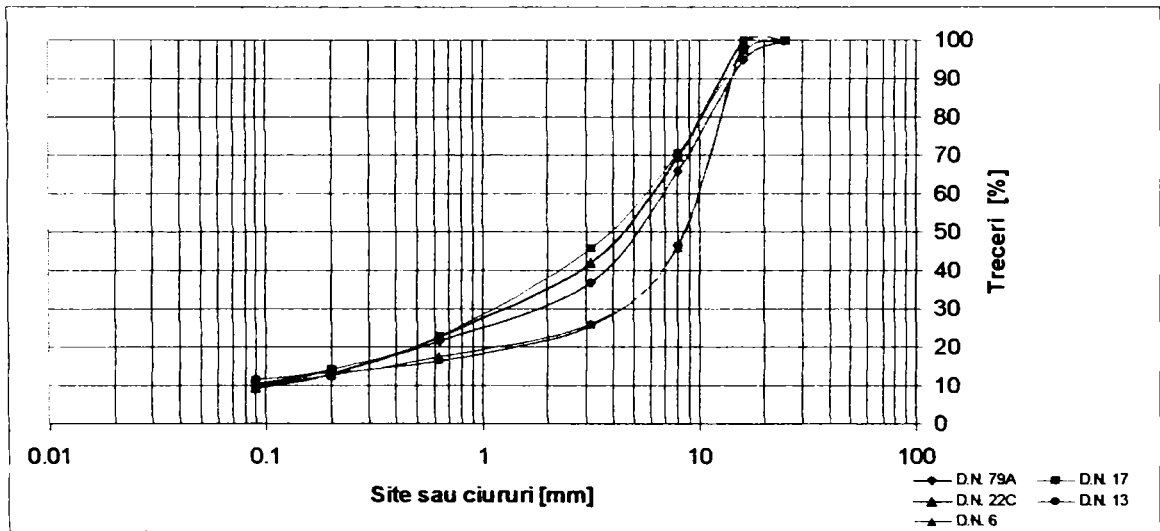


Figura 4.12. Curbele de granulozitate pentru mixturile asfaltice cu fibre tip P.N.A experimentate

Tabelul 4.24.

Caracteristici	U.M.	Sectorul D.N.....				
		79 A	17	22 C	13	6
Stabilitate Marshall la 60 °C	kN	9,1	12,5	11,5	8,45	8,5
Fluajul la 60 °C	mm	2,5	4,3	4,4	2,8	3,5
Stabilitate/fluaj	kN/mm	3,64	2,9	2,55	3,0	2,42
Densitate aparentă	kg/m ³	2 330	2 200	2 441	2 298	2 346
Absorbția de apă	%	1,9	2,2	3,2	2,1	2,6

Dozajele pentru fiecare sector experimental prezentate în tabelul 4.25.

Tabelul 4.25.

Compoziția mixturii asfaltice	U.M.	Sectorul D.N.....				
		79 A	17	22 C	13	6
Criblură 8-16	%	35,7	20,61	28,11	51,1	55,9
Criblură 3-8	%	25,0	62,77	28,11	18,6	13,0
Nisip de concasaj	%	23,6	-	28,11	14,0	14,0
Filer	%	9,4	9,37	9,37	9,3	10,3
Fibră PNA	%	0,3	0,25	0,3	0,3	0,3
Bitum	%	6,0*	7,0*	6,3*	6,7	6,5

- Bitum 60/80

4.4.1.8. Comportarea în exploatare a sectoarelor experimentale

Sectoarele experimentale au fost ținute sub observație, făcându-se inspecții vizuale, pentru a urmări starea de degradare a suprafeței. De asemenea, s-au prelevat carote pe care s-au efectuat încercări de laborator cu scopul de a pune în evidență anumite schimbări survenite în timp în mixtura asfaltică, comparându-le cu cele determinate inițial pe probele prelevate de la stație, precum și cu cele determinate pe probele preparate în laborator. Rezultatele privind compoziția mixturilor asfaltice cu fibre sunt prezentate în figura 4.13, iar caracteristicile fizico-mecanice în tabelul 4.26.

Tabelul 4.26.

Caracteristici	U.M.	Sectorul D.N.....				
		79 A/1	17/2	22 C/2	13/1	6/1
Stabilitate Marshall la 60 °C	KN	12,0	12,8	12,1	8,2	5,5
Fluajul la 60 °C	Mm	3,8	4,3	3,8	3,9	-
Stabilitate/fluaj	KN/m m	3,15	2,8	3,18	2,1	-
Densitate aparentă	Kg/m ³	2 280	2 217	2 384	2 294	2 262
Absorbția de apă	%	2,9	-	-	-	-
Omieraj 45/60 °C	%	-	2,4/4,5	-	-	-

Nr. crt.	Sita/ciur [mm]	Treceri	Treceri	Treceri	Treceri
1	0.09	10.3	14	12.4	11.4
2	0.2	14.5	18.3	15.6	13.3
3	0.63	23.6	25.6	25.6	18.3
4	3.15	48.8	44.7	46.7	29.5
5	8	69.4	66.7	71.5	47.4
6	16	100	97.9	98	97.8
7	25		100	100	100
		79 A	D.N.17	D.N. 22 C	D.N. 6
		la 1 an	la 2 ani	la 2 ani	1 an

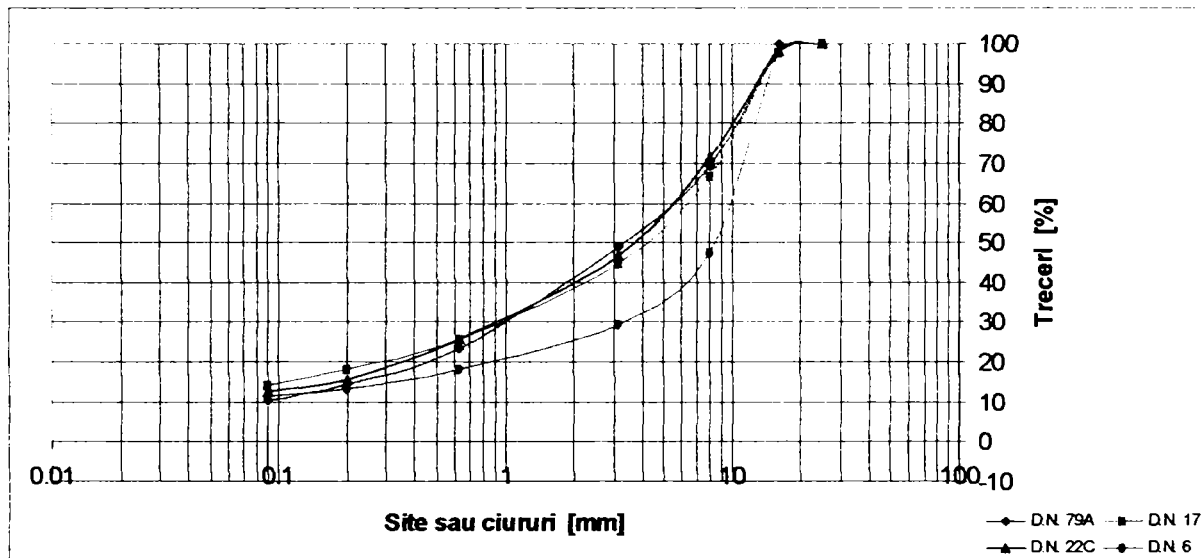


Figura 4.13. Granulozitatea mixturii asfaltice (cu P.N.A.) prelevată de pe sectoarele experimentale

În urma inspecției vizuale efectuată în anul 2001 (2002) au fost puse în evidență următoarele aspecte, conform tabelului 4.27.

Urmărirea comportării în exploatare a sectoarelor experimentale realizate cu mixturi asfaltice cu adaos de fibre a pus în evidență următoarele aspecte:

- unele sectoare au o comportare bună sub trafic, nu au apărut degradări;
- degradările apărute pe unele sectoare se datorează și procesului de fabricare și punere în operă a mixturilor asfaltice;
- nu s-au observat deformații de tipul fâgașelor;
- caracteristicile fizico-mecanice nu au suferit schimbări în timp.

Tabelul 4.27.

Sectorul D.N.	Aspectul	Observații
79 A	La un an nu prezenta degradări	După un an s-a realizat tratament bituminos
17	Asfaltizare neuniformă și fisuri longitudinale pe axul drumului	
22 C	Suprafață uniformă fără degradări	
13	Aspect neuniform, desprinderi de agregate	
6	Suprafață uniformă fără degradări	

Luând în considerare rezultatele obținute pe probele de mixturi asfaltice cu adaos de fibre PNA și comportarea acestora în timp, s-a propus o zonă de granulozitate pentru acest tip de mixturi asfaltice, conform figurii 4.14. și prezentate în tabelul de mai jos:

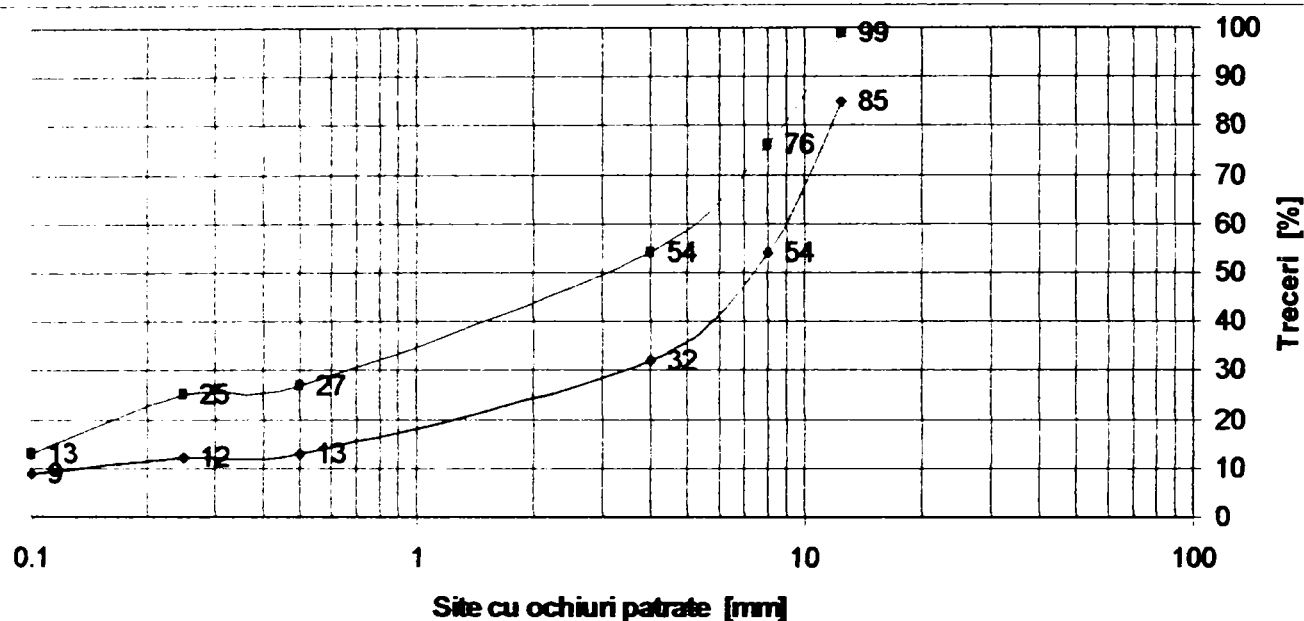


Figura 4.14. Zona de granulozitate pentru mixturile asfaltice realizate cu fibre PNA

4.4.1.9. Încercări accelerate efectuate pe mixturile asfaltice cu adaos de fibre

Monitorizarea urmării comportării în exploatare a mixturilor asfaltice realizate cu fibre indigene de tip PNA și compararea comportării acestor mixturi cu cele realizate cu fibre din import TOPCEL și TEHNOCEL 1004, s-au efectuat încercări accelerate pe pista Stației de Încercări Rutiere Accelerate de la Universitatea Tehnică “Gheorghe Asachi” din Iași.

Tipul de mixturi asfaltice și amplasarea sectoarelor este prezentată în figura 4.15.

Sectorul 1 – MBSF -TEHNOCEL

Sectorul 2 – MBSF -TOPCEL

Sectorul 3 – MBSF -PNA

Sectorul 4 – MBSF -CELRO

Sectorul 5 – B.A.R. 16

Structurile rutiere ale pistei s-au deosebit doar prin stratul de uzură. De menționat că, s-au folosit același tip de agregate (Chileni) și același tip de bitum (Suplacul de Barcău D 60/80). Încercările au fost efectuate de specialiștii din cadrul Facultății de Construcții de la Iași,

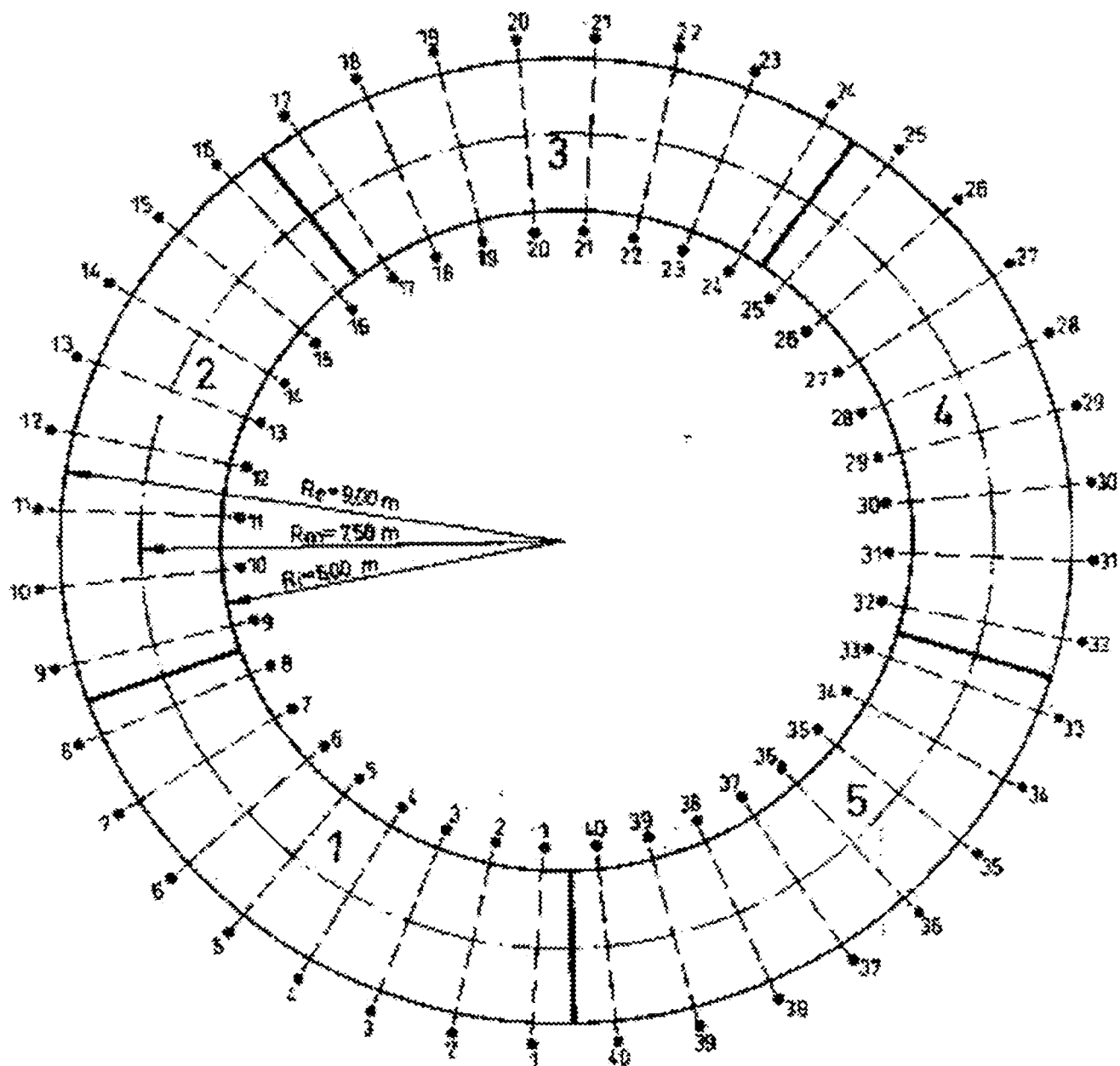


Figura 4.15. Amplasarea sectoarelor experimentale pe pista Stației de Încercări Rutiere Accelerate

După efectuarea încercărilor preliminare, pentru a stabili conținutul de bitum, s-a ajuns la următoarele dozaje (tabelul 4.28.).

Tabelul 4.28.

Materiale [%]	B.A.R.16	Mixturile asfaltice realizate cu fibre			
		TEHNOCEL	TOPCEL	PNA	CELRO B
Criblură 8-16	42,5	41,8	41,9	37,5	37,5
Criblură 3-8	22,0	27,2	27,3	25,3	25,3
Nisip concasaj	22,8	16,2	16,2	24,4	24,4
Filer	7,6	8,3	8,4	6,6	6,6
Fibre	-	0,3	0,3	0,3	0,3
Bitum	5,1	6,5	6,2	6,2	6,2

Curbele de granulozitate sunt prezentate în figura 4.16.

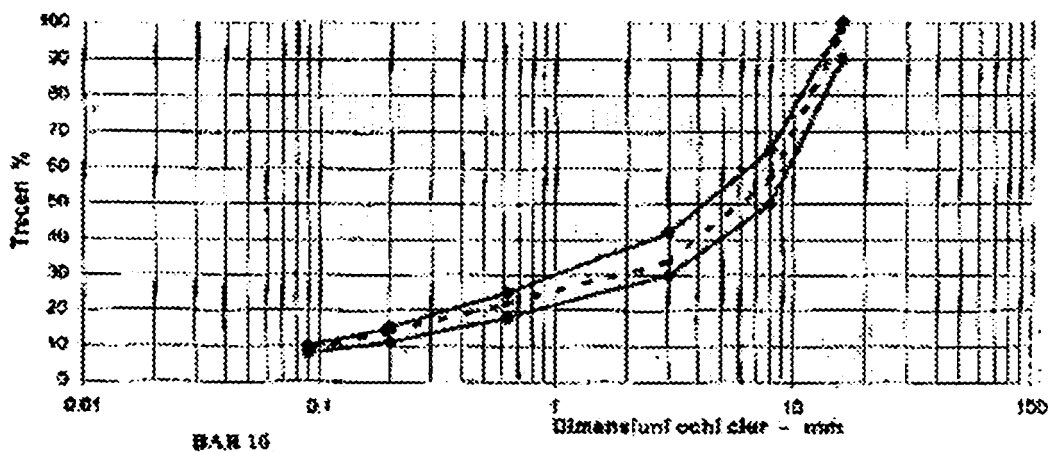
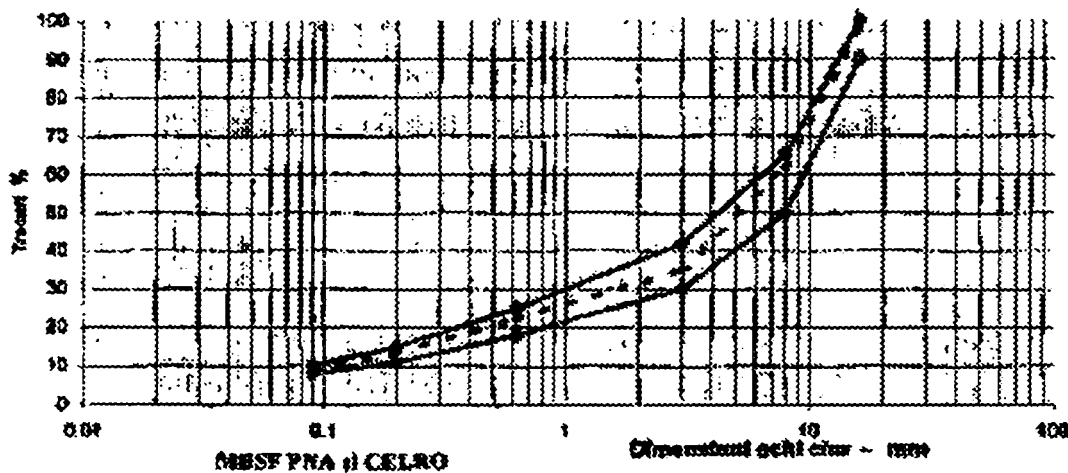
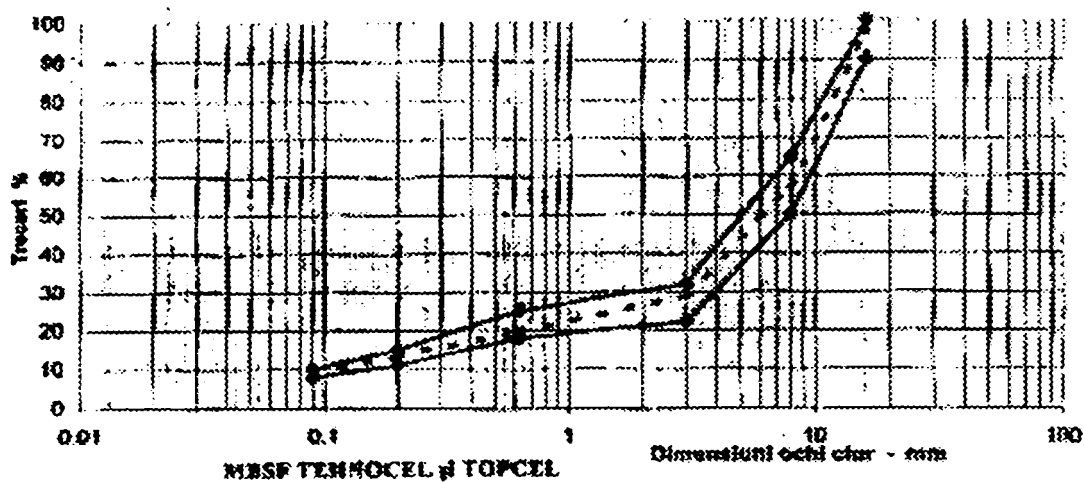


Figura 4.16. Granulozitatea amestecului de agregate naturale

Studiul a început în anul 1999 și a continuat până în anul 2001, când s-a realizat un trafic de 2,2 milioane treceri ale osiei vehiculului etalon OS 115 kN.

Deformațiile remanente medii obținute pe sectorul cu PNA sunt prezentate în figura 4.17. Evoluția deformațiilor remanente medii pe fâșia exterioară sunt prezentate în figura 4.18, iar cele de pe fâșia interioară în figura 4.19. Aceste grafice pun în evidență comportamentul la deformații asemănător al mixturilor asfaltice realizate cu PNA cu cele realizate cu fibre de import TOPCEL și TEHNOCEL.

De menționat că, CELRO este tot o fibră indigenă.

Examinând graficele prezentate rezultă cinci etape distincte, pe baza ratei de acumulare a deformațiilor și anume:

- **etapa I:** între 0 și 50 000 (100 000) treceri roată osie OS 115 kN, asistăm la o consolidare suplimentară prin circulație- **rată accentuată de acumulare a deformațiilor remanente;**

- **etapa a II-a:** între 50 000 (100 000) și 400 000 treceri trafic, realizat în perioada rece a anului 2001 (ianuarie...mai) - **rată redusă de acumulare a deformațiilor remanente;**

- **etapa a IIIa:** între 400 000 și 800 000 treceri –trafic, realizat în perioada caldă a anului 2000 (iunie...septembrie) – **rată mare de acumulare a deformațiilor;**

- **etapa a IV-a:** între 800 000...1 700 000 treceri roată , trafic realizat în perioada rece (octombrie 2000...mai 2001) – **rată foarte scăzută, aproape nulă, de acumulare a deformațiilor;**

- **etapa a V-a:** între 1 700 000...2 200 000 treceri roată, trafic realizat în vara anului 2001 – **rata de acumulare a deformațiilor mai mare decât în etapa precedentă, dar mult mai mică decât în etapa a III-a.**

Se constată o diferențiere a comportării sectoarelor la deformații funcție de temperatură. Profilurile longitudinale prezentate în figurile 4.20. și 4.21. sunt foarte sugestive pentru prezentarea stării de degradare și stabilesc momentul când se consideră încheiat experimentul. Această situație este prezentată în tabelul 4.29, unde se prezintă valorile adâncimii maxime ale fâgașului în profil longitudinal, măsurate în 0,1 mm.

Se constată că, deși diferența medie a fâgașelor a atins valoarea 60 1/10 mm, considerată ca valoare limită, totuși pe fiecare sector experimental există cel puțin un profil transversal în care această limită este depășită. Cea mai mare valoare s-a înregistrat pe sectorul martor (9,7 mm). Sectorul cu PNA se situează între cel cu TOPCEL și TEHNOCEL.

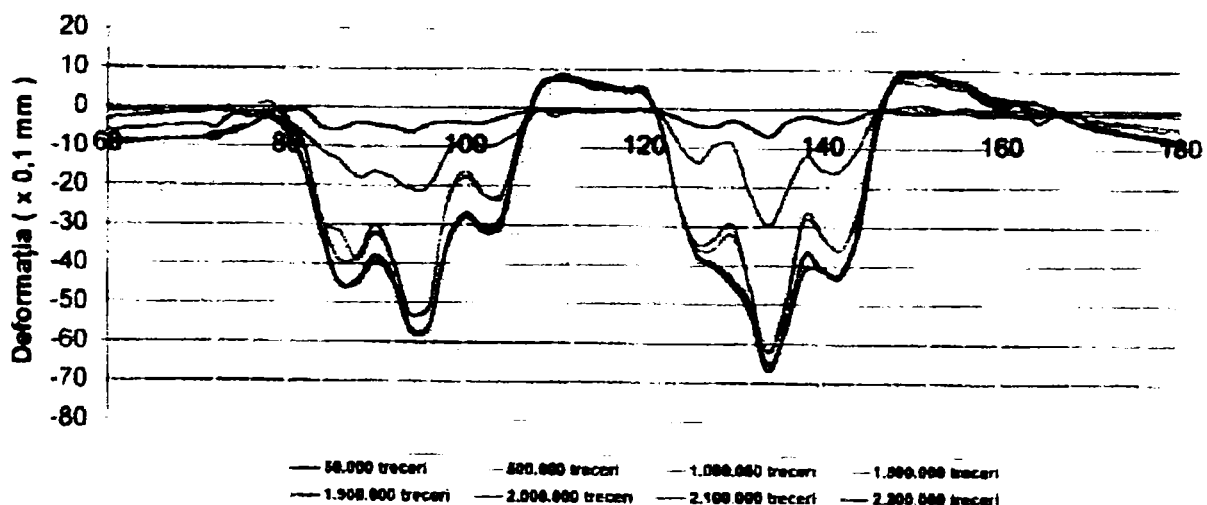


Figura 4.17. Deformațiile permanente medii pentru sectorul realizat cu fibre tip PNA

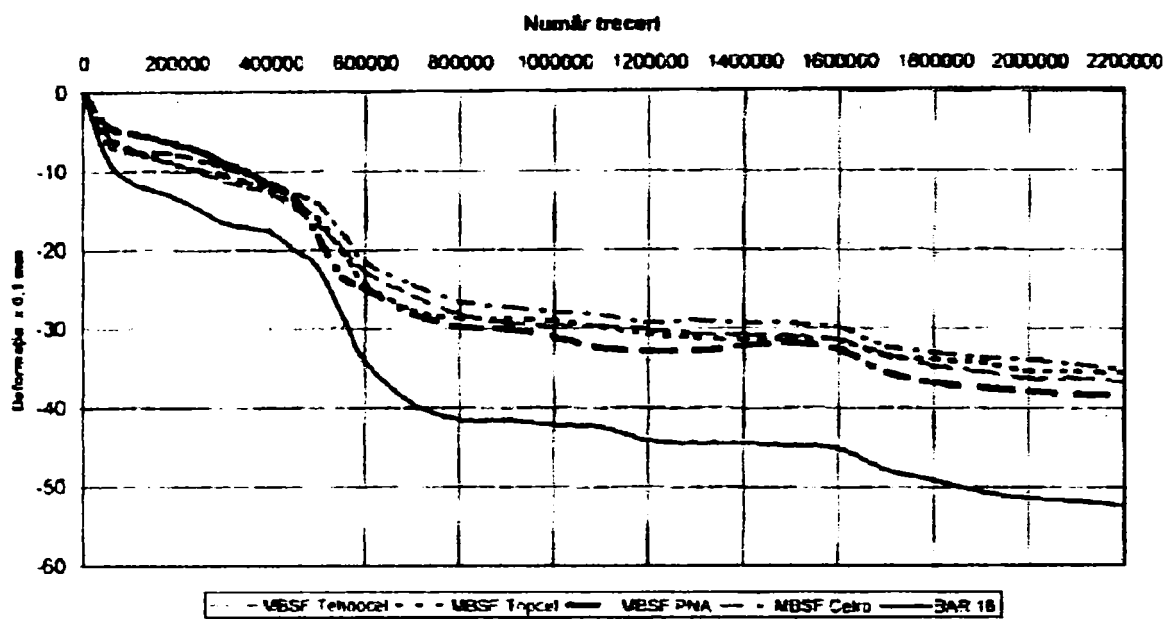


Figura 4.18. Evoluția deformațiilor remanente medii de pe fâșia exterioară

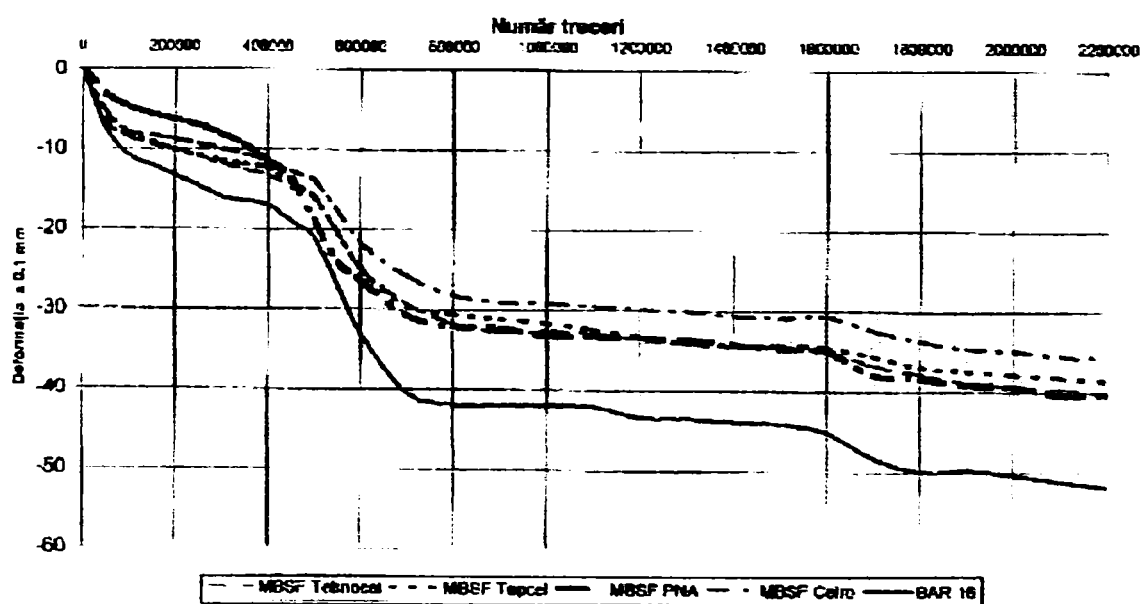


Figura 4.19. Evoluția deformațiilor remanente medii de pe fâșia interioară

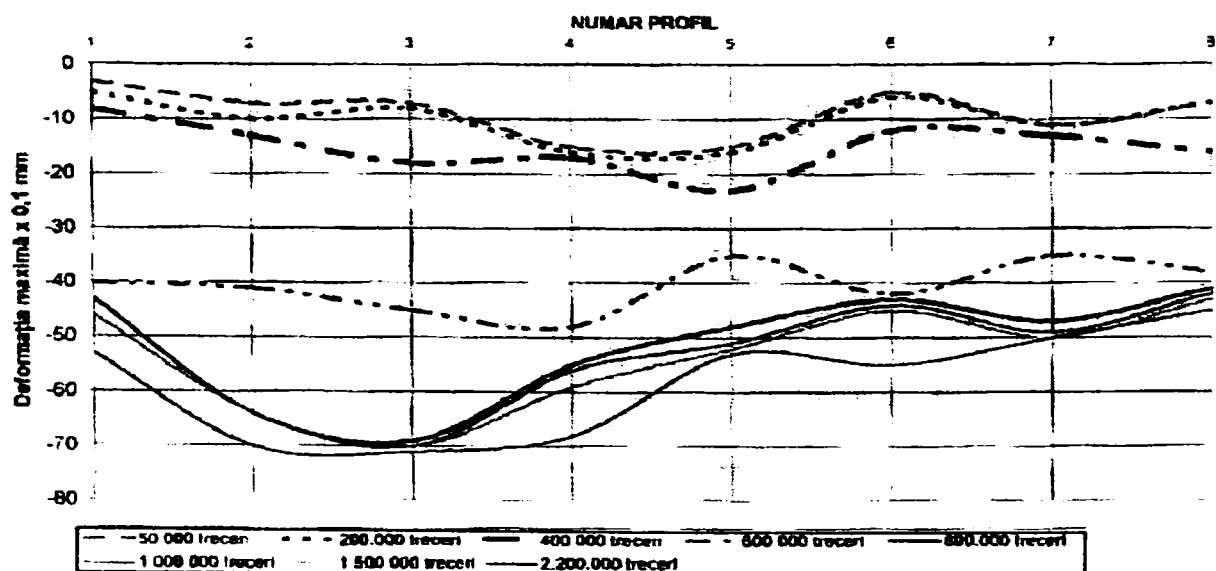


Figura 4.20. Valorile maxime ale deformațiilor înregistrate în lungul sectorului 3 pe fâșia exterioară

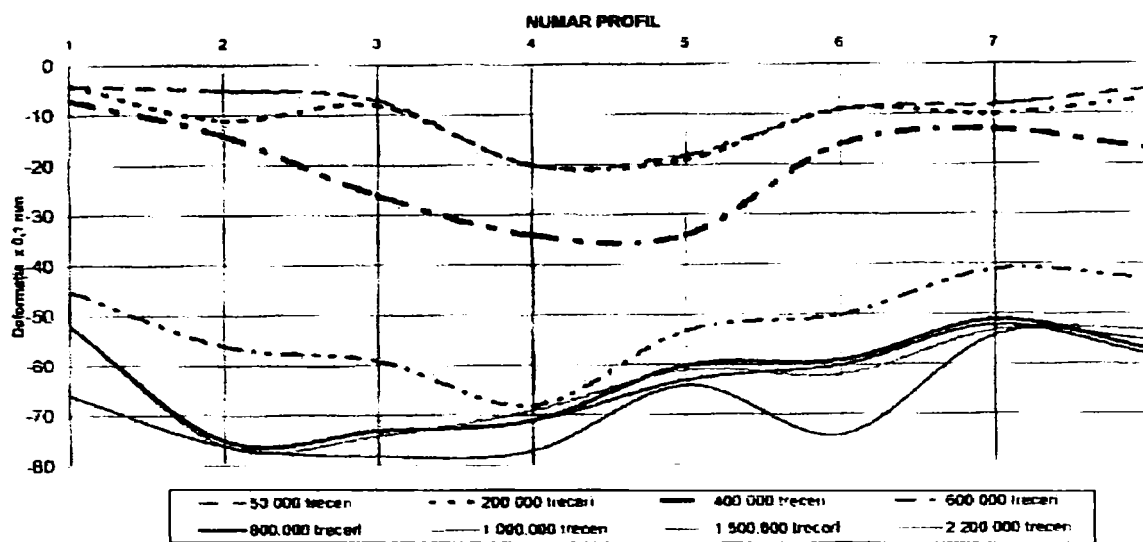


Figura 4.21. Valorile maxime ale deformațiilor înregistrate în lungul sectorului 3 pe fâșia interioară

Tabelul 4.29.

Traficul Înregistrat	Fâșia de circulație	Sectorul				
		1	2	3	4	5
50 x 10 ³ treceri	Exterioară	20	8	16	10	20
	Interioară	16	16	20	18	19
2,2 x 10 ⁶ treceri	Exterioară	74	59	72	60	97
	Interioară	85	66	79	68	87

În tabelul 4.30. se prezintă diferența între deformația maximă și minimă în sens longitudinal, măsurată în zecimi de milimetru.

Tabelul 4.30.

Traficul Înregistrat	Fâșia de circulație	Sectorul				
		1	2	3	4	5
50 x 10 ³ treceri	Exterioară	13	5	9	5	16
	Interioară	11	11	16	15	17
2,2 x 10 ⁶ treceri	Exterioară	37	13	19	29	48
	Interioară	26	16	14	21	39

Se constată că, dacă inițial planeitatea era acceptabilă (0,5...1,7 mm), după realizarea traficului de 2,2 milioane treceri s-a ajuns la diferențe mult mai mari (3,7...4,8 mm). Sectorul cu PNA se situează ca și comportament între sectorul cu TOPCEL și TEHNOCEL.

Pentru a studia comportarea la ormieraj, de pe sectoarele experimentale realizate pe pista de încercări, s-au prelevat carote și s-au efectuat încercări la ormieraj în cadrul laboratorului CESTRIN București (tabelul 4.31.).

Tabelul 4.31.

Tip mixtură Asfaltică	Sector	H fâgaș/VDO	H	Coefficient de Variație [%] /valori medii
Mixtură asfaltică cu TOPCEL	1	5,6/1,6	4,0	22/1,44
		2,6/0,8	4,0	
		2,1/1,6	4,3	
		2,8/1,2	4,1	
		2,3/1,6	4,0	
		2,4/1,7	4,3	
		8,4/1,7	4,4	
		2,9/1,3	3,7	
Mixtură asfaltică cu TEHNOCEL	2	5,5/4,3	4,0	59/1,91
		3,3/1,6	4,0	
		2,0/1,2	4,1	
		6,4/1,9	4,0	
		4,2/1,6	4,1	
		4,9/2,0	4,2	
		2,2/0,8	4,3	
Mixtură asfaltică cu fibre PNA	3	2,1/1,7	4,3	17,3/2,0
		4,6/2,4	4,1	
		4,5/2,0	4,3	
Mixtură asfaltică cu CELROM	4	2,8/1,2	4,3	30/1,04
		2,7/1,2	4,2	
		3,8/1,6	4,0	
		1,3/0,8	3,9	
		3,1/0,8	4,0	
		1,2/2,5	4,1	
		0,7/5,2	3,9	
		3,3/0,8	4,3	
B.A.R.16	5	3,1/1,2	4,0	24,8/1,84
		3,4/1,6	4,2	
		4,0/2,0	4,4	
		-	4,1	
		5,5/2,0	4,1	
		-	3,9	
		-	3,9	
		5,8/2,4	4,6	

În concluzie se poate evidenția:

- referitor la formarea fâgașelor, mixturile asfaltice realizate cu fibre de PNA au o comportare asemănătoare (valori foarte apropiate) cu mixturile asfaltice realizate cu fibre din import TOPCEL și TEHNOCEL, având o comportare mult mai bună decât mixturile asfaltice fără fibre.;

- mixtura asfaltică cu PNA se situează între mixturile asfaltice cu TOPCEL și TEHNOCEL, ca și comportare;

- capacitatea portantă mai bună în cazul sectorului cu B.A.R.16 întărește concluzia că deformațiile nu se datorează cedării structurii rutiere în ansamblu.

Rezultatele bune obținute ne-au permis să propunem, împreună cu specialiștii din cadrul Centrului de Cercetare pentru Materiale Macromoleculare și Membrane S.A. București, care m-au sprijinit în rezolvarea cercetărilor și experimentărilor, această nouă tehnologie pentru obținerea brevetului de invenție. **Propunerea s-a materializat prin obținerea brevetului de invenție nr.118 080 cu titlul “Compoziție bituminoasă armată cu fibre și procedeu de obținere a acesteia”, acordat prin hotărârea nr.3/315 din 30 noiembrie 2002.**

Pe baza rezultatelor obținute s-au elaborat “Instrucțiuni tehnice pentru utilizarea mixturilor asfaltice armate cu fibre tip PNA la realizarea îmbrăcăminților rutiere”, instrucțiuni ce au fost aprobate prin hotărârea A.N.D. nr. 568/2002

4.4.2. Mixturi asfaltice antifăgaș

Pentru a putea preveni și remedia făgașele este necesar a cunoaște cauzele care favorizează apariția acestui tip de degradări.

4.4.2.1. Cauzele care determină apariția făgașelor

Apariția făgașelor se datorează mai multor cauze [11; 79], astfel:

- cauze de ordin climateric:

- * temperaturi ale mediului ambiant ridicate și îndelungate;
- * sectoare fără umbră expuse la soare;

- cauze legate de complexul rutier:

- * complex rutier subdimensionat;
- * efectul îngheț-dezgheț, mai ales la nivelul patului drumului;
- * insuficiența compactare a straturilor rutiere;
- * straturi bituminoase realizate din mixturi asfaltice neadecvate ;

- cauze legate de solicitarea traficului:

- * circulația autovehiculelor cu greutate mare pe osie și cu presiunea în pneuri ridicată;
- * circulația canalizată ;
- * intensitatea traficului foarte mare;
- * circulația cu viteză mică, opriri îndelungate, etc. Reducerea vitezei de la 90

km/h la 30 km/h multiplică riscul apariției făgașelor cu 5;

* acțiunea pneurilor cu crampoane provoacă urme și dislocări.

În situația nefericită de cumul de cauze, fâgașele se dezvoltă rapid, iar adâncimea mare provoacă inconveniente majore. De exemplu, dacă temperatura mediului ambiant este foarte ridicată timp îndelungat, iar straturile bituminoase sunt realizate dintr-o mixtură asfaltică cu un procent ridicat de bitum moale, la solicitările unui trafic intens și greu se constată, din punct de vedere al apariției fâgașelor, un adevărat dezastru [79].

4.4.2.2. Exigențele mixturilor asfaltice antifâgaș

Subliniem faptul că o dată cu apariția și dezvoltarea traficului intens și greu, au început să se numere printre defecțiunile grave ale drumurilor și fâgașele. Un fapt alarmant, foarte actual, este apariția pe unele sectoare de drumuri naționale reabilitate după 1...2 ani de la darea în exploatare a unui început de formare a fâgașelor. Această realitate trebuie luată în considerare .

Studiile și cercetările [30;34;35;36;79;80] au pus în evidență faptul că un rol esențial în producerea fâgașelor îl au mixturile asfaltice prin componenții săi și prin calitatea preparării și punerii în operă a acestora, așa cum am arătat în subcapitolul 4.2.

În cele ce urmează încercăm să punctăm câteva dintre problemele ce socotim că ar trebui să le avem în vedere la proiectare, în special a mixturilor asfaltice, pe care le vom numi mixturi asfaltice antifâgaș (M.A.A.), ce ar trebui introduse pentru realizarea îmbrăcăminților bituminoase pe toate drumurile cuprinse în programele de reabilitare și nu numai. Studiile și experiențele țărilor dezvoltate ar trebui analizate și luate în considerare și de către administrațiile de drumuri din țara noastră.

Prin ce s-ar caracteriza mixturile asfaltice antifâgaș? Care ar fi exigențele unei astfel de mixturi asfaltice?

În literatura franceză, Pierre Bense [11] menționează, referitor la lianții pentru mixturile asfaltice antifâgaș, următoarele :

- folosirea unui bitum pur de penetrație 35/50, apoi modificat cu SBS permite reducerea riscului de formare a fâgașelor cu 30...40 %;

- în ultimii ani în Franța pe drumurile cu trafic intens, bitumul utilizat frecvent, de penetrație 50/70, a fost înlocuit cu bitum 35/50. Se studiază introducerea bitumului de penetrație 20/30;

- în ultimii ani se studiază posibilitatea introducerii unor bitumuri pentru M.A.A. de penetrație 35/50 sau 50/70 cu o mică susceptibilitate la temperaturi (indice de penetrație + 0,5);

- rezultate bune s-au obținut prin adăugarea în mixturile asfaltice a fibrelor (sticlă sau celuloză) [12]. Studiile au arătat că riscul formării fâgașelor în îmbrăcămiștile bituminoase realizate din mixturi asfaltice ce conțin 0,3 % fibre s-a diminuat cu 30 %;

- introducerea direct în malaxor a 5...6 kg la tona de mixtură asfaltică de polimeri din clasa poliolefinelor în filament sau granule conduce la obținerea unei mixturi asfaltice cu o foarte bună susceptibilitate termică. Studiile au arătat că îmbrăcămintea bituminoasă realizată cu o astfel de mixtură asfaltică reduce riscul de apariție a fâgașelor cu 50 %;

- o soluție interesantă, menționată în literatura franceză ca eficientă și aplicată în anul 1990 în Franța, utilizată în scopul împiedicării apariției fâgașelor, în zonele foarte expuse la riscul formării acestora, constă dintr-o mixtură asfaltică antifâgaș, turnată într-un sistem de celule în faguri cu latura de 18 cm și înălțimea de 3 cm. Mixtura asfaltică este realizată cu bitum și adaos de fibre. Îmbrăcămintea bituminoasă astfel realizată nu poate fi refulată iar apariția fâgașelor este puțin probabilă;

- Pierre Bense menționează că pe 90 % din autostrăzile noi, în ultimii 10 ani, s-a introdus ca îmbrăcămintă bituminoasă o soluție care constă în executarea unui strat din mixtură asfaltică de 6...8 cm grosime realizată cu bitum foarte dur, ce se acoperă cu un alt strat de mixtură asfaltică specială de 2 cm grosime, care datorită grosimii reduse nu favorizează apariția fâgașelor.

Menționăm încă o dată că, în Franța, începând din anul 1990, pe toate drumurile cu trafic intens și greu se utilizează mixturi asfaltice care conțin bitum de penetrație 35/50 1/10 mm. În ceea ce privește dozajul în liant a mixturilor asfaltice se remarcă tendința de reducere a conținutului de liant, specificându-se că adâncimea fâgașului crește cu 40 %, dacă conținutul de liant se mărește cu 0,4 %.

Agregatele naturale utilizate la fabricarea mixturilor asfaltice destinate pentru realizarea straturilor bituminoase pe drumuri solicitate intens de traficul greu, trebuie să provină din roci dure, pentru a se evita fenomenul de atriție, să fie curate, să fie poliedrice, colțuroase, ceea ce le conferă un unghi de frecare interioară ridicat, scheletul mineral format din agregate peste 3 mm trebuie să fie 65...70 %, partea fină redusă, utilizarea numai a nisipului de concasaj (nu se admite folosirea nisipului de râu).

Filerul trebuie să provină din roci calcaroase, iar raportul filer /bitum să fie peste 1,0.

Tehnologia de execuție a straturilor structurilor rutiere trebuie riguros realizată și controlată. În mod special compactarea straturilor trebuie să se bucure de o

atenție deosebită. O compactare necorespunzătoare generează tasări ulterioare datorate acțiunii dinamice a traficului, ceea ce conduce la apariția fâgașelor.

Din cele prezentate mai sus, rezultă faptul evident că sub influența factorilor enumerați (trafic intens și greu, temperaturi ale mediului ambiant ridicate și îndelungate, eventuale inadvertențe în proiectare și execuție etc.) pe drumurile intens solicitate pot să apară fâgașe cu consecințe neplăcute pentru desfășurarea circulației rutiere.

În mod evident, se detașează necesitatea studierii și introducerii unor măsuri care să limiteze, ba chiar să elimine, posibilitatea apariției fâgașelor mai ales pe drumurile în curs de reabilitare.

Considerăm că una din condițiile principale ce se consideră a fi analizată este cea legată de proiectarea și realizarea mixturilor asfaltice din care se execută straturile bituminoase. În această ordine de idei se remarcă necesitatea utilizării unor bitumuri mai dure, bitumuri cu adaosuri de polimeri, elastomeri sau alte produse, care să le micșoreze susceptibilitatea termică. În toate cazurile se apreciază ca necesară efectuarea unor studii complexe pentru a găsi formula cea mai potrivită pentru mixturilor asfaltice antifâgaș, în scopul realizării unor straturi bituminoase care să nu genereze apariția fâgașelor.

În continuare vom prezenta câteva studii privind proiectarea și realizarea unor mixturi asfaltice cu adaos de var, care pe lângă alte calități de remediere și prevenire a unor degradări, prezintă și o rezistență bună la formarea fâgașelor.

4.4.2.3. Influența varului asupra bitumului și a mixturilor asfaltice

Utilizarea varului hidratat ca modifikator pentru a ameliora calitatea amestecurilor bituminoase a fost și este mult folosită în Statele Unite [102]. Comparat cu mai multe filere, este cunoscut faptul că, suprafața specifică mare și finețea varului antrenează o creștere a rigidității masticurilor bituminoase.

Totuși, neținând seama de acest efect, folosirea varului a fost abandonată pentru motive economice în anii 1930.

Mai târziu, demarându-se importante lucrări rutiere cu îmbrăcăminți bituminoase, și luând în considerare că adezivitatea bitumului la agregate joacă un rol important în comportarea mixturilor asfaltice la acțiunea apei, s-a reluat procedeul de a folosi varul la prepararea mixturilor asfaltice, cu scopul de a îmbunătăți comportarea acestora la dezanrobare.

Mai târziu, prin anii '60, cercetările efectuate asupra mixturilor asfaltice realizate cu var, au demonstrat că varul hidratat ameliorează și comportarea la îmbătrânire a bitumului. Rezultatele studiilor de laborator, prin numeroasele observații, au demonstrat

aptitudinea varului de a se opune fenomenului de durificare (întărire). Se presupunea o acțiune a varului asupra numeroșilor constituenți ai bitumului responsabili de durificarea bitumului prin îmbătrânire, dar fără a stabili clar mecanismul.

Apoi, prin anii '80, varul hidratat a fost utilizat în tratarea in situ la rece a drumurilor. Adăugat în același timp cu emulsia bituminoasă, el a permis de a stăpâni mai bine ruperea emulsiei bituminoase, de a îmbunătăți comportarea la apă și de a crește rigiditatea amestecului.

Astăzi, varul se folosește în mai mult de 50 de state, în principal în estul și sud-estul Statelor Unite. Dozajele practice sunt de 1...2 % din totalul agregatelor.

În Europa, procedeul este cunoscut, dar după anii '60 foarte puțin s-a aplicat. Calitatea principală și recunoscută a varului este aptitudinea sa de a îmbunătăți adezivitatea bitumului la agregate. De asemenea, când la ieșirea din centralele de preparat mixturi asfaltice, se confruntă cu fenomenul de lichefiere a anrobatelor realizate cu agregate poroase dificile la uscare, adaosul de var crește vâscozitatea amestecului și facilitează punerea în operă.

Studii recente, realizate în Franța, au pus în evidență rolul activ al varului de a controla ruperea emulsiei bituminoase sau ca agent rigidifiant în mixturile asfaltice realizate la rece.

Astăzi, în Franța, se preconizează utilizarea sistematică a varului hidratat în anrobatele drenante pentru a ameliora comportarea la dezanrobare.

Pe de altă parte, s-a constatat că varul crește considerabil longevitatea anrobatelor de ordinul a 20 % , și se preconizează utilizarea sa la prepararea mixturilor asfaltice.

Varul se utilizează pentru a crește vâscozitatea amestecului a numeroase anrobate poroase, mai rar este utilizat pentru a îmbunătăți comportarea la formarea fâgașelor a diferitelor mixturi asfaltice. În Franța procentul de var folosit este de 1...2 %.

Producătorii de var de origine belgiană au organizat diferite reuniuni al căror obiectiv era de a prezenta și comenta rezultatele cercetărilor întreprinse privind rolul varului în mixturile asfaltice.

Concluziile seminarului din anul 1998, ținut la Roma prin AIPCR, au fost extrem de pozitive și au permis de a afirma că varul este un agent de adezivitate.

Cercetările recente, realizate în Statele Unite, au pus în evidență efectul varului asupra oxidării bitumului în timpul îmbătrânirii. Prin determinarea indicelui de îmbătrânire la 60 °C, au fost puse în evidență două efecte contradictorii:

- varul provoacă o rigidificare creată prin "efectul filer";

- acest efect este contrabalansat prin reducerea fenomenului de oxidare în timpul îmbătrânirii.

S-a ajuns la concluzia că aceste efecte cumulate sunt benefice pentru mixturile asfaltice, deoarece crește:

- durabilitatea lor;
- rezistența la formarea fâgașelor și
- se diminuează fisurarea la temperaturi scăzute.

Cercetările efectuate de M.M, Johanson, Branthaver și Robertson, [102] în anul 1997, pe un bitum tratat cu var, au pus în evidență efectul benefic al varului care provine din combinarea efectului de rigidifiant (efectul filer) și de a reduce durificarea la temperaturi joase.

Diferența între durata de viață a mixturilor asfaltice realizate cu var și cele realizate fără var, este semnificativă, în condiții climaterice aspre și temperaturi joase.

Efectul benefic al varului se explică prin interacțiunea acid/bază, între bitum și var. Introducerea părților fine bazice modifică net repartiția maselor fracțiunilor generice ale bitumului pentru amestecuri neîmbătrânite (cu excepția saturatelor), diminuând rășinile de tip 2, care constituie compuşii cei mai acizi și reacționează cu carbonatul și varul (tabelul 4.32.).

Tabelul 4.32..

	Timp /h/ RTFOT	Saturate [%]	Ciclice [%]	Rășini 1 [%]	Rășini 2 [%]	Asfaltene [%]
Bitum	0	10,2	47,1	17,3	16,9	8,5
	7	9,2	39,4	16,6	18,2	16,6
	Δ	-1	- 7,7	- 0,7	1,3	8,1
Mastic (Bitum+Filer de calcar)	0	9,8	48,3	18,9	14,7	8,3
	7	9,0	42,8	16,7	19,1	12,4
	Δ	- 0,8	- 5,5	- 2,2	4,4	4,1
Mastic (Bitum+ Filer activ)	0	10,3	49,5	19,7	13,0	7,5
	7	8,4	41,6	18,4	18,4	13,2
	Δ	- 1,9	- 7,9	- 1,3	5,4	5,7

Analizând rezultatele prezentate în tabelul 4.32. se constată că părțile fine bazice (varul) reduc net formarea asfaltenelor în timpul îmbătrânirii bitumului. Cercetările efectuate în străinătate au pus în evidență faptul că varul este un modificator al bitumului când se folosește în proporție de 10...20 %.. Acest rol de modificator al bitumului este foarte important pentru o mai bună rezistență la formarea fâgașelor, în special pentru lianții neîmbătrâniți.

Rezultatele încercărilor de laborator privind efectul varului asupra bitumului

Luând în considerare rezultatele prezentate anterior privind efectul benefic al varului asupra bitumului, am studiat în laborator variația punctului de înmuiere "Inel și

Bilă" atât pe bitum pur, cât și pe bitum tratat cu filer de calcar, cu filer de calcar și var sau numai cu var. Încercările au fost efectuate pe probe înainte de îmbătrânirea bitumului, cât și după aceasta.

Masticurile au fost realizate din 50 % bitum și 50 % părți fine. Părțile fine luate în studiu au fost de 2 tipuri:

- 100 % părți fine calcaroase (filer de calcar);
- filer activ compus din :
 - * 75 % filer de calcar ;
 - * 25 % var.

Masticurile au fost realizate din bitum și filer activ sau cu bitum și filer de calcar în următoarea proporție:

- 50 % bitum și 50 % filer de calcar ;
- 50 % bitum și 50 % filer activ realizat din : 37,5 % filer de calcar și 12,5 % var.

Un alt studiu s-a efectuat pe masticuri realizate din bitum și var, varul fiind în proporție de : 10 %; 12,5 %. Atât pe bitumul pur, cât și pe masticurile preparate, s-a determinat punctul de înmuiere "Inel și Bilă", apoi s-a efectuat testul de îmbătrânire prin încălzire la 163 °C, timp de 5 ore. Rezultatele obținute în urma încercărilor de laborator sunt prezentate în tabelul 4.33.

Tabelul 4.33.

Proba	Componenti	Procent componenti [%]	Timp TFOT [h]	Inel și Bilă [°C]
1.	Bitum	100	0	45
	filer de calcar	0	5	53
	Var	0	Δ	8
2.	Bitum	50	0	51
	filer de calcar	50	5	65
	Var	0	Δ	14
3.	Bitum	50	0	53
	filer de calcar	37,5	5	59
	var	12,5	Δ	6
4.	Bitum	87,5	0	48
	filer de calcar	0	5	53
	var	12,5	Δ	5
5.	Bitum	90	0	48
	filer de calcar	0	5	53
	var	10	Δ	5

Analizând rezultatele prezentate în tabelul 4.33. se constată efectul varului asupra bitumului. Punctul de înmuiere "Inel și Bilă " crește foarte puțin după efectuarea testului de îmbătrânire, deși la început punctul de înmuiere este mai crescut pe probele ce conțin var. Folosind var se constată o scădere a susceptibilității termice a bitumului. Studiile

privind efectul varului asupra mixturilor asfaltice au arătat că adaosul de var are multiple roluri:

- ca agent de adezivitate contra dezanrobării, fiind pus în evidență prin: * creșterea modulului de rigiditate (la 25 °C după imersare în apă) al mixturilor asfaltice de la 5 100 MPa la 5 700 MPa;

- * creșterea modulului de rigiditate (la 40 °C și după imersare) al mixturilor asfaltice de la 700 MPa la 1 700 MPa;

- * stabilitatea modulului de rigiditate al mixturilor asfaltice (la 4 °C și după imersare), ceea ce este pus în evidență printr-o slabă susceptibilitate termică o mai bună comportare la formarea fâgașelor la cald și o mai bună elasticitate la temperaturi joase;

- * adaosul de 1 % var în mixturile asfaltice realizate cu agregate silicioase duce la o creștere a rezistenței la acțiunea apei și înghețului, având același efect ca și adaosul de amine alifactice;

- efectul pozitiv asupra coeziunii în cazul mixturilor asfaltice drenante este spectaculos, se arată în literatura de specialitate [02];

- efectul varului hidratat asupra rezistenței la ornieraj a unui beton asfaltic 0/10 cu agregate silicioase și nisip calcaros, utilizat în stratul de legătură este benefic;

- efectul varului hidratat asupra rezistenței la îmbătrânire a mixturilor asfaltice drenante sau cu granulozitate discontinuă se manifestă printr-o creștere importantă.

Luând în considerare efectul benefic al varului hidratat asupra comportării în timp a mixturilor asfaltice din îmbrăcămințile bituminoase, s-a analizat, studiat în laborator influența varului hidratat asupra caracteristicilor mixturilor asfaltice.

4.4.3. Mixturi asfaltice realizate cu var

Luând în considerare rezultatele prezentate în literatura de specialitate, precum și rezultatele obținute în laborator privind efectul varului asupra bitumului, am considerat ca necesar studiul influenței varului asupra mixturilor asfaltice. În acest sens am proiectat, preparat și studiat mixturile asfaltice:

- cu și fără var;
- cu bitum mai dur sau mai puțin dur;
- cu procent de bitum mai mare sau mai mic;
- cu diferite procente de var;
- cu agregate diferite din punctul de vedere:
 - al rezistenței la uzură;

- al provenienței;
- al tipului de agregat;
- al procentelor luate în dozaj.

Pentru prepararea mixturilor asfaltice cu var s-au studiat, în primul rând, agregatele naturale folosite.

4.4.3.1. Caracteristicile fizico-mecanice ale agregatelor naturale

Agregatele naturale folosite provin de la diferite cariere și balastiere, caracteristicile fizico-mecanice ale acestora, determinate în laborator, fiind prezentate în tabelul 4.34; 4.35; 4.36 ;4.39. Agregatele utilizate au fost agregate concasate de carieră și/sau balastieră. Filerul a fost un filer de la Casial Deva și Tg-Jiu. Bitumul * de la ARPECHIM Pitești de penetrație 60/80; de la Suplacul de Barcău de penetrație 60/80 și 80/100 și de la Moll de penetrație 60/80.

Tabelul 4.34.

Caracteristica	U.M.	Criblură 8-16 Șanovița	Criblură 3-8 Zlaști	Nisip concasaj Zlaști	Filer Casia I Deva
Granulozitate					
Trece prin sita sau ciurul de					
... mm					
0,09	%	-	-	3,5	82,4
0,2		-	-	7,8	97,6
0,63		-	-	30,5	100,0
3,15		0,1	4,9	93,2	-
8,0		4,3	85,5	100,0	-
16,0		97,5	100,0	-	-
25,0		100,0	-	-	-
Uzura Los Angeles max.	%	20,7	22	-	-
Coeficient de formă	%	30,7	22,9	-	-
Coeficient de activitate		-	-	1,02	-

Tabelul 4.35.

Trece prin sita sau ciurul de ...mm,%	Filer Casial Deva	Nisip concasaj Meri	Criblură sort 3-8 Turceni	Criblură sort 8-16 Turceni	Pietriș conc. Sort 8-16 Bumbesti-Jiu
0,09	78,8	3,2	0,1	-	0,1
0,2	97,1	13,5	0,3	-	0,1
0,63	100,0	38,3	0,5	-	0,1
3,15	-	83,8	14,7	0,1	0,3
8,0	-	100,0	96,3	15,5	25,1
16,0	-	-	100,0	99,0	100,0
25,0	-	-	-	100,0	-
31,5	-	-	-	-	-
Rezistența la Uzură Los Angeles, %	-	-	-	16,7	27,7
Coefficient de formă,%	-	-	-	8,1	7,0

Tabelul 4.36.

Caracteristica	U.M	Criblură 8-16 Brănișca	Criblură 3-8 Zlaști	Nisip de concasaj Brănișca	Filer Casial Deva	Var Casial Deva	Var Tg.-Jiu
Granulozitatea; Trece prin sita de ... mm							
0,08	%	-	-	2,54	76,9	86,5	95,4
0,2		-	-	7,9	97,9	96,5	99,3
0,63		-	-	32,6	100,0	99,1	100,0
1,0		-	0,04	50,7	100,0	99,3	100,0
8,0		18,1	93,0	100,0	100,0	100,0	100,0
16		96,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
20		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Conținut de granule care :							
- rămân pe ciurul superior	% max	3,8	7,0	2,6	-	-	-
- trec prin ciurul inferior	% max	18,1	10,9	-	-	-	-
Rezistența la ♦ uzură Los Angeles	% max	13,1	26,0	-	-	-	-
Corpuri străine		Absent	Absent	Absent	Absent	Absent	Absent

Tabelul 4.37.

Caracteristica	U.M	Filer Casial Deva	Nisip conc. Zlaști	Nisip conc. Brănișca	Cribl. 3-8 Zlaști	Cribl. 3-8 Brănișca	Cribl. 8-16 Zlaști	Cribl. 8-16 Brăn.
Granulozitatea Trece prin sita de ... mm								
0,08		83,2	10,0	1,7	0,8	-	0,5	-
0,2	%	97,6	13,9	2,0	0,8	-	0,5	-
0,63		100,0	21,8	15,2	0,8	2,2	0,5	0,4
3,15			91,2	94,0	9,8	47,6	0,5	1,7
8,0			100,0	100,0	75,8	94,3	8,7	19,1
16					100,0	100,0	98,2	95,1
20							100,0	100,0
Conținut de granule care : - rămân pe ciurul superior	% max	-	8,8	6,0	24,2	5,7	1,8	4,9
trec prin ciurul inferior	% max	-	10,0	1,7	9,8	47,6	8,7	19,1
Rezistența la uzură Los Angeles	% max	-	-	-	-	-	21,6	11,7
Corpuri străine	-	-	Abs.	Absent	Abs.	absent	Abs.	Abs.

4.4.3.2. Proiectarea mixturilor asfaltice cu sau fără adaos de var

Folosind agregatele cu caracteristicile prezentate în tabelul 4.34...4.37. s-au proiectat 59 dozaje pentru mixturi asfaltice, cu un schelet mineral mai puternic, cu diferite procente de bitum de penetrații diferite, diferite procente de agregate, diferite procente de filer și var.

Dozajele proiectate folosind agregatele prezentate în tabelul 4.34.(Șanovița și Zlaști). Scheletul mineral format din agregate cu dimensiunea maximă a granulei peste 3 mm reprezintă peste 65...75 %. Pentru a studia influența consistenței bitumului asupra caracteristicilor fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice, s-au preparat mixturi asfaltice folosind un bitum mai dur de penetrație 30/50 1/10 mm la 25 °C și punctul de înmuiere Inel și Bilă 73 °C.

Literatura de specialitate arată că tipul de liant influențează considerabil rezultatele obținute, prin duritatea sa exprimată prin penetrație și punct de înmuiere. Tipul de liant influențează adâncimea făgașului.

Curba de granulozitate a agregatului total este prezentată în figura 4.22.

Folosind metoda suprafeței specifice s-a determinat procentul de bitum, utilizând un modul de conținut de 3,5...4,0, fiind elaborate 8 dozaje, tabelul 4.38.

Tabelul 4.38.

Materiale	U.M.	Dozaje							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Criblură sort 8-16 Șanovița	%	30,2	30,0	30,0	37,9	37,8	37,6	30,2	37,9
Criblură sort 3-8 Zlaști	%	33,0	32,9	32,7	33,2	33,0	32,9	33,0	33,2
Nisip de concasaj Zlaști	%	20,8	20,7	20,6	17,1	17,0	16,9	20,8	17,1
Filer Casial Deva	%	10,3	10,3	10,3	6,6	6,6	6,6	10,3	6,6
Bitum 60/80 –Suplacul de Barcău	%	5,7	6,1	6,4	-	-	-	-	-
Bitum 80/100 –Suplacul de Barcău	%	-	-	-	5,3	5,6	6,0	-	-
Bitum 30/50	%	-	-	-	-	-	-	5,7	5,3
Raport filer/bitum	-	1,8	1,7	1,6	1,24	1,17	1,1	1,8	1,24

S-a pornit de la un conținut de bitum cât mai mic deoarece, literatura de specialitate arată că o creștere a conținutului de bitum conduce la mărirea instabilității și deci la apariția unor fâgașe cu adâncimi mai mari de 10...16 mm.

Dozaje proiectate folosind agregatele de la Turceni și Bumbesti Jiu.

Bitumul folosit a fost un bitum de la Suplacul de Barcău de penetrație 80/100. Dozajele elaborate au constat în variația tipului de agregate, variația procentului de bitum, variația procentului de filer și agregate cu dimensiunea mai mare de 8 mm și în adaosul de var.

Dozaje elaborate variind tipul agregatului natural. Au fost elaborate două dozaje de tipul unui B.A.16., unul realizat cu cribluri, iar altul realizat cu cribluri (sort 3-8) și pietriș dublu concasat sort 8-16, dozajele 9 și 10 (tabelul 4.39). Folosind metoda suprafeței specifice s-a determinat conținutul de bitum, folosind un modul de conținut $K = 3,5...4,0$, s-au proiectat 4 dozaje (11;12;13;14) de execuție pentru B.A.16., dozaje ce sunt prezentate în tabelul 4.39.

Tabelul 4.39.

Agregate	U.M.	9	10	11	12	13	14
Pietriș concasat 8-16 Bumbesti-Jiu	%	-	37	-	34,7	-	34,9
Criblură sort 8-16 Turceni	%	38	-	35,5	-	35,8	-
Criblură sort 3-8 Turceni	%	34	34	31,8	31,9	32,0	32,0
Nisip de concasaj Meri	%	16	17	14,9	15,9	15,1	16,0
Filer Casial Deva	%	12	12	11,2	11,3	11,3	11,3
Bitum	%	-	-	6,6	6,2	5,8	5,8
Raport filer/bitum	-	-	-	1,69	1,82	1,94	1,94
Total	%	100	100	100	100	100	100

Observăm că agregatele cu dimensiunea mai mare de 3 mm reprezintă peste 70 %, deci s-a proiectat o mixtură asfaltică pentru stratul de uzură cu un schelet mineral puternic.

De asemenea, constatăm absența nisipului natural, deoarece așa cum am precizat creșterea procentului de nisip natural are ca efect o creștere a instabilității mixturilor asfaltice și deci favorizează apariția fâgașelor și adâncimea acestora.

Curba de granulozitate a agregatului total conform dozajelor proiectate pentru o mixtură asfaltică de tipul B.A.16, utilizată pentru stratul de uzură, este prezentată în figura 4.22. Curba de granulozitate a agregatului total se încadrează în zona de granulozitate pentru o mixtură asfaltică de tipul unui B.A.16.

Dozaje cu adaos de var. Ținând cont de literatura de specialitate [102], care precizează că varul acționează ca un agent de adezivitate contra dezanrobării, având și un efect asupra rezistenței mixturilor asfaltice la formarea fâgașelor, ne-am propus a studia în laborator acest efect, proiectând mixturi asfaltice în care o parte din filer să fie înlocuită cu var. Astfel, pornind de la dozajele 13 și 14 am elaborat alte două dozaje în care procentul de bitum a rămas același, adăugând doar var și micșorând procentul de filer. Dozajele elaborate sunt prezentate în tabelul 4.40. Curba de granulozitate este prezentată în figura 4.22.

Nr.crt.	Sita/ciur [mm]	Treceri	Treceri	Treceri	Treceri	Treceri
1	0.09	9.8	10	10	9.9	9.9
2	0.2	12.5	13.9	14.1	13.8	14
3	0.63	17.8	18.3	18.7	18.3	18.8
4	3.15	33.3	37.2	38.1	37.2	38.2
5	8	64.3	66.6	71	66.6	71
6	16	99.7	99.6	100	99.9	100
7	25	100	100		100	
		Dozaj	Dozaj	Dozaj	Dozaj	Dozaj
		1...8	9;11;13	10;12;14	15	16

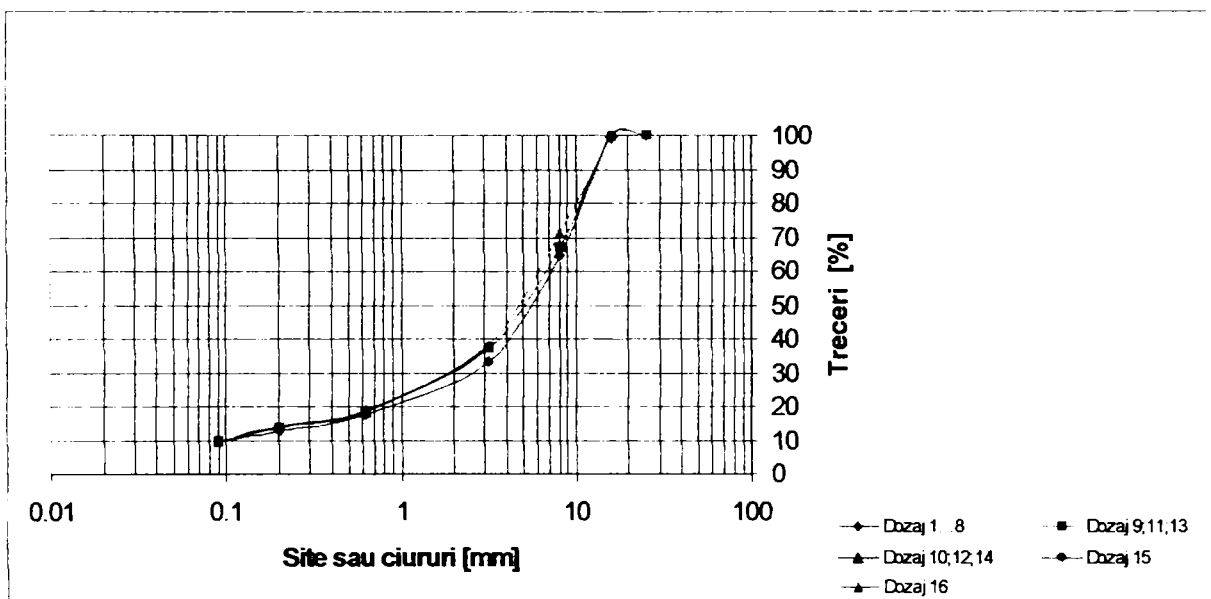


Figura 4.22. Curbele de granulozitate pentru dozajele proiectate

Un alt studiu a constatat în mărirea procentului de agregat mai mare de 8 mm și micșorarea procentului de filer. În acest sens au fost elaborate două dozaje (17 și 18) prezentate în tabelul 4.40, mixturi asfaltice realizate numai cu cribluri, de tipul unui B.A.16. S-au folosit aceleași materiale .

Tabelul 4.40.

Materiale	U.M.	15	16	17	18
Pietriș concasat sort 8-16 Bumbesti –Jiu	%	-	34,9	-	-
Criblură sort 8-16 Turceni	%	35,8	-	47,1	56,8
Criblură sort 3-8 Turceni	%	32,0	32,0	18,8	14,2
Nisip de concasaj Meri	%	15,1	16,0	18,8	12,3
Filer casial Deva	%	9,4	9,4	8,5	10,4
Var	%	1,9	1,9	0,9	0,9
Bitum	%	5,8	5,8	5,8	5,5
Raport filer/bitum	-	1,62	1,62	1,46	1,89

De asemenea, s-au realizat mai multe dozaje, variind:

- procentul de bitum;
- procentul de var
- natura varului;
- natura bitumului.

S-a folosit bitum D 60/80 și bitum D 80/100.

De asemenea, s-au folosit două tipuri de var de la Casial Deva și de la Târgu-Jiu.

S-au realizat dozaje (19...22) cu bitum 60/80, filer de la Deva, cu și fără var, în procente diferite. În tabelul 4.41. se prezintă 3 dozaje elaborate pentru mixturile asfaltice realizate cu var de la Casial Deva, în procente diferite, cu bitum 60/80, precum și un dozaj martor fără var și 3 dozaje (23...25) cu var de la Târgu-Jiu.

Tabelul 4.41.

Componentele	U.M.	Dozajele cu var de la Deva				Dozaje cu var de la Târgu-Jiu		
		19	20	21	22	23	24	25
Criblură 8-16 Brănișca	%	35,8	35,8	35,8	35,8	35,8	35,8	35,8
Criblură 3-8 Zlaști	%	32,1	32,1	32,1	32,1	32,1	32,1	32,1
Nisip de concasaj 0-3 – Brănișca	%	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1
Filer Casial Deva	%	11,3	9,7	9,9	10,1	9,7	9,9	10,1
Var	%	-	1,6	1,4	1,2	1,6	1,4	1,2
Bitum 60/80	%	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
Total		100	100	100	100	100	100	100
Raport filer/bitum	-	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98

În dozajele prezentate în tabelele 4.41. procentul de bitum rămâne același, și anume 5,7 % raportat la masa mixturii asfaltice, iar agregatele sunt de la Brănișca și Zlaști.

Folosind un alt procent de bitum s-au elaborat 7 dozaje (26...32) prezentate în tabelul 4.42.

Tabelul 4.42.

Componentele	U.M	Dozajele cu var de la Deva				Dozaje cu var de la Târgu-Jiu		
		26	27	28	29	30	31	32
Criblură 8-16	%	35,7	35,7	35,7	35,7	35,7	35,7	35,7
Criblură 3-8	%	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0
Nisip de concasaj 0-3	%	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Filer	%	11,3	9,7	9,9	10,1	9,7	9,9	10,1
Var Deva	%	-	1,6	1,4	1,2	-	-	-
Var Târgu-Jiu	%	-	-	-	-	1,6	1,4	1,2
Bitum 60/80	%	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Raport filer/bitum	-	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88
Total	%	100	100	100	100	100	100	100

De asemenea, au fost elaborate încă 5 dozaje (33...37), folosind filer de la Deva, var de la Deva (în aceleași procente) și bitum 60/80 în procente variabile. (tabelul 4.43).

Tabelul 4.43.

Componentele	U.M.	Dozajele elaborate cu var de la Deva				
		33	34	35	36	37
Criblură 8-16	%	35,8	35,7	35,6	35,5	35,3
Criblură 3-8	%	32,1	32,0	31,9	32,1,8	31,6
Nisip de concasaj 0-3	%	15,1	15,0	15,0	14,9	14,9
Filer Casial Deva	%	9,7	9,7	9,6	9,6	9,6
Var Deva	%	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Bitum 60/80	%	5,7	6,0	6,3	6,6	7,0
Raport filer/bitum	-	1,98	1,88	1,80	1,69	1,6
Total	%	100	100	100	100	100

Pentru a observa influența procentului de părți fine asupra caracteristicilor mixturilor asfaltice, am mărit conținutul de părți fine de la 12 % la 14 %, din care 12 % filer de calcar și 2 % var de la Deva. Au fost elaborate 3 dozaje (38...40) cu 14 % părți fine și s-a variat procentul de bitum (60/80), iar 2 dozaje (41 și 42) cu bitum 80/100, fără var. Dozajele sunt prezentate în tabelul 4.44.

Tabelul 4.44.

Componentele	U.M.	Dozajele cu var de la Deva			Dozaje fără var	
		38	39	40	41	42
Criblură 8-16	%	35,8	35,6	35,5	35,8	35,7
Criblură 3-8	%	30,1	30,0	31,7	32,1	32,0
Nisip de concasaj 0-3	%	15,0	15,0	14,9	15,1	15,0
Filer	%	11,3	11,2	9,2	11,3	11,3
Var	%	1,9	1,9	1,9	-	-
Bitum 60/80	%	5,9	6,3	6,7	-	-
Bitum 80/100	%	-	-	-	5,7	6,0
Raport filer/bitum	-	2,23	2,07	1,66	1,98	1,88
Total	%	100	100	100	100	100

Folosind numai agregate de Zlaști, s-au proiectat câteva dozaje variind procentul de var, precum și procentul de bitum. Dozajele elaborate sunt prezentate în tabelul 4.45. iar curba de granulozitate a agregatului total în figura 4.23. Bitumul folosit a fost un bitum de penetrație 93 1/10 mm și punct de înmuiere Inel și Bilă = 45 °C.

Dozaje proiectate cu agregate de Brănișca. Agregatele de Brănișca folosite au caracteristicile prezentate în tabelul 4.36...4.37, iar bitumul folosit a fost un bitum D 60/80, având o penetrație de 65 1/10 mm și punctul de înmuiere 48 °C.

Tabelul 4.45.

Materiale	U.M.	43	44	45	46	47	48	49
Criblură 8-16	%	31,7	31,7	31,8	32,0	32,0	32,0	32,1
Criblură 3-8	%	34,5	34,5	34,7	34,8	34,8	34,8	34,8
Nisip de concasaj 0-3	%	16,8	16,8	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9
Filer	%	10,3	8,3	8,3	8,3	7,8	7,3	8,4
Var	%	-	2,0	2,0	2,0	2,5	3,0	2,0
Bitum 80/100	%	6,7	6,7	6,3	6,0	6,0	6,0	5,8
Total	%	100	100	100	100	100	100	100
Filer/bitum		1,53	1,53	1,63	1,72	1,72	1,72	1,79

Curba de granulozitate a agregatului total pentru dozajele proiectate cu astfel de agregate este prezentată în figura 4.23, iar dozajele (50...53) de lucru în tabelul 4.46.

Tabelul 4.46.

Materiale	U.M.	50	51	52	53
Criblură 8-16	%	35,7	35,7	35,7	35,7
Criblură 3-8	%	32,9	32,9	32,9	32,9
Nisip de concasaj 0-3	%	14,0	14,0	14,0	14,0
Filer	%	11,3	10,7	10,1	9,5
Var	%	-	0,6	1,2	1,8
Bitum 80/100	%	6,0	6,0	6,0	6,0
Total	-	100	100	100	100
Filer activ/bitum		1,88	1,88	1,88	1,88

Folosind aceleași agregate, același bitum, filer și var, s-a proiectat un alt dozaj, având curba de granulozitate a agregatului natural prezentată în figura 4.23.

S-au proiectat 6 dozaje (54...59), având aceeași curbă de granulozitate, acelaș procent de bitum și procent diferit de var (tabelul 4.47.)

Tabelul 4.47.

Materiale	U.M.	54	55	56	57	58	59
Criblură 8-16	%	28,2	28,2	28,2	28,2	28,2	28,2
Criblură 3-8	%	32,9	32,9	32,9	32,9	32,9	32,9
Nisip de concasaj 0-3	%	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6
Filer	%	10,3	9,4	8,9	8,6	8,4	8,0
Var	%	-	0,9	1,4	1,7	1,9	2,3
Bitum 80/100	%	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Total		100	100	100	100	100	100
filer activ/bitum	-	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72

Mixturile asfaltice proiectate au fost preparate în laborator, s-au confecționat cuburi și cilindri Marshall și apoi s-au determinat caracteristicile fizico-mecanice.

Nr. crt.	Sita/ciur [mm]	Treceri	Treceri	Treceri	Minim	Maxim
1	0.08	11.4	10.3	9.6	5	12
2	0.2	13.7	12.5	11.9	7	25
3	0.63	15.4	15.8	15.9	10	30
4	3.15	31.2	44	49.5	30	50
5	8	60	67.3	72.1	55	85
6	16	99.4	98.2	98.4	90	100
7	25	100	100	100		
		Dozaj	Dozaj	Dozaj		
		43...49	50...53	54...59		

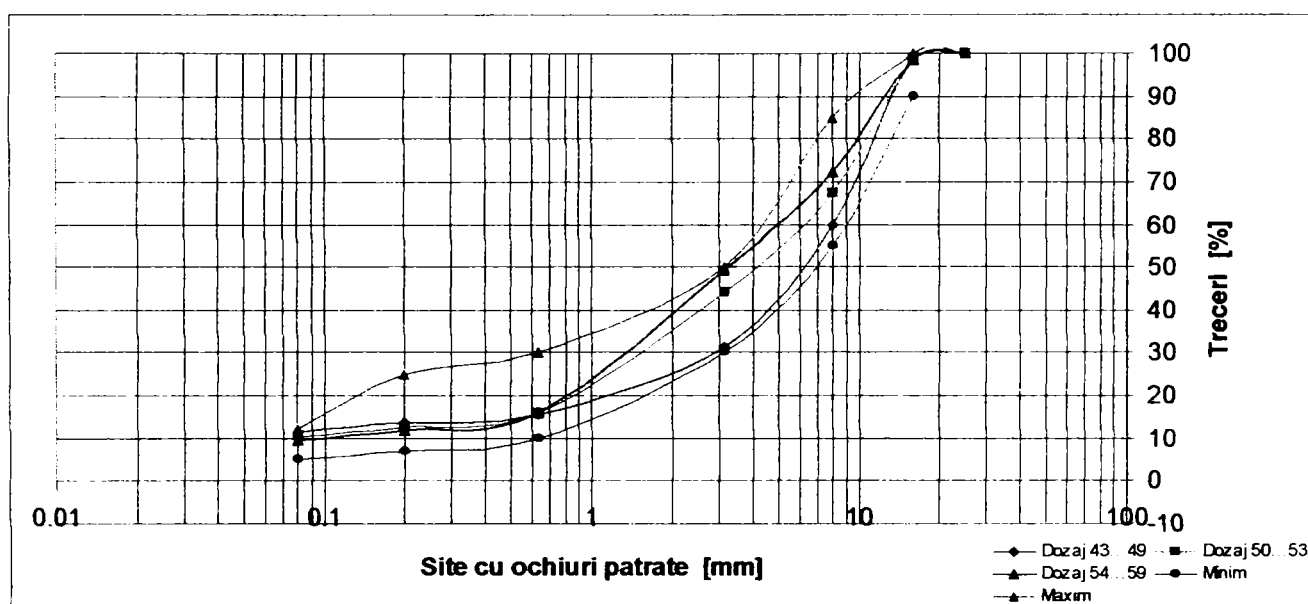


Figura 4.23. Curbele de granulozitate pentru mixturile asfaltice antifăgaș realizate cu agregate de Zlaști și Brănișca

4.4.3.3. Caracteristicile fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice proiectate

Pentru a pune în evidență efectul varului, al bitumului și agregatelor, pe probele de mixturi asfaltice proiectate și preparate au fost determinate caracteristicile fizico-mecanice ale acestora. Rezultatele prezentate comparativ cu proba martor, considerată ca fiind cea fără var, în tabelele 4.48...4.56. reprezintă media a trei determinări.

Tabelul 4.48.

Caracteristici	U.M.	1	2	3	7	SR 174
Bitum 60/80 (30/50*)	%	5,7	6,1	6,4	5,7*	-
Rezistența la compresiune la 22 °C	N/mm ²	3,8	3,6	3,3	7,1	min.3,0
Rezistența la compresiune la 50 °C	N/mm ²	1,4	1,3	1,1	2,6	0,7
Stabilitatea Marshall la 60 °C	kN	10,2	9,6	8,0	13,7	8...9,5
Fluaj	mm	4,1	3,3	3,3	4,2	1,5...4,0
Stabilitate/fluaj	kN/mm	2,6	2,9	2,4	3,3	2,5...4,0
Densitate aparentă cub cilindri	kg/m ³	2 458	2 436	2 432	2 408	2 300
	kg/m ³	2 436	2 416	2 407	2 407	2 250
Absorbție de apă cub cilindri	%	1,0	1,0	1,0	2,0	3...5
	%	1,8	1,8	2,1	1,6	4...7

Se constată că dozajul cu un conținut de bitum de 5,7 % și un schelet mineral de 84 % corespunde din toate punctele de vedere, iar mixtura asfaltică realizată cu bitum dur prezintă cea mai mare stabilitate. Aceste mixturi asfaltice se pretează pentru realizarea unor îmbrăcămînți bituminoase performante rezistentă la formarea făgașelor datorate traficului greu și intens. Considerăm necesar a se etanșa acest strat de uzură realizat din mixtură asfaltică de tipul B.A.R.16.

Pentru a pune în evidență influența scheletului mineral cât și a bitumului s-au preparat și studiat mixturile asfaltice având caracteristicile prezentate în tabelul 4.49.

Tabelul 4.49.

Caracteristici	U.M.	4	5	6	8	Sr 174
Bitum 80/100 (30/50*)	%	5,3	5,6	6,0	5,3*	-
Rezistența la compresiune la 22 °C	N/mm ²	3,4	3,0	2,7	5,4	min.3,0
Rezistența la compresiune la 50 °C	N/mm ²	1,1	1,0	0,8	2,0	0,7
Stabilitatea Marshall la 60 °C	KN	8,5	7,0	6,0	11,8	8...9,5
Fluaj	Mm	3,8	3,3	3,3	2,5	1,5...4,0
Stabilitate/fluaj	kN/mm	2,2	2,1	1,8	4,7	2,5...4,0
Densitate aparentă cub cilindri	kg/m ³	2 272	2 255	2 320	2 260	2 300
	kg/m ³	2 233	2 200	2 225	2 253	2 250
Absorbție de apă cub cilindri	%	5,5	5,8	3,3	6,4	3...5
	%	7,0	6,9	7,2	5,3	4...7

Rezultatele obținute pun în evidență scăderea stabilității mixturilor asfaltice odată cu creșterea conținutului de bitum, cu scăderea raportului filer/bitum și creșterea stabilității cu creșterea consistenței bitumului.

Analizând rezultatele din tabelele 4.48. și 4.49. se constată unele aspecte ce se consideră a fi reținute și anume:

- folosirea unui bitum mai dur duce la creșterea rezistențelor la compresiune aproximativ de 2 ori;

- de asemenea, crește stabilitatea Marshall cu aproximativ 3 kN;

- mixturile asfaltice realizate cu bitum mai dur sunt mai rezistente la formarea fâgașelor;

- rezultatele obținute în laborator în urma experimentărilor efectuate, arată creșterea stabilității mixturilor asfaltice la formarea fâgașelor odată cu creșterea consistenței bitumului.

Ca o concluzie generală putem afirma că, proiectând mixturi asfaltice cu un schelet mineral puternic, cu un conținut de bitum redus și un bitum mai dur, vom putea rezolva problema prevenirii apariției fâgașelor pe drumurile cu trafic greu și intens.

De reținut că, este foarte important a se etanșa îmbrăcămintea bituminoasă realizată din mixturi asfaltice antifâgaș, deoarece, având un schelet mineral puternic și un procent de bitum redus va fi o mixtură asfaltică deschisă cu un volum de goluri mare.

De asemenea, foarte important este realizarea mixturilor asfaltice antifâgaș și în straturile de uzură și în cele de legătură.

În continuare sunt prezentate rezultatele obținute pe mixturi asfaltice cu același schelet mineral, dar cu procent de bitum diferit sau cu același procent de bitum, dar diferă tipul agregatelor. (tabelul 4.50.)

Tabelul 4.50.

Caracteristici	U.M.	11	12*	13	14*	15 ^v	16 ^v
Bitum	%	6,6	6,2	5,8	5,8	5,8	5,8
Stabilitatea Marshall la 60 °C	kN	6,4	6,0	8,0	8,5	8,5	8,5
Indicele de fluaj	mm	3,5	2,5	3,6	2,7	3,0	3,0
Stabilitate/fluaj	kN/mm	1,8	2,4	2,2	3,1	2,8	2,8
Densitate aparentă cilindri	kg/m ³	2 352	2 351	2 365	2 360	2 398	2 350
Densitate aparentă cub.	kg/m ³	2 250	2 259	2 263	2 257	2 392	2 320
Rezistența la compresiune , 22 °C	N/mm ²	3,7	4,1	4,1	4,4	4,1	4,8
Rezistența la compresiune, 50 °C	N/mm ²	0,8	1,3	1,0	1,5	1,6	1,7

Notă: * mixturi asfaltice realizate cu amestec de pietriș concasat și cribluri;

*^v mixturi asfaltice realizate cu amestec de pietriș concasat și cribluri și adaos de var.

Analizând rezultatele prezentate în tabelul 4.50. acestea se încadrează în prevederile S.R.174 pentru diferite categorii de drumuri. De remarcat că, dozajele 13; 14; 15 și 16 se pot folosi chiar pentru drumurile de clasă tehnică I și II. Dozajele de mixturi asfaltice 11; 12 pot fi folosite pentru drumuri de clasă tehnică III...V. Luând în

considerare rezultatele obținute și dozajele elaborate și studiate se scot în evidență anumite aspecte:

- mixturile asfaltice realizate cu amestec de pietriș dublu concasat și cribluri au o stabilitate mai mare decât cele realizate numai cu cribluri, pentru un procent de bitum (5,8 %);

- folosirea unui procent de bitum mai mic (cu 0,4 %) , în cazul mixturilor asfaltice realizate și cu pietriș dublu concasat, duce la obținerea unor caracteristici net superioare;

- folosirea varului în realizarea mixturilor asfaltice contribuie la creșterea stabilității acestora în cazul mixturilor asfaltice realizate cu cribluri și a rezistențelor mecanice în cazul mixturilor asfaltice realizate și cu pietriș dublu concasat;

- studiile efectuate în laborator arată că pentru același tip de bitum și același tip de agregate micșorarea procentului de bitum duce la obținerea unor mixturi asfaltice cu caracteristici superioare, iar adaosul de var îmbunătățește caracteristicile fizico-mecanice ale acestora;

- de asemenea, folosirea unui bitum mai dur duce la obținerea unor mixturi asfaltice cu caracteristici net superioare.

În continuare se prezintă caracteristicile fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice realizate cu procente diferite de var și de proveniență diferită, cu același procent de bitum și același schelet mineral (tabelul 4.51.), dar cu același tip de agregate .

Tabelul 4.51.

Caracteristici	U.M.	Cu var de la Casial Deva				Var de la Tg.-Jiu		
		19 ^M	20	21	22	23	24	25
Var	%	-	1,6	1,4	1,2	1,6	1,4	1,2
Bitum 60/80	%	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
Rezistența la compresiune la 22 °C	N/mm ²	4,4	5,0	4,5	5,0	4,2	4,2	4,0
Rezistența la compresiune la 50 °C	N/mm ²	1,0	1,4	1,25	1,5	1,1	1,1	1,0
Coeficient de termostabilitate	-	4,4	3,6	3,6	3,3	3,8	3,8	4,0
Stabilitate Marshall la 60 °C	kN	7,3	10,3	9,0	8,5	8,3	8,5	8,0
Indice de fluaj	mm	4,0	3,6	2,4	1,9	3,6	2,7	2,3
Raport stabilitate/fluaj	kN/mm	1,8	2,9	3,8	4,4	2,3	3,1	3,5
Densitate aparentă : - cilindru Marshall - cub	kg/m ³	2 300	2 310	2 320	2 334	2 305	2 320	2 304
	kg/m ³	2 300	2 284	2 295	2 297	2 272	2 319	2 287
Absorbție de apă: - cilindru - cub	%	3,2	4,6	4,4	3,8	4,8	4,4	5,0
	%	3,3	4,9	4,3	4,5	5,4	4,0	4,8
Reducerea Rc la 22 °C, la 28 zile	%	1,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Analizând rezultatele prezentate în tabelul 4.51. se constată o creștere a rezistențelor la compresiune, o creștere a stabilității, iar reducerea rezistenței la compresiune la 22 °C, la 28 zile este mai mică pe probele cu var decât pe proba martor. Rezultatele se încadrează în normativele în vigoare.

De asemenea, se constată că varul de la Casial Deva aduce o îmbunătățire mai bună mixturilor asfaltice, decât cel de la Târgu-Jiu, luând în considerare același procent de bitum și același procent de var.

În tabelul 4.52. sunt prezentate caracteristicile obținute pe mixturile asfaltice cu adaos de var de la Casial Deva și Târgu-Jiu, cu procent de bitum D 60/80 constant (6,0 %) și procent variabil de var, comparativ cu rezultatele obținute pe același tip de mixtură asfaltică, cu același procent de bitum, dar fără var, putând studia astfel influența varului asupra mixturilor asfaltice.

Tabelul 4.52.

Caracteristici	U.M.	Var de la Deva				Var de la Tg.-Jiu		
		26	27	28	29	30	31	32
Bitum	%	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Var	%	-	1,6	1,4	1,2	1,6	1,4	1,2
Rezistența la compresiune la 22 °C	N/mm ²	4,4	5,0	4,7	4,7	4,3	4,3	4,4
Rezistența la compresiune la 50 °C	N/mm ²	1,0	1,4	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
Coefficient de termostabilitate	-	4,4	3,6	3,6	3,9	3,6	3,6	3,7
Stabilitate Marshall la 60 °C	KN	8,0	8,7	8,5	8,0	8,5	8,5	8,5
Indice de fluaj	Mm	2,5	2,6	2,7	2,3	2,5	2,7	2,3
Raport stabilitate/fluaj	KN/mm	2,8	3,3	3,1	3,5	3,4	3,1	3,7
Densitate aparentă : -cilindru Marshall - cub	Kg/m ³	2 300	2 328	2 315	2 304	2 315	2 300	2 310
	Kg/m ³	2 297	2 342	2 307	2 294	2 286	2 270	2 306
Absorbție de apă: - cilindru - cub	%	4,8	2,0	4,4	4,6	3,3	3,7	3,8
	%	4,7	2,3	3,6	4,8	4,4	5,4	3,9
Reducerea Rc la 22 °C, la 28 zile	%	11,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Rezultatele se încadrează în prevederile STAS-ului în vigoare.

Rezultatele prezentate în tabelul 4.52. pun în evidență o creștere a rezistențelor la compresiune, o creștere a stabilității, iar reducerea rezistenței la compresiune la 22 °C, la 28 zile este mai mică pe probele cu var decât pe proba martor, cu 10,5 %.

De asemenea, se constată că varul de la Casial Deva aduce o îmbunătățire mai bună mixturilor asfaltice, iar mărirea procentului de bitum duce la o ușoară scădere a stabilității Marshall. Cauza poate fi creșterea procentului de bitum.

În tabelul 4.53. sunt prezentate caracteristicile fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice cu adaos de var de la Casial Deva în același procent, dar variind procentul de bitum. Se urmărește de fapt influența conținutului de bitum asupra calității mixturilor asfaltice.

Se constată o scădere a rezistențelor la compresiune cu creșterea conținutului de bitum și o creștere a densităților aparente. De asemenea, pentru un procent de bitum de 5,7 %, valorile pentru rezistențele la compresiune și stabilitatea Marshall sunt cele mai mari.

Tabelul 4.53.

Caracteristici	U.M.	Dozajele					STAS
		33	34	35	36	37	
Rezistența la compresiune la 22 °C	N/mm ²	5,0	5,0	4,8	4,0	3,6	min.3,5
Rezistența la compresiune la 50 °C	N/mm ²	1,4	1,4	1,4	1,2	1,1	min.0,7
Coefficient de termostabilitate	-	3,6	3,6	3,4	3,3	3,3	3...5
Stabilitate Marshall la 60 °C	kN	10,3	8,7	9,0	10,1	9,0	min.6
Indice de fluaj	mm	3,6	2,6	3,8	2,7	4,0	1,5...4,0
Raport stabilitate/fluaj	kN/mm	2,9	3,3	2,4	3,7	2,3	2,0...5,0
Densitate aparentă : -cilindru Marshall - cub	kg/m ³	2 310	2 328	2 330	2 310	2 330	2 300
	kg/m ³	2 284	2 342	2 322	2 310	2 326	2 250
Absorbție de apă: - cilindru - cub	%	4,9	2,0	2,5	2,9	1,9	2...5
	%	4,6	2,3	2,9	3,5	2,0	2...6
Reducerea Rc la 22 °C, la 28 zile	%	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	25
Bitum	%	5,7	6,0	6,3	6,6	7,0	
Var	%	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	
Raport filer/bitum	-	1,98	1,88	1,77	1,69	1,6	
Filer activ	%	11,3	11,3	11,2	11,2	11,2	

În tabelul 4.54. sunt prezentate caracteristicile fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice realizate cu un procent mai mare de filer activ, cu adaos de var de la Casial Deva în același procent, dar mai mare decât folosit în dozajele anterioare, variind și procentul de bitum. Se urmărește de fapt influența conținutului de bitum asupra calității mixturilor asfaltice vizavi de un procent mai mare de părți fine.

Se poate urmări influența raportului filer / bitum asupra caracteristicilor fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice. Se constată o scădere a rezistențelor la compresiune,

precum și a stabilității Marshall, cu creșterea procentului de bitum, respectiv cu scăderea raportului filer / bitum..

Tabelul 4.54.

Caracteristici	U.M.	Dozaje cu var			Fără var	
		38	39	40	41	42
Rezistența la compresiune la 22 °C	N/mm ²	6,8	4,5	4,3	4,4	4,2
Rezistența la compresiune la 50 °C	N/mm ²	1,8	1,3	1,3	1,3	1,1
Coefficient de termostabilitate	-	3,5	3,5	3,3	3,7	3,8
Stabilitate Marshall la 60 °C	KN	11,0	10,0	10,0	8,0	8,0
Indice de fluaj	Mm	3,8	3,8	3,9	1,7	2,7
Raport stabilitate/fluaj	kN/mm	2,9	2,6	2,6	4,7	3,0
Densitate aparentă -cilindru Marshall - cub	Kg/m ³	2 337	2 328	2 350	2 300	2 336
	Kg/m ³	2 329	2 322	2 332	2 280	2 335
Absorbție de apă: - cilindru - cub	%	1,7	2,3	1,2	4,1	3,3
	%	2,7	3,1	2,3	5,2	3,7
Reducerea Rc la 22 °C, la 28 zile	%	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5
Bitum 60/80 (80/100)*	%	5,9	6,3	6,7	5,7*	6,0*
Var	%	1,9	1,9	1,9	-	-
Raport filer/bitum	-	2,2	2,1	1,95	1,98	1,88
Filer activ	%	13,2	13,1	13,1	11,3	11,3

În tabelul 4.55. vom prezenta caracteristicile fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice realizate numai cu agregate de Zlaști, folosind un bitum mai moale, realizate cu procente diferite de bitum și var. Folosirea unui bitum moale și a unor agregate cu o duritate mică a dus la obținerea unor mixturi asfaltice cu o stabilitate necorespunzătoare. Stabilitatea mixturilor asfaltice crește odată cu creșterea procentului de var, dar până la un anumit procent de var (2,5 % din agregate), după care scade. Cu creșterea procentului de bitum scade stabilitatea mixturilor asfaltice. De reținut că, varul, agregatele rezistente la uzură, curate și un bitum mai dur și într-un procent mai mic, favorizează obținerea unor mixturi asfaltice cu o comportare bună în exploatare sub acțiunea traficului greu și foarte greu.

În tabelul 4.56. vom prezenta caracteristicile mixturilor asfaltice realizate cu agregate de Brănișca (același schelet mineral), cu același conținut de bitum, dar un bitum mai dur (60/80/), cu var în diferite procente.

Tabelul 4.55.

Caracteristici	U.M.	Dozaje cu agregate de Zlaști						
		43	44	45	46	47	48	49
Rezistența la compresiune la 22 °C	N/mm ²	3,8	4,6	4,4	4,8	4,7	4,4	4,8
Rezistența la compresiune la 50 °C	N/mm ²	0,9	1,0	1,2	1,0	1,0	1,1	1,0
Coefficient de termostabilitate	-	4,2	4,6	3,7	4,8	4,3	4,4	3,8
Stabilitate Marshall la 60 °C	kN	5,3	5,7	6,3	6,7	6,8	6,0	6,7
Indice de fluaj	Mm	5,4	4,7	4,0	4,0	43,9	3,2	3,1
Raport stabilitate/fluaj	kN/mm	1,0	1,2	1,6	1,7	1,7	1,8	2,2
Densitate aparentă -cilindru Marshall - cub	kg/m ³	2 470	2 441	2 444	2 475	2 446	2 412	2 435
	kg/m ³	2 435	2 417	2 469	2 457	2 437	2 463	2 418
Absorbție de apă: - cilindru - cub	%	1,0	1,4	0,69	0,6	1,0	0,86	2,0
	%	1,6	1,9	0,92	0,8	1,4	1,0	2,4
Bitum	%	6,7	6,7	6,3	6,0	6,0	6,0	5,8
Var	%	-	2,0	2,0	2,0	2,5	3,0	2,0
Raport filer/bitum	-	1,53	1,53	1,63	1,72	1,72	1,72	1,79
Filer activ	%	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3

Tabelul 4.56.

Caracteristici	U.M.	DOZAJE					STAS
		50	51	52	53		
Rezistența la compresiune la 22 °C	N/mm ²	3,8	3,8	4,6	4,3	min.3,5	
Rezistența la compresiune la 50 °C	N/mm ²	1,0	0,9	1,4	2,2	min.0,7	
coeficient de Termostabilitate	-	3,8	4,2	3,3	1,95	3...5	
Stabilitate Marshall la 60 °C	KN	5,1	7,5	10	9	min.6	
Indice de fluaj	Mm	3,0	4,0	4,2	3,7	1,5...4,0	
Raport stabilitate/fluaj	kN/mm	1,7	1,87	2,4	2,43	2,0...5,0	
Densitate aparentă -cilindru Marshall - cub	kg/m ³	2 255	2 250	2 300	2 350	2 300	
	kg/m ³	2 203	2 231	2 240	2 235	2 250	
Absorbție de apă: - cilindru - cub	%	3,2	4,8	4,1	3,3	2...5	
	%	3,3	4,7	5,2	3,7	2...6	
Bitum	%	6,0	6,0	6,0	6,0		
Var	%	-	0,6	1,2	1,8		
Raport filer/bitum	-	1,88	1,88	1,88	1,88		
Filer activ	%	11,3	11,3	11,3	11,3		

Analizând rezultatele prezentate în tabelul 4.56. se constată că pentru a obține îmbunătățiri ale stabilității mixturilor asfaltice este necesar folosirea unui procent de var de cel puțin 0,5 % .

Creșterea procentului de var până la o anumită valoare, duce la creșterea stabilității mixturilor asfaltice.

În tabelul 4.57. prezentăm caracteristicile fizico-mecanice ale unor mixturi asfaltice realizate cu agregate de Brănișca, cu același procent de bitum 60/80, cu procente diferite de var.

Tabelul 4.57.

Caracteristici	U.M.	DOZAJE					
		54	55	56	57	58	59
Rezistența la compresiune la 22 °C	N/mm ²	2,9	3,3	3,8	3,5	3,6	3,4
Rezistența la compresiune la 50 °C	N/mm ²	1,2	1,2	1,2	1,4	1,2	1,0
Termostabilitate	-	2,4	2,75	3,2	2,5	3,0	3,4
Stabilitate Marshall la 60 °C	KN	6,2	8,0	8,2	10,0	9,5	8,0
Indice de fluaj	Mm	3,2	3,3	3,4	3,6	4,0	3,5
Raport stabilitate/fluaj	kN/mm	1,93	2,4	2,4	2,8	2,4	2,3
Densitate aparentă -cilindru Marshall - cub	kg/m ³	2 310	2 280	2 280	2 312	2 300	2 270
	kg/m ³	2 250	2 190	2 210	2 216	2 224	2 220
Bitum	%	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Var	%	-	0,9	1,4	1,7	1,9	2,3
Raport filer/bitum	-	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Filer activ	%	11,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3

4.4.3.4. Concluzii privind rezultatele obținute în laborator

În urma studiilor efectuate se pot reține anumite aspecte ce trebuie luate în considerare la proiectarea, prepararea și punerea în operă a mixturilor asfaltice realizate cu adaos de var hidratat și anume:

- mixturile asfaltice realizate cu amestec de pietriș concasat și cribluri la care s-a adăugat var prezintă caracteristici net superioare, varul aducându-și aportul și de agent de adezivitate ;

- efectul benefic al varului asupra mixturilor asfaltice realizate cu pietriș concasat este net pus în evidență;

- varul îmbunătățește rezistențele mixturilor asfaltice la formarea făgașelor, fapt constatat din studiile și experimentările efectuate anterior, dar pentru a fi pus în evidență acest rol trebuie avut în vedere următoarele aspecte:

- * folosirea unui bitum mai dur;
- * folosirea unui modul de conținut în liant cât mai mic;
- * folosirea unor agregate care să corespundă condițiilor impuse de STAS;

* proiectarea unui dozaj cu un schelet mineral mai puternic (agregate >3 mm peste 65 %);

* respectarea temperaturilor de încălzire a agregatelor, bitumului și mixturii asfaltice, conform instrucțiunilor AND-570/2000;

* respectarea temperaturilor de punere în operă și compactare a mixturilor asfaltice;

* realizarea unei compactări suficiente;

* protejarea îmbrăcăminților bituminoase, realizate din mixturi asfaltice cu adaos de var, cu straturi bituminoase subțiri pentru a asigura o etanșare.

Mixturile asfaltice realizate cu var sunt rezistente în timp la acțiunea apei, la dezanrobare.

Din studiile efectuate s-a ajuns la concluzia că rezultate bune se obțin folosind:

- un bitum cu penetrația < 80 1/10 mm, într-un procent de 5,8...6,0 %;

- raportul filer / bitum > 1,7;

- folosirea unui procent de bitum mai mare de 6 % duce la scăderea stabilității mixturilor asfaltice;

- procentul de filer trebuie să fie > 10 % din masa mixturii asfaltice, altfel se obțin mixturi asfaltice instabile, deoarece filerul joacă și el un rol important în mixturile asfaltice, măbind stabilitatea acestora;

- folosirea unui bitum cu penetrație < 50 1/10 mm duce la creșterea stabilității mixturilor asfaltice la temperaturi ridicate.

- folosirea unui bitum mai dur duce la creșterea rezistențelor la compresiune aproximativ de 2 ori;

- de asemenea, crește stabilitatea Marshall cu aproximativ 3 kN;

- mixturile asfaltice realizate cu bitum mai dur sunt mai rezistente la formarea fâgașelor;

- rezultatele obținute în laborator în urma experimentărilor efectuate, arată creșterea stabilității mixturilor asfaltice la formarea fâgașelor odată cu creșterea consistenței bitumului.

- mixturile asfaltice realizate cu pietriș dublu concasat au o stabilitate mai mare decât cele realizate numai cu cribluri, pentru același procent de bitum (5,8 %);

- folosirea unui procent de bitum mai mic (cu 0,4 %) , în cazul mixturilor asfaltice realizate și cu pietriș dublu concasat , duce la obținerea unor caracteristici net superioare;

- studiile efectuate în laborator arată că pentru același tip de bitum și același tip de agregate micșorarea procentului de bitum duce la obținerea unor mixturi asfaltice cu caracteristici superioare, iar adaosul de var îmbunătățește de asemenea caracteristicile fizico-mecanice ale acestora;

- varul de Casial Deva aduce îmbunătățiri mai bune mixturilor asfaltice decât varul de Târgu-Jiu, deci natura varului și calitatea acestuia influențează calitatea mixturilor asfaltice;

- rezultatele pun în evidență faptul că pentru același procent de var, stabilitatea mixturilor asfaltice scade odată cu scăderea raportului filer / bitum sub 2,0;

- rezultatele pun în evidență faptul că pentru același procent de bitum, același raport filer / bitum, caracteristicile fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice realizate cu var sunt net superioare față de cele realizate fără var;

Din cele prezentate rezultă :

- * importanța durității agregatelor;
- * importanța consistenței liantului;
- * rolul dozajului de var;
- * importanța procentului de bitum.

La toate acestea se mai adaugă importanța compactării și a temperaturilor de încălzire, puse în evidență cu ocazia efectuării studiilor de laborator.

În urma studiilor efectuate se poate afirma că rezultate bune, pentru realizarea mixturilor asfaltice rezistente la formarea făgașelor și rezistente la dezanrobare, se obțin folosind:

- un bitum de penetrație 60/80 sau mai mică;
- un procent de var de 20...30 % din bitum ;
- agregate cu un coeficient LOS ANGELES < 18;
- un raport filer / bitum >1,7;
- un schelet mineral cu agregate >3 mm, 65...70 %.

Foarte important este realizarea mixturilor asfaltice antifăgaș atât în straturile de uzură cât și în cele de legătură. Zona de granulozitate pentru mixturile asfaltice realizate cu sau fără var este prezentată în figura 4.24.

Ca o concluzie generală, putem afirma că, proiectând mixturi asfaltice cu un schelet mineral puternic, cu un conținut de bitum redus și un bitum mai dur, vom putea rezolva problema prevenirii apariției făgașelor pe drumurile cu trafic greu și intens.

De reținut că, este foarte important a se etanșa îmbrăcămintea bituminoasă realizată din mixturi asfaltice antifăgaș, deoarece având un schelet mineral puternic, procent de bitum redus va fi o mixtură asfaltică deschisă, cu un volum de goluri mare.

Nr. crt.	Sita/ciur [mm]	Minim	Maxim
1	0.08	5	12
2	0.2	7	25
3	0.63	10	30
4	1	15	35
5	2	25	45
6	4	40	65
7	8	65	90
8	16	95	100

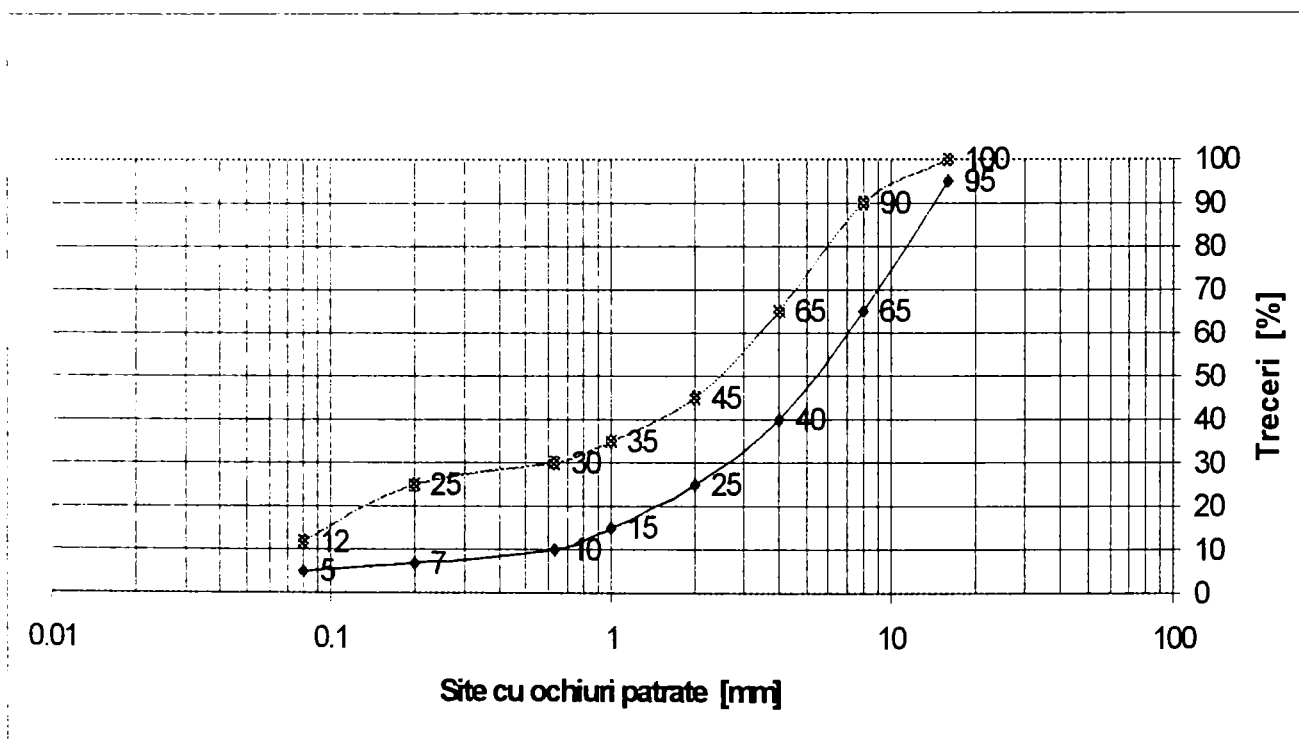


Figura 4.24. Zona de granulozitate pentru mixturile asfaltice antifăgaș

4.4.4. Sectoare experimentale realizate cu mixturi asfaltice antifăgaș

În anul 2000, 8...11 iulie, au fost realizate sectoare experimentale folosind mixturile asfaltice antifăgaș cu sau fără var. Sectoarele experimentale au fost realizate de către S.C. ANCORAD Oltenia, lot Drăgoeni, cu aprobarea D.R.D.P. Craiova, respectiv Secția de Drumuri Naționale Târgu-Jiu, beneficiarul drumului național pe care s-au realizat experimentările. Sectoarele experimentale au fost realizate pe D.N. 66 km 10 + 075...10 + 350 dreapta și 10+ 100...10+330 stânga, Filiași - Târgu-Jiu.

Condițiile climaterice în timpul realizării experimentărilor : timp frumos, cer senin cu temperaturi de 35...38 °C.

Starea sectorului de drum: sectorul de drum existent prezenta fâgașe cu o adâncime cuprinsă între 1...6 cm, măsurate cu dreptarul de 3 m.

Structura rutieră existentă a sectorului de drum pe care s-au realizat experimentările a fost:

- * 5 cm beton asfaltic realizat în anul 1986;
- * 2,5 cm beton asfaltic cu borduri realizat în anul 1959;
- * 4,5 cm strat de legătură din beton asfaltic realizat în anul 1959;
- * 35 cm balast realizat în 1959.

Prin studiul de proiectare s-a prevăzut:

- efectuarea reparațiilor izolate folosind un beton asfaltic cu agregat mărunț (B.A.8);
- preluarea denivelărilor prin realizarea unui strat dintr-un anrobat bituminos;
- o ranforsare de 4 cm dintr-o mixtură asfaltică de tipul unui B.A.16.

În tabelul 4.58. sunt prezentate dozajele propuse prin studiul de proiectare.

Tabelul 4.58.

Materiale [%]	B.A.16	Mixtură asfaltică pentru preluarea denivelărilor	
Criblură 8-16	30	-	-
Criblură 3-8	25	-	-
Pietriș concasat 15-25	-	-	20
Pietriș concasat 7-15	-	45	26
Nisip de concasaj 0-3	21	-	-
Nisip natural 0-7	15	51	50
Filer de calcar	9	4	4,0
Bitum	6,0	4,5	4,5

În tabelul 4.59. este prezentată compoziția mixturilor asfaltice antifâgaș experimentate, precum și locul unde au fost puse în operă.

Tabelul 4.59.

Materiale		B.A.A.D.25	B.A.A.16	B.A.A.P.C. 16	B.A.A.P.C.V.16
		1	2	3	4
Pietriș concasat 16-25	%	19,1	-	-	-
Criblură 8-16	%	38,1	35,8	-	-
Pietriș concasat 8-16	%	-	-	34,9	34,9
Criblură 3-8	%	19,1	32,0	32,0	32,0
Nisip de concasaj	%	14,2	15,1	16,0	16,0
Filer	%	4,8	11,3	11,3	9,8
Var	%	-	-	-	1,5
Bitum	%	4,7	5,8	5,8	5,8
Total		100	100	100	100
Locul de punere în operă		D.N. 66 km 10+075...10 +370 dr. și 10+100 ...10+350 stg.	D.N. 66 km 10+100... 10+330 stg.	D.N. 66 km 10+075...10+11 0 dr. și 10+210 ...10+350 dr.	D.N. 66 km 10+110...10+210 dr.

Analizând tabelul 4.59. se constată că în mixturile asfaltice antifăgaș nu s-a folosit nisipul natural. Materialele folosite și caracteristicile fizico-mecanice ale acestora sunt prezentate în tabelul 4.60.

Tabelul 4.60.

Caracteristica	Filer	Nisip concas.	Cribl. sort 3-8	Criblură sort 8-16	Pietriș concasat 15-25	Pietriș concasat sort 7-15
Granulozitate Trece prin sita sau ciurul de...mm, %						
0,09	78,8	3,2	0,1	-	-	0,1
0,2	97,1	13,5	0,3	-	-	0,1
0,63	100,1	38,3	0,5	-	-	0,1
3,15	-	83,8	14,7	0,1	-	0,3
8,0	-	100,0	96,3	15,5	-	25,1
16,0	-	-	100,0	99,0	6,9	100,0
25,0	-	-	-	100,0	97,9	-+
31,5	-	-	-	-	100,0	-
Rezistența la uzură Los Angeles, %	-	-	-	16,7	26,0	26,7
Coeficient de formă, %	-	-	-	8,1	7,3	7,0
Trece prin ciurul inferior %	-	-	14,7	15,1	6,9	25,1
Rest pe ciurul superior, %	-	-	3,7	1,0	2,1	0
Corpuri străine	-	-	Absente	Absente	Absente	Absente
Proveniența probei	Casial Deva	Cariera Meri	Cariera Turceni	Cariera Turceni	Balastiera Bumbesti-Jiu	Balastiera Bumbesti-Jiu

Bitumul folosit a fost un bitum D 60/80 (sau D 80/100), de la ARPECHIM Pitești, având caracteristicile prezentate în tabelul 4.61. și figura 4.24.

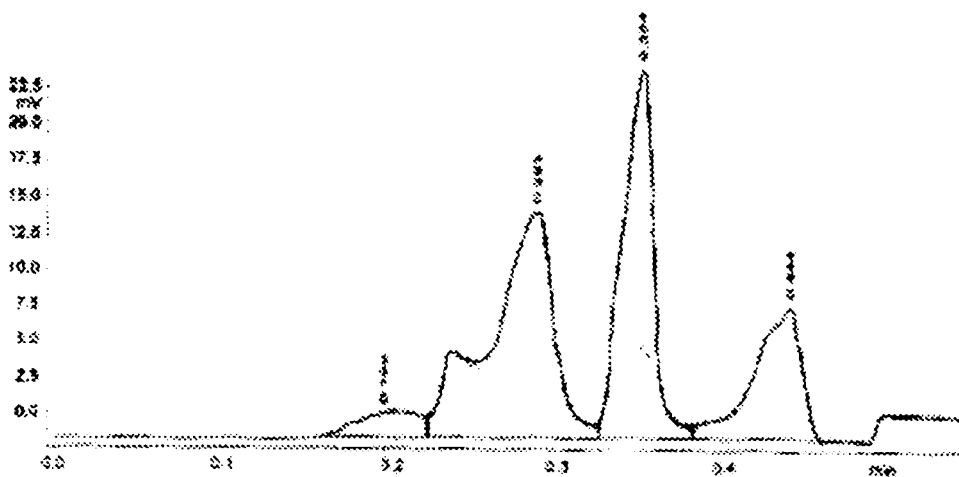
Tabelul 4.61.

	Caracteristici			
	Penetrație [1/10 mm]	Punct de înmuiere Inel și Bilă [°C]	Ductilitate [mm]	Punct de rupere Fraas [°C]
Bitum	69	50,8	> 150	- 15

Prepararea mixturilor asfaltice antifăgaș s-a realizat într-o stație de tip MARINI, dozarea agregatelor, filerului, varului și bitumului făcându-se automat. Temperaturile la stația de preparat mixturile asfaltice au fost:

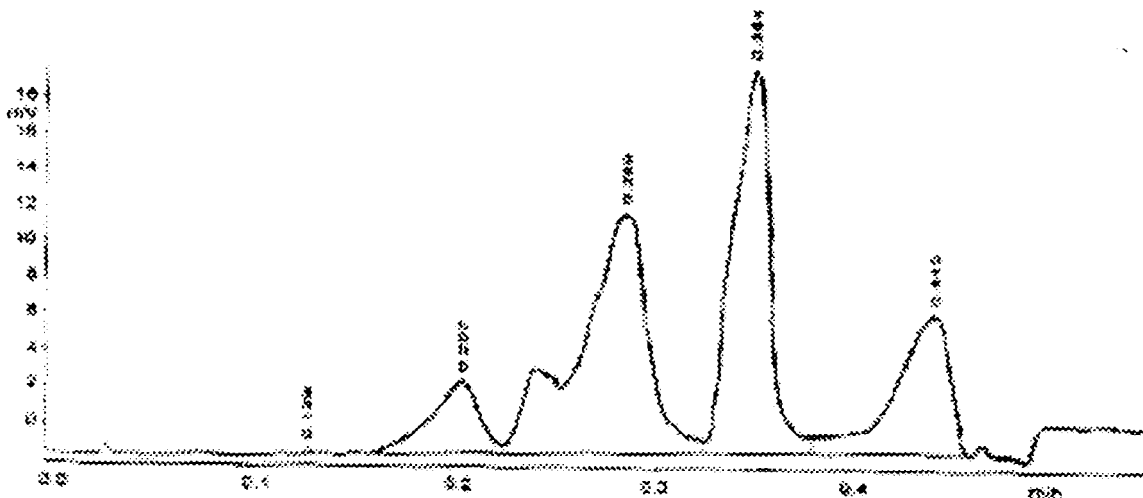
Agregate	Bitum	Mixtura asfaltică la ieșirea din malaxor
168...176 °C	149...158 °C	150...162 °C

Transportul s-a realizat cu autobasculanta de 16 tone, la o distanță de circa 70 kilometri.



Bitum D 60/80

Nr.	Timp retentie Min	Aria	Componente
1	0,225	4,428	Saturate
2	0,308	40,228	Aromatice
3	0,368	34,491	Rasini
4	0,463	20,853	Asfaltene



Bitum D 80/100

Nr.	Timp retentie Min	Aria	Componente
1	0,207	8,317	Saturate
2	0,289	39,887	Aromatice
3	0,354	33,873	Rasini
4	0,445	17,92	Asfaltene

Figura 4.24. Compoziția chimică a bitumului folosit la experimentări

Punerea în operă s-a realizat cu repartizorul – finisor, iar compactarea cu un compactor cu pneuri, la o temperatură de 130...100 °C.

După așternerea și compactarea mixturii asfaltice antifăgaș s-au măsurat denivelările cu dreptarul de 3 m, acestea având valori cuprinse între 3...7 mm.

În tabelul 4.62. se prezintă compoziția și caracteristicile fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice propuse pentru experimentare (obținute în laborator) și a celor realizate în timpul experimentării (prelevate de la stația de preparat mixturi asfaltice).

Tabelul 4.62.

Caracteristica	U.M.	Tipurile de mixturi asfaltice antifăgaș experimentate					
		B.A.A.P.C.D. 25		B.A.A.P.C. 16		B.A.A.P.C.V. 16	
		Propus	Realizat	Propus	Realizat	Propus	Realizat
Bitum	%	4,7	4,1	5,8	5,6	5,8	5,7
Var	%	-	-	-	-	1,9	1,5
Trece prin sita sau ciurul de.... Mm							
0,08							
0,2	%	4,5	4,7	10,0	9,5	9,9	8,3
0,63	%	6,6	8,0	14,1	14,0	14,0	11,1
4,0	%	10,5	23,6	18,7	17,5	18,8	17,4
8,0	%	22,5	30,9	38,1	36,4	38,2	37,5
16,0	%	49,2	48,0	71,0	78,3	71,0	71,6
20,0	%	80,4	79,6	100,0	100,0	100,0	100,0
	%	99,8	100,0	-	-	-	-
Rezistența la Compresiune la 22 °C	N/mm ²	-	-	4,4	4,7	5,8	4,7
Rezistența la Compresiune la 50 °C	N/mm ²	-	-	1,5	1,3	1,7	1,7
Stabilitatea Marshaal la 60 °C	kN	8,0	7,7	8,5	8,5	8,5	10,0
Indice de fluaj	Mm	2,5	3,1	2,7	3,2	3,0	3,6
Stabilitate/fluaj	kN/mm	3,2	2,48	3,1	2,65	2,8	2,77
Densitatea aparentă	kg/m ³	2 250	2 315	2 257	2 240	2 320	2 250

În figura 4.25. se prezintă curbele de granulozitate ale mixturilor asfaltice propuse pentru experimentare și a celor realizate pe șantier.

4.4.4.1. Urmărirea comportării în exploatare a sectoarelor experimentale realizate cu mixturi asfaltice antifăgaș

Sectoarele experimentale au fost ținute sub observație, efectuându-se releveul defecțiunilor, determinând rugozitatea, planeitatea, capacitatea portantă (tabelul 4.63.). De asemenea, s-au prelevat carote (figura 4.26) și s-a determinat caracteristicile fizico-mecanice și rezistența la orniereaj (tabelul 4.64.), precum și agresivitatea traficului.

Nr. crt.	Sita/ciur [mm]	Treceri	Treceri	Treceri	Treceri	Treceri
1	0.08	4.7	10	9.5	9.9	10.9
2	0.2	8	14.1	14	14	15
3	0.63	23.6	18.7	17.5	18.8	19.8
4	4	30.9	38.1	36.4	38.2	39.2
5	8	48	71	78.3	71	72
6	16	79.6	100	100	100	101
7	20	100				
		B 25	BPC 16	BPC 16	BPCV 16	BPCV16
		realizat	Propus	realizat	propus	Realizat

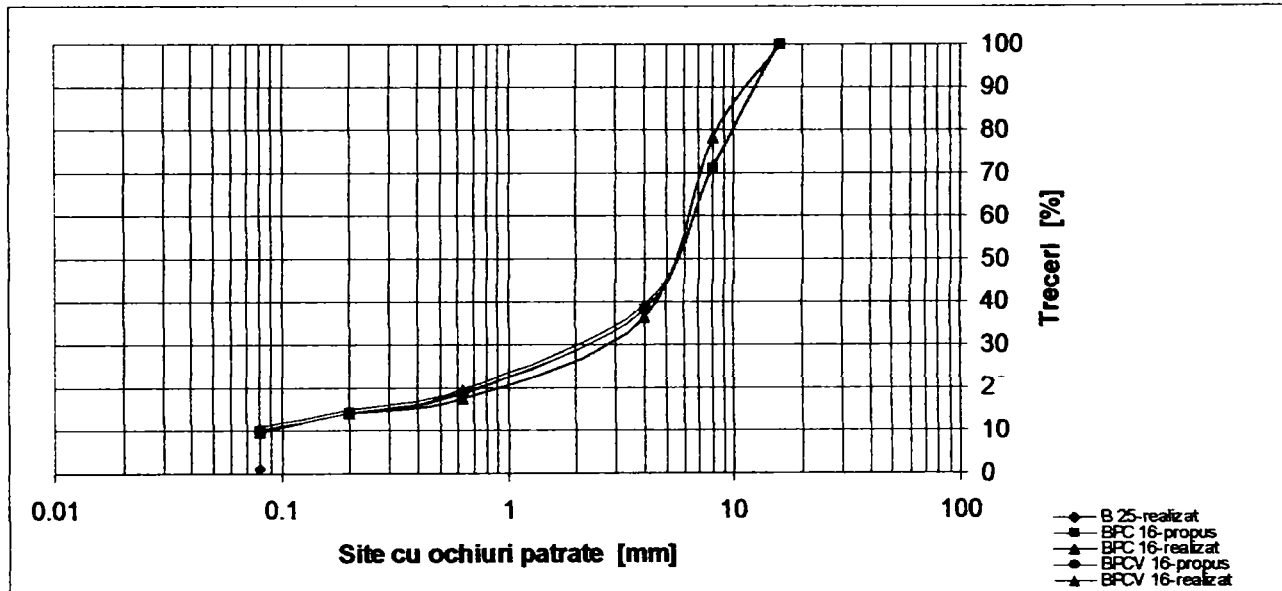


Figura 4.25. Curbele de granulozitate ale mixturilor asfaltice propuse pentru experimentare și a celor realizate pe șantier

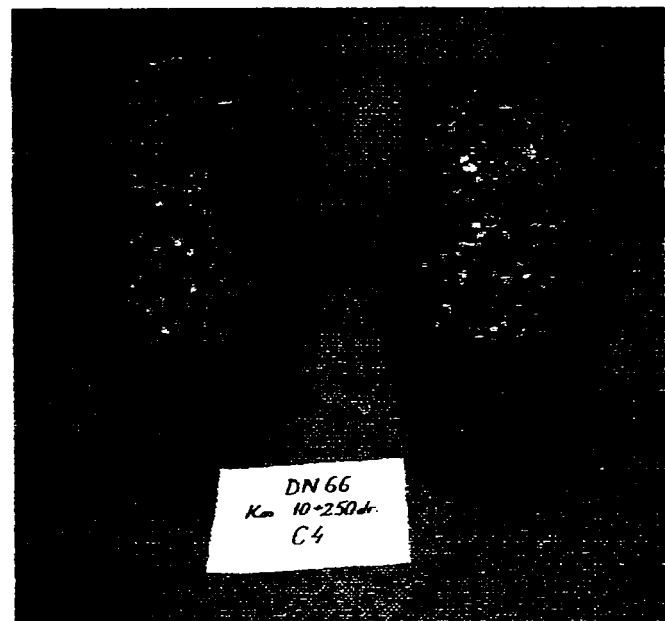
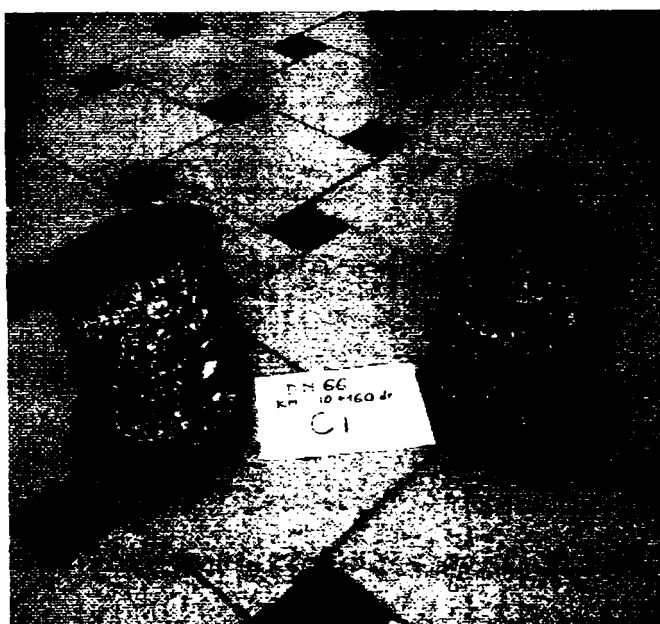


Figura 4.26. Carotele prelevate din îmbrăcămintea bituminoasă

Tabelul 4.63.

1. Starea de degradare determinată în anul 2002							
Simbol	Tipul defecțiunii	U.M.	Banda	km 10+070	km 10+110	km 10+210	km 10+370
D ₁	Gropi, suprafețe plombate	m ²	Dreapta	-	2,0	1,5	
			Stânga	-	1,0	1,0	
D ₂	Faianțări, fisuri și Crăpături multiple	m ²	Dreapta	-	-	-	
			Stânga	-	-	11	
D ₃	Fisuri transversale și Longitudinale	m	Dreapta	16	31	17	
			Stânga	23	34	37	
D ₄	Suprafețe poroase	m ²	Dreapta		26	24	
			Stânga		38	50	
D ₅	Făgașe longitudinale	m	Dreapta		-	-	
			Stânga	25	15	30	
2. Indicele de degradare determinat în anul 2002							
Banda			Valoare		Calificativ		
Stânga			0,11		Mediocru		
Dreapta			0,04		Foarte bun		
3. Rugozitatea suprafeței de rulare							
Secțiunea		Banda	HS _{mediu} [mm]	Calificativ			
10 + 100		Dreapta	0,85	Foarte bun			
		Stânga	0,74	Foarte bun			
10 + 200		Dreapta	0,94	Foarte bun			
		Stânga	0,68	Foarte bun			
10 + 300		Dreapta	0,76	Foarte bun			
		Stânga	0,50	Bun			
4. Uniformitatea				5. Deflexiunile			
Poziția kilometrică	Valori IRI [m/km]		Poziția kilometrică	Valoare deflexiune, μ			
	Dreapta	Stânga					
10 + 000	4,9	1,74	9 + 500	461			
10 + 100	2,34	2,95	9 + 600	612			
10 + 200	1,93	2,15	9 + 800	360			
10 + 300	2,06	3,94	10 + 000	339			
10 + 400	4,26	3,03	10 + 200	309			
-	-	-	10 + 400	316			
-	-	-	10 + 600	632			

În tabelul 4.64. se prezintă rezultatele încercărilor de laborator efectuate pe carotele prelevate în anul 2001 și pe carotele de ϕ 200 (conform figurii 4.25.) prelevate în anul 2002 supuse încercărilor la omieraj.

Pentru a verifica felul cum se comportă la solicitările datorate traficului greu ce se desfășoară pe sectorul experimental, am realizat un studiu referitor la agresivitatea traficului, studiu ce este prezentat în continuare.

Tabelul 4.64.

Caracteristica	U.M.	Anul 2001		Anul 2002	
		10 + 150 dr.*	10 + 250 dr.	10 + 160 dr.*	10 + 250 dr.
Bitum	%	5,0	5,2	-	-
Var	%	1,5	-	1,5	-
Granulozitatea, trece prin sita ... mm:					
0,08	%	4,2	5,8	-	-
0,2	%	13,3	14,2	-	-
0,63	%	17,6	18,6	-	-
4,0	%	50,0	55,0	-	-
8,0	%	75,0	78,0	-	-
16,0	%	100,0	100,0	-	-
20,0	%	-	-	-	-
Rezistența la compresiune la 22 °C	N/mm ²	3,7	5,5	-	-
Rezistența la compresiune la 50 °C	N/mm ²	1,7	2,4	-	-
Coeficient de termostabilitate	-	2,0	2,3	-	-
Reducerea rezistenței la compresiune la 22 °C	%	8	20	-	-
Stabilitatea Marshall	kN	11,1	12,4	12,0	11,8
Indicele de curgere	mm	4,0	3,4	-	-
Stabilitate/fluaj	kN/mm	2,7	3,6	-	-
Densitatea cub aparentă cilindri Plăcuțe	kKg/m ³	2 251	2 256	-	-
		2 439	2 304	-	-
		2 258	2 242	-	-
Absorbția de apă: cub cilindri plăcuțe	%	7,5	7,0	-	-
		7,6	6,8	-	-
		7,6	4,8	-	-
Gradul de compactare	%	98	97	-	-
Rata la ornieraj, VDO _{med}	mm/h	-	-	0,8	0,87
Adâncimea la ornieraj la 60 °C	mm	-	-	1,7...2,8	2,5...6,0

Notă: * mixturi asfaltice realizate cu var.

4.4.4.2. Calculul agresivității traficului pentru sectorul experimental realizat cu mixturi asfaltice antifăgaș pe D.N. 66 km 10+ 100...10+370

Pe sectorul experimental, având următoarea structură rutieră:

* 4 cm beton asfaltic antifăgaș realizat în anul 2000;

* 5 cm beton asfaltic (B.A.16) realizat în anul 1986;

* 2,5 cm beton asfaltic între borduri realizat în anul 1959;

* 4,5 cm beton asfaltic pentru stratul de legătură realizat în anul 1959;

* 35 cm fundație din balast realizată în anul 1959, s-a determinat agresivitatea

traficului greu și s-a efectuat verificarea capacității portante a structurii rutiere și verificarea la ornieraj a îmbrăcăminților bituminoase realizate cu aceste mixturi asfaltice antifăgaș.

4.4.4.2.1. Estimarea agresivității traficului greu

Agresivitatea traficului greu se determină prin conversia traficului real în osii standard echivalente. În România, în vederea alinierii la recomandările Uniunii Europene, s-a adoptat, pentru calculul de dimensionare a structurilor rutiere, osia standard de 115 kN. Agresivitatea traficului depinde de următorii parametri;

- spectrul de sarcini pe osie a traficului real;
- configurația osiilor (simple, tandem, tridem);
- tipul structurii rutiere.

Pentru calculul agresivității unui vehicul s-a folosit următoarea relație:

$$A = k (P_i/P_0)^\alpha \quad (4.1.)$$

în care:

A este numărul de osii standard P_0 (115 kN) echivalent unei osii reale;

P_i - sarcina pe osia reală, în kN;

k - un coeficient care ține seama de tipul osiei (simplă, tandem, tridem);

α - un coeficient care este în funcție de structura rutieră.

pentru estimarea agresivității traficului pe sectorul experimental de pe D.N. 66 km 10+100...10+350 s-a dispus de două eșantioane de date obținute din:

* cântăririle statice efectuate cu platforme mobile de tip SAW 10 C/II, în anul 2001 pe D.N. 66 km 61+150;

* cântăririle dinamice efectuate în anul 2001 în postul WIM nr.2 204 de pe D.N. 66 km 65+237.

Pentru estimarea agresivității traficului greu pe baza cântăririlor statice s-au efectuat cântăriri statice pe 74 vehicule grele, pe D.N. 66. Calculul agresivității traficului greu s-a efectuat folosind relația 4.1., adoptându-se parametrii pentru structurile suple ranforsate și anume:

* pentru osia simplă directoare : $k = 1,6$;

* pentru osiile simple cu roți gemene: $k = 1,0$;

* pentru osiile elementare a unui tandem sau tridem: $k = 1,8$;

* pentru toate tipurile de osii: $\alpha = 4$.

În cadrul activității de cântărire statică a vehiculelor grele au fost cântărite următoarele tipuri de vehicule:

- autocamioane cu două osii: A_2, A_2^* ;

- autocamioane sau autobasculante cu 3 osii: A_3 ;

- trenuri rutiere: $A_2 R_2, A_2^* R_2, A_3 R_3$;

- autovehicule articulate : $A_2 S_2$, $A_2 S_2^*$, $A_2 S_3$.

Calculul agresivității traficului a fost efectuat pe următoarele tipuri de vehicule:

- autocamioane cu două osii: A_2 , A_2^* ;

- autocamioane și autobasculante cu 3 osii: A_3 ;

- trenuri rutiere și vehicule articulate: $A_2 R_2$, $A_2^* R_2$, $A_3 R_3$, $A_2 S_2$, $A_2 S_2^*$, $A_2 S_3$.

Gruparea trenurilor rutiere și a vehiculelor articulate pentru calculul agresivității traficului s-a făcut datorită numărului redus de autovehicule din aceste tipuri de vehicule cântărite.

Calculul agresivității traficului a urmărit următoarele faze:

- stabilirea claselor de încărcare în care urmează a fi încadrate sarcinile reale pe osie rezultate din cântărirea vehiculelor: clasele de încărcare fiind stabilite din 10 în 10 kN între 20 și 130 kN;

- determinarea agresivității pentru centrul fiecărei clase(A), adică numărul de osii standard echivalent cu o osie având încărcarea egală cu centrul clasei de încărcare. Calculul agresivității pentru fiecare clasă de încărcare s-a făcut cu relația 4.1., pe tipuri de osii:

* osie simplă directoare;

* osie izolată (nedirectoare);

* osie elementară într-un tandem;

* osie elementară într-un tridem;

- determinarea numărului de osii pe tipuri, care au încărcarea în fiecare clasă de încărcare fiind notate astfel:

* N_1 , numărul de osii pe tipuri pentru grupa 1 de vehicule, respectiv A_2 și A_2^* ;

* N_2 , numărul de osii pe tipuri pentru grupa 2 de vehicule, respectiv A_3 ;

* N_3 , numărul de 2 osii pe tipuri pentru grupa 3 de vehicule, respectiv pentru trenuri rutiere și vehicule articulate;

- determinarea produselor $A_i = A \times N_i$, agresivitatea centrului clasei de încărcare și numărul de osii pentru fiecare clasă de încărcare. Suma acestor produse pentru o grupă de vehicule reprezintă agresivitatea traficului grupei, exprimat în număr de osii standard de 115 kN.

Agresivitatea medie pentru fiecare grupă de vehicule s-a calculat împărțind agresivitatea totală a grupei de vehicule (suma produselor $A \times N_i$) la numărul de

vehicule cântărite în grupa respectivă, rezultând următoarele agresivității medii pe grupe de vehicule:

* pentru grupa 1 (A_2 și A_2^*) : $C_1 = 18,916/38 = 0,498$ osii de 115 kN;

* pentru grupa a 2-a (A_3) : $C_2 = 33,809/27 = 1,252$ osii de 115 kN;

* pentru grupa a 3-a (trenuri rutiere și vehicule articulate) : $C_3 = 10,554/9 = 1,173$ osii de 115 kN.

Agresivitatea medie pentru ansamblul vehiculelor grele , s-a determinat cu relația 4.2.:

$$C_m = (A_1 + A_2 + A_3)/N \quad (4.2.)$$

în care:

C_m este agresivitatea medie a vehiculului reprezentativ pentru traficul greu, respectiv coeficientul de echivalare în osii standard de 115 kN pentru vehiculele cântărite;

N - numărul total de vehicule cântărite.

Aplicând relația 4.2. rezultă că:

$$C_m = (18,916 + 33,809 + 10,554)/74 = 0,855 \text{ osii de 115 kN.}$$

Agresivitatea medie rezultată pe grupe de vehicule și total vehicule în urma analizei datelor rezultate din cântărirea statică a vehiculelor este prezentată în tabelul 4.65.

Tabelul 4.65.

Agresivitate osii standard de 115 kN	Grupa de vehicule			
	$A_2 + A_2^*$	A_3	Tren rutier și vehicule articulate	Total vehicule grele
	0,498	1,252	1,173	0,855

Menționăm că eșantionul de vehicule cântărite a fost mic, iar vehiculele oprite și cântărite au fost acelea care erau suspecte de supraîncărcare, motiv pentru care datele privind agresivitatea acestora trebuie considerate ca informativă.

Calculul agresivității traficului greu pe baza cântăririlor dinamice a vehiculelor s-a efectuat în urma cântăririlor a 215 180 vehicule în postul de cântărire nr. 2 204 de pe D.N. 66 km 65+ 273, în anul 2001.

Conform sistemului de înregistrare a vehiculelor în posturile WIM (tabelul 4.66.) vehiculele sunt încadrate în 14 clase, din care clasele 4...13 cuprind vehiculele care intervin în dimensionarea structurilor rutiere.

Prelucrarea datelor furnizate de posturile WIM se efectuează cu un program elaborat de CESTRIN București, care determină agresivitatea traficului pe clase de

vehicule, pentru toate cele trei tipuri de structuri rutiere (structuri rutiere suple și semirigide noi, ranforsări structuri rutiere suple și semirigide noi și structuri rutiere rigide), pentru fiecare tip de structuri fiind folosiți coeficienții k și α corespondenți.

Tabelul 4.66.

Clasa	Tipuri de vehicule
1	Motociclete
2	Autoturisme DACIA
3	Autoturisme și autocamioane cu/fără remorcă sau caravană cu 1 sau 2 osii
4	Autocamioane cu 2 osii
5	Autocamioane cu 3 sau 4 osii
6	Autocamioane cu 2 osii cu remorcă cu 1...3 osii
7	Autocamioane cu 3 osii cu remorcă cu 2...3 osii
8	Vehicul articulat: autotractor cu 2 osii și semiremorcă cu o osie
9	Vehicul articulat: autotractor cu 2 osii și semiremorcă cu 2 osie
10	Vehicul articulat: autotractor cu 2 osii și semiremorcă cu 3 osie
11	Vehicul articulat: autotractor cu 3 osii și semiremorcă cu 1...3 osie
12	Autobuz cu 2...3 osii
13	Tractor cu 1 sau 2 remorci cu 2 osii
14	Vehicule nedefinite în clasele 1...13 sau vehicule înregistrate eronat

Calculul agresivității medii a traficului pentru fiecare clasă "i" de vehicule se determină cu relația 4.3. :

$$C_i = \frac{K_{0j} \sum N_0 A_j + K_{1j} \sum N_1 A_j + K_{2j} \sum N_2 A_j + K_{3j} \sum N_3 A_j}{\sum N_0} \quad (4.3.)$$

în care:

C_i este coeficientul de echivalare în osii standard mediu pentru vehiculele din clasa "i";

N_0 - numărul de osii directoare, cântărite, pe clase de încărcare;

N_1 - numărul de osii simple nedirectoare, cântărite, pe clase de încărcare;

N_2 - numărul de osii elementare tandem, cântărite, pe clase de încărcare;

N_3 - numărul de osii elementare tridem, cântărite, pe clase de încărcare;

A_j sunt rapoartele $(P_j/P_0)^\alpha$, pe clase de încărcare, pentru tipul "j" de structură rutieră;

K_{0j} - valoarea parametrului "k" pentru osii simple directoare, pentru tipul "j" de structură rutieră;

K_{1j} - valoarea parametrului "k" pentru osii simple nedirectoare pentru tipul "j" de structură rutieră;

K_{2j} - valoarea parametrului "k" pentru osii elementare tandem sau tridem, pentru tipul "j" de structură rutieră;

Calculul a fost efectuat în două etape:

Etapa I: determinarea pentru fiecare clasă de vehicule a sumelor:

$$\sum N_0A_j, \sum N_1A_j, \sum N_2A_j, \sum N_3A_j \text{ și } \sum N_0.$$

Etapa II: determinarea pentru fiecare clasă a coeficientului de echivalare în osii standard, pentru tipul de structură "ranforsare structurii rutiere suplă", folosind relația (4.4.).

$$C_i = \frac{1,6 \sum N_0A_2 + \sum N_1A_2 + 1,8(\sum N_2A_2 + \sum N_3A_2)}{\sum N_0} \quad (4.4.)$$

Coeficienții de echivalare obținuți sunt prezentați în tabelul 4.67.

Tabelul 4.67.

α	Agresivitatea clasei de vehicule în raport cu osia standard de 115 kN																	T o t a l	Vehi- cul cântări- te		
	Clasa																				
	4 A ₂	5 A ₃	5 A ₄	6 A ₂ R ₁	6 A ₂ R ₂	6 A ₂ R ₃	7 A ₃ R ₂	7 A ₃ R ₃	8 A ₂ S ₁	9 A ₂ S ₂	10 A ₂ S ₃	11 A ₃ S ₁	11 A ₃ S ₂	11 A ₃ S ₂	12 B ₂	12 B ₃	13 Tr R ₂				
4	0, 1	0, 5	1,89	1, 8	0, 8	0, 8	0, 7	0, 5	0, 3	0, 7	0, 7	0, 7	0, 6	1, 1	0, 3	1, 9	0, 0	0, 0	0, 7	0, 3 4 8	215180

Determinarea traficului, pentru sectorul experimental, actual și de perspectivă, este necesar stabilirea coeficienților de echivalare în osii standard de 115 kN pentru grupele de vehicule luate în considerare în cadrul recensământului de circulație din anul 2000, și anume:

- autocamioane și derivate cu 2 osii (A₂, A₂^{*});
- autocamioane și derivate cu 3 osii (A₃);
- autovehicule articulate (clasele 8...11);
- autobuze (B₂, B₃);
- remorci la autocamioane și tractoare (R₂, R₃).

Coeficienții de echivalare se stabilesc ca medii ponderate ale coeficienților pe clase de vehicule din tabelul 4.67., cu condiția să nu depășească coeficienții de echivalare stabiliți pe baza cântăririlor statice, considerați maximali. Valorile coeficienților rezultați sunt prezentați în tabelul 4.68.

Tabelul 4.68.

Anul	Biciclete motoci- clete	Autotu- risme, microbu- ze, auto- camioan.	Autoca- mioane și derivate cu 2 osii	Autoca- mioane și derivate cu 3 sau 4 osii	Auto- vehicu- le articu- late	Auto- buze	Tractoa- re vehicule speciale	Re- morci	Vehicule cu tracțiune animală	Total vehi- cule
2000	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2005	1,1	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,4	0,8	1,2
2010	1,4	1,7	1,4	1,5	1,6	1,3	1,2	1,8	0,7	1,6
2015	1,6	2,1	1,7	1,9	1,9	1,5	1,4	2,2	0,6	1,9
2020	1,7	2,3	2,0	2,0	2,1	1,7	1,6	2,5	0,5	2,2

Traficul mediu zilnic anual pentru perioada 2000...2010, pe sectorul de pe D.N. 66 km 0+000...16+050, în care se încadrează sectorul experimental, a fost determinat pe baza rezultatelor recensământului de circulație din anul 2000, multiplicat pentru perioadele de prognoză cu coeficienții de evoluție medii pentru drumurile europene (E din tabelul 4.68.), rezultând valorile MZA pe grupe de vehicule și total vehicule fizice și osii standard de 115 kN din tabelul 4.69.

Tabelul 4.69.

Anul	D.N. 66 - post km 8+900											
	MZA (vehicule /24 ore)											
	Autocamioane și derivate cu 2 osii		Autocamioane și derivate cu 3 sau 4 osii		Autovehicule articulate		Autobuze		Remorci		Total	
Vehi- cule grele	Osii stan- dard	Vehi- cule grele	Osii stan- dard	Vehi- cule grele	Osii Stan- dard	Vehi- cule grele	Osii stan- dard	Vehi- cule grele	Osii stan- dard	Vehi- cule grele	Osii stan- dard	
2000	350	57,75	126	69,17	131	91,3	87	30,36	56	16,18	750	264,76
2005	420	69,3	151	82,89	157	109,42	96	33,5	78	27,22	902	322,33
2010	490	80,85	189	103,76	210	146,37	113	39,43	101	35,24	1 103	405,65

Traficul de calcul, exprimat în volume de trafic în osii standard de 115 kN, pe diferite durate de perspectivă, determinat cu relația 4.5., este prezentat în tabelul 4.70.

$$N_c = 365 \times 10^{-6} \times C_{rt} \times 0,5 \sum_{i=1}^n (MZA_{Si} + MZA_{S,i+1}) T_i \quad (4.5.)$$

în care:

N_c este volumul de trafic exprimat în osii de 115 kN pe banda de circulație, cumulat pe perioada de perspectivă;

C_{rt} - coeficientul de repartiție transversală a traficului pe banda de circulație cea mai solicitată: pentru drumuri cu 2 benzi de circulație $C_{rt} = 0,5$;

t_i - durata perioadei "i" de prognoză: $t_i = 5$ ani și $n = 2$ (prognoza pe 10 ani);

MZA_{Si} , $MZA_{S,i+1}$ = intensitatea medie zilnică anuală a traficului exprimată în osii standard de 115 kN/24 ore la începutul și sfârșitul perioadei "t_i" de prognoză.

Tabelul 4.70.

Perioada	Traficul de calcul milioane osii de 115 kN
2000...2005	0,268
2000...2010	0,600

4.4.4.2.2. Verificarea capacității portante a structurii rutiere ranforsate .

Verificarea capacității portante s-a efectuat prin determinarea deformației specifice radiale de întindere și a deformației specifice verticale de compresiune, cu ajutorul programului CALDEROM, pentru osia standard de 115 kN și pentru structura rutieră existentă pe sectorul de pe D.N.66 km 10+100...10+350.

În urma calculelor efectuate a rezultat:

- **deformația specifică de întindere la baza straturilor bituminoase :**

$$\varepsilon_r = 255 \text{ microdeformații};$$

- **deformația specifică verticală de compresiune la nivelul pământului de fundare:**

$$\varepsilon_z = 492 \text{ microdeformații.}$$

Rata de degradare prin oboseală (RDO) s-a calculat cu relația 4.6.:

$$\text{RDO} = N_c / N_{adm} \quad (4.6.)$$

Pentru N_c mai mic de un milion osii standard, N_{adm} se calculează cu relația 4.7.:

$$N_{adm} = 24,5 \times 10^8 \times \varepsilon_r^{-3,97} \quad (4.7.)$$

A rezultat $N_{adm} = 0,9 \text{ m.o.s.}$

$$\text{RDO} = 0,6/0,9 = 0,67 < \text{RDO}_{max} = 0,85$$

Deci, criteriul deformației specifice de întindere la baza straturilor bituminoase este satisfăcut de structura rutieră existentă.

O altă condiție care trebuie verificată este ca :

$$\varepsilon_z \leq \varepsilon_{z \text{ adm}} \quad (4.8.)$$

în care:

$\varepsilon_{z \text{ adm}}$ = deformația specifică verticală admisibilă la nivelul patului drumului, care se calculează cu relația 4.9.

$$\varepsilon_{z \text{ adm}} = 600 N_c^{-0,28} \quad (4.9.)$$

În urma calculelor efectuate a rezultat că:

$$\varepsilon_{z \text{ adm}} = 690 \text{ microdeformații.}$$

$$\text{Rezultă că : } \varepsilon_z = 492 < \varepsilon_{z \text{ adm}} = 690$$

Deci, criteriul deformației specifice verticale de compresiune la nivelul pământului de fundație este satisfăcut.

În concluzie, se poate spune că structura rutieră realizată are o capacitate portantă superioară celei necesare pentru traficul de calcul pentru perioada de perspectivă de 10 ani (2000...2010).

4.4.4.2.3. Verificarea la formarea fâgașelor

Pe D.N. 66 km 10+100...10+350 au fost realizate două tipuri de îmbrăcămînți bituminoase din mixturi asfaltice antifăgaș și anume:

* beton asfaltic cu amestec de cribluri și pietriș concasat și adaos de var (B.A.A.P.C.V.16) pe sectorul km 10+110...10+210 dreapta și

* beton asfaltic cu amestec de cribluri și pietriș concasat (B.A.A.P.C.16) pe sectorul km 10+075...10+110 și km 10+210...10+350 dreapta.

Din încercarea la ornieraj a unui număr de 6 carote prelevate de pe aceste sectoare, conform raportului de încercare nr. 47.2 din 8 iunie 2001 și a raportului tehnic întocmit de CESTRIN la data de 31 octombrie 2001 au rezultat următoarele:

Pentru sectorul km 10+110...10+210:

* rata de ornieraj la 60 °C, VDO între 0,4...1,2 mm/h;

* valoarea medie a ratei de ornieraj, conform raportului de încercări 47.2: $VDO_m = 0,8 \text{ mm/h}$;

* adâncimea fâgașului la 60 °C între 1,7...2,8 mm;

* stabilitatea la 60 °C : 12 kN;

Pentru sectorul km 10+210...10+350:

* rata de ornieraj la 60 °C, VDO între 0,7...1,2 mm/h;

* valoarea medie a ratei de ornieraj, conform raportului de încercări 47.2: $VDO_m = 0,87$ mm/h;

* adâncimea fâgașului la 60 °C între 2,5...6 mm;

* stabilitatea la 60 °C : 11,8 kN.

Conform Normativului privind determinarea susceptibilității la formarea fâgașelor a mixturilor asfaltice preparate la cald pentru îmbrăcămînți bituminoase rutiere, indicativ AND 573 din 2002, valorile admise ale ratei de ornieraj sunt indicate în tabelul 4.71.

Tabelul 4.71.

Nr. mediu de vehicule de transport marfă și autobuze în 24 ore	Viteza de deformație la ornieraj VDOP [mm/h] max.		Adâncimea maximă a fâgașului [mm]*		Stabilitatea [kN]* min.
	45 °C	60 °C	45 °C	60 °C	
< 1 500	6	8	6	9	4,5
1 500...3 000	4	6	5	8	6
3 000...6 000	2	3,5	4	7	7
> 6 000	< 2	< 3,5	< 4	< 7	< 7

Din cele prezentate rezultă că:

- ambele tipuri de îmbrăcămînți bituminoase experimentate pe D.N. 66 km 10+100...10+350 sunt corespunzătoare pentru traficul mediu zilnic anual și de perspectivă estimat pentru anul 2010, care este MZA = 1 103 vehicule/24 h;

- ambele tipuri de îmbrăcămînți bituminoase experimentate sunt corespunzătoare și pentru un trafic superior de peste 6 000 vehicule grele/24 ore;

- dintre cele două tipuri de îmbrăcămînți bituminoase realizate cu mixturi asfaltice antifâgaș, cea realizată cu mixtură asfaltică antifâgaș cu adaos de var (B.A.A.P.C.V.16) are parametrii mai buni din punct de vedere a verificării la formarea fâgașelor.

4.4.5. Concluzii

Studiile și cercetările efectuate au condus la următoarele aspecte ce trebuie luate în considerare la proiectarea, fabricarea și punerea în operă a mixturilor asfaltice, anume:

- calitatea agregatelor influențează producerea dezanrobării, formarea fâgașelor, comportarea la îngheț-dezghet etc.;

- filerul încetinește fenomenul de îmbătrânire al mixturilor asfaltice, reduce susceptibilitatea mixturilor asfaltice la variațiile de temperatură, mărește domeniul de plasticitate al bitumului, favorizează adhezivitatea bitumului la agregatele naturale, asigură stabilitatea mixturilor asfaltice la temperaturi ridicate;

- raportul filer / bitum are un rol hotărâtor asupra stabilității mixturilor asfaltice;

- bitumul are rol preponderent în mixturile asfaltice asigurând coeziunea, impermeabilitatea și stabilitatea îmbrăcăminților bituminoase;

- adâncimea fâgașului este influențată de constituenții mixturilor asfaltice ca: tipul de liant bituminos, tipul și calitatea agregatelor, dozajul de părți fine, raportul filer / bitum, compactarea, etc.

Pe baza studiilor și cercetărilor efectuate au fost puși în evidență factorii care intervin în relația “proiectarea mixturilor asfaltice și realizarea îmbrăcăminților bituminoase”, factori obiectivi și subiectivi care contribuie la realizarea calității acestora.

De asemenea, studiile efectuate au arătat că obținerea unor îmbrăcăminți bituminoase de bună calitate depinde de responsabilitatea factorilor implicați: constructor, consultanță, beneficiar.

În urma studiilor și cercetărilor efectuate am ajuns la concluzia că, realizarea unui control de calitate este necesar și eficient iar pentru realizarea acestui deziderat trebuie să existe “**omul calitate**”. Pe baza cercetării și experienței în domeniul mixturilor asfaltice și a îmbrăcăminților bituminoase au fost puse în evidență “**punctele sensibile**” pentru asigurarea calității și rolul hotărâtor al “**omului calitate**” asupra întregului proces tehnologic de realizare a îmbrăcăminților bituminoase.

Studiile, cercetările și experimentările efectuate privind folosirea fibrelor indigene de tip P.N.A., la obținerea mixturilor asfaltice performante au pus în evidență:

- mixturile asfaltice armate cu fibre au o comportare bună datorită masticului constituit din bitum, filer și fibre, care suportă solicitările la tracțiune iar scheletul mineral suportă solicitările la compresiune;

- fibrele utilizate trebuie să fie sub formă măcinată de 5...10 mm ;

- mixturile asfaltice realizate cu fibre tip P.N.A indigene supuse încercărilor pe pista de încercări accelerate de la Iași, au pus în evidență o rezistență bună la deformații datorită solicitărilor din trafic, având o comportare asemănătoare cu cea a mixturilor asfaltice realizate cu fibre din import TEHNOCEL și TOPHCEL;

- pe sectoarele experimentale realizate cu mixturi asfaltice armate cu fibre tip P.N.A. indigene nu s-au observat deformații de tipul fâgașelor iar caracteristicile fizico-mecanice nu au suferit schimbări în timp;

- rezultatele încercărilor la formarea fâgașelor atestă o comportare bună la solicitările datorate traficului greu.

Mixturile asfaltice antifâgaș au fost proiectate și studiate în laborator, apoi experimentate pe teren cu scopul de a pune în evidență comportarea în exploatare. În urma studiilor efectuate, atât în laborator cât și pe teren, se rețin câteva aspecte și anume:

- mixturile asfaltice antifâgaș proiectate și puse în operă în anul 2000 se comportă bine în exploatare;

- varul împiedică producerea fenomenului de dezanrobare a mixturilor asfaltice sub acțiunea apei;

- rezistența mixturilor asfaltice, realizate cu adaos de var, după 28 de zile de păstrare în apă s-a redus cu 8 %, pe când la mixturile asfaltice (având aceeași compoziție), fără adaos de var rezistența la compresiune s-a redus cu 20 %.

Literatura de specialitate [79;102] arată că, o compactare insuficientă favorizează formarea fâgașelor deși mixtura asfaltică a fost proiectată pentru a rezista la deformații datorate solicitărilor din trafic.

În urma studiilor efectuate asupra comportării în exploatare a mixturilor asfaltice antifâgaș realizate cu var sau fără var, au rezultat câteva propuneri, ce au fost luate în considerare la definitivarea „Instrucțiunilor tehnice pentru prepararea și punerea în operă a mixturilor asfaltice antifâgaș” precum și la realizarea îmbrăcămintelor bituminoase cu aceste tipuri de mixturi asfaltice, care se referă la :

- agregatele de carieră să fie curate, colțuroase și rezistente la uzură;

- agregatele de balastieră concasate dau rezultate bune în amestec cu criblurile, mai ales dacă se adaugă var;

- respectarea procentului de bitum propus conform studiului de proiectare (5,7...6,0 raportat la mixtura asfaltică), respectarea temperaturilor în procesul de preparare și punere în operă a mixturilor asfaltice;

- etanșarea îmbrăcămintei bituminoase realizată cu mixturi asfaltice antifâgaș;

- pe drumurile cu trafic intens se impune folosirea mixturilor asfaltice antifâgaș și în straturile de legătură.

Studiile privind agresivitatea traficului greu asupra structurii rutiere de pe D.N. 66 km 10+100...10+350, ce are un strat din mixturi asfaltice antifâgaș, au constatat în:

- stabilirea coeficienților de echivalare în osii standard de 115 kN, specifici pentru D.N. 66, medii, pe grupele de vehicule luate în considerare la recensământul de circulație din anul 2000, pe baza analizei rezultatelor cântărilor statice și în regim dinamic;

- pe baza recensământului de circulație din anul 2000 și a aplicării coeficienților medii de prognoză și a coeficienților de echivalare a vehiculelor fizice în osii standard de 115 kN s-au determinat, pentru sectorul experimental :

* traficul mediu zilnic anual pe grupe de vehicule grele și total la nivelul anilor 2000; 2005 și 2010:

* agresivitatea traficului greu respectiv traficul mediu zilnic anual din anii 2000: 2005 și 2010 exprimat în osii standard de 115 kN;

* traficul de calcul, respectiv volumul total de trafic pentru perioadele 2000...2005 și 2000...2010, exprimat în milioane osii standard de 115 kN .

În urma verificării structurii rutiere existente pe sectorul experimental a rezultat că solicitările maxime din trafic în punctele critice ale complexului rutier sunt inferioare celor admisibile, capacitatea portantă a structurii rutiere fiind superioară celei necesare pentru satisfacerea cererii de trafic, respectiv a traficului de calcul pentru perioada de perspectivă de 10 ani (2000...2010).

Pentru ambele tipuri de îmbrăcăminte bituminoasă realizate cu mixturi asfaltice antifăgaș, respectiv cu B.A.A.P.C.16 și B.A.A.P.C.V.16, în urma încercărilor la omieraj pe carotele prelevate din îmbrăcămintea bituminoasă, a rezultat că parametrii ce caracterizează rezistența la deformații permanente, respectiv viteza de deformație la formarea făgașelor, adâncimea maximă a făgașelor și stabilitatea la 60 °C, se încadrează în limitele recomandate, conform normativului A.N.D. 573 din 2002, pentru traficul mediu zilnic anual de vehicule grele estimat pentru anul de perspectivă 2010.

De remarcat că, dintre cele două tipuri de mixturi asfaltice antifăgaș, varianta cu adaos de var prezintă caracteristici superioare de rezistență la formarea făgașelor.

Pe baza studiilor, cercetărilor și experimentărilor efectuate pentru diversificarea îmbrăcămintelor bituminoase și urmărirea comportării lor în exploatare, prezentate anterior, în anul 2002 au fost aprobate "**Instrucțiunile Tehnice pentru prepararea și punerea în operă a mixturilor asfaltice antifăgaș**" indicativ A.N.D. 570 -2002.

CONCLUZII FINALE. CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI VALORIFICAREA REZULTATELOR.

Lucrarea de doctorat, prezintă contribuțiile aduse de autor referitoare la studiul, cercetarea, comportarea în exploatare a îmbrăcămintei bituminoase și realizarea unor sectoare experimentale cu diferite tipuri de mixturi asfaltice. În baza acestor experimentări, administratorul drumurilor poate să aleagă soluțiile eficiente în realizarea unor îmbrăcăminți bituminoase durabile, pentru structurile rutiere suple și mixte.

Cercetările efectuate s-au desfășurat în perioada 1980...2002 și au fost determinate de necesitatea găsirii unor soluții eficiente pentru obținerea unor mixturi asfaltice performante, care să reziste la acțiunea agenților atmosferici și a traficului greu.

În urma studiilor și cercetărilor efectuate și prezentate în cele 4 capitole ale tezei, am ajuns la anumite concluzii ce vor fi prezentate în continuare.

5.1. CONCLUZII FINALE

Studiul agresivității traficului, asupra îmbrăcămintei bituminoase scoate în evidență necesitatea controlului rutier, care este esențial pentru asigurarea respectării reglementărilor în vigoare, deoarece încărcările peste limitele admise pe osie au consecințe negative asupra drumului, ducând la degradarea sa rapidă.

În acest context, se menționează apariția unor defecțiuni frecvente (făgașe și fisuri din oboseală), datorită transporturilor care au tendințe de a eluda reglementările în vigoare, prin depășirea încărcărilor maxime admise pe osia autovehiculului. Suprasarcina mărește ponderea degradărilor și scurtează durata de exploatare a drumului.

Studiile întreprinse, referitoare la impactul traficului asupra structurii rutiere, au arătat necesitatea acordării unei atenții deosebite proiectării mixturilor asfaltice și în mod special a constituenților acestora (bitum și agregate), a dozării lor pentru a asigura durabilitate și stabilitate straturilor bituminoase.

În acest sens, am întreprins studii și cercetări cu scopul de a monitoriza comportamentul diferitelor tipuri de structuri rutiere, privind modul cum drumul își modifică starea sau își îndeplinește funcția pentru care a fost proiectat și realizat.

Am apelat la programul american SHRP (Strategic Highway Research Program), din care s-a desprins programul LTPP (Long- Term – Pavement –Performance care vizează urmărirea performanțelor pe termen lung a îmbrăcăminților bituminoase. Am aplicat acest program sub denumirea de RO-LTPP pentru România, pe un număr de 12 sectoare de drum din cadrul Direcțiilor Regionale de Drumuri și Poduri Craiova și Timișoara.

Studiile și cercetările întreprinse în cadrul acestui program, pe sectoare RO-LTPP, au condus la următoarele aspecte:

- cuantificarea tuturor factorilor (trafic, condiții climaterice, materiale, execuția lucrărilor etc.) care conduc la obținerea unor îmbrăcăminți bituminoase performante;
- evaluarea metodelor de dimensionare structurală practicate până în prezent;
- necesitatea introducerii unor relații noi de calcul și dimensionare pentru structurile rutiere noi și pentru ranforsări;
- acordarea unei atenții deosebite materialelor folosite în construcția și întreținerea drumurilor;
- diversificarea tehnologiilor de construcție și întreținere a drumurilor cu îmbrăcăminți bituminoase, folosind diferite tipuri de bitum (pur, aditivat, modificat, modificat și aditivat) funcție de zona în care se află drumul, de regimul climateric, de traficul actual și de perspectivă;
- stabilirea la nivel național a unei baze de date privind performanțele pe termen lung a îmbrăcămintei rutiere bituminoase.

De asemenea, studiile și cercetările efectuate de autor au constatat în efectuarea investigațiilor de teren și laborator pe sectoarele RO-LTPP din cadrul D.R.D.P. Craiova și Timișoara, obținând rezultate importante privind:

- structura rutieră, grosimea straturilor rutiere, stratul de rulare și terenul de fundare ca suport al structurii rutiere;
- caracteristicile biturilor, extrase din probele de mixturi asfaltice prelevate din straturile bituminoase luate în studiu, au demonstrat faptul că, biturile s-au durificat în timp sub acțiunea traficului și a condițiilor climaterice.

Studiile și cercetările efectuate de autor asupra naturii și caracteristicile geotehnice ale pământului din patul drumului, prin încercări de laborator, precum și investigații de teren au pus în evidență următoarele aspecte:

- sensibilitatea la îngheț a pământurilor, aceasta favorizează apariția degradărilor din îngheț - dezgheț;

- necesitatea impermeabilizării îmbrăcăminții bituminoase și asigurării scurgerii apei.

Din studiile efectuate, privind urmărirea comportării în exploatare a sectoarelor RO-LTPP cu îmbrăcăminți bituminoase, se poate evidenția faptul că, materialele și tehnologiile folosite pentru construcția și întreținerea drumurilor cu astfel de îmbrăcăminți, precum și calitatea lucrărilor de întreținere au o influență hotărâtoare asupra modului de comportare în exploatare a structurii rutiere.

Studiile și cercetările efectuate și prezentate, la care mi-am adus contribuția participând în mod direct, au o mare importanță în a stabili tehnologiile ce pot fi folosite în scopul remedierii degradărilor constatate, punând în evidență următoarele concluzii privind apariția, evoluția și remedierea unor degradări întâlnite pe majoritatea sectoarelor luate în studiu, și anume:

- fisurile datorate oboselii se tratează cu o mixtură asfaltică pusă în operă într-un strat gros când traficul este intens;

- dacă fisurile au apărut numai în stratul de uzură, soluția cea mai adecvată este reciclarea acestui strat și impermeabilizarea acestuia;

- fisurile datorate îmbătrânirii bitumului, adică fisurarea de sus în jos, se tratează folosind tehnologia de reciclare a mixturilor asfaltice la rece sau la cald, tratamentelor bituminoase, straturi subțiri și foarte subțiri.

Cercetările efectuate pe cele 12 sectoare RO-LTPP cu îmbrăcăminți bituminoase, privind urmărirea comportării în exploatare a acestora, precum și a unor sectoare reabilite, constituie o bază de date tehnice care asigură posibilitatea administratorului de drumuri de a lua decizii optime privind alegerea tehnologiilor de întreținere și construcție a drumurilor.

Investigarea defecțiunilor pe tipuri de degradări (suprafață și structură) constituie un mijloc important în alegerea programului de întreținere, care se referă fie la o tehnologie de reconstrucție și de ranforsare structurală a drumurilor fie la o tehnologie de întreținere a suprafeței de rulare a drumului în bună stare structurală.

Referitor la momentul intervenției și a tipului de tehnologie, studiile au pus în evidență necesitatea cunoașterii stadiului de degradare în timpul duratei de exploatare a unei îmbrăcăminți bituminoase. În acest sens, autorul tezei a efectuat un studiu de caz pe un drum județean (D.J.108 A Românași – Creaca – Jibou, județul Sălaj) pentru optimizarea lucrărilor necesare întreținerii drumului și aducerea acestuia la parametri tehnici necesari

pentru asigurarea siguranței și confortului utilizatorilor. Prin aplicarea programului de optimizare, s-a stabilit atât momentul intervenției cât și tehnologiile necesare și eficiente din punct de vedere tehnic și economic, studiu prezentat în detaliu în teză.

Pe baza bibliografiei studiate și a cercetărilor efectuate, s-a reținut necesitatea cunoașterii factorilor hotărâtori, care intervin în luarea deciziilor de către administratorii drumurilor pentru a stabili dacă un drum necesită sau nu anumite intervenții, precum și tipul intervențiilor și momentul acestora, factori ce se referă la:

- indicii de degradare;
- durata de exploatare rămasă.

Studiile efectuate, pe baza bibliografiei studiate și a contribuției personale, au pus în evidență necesitatea unui program de optimizare a lucrărilor de întreținere, în funcție de fondurile disponibile ale administratorului drumului, pe o perioadă de mai mulți ani. Acest program ajută la alocarea resurselor limitate într-un mod eficient din punct de vedere al costurilor pe termen lung, furnizând informațiile necesare evaluării impacturii pe termen lung a diferitelor strategii de reabilitare, prin evaluarea următoarelor aspecte:

- momentul acțiunii de reabilitare;
- analiza economică a întreținerii fezabile și a alternativelor de reabilitare;
- impactul, în timp prognozat, asupra rețelei de drumuri, pentru fiecare combinație de proiecte pe o perioadă analizată, dată.

Studiul de caz, efectuat și prezentat în lucrare, a necesitat realizarea unui program de optimizare pe 10 ani a lucrărilor de întreținere privind;

- alegerea momentului intervenției;
- alegerea tehnologiilor eficiente din punct de vedere tehnic și economic;
- alocarea fondurilor pe ani în funcție de lucrările ce trebuie efectuate, luând în considerare și costurile lucrărilor de întreținere preventivă și curativă pe toată perioada analizată, fenomen ce nu este luat în calcul de nici un alt program de dimensionare al structurii rutiere, stabilind astfel costurile reale necesare aducerii drumului la starea tehnică corespunzătoare.

Cercetările întreprinse au scos în evidență necesitatea proiectării unor noi tipuri de mixturi asfaltice, care să reziste condițiilor de trafic greu și climă a zonei studiate.

În acest context, lucrarea tratează într-o concepție unitară, pe baza bibliografiei studiate și a contribuției personale, aspectele principale teoretice și practice, ale realizării îmbrăcămintei bituminoase cu performanțe ridicate, ținând cont de condițiile existente, de

caracteristicile traficului, condițiile climaterice, materialele disponibile, posibilitățile de realizare, etc.

În lucrare se face o analiză a punctelor sensibile ce concură la asigurarea calității îmbrăcămintei bituminoase și rolul hotărâtor al „**omului calitate**” asupra întregului proces tehnologic de realizare și punere în operă a mixturilor asfaltice.

Pentru obținerea mixturilor asfaltice performante, au fost efectuate studii privind experiența specialiștilor din Franța, America, etc. în obținerea de mixturi asfaltice pentru stratul de uzură cu adaos de fibre minerale, de sticlă și celuloză. Se menționează în lucrare mixturi asfaltice de tip Mediflex, Drenoflex, Rugoflex, Microville.

Totodată, în lucrare se face o analiză a unor noi materiale produse în România care pot fi folosite la obținerea unor mixturi asfaltice cu performanțe ridicate. Astfel de materiale ca: fibre de sticlă, fibre textile, fibre de celuloză, ale căror proprietăți fizico – mecanice studiate sunt comparabile cu ale fibrelor produse în alte țări, au fost studiate și folosite la obținerea mixturilor asfaltice cu performanțe ridicate.

Studiile, cercetările și experimentările efectuate, prezentate în lucrare, privind folosirea fibrelor indigene de tip PNA la obținerea mixturilor asfaltice performante au scos în evidență următoarele aspecte;

- mixturile asfaltice armate cu fibre au o comportare bună datorită masticului constituit din bitum, filler și fibre, care măresc solicitările la tracțiune, iar scheletul mineral suportă solicitările la compresiune;

- fibrele utilizate cu rol de armare au o lungime de 5... 10 mm;

- mixturile asfaltice realizate cu fibre tip PNA indigene, supuse încercărilor pe pista de încercări accelerate de la Iași, au pus în evidență o rezistență bună la deformații datorită solicitărilor din trafic, având o comportare asemănătoare cu cea a mixturilor asfaltice realizate cu fibre din import TEHNOCEL și TOPHCEL;

- pe sectoarele experimentale realizate cu mixturi asfaltice armate cu fibre indigene nu s-au observat deformații de tipul fâgașelor, iar caracteristicile fizico-mecanice nu au suferit schimbări în timp;

- rezultatele încercărilor la orniereaj atestă o comportare bună la solicitările datorate traficului greu.

Pe baza bibliografiei studiate și a contribuției personale, au fost proiectate și experimentate mixturi asfaltice antifâgaș cu sau fără var. Folosirea varului hidratat la realizarea mixturilor asfaltice antifâgaș a făcut posibilă utilizarea pietrișului concasat în

obținerea unor mixturi asfaltice performante. Rezultatele obținute pe mixturile asfaltice antifăgaș preparate în laborator, precum și pe cele prelevate de pe sectoarele experimentale au pus în evidență următoarele aspecte:

- mixturile asfaltice antifăgaș proiectate și puse în operă se comportă bine în exploatare;

- varul asigură o creștere a adhezivității agregatului față de bitum, împiedicând producerea fenomenului de dezanrobare a mixturilor asfaltice sub acțiunea apei;

- folosirea agregatelor de balastieră concasate în amestec cu cribluri a facilitat obținerea unor mixturi asfaltice rezistente la deformații, mai ales atunci când s-a adăugat și var.

Studiile efectuate asupra comportării în exploatare a sectoarelor experimentale realizate cu mixturi asfaltice antifăgaș cu sau fără var au arătat că;

- încercările la ornieraj a mixturilor asfaltice antifăgaș au arătat că parametrii ce caracterizează rezistența la formarea făgașelor se încadrează în limitele recomandate (normativ AND 573/2002), pentru traficul mediu zilnic anual de vehicule grele estimat pentru anul de perspectivă 2010;

- dintre cele două tipuri de îmbrăcămînți bituminoase realizate cu mixturi asfaltice antifăgaș, cea realizată cu adaos de var are parametrii mai buni din punct de vedere al verificării la formarea făgașelor.

În diversificarea și urmărirea comportării în exploatare a îmbrăcămînților bituminoase, autorul a avut unele contribuții personale, contribuții prezentate în continuare.

5.2. CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI VALORIFICAREA REZULTATELOR

Mixtura asfaltică din îmbrăcămînța bituminoasă este cel mai important material rutier compozit, care trebuie studiat cu atenție și obiectivitate, deoarece are o contribuție esențială în ceea ce privește apariția principalelor tipuri de degradări ca: deformațiile permanente, fisurarea din oboseală și fisurarea termică.

Lucrarea de față și-a propus să studieze comportarea și diversificarea îmbrăcămînților bituminoase. Pentru a atinge scopul propus, a fost necesară o documentare temeinică din literatura de specialitate, pe baza căreia s-au efectuat studii experimentale privind proiectarea, realizarea și punerea în operă a unor mixturi asfaltice care să reziste solicitărilor datorate traficului și condițiilor climaterice din țara noastră.

De asemenea, au fost efectuate studii de analiză privind comportarea în exploatare a îmbrăcămișilor bituminoase existente și a celor realizate cu mixturile asfaltice proiectate și experimentate.

Pe baza literaturii de specialitate studiată s-au desprins câteva aspecte ce au fost luate în considerare la proiectarea și diversificarea îmbrăcămișilor bituminoase, și anume:

- evidențierea factorilor hotărâtori pentru obținerea unor îmbrăcămiși bituminoase de calitate, cu o durată mare de exploatare;

- importanța uniformității suprafeței de rulare asupra siguranței și confortului utilizatorilor și asupra costurilor de exploatare a vehiculelor;

- agresivitatea traficului asupra îmbrăcămișilor bituminoase, punând în evidență dependența între fenomenul de degradare al îmbrăcămișii bituminoase și trafic;

- aplicarea, pentru prima dată în țară, a unui program de urmărire a comportării în exploatare a structurilor rutiere, și în special a celor cu îmbrăcămiși bituminoase, programul RO-LTPP;

- constituirea unei baze de date la nivel național, privind performanțele pe termen lung a îmbrăcămișilor rutiere, în special a celor bituminoase existente și a celor realizate prin lucrări de întreținere sau reabilitare, pentru unele sectoare de drum din cadrul D.R.D.P. Timișoara și Craiova, contribuind la evaluarea și cuantificarea performanțelor atât a mixturilor asfaltice cât și a tehnologiilor folosite;

- stabilirea cauzelor apariției degradărilor pe sectoarele RO -LTPP luate în studiu, efectuând în acest sens investigații pe teren și laborator asupra întregii structuri rutiere;

- prezentarea factorilor ce trebuie luați în considerare de către administratorii drumurilor în optimizarea lucrărilor de întreținere, factori ce intervin în luarea deciziilor privind momentul și tipul intervenției;

- prezentarea unor programe de management a drumurilor, punând în evidență, prin exemplificări, că prioritizarea multianuală este cea mai benefică pentru administrațiile de drumuri pentru care bugetul disponibil este mai mic decât bugetul necesar pentru a menține rețeaua rutieră într-o stare de viabilitate bună;

- experimentarea unui program privind optimizarea lucrărilor de întreținere a unui drum județean;

- proiectarea și realizarea în laborator a unor mixturi asfaltice realizate cu fibre și mixturi asfaltice antifăgaș realizate cu sau fără var hidratat;

- realizarea unor sectoare experimentale cu diferite tipuri de îmbrăcămînți bituminoase folosind mixturile asfaltice proiectate și realizate în laborator;
- urmărirea comportării în exploatare a sectoarelor experimentale realizate, și în special comportarea la agresivitatea traficului și la formarea fâgașelor;
- pe baza studiilor, cercetărilor și experimentărilor efectuate, precum și a studiilor privind urmărirea comportării în exploatare a îmbrăcămînților bituminoase existente și a celor experimentate, contribuind ca și colaborator, au fost elaborate **“Instrucțiunile tehnice pentru utilizarea mixturilor asfaltice armate cu fibre PNA la realizarea îmbrăcămînților rutiere”**, indicativ AND 568-2002 și **“ Instrucțiunile tehnice pentru prepararea și punerea în operă a mixturilor asfaltice antifăgaș. Indicativ AND 570-2002”**.

Ca urmare a activității de cercetare desfășurată în cadrul unor colective de cercetare, am contribuit la finalizarea unor soluții tehnice recunoscute prin acordarea a **6 brevete de invenție și un certificat de inovator, astfel:**

*** Aparat pentru determinarea penetrației biturilor - certificat de inventator nr. 87 504/26 martie 1985.**

*** Mixtură asfaltică stocabilă - certificat de inventator nr. 87 776/9 mai 1985.**

*** Aparat electronic pentru determinarea punctului de înmuiere a biturilor – certificat de inventator nr. 88 352/5 septembrie 1985.**

*** Instalație adaptată pentru producerea mixturilor asfaltice la rece - certificat de inventator nr. 93 981/30 octombrie 1987.**

*** Aparat pentru determinarea coeficientului de scurgere a agregatelor naturale - certificat nr. 1 071/1989.**

*** Instalație tehnologică pentru refolosirea la rece a mixturilor asfaltice - certificat de inventator nr. 104 433/ 1991.**

***Compoziție bituminoasă armată cu fibre și procedeu de obținere a acesteia - brevet de invenție nr. 118 080/30 noiembrie 2002.**

Unele dintre invenții și inovații au fost premiate la saloanele de invenții ce au avut loc în țară. De asemenea, invențiile și inovațiile au fost aplicate în producție.

Studiile, cercetările și experimentările efectuate și prezentate în lucrare au fost valorificate prin rezolvarea, în colaborare, a 81 contracte de cercetare, la 40 fiind responsabilă de contract.

De asemenea, studiile și cercetările efectuate s-au materializat și au fost valorificate prin publicarea în reviste de specialitate și convolute a unui număr de 39 lucrări științifice la diferite manifestări naționale și internaționale, din țară și străinătate, De asemenea, au fost comunicate 11 lucrări, dar nepublicate.

Pentru completarea materialului didactic necesar studenților și specialiștilor din domeniul rutier, am contribuit, ca și colaborator, la elaborarea a trei îndrumătoare de laborator după cum urmează:

* **Drumuri. Îndrumător pentru lucrări de laborator. Litografia Institutului Politehnic "Traian Vuia" Timișoara, 1991.**

* **Drumuri. Îndrumător pentru lucrări de laborator. Editura TREFLA București. 1992.**

* **Îndrumător pentru laboratoarele de drumuri. Ediția a V-a. Editura INEDIT S.A. București. 1998.**

Pasiunea mea pentru activitatea de cercetare desfășurată s-a materializat prin rezultatele obținute și prin colaborările avute cu unitățile de cercetare și producție din domeniul rutier, cum sunt:

- * CESTRIN București;
- * INCERTRANS București;
- * Centrul de Cercetare pentru Materiale Macromoleculare și Membrane S.A. București;
- * Consiliile Județene (Gorj, Caraș-Severin, Timiș, Sălaj, Vâlcea);
- * Administrațiile de Drumuri Județene și Orășenești (Arad, Cluj, Deva, Gorj, Timiș, Oradea, etc.);
- * Direcțiile Regionale de Drumuri și Poduri Craiova și Timișoara etc.

În concluzie, studiile, cercetările și experimentările efectuate în laborator și pe drum demonstrează importanța acestora, atât din punct de vedere tehnic cât și economic, fiind tehnologii care se pot aplica la construcția și întreținerea drumurilor.

Având în vedere importanța studiilor privind diversificarea, comportarea și urmărirea în exploatare a îmbrăcăminților rutiere bituminoase, luând în considerare principalele defecțiuni puse în evidență atât pe îmbrăcămințile rutiere existente cât și pe unele structuri rutiere reabilite, se propune, tuturor specialiștilor din sectorul rutier, continuarea studiului prezentat în teză, cu scopul obținerii unor îmbrăcăminți rutiere stabile la deformații și durabile în timp.

BIBLIOGRAFIE

1. ABDULLAN, I. ș.a. **Economic analysis of effectiveness of pavement preventive maintenance.** National Academy Press Washington, D.C. 1994.
2. AL-MANSOUR, A.I. **Cost Effectiveness Evaluation of Highway Flexible Pavement Routine maintenance.** Ph.D. Thesis. School of Civil Engineering, Purdue University, West Lafayette, Ind. 1991.
3. ANDERSSSEN, E.O. **Experiences and results using superpave binder tests.** Mechanical Test for Bituminous Materials, al-5-lea Simpozion RILEM, MTBM Lyon, Franța, 1997.
4. ANDERSEN, D.A. **Factors affecting the precision of dynamic shear and bending beam.** Mechanical Test for Bituminous Materials, al-5-lea Simpozion RILEM, MTBM Lyon, Franța, 1997.
5. ANDERSEN, A. **Programme SHRP. Methodes d'essai et specification des liants.** Revue générale des routes et des aérodromes nr.711/1993.
6. ANTOINE, J.P. ș.a. **Un nouveau concept de chaussee silencieuse.** Eurasphalt & Eurobitume, Congress Barcelona 2000.
7. ARRAMBIDE, J. și DURIEZ, M. **Liants routiers et enrobés.** Éditions du Moniteur des Travaux Publics. Paris, 1959.
8. ASANDREI, N. ș.a. **Chimia și structura fibrelor.** Editura Academiei R.S.R. București, 1983.
9. BELC, F. și LUCACI, G. **Căi de comunicație terestre. Elemente de construcție.** Editura Solnes, Timișoara, 2001.
10. BENSE, P., ZAROJANU, H. ș.a. **Application de la méthode française de formulation des enrobés destinés au chantier de la DN2 en Roumanie.** Eurasphalt & Eurobitume, Congress Barcelona 2000.
11. BENSE, PIERRE **Dangers, causes et remèdes de l'orniérage des chaussées.** Revue générale des routes et des aérodromes nr.759/1998.
12. BENSE, P. ș.a. **Diferite tipuri de anrobate cu fibre și utilizările lor.** Revista Drumuri și Poduri nr.51, 1999.
13. BERTHIER, J. **Cours de routes.** L'Ecole national des Ponts et Chaussées, Franța, 1991.

14. BERTRAND, E. ș.a. **Etude du comportement en vieillissement des melanges bitumes polymers par l'analzse rheologique.** Mechanical Test for Bituminous Materials, al-5-lea Simpozion RILEM, MTBM Lyon, Franța, 1997.
15. BONNOT, J. **SHRP Product. View point of the Technical Committee on Flexible Road with regard to, SHRP products relative to bituminous binders and mixes.** Route nr. 290/1996.
16. BRILLET, F. **Construction de lois d'évolution d'état des chaussées par la méthode des lois de survie.** Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées. Nr.197/1995.
17. BRIS, J. ș.a. **Utilisation d'un centrale continue pour la fabrication de béton routier** Bulletin liaison des laboratoires des ponte et des chqussées, nr. 94/1978, pag.137... 153.
18. BROSSEAUD, Y. ș.a. **Couches de roulement très minces et ultra – minces en matériaux bitumineux à chaud. Bilan d'emploi et de comportement.** Bulletin des laboratoires des Ponts et Chaussées nr.207/1997, pag.55... 71.
19. BROSSEAUD, Y. ș.a. **Performances d'adhérence des revêtements sur les chaussées francaises.** Revue générale des routes , nr.794, 2001
20. BROWN, E.R. ș.a. **A National Study of Rutting in Hot Mix Asphalt (HMA) Pavements.** Asphalt Paving Technology , vol. 61, 1992
21. BROWN, E.R. ș.a. **Effects of Maximum Agregate Size on Rutting Potential and other Properties of Asphalt- Agregate Mixtures.** Transportation Research Record, nr.1 259,1990.
22. BROWN, F.S. ș.a. **Validation Experiments for Permanent Deformation Testing of Bituminous Mixtures.** Asphalt Paving Technology , vol. 65, 1996.
23. BUTTON, JOE W. ș.a. **Influence of Agregate on Rutting in Asphalt Concrete Pavements.** Transportation Research record, nr. 1 259, 1990.
24. COLOMBIER, G. ș.a. **Géotextiles et techniques routièrè. Lutte antifissures.** Revue générale des routes et des aérodromes nr.679/1990, pag.23... 29.
25. CORBETT, L.K. **Analele Chemistring.** Nr.36/1964; 1967.

26. COSTESCU, I. și BELC, F. **Agregate naturale stabilizate în tehnica rutieră.** Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 1998.
27. COSTESCU, I. și ISTRĂȚESCU, M. **Aplicarea metodologiei SUPERPAVE la condițiile climaterice ale României.** Zilele academice timișene, 27-28 mai, 1999, Timișoara
28. COSTESCU, I. ș.a.: **Consideratii asupra eficienței transporturilor auto în funcție de starea drumurilor.** În “Buletinul științific și tehnic” al I.P. “Traian Vuia”, Timișoara, 1980.
29. DEFOOR, F. **Phyico Chemical Aspects of Asphalt. Modification for Road Construction.** FINA Research, Deutschland GmbH, 1992.
30. DE LA ROCHE, C. **Etude de la fatigue des enrobés bitumineux à l'aide du manège de fatigue du LCPC.** Revue générale des routes et des aérodromes nr.716/1994.
31. DE LA ROCHE, C. **Fatigue des enrobés bitumineux influence des temps de repos sur la recuperation de rigidite en cours d'essai.** Eurasphalt & Eurobitume Congress, Barcelona, 2000.
32. DIACONU, E., ROMANESCU, C.ș.a. **Mixturi asfaltice armate cu fibre de celuloză.** Al-X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, Iași, 1998.
33. DIACONU, E., ROMANESCU, C.ș.a. **Studiu comparativ al încercărilor mixturilor asfaltice: triaxial și/sau Marshall.** Al-X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, Iași, 1998.
34. DI BENEDETTO, H. ș.a. **Fatigue Damage for Bituminous Mixtures : A Pertinent Approach.** Asphalt paving Technology, vol.65, 1992.
35. DI BENEDETTO, H. ș.a. **Fatigue Damage for Bituminous Mixtures : Different Approaches and RILEM Interlaboratory Tests.** Mechanical Test for Bituminous materials, RILEM, 1997.
36. DI BENEDETTO, H. ș.a. **Fatigue Damage for Bituminous Mixtures.** Proceedings of the Fifth International RILEM Symposium MTMB Lyon 1997.
37. DICKIE, J.F. **Electronmicroscopic investigation on the nature of petroleum asphaltics.** J.Coll Interface Sci. 29/1982.
38. DOAN, T.H. ș.a. **Evolution sur route des liants et enrobés bitumineux.** Bulletin de liaison special V, 1997, decembrie.

39. DOAN, T.H. Les études de fatigue des anrobés bitumineux au LCPC. Bulletin de liaison special V, 1997, decembrie.
40. DOROBANȚU, S. Câteva considerente privind seminarul EUROBITUME- mai 1999, Luxemburg. Revista Drumuri și Poduri nr.50, 1999.
41. DOROBANȚU, S. Directii de dezvoltare a metodelor de încercare a materialelor bituminoase. Conferința RILEM – Lyon, 1997.
42. DOROBANȚU, S. Influența sarcinilor pe osie asupra drumului. Revista Drumuri și Poduri nr.47, 1998.
43. DURIEZ, M. Nouveau traite de materioux de construction. Tema a III-a, Paris 1962.
44. FAURE, B. Lutte antifissures. Systemes antifissurea. Revue générale des routes et des aérodromes nr.685/1991, pag.33...35.
45. FLATRES, C. și a. Matériale inovents pour l'exécution de revetements routiers. Revue générale des routes et des aérodromes nr.680/1990, pag.49...55.
46. GAUER, K. și a. Aspecte teoretice și practice privind proiectarea retetelor mixturilor tip SMA cu VIATOP. Simpozion: Tehnologii ale asfaltului compozit, București, 2000.
47. GAZEAU, S. și a. Caracterisation du comportement rheologique et thermique de bitume – copolimere d'ethylene. Mechanical Test for Bituminous Materials, al-5-lea Simpozion RILEM, MTBM Lyon, 1997, Franța.
48. GEORGESCU, M., STELEA Ileana, și a. Compozite bituminoase în construcția rutieră. Al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri. Editura Trefla, 1998
49. GEORGESCU, M., STELEA Ileana și a. Stabilizarea sterică a emulsiilor bituminoase de către complexul surfactant – polielectrolit. Al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri. Editura Trefla, 1998.
50. GEORGESCU, M., STELEA Ileana și a. Tehnologii ale asfaltului compozit, tehnologii rutiere moderne pentru îmbunătățirea performanțelor îmbrăcămintilor bituminoase. Al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri. Editura Trefla, 1998.

51. GIUȘCĂ, G. ș.a. **Metodologii moderne pentru caracterizarea comportării în exploatare a mixturilor asfaltice.** În « Convolutul Referate și Comunicări » la alX-lea Congres Național de Drumuri și Poduri. Iași. 15...18 septembrie 1998. Editura Trefla.
52. GIUȘCĂ, G. ș.a. **Studies recording the establishment of behaviour in operation of the Romanian road bitumen based on chemical composition and on the heat aging.** In Mol. Eloadasok a bitumen 2000 nemzetkozi konferenciáról 1995.
53. GODDARD, R. ș.a. **Résistance à la fatigue des enrobés denses. Influence des facteurs formulation et température.** Bulletin liaison des laboratoires des pont set des chaussées, nr.58/1997, pag.247...255.
54. GRABOWSKI, W. ș.a. **Assrsment of rheological properties of the bitumens modifiedwith the polymers SBS.** Mechanical Test for Bituminous Materials, al 5-lea Simpozion RILEM, MTBM Lyon, 1997, Franța.
55. GRIFFIN, R.L. ș.a. **Microfilm Durability test for Asphalt.** 1955.
56. GRUDNICOV, J.V. **Sovremenia tehnologia proizvodstva okislenia bitumov.** Moscova, 1980.
57. GUBLER, R. ș.a **Comparison of different approaches in standardization and Characterization of bituminoux binders.** Mechanical Test for Bituminous Materials, al 5-lea Simpozion RILEM, MTBM Lyon, 1997, Franța.
58. GUSFELD, K.H. **Bitumen.** Nr. 4/1986, pag.146.
59. HAAS,R., HUDSON, W.R., ș.a. **Modern Pavement Management.** Krieger Publishing Company, 1994, SUA.
60. HERSCHKORN, P. **Cours de routes. Couche de roulement.** Paris, Presses d'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1985.
61. HVEEN, F.N. ș.a. **Proposed New and Specifications for Paving Grade Asphalts.** 1963.
62. JACQUES SAMANOS, ș.a.: **Anrobate stabilizate cu fibre.** Revista Drumuri și Poduri, nr.48, 1999.
63. JEAN – PIERRE SERFAS, ș.a.: **Béton bitumineux avec fibres.** Revue générale des routes et des aérodromes nr. 725/1995.

64. JEUFFROY, G. **Conception et construction des chaussées.** Paris, Editions Eyrolles, 1983.
65. JEUFFROY, G., SAUTEREY, R. **Contrôles de qualité en construction routière.** Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 1991.
66. JEUFFROY, G. și SAUTEREY, R. **Cours de routs. Assies de chaussées.** Presses de l'Ecole National des ponts et Chaussées . 1995, Franța.
67. JEUFFROY, G. și SAUTEREY, R. **Cours de routs. Couches de roulement.** Presses de l'Ecole National des ponts et Chaussées . 1985, Franța.
68. JERCAN, S., ROMANESCU, C., DICU, M. **Constructia drumurilor. Încercări de laborator.** Editura I.C.B.-Eurohot, 1992.
69. LAGUMIER, G. **Réflexion sur l'entretien des chaussées.** Colas, Paris, 1985.
70. LESAGE, J. ș.a. **Approche de caracterisation des bitumes ameliores a l'aide des tests rheologique SHRP.** Revue générale des routes et des aérodromes nr. 739/1996.
71. LEWIS, R.H. ș.a. **Public Roads.** Nr. 28/1994.
72. LOIZOS, Andreas. **Enrobés modifiés anti – orniérants . Expérience crétoise.** Revue générale des routes , nr.782, 2000.
73. LUCACI, Gh. **Contributii la studiul și diversificarea mixturilor asfaltice și îmbrăcămintilor bituminoase.** Teză de doctorat, Timișoara, Institutul Politehnic « Traian Vuia », 1986.
74. LUCACI, Ghe., COSTESCU, I., BELC, F **Constructia drumurilor.** București, Editura Tehnică, 2000.
75. LUCACI, GH. **Defectiunile îmbrăcămintilor rutiere moderne. Definitie, cauze, metode de remediere.** Editura Solness, Timișoara, 2001.
76. MANG, TIA ș.a. **Basic Rheology and Rheological Concepts Established by H.E. Schwyer.** Asphalt Rheology: relationship to mixture, Ed. ASTM Special Technical Publication 941, aprilie 1987.
77. MARSAC, P. **Mesure de la macrotecture de chaussées.** În Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et cahaussées. Nr.140, 1985.

78. MELCHIOR, A. **De bonnes pas chères ou de mauvaises routes coûteuses.** În "Revue générale des routes et des aérodromes", nr.612, 1984.
79. NICOARĂ, L. **Apariția fâgașelor se poate limita.** În « Convolutul Referate și Comunicări » la alX-lea Congres Național de Drumuri și Poduri Iași. 15...18 septembrie 1998. Editura Trefla.
80. NICOARĂ, L. **Defecțiunile îmbrăcămintilor rutiere moderne. Metode pentru prevenire și remediere.** Ministerul Transporturilor și Telecomunicațiilor . București, 1974.
81. NICOARĂ, L. și BILȚIU AURICA **Îmbrăcăminti rutiere moderne.** București, Editura Tehnică, 1983.
82. NICOARĂ, L. ș.a. **Îndrumător pentru laboratoarele de drumuri.** Editura Inedit. București, 1998.
83. NICOARĂ, L., MUNTEANU, V. **Întreținerea și exploatarea drumurilor.** București Editura Tehnică, 1979.
84. NICOARĂ, 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 », Brâno, 1988.
85. PASQUIERT, J.P. ș.a **Quantification de la microstructures des bitumes modifiés par microscopie optique a epifluorescence.** Mechanical Test for Bituminous Materials, al 5-lea Simpozion RILEM, MTBM Lyon, 1997, Franța.
86. PETERSEN, J.C. **A Thin – Film Accelerated Aging Test for Evaluating Asphalt Oxidative Aging.** 1989.
87. PIERE BENSE **Dangers, causes et remedes de l'ornierage des chaussées.**Revue générale des routes et des aérodromes nr. 759/1998.Pag.45... 50.
88. PLANCHE, J.P. ș.a. **Evaluation de bitumes modifiés selon les specification SHRP sur les liants.** Revue générale des routes et des aérodromes nr. 739/1996.
89. POPESCU, NADIA **Bitum modificat cu polimeri pentru îmbrăcăminti rutiere.** Revista Drumuri, nr.23/1nul V 1995.

90. POPESCU, NADIA **Bitumul modificat, un liant pentru drumurile de mâine.** Revista Drumuri, nr.23/1nul V 1995.
91. RALPH, N. ș.a. **Asphalt its composition proporties and uses.** New York, 1961.
92. RAMOND, G. **Bitumes et bitumes modifiés. Relations structures, propriétés, composition.**Bulletin liaisons des laboratoires des Ponts et des chaussées nr. 168, 1990.
93. RAMOND, G. **Compozitia și îmbătrânirea biturilor.** În 139/XIV 3/1990. LCPC –I.C.P.T.T.
94. RAMOND, G. **Etudes fondamentales effectués en URSS sur la structure du bitum.** Bulletin liaisons des laboratoires des Pont set des chaussées nr. special V, 1997.
95. RAUHUT,B. **Permanent Deformation Characterization of Bituminous mixtures for Predicting Pavement Rutting.**
96. REGIS,C. **Cours de routes. Assises de chaussées.** Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 1985.
97. ROMANESCU, C.ș.a. **Influenta comportării vâsco-elastice a liantilor bituminoși ca atare și modificați asupra mixturilor asfaltice în regim dinamic.** Al-X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, Iași, 1998.
98. ROMANESCU, C. și STELEA, L. **Tehnologii performante utilizate la executia lucrărilor de reabilitare a drumurilor naționale.** Zilele academice timișene, 27...28 mai 1999, Timișoara.
99. RUBAN,M. **Cours de routes. Contrôles de qualité.** Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 1987.
- 100 SAID, SAFWAT, F. ș.a. **Evaluation of the Permanent Deformation in Bituminous Mixes.** Eurasphalt & Eurobitume Congress, Barcelona, 2000.
- 101 SAID, SAFWAT ș.a. **Validation of Indirect tensile Method for Fatigue Characterising of Bituminous Mixes.** Eurasphalt & Eurobitume Congress, Barcelona, 2000.
- 102 SAINTON, ALAIN, ș.a. **Modification du bitume et des enrobés bitumineux par ajout de chaux hydratée.** Revue générale des routes , nr.770, 1999.
- 103 SAUTEREY, R. și AUTRET, P. **Guide d'auscultation des chaussées souples.** Paris Eyrolles, 1977.

- 104 SAVU, C. ș.a **Petrol și gaze.** Nr.10/1998, pag.589...652.
- 105 SCHIAN, J.M. ș.a **Evaluation of rheological properties of modified asphalts.** Mechanical Test for Bituminous Materials, al 5-lea Simpozion RILEM, MTBM Lyon, 1997, Franța.
- 106 SCHMIDT, R.J. **Laboratory measurement of the durability of paving asphalt.** 79...97, 1973.
- 107 SCHOLZ, TODD V. ș.a. **Rheological Characteristics of Bitumen in Contact with Mineral Aggregate.** Asphalt Paving Technology, vol. 65, 1996.
- 108 SIFFERT, M. ș.a. **Catalogue de dégradations de chaussées.** S.E.T.R.A. – L.C.P.C. 1972
- 109 SOENEN, H. ș.a. **Rheological Investigation on Binder-Filler Interactions.** Performance related Properties for Bituminous Binder, EurobitumeWorkshop 1999, Luxembourg, 3...6 mai, 1999.
- 110 SOLIMAN, S. **Influence des paramètres de formulation sur le comportement à la fatigue d'un enrobé bitumineux.** Rapport de recherche no. 56, 1976.
- 111 SONRY, M.P. **Normés européennes et SHRP.** Revue générale des routes et des aéroports nr. 711/1993.
- 112 STANCIU, M. **Cerinte moderne pentru dimensionarea sistemelor rutiere.** Revista Drumuri și Poduri, nr. 47/1999, p. 33...34.
- 113 STELEA, L. și DUMITRU, P. **Conceptul calității, organizarea și funcționarea acestuia în sectorul infrastructurii rutiere.** Al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, Iași, 1998, vol.I, p.137...141.
- 114 STELEA, L. **Contribuții la elaborarea unor tehnologii eficiente pentru întreținerea drumurilor.** Teză de doctorat. Timișoara, 1991.
- 115 STELEA, ILEANA **Alternative pentru limitarea apariției fâgașelor în îmbrăcămintile bituminoase.** Simpozion « Calitatea în Construcții », Craiova, 2000.
- 116 STELEA, ILEANA **Cauzele apariției fâgașelor pe drumuri cu structuri rutiere diferite.** Al XI-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, Timișoara, 2002.
- 117 STELEA, ILEANA, ș.a. **Compozite bituminoase în construcția rutieră.** Al-X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, 15... 18 septembrie 1998, Iași.

- 118 STELEA, ILEANA, ş a **Compozitii bituminoase armate cu fibre.** Zilele academice timișene. Ediția a VI-a, 27...28 mai 1999, Timișoara.
- 119 STELEA, ILEANA, ş.a. **Comportarea în exploatare a sectoarelor experimentale realizate cu mixturi asfaltice armate cu fibre indigene.** Simpozion “Tehnologii ale asfaltului compozit”, București, 2000.
- 120 STELEA, ILEANA, ş.a. **Comportarea în exploatare a mixturilor asfaltice armate cu fibre indigene.** Revista Drumuri și Poduri nr.53/2000.
- 121 STELEA, ILEANA și STELEA, LILIANA **Consideratii privind comportarea în exploatare a îmbrăcămintilor rutiere moderne.** Al XI-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, Timișoara,2002.
- 122 STELEA, ILEANA **Consideratii privind investigatiile de laborator și teren efectuate pe sectoarele RO-LTPP din cadrul D.R.D.P. Timișoara.** Zilele academice timișene. Editura Mirton, 1999.
- 123 STELEA, ILEANA **Consideratii privind investigatiile de laborator și teren efectuate pe sectoarele RO-LTPP din cadrul D.R.D.P. Craiova.** Zilele academice timișene. Editura Mirton, 1999.
- 124 STELEA,ILEANA. **Consideratii privind reabilitarea drumurilor nationale în care sunt incluse și sectoarele candidat RO-LTPP.** Simpozion „Reabilitarea drumurilor și podurilor”. Editura Mirton. Cluj -Napoca, 1999.
- 125 STELEA,ILEANA. **Investigatii pe sectoarele RO-LTPP .** Revista Drumuri, Poduri Siguranța Circulației., nr.34/1997.
- 126 STELEA,ILEANA. **Investigatii pe sectoarele RO-LTPP .** Revista Drumuri, Poduri . Siguranța Circulației., nr.35/1997.
- 127 STELEA,ILEANA. **Noutăți în domeniul proiectării, realizării și utilizării mixturilor asfaltice.** Referat doctorat., Universitatea Politehnica Timișoara,1999.
- 128 STELEA, ILEANA ş.a. **Mixturi asfaltice performante realizate cu fibre indigene.** Al 2-lea Congres „Eurasphalt & Eurobitume „, Barcelona , Spania , 2000.

- 129 STELEA, ILEANA și STELEA, LILIANA **Proiectarea unor mixturi asfaltice antifăgaș.** Al XI-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, Timișoara, 2002.
- 130 STELEA, ILEANA, ș.a.: **Realizarea investigațiilor de teren și laborator periodice pe sectoarele RO-LTPP din cadrul D.R.D.P. Timișoara.** Contract de cercetare nr.221/1996, CESTRIN București.
- 131 STELEA, ILEANA, ș.a.: **Realizarea investigațiilor de teren și laborator periodice pe sectoarele RO-LTPP din cadrul D.R.D.P. Craiova.** Contract de cercetare nr.310/1997, CESTRIN București.
- 132 STELEA, ILEANA **Studiul apariției fâgașelor pe D.N. 79 km 31+200...31+350.** Zilele academice timișene, 2001, Timișoara.
- 133 STELEA, ILEANA, ș.a. **Studiul evoluției degradărilor și determinarea rugozității suprafeței de rulare.** Contract de cercetare nr.372/1998, CESTRIN București.
- 134 STELEA, ILEANA **Studiul evoluției cercetărilor privind caracteristicile biturilor rutiere în vederea utilizării lor eficiente.** Referat doctorat. Universitatea Politehnica Timișoara, 1998.
- 135 STELEA, ILEANA **Studii și cercetări privind urmărirea comportării în exploatare a îmbrăcămintelor rutiere moderne.** Referat doctorat Universitatea Politehnica Timișoara, 1998.
- 136 STELEA, ILEANA, ș.a. **Studii privind posibilitatea fabricării de bitumuri modificate pe bază de polimeri.** Zilele academice timișene. Editura Mirton, 1999.
- 137 STELEA, ILEANA și COSTESCU, I. **Urmărirea stării tehnice a drumurilor pe termen lung.** Al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri. Editura Trefla, 1998.
- 138 STELEA, ILEANA **Utilizarea varului la prepararea mixturilor asfaltice.** Zilele academice timișene, 2001, Timișoara
- 139 STROUP, M. ș.a. **Evaluation of low temperature properties of polymer modified asphalt.** Mechanical Test for Bituminous Materials, al 5-lea Simpozion RILEM, MTBM Lyon, 1997, Franța
- 140 TAYEBALI, A. ș.a **Fatigue Response of Asphalt – Aggregate Mixtures.** Asphalt Paving technology, vol.61, 1992.

- 141 TAYEBALI, A. ș.a. **Relationships Between Modified Asphalt Binders Rheology and Binder – Agregate Mixture Permanent Deformation Response.** Asphalt Paving technology , vol.60, 1991.
- 142 THROWER, E.N. **Methods of predicting Deformation in Road Pavements.** Proceedings Fourth International Conference on Structural Design of Asphalt pavements, Ann Arbor, vol.1, 1977
- 143 THRIOT, B. **Lutte antifissures. Fiaflex sur chaussées en beton.** Revue générale des routes et des aérodrômes nr. 685/1991, pag.36...37.
- 144 TORJESCU, N., GIUȘCĂ, G. și MOCANU, V. **Cercetări privind realizarea îmbrăcămintilor rugoase.** În Revista transporturilor, nr.1/1971
- 145 ȚENȚULESCU, D. ș.a. **Fibre de sticlă.** Editura Tehnică. București, 1994.
- 146 UZAN, JACOBS **Asphalt Concrete Characterization for Pavement Performance Prediction.** Asphalt Paving technology, vol. 65, 1996.
- 147 VALLERGA, B.A. **Effect of asphalt aging on the fatigue properties of asphalt concret.** Michigan, 1967.
- 148 VIVIER, M. **Flexiplast- un nouveau système antifissures.** Revue générale des routes et des aérodrômes nr. 680/1990, pag.79...82.
- 149 VIVIER, M. **Lutte antifissures. Le Flexiplast.** Revue générale des routes et des aérodrômes nr. 685/1991, pag.29...32.
- 150 VLAD, N. și FLORESCU, E **Cercetări asupra comportării mixturilor asfaltice de tip MEDIFLEX în condițiile climaterice din România.** Al-X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri , Iași, 1998, vol.II, p.25...31.
- 151 VLAD,N., ZAROJANU, H., BOBOC, V. **Cercetări pentru realizarea unor structuri rutiere eficiente prin încercarea accelerate cu sarcina pe roată a unui vehicul etalon.** Zilele academice timișene,27...28 mai, 1999, Timișoara.
- 152 VOLINTIR, TĂNASE, ș.a. **Introducere în fizico-chimia polimerilor.** Editura Tehnică București, 1980.

- 153 ZAROJANU, H., VLAD, N. **Asupra temperaturii de calcul a mixturilor asfaltice.** Al IX-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, 1994.
- 154 ZAROJANU, H. **Corrélation du régime thermiques des essais de laboratoire, compte tenu des conditions climatiques et de la distribution saisonniere du trafic en Roumanie.** Euraspalt & Eurobitume Congres, Barcelona, 2000.
- 155 ZAROJANU, H. **Drumuri. Suprastructură.** Iași, Litografia Institutului Politehnic, 1973.
- 156 ZAVATERO, MARCO **Contribution à l'étude du bruit de roulement.** Routes Roads. 313,2002.
- 157 x x x **Allocation efficace des ressources financiaires et budgetaires.** Comitetul AIPCR C15, Performanțele administrațiilor de Drumuri, 2000, Franța.
- 158 x x x **Analiza comportării în exploatare a sectoarelor experimentale executate până în prezent cu îmbrăcăminti bituminoase antifăgaș.** Universitatea Politehnica Timișoara , contract 612/2001.
- 159 x x x **Asphalt – Agregate Mixture Analysis System AAMAS.** Transportation Research Board , 338, 1991.
- 160 x x x **Asphalt Concrete Mixture Design and performance.** Transportation research Record, No.1 545, 1996.
- 161 x x x **Asphalt Pavement Surfaces and Asphalt Mixtures.** Transportation research Record, No.1 545, 1994.
- 162 x x x **Bitumes et enrobés bitumineux.** Laboratoires des ponts et chaussées, număr special V, 1977.
- 163 x x x **Bitumes et enrobés bitumineux.** Journées d'information, Paris, 16-17 Nov. 1971.
- 164 x x x **Bituminous Materials with a High Resistance to Flow Rutting.** PIARC 1995.
- 165 x x x **Bitumes. Techniques et utilisations.** Schell Bitumes. Sociétés des Pétroles SHELL, 1991.
- 166 x x x **Choice of materials and design of flexible pavements for severe traffic and climates.** Comitetul ethnic AIPCR C8, Sisteme rutiere flexibile, AIPCR, 2000, Franța.

- 167 x x x **Colloque français sur les controles de qualité en construction routière.** Paris. 28...30 noiembrie 1972.
- 168 x x x **Comportament in service des liants bitumineux dans les enrobés hydrocarbonés.** Strasse und Werkher, nr.3/1998.
- 169 x x x **Coutes des routes sur toute leur durée de service.**Comitetul Tehnic AIPCR C8 – Drumuri cu sisteme rutiere flexibile, 2000, Franța.
- 170 x x x **Entretien preventif du reseau routier nationale – Guide technique.** Direction des Routes et de la Circulation Routiere, Ministere des Transports, aprilie 1979, Franța.
- 171 x x x **Entretien preventif du reseau routier nationale – Aide au Choix des Solutions d’Entretien, ASCE – Notice d’Utilisation.** SETRA, septembrie 1990, Franța.
- 172 x x x **Fatigue and Dynamic Testing of Bituminous Mixtures.** Ed. ASTM Special Technical Publication 561, 1973.
- 173 x x x **Gestion de l’entretien de la route.** Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, special XVII, decembrie 1994, Franța.
- 174 x x x **Guide de gestion routiere.** ATC. Canada, 1977.
- 175 x x x **Guide pour evaluer la performance des chaussees a grand rendement et des procedures d’exploitation.** Ministerul Transporturilor, Quebec, mai 1995, Canada.
- 176 x x x **Ghid pentru evaluarea stării de degradare a îmbrăcămintei pentru drumuri cu sisteme rutiere suple și semirigide.** CESTRIN, București, 1996.
- 177 x x x **Instructiuni tehnice pentru realizarea mixturilor asfaltice stabilizate cu fibre de celuloză, destinate executiei îmbrăcămintilor bituminoase rutiere.** 539-2000.
- 178 x x x **Instructiuni tehnice privind determinarea modului de elasticitate dinamic al mixturilor asfaltice.** INCERTRANS, nr.363/1-1996.
- 179 x x x **Instructiuni tehnice departamentale pentru prevenirea și remediarea defectiunilor la îmbrăcămintile rutiere moderne.** I.C.C.P.D.C. București. Autor: Institutul Politehnic „Traian Vuia” Timișoara. Buletinul construcțiilor nr.8 din 1986.

180 x x x	<u>Instructiuni tehnice pentru utilizarea mixturilor asfaltice armate cu fibre PNA la realizarea îmbrăcămintilor rutiere.</u> CESTRIN București. Indicativ AND 568-2002.
181 x x x	<u>L'entretien courant des chaussées.</u> Guide pratique. Ministère de l'Équipement, du Logement, de l'Aménagement du territoire et des Transports. SETRA, France, 1990.
182 x x x	<u>Liants routiers et économies d'énergie.</u> Rapport réalisé par un Groupe d'experts scientifiques de L'OCDE. 1984. Paris. Franța.
183 x x x	<u>LONG – TERM Pavement Performance Program – Serving your Need for Durable Pavements.</u> SHRP, iulie 1996, SUA.
184 x x x	<u>Making Pavement maintenance More Effective.</u> Strategic Highway Research program. National Research Council Washington, DC 1994
185 x x x	<u>Manuel d'identification des dégradation des chaussées.</u> Ministère des Transports, Canada, 1993.
186 x x x	<u>Méthodes de formulation et contrôle de qualité des enrobés bitumineux.</u> Séminaire résidentiel, Olivet, France, 1986.
187 x x x	<u>Normativ pentru prevenirea și remedierea defectiunilor la îmbrăcămintile rutiere moderne.</u> Indicativ AND 547-1999.
188 x x x	<u>Pavement Management Guide.</u> Roads and Transportation Association of Canada, 1997, Canada.
189 x x x	Revista drumuri și Poduri nr.44/1999
190 x x x	Revista drumuri și Poduri nr.48/1999
191 x x x	Revue générale des routes et des aérodromes nr.612/1984.
192 x x x	Revue générale des routes et des aérodromes nr.649/1988.
193 x x x	Revue générale des routes et des aérodromes nr.656/1988.
194 x x x	Revue générale des routes et des aérodromes nr.763/1998,pag.36.
195 x x x	Revue générale des routes et des aérodromes nr.718/1994

- 196 x x x **Rheologie des liants bitumineux. EUROBITUME** – Bruxelles 1995.
- 197 x x x **Road monitoring for Maintenance Management.** Volum I. Manual for Developing Countries, OECD, 1990, Franța.
- 198 x x x **Shell Pavement Design manual – Asphalt Pavements and Overlays for Road Traffic.** Ed. Shell International petroleum Company Limited, London, 1978.
- 199 x x x **Studiul privind influența varului hidratat asupra calității mixturilor asfaltice de tip M.A.** Universitatea Politehnica Timișoara, contract de cercetare 909/2002, Timișoara.
- 200 x x x **Wisconsin's Pavement management System : The Next Generation.** SUA, 1997.

ANEXA 2.1.
DEGRADĂRILE PE SECTOARELE RO-LTPP
DIN CADRUL D.R.D.P. TIMIȘOARA
(Tipurile de degradări pe grade de severitate)

Nr. crt.	D.N. km ...	Anul investigației	Tip degradare	Degradări de structură [%]			Degradări de suprafață [%]			
				Redus	Mediu	Ridicat	Redus	Mediu	Ridicat	
1.	7 489+480... 489+630	1996	2	1,55	1,70	2,44	-	-	-	
			3	0,48	-	-	-	-	-	
			4	-	0,5	-	-	-	-	
			8	-	-	-	4,2	9,33	11,7	
			10	-	-	-	-	0,05	0,05	
			12	-	-	-	3,3	-	-	
			13	-	-	-	-	5,71	-	
			14	-	-	-	0,72	-	-	
		1997	Reabilitarea drumului							
		1998								
		1999								
		2000								
		2001								
2002										
2.	59 20+800... 20+950	1996	1	0,22	0,28	6,38	-	-	-	
			2	0,47	1,23	-	-	-	-	
			3	0,28	0,21	-	-	-	-	
			4	-	2,3	-	-	-	-	
			7	0,11	0,62	-	-	-	-	
			8	-	-	-	0,66	-	3,3	
			10	-	-	-	2,27	6,51	5,5	
		1997	Reabilitarea sectorului							
		1998								
		1999								
		2000	10	-	-	-	0,1	-	-	
			15	-	-	-	6,66	-	-	
		2001	3	0,16	-	-	-	-	-	
			10	-	-	-	-	-	-	
		2002	3	3,53	-	-	-	-	-	
			10	-	-	-	0,15	0,44	-	

Nr. crt.	D.N..... km	Anul investigației	Tip degradare	Degradări de structură [%]			Degradări de suprafață [%]		
				Redus	Mediu	Ridicat	Redus	Mediu	Ridicat
3.	79 31+200... 31+350	1997	2	3,34	1,09	3,03	-	-	-
			3	0,2	0,29	2,6	-	-	-
			4	0,49	-	-	-	-	-
			8	-	-	-	10,0	6,33	-
			10	-	-	-	0,44	1,24	1,5
			13	-	-	-	-	4,3	10,75
			15	-	-	-	19,10	-	23,28
			Total	4,03	1,38	5,63	29,54	12,17	35,53
		1998	2	3,28	0,55	3,3	-	-	-
			3	0,97	0,3	2,03	-	-	-
			4	0,2	-	-	-	-	-
			8	-	-	-	13,83	6,33	-
			10	-	-	-	0,87	1,74	1,82
			11	-	-	-	0,03	-	-
			13	-	-	-	0,75	8,59	1,07
			15	-	-	-	44,32	-	-
		Total	4,45	0,85	5,1	59,3	16,66	2,89	
		1999	3	0,7	0,23	-	-	-	-
			4	10,38	4,35	2,35	-	-	-
			10	-	-	-	2,86	0,94	0,1
			11	-	-	-	0,11	-	-
		Total	11,08	4,58	2,35	2,97	0,94	0,1	
		2000	1	1,42	1,18	-	-	-	-
			3	1,7	0,13	0,17	-	-	-
			4	9,25	-	-	-	-	-
			8	-	-	-	23,56	-	-
			10	-	-	-	1,29	2,24	0,7
			11	-	-	-	0,84	-	-
			13	-	-	-	5,7	-	-
			15	-	-	-	3,46	-	-
		Total	12,37	1,31	0,17	34,85	2,24	0,7	
		2001	1	1,2	-	-	-	-	-
			2	2,1	-	-	-	-	-
			3	2,24	0,1	-	-	-	-
			4	1,33	7,34	-	-	-	-
			8	-	-	-	17,51	-	-
			10	-	-	-	3,57	0,26	-
			11	-	-	-	0,12	-	-
			13	-	-	-	2,98	-	-
		Total	6,17	7,44	-	24,16	0,26	-	
2002	2	-	-	0,9	-	-	-		
	3	3,03	-	0,6	-	-	-		
	8	-	-	-	7,8	-	-		

Nr. crt.	D.N..... km	Anul investigației	Tip degradare	Degradări de structură [%]			Degradări de suprafață [%]			
				Redus	Mediu	Ridicat	Redus	Mediu	Ridicat	
			10	-	-	-	5,02	-	0,2	
4.	59 30+250.. 30+400	1996	1	2,85	3,86	0,46	-	-	-	
			2	-	3,82	-	-	-	-	
			3	0,25	2,10	0,81	-	-	-	
			4	0,12	1,86	-	-	-	-	
			7	0,1	-	-	-	-	-	
			8	-	-	-	1,87	4,83	-	
			9	-	-	-	0,16	0,16	1,58	
			10	-	-	-	0,26	3,36	2,33	
			15	-	-	-	36,2	12,86	-	
			1997	Reabilitarea sectorului						
			1998							
			1999							
			2000	2	0,7	-	-	-	-	-
				11	-	-	-	0,32	-	-
				15	-	-	-	19,04	-	-
			2001	2	1,1	-	-	-	-	-
				3	0,7	-	-	-	-	-
	2002	2	1,1	1,1	-	-	-	-		
		3	1,43	0,5	-	-	-	-		

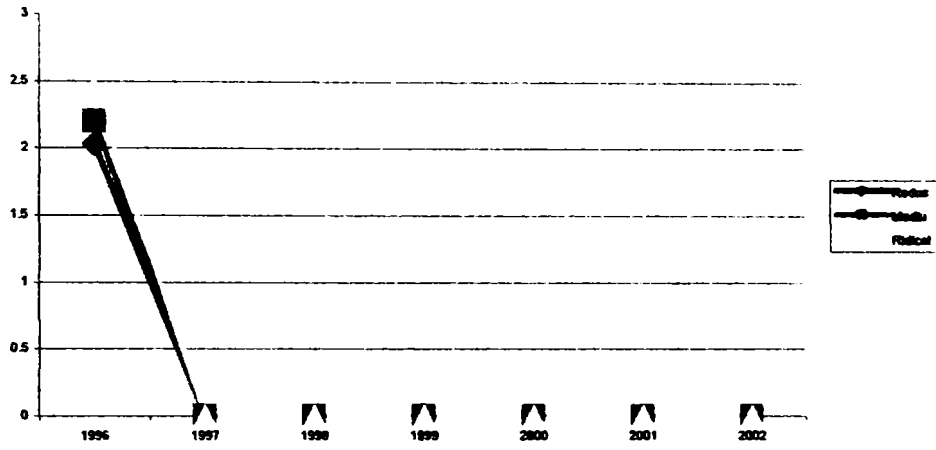
Nr. crt.	D.N..... km	Anul investigației	Tip degradare	Degradări de structură [%]			Degradări de suprafață [%]		
				Redus	Mediu	Ridicat	Redus	Mediu	Ridicat
5.	58 B 61+300...61+500	1997	2	-	12,34	0,6	-	-	-
			3	0,24	1,00	1,14	-	-	-
			4	0,9	1,83	-	-	-	-
			7	-	0,6	-	-	-	-
			10	-	-	-	1,27	1,2	1,1
			11	-	-	-	0,63	-	-
			14	-	-	-	2,97	-	-
			15	-	-	-	-	5,9	6,62
			Total	1,14	15,77	1,74	4,87	7,1	7,72
		1998	2	0,36	-	-	-	-	-
			3	5,39	8,23	-	-	-	-
			4	0,8	-	-	-	-	-
			8	-	-	-	13,23	-	-
			10	-	-	-	8,44	0,2	-
			11	-	-	-	0,02	-	-
			13	-	-	-	0,13	-	-
			15	-	8,23	-	12,3	-	1,11
			Total	6,55	8,23	-	34,12	0,2	1,11
		1999	4	2,4	0,71	0,1	-	-	-
			8	-	-	-	0,86	0,05	-
			11	-	-	-	1,52	-	-
			13	-	-	-	52,5	-	-
			15	-	-	-	-	7,85	-
			Total	2,4	0,71	0,1	54,68	7,9	0
		2000	1	0,66	0	-	-	-	-
			4	41,8	0	-	-	-	-
			7	-	0	0,07	-	-	-
			8	-	0	-	5,9	-	-
			11	-	0	-	5,9	-	-
			13	-	0	-	18,5	-	-
			15	-	0	-	16,27	-	-
			Total	42,46	0	0,07	46,57	0	0
		2001	Total	0	0	0	0	0	0
2002	3	0,66	-	-	-	-	-		
	4	0,03	-	-	-	-	-		
	10	-	-	-	0,4	-	-		
	11	-	-	-	0,5	-	-		
	13	-	-	-	4,7	-	-		
	Total	0,69	0	0	5,6	0	0		

Nr. crt.	D.N..... km	Anul investigației	Tip degradare	Degradări de structură [%]			Degradări de suprafață [%]			
				Redus	Mediu	Ridicat	Redus	Mediu	Ridicat	
6.	68 A 75+500...75+650	1996	2	-	0,23	-	-	-	-	
			3	1,83	0,1	-	-	-	-	
			10	-	-	-	1,72	-	-	
			15	-	-	-	5,4	-	-	
		1997	2	-	0,23	-	-	-	-	-
			3	1,83	-	0,3	-	-	-	-
			10	-	-	-	0,53	2,47	1,3	
			13	-	-	-	5,4	-	-	
		1998	3	2,0	4,63	-	-	-	-	
			4	0,22	-	-	-	-	-	
			10	-	-	-	2,35	2,6	1,62	
			11	-	-	-	0,1	-	-	
			13	-	-	-	6,47	-	-	
			15	-	-	-	-	13,45	-	
		1999	2	0,04	-	-	-	-	-	
			3	1,22	3,82	0,72	-	-	-	
			4	0,22	16,92	3,47	-	-	-	
			8	-	-	-	-	25,0	-	
			10	-	-	-	0,47	1,7	4,31	
			13	-	-	-	1,13	-	-	
			15	-	-	-	23,5	-	-	
		2000	11	-	-	-	1,02	-	-	
			13	-	-	-	3,7	-	-	
		2001	4	0,4	-	-	-	-	-	
			10	-	-	-	0,98	-	-	
		2002	10	-	-	-	6,2	-	-	

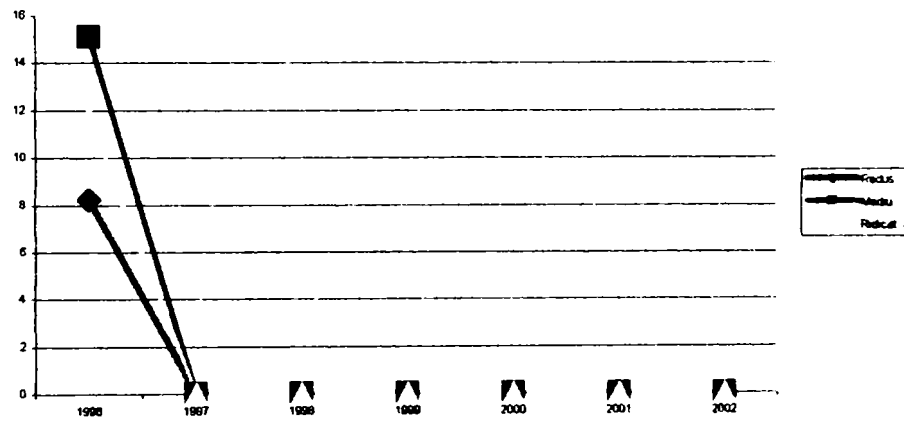
Nr. crt.	D.N..... km	Anul investigației	Tip degradare	Degradări de structură [%]			Degradări de suprafață [%]		
				Redus	Mediu	Ridicat	Redus	Mediu	Ridicat
7.	66 153+800...153+950	1996	1	2,7	0,9	-	-	-	-
			2	6,5	0,3	-	-	-	-
			3	-	0,25	-	-	-	-
			4	0,7	0,02	-	-	-	-
			8	-	-	-	8,7	-	-
			10	-	-	-	0,06	0,1	-
			13	-	-	-	-	65,1	-
		1997	1	3,2	-	-	-	-	-
			2	4,7	0,3	-	-	-	-
			3	0,7	0,5	0,15	-	-	-
			4	0,6	0,02	-	-	-	-
			8	-	-	-	7,7	3,0	-
			10	-	-	-	0,5	0,7	0,4
			13	-	-	-	-	76,0	-
		1998	2	4,81	3,1	-	-	-	-
			3	1,72	0,76	-	-	-	-
			4	0,22	-	-	-	-	-
			8	-	-	-	4,6	1,02	-
			10	-	-	-	0,65	0,05	-
			11	-	-	-	-	-	0,01
			13	-	-	-	0,83	4,6	-
			14	-	-	-	-	-	0,44
			15	-	-	-	15,82	4,9	-
		1999	2	5,54	0,97	0,6	-	-	-
			3	3,0	0,64	-	-	-	-
			8	-	-	-	19,3	4,2	2,4
			10	-	-	-	0,65	-	-
			11	-	-	-	1,12	-	-
			15	-	-	-	24,13	3,1	-
		2000	1	10,5	15,9	-	-	-	-
			3	0,6	1,15	0,42	-	-	-
			4	0,85	-	-	-	-	-
			6	2,0	-	-	-	-	-
			8	-	-	-	6,9	-	-
			10	-	-	-	0,76	1,02	0,1
			11	-	-	-	0,01	-	-
			15	-	-	-	4,6	-	-

	2001	2	13,24	-	-	-	-	-	
		3	2,0	-	-	-	-	-	
		8	-	-	-	-	-	-	
		9	-	-	-	-	-	-	
		10	-	-	-	-	-	-	
		11	-	-	-	-	-	-	
		2002	1	-	3,8	-	-	-	-
			2	13,7	5,4	10,9	-	-	-
			3	1,6	-	-	-	-	-
			8	-	-	-	5,4	-	-
	10		-	-	-	3,4	-	0,01	

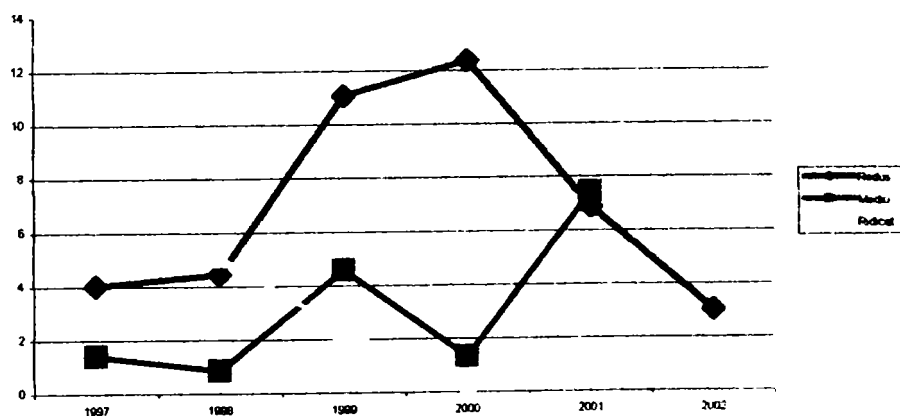
Degradari de structura - D.N. 7 km 489+490...499+530



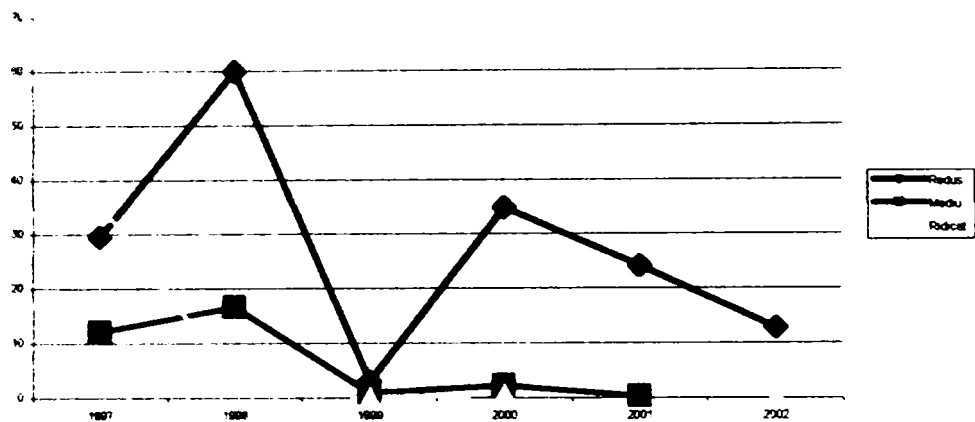
Degradari de suprafata - D.N. 7 km 489+490...499+530



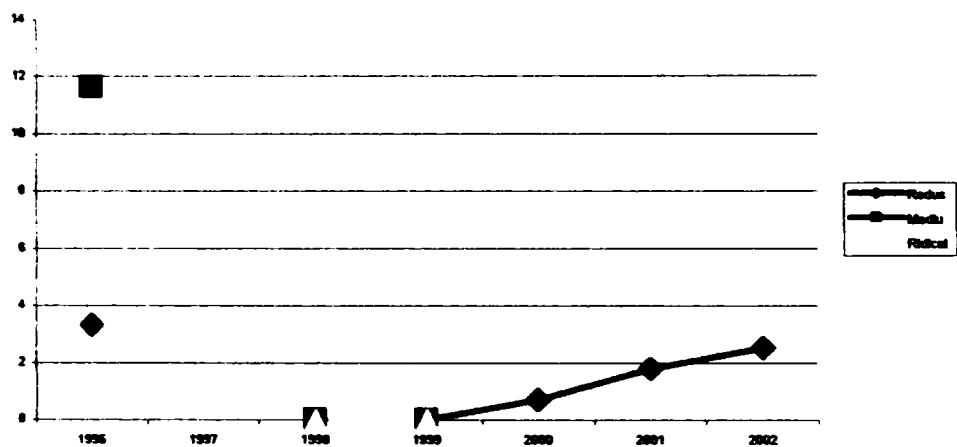
Degradari de structura - D.N. 79 km 31+296...31+350



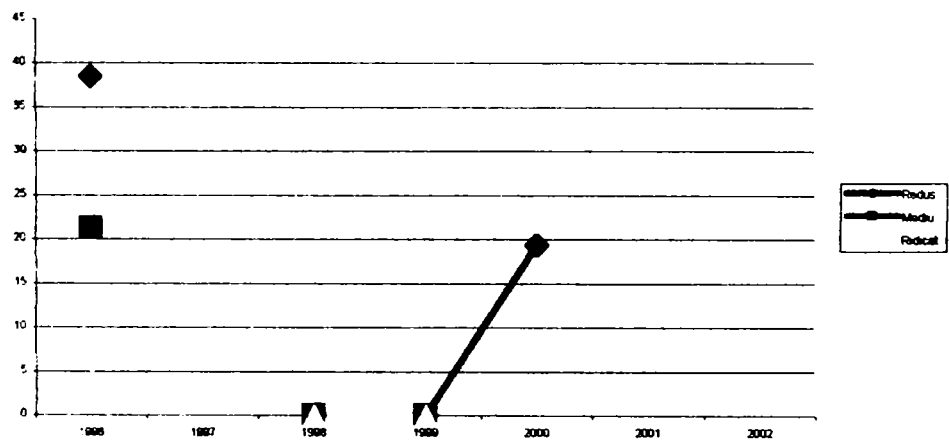
Degradări de suprafață - D.N. 79 km 31+200...31+350



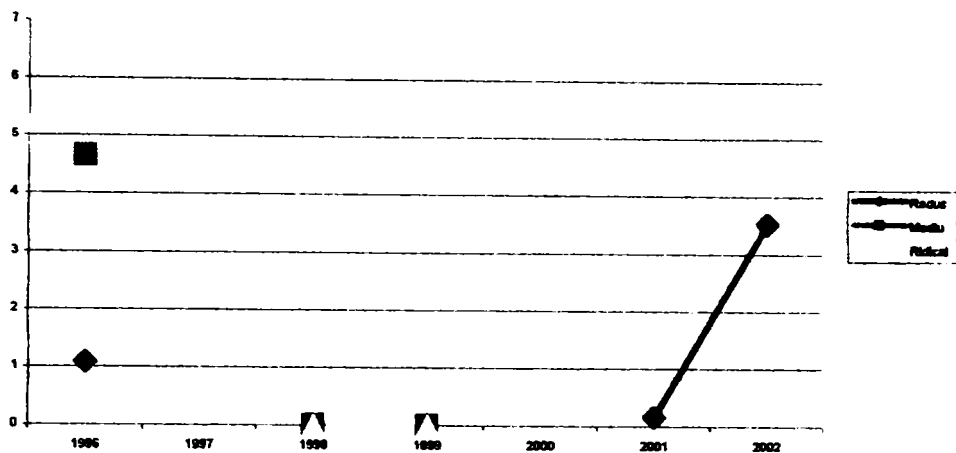
Degradări de structură - D.N. 59 km 30+250...30+400



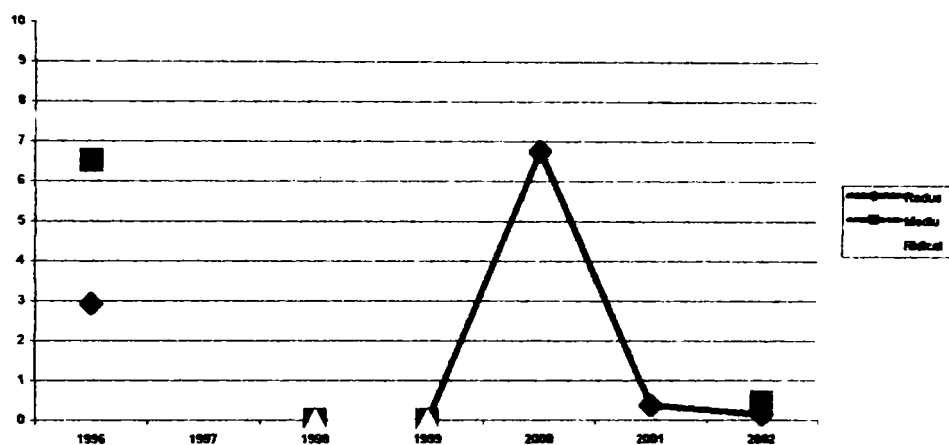
Degradări de suprafață - D.N. 59 km 30+250...30+400



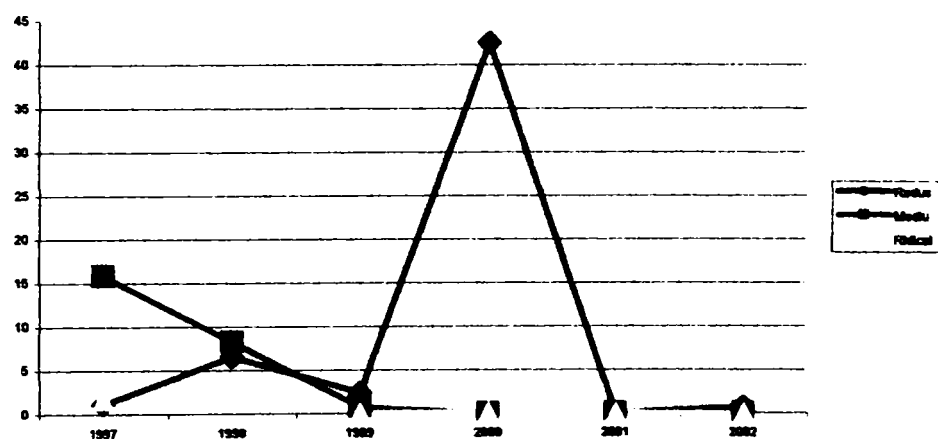
Degradari de structura - D.N. 58 km 20+800...20+850



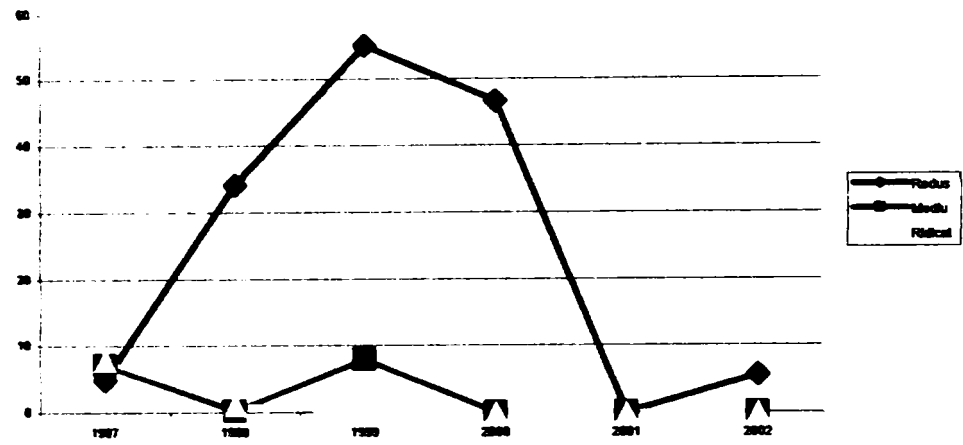
Degradari de suprafata - D.N. 58 km 20+800...20+850



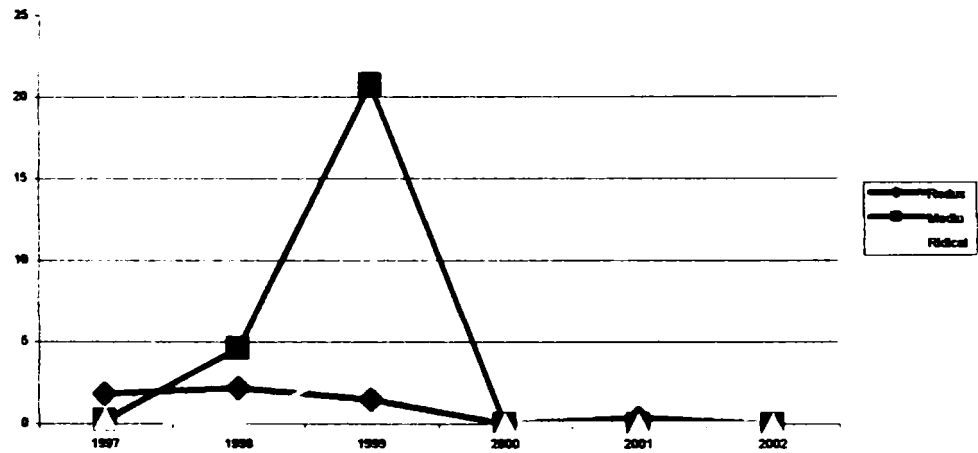
Degradari de structura - D.N. 588 km 61+300...61+500



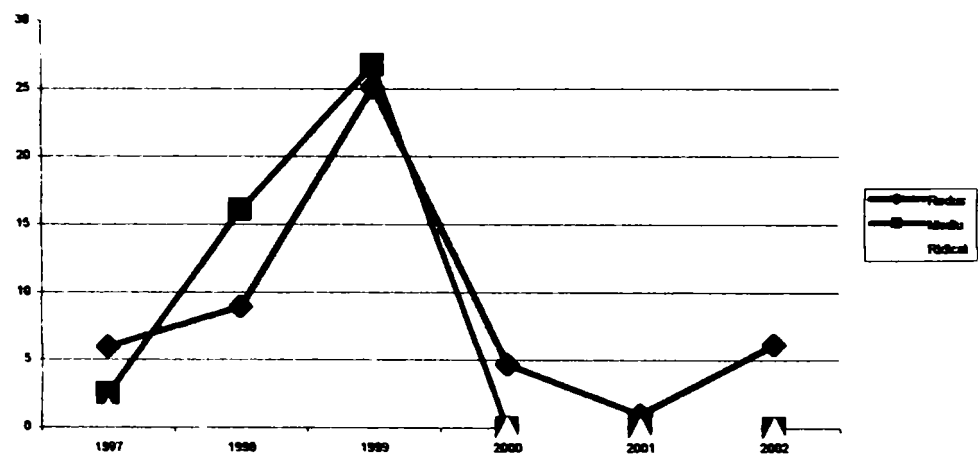
Degradări de suprafață - D.N. 58B km 61+300..61+500



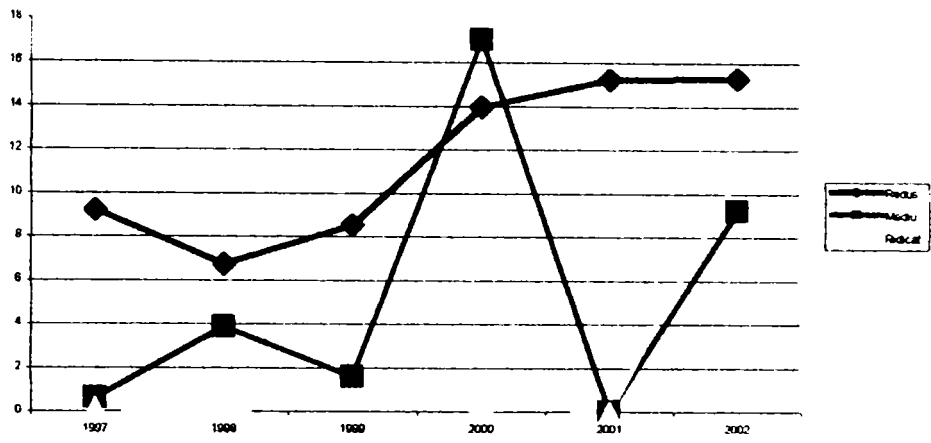
Degradări de structură - D.N. 68A km 75+500..75+650



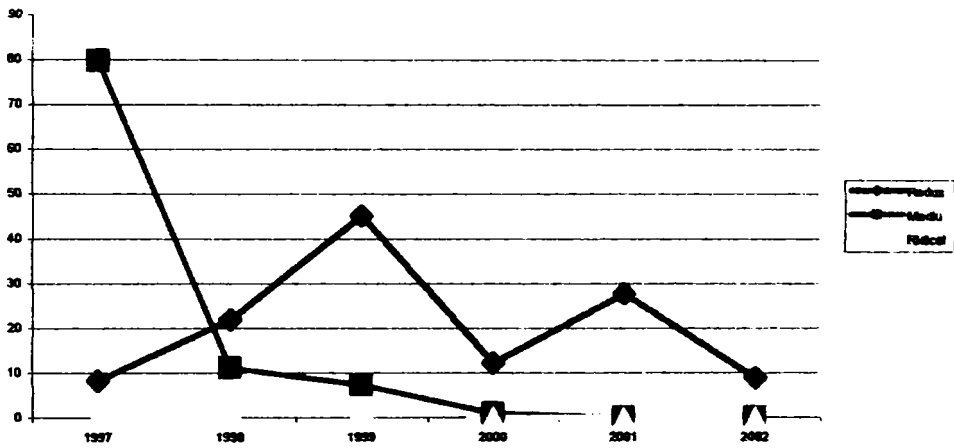
Degradări de suprafață - D.N. 68A km 75+500..75+650



Degradari de structura - D.N. 06 km 153+800..153+950



Degradari de suprafata - D.N. 06 km 153+800..153+950



ANEXA 2.2.
DEGRADĂRILE PE SECTOARELE RO-LTPP DIN
CADRUL D.R.D.P. CRAIOVA
(Tipurile de degradări și grade de severitate)

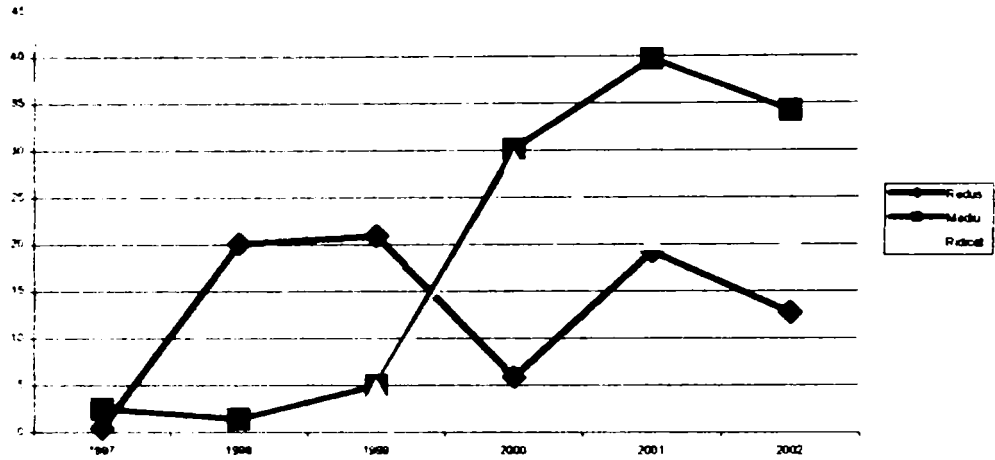
Nr. crt.	D.N..... km	Anul investigației	Tip degradare	Degradări de structură [%]			Degradări de suprafață [%]		
				Redus	Mediu	Ridicat	Redus	Mediu	Ridicat
1.	56 A 52+000...52+200	1997	1	-	1,97	24,8	-	-	-
			2	-	0,1	17,56	-	-	-
			3	0,03	0,4	-	-	-	-
			4	0,4	-	-	-	-	-
			10	-	-	-	0,33	1,4	1,4
			14	-	-	-	12,0	-	-
		1998	2	1,6	0,74	-	-	-	-
			3	4,0	0,67	-	-	-	-
			4	14,5	-	-	-	-	-
			10	-	-	-	5,43	0,26	-
		1999	1	1,34	2,98	3,73	-	-	-
			2	0,73	0,74	0,85	-	-	-
			3	3,92	1,24	-	-	-	-
			4	14,91	-	-	-	-	-
			10	-	-	-	5,8	0,73	0,2
		2000	1	1,11	28,26	28,8	-	-	-
			2	0,27	1,45	-	-	-	-
			3	1,35	0,42	-	-	-	-
			4	3,1	-	-	-	-	-
			8	-	-	-	12,8	0,85	-
			10	-	-	-	1,13	1,5	0,56
		2001	2	18,5	36,0	-	-	-	-
			3	0,12	0,3	20,4	-	-	-
			4	0,56	3,4	-	-	-	-
			7	-	-	0,01	-	-	-
			10	-	-	-	1,32	0,63	-
			11	-	-	-	0,01	-	-
		2002	1	0,1	4,28	3,6	-	-	-
2	8,1		29,88	16,82	-	-	-		
3	0,4		-	-	-	-	-		
4	4,1		-	0,4	-	-	-		
8	-		-	-	3,75	-	-		
9	-		-	-	0,12	-	-		
10	-		-	-	1,9	0,13	-		

Nr. crt.	N..... km	Anul investigației	Tip degradare	Degradări de structură [%]			Degradări de suprafață [%]		
				Redus	Mediu	Ridicat	Redus	Mediu	Ridicat
2.	67 21+750...21+950	1997	1	0,22	0,8	6,13	-	-	-
			2	0,05	1,42	1,24	-	-	-
			3	0,59	-	-	-	-	-
			10	-	-	-	1,16	1,45	0,95
		1998	2	-	-	1,62	-	-	-
			3	0,33	-	-	-	-	-
			4	0,1	-	-	-	-	-
			8	-	-	-	21,82	17,6	5,85
			10	-	-	-	3,33	2,0	0,51
			14	-	-	-	2,17	-	-
			15	-	-	-	0,82	-	-
			1999	1	0,4	-	-	-	-
		2		3,4	3,32	4,2	-	-	-
		3		2,1	0,22	0,52	-	-	-
		4		4,1	-	-	-	-	-
		8		-	-	-	14,0	1,3	2,0
		10		-	-	-	1,93	2,25	0,85
		2000		1	4,6	5,0	4,5	-	-
			2	0,1	0,1	2,4	-	-	-
			3	2,9	0,7	-	-	-	-
			4	5,5	1,31	-	-	-	-
			8	-	-	-	16,6	1,12	-
			10	-	-	-	1,77	2,2	1,68
			12	-	-	-	0,65	-	-
			13	-	-	-	14,29	-	-
			14	-	-	-	20,57	-	-
		2001	2	4,5	9,25	4,42	-	-	-
			3	0,62	-	-	-	-	-
			4	2,8	-	-	-	-	-
			10	-	-	-	2,9	0,33	-
			2002	1	0,4	0,88	-	-	-
		2		9,12	3,35	2,6	-	-	-
		3		-	-	0,1	-	-	-
		4		3,36	-	-	-	-	-
		8		-	-	-	14,6	7,55	-
		9		-	-	-	0,25	-	-
		10		-	-	-	2,6	0,62	1,1

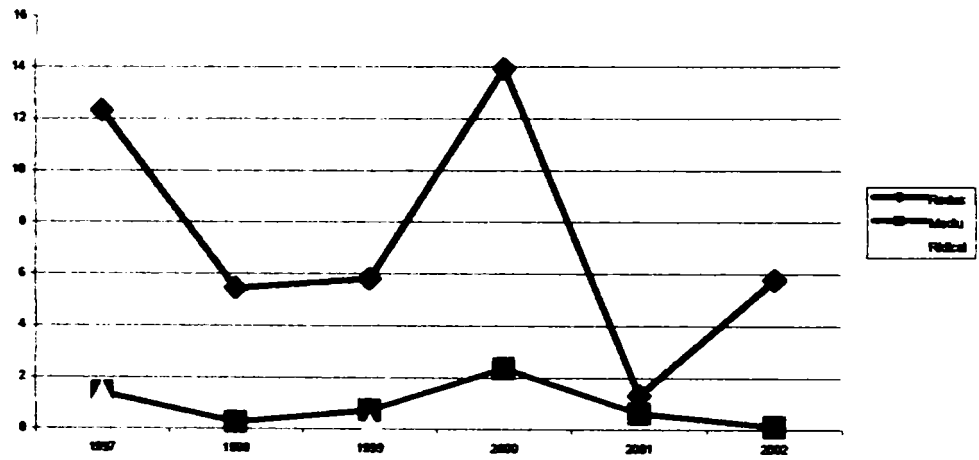
Nr. crt.	D.N.... km	Anul investigației	Tip degradare	Degradări de structură [%]			Degradări de suprafață [%]			
				Redus	Mediu	Ridicat	Redus	Mediu	Ridicat	
3.	67 171+300...171+500	1997	13	-	-	-	26,42	-	-	
			14	-	-	-	32,38	-	-	
			█	↓	↓	↓	█	↓	↓	
		1998	3	0,13	-	-	-	-	-	-
			10	-	-	-	0,03	-	-	
			13	-	-	-	0,48	0,87	-	
			14	-	-	-	10,1	-	-	
			15	-	-	-	6,6	10,73	-	
			█	█	↓	↓	█	█	↓	
			1999	1	0,3	-	-	-	-	-
		3		0,26	-	-	-	-	-	
		8		-	-	-	3,06	-	-	
		10		-	-	-	0,1	0,1	-	
		11		-	-	-	0,01	-	-	
		13		-	-	-	0,37	0,4	-	
		14		-	-	-	10,23	-	-	
		15		-	-	-	8,82	10,7	-	
		█		█	↓	↓	█	█	↓	
		2000	1	0,35	-	-	-	-	-	
			3	0,22	0,1	-	-	-	-	
			8	-	-	-	17,0	-	-	
		█	10	-	-	-	0,2	-	-	
			13	-	-	-	1,5	0,21	-	
			14	-	-	-	19,86	-	-	
			15	-	-	-	24,95	15,3	-	
			█	█	↓	↓	█	█	↓	
		2001	3	0,8	-	-	-	-	-	
			█	█	↓	↓	█	█	↓	
		2002	3	0,6	-	-	-	-	-	
			█	█	↓	↓	█	█	↓	

Nr. crt.	D.N..... km	Anul investigației	Tip degradare	Degradări de structură [%]			Degradări de suprafață [%]		
				Redus	Mediu	Ridicat	Redus	Mediu	Ridicat
5.	66 65+000...65+200	1997	1	-	4,22	-	-	-	-
			3	-	0,7	-	-	-	-
			10	-	-	-	0,19	0,16	0,28
			13	-	-	-	23,6	-	-
		1998	3	1,03	0,56	-	-	-	-
			10	-	-	-	1,68	0,31	0,17
			11	-	-	-	0,12	-	-
			13	-	-	-	0,12	-	-
			14	-	-	-	0,7	-	-
			15	-	-	-	2,4	-	-
			15	-	-	-	-	-	-
		1999	3	0,1	-	-	-	-	-
			8	-	-	-	10,19	-	-
			10	-	-	-	1,02	-	-
			13	-	-	-	10,86	-	-
			14	-	-	-	20,36	-	-
			15	-	-	-	44,98	-	-
			15	-	-	-	-	-	-
		2000	3	0,47	-	-	-	-	-
			8	-	-	-	10,30	9,4	-
			10	-	-	-	1,50	0,04	-
			13	-	-	-	10,20	-	-
			14	-	-	-	31,25	-	-
			15	-	-	-	30,00	-	-
15	-		-	-	-	-	-		
2001	3	0,48	-	-	-	-	-		
	4	0,02	-	-	-	-	-		
	9	-	-	-	2,35	-	-		
	10	-	-	-	1,4	-	-		
	10	-	-	-	-	-	-		
	2002	3	0,5	-	-	-	-	-	
		10	-	-	-	0,86	-	-	
10		-	-	-	-	-	-		

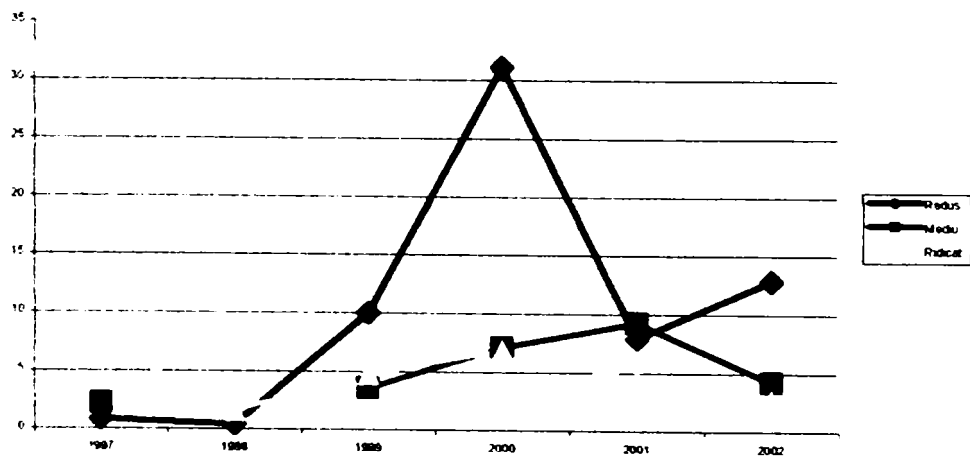
Degradări de structură - D.N. 56A km 52+000...52+200



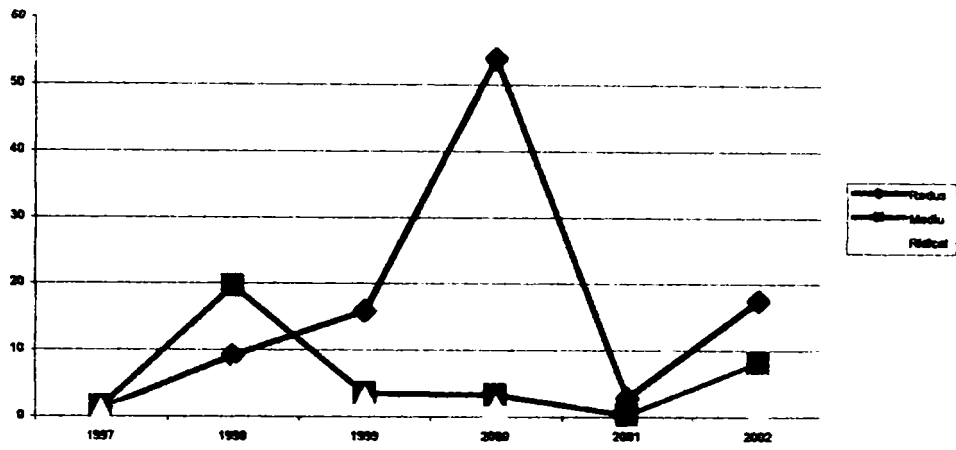
Degradări de suprafață - D.N. 56A km 52+000...52+200



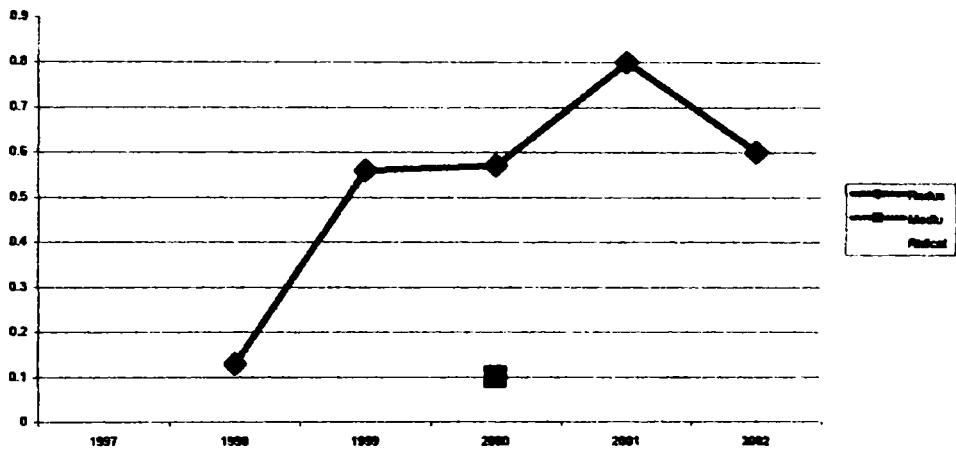
Degradări de structură - D.N. 67 km 21+750...21+850



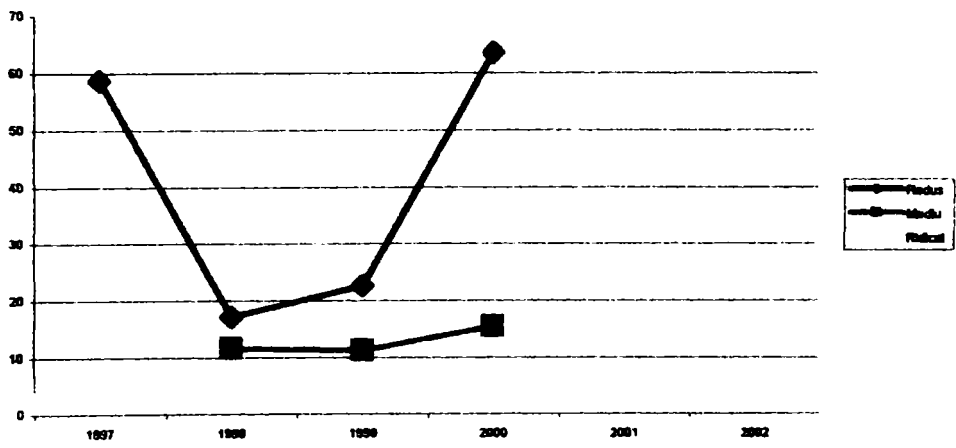
Degradari de suprafata - D.N. 67 km 21+750...21+850



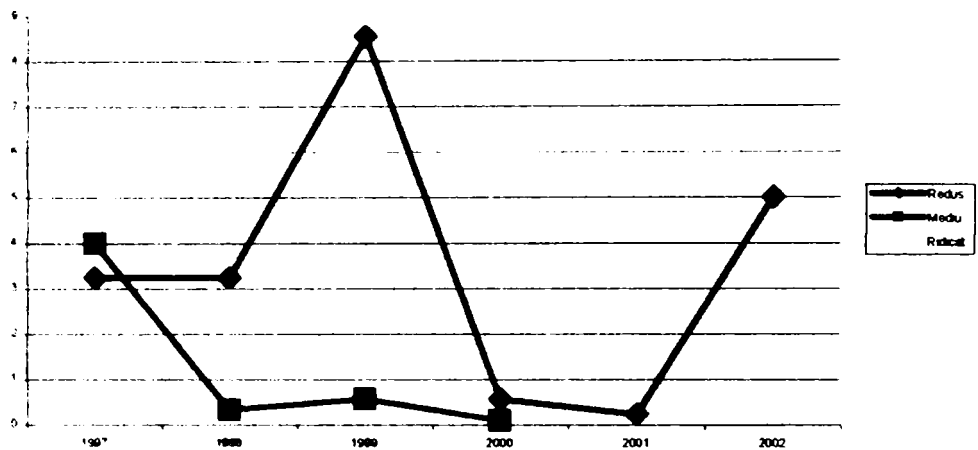
Degradari de structura - D.N. 67 km 171+300...171+500



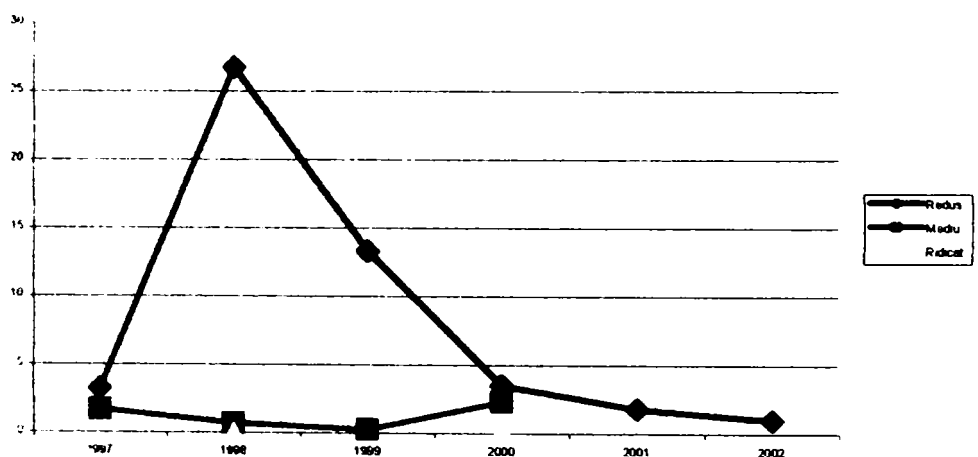
Degradari de suprafata - D.N. 67 km 171+300...171+500



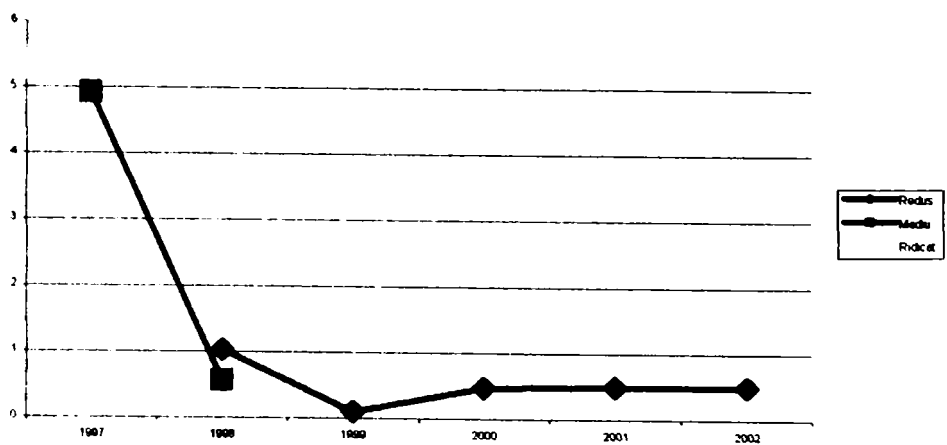
Degradări de structură - D.N. 66 km 107+800...107+950



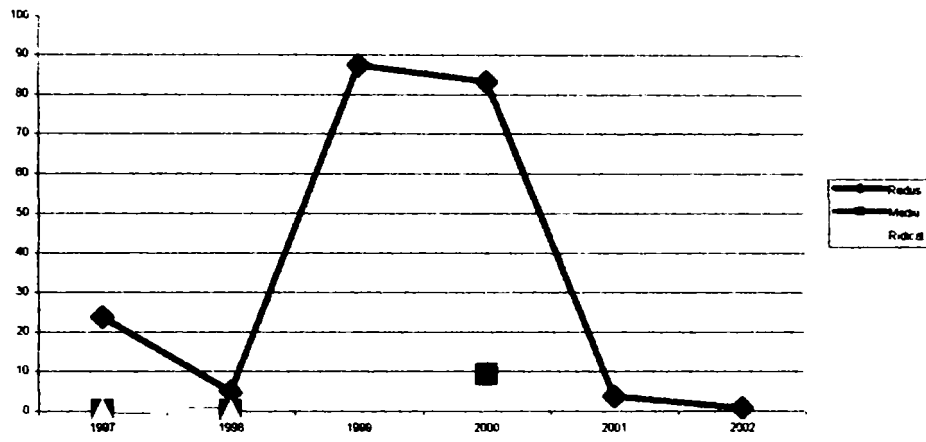
Degradări de suprafață - D.N. 66 km 107+800...107+950



Degradări de structură - D.N. 66 km 65+000...65+200



Degradări de suprafață - D.N. 98 km 05+000...05+200



ANEXA 2.3.
INDICII DE EVALUARE A DEGRADĂRILOR DE PE
SECTOARELE RO-LTPP DIN CADRUL D.R.D.P.
TIMIȘOARA

D.N. 66 km 153 + 800...153 + 950

Anul	Indicii de evaluare a degradărilor								
	I.E.D.SU.			I.E.D.ST.			I.G.		
	dreapta	stânga	mediu sector	dreapta	Stânga	mediu sector	dreapta	stânga	mediu sector
1963	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1996	90,2	92,4	91,3	90,5	96,0	91,3	90,3	94,2	92,3
1997	89,2	87,5	88,4	84,3	91,7	88,0	86,7	89,6	88,2
1998	92,2	87,1	91,2	87,8	96,6	92,2	91,4	91,6	91,5
1999	94,1	84,1	89,1	87,2	89,7	88,5	90,6	86,9	88,8
2000 aprilie	89,4	92,4	90,9	88,6	83,2	85,6	88,7	87,7	88,2
2000 august	95,0	96,8	95,9	91,9	94,3	93,1	93,4	95,6	94,5
2001 aprilie	97,0	92,4	94,7	93,6	92,8	93,2	95,0	92,6	93,8
2001 august	98,2	97,0	97,6	95,8	96,2	96,0	96,8	96,6	96,7
2002 iunie	88,0	84,4	86,2	97,0	96,4	96,7	92,4	89,8	91,1
2002 august	98,2	97,0	97,6	95,8	96,2	96,0	96,8	96,6	96,7

D.N. 68 A km 75 + 500...75 + 650

Anul	Indicii de evaluare a degradărilor								
	I.E.D.SU.			I.E.D.ST.			I.G.		
	dreapta	stânga	mediu sector	dreapta	stânga	mediu sector	dreapta	stânga	mediu sector
1992	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1996	97,4	96,0	96,7	97,3	98,6	98,0	97,3	97,3	97,3
1997	94,5	92,4	93,5	98,6	97,3	98,0	96,5	94,8	95,6
1998	85,4	84,7	85,1	98,9	91,5	95,2	91,9	88,0	90,0
1999	87,3	91,7	89,5	90,7	90,9	90,8	89,0	91,3	90,2
2000 aprilie	99,2	99,2	99,2	100,0	100,0	100,0	99,6	99,6	99,6
2000 august	99,2	98,6	98,9	100,0	100,0	100,0	99,6	99,3	99,5
2001 aprilie	98,2	98,2	98,2	99,6	98,6	99,1	98,2	98,0	98,1
2001 august	99,6	96,0	97,8	99,6	100,0	99,8	99,6	97,6	98,6
2002 iunie	99,2	98,0	98,6	97,0	97,0	97,0	97,6	97,0	97,3
2002 august	99,6	98,0	98,8	98,6	97,0	97,8	97,6	97,6	97,6

Notă: anul 1992 reprezintă anul ultimei ranforsări când se consideră că starea tehnică a drumului era foarte bună.

D.N. 59 km 30 + 250...30 + 400

Anul	Indicii de evaluare a degradărilor								
	I.E.D.SU.			I.E.D.ST.			I.G.		
	dreapta	stânga	mediu sector	dreapta	stânga	mediu sector	dreapta	stânga	mediu sector
1987	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1996	78,8	86,0	82,4	87,3	78,0	82,6	82,9	81,9	82,4
1997	Sector în lucru, s-au efectuat lucrările de reabilitare								
1998	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1999	99,1	99,1	99,1	100,0	100,0	100	99,5	99,5	99,5
2000 aprilie	97,9	98,8	98,4	98,7	100,0	99,3	98,3	99,4	99,2
2000 august	97,6	98,1	97,8	98,5	99,7	99,1	98,0	98,9	98,8
2001 aprilie	100,0	100,0	100,0	97,2	100,0	98,6	98,6	100,0	99,3
2001 august	100,0	100,0	100,0	99,7	100,0	99,6	99,4	100,0	99,3
2002 iunie	92,4	100,0	96,3	100,0	100,0	100,0	95,8	100,0	97,9
2002 august	92,4	100,0	96,3	100,0	100,0	100,0	97,4	100,0	98,7

D.N. 59 km 20 + 800...20 + 950

Anul	Indicii de evaluare a degradărilor								
	I.E.D.SU.			I.E.D.ST.			I.G.		
	dreapta	stânga	mediu sector	dreapta	stânga	mediu sector	dreapta	stânga	mediu sector
1973	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1996	83,7	83,8	83,8	95,5	83,8	89,7	89,4	83,8	86,6
1997	Sector în lucru, s-au efectuat lucrările de reabilitare								
1998	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1999	99,1	99,1	99,1	100,0	100,0	100	99,5	99,5	99,5
2000 aprilie	99,4	98,4	98,9	100,0	100,0	100,0	99,7	99,2	99,4
2000 august	99,4	100,0	99,7	100,0	100,0	100,0	99,7	100,0	99,8
2001 aprilie	100,0	99,4	99,7	100,0	98,4	99,2	100,0	99,0	99,5
2001 august	100,0	99,4	99,7	100,0	99,6	99,8	100,0	99,4	99,7
2002 iunie	99,0	100,0	99,5	98,6	100,0	99,3	98,4	100,0	99,2
2002 august	99,4	100,0	99,7	99,6	100,0	99,8	100,0	98,4	99,7

D.N. 7 km 489 + 480...489 + 630

Anul	Indicii de evaluare a degradărilor								
	I.E.D.SU.			I.E.D.ST.			I.G.		
	dreapta	stânga	mediu sector	dreapta	stânga	mediu sector	dreapta	stânga	mediu sector
1964	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1996	92,6	91,3	92,0	95,1	91,4	93,3	93,9	91,4	92,6
1997	Sector în lucru, s-au efectuat lucrările de reabilitare								
1998	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1999	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2000 aprilie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2000 august	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2001 aprilie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2001 august	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2002 iunie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2002 august	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

D.N. 79 km 31 + 200...31 + 350

Anul	Indicii de evaluare a degradărilor								
	I.E.D.SU.			I.E.D.ST.			I.G.		
	dreapta	stânga	mediu sector	dreapta	stânga	mediu sector	dreapta	stânga	mediu sector
1987	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1997	83,7	84,9	84,3	91,4	78,4	84,9	88,2	81,6	84,9
1998	83,0	83,6	83,3	96,0	84,4	90,2	89,3	85,0	87,2
1999	86,1	96,2	91,1	90,9	94,1	92,5	88,5	95,1	91,8
2000 aprilie	81,2	83,3	82,3	93,9	86,8	90,3	87,3	85,0	86,2
2000 august	88,7	89,3	89,0	91,1	84,3	87,7	89,9	86,8	88,3
2001 aprilie	91,6	91,4	91,5	92,2	90,2	91,2	91,8	90,6	91,2
2001 august	95,4	94,2	94,8	89,8	89,2	89,5	92,6	91,8	92,2
2002 iunie	91,8	86,8	89,3	95,8	95,6	95,7	93,6	91,0	92,3
2002 august	92,4	89,2	90,8	89,8	89,2	89,5	93,6	91,8	92,2

Anul	Indicii de evaluare a degradărilor								
	I.E.D.SU.			I.E.D.ST.			I.G.		
	dreapta	stânga	mediu sector	dreapta	stânga	mediu sector	dreapta	stânga	mediu sector
1987	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1997	88,9	87,9	88,4	87,4	91,5	89,5	88,1	89,7	89,3
1998	92,4	94,2	93,3	90,6	94,9	92,7	91,5	94,6	93,1
1999	89,9	92,4	91,2	98,3	99,0	98,6	94,0	95,6	94,8
2000 aprilie	91,4	92,1	91,8	96,2	96,7	96,4	93,8	94,4	94,1
2000 august	95,8	97,6	96,7	100,0	100,0	100,0	97,9	98,8	98,3
2001 aprilie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2001 august	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2002 iunie	99,4	99,6	99,5	97,6	97,8	97,7	98,4	98,6	98,5
2002 august	99,4	99,5	99,4	97,0	97,9	97,5	98,0	99,3	98,7

ANEXA 2.4.
INDICII DE EVALUARE A DEGRADĂRILOR DE PE
SECTOARELE RO-LTPP DIN CADRUL D.R.D.P.
CRAIOVA

D.N. 66 km 65+000...65+150

Anul	Indicii de evaluare a degradărilor								
	I.E.D.SU.			I.E.D.ST.			I.G.		
	dreapta	stânga	mediu sector	dreapta	stânga	mediu sector	dreapta	stânga	mediu sector
1997	92,6	99,1	95,9	100,0	91,8	95,9	96,2	95,4	95,8
1998	90,6	94,0	92,3	98,8	96,7	97,8	94,6	95,3	95,0
1999	82,6	94,1	88,4	96,0	99,2	97,6	89,1	96,6	92,9
2000 aprilie	85,8	90,9	88,4	95,8	96,6	96,2	90,7	93,7	92,2
2000 august	88,0	95,5	91,8	96,0	96,4	96,2	91,9	95,9	94,0
2001 aprilie	94,2	97,4	95,8	95,2	95,5	95,4	94,6	96,6	95,6
2001 august	95,2	97,4	96,3	95,5	95,6	95,6	95,0	96,6	95,8
2002 iunie	96,0	94,0	95,0	96,8	98,8	97,8	96,0	96,2	96,0
2002 august	95,2	94,4	94,8	96,8	98,6	97,7	96,0	96,6	96,3

D.N. 66 km 107+800...107+950

Anul	Indicii de evaluare a degradărilor								
	I.E.D.SU.			I.E.D.ST.			I.G.		
	dreapta	stânga	mediu sector	dreapta	stânga	mediu sector	dreapta	stânga	mediu sector
1997	95,3	93,6	94,5	90,3	96,6	93,5	92,8	95,0	93,9
1998	86,3	91,8	89,1	94,7	96,3	95,5	90,4	94,0	92,2
1999	86,8	95,0	90,9	89,4	95,2	92,3	88,1	95,1	91,6
2000 aprilie	90,5	98,0	94,3	93,3	100,0	99,7	94,8	99,0	96,9
2000 august	94,5	98,6	96,6	100,0	100,0	100,0	97,2	99,3	98,8
2001 aprilie	97,0	96,2	96,6	93,4	97,8	95,6	95,0	96,6	95,8
2001 august	97,0	96,2	96,6	93,4	97,8	95,6	95,0	96,6	95,8
2002 iunie	100,0	99,75	99,9	97,8	97,0	97,4	98,5	98,0	98,2
2002 august	99,8	99,8	99,6	97,4	97,0	97,6	98,0	98,6	98,8

D.N. 67 km 171+300...171+500

Anul	Indicii de evaluare a degradărilor								
	I.E.D.SU.			I.E.D.ST.			I.G.		
	dreapta	stânga	mediu sector	dreapta	stânga	mediu sector	dreapta	stânga	mediu sector
1997	91,6	96,1	93,9	100,0	100,0	100,0	95,7	98,0	96,9
1998	91,0	93,9	92,5	99,2	99,8	99,5	95,0	96,8	95,9
1999	88,0	89,7	88,9	93,2	95,8	94,5	90,6	92,6	91,6
2000 aprilie	88,7	89,6	89,1	92,7	94,9	93,8	90,7	92,2	98,2
2000 august	98,3	96,5	97,4	97,0	100,0	98,5	97,6	91,4	98,7
2001 aprilie	100,0	100,0	100,0	98,4	99,2	98,8	99,2	99,6	99,4
2001 august	100,0	100,0	100,0	98,4	99,2	98,8	99,2	99,6	99,4
2002 iunie	99,2	100,0	99,6	100,0	100,0	100,0	99,6	100,0	99,8
2002 august	99,6	100,0	99,8	99,6	99,9	99,9	99,5	99,9	99,8

D.N. 67 km 21+750...21+950

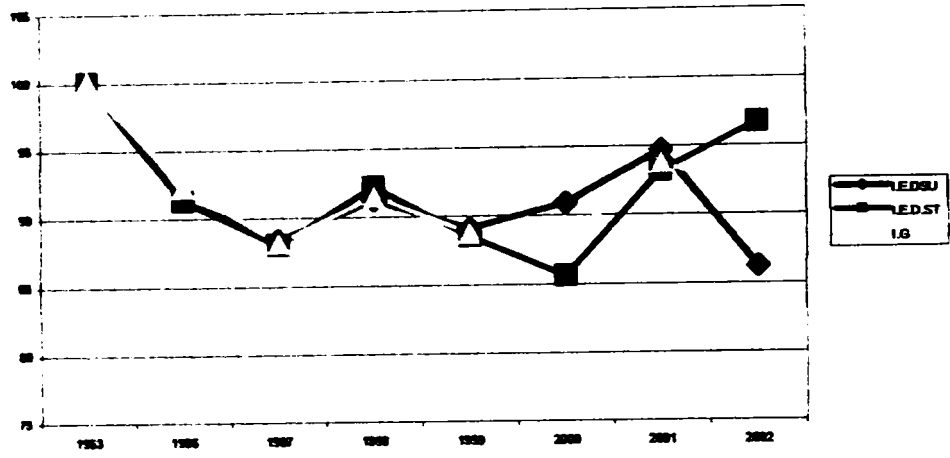
Anul	Indicii de evaluare a degradărilor								
	I.E.D.SU.			I.E.D.ST.			I.G.		
	dreapta	stânga	mediu sector	dreapta	stânga	mediu sector	dreapta	stânga	mediu sector
1997	92,1	92,0	92,1	88,3	90,7	89,5	90,2	91,3	90,8
1998	86,1	91,4	88,8	97,0	100,0	98,5	91,4	95,6	93,5
1999	83,7	84,0	83,9	87,7	82,5	85,2	85,7	83,3	84,5
2000 aprilie	78,8	78,8	78,8	90,0	78,6	84,3	84,6	78,3	81,4
2000 august	84,4	84,4	84,4	84,4	81,8	83,1	84,4	83,1	83,7
2001 aprilie	95,4	98,0	96,7	87,6	87,8	87,7	91,4	92,6	92,0
2001 august	96,2	98,0	97,1	87,6	87,8	87,7	91,4	92,6	92,0
2002 iunie	94,0	82,0	88,0	92,4	89,3	90,9	93,1	85,0	89,1
2002 august	95,6	82,0	88,8	92,6	89,8	91,2	93,4	85,1	89,2

Anul	Indicii de evaluare a degradărilor								
	I.E.D.SU.			I.E.D.ST.			I.G.		
	dreapta	stânga	mediu sector	dreapta	stânga	mediu sector	dreapta	stânga	mediu sector
1997	89,6	96,6	93,1	82,7	75,2	79,0	86,0	85,2	85,6
1998	96,2	96,2	96,2	92,2	96,7	94,5	94,2	96,5	95,4
1999	91,1	91,2	91,1	89,4	88,1	88,8	90,3	89,6	90,0
2000 aprilie	86,2	94,3	90,0	76,3	76,2	74,8	81,1	81,1	82,1
2000 august	87,5	95,0	91,3	78,9	69,6	74,3	83,1	81,3	82,3
2001 aprilie	96,8	99,2	98,0	87,4	81,0	84,2	91,8	89,4	90,6
2001 august	96,8	99,3	98,0	87,4	81,7	84,2	91,8	89,4	90,6
2002 iunie	81,0	63,0	72,0	95,7	99,9	97,8	88,0	79,6	83,8
2002 august	86,8	69,3	78,0	95,4	99,7	97,6	90,1	83,1	86,6

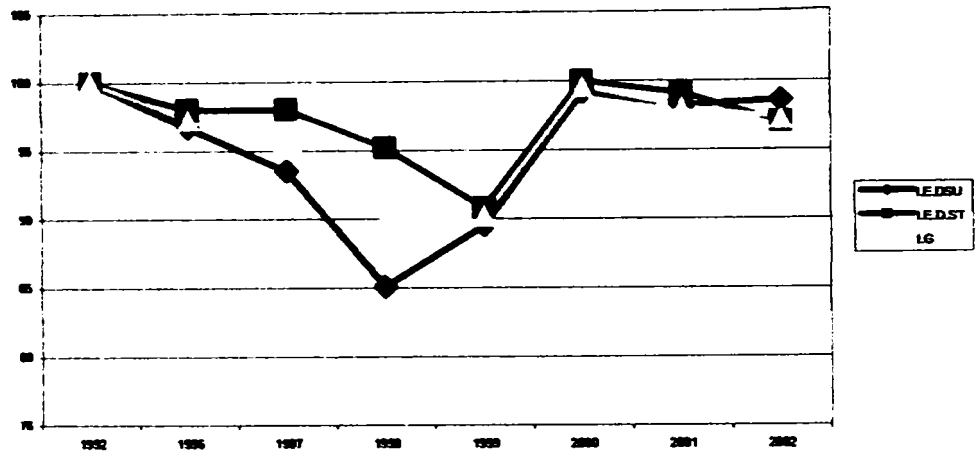
ANEXA 2.5.

**REPREZENTAREA GRAFICĂ A INDICILOR DE
EVALUARE A DEGRADĂRILOR DE PE SECTOARELE
RO-LTPP DIN CADRUL D.R.D.P.TIMIȘOARA**

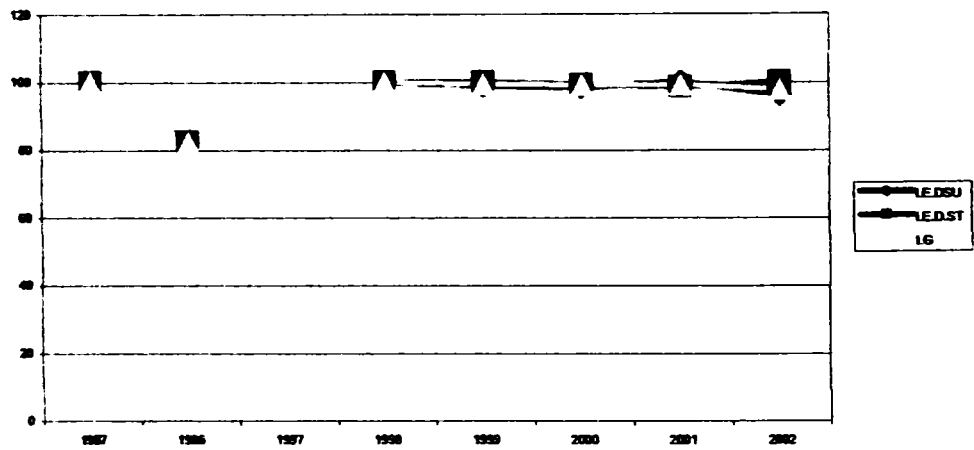
D.N. 08 km 153 + 200_153 + 200



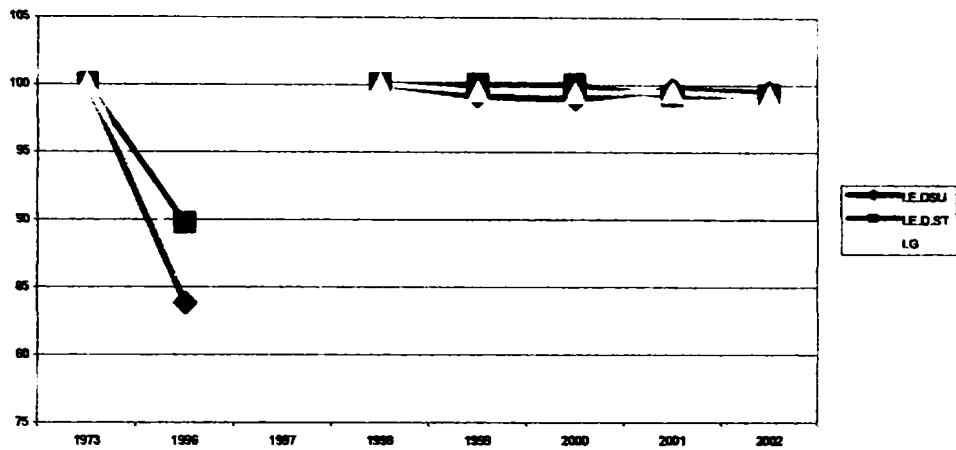
D.N. 08 A km 75 + 500_75 + 500



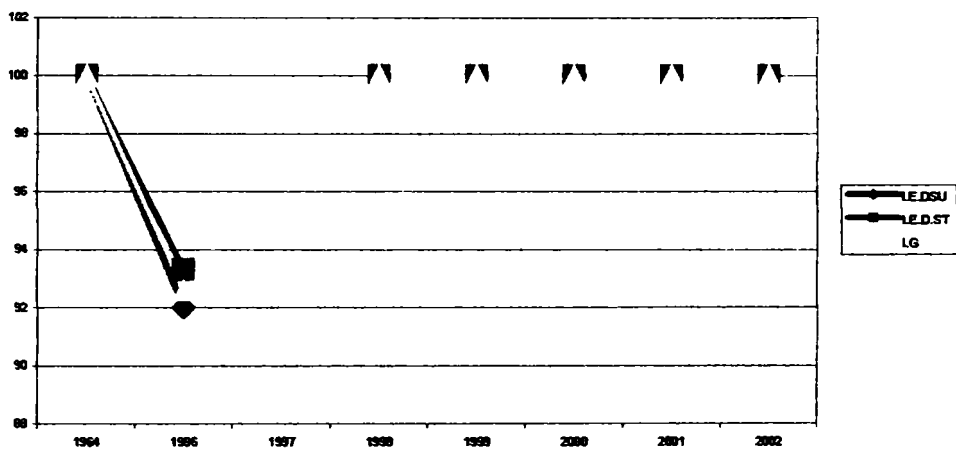
D.N. 59 km 30 + 250_30 + 400



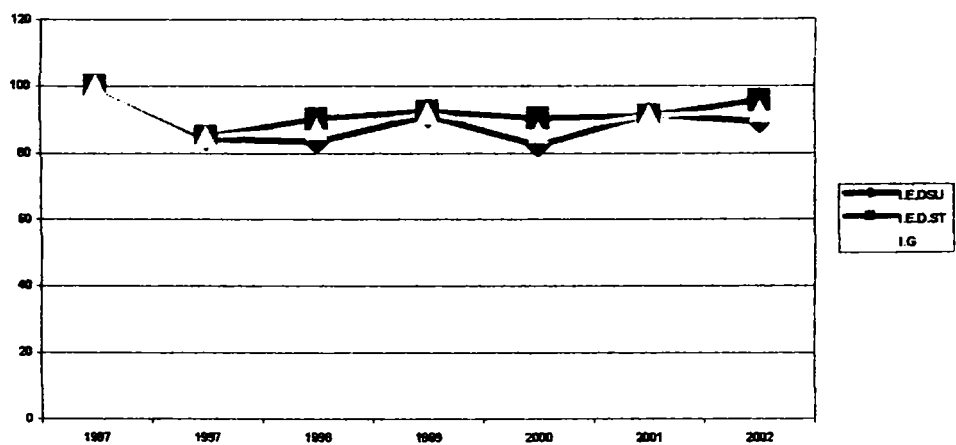
D.N. 59 km 20 + 900...20 + 950



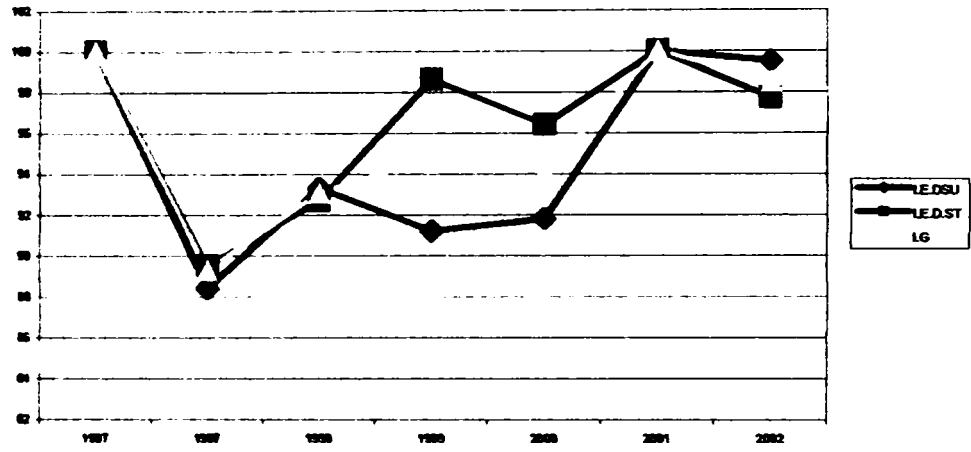
D.N. 7 km 488 + 480...488 + 630



D.N. 79 km 31 + 200...31 + 350



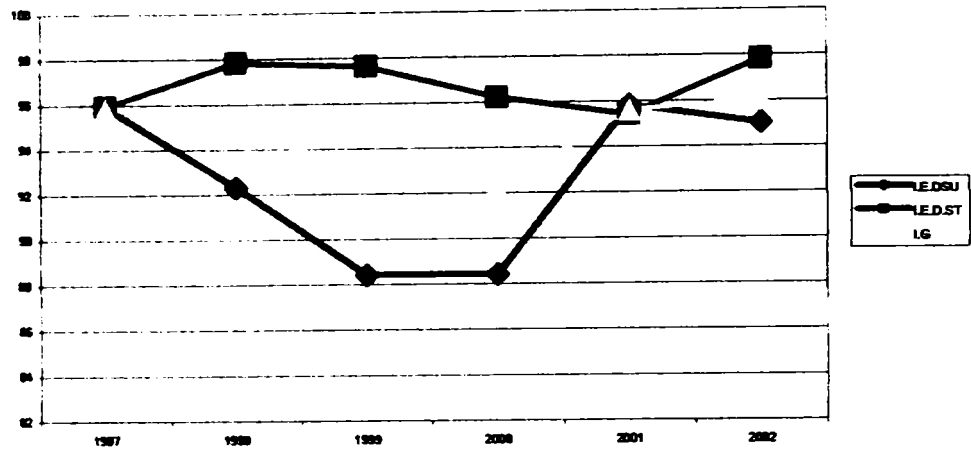
D.N. 59 B km 61 + 300...61 + 450



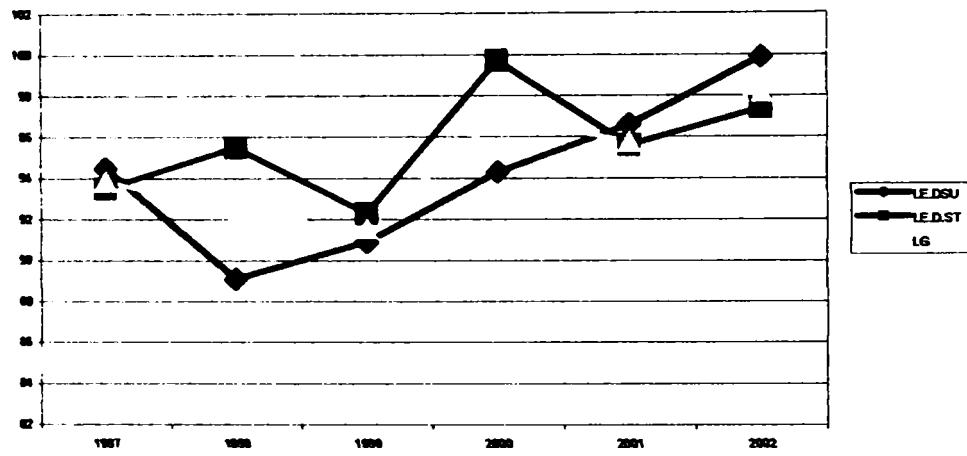
ANEXA 2.6.

**REPREZENTAREA GRAFICĂ A INDICILOR DE
EVALUARE A DEGRADĂRILOR DE PE SECTOARELE
RO-LTPP DIN CADRUL D.R.D.P. CRAIOVA**

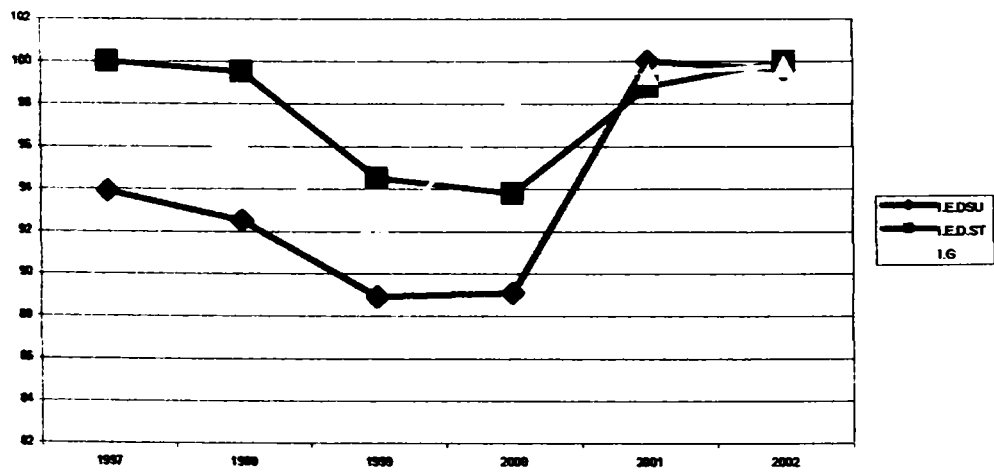
D.N. 06 km 05+000...05+150



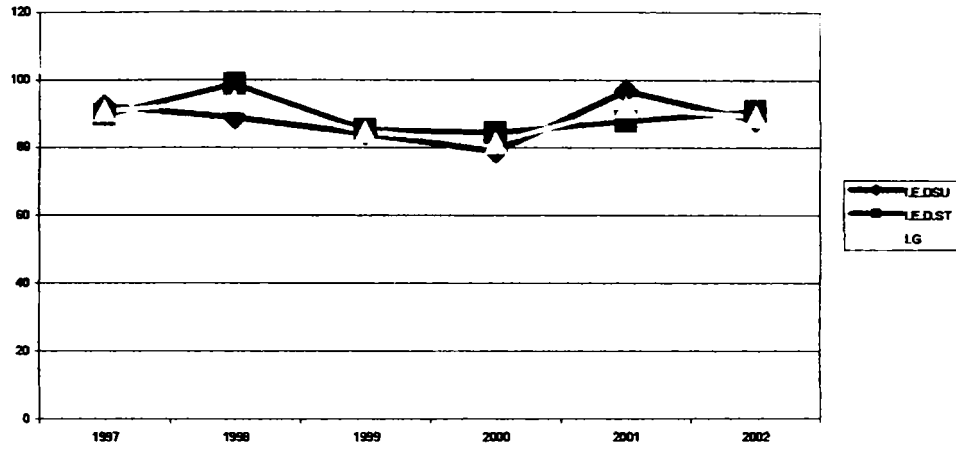
D.N. 06 km 107+000...107+050



D.N. 67 km 171+300...171+600



D.N. 67 km 21+750..21+850



D.N. 56 A km 52+000..52+150

