



ADMINISTRATIA NATIONALA
a DRUMURILOR



ASOCIATIA PROFESIONALA
de DRUMURI si PODURI

BULETIN TEHNIC RUTIER

Buletin Tehnic Rutier

01/2001

Publicatie lunara editata de AND si APDP
Anul I, nr. 1, ianuarie 2001

BULETIN TEHNIC RUTIER

Nr. 1, ianuarie 2001

CUPRINS

1. Normativ pentru dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare a structurilor rutiere suple și semirigide (metoda analitică), indic. AND 550-993
2. Normativ pentru dimensionarea sistemelor rutiere suple și semirigide (metoda analitică), indic. PD 177-200138
3. Normativ pentru execuția tratamentelor bituminoase cu emulsie bituminoasă cationică pe bază de bitum modificat cu polimeri, indic. AND 555-9984

Consiliul de coordonare

Președinte: dr. ing. Mihai BOICU
Vicepreședinte: ing. Dănilă BUCȘA
Secretar general: ing. Iulian DĂNILĂ
Membri: ec. Aurel PETRESCU
prof. dr. ing. Stelian DOROBANȚU
prof. dr. ing. Horia ZAROJANU
prof. dr. ing. Gheorghe LUCACI
prof. dr. ing. Mihai ILIESCU
prof. dr. ing. Radu PETRE

Comitetul de redacție

Președinte: ing. Florin DASCĂLU
Director de redacție: ing. Nicoleta DAVIDESCU
Redactor șef: Costel MARIN
Redactor șef adjunct: Ion ȘINCA
Redactor responsabil: ing. Petru CEGUȘ
ing. Toma IVĂNESCU
Grafică: Iulian Stejărel JEREP
Secretar de redacție: Gabriela BURADA
Difuzare: sing. Rada VARGA
Victor Stănescu
Operator PC: Magdalena BULGARU

Toate drepturile asupra acestei ediții sunt rezervate Administrației Naționale a Drumurilor R.A. Nu este permisă reproducerea integrală sau parțială a materialelor din Buletinul Tehnic Rutier fără consimțământul scris al A.N.D. - R.A.

În anul 2001 vor fi editate și publicate:

- Revista "DRUMURI PODURI",
numerele 58, 59, 60, 61, 62 și 63,
cu apariții în lunile
februarie, aprilie, iunie, august,
octombrie și decembrie;
- Buletinul Tehnic Rutier,
numerele 1 - 12
cu apariție lunară

abonați-vă la publicațiile noastre !

Prețul unui abonament este:

- Revista "DRUMURI PODURI" 800.000 lei / an
(6 numere)
- Buletin Tehnic Rutier 1.500.000 lei / an
(12 numere)

Pentru cei interesați, tarifele de publicitate în revista "DRUMURI PODURI" sunt următoarele:

- Coperta - pagină întreagă (A4) 20.000.000 lei
- Interior - pagină întreagă (A4) 15.000.000 lei

Pentru publicitate în 3 numere consecutiv, se acordă o reducere de tarif de 10%.

În numărul viitor al buletinului Tehnic Rutier:

- Normativ pentru determinarea capacității de circulație a drumurilor publice, indic. PD 189-2000
- Normativ privind condițiile de execuție a îmbrăcămintelor bituminoase ușoare, indic. CD 16-2000
- Instrucțiuni tehnice privind starea tehnică a drumurilor moderne, indic. CD 155-2000

**Dacă doriți să fiți cât mai bine informați,
procurați-vă din timp publicațiile AND și APDP.**

ROMANIA
MINISTERUL TRANSPORTURILOR
ADMINISTRATIA NAȚIONALĂ A DRUMURILOR

B-dul Dinicu Golescu, 38, 77113 Bucuresti, sector 1
Tel.: 0-040-1-212.62.01; Fax: 0-040-1-312.09.84

ORDINUL
DIRECTORULUI GENERAL AL A.N.D.

nr. 94
din 23 iunie 1999

În temeiul Hotărării Guvernului nr. 1275 din 8.12.1990, privind regulamentul de organizare și funcționare al Administrației Naționale a Drumurilor, cu modificările ulterioare, în baza Contractului de Management nr. 4121 / AN / 1994, încheiat cu ministerul Transporturilor, Dănilă Bucșa - manager al Administrației Naționale a Drumurilor -R.A., emite următorul

ORDIN:

- Art. 1.** Se aprobă „Normativul pentru dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare a structurilor rutiere suplă și semirigide (metoda analitică)” indic. AND 550. Prezentul normativ anulează „Instrucțiunile tehnice departamentale pentru dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare a structurilor rutiere suplă și semirigide (metoda analitică): ind. AND 518.
- Art. 2.** Aducerea la îndeplinire a prezentului ordin revine DRDP1 - 7 și CESTRIN.



CUPRINS

NORMATIV PENTRU DIMENSIONAREA STRATURILOR BITUMINOASE DE RANFORSARE A SISTEMELOR RUTIERE SUPLE ȘI SEMIRIGIDE (Metoda analitică). INDICATIV AND 550-99

1. Prevederi generale	6
2. Condiții tehnice	9
3. Principii de dimensionare	10
4. Stabilirea traficului de calcul	12
5. Analiza sistemului rutier ranforsat la solicitarea osiei standard	14
6. Stabilirea comportării sub trafic a sistemului rutier existent ranforsat	21
7. Exemple de calcul	24

Anexa 1. Metoda pentru împărțirea în sectoare omogene a unui tronson de drum

1. Generalități	29
2. Principiul metodei	29
3. Metoda de calcul	29
4. Modul de utilizare a programului de calcul SECTOM	30

Anexa 2. Programul pentru calculul deformațiilor specifice în sistemele rutiere în România - CALDEROM

1. Generalități	33
2. Ipoteze de calcul	33
3. mod de rezolvare a problemei mecanice	34
4. Datele de intrare	35
5. Utilizarea practică a programului CALDEROM	36
6. Exemplu de calcul	37

ADMINISTRAȚIA NAȚIONALĂ A DRUMURILOR

NORMATIV

PENTRU DIMENSIONAREA STRATURILOR BITUMINOASE DE RANFORSARE A SISTEMELOR RUTIERE SUPLE ȘI SEMIRIGIDE (Metoda analitică)

INDICATIV AND 550

Elaborat de:

- SEARCH CORPORATION

PREȘEDINTE:

Ing. MICHAEL M. STANCIU

VICEPREȘEDINTE EXECUTIV:

Ing. ION PREDESCU

VICEPREȘEDINTE TEHNIC:

Ing. STEFAN HĂRĂȚĂU

RESPONSABIL LUCRARE:

Dr. Ing. GEORGETA FODOR

- ADMINISTRAȚIA NAȚIONALĂ A DRUMURILOR

ȘEF SERVICIU TEHNIC:

Ing. FLORIN DASCĂLU

NORMATIV PENTRU DIMENSIONAREA STRATURILOR BITUMINOASE DE RANFORSARE A SISTEMELOR RUTIERE SUPLE ȘI SEMIRIGIDE (Metoda analitică)	INDICATIV AND 550-99
--	---------------------------------

I. PREVEDERI GENERALE

1.1. Prezentul normativ se referă la metoda analitică de dimensionare a straturilor bituminoase de ranforsare a sistemelor rutiere suple și semirigide.

Domeniul de aplicare

1.2. Ranforsările cu straturi bituminoase se includ în activitatea de reparații curente a drumurilor publice și se execută pentru sporirea capacității portante a drumurilor.

1.3. Necesitatea ranforsării sistemului rutier este determinată de starea tehnică a acestuia, conform prevederilor instrucțiunilor indicativ CD 155 și este rezultată în urma unei expertize tehnice.

1.4. Datele referitoare la starea tehnică a drumului vor fi extrase din Banca Centrală de Date Tehnice Rutiere și/sau prin măsurări efectuate pe teren.

1.5. Prevederile normativului se aplică și la străzi - drumurile publice din intravilanul localităților, condiționată de asigurarea condițiilor de sistematizare pe verticală (cote obligate la borduri, rigole, linii de tramvai, intersecții, etc.), de continuitate a circulației (intersecții la distanțe de minimum 500 m) și de condițiile tehnice și economice specifice străzilor.

1.6. Terminologie, conform STAS 4032/1, cu următoarele completări:

- **activitatea de întreținere a drumurilor publice** - totalitatea lucrărilor fizice de intervenție (determinate de uzura sau de degradarea în condiții normale de exploatare a drumurilor și podurilor de șosea), care au ca scop menținerea condițiilor tehnice necesare desfășurării circulației în condiții de siguranță, precum și în stare permanentă de curățenie și cu aspect estetic la nivelul traficului existent;
- **activitatea de reparații a drumurilor publice** - totalitatea lucrărilor fizice de intervenție, care au ca scop compensarea parțială sau totală a uzurii fizice și morale produse ca urmare a exploatării normale sau a acțiunii agenților de mediu, ridi-

Elaborat de: IPTANA - SEARCH	Aprobat de: MINISTERUL TRANSPORTURILOR ADMINISTRAȚIA NAȚIONALĂ A DRUMURILOR, cu avizul nr. 93/638/98
--	--

carea caracteristicilor tehnice la nivelul impus de traficul maxim pentru numărul de benzi de circulație existente, refacerea sau înlocuirea de elemente, detalii sau părți de construcții ieșite din uz, care afectează rezistența, stabilitatea, siguranța în exploatare și protecția mediului:

- **anul modernizării drumului** - anul în care a fost efectuată amenajarea complexă a drumului, prin executarea și a unui sistem rutier cu îmbrăcăminte modernă (sistem rutier suplu sau semirigid);
- **deformație specifică** - noțiune prin care se definește starea de deformație spațială într-un sistem rutier supus unei încărcări pe suprafața drumului. În contextul acestui normativ, sistemul rutier este considerat un mediu multi-strat elastic liniar, iar încărcarea este dată de sarcina statică a semiosiei standard (57,5 kN), care exercită o presiune verticală uniformă de 0,625 MPa pe o suprafață circulară cu raza de 0,171 m.

Programul CALDEROM (Calculul deformațiilor specifice în sistemele rutiere în România) din Anexa 2, permite calcularea în coordonate axisimetrice asociate sarcinii, a următoarelor componente ale tensorului deformațiilor specifice (ϵ) în punctele critice ale sistemului rutier:

- deformația specifică orizontală de întindere (ϵ_x) la baza straturilor bituminoase;
- deformația specifică verticală de compresiune (ϵ_z) la nivelul pământului de fundare.

În sistemul internațional de unități (m, MPa), deformațiile specifice au unitatea (m/m), fiind de ordinul a 0,000100...0,000500 m/m sau 100×10^{-6} ... 500×10^{-6} m/m. Pentru simplificare, 1×10^{-6} reprezintă o microdeformație, deci deformația specifică este de 100...500 microdef.

- **fisurare reflectivă** - procesul de transmitere la suprafața unei noi îmbrăcăminti bituminoase a fisurilor și/sau a crăpăturilor existente în vechea îmbrăcăminte rutieră, datorat solicitărilor termice și ale traficului, în cazul sistemelor rutiere ce au în alcătuire straturi din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici sau straturi bituminoase cu grosimi mari, cu fisuri și crăpături în plăci;
- **perioada de perspectivă** - perioada de timp, exprimată în ani, pentru care se stabilește traficul de calcul al grosimii straturilor de ranforsare;
- **sector omogen** - sector de drum caracterizat concomitent prin aceleași date privind traficul de calcul, alcătuirea sistemului rutier, starea de degradare a îmbrăcămintei bituminoase, tipul de pământ, tipul climateric al zonei în care este situat drumul și regimul hidrologic al complexului rutier;

- **temperatura echivalentă a straturilor bituminoase** - cea pentru care suma degradărilor produse de solicitările traficului pe parcursul unui an, pentru o distribuție dată a temperaturilor, este egală cu degradările produse de aceleași solicitări ale traficului, dar pentru temperatura constantă, θ_{ech} (°C);
- **trafic de calcul** - numărul de osii standard cu sarcina pe osie de 115 kN, pe banda de circulație cea mai solicitată, echivalent vehiculelor care vor circula pe drumul ranforsat pe perioada de perspectivă.

1.7. Referințe:

Ordinul M.T. nr.43/1998	Norme privind încadrarea în categorii a drumurilor naționale.
Ordinul M.T. nr.45/1998	Norme tehnice privind proiectarea, construirea și modernizarea drumurilor.
SR 174-1-97	Lucrări de drumuri. Îbrăcăminți bituminoase cilindrare executate la cald. Condiții tehnice de calitate.
STAS 1243-88	Teren de fundare. Clasificarea și identificarea pământurilor.
STAS 1709/1-90	Acțiunea fenomenului de îngheț - dezgheț la lucrări de drumuri. Adâncimea de îngheț în complexul rutier. Prescripții de calcul.
STAS 1709/2-90	Acțiunea fenomenului de îngheț - dezgheț la lucrări de drumuri. Prevenirea și remedierea degradărilor din îngheț - dezgheț. Prescripții tehnice.
STAS 7970-76	Lucrări de drumuri. Straturi de bază din mixturi bituminoase cilindrare executate la cald. Condiții tehnice generale de calitate.
CD 31-94	Instrucțiuni tehnice departamentale pentru determinarea prin deflectografie și deflectometrie a capacității portante a drumurilor cu sisteme rutiere suple și semirigide.
CD 155 ediția nerevizuită	Instrucțiuni tehnice privind starea tehnică a drumurilor moderne.
AND 540-98	Normativ pentru evaluarea stării de degradare a îmbrăcăminții pentru drumuri cu structuri rutiere suple și semirigide.

1.8. Odată cu intrarea în vigoare a acestui normativ, se restrânge domeniul de aplicare al instrucțiunilor tehnice departamentale pentru dimensionarea sistemelor rutiere rigide și nerigide, indicativ P.D.177, în sensul că prevederile capitolului III nu se aplică la dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare a sistemelor rutiere suple și semirigide.

1.9. Ca alternativă de dimensionare a grosimii straturilor bituminoase în cazul străzilor, se pot aplica principiile și reglementările tehnice din „Proiectul tip T 3 121 Sisteme rutiere tip rigide și suple pentru străzi” și respectiv din „Normativul departamental pentru întreținerea și reparația străzilor”.

2. CONDIȚII TEHNICE

Alcătuirea straturilor de ranforsare

2.1. Straturile bituminoase de ranforsare sunt alcătuite din:

- îmbrăcăminte bituminoasă în două straturi, cu grosime maximă sub 13 cm;
- îmbrăcăminte bituminoasă în două straturi și strat de bază din mixtură asfaltică, cu grosime totală egală sau mai mare de 13 cm.

Elementele geometrice ale straturilor de ranforsare

2.2. Grosimea totală minimă constructivă a îmbrăcămintei bituminoase este de 8,0 cm.

2.3. Lucrările la care grosimea necesară a straturilor bituminoase de ranforsare este mai mică de 8 cm fac parte din activitatea de întreținere a drumurilor publice sau a străzilor și vor fi tratate în conformitate cu prevederile Normativului privind administrarea, exploatarea, întreținerea și repararea drumurilor publice și cele ale Normativului departamental pentru întreținerea și reparația străzilor.

2.4. Grosimea totală maximă a straturilor bituminoase de ranforsare se stabilește pe baza eficienței economico-financiare și de alocare a resurselor materiale, în comparație cu soluția de ranforsare cu îmbrăcăminte din beton de ciment.

2.5. În cazul în care grosimea totală maximă a straturilor bituminoase de ranforsare depășește 18 cm, iar eficiența tehnico-economică nu justifică soluția de ranforsare cu îmbrăcăminte din beton de ciment, se prevede soluția de refacere a sistemului rutier.

2.6. Lăţimea straturilor de ranforsare este cea prevăzută în proiect.

2.7. Elementele geometrice ale îmbrăcămintei bituminoase sunt în conformitate cu prevederile SR 174-1, iar cele ale stratului de bază din mixtură asfaltică conform STAS 7970.

3. PRINCIPII DE DIMENSIONARE

3.1. Dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare se bazează pe îndeplinirea concomitentă a următoarelor criterii:

- deformaţia specifică de întindere admisibilă la baza straturilor bituminoase;
- deformaţia specifică de compresiune admisibilă la nivelul pământului de fundare.

3.2. Metoda de dimensionare permite stabilirea grosimii totale necesare a straturilor de ranforsare astfel încât, rata de degradare prin oboseală a straturilor bituminoase să fie subunitară, conform pct.6.2, iar deformarea permanentă a pământului de fundare să nu depăşească o valoare admisibilă, pe perioada prelucrării traficului de calcul, conform pct.6.3.

3.3. Dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare impune cunoaşterea unor date privind istoria tronsonului de drum ce urmează să fie ranforsat şi anume:

- anul modernizării drumului şi alcătuirea sistemului rutier;
- anii de execuţie a unor covoare bituminoase şi a unor eventuale ranforsări ulterioare şi grosimile acestor straturi bituminoase.

3.3.1. Pentru reţeaua de drumuri naţionale, aceste date vor fi extrase din Banca Centrală de Date Tehnice Rutiere.

3.3.2. Pentru celelalte reţele de drumuri sau de străzi, aceste date vor fi obţinute din situaţiile existente la administratorii acestora.

3.3.3. Aceste date nu sunt direct implicate în metoda de dimensionare a straturilor de ranforsare, ci vor fi utilizate de proiectant în următoarele scopuri:

- stabilirea sectoarelor omogene de drum din punctul de vedere al modului de alcătuire a sistemului rutier;
- corelarea stării de degradare a îmbrăcămintei bituminoase cu durata de exploatare a drumului şi cu cea a stratului superior al sistemului rutier.

3.4. Pentru dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare este necesar să se efectueze în prealabil studii de teren, în vederea obţinerii următoarelor date:

- starea de degradare a îmbrăcămintei bituminoase, în conformitate cu prevederile instrucţiunilor indicativ CD 155 sau ale Normativului pentru evaluarea stării de degradare a îmbrăcăminţii pentru drumuri cu structuri rutiere suple şi semirigide indic. AND 540-98;
- modul de alcătuire a straturilor rutiere şi grosimile acestora;

- caracteristicile geotehnice ale pământului de fundare;
- regimul hidrologic al complexului rutier (tipul profilului transversal, modul de asigurare a scurgerii apelor de suprafață, existența și starea dispozitivelor de drenare, nivelul apei freatice)

3.5. Datele obținute conform pct. 3.3 și 3.4 vor fi utilizate în analiza sistemului rutier ranforsat la solicitarea osiei standard, conform cap. 5.

3.6. Perioadele de stocare a acestor date sunt următoarele:

- maximum 18 luni în cazul autostrăzilor, drumurilor expres și drumurilor europene;
- maximum 24 luni în cazul străzilor și al celorlalte categorii de drumuri;

3.7. Etapele principale de calcul sunt:

- stabilirea traficului de calcul, conform cap.4;
- analiza sistemului rutier ranforsat la solicitarea osiei standard, conform cap.5;
- stabilirea comportării sub trafic a sistemului rutier existent ranforsat, conform cap.6.

3.8. În cazul sistemelor rutiere semirigide sau în cel al sistemelor rutiere suple, a căror îmbrăcămintă prezintă defecțiuni datorate procesului de fisurare termică și dacă grosimea straturilor de ranforsare calculată conform acestui normativ este sub 18 cm, se adoptă pe bază de calcule tehnico-economice, una din următoarele măsuri, în vederea încetării transmiterii la suprafața noilor straturi bituminoase, a fisurilor din contracție termică:

- o grosime totală constructivă de 18 cm;
- o soluție antifisură și executarea straturilor de ranforsare.

3.9. În cazul în care parametrul de degradare al îmbrăcămintei bituminoase, conform instrucțiunilor indicativ CD 155 este mai mare de 0,50 sau indicele global de degradare, conform normativului indicativ AND 540, este mai mic de 50, se poate prevedea pe baza unei expertize tehnice, prin încercări și determinări de laborator, următoarea soluție:

- frezarea straturilor bituminoase superioare, alcătuite din mixturi asfaltice ale căror caracteristici fizico-mecanice nu îndeplinesc condițiile din SR 174-1;
- prevederea unui strat antifisură, în cazul în care după frezare, suprafața stratului bituminos prezintă fisuri și crăpături de tip D2 (faianțări, fisuri și crăpături multiple pe direcții diferite) sau de tip D3 (fisuri și crăpături transversale și longitudinale);
- executarea straturilor bituminoase de ranforsare, a căror grosime va fi stabilită prin calcule de dimensionare.

4. STABILIREA TRAFICULUI DE CALCUL

4.1. La dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare se ia în considerare traficul de calcul corespunzător perioadei de perspectivă, exprimat în osii standard de 115 kN, echivalente vehiculelor care vor circula pe drum.

4.2. Osia standard de 115 kN (o.s. 115) prezintă următoarele caracteristici:

- sarcina pe roțile duble: 57,5 kN;
- presiunea de contact: 0,625 MPa
- raza suprafeței circulare echivalente suprafeței de contact pneu-drum: 0,171 m

4.3. Perioada de perspectivă va fi indicată de beneficiarul lucrării. Se recomandă adoptarea unei perioade de perspectivă de 15 ani în cazul ranforsării autostrăzilor, a drumurilor expres și a drumurilor naționale europene și de 10 ani în cazul celorlalte categorii de drumuri naționale. În cazul drumurilor județene, comunale și vicinale, perioada de perspectivă poate fi mai mică de 10 ani. Ea va fi stabilită în cadrul primei faze de proiectare, avându-se în vedere atât traficul actual și evoluția în perspectivă a acestuia, cât și starea tehnică a drumului.

4.4. Traficul de calcul se stabilește pe baza rezultatelor ultimului recensământ general de circulație. În funcție de datele disponibile se va utiliza una din următoarele metode:

4.4.1. Stabilirea traficului de calcul pe baza structurii traficului mediu zilnic anual în posturile de recensare aferente sectorului de drum care urmează să fie ranforsat, luându-se în considerare următoarele grupe de vehicule:

- autocamioane și derivate cu 2 osii;
- autocamioane și derivate cu 3 osii;
- autocamioane și derivate cu peste 3 osii;
- autobuze;
- remorci.

Traficul de calcul se exprimă în milioane de osii standard de 115 kN (m.o.s) și se stabilește cu relația:

$$N_c = 365 \times 10^{-6} \times p_p \times c_{\pi} \times \sum_{k=1}^5 \left[n_{k95} \times \frac{p_{kR} + p_{kF}}{2} \times f_{ek} \right] \text{ (m.o.s)} \quad (1)$$

în care:

- 365 - numărul de zile calendaristice dintr-un an;
- p_p - perioada de perspectivă, în ani;

- c_{rt} - coeficientul de repartiție transversală, pe benzi de circulație și anume:
 - pentru drumuri cu două și trei benzi de circulație $c_{rt} = 0,50$;
 - pentru drumuri cu patru benzi de circulație $c_{rt} = 0,45$.
- n_{k95} - intensitatea medie zilnică anuală a vehiculelor din grupa k, conform rezultatelor recensământului general de circulație (respectiv din anul 1995);
- p_{kR} - coeficientul de evoluție al vehiculelor din grupa k, corespunzător anului de dare în exploatare a drumului ranforsat, anul R, stabilit prin interpolare pe baza datelor din tabelele 2
- p_{kF} - coeficientul de evoluție al vehiculelor din grupa k, corespunzător sfârșitului perioadei de perspectivă luată în considerație (anul F), stabilit prin interpolare pe baza datelor din tabelele 2,
- f_{ek} - coeficientul de echivalare al vehiculelor din grupa k în osii standard de 115 kN, conform tabelului 1;

Se menționează că datele din tabelele 1 și 2 sunt obținute pe baza rezultatelor recensământului general de circulație din anul 1995. Ele vor fi reactualizate după fiecare recensământ general de circulație.

4.4.2. Stabilirea traficului de calcul pe baza traficului mediu zilnic anual în osii standard de 115 kN, actual și de perspectivă, cu relația:

$$N_c = 365 \times 10^{-6} \times p_p \times c_{rt} \times \frac{n_{o.s. 115R} + n_{o.s. 115F}}{2} \quad (\text{m.o.s.}) \quad (2)$$

în care:

- 365, p_p și c_{rt} au semnificațiile de mai sus;
- $n_{o.s. 115R}$ numărul de osii standard de 115 kN, corespunzător anului de dare în exploatare a drumului ranforsat (anul R), stabilit prin interpolare;
- $n_{o.s. 115F}$ numărul de osii standard de 115 kN, corespunzător sfârșitului perioadei de perspectivă luată în considerare (anul F), stabilit prin interpolare.

4.4.3. În cazul drumurilor pe care recensământul de circulație s-a efectuat pe fiecare bandă de circulație, pentru stabilirea volumului de trafic de calcul se vor lua în considerare rezultatele recensământului de pe banda cea mai solicitată. În acest caz, coeficientul de repartiție transversală este $c_{rt} = 1$.

4.4.4. În cazul străzilor și în cel al drumurilor județene, comunale și vicinale, în situația în care pe tronsonul de drum supus ranforsării nu a funcționat nici un post de recenzie și nu există nici un post de recenzie, în vederea stabilirii traficului de calcul este necesar să se efectueze un studiu de trafic.

4.4.5. În stabilirea traficului de calcul se va lua în considerare în cadrul studiilor de trafic și posibilitatea de atragere, ca urmare a îmbunătățirii condițiilor de circulație, a unei părți din traficul de pe drumurile existente în zonă, precum și de pe alte căi de comunicație.

4.5. Modificarea perioadei de perspectivă, în vederea corelării acesteia cu data dării în exploatare a drumului ranforsat, implică restabilirea traficului de calcul și în consecință, redimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare.

Tabelul 1. Coeficienții de echivalare în osii standard de 115 kN

Grupa de vehicule	Vehicul reprezentativ		Coeficienți de echivalare în osii standard de 115 kN
	Tip	Sarcini pe osii	
Autocamioane și derivate cu 2 osii	R8135	45kN+80kN	0,30
Autocamioane și derivate cu 3 osii	R19215	62kN+2x80kN	0,44
Autocamioane și derivate cu peste 3 osii	10ATM2	62kN+100kN+2x80kN	1,02
	19ATM2*	62kN+2x80kN+100kN+100kN	1,61
Autobuze	R111RD	50kN+100kN	0,64
Remorci	2R5A	48kN+48kN	0,06

* Vehicul reprezentativ pentru echivalarea traficului pe drumurile internaționale (E)

5. ANALIZA SISTEMULUI RUTIER RANFORSAT LA SOLICITAREA OSIEI STANDARD

5.1. Soluția tronsonului de drum în sectoare omogene se efectuează prin analizarea datelor de la pct.3.3 și 3.4.

5.1.2. În cazul în care pentru tronsonul respectiv de drum se dispune de rezultatele unor măsurări de deformabilitate, împărțirea în sectoare omogene se efectuează conform prevederilor din Anexa 1.

5.2. Sistemul rutier existent este caracterizat, pentru fiecare sector omogen de drum, prin grosimea fiecărui strat rutier și prin caracteristicile de deformabilitate ale materialelor din straturile rutiere și ale pământului de fundare (modulul de elasticitate dinamic, E , în MPa și coeficientul lui Poisson, μ).

5.2.1. Modul de alcătuire al sistemului rutier existent se stabilește atât pe baza documentațiilor existente și a istoriei lucrărilor de întreținere, cât și pe bază de sondaje. Numărul necesar de sondaje se stabilește pe răspunderea investitorului

**Tabelul 2. Coeficienți de evoluția traficului rutier în perioada 1995 - 2015.
Coeficienți medii pe rețeaua de drumuri publice. Coeficienți minimali**

Anul	Grupa de vehicule										Total veh.
	Biciclete și motocicletele	Autoturisme, microbuzes, autocamionete	Autocam. cu 2 osii	Autocam. cu 3 osii	Autocam. cu peste 3 osii	Autobuze	Tractoare	Remorci	Veh. cu trac. animala		
1995	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2000	0.9	1.2	1.2	1.0	1.2	1.3	1.0	1.2	1.0	1.0	1.2
2005	0.9	1.6	1.5	1.1	1.6	1.8	1.0	1.7	0.8	0.8	1.5
2010	0.9	2.1	2.0	1.2	2.0	2.4	1.1	2.3	0.7	0.7	1.9
2015	1.0	2.7	2.6	1.4	2.5	3.1	1.1	3.0	0.6	0.6	2.6

și a proiectantului, în funcție de lungimea sectoarelor omogene de drum și trebuie consemnat într-un document întocmit la fața locului, în cazul în care există rezultate ale unor măsurări de deformabilitate, se recomandă ca sondajele să fie efectuate în zone caracterizate prin valori ale deflexiunii apropiate de deflexiunea caracteristică.

În calcule se adoptă grosimile medii ale straturilor rutiere pentru fiecare sector omogen de drum.

5.2.2. Valorile de calcul ale modului de elasticitate dinamic pentru tipurile de pământ sunt prezentate în tabelul 3, în funcție de tipul climateric al zonei și de regimul hidrologic al complexului rutier.

Tipurile de pământ, în conformitate cu STAS 1243, sunt prezentate în tabelul 4.

Tipul climateric al zonei este arătat în figura 1.

Regimul hidrologic se diferențiază astfel:






- regimul hidrologic 1, corespunzător condițiilor hidrologice FAVORABILE, conform STAS 1709/2;
- regimul hidrologic 2, corespunzător condițiilor hidrologice MEDIOCRE și DEFAVORABILE, conform STAS 1709/2, notat cu:
 - a: pentru sectoare de drum situate în rambleu cu înălțimea minimă de 1,00 m;
 - b: pentru sectoare de drum situate în rambleu cu înălțimea sub 1 m, la nivelul terenului, în profil mixt sau debleu.

Tabelul 3. Valorile de calcul ale modului de elasticitate dinamic al pământului de fundare

Tipul climateric	Regimul hidrologic	Tipul pământului				
		P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
		Ep, MPa				
I	1	100	90	70	80	80
	2a			65		75
	2b			70	70	
II	1		80	65	80	80
	2a					70
	2b				70	
III	1	90	60	55	80	
	2a				65	
	2b			80		

**Repartiția după indicele de
umiditate I_m a tipurilor
climaterice**

LEGENDA

I_m		tip climateric I
<20		tip climateric I
<-20...0		tip climateric I
0...20		tip climateric II
>20		tip climateric III

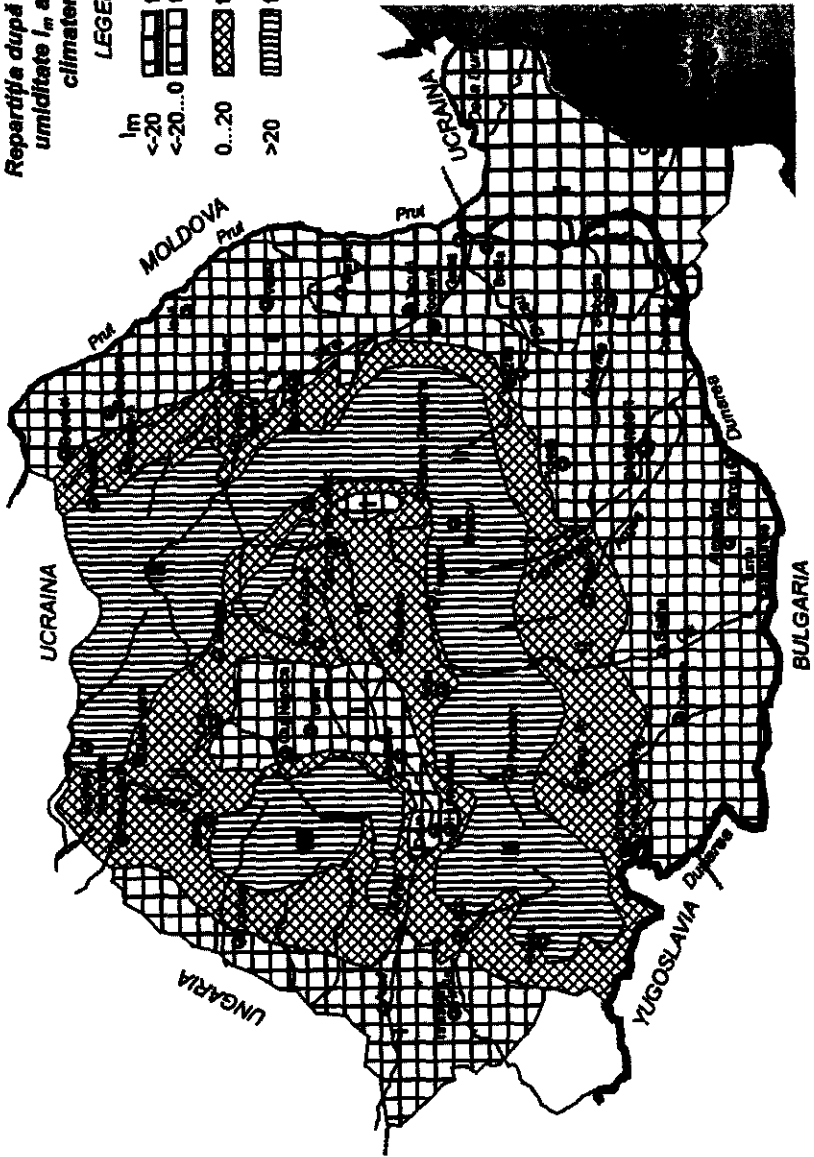


Fig. 1. Harta cu repartiția tipurilor climaterice pe teritoriul României

Tabelul 4. Tipurile de pământ pe baza clasificării pământurilor conform STAS 1243

Categoria pământului	Tipul de pământ	Clasificarea pământurilor conform STAS 1243	Indicele de plasticitate Ip%	Compoziția granulometrică		
				Argilă %	Praf %	Nisip %
Necoezive	P ₁	Pietriș cu nisip	sub 10	cu sau fără fracțiuni sub 0,5 mm		
	P ₂		10...20	cu fracțiuni sub 0,5 mm		
Coezive	P ₃	Nisip prăfos, nisip argilos	0...20	0...30	0...50	35...100
	P ₄	Praf, praf nisipos, praf argilos, praf argilos nisipos	0...25	0...30	35...100	0...50
	P ₅	Argilă, argilă prăfoasă, argilă nisipoasă, argilă prăfoasă nisipoasă	peste 15	30...100	0...70	0...70

Valoarea de calcul a coeficientului lui Poisson se stabilește în funcție de tipul pământului, conform tabelului 5.

Tabelul 5. Valorile de calcul ale coeficientului lui Poisson pentru pământuri

Tipul de pământ	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
Coeficientul lui Poisson	0,27	0,30	0,30	0,35	0,42

5.2.3. Valoarea de calcul a modului de elasticitate dinamic al balastului (E_b) se stabilește cu relația:

$$E_b = 0,20 h_b^{0,45} \times E_p \quad (\text{MPa})$$

în care:

h_b - grosimea stratului de balast, în mm;

E_p - modulul de elasticitate dinamic al pământului de fundare, în MPa, conform pct. 5.2.2.

Coeficientul lui Poisson pentru balast este de 0,27.

5.2.4. Valorile de calcul ale modului de elasticitate dinamic și ale coeficientului lui Poisson pentru materialele din straturile de bază și de fundație existente se stabilesc conform tabelului 6.

Tabelul 6. Valorile de calcul ale caracteristicilor de deformabilitate pentru straturile de bază și de fundație

Denumirea materialului	E MPa	μ
Macadam penetrat	1000	0,27
Macadam	600	0,27
Agregate naturale stabilizate cu ciment	600	0,27
Piatra spartă cilindrată	400*	0,27
Pavaje	350	0,27
Bolovani	200	0,27

* Notă: În cazul în care piatra spartă cilindrată constituie un strat inferior de fundație, modulul elasticitate dinamic se stabilește conform punctului 5.2.3.

5.2.5. Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic al amestecurilor asfaltice din straturile bituminoase existente sunt în funcție de tipul climateric și de parametrul de degradare al îmbrăcămintei, conform tabelului 7.

Tabelul 7. Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic al amestecurilor asfaltice

Parametrul de degradare al îmbrăcămintei bituminoase, conform instrucțiunilor indicativului CD 155	Indicele global de degradare, conform normativului AND 540	Tip climateric	
		I+II	III
		E, MPa	
sub 0,10	Peste 85	3300	4700
0,10 - 0,30	65 - 85	3000	3800
Peste 0,30	Sub 65	2500	3000

Valoarea de calcul a coeficientului lui Poisson este 0,35.

5.3. Valorile de calcul ale modulilor de elasticitate dinamici ai materialelor din straturile rutiere și ai pământului de fundare sunt valori minime, corespunzătoare unei probabilități de 85 %. În vederea stabilirii valorilor acestor caracteristici, specifice sectorului de drum analizat, se recomandă determinarea lor pe baza rezultatelor măsurărilor cu defectometre cu sarcina dinamică, folosind programe de calcul.

5.4. Straturile bituminoase de ranforsare sunt caracterizate prin grosimea fiecărui strat și prin valorile modulului de elasticitate dinamic și cele ale coeficientului lui Poisson.

5.4.1. Grosimea straturilor bituminoase de ranforsare se estimează, în conformitate cu pct. 2.1. Se recomandă adoptarea pentru o primă fază a calculelor de dimensionare, a unei grosimi minime de 8 cm.

5.4.2. Straturile bituminoase de ranforsare sunt caracterizate prin valorile modului de elasticitate dinamic, conform tabelului 8, în funcție de tipul stratului bituminos și de tipul climateric.

Valoarea de calcul a coeficientului lui Poisson este de 0,35 pentru toate tipurile de mixtură asfaltică.

5.4.3. Deoarece ranforsarea structurii rutiere presupune în general prevederea mai multor straturi bituminoase, în calcule se adoptă grosimea totală a acestora și valoarea modului de elasticitate dinamic mediu ponderat (E_m , MPa), calculat cu relația:

$$E_m = [\sum(E_i^{1/3} \times h_i) / \sum h_i]^3 \quad (\text{MPa})$$

în care:

E_i - modulul de elasticitate dinamic al mixturii asfaltice din stratul i , în MPa;

h_i - grosimea stratului i , în cm.

Tabelul 8. Valorile de calcul ale modului de elasticitate dinamic al mixturilor asfaltice din straturile bituminoase de ranforsare

Tipul stratului	Tip climateric	
	I+II	III
	E, Mpa	
Uzură, SR 174/1	3600	4200
Legătură, SR 174/1	3000	3600
Strat de bază, STAS 7970	5000	5600

5.4.4. Valorile din tabelul 8 sunt corespunzătoare mixturilor asfaltice din straturile de uzură și de legătură ale îmbrăcămintei bituminoase, care îndeplinesc condițiile de calitate din SR174-1 și mixturii asfaltice cilindrante, executate la cald, din stratul de bază, care îndeplinește condițiile de calitate din STAS 7970. În cazul în care compoziția mixturii asfaltice dintr-un strat va fi diferită de cea din prescripțiile tehnice legale în vigoare, valorile de calcul ale modului de elasticitate dinamic vor fi stabilite cu echipamentul complex pentru testarea în regim dinamic a mixturilor asfaltice.

5.5. Analiza structurii rutiere ranforsate la solicitarea osiei standard comportă calculul cu programul CALDEROM al următoarelor componente ale deformației:

- deformația specifică orizontală de întindere la baza straturilor bituminoase (θ_1), în microdeformații;
- deformația specifică verticală de compresiune, la nivelul patului drumului (θ_2), în microdeformații.

5.5.1. Suportul fizic al programului CALDEROM se găsește pe dischetă, parte integrantă din normativ.

5.5.2. Modul de utilizare a programului de calcul CALDEROM este dat în Anexa 1.

5.5.3. Calculele se efectuează în următoarele puncte:

$$\text{- pentru } \theta_r \quad r = 0 \text{ (cm)} \quad z_1 = \sum_{i=1}^n h_{i,m.a.} \quad (\text{cm})$$

în care:

$h_{i,m.a.}$ - grosimea fiecărui strat bituminos existent și a straturilor de ranforsare, în cm; - pentru $\theta_z \quad r = 0 \text{ (cm)} \quad z_2 = H + h_{SR} \text{ (cm)}$

în care:

H - grosimea totală a sistemului rutier existent, în cm;

h_{SR} - grosimea totală a straturilor bituminoase de ranforsare, în cm.

6. STABILIREA COMPORTĂRII SUB TRAFIC A SISTEMULUI RUTIER EXISTENT RANFORSAT

6.1. Stabilirea comportării sub trafic a sistemului rutier ranforsat are drept scop calcularea grosimii straturilor bituminoase de ranforsare pentru care sunt respectate criteriile de dimensionare, conform pct.3.1.

6.2. Criteriul deformației specifice de întindere admisibile la baza straturilor bituminoase este respectat dacă rata de degradare prin oboseală (RDO) are o valoare mai mică sau egală cu (RDO) admisibilă.

6.2.1. Rata de degradare prin oboseală se calculează cu relația:

$$RDO = N_c / N_{adm} \quad (3)$$

în care:

N_c - traficul de calcul, în osii standard de 115 kN, în m.o.s.;

N_{adm} - numărul de solicitări admisibil, în m.o.s., care poate fi preluat de straturile bituminoase, corespunzător stării de deformație la baza acestora.

6.2.2. Numărul de solicitări admisibil, care poate să fie preluat de straturile bituminoase, se stabilește cu ajutorul legilor de oboseală a amestecului asfaltic, în funcție de categoria drumului sau a străzii, stabilită în conformitate cu prevederile normelor de la pct. 1.7 și de traficul de calcul și anume, cu relațiile:

a. - autostrăzi și drumuri expres;

- drumuri naționale europene;

- drumuri și străzi cu trafic de calcul mai mare de 1 m.o.s (1×10^6 o.s. 115):

$$N_{adm} = 4,27 \times 10^8 \times \epsilon_r^{-3,97} \quad (\text{m.o.s.}) \quad (4a)$$

b. - drumuri și străzi cu trafic de calcul cel mult egal cu 1 m.o.s. (1×10^6 o.s. 115):

$$N_{adm} = 24,5 \times 10^8 \times \epsilon_r^{-3,97} \text{ (m.o.s.)} \quad (4b)$$

6.2.3. Numărul de solicitări admisibil ale osiei standard de 115 kN poate să fie stabilit și cu ajutorul diagramei din fig.2.

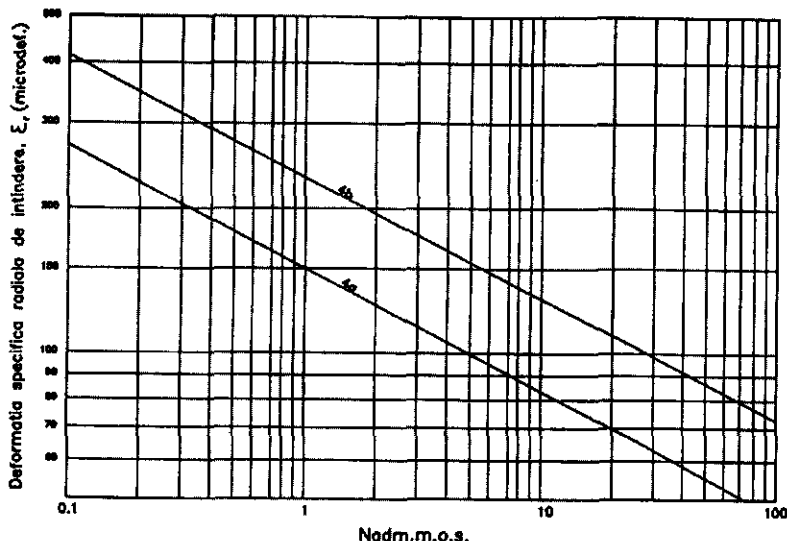


Fig. 2. Diagrama de stabilire a numărului de solicitări admisibil în funcție de deformația specifică radială de întindere la baza straturilor bituminoase

6.2.4. Grosimea necesară a straturilor bituminoase de ranforsare este cea pentru care se respectă condiția:

$$RDO < RDO_{adm}.$$

în care RDO admisibil are următoarele valori:

- max. 0,80 pentru autostrăzi și drumuri expres;
- max. 0,85 pentru drumuri naționale europene;
- max. 0,90 pentru drumuri naționale principale și străzi;
- max. 0,95 pentru drumuri naționale secundare;
- max. 1,00 pentru drumuri județene, comunale și vicinale.

Încadrarea în categorii a drumurilor se face în conformitate cu Normele privind încadrarea în categorii a drumurilor de interes național, anexa la Ordinul M.T. nr.43/1997.

6.2.5. În cazul în care condiția de la pct.6.2.4 nu este satisfăcută, se repetă calculul ratei de degradare prin oboseală pentru o grosime mai mare a straturilor bituminoase de ranforsare. Grosimea necesară a straturilor bituminoase de ranforsare se obține prin interpolare.

6.3. Criteriul deformației specifice verticale admisibile la nivelul pământului de fundare este respectat, dacă este îndeplinită condiția:

$$\epsilon_z \leq \epsilon_{z \text{ adm}}$$

în care:

ϵ_z - deformația specifică verticală de compresiune la nivelul pământului de fundare, în microdeformații, calculată conform pct. 5.5;

$\epsilon_{z \text{ adm}}$ - deformația specifică verticală admisibilă la nivelul pământului de fundare, în microdeformații, calculată conform pct. 6.3.1.

6.3.1. Deformația specifică verticală admisibilă se calculează cu următoarele relații:

a. - autostrăzi și drumuri expres;

- drumuri naționale europene;

- drumuri și străzi cu trafic de calcul mai mare de 1 m.o.s. (1×10^6 o.s. 115):

$$\epsilon_{z \text{ adm}} = 329 N_c^{-0.27} \text{ (microdef.)} \quad (5a)$$

b. - drumuri și străzi cu trafic de calcul cel mult egal cu 1 m.o.s. (1×10^6 o.s. 115):

$$\epsilon_{z \text{ adm}} = 600 N_c^{-0.28} \text{ (microdef.)} \quad (5b)$$

6.3.2. Deformația specifică verticală admisibilă se poate stabili și cu ajutorul diagramei din figura 3.

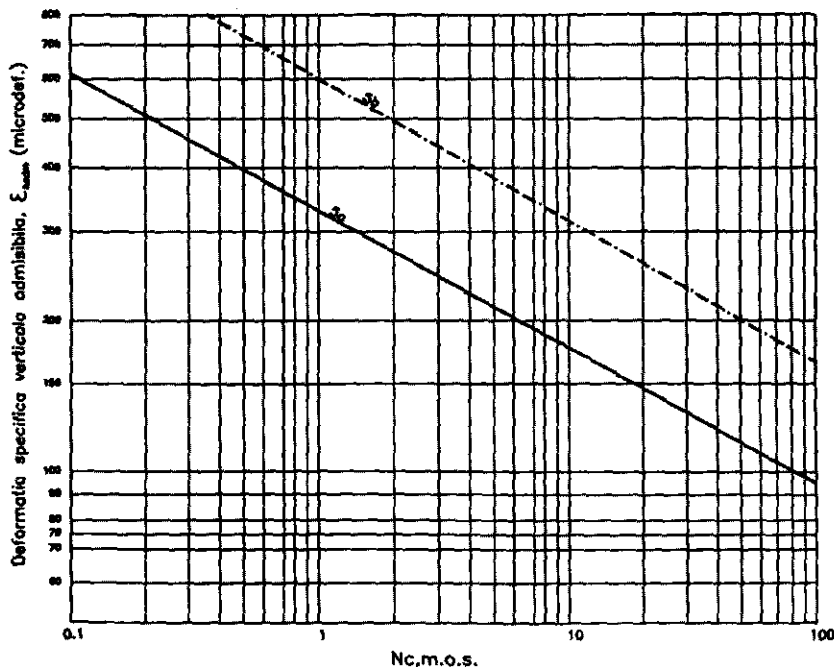


Fig. 3. Diagrama de stabilire a deformației specifice verticale admisibile la nivelul pământului de fundare în funcție de traficul de calcul

6.3.3. În cazul în care condiția de la pct. 6.3 nu este satisfăcută, se repetă calculul deformației specifice verticale, pentru o grosime mai mare a straturilor bituminoase de ranforsare.

7. EXEMPLE DE CALCUL

7.1. Exemplul 1

7.1.1. Datele problemei

Se cere să se stabilească grosimea necesară a straturilor bituminoase de ranforsare pentru un sector de drum național european, cu două benzi de circulație.

7.1.2. Sectorul de drum este caracterizat de următoarele date implicate în dimensionarea straturilor de ranforsare:

- a. anul modernizării drumului 1965
- b. alcătuirea medie a sistemului rutier, conform documentației de proiectare:
- straturi bituminoase 20 cm
 - strat superior de fundație din piatră spartă cilindrată 10 cm
 - strat inferior de fundație din balast 20 cm
- c. tipul de pământ P_4
 tipul climateric I
 regimul hidrologic 2b
- d. parametrul de degradare al
 îmbrăcămintei bituminoase 0,09

7.1.3. Stabilirea traficului de calcul

- a. Anul execuției ranforsării este 1999, iar perioada de perspectivă de 10 ani (1999 - 2009).
- b. Se calculează traficul de calcul, conform cap.4, cu ajutorul datelor din tabelul 9.

Tabelul 9

Grupa de vehicule	P_{k95}	P_{k99}	P_{k09}	$P_{k99}+P_{k09}$	f_{ek}	Produsul col. 1 x col. 4 x col. 5 o.s. 115
0	1	2	3	2	5	6
Autocamioane și derivate cu 2 osi	537	1,48	3,10	2,29	0,30	369
Autocamioane și derivate cu 3 osi	211	1,40	2,30	1,85	0,44	172
Autocamioane și derivate cu peste 3 osi	531	1,64	2,82	2,23	1,61	1906
Autobuze	64	1,48	3,30	2,39	0,64	98
Remorci	210	1,40	2,84	2,12	0,06	27
Total o.s. 115						2572

Rezultă următorul trafic de calcul, conform relației (1):

$$N_c = 365 \times 10^6 \times 10 \text{ ani} \times 0,50 \times 2572 \text{ o.s.} \cdot 115 = 4,69 \text{ m.o.s.}$$

7.1.4. Sistemul rutier este caracterizat prin grosimile straturilor rutiere și valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic și ale coeficientului lui Poisson din tabelul 10.

Tabelul 10

Denumirea materialului din strat	h cm	E MPa	μ
Mixtura sfaltică	20	3300*	0,35*
Platră spartă cilindrată	10	400**	0,27**
Balast	20	152***	0,27***
Pământ P ₄	∞	70****	0,35****

Nota: * conform pct. 5.2.5

** conform pct. 5.2.4

*** conform pct. 5.2.3

**** conform pct. 5.2.2

7.1.5. Se adoptă varianta 7.1.1 de alcătuire a straturilor bituminoase de ranforsare, conform tabelului 11.

Tabelul 11

VARIANTA	7.1.1.	7.1.2.
Strat de uzură	6,5 cm	4 cm
Strat de legătură	6,5 cm	4 cm
Strat de bază	-	7 cm
Em. MPa	3300	4029

7.1.6. Se calculează următoarele componente ale deformației:

- ϵ_1 , în microdeformații, la baza straturilor bituminoase;

- ϵ_2 , în microdeformații, la nivelul patului drumului.

Rezultatele sunt date în tabelul 12.

Tabelul 12

VARIANTA	7.1.1.	7.1.2.
ϵ_1 microdef.	94	83
ϵ_2 microdef.	234	205
N _{adm.} m.o.s.	6,27	10,27
RDO	0,75	0,46

7.1.7. Se calculează cu relația (4a), numărul de solicitări admisibil și valoarea ratei de degradare prin oboseală, RDO = 4,69 m.o.s / N_{adm.}, date care sunt prezentate în tabelul 12.

Din acest tabel reiese că, în cazul variantei 7.1.1 de alcătuire a straturilor bituminoase de ranforsare, condiția RDO = max.85 este respectată.

7.1.8. Se calculează cu relația (5a) deformația specifică verticală admisibilă la nivelul patului, obținându-se $\epsilon_{z adm.} = 217$ microdeformații, valoare care se compară cu valoarea deformației specifice verticale calculate la acest nivel și anume $\epsilon_z = 234$ microdeformații. Se constată că nu se verifică criteriul $\epsilon_z \leq \epsilon_{z adm.}$ la nivelul patului drumului, fiind necesară adoptarea unor grosimi mai mari ale straturilor de ranforsare.

7.1.9. Se reia calculul de dimensionare pentru varianta 7.1.2 de alcătuire a straturilor bituminoase de ranforsare, conform tabelului 11. Rezultatele sunt date în tabelul 12.

7.1.10. Din examinarea acestui tabel reiese că în cazul acestei variante de alcătuire a straturilor bituminoase de ranforsare sunt verificate ambele criterii de dimensionare.

7.2. Exemplul 2

7.2.1. Datele problemei

Se cere să se stabilească grosimea necesară a straturilor bituminoase de ranforsare pentru un sector de drum național principal, cu două benzi de circulație.

7.2.2. Sectorul de drum este caracterizat de următoarele date:

- | | |
|---|-------|
| a. anul modernizării drumului | 1978 |
| b. alcătuirea medie a sistemului rutier, conform documentației de proiectare: | |
| - straturi bituminoase | 10 cm |
| - macadam | 8 cm |
| - strat de fundație din balast | 20 cm |
| c. tipul de pământ | P3 |
| tipul climateric | I |
| regimul hidriologic | 2b |
| d. parametrul de degradare al îmbrăcămintei bituminoase | 0,25 |

7.2.3. Stabilirea traficului de calcul

- Anul execuției ranforsării este 1999, iar perioada de perspectivă de 10 ani (1999 - 2009).
- Se calculează traficul de calcul conform cap.4, cu ajutorul datelor din tabelul 13.

Tabelul 13

Grupa de vehicule	n_{k95}	P_{k99}	P_{k09}	$P_{k99}+P_{k09}$	f_{ek}	Produsul col. 1 x col. 4 x col. 5 o.s. 115
0	1	2	3	4	5	6
Autocamioane și derivate cu 2 osii	313	1,32	2,70	2,10	0,30	189
Autocamioane și derivate cu 3 osii	63	1,32	2,02	1,67	0,44	46
Autocamioane și derivate cu peste 3 osii	102	1,32	2,00	1,66	1,02	173
Autobuze	32	1,40	2,74	2,07	0,64	42
Remorci	30	1,32	2,46	1,89	0,06	3
Total o.s. 115						453

Rezultă următorul trafic de calcul, conform relației (1):

$$N_c = 365 \times 10^6 \times 10 \text{ ani} \times 0,50 \times 453 \text{ o.s. 115} = 0,83 \text{ m.o.s.}$$

7.2.4. Sistemul rutier este caracterizat prin grosimile straturilor rutiere și valorile de calcul ale modului de elasticitate dinamic și ale coeficientului lui Poisson din tabelul 14.

Tabelul 14

Denumirea materialului din strat	h cm	E MPa	μ
Mixtură asfaltică	10	3000*	0,35*
Piatră spartă cilindrată	8	600**	0,27**
Balast	20	141***	0,27***
Pământ P ₃	∞	65****	0,30****

Nota: * conform pct. 5.2.5

** conform pct. 5.2.4

*** conform pct. 5.2.3

**** conform pct. 5.2.2

7.2.5. Se adoptă varianta de alcătuire a straturilor bituminoase de ranforsare din 4 cm strat de uzură și 4 cm strat de legătură, modulul de elasticitate dinamic mediu ponderat fiind:

$$E_m = 3300 \text{ MPa};$$

7.2.6. Se calculează următoarele componente ale deformației:

- ϵ_r , în microdeformații, la baza straturilor bituminoase;
- ϵ_z , în microdeformații, la nivelul patului drumului.

Rezultatele sunt date în tabelul 15.

Tabelul 15

ϵ_r microdef.	189
ϵ_z microdef.	566
N_{adm} , m.o.s.	2,29
RDO	0,36

7.2.7. Se calculează cu relația (4b), numărul de solicitări admisibil și valorile ratei de degradare prin oboseală $RDO = 0,83 / N_{adm}$, date care sunt prezentate în tabelul 15.

Din acest tabel reiese că, prin execuția unei îmbrăcămînți bituminoase, cu grosimea minimă de 8 cm, criteriul $RDO \leq RDO_{adm}$, este respectat.

7.2.8. Se verifică criteriul $\epsilon_z \leq \epsilon_{z adm}$, la nivelul patului drumului.

Astfel, pentru $N_c = 0,83$ m.o.s., $\epsilon_{z adm}$, calculat cu relația (5b) este de 631 microdef. Din examinarea tabelului 15 reiese că și acest criteriu este verificat.

7.2.9. Se consideră că poate fi adoptată soluția de ranforsare cu 8 cm îmbrăcăminte bituminoasă.

METODA PENTRU ÎMPĂRTIREA ÎN SECTOARE OMOGENE A UNUI TRONSON DE DRUM

1. GENERALITĂȚI

1.1. Prezenta metodă se referă la împărțirea în sectoare omogene a unui tronson de drum, pe baza rezultatelor măsurărilor de deformabilitate.

1.2. Măsurările de deformabilitate se efectuează cu deflectometrele cu pârghie tip Benkelman sau Soiltest, în conformitate cu prevederile instrucțiunilor indicativ CD31 sau cu deflectometrele cu sarcină dinamică, în firul de măsurare situat la cca 1,00 m de marginea părții carosabile, în puncte situate la distanțe de max. 100 m între ele.

2. PRINCIPIUL METODEI

2.1. Metoda de împărțire în sectoare omogene se bazează pe studiul produselor cumulate dintre valoarea deflexiunii și distanța dintre punctul de origine și poziția punctului de măsurare.

2.2. Limitele între sectoarele omogene sunt constituite din punctele în care diferența dintre ordonata curbei cumulate și cea care ia în considerare o variație liniară, prezintă valorile maxime și minime.

3. METODA DE CALCUL

3.1. La împărțirea în sectoare omogene a unui tronson de drum se utilizează valorile deflexiunii măsurate în aceleași condiții privind:

- perioada de măsurare a capacității portante;
- modul de solicitare a complexului rutier (sarcina pe osia din spate a vehiculului de măsurare, în cazul măsurărilor cu deflectometrele cu pârghie sau presiunea pe suprafața plăcii de încărcare, în cazul deflectometrelor cu sarcină dinamică).

3.2. Deflexiunile măsurate la diferite temperaturi ale straturilor bituminoase se transformă în deflexiuni normale, corespunzătoare temperaturii de 20°C, în conformitate cu metodologiile de prelucrare a rezultatelor măsurărilor de deformabilitate.

3.3. Diferența dintre ordonata curbei cumulate și ordonata corespunzătoare unei variații liniare (z_e) se calculează cu următoarea relație:

$$z_e = \sum_{i=1}^n a_i - \left(\sum_{i=1}^n a_i / L \right) \cdot \sum_{i=1}^n \Delta x_i$$

în care:

$$a_i = d_{im} \cdot \Delta x_i$$

unde:

d_{im} - media între deflexiunile normale în punctele de măsurare „(i-1)” și „i”;

Δx_i - distanța dintre punctele de măsurare „(i-1)” și „i”;

n - numărul de deflexiuni implicat în calcule;

L - lungimea totală a tronsonului de drum.

3.4. Punctele de inflexiune ale funcției $Z_e(L)$ reprezintă limitele sectoarelor omogene. Se menționează că în general, drumurile sunt caracterizate printr-o variație mare a deformabilității în lungul acestora, ceea ce poate conduce la stabilirea unor sectoare de drum cu lungime redusă. Astfel, în cazul unor lungimi ale acestora mai mici de 200 m, este necesară analizarea indicatorilor statistici ai deformabilității pentru fiecare sector omogen de drum, în vederea unei eventuale comasări a sectoarelor omogene de drum.

3.5. Împărțirea în sectoare omogene se face cu ajutorul programului de calcul SECTOM.

3.6. Suportul fizic al programului de calcul SECTOM este o dischetă, parte integrantă din normativ.

4. MODUL DE UTILIZARE A PROGRAMULUI DE CALCUL SECTOM

4.1. Programul de calcul SECTOM se instalează de pe dischetă, prin copierea fișierelor în directorul de lucru. Programul rulează sub sistemul de operare Windows 95.

4.2. Crearea fișierului de date de intrare

4.2.1. Fișierul de intrare este în format text și este organizat pe două coloane, prima reprezentând poziția kilometrică a punctului de măsurare, iar a doua, valoarea deflexiunii normale (vezi figura).

4.2.2. Aceste date pot fi editate în cadrul programului SECTOM sau în orice alt editor de texte, cu condiția ca fișierul obținut să fie în format text.

IMPORTANT:

FIȘIERUL DE INTRARE NU TREBUIE SĂ CONȚINĂ NICI UN FEL DE FORMATĂRI SAU CARACTERE SUPLIMENTARE ÎN PLUS FAȚĂ DE CELE UTILE!!!

SECTOM - CADANATBMAASHITOSTEST2.DAT	
Fisier Editare Cauta Optiuni Extrase	
03.200	67
03.252	65
03.300	68
03.352	66
03.400	64
03.450	76
03.500	72
03.550	45
03.600	66
03.650	84
03.700	52
03.750	83
03.800	71
03.850	95
03.900	100
03.952	125
04.000	95
04.050	97
04.100	75
04.150	71
04.200	67
04.250	75
04.300	90
04.350	83
04.400	69
04.450	101
04.500	93
04.550	73
04.601	66

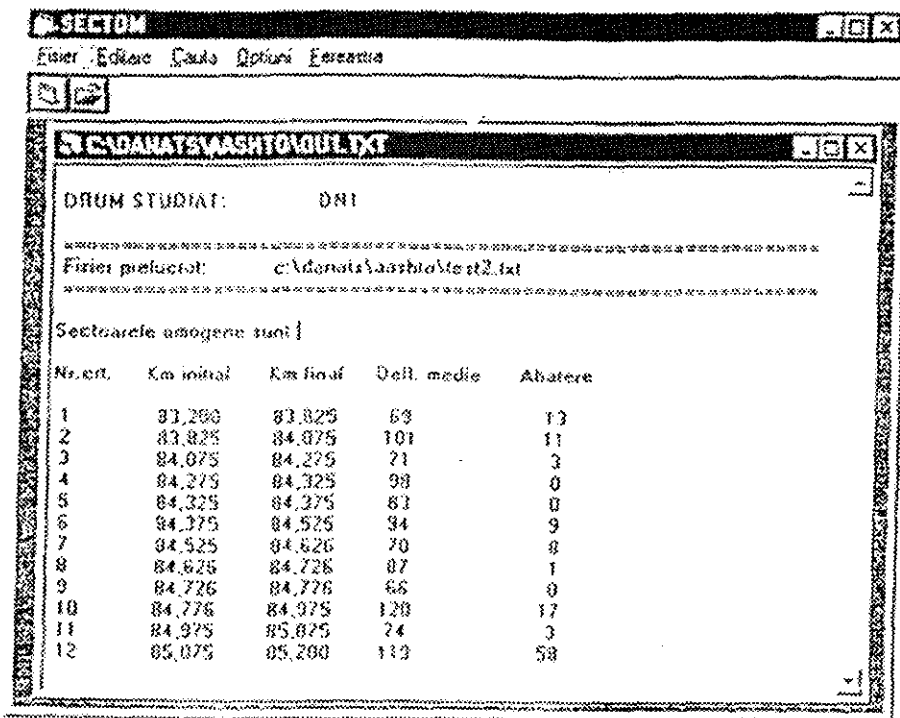
4.3. Programul prezintă două meniuri, organizate după funcțiile pe care le realizează:

- meniul care se referă la metoda de împărțire în sectoare omogene;
- meniul care cuprinde facilități generale referitoare la lucrul cu fișiere text.

4.4. Împărțirea în sectoare omogene a unui tronson de drum impune selectarea opțiunii „SECTOM” din meniul următor, cu următoarele observații:

- rularea procedurii de sectorizare generează un fișier de ieșire, denumit automat „out.dat”. Structura acestuia este prezentată în continuare:
 - fișierul de ieșire (în format text) poate fi redenumit, editat și salvat. El poate fi preluat de alte programe de editare sau de calcul tabelar, pentru prelucrări ulterioare;
- la selectarea opțiunii „SECTOM” se derulează un meniu secundar, în cadrul căruia se introduc următoarele date:
 - numele drumului;
 - limitele tronsonului de drum studiat, caracterizate prin poziția kilometrică inițială și cea finală.

4.4.1. Secțiunea „Opțiuni” a meniului SECTOM permite personalizarea barei de instrumente din fereastra de lucru.



4.4.2. Secțiunea „Info” a meniului SECTOM afișează informații referitoare la acest program.

4.5. Modulul de lucru cu fișiere text este disponibil din meniul de tip editare, care cuprinde opțiunile „Fișier”, „Editare”, „Caută”, „Opțiuni” și „Fereastră”. Acest meniu permite:

- deschidere și salvare de fișiere;
- editare de fișiere text;
- selectare de fonturi;
- căutare și înlocuire automată.

PROGRAMUL PENTRU CALCULUL DEFORMAȚIILOR SPECIFICE ÎN SISTEMELE RUTIERE ÎN ROMANIA - CALDEROM

1. GENERALITĂȚI

1.1. Programul CALDEROM și suportul fizic al acestuia, care se găsește pe discetă, face parte integrantă din Normativul pentru dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare a sistemelor rutiere suple și semirigide.

1.2. Acest program se utilizează la calculul deformațiilor specifice în sistemele rutiere, sub solicitarea statică a semiosiei standard de 57,5 kN.

1.3. Programul se bazează pe rezolvarea analitică, cu ajutorul modelului Burmister, a stării de tensiune și de deformație sub sarcină a sistemului rutier.

2. IPOTEZE DE CALCUL

2.1. Sistemul rutier este solicitat de o sarcină circulară cu presiunea verticală uniformă, reprezentând greutatea semiosiei standard cu roți gemene, transmisă pe o suprafață circulară echivalentă suprafeței de contact pneu - drum.

Caracteristicile sarcinii și anume:

- sarcina pe roțile gemene: 57,5 kN;
- presiunea de contact: 0,625 MPa;
- raza suprafeței de contact: 17,1 cm,

constituie date primare, constante, ale programului CALDEROM.

2.2. Sistemul rutier este considerat un mediu multistrat (maximum 5 straturi), în care fiecare strat rutier este considerat un solid elastic liniar, izotrop și omogen, infinit în plan orizontal și cu grosime finită, cu excepția pământului de fundare, considerat semiinfinit.

2.3. Între straturile rutiere există aderență.

2.4. Punctele de calcul ale deformațiilor specifice sunt situate într-un profil vertical în centrul sarcinii, la limita între straturi.

2.5. Calculul deformațiilor specifice se efectuează în conformitate cu prevederile cap. 5 din normativ, în următoarele puncte:

- la partea inferioară a straturilor bituminoase;
- la partea inferioară a structurii rutiere (la nivelul patului drumului).

3. MODUL DE REZOLVARE A PROBLEMEI MECANICE

3.1. Problema mecanică constă din verificarea echilibrului sub o sarcină exterioară a unui solid elastic linear izotrop.

3.2. Ecuațiile de echilibru și relațiile existente între tensiunile și deformațiile specifice, conform mecanicii mediilor continue, într-un profil axisimetric, au următoarele expresii:

$$\nabla^2 (r,z) = 0$$

în care ∇^2 este operatorul bi-armonic, cu următoarea expresie:

$$\nabla^2 = \left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \times \frac{\partial}{\partial r} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right)^2$$

3.3. Modelarea structurii după Burmister într-un mediu alcătuit din straturi elastice liniare izotrope conduce la rezolvarea pentru fiecare din acestea, a ecuațiilor:

$$\nabla^2 (r,z) = 0$$

3.4. În coordonate axisimetrice se obțin pentru sarcina de calcul următoarele rezultate:

- tensiunile: $\sigma_r (r,z)$, $\sigma_\theta (r,z)$, $\sigma_z (r,z)$ și $\tau_{rz} (r,z)$, conform figurii 1;
- deplasările orizontale $u (r,z)$ și verticale $v (r,z)$;
- deformațiile specifice corespunzătoare.

Componentele tensorului de tensiune σ și de deformație specifică ε în θ_r și θ_z sunt nule și deci, nu se calculează.

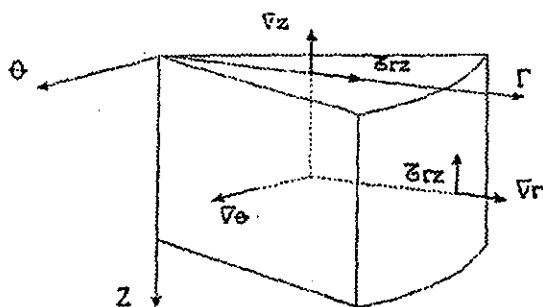


Fig. 1. Rezultatele în reper axisimetric ale tensiunilor

3.5. Ipoteza elasticității liniare a modelului permite de a suprapune într-un reper axisimetric efectele diferitelor solicitări, în termeni de:

- tensiune: σ_r, σ_z ;
- deformație specifică: $\varepsilon_r, \varepsilon_z$

4. DATELE DE INTRARE

4.1. Numărul straturilor reprezintă straturile bituminoase de ranforsare, considerate un singur strat rutier, plus numărul straturilor sistemului rutier existent (în care este inclus și pământul de fundare).

4.2. Caracteristicile straturilor bituminoase de ranforsare, considerate **stratul 1**, sunt:

- grosimea totală estimată, în cm;
- modulul de elasticitate dinamic mediu ponderat, în MPa, calculat conform pct. 5.3. din normativ;
- coeficientul lui Poisson.

4.3. Caracteristicile fiecărui strat rutier existent - **straturile 2...4** - sunt:

- grosimea, în cm;
- modulul de elasticitate dinamic, în cm;
- coeficientul lui Poisson.

4.4. Caracteristicile de deformabilitate ale terenului (pământului) de fundare - **stratul 5** - sunt:

- modulul de elasticitate dinamic, în MPa;
- coeficientul lui Poisson.

Valorile acestor caracteristici sunt conform cap. 5 din normativ.

Se menționează că în cazul în care sistemul rutier existent are mai mult de 4 straturi (inclusiv pământul de fundare), două sau trei straturi rutiere, alcătuite din materiale granulare, pot fi caracterizate prin:

- grosimea totală a acestora, în cm;
- modulul de elasticitate dinamic mediu ponderat, calculat cu relația:

$$E_m = [\sum (E_i^{1/3} \times h_i) / \sum h_i]^3 \text{ (MPa)}$$

în care:

- E_i - modulul de elasticitate dinamic al materialului din stratul i , în MPa;
- h_i - grosimea stratului i , în cm.

4.5. Adâncimile de calcul ale deformațiilor specifice sunt:

- la baza straturilor bituminoase, în cm;
- la nivelul patului drumului, în cm.

4.6. Un exemplu de date de intrare este dat în cap.6.

5. UTILIZAREA PRACTICĂ A PROGRAMULUI CALDEROM

5.1. Conținutul dischetei

Discheta conține următoarele fișiere:

- un fișier executabil: **calderom.exe**;
- un fișier necesar rulării programului: **dosxmsf.exe**;
- un fișier cu date de ieșire: **rezultat.dat**.

5.2. Instalarea programului

Se creează un director numit **CALDEROM**, în care se copiază fișierele de la pct.5.1.

5.3. Rularea programului

5.3.1. Se lansează în execuție fișierul executabil: **calderom.exe**.

5.3.2. Datele de intrare se introduc în mod interactiv, conform pct.4.

5.3.3. După rularea corectă a fișierului **calderom.exe**, se generează fișierul de date de ieșire **rezultat.dat**, care poate fi tipărit.

5.3.4. Fișierul de date de ieșire **rezultat.dat** conține următoarele date, conform exemplului din cap.6:

- denumirea drumului;
- sectorul omogen investigat;
- recapitularea datelor primare privind caracteristicile sarcinii;
- recapitularea datelor de intrare privind caracteristicile straturilor rutiere;
- rezultatele calculelor efectuate și anume:

R - distanța punctului de calcul față de profilul longitudinal, care este în toate cazurile egală cu 0 cm, conform ipotezei de calcul;

Z - adâncimea, în cm, a punctelor de calcul;

ATENȚIE: Semnul - înseamnă că punctul de calcul este la baza stratului; Semnul + înseamnă că punctul de calcul este la partea superioară a stratului de dedesubt.

DEFORMAȚIA RADIALĂ, în microdeformații;

ATENȚIE: În calculele de dimensionare este utilizată deformația radială calculată la baza straturilor bituminosase. În exemplul din cap.6, pentru Z = -33.00cm, DEFORMAȚIA RADIALĂ este .938E+02, ceea ce înseamnă $\epsilon_r = 94$ microdeformații;

DEFORMAȚIA VERTICALĂ, în microdeformații;

ATENȚIE: În calculele de dimensionare este utilizată deformația verticală calculată la nivelul pământului de fundare. În exemplul din cap.6, pentru Z = 63.00 cm, DEFORMAȚIA VERTICALĂ este .234E+03, ceea ce înseamnă $z = 234$ microdeformații.

6. EXEMPLU DE CALCUL

DRUM: DN 75

Sector omogen: km 23+000 - 29+000

Parametrii problemei sunt

Sarcina57.50 RN

Presiunea pneului0.625 MPa

Raza cercului.....17.11 cm

Stratul 1: Modulul 3300. MPa, Coeficientul Poisson .350, Grosimea 13.00cm
Stratul 2: Modulul 3300. MPa, Coeficientul Poisson .350, Grosimea 20.00 cm
Stratul 3: Modulul 400. MPa, Coeficientul Poisson .270, Grosimea 10.00cm
Stratul 4: Modulul 152. MPa, Coeficientul Poisson .270, Grosimea 20.00 cm
Stratul 5: Modulul 70. MPa, Coeficientul Poisson .350 și e semifinit

REZULTATE:		DEFORMAȚIE	DEFORMAȚIE
R	Z	RADIALĂ	VERTICALĂ
cm	cm	microdef	microdef
.0	-33.00	.938E+02	-.111E+03
.0	33.00	.938E+02	-.171E+03
.0	-63.00	.898E+02	-.148E+03
.0	63.00	.898E+02	-.234E+03

ROMANIA
MINISTERUL LUCRĂRILOR PUBLICE,
TRANSPORTURILOR ȘI LOCUINȚEI
ADMINISTRAȚIA NAȚIONALĂ A DRUMURILOR

B-dul Dinicu Golescu, 38, 77113 București, sector 1
Tel.: 0-040-1-212.62.01; Fax: 0-040-1-312.09.84

ORDINUL
DIRECTORULUI GENERAL AL A.N.D.

nr. 9
din 17 ianuarie 2001

În conformitate cu regulamentul de organizare și funcționare al Administrației Naționale a Drumurilor, stabilit prin Hotărârea de Guvern nr. 1275/1990, modificată și completată prin Hotărârile de Guvern nr. 24/1994, 276/1994, 250/1997 și 612/1998, și în baza contractului de management nr. 4125/1994, încheiat cu Ministerul Transporturilor, Dănilă Bucșa - manager al Administrației Naționale a Drumurilor - RA, emite următorul

ORDIN:

- Art. 1.** Se aprobă „Normativul pentru dimensionarea sistemelor rutiere suple și semirigide (metoda analitică)” indic. PD 177 - 2001
- Art. 2.** De la data emiterii prezentului ordin își încetează aplicabilitatea prevederile Ordinului MT 332/23.02.1998 de aplicare a „Instrucțiunilor tehnice departamentale pentru dimensionarea sistemelor rutiere rigide și nerigide” indic. PD 177-76.
- Art. 3.** Aducerea la îndeplinire a prezentului Ordin revine DRDP 1-7 și CESTRIN.



ADMINISTRAȚIA NAȚIONALĂ A DRUMURILOR

NORMATIV

PENTRU DIMENSIONAREA SISTEMELOR RUTIERE SUPLE ȘI SEMIRIGIDE (Metoda analitică)

INDICATIV PD 177-2001

Elaborat de:

- SEARCH CORPORATION

VICEPREȘEDINTE TEHNIC:
DIRECTOR DEPARTAMENT:
ȘEF PROIECT:
VERIFICATOR:

Ing. Ștefan HĂRĂȚĂU
Ing. David SUCIU
Dr.ing. Georgeta FODOR
Ing. Camelia CĂPITANU

CUPRINS

NORMATIV PENTRU DIMENSIONAREA SISTEMELOR RUTIERE SUPLE ȘI SEMIRIGIDE (Metoda analitică). INDICATIV AND

1. Prevederi generale	41
2. Principii de dimensionare	42
3. Stabilirea traficului de calcul	43
4. Stabilirea capacității portante la nivelul patului drumului	46
5. Alegerea alcătuirii sistemului rutier	50
6. Analiza sistemului rutier la solicitarea osiei standard	59
7. Stabilirea comportării sub trafic a sistemului rutier	65
8. Exemple de calcul	69

Anexa 1. Referințe	76
---------------------------------	-----------

Anexa 2.

1. Coeficienți de evoluție a traficului rutier	77
2. Coeficienți de echivalare în osii standard	77

Anexa 3. Programul pentru calculul tensiunilor și deformațiilor specifice în sistemele rutiere în România - CALDEROM 2000

1. Generalități	78
2. Ipoteze de calcul	78
3. Mod de rezolvare a problemei mecanice	79
4. Datele de intrare	80
5. Utilizarea practică a programului CALDEROM 2000	81
6. Exemple de calcul	82

1. PREVEDERI GENERALE

1.1. Prezentul normativ se referă la metoda analitică de dimensionare a sistemelor rutiere suple și semirigide.

Domeniul de aplicare

1.2. Prevederile normativului se aplică la dimensionarea sistemelor rutiere pentru:

- construcții de drumuri noi, drumuri expres, autostrăzi și străzi;
- modernizări de drumuri pietruite existente;
- lucrări de reabilitare a drumurilor (lărgirea părții carosabile, benzi suplimentare de circulație, variante), la drumurile din clasele tehnice I, II și III.

Pentru drumuri din clasele tehnice IV și V, aplicarea prezentului normativ este facultativă. În acest caz se adoptă structuri rutiere conform Catalogului de structuri tip pentru drumuri publice, elaborat de CESTRIN.

1.3. Sistemele rutiere dimensionate conform prezentului normativ se verifică din punctul de vedere al rezistenței la acțiunea fenomenului de îngheț - dezgheț, conform prevederilor STAS 1709 / 2.

1.4. Terminologie, conform STAS 4032 / 1, cu următoarele completări:

- **anul modernizării drumului** - anul în care se face amenajarea complexă a drumului, prin executarea și a unui sistem rutier cu îmbrăcăminte modernă (sistem rutier suplu sau semirigid);
- **fisurare reflectivă** - procesul de transmitere la suprafața părții carosabile a fisurilor de contracție hidraulică sau termică din straturile alcătuite din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici. În cazul ranforsărilor drumurilor existente, acest proces se poate referi la transmiterea la suprafața noii îmbrăcăminti bituminoase a fisurilor și/sau a crăpăturilor existente în vechea îmbrăcămintă rutieră;

Elaborat de:
SEARCH CORPORATION

Aprobat de:
MINISTERUL TRANSPORTURILOR
ADMINISTRAȚIA NAȚIONALĂ A DRUMURILOR,
cu avizul nr. 93/1088/18.12.2000

- **perioada de perspectivă** - perioada de timp, exprimată în ani, pentru care se stabilește traficul de calcul al sistemului rutier;
- **sector omogen** - sector de drum caracterizat concomitent prin aceleași date privind traficul de calcul, tipul de pământ, tipul climateric al zonei în care este situat drumul și regimul hidrologic al complexului rutier. Sectorul omogen de drum este caracterizat prin aceeași alcătuire a sistemului rutier;
- **temperatura echivalentă a straturilor bituminose** - temperatura pentru care suma degradărilor produse de solicitările traficului pe parcursul unui an, pentru o distribuție dată a temperaturilor, este egală cu degradările produse de aceeași solicitări ale traficului, dar pentru temperatura constantă, θ_{ech} ($^{\circ}\text{C}$);
- **trafic de calcul** - numărul de osii standard cu sarcina de 115 kN, pe banda de circulație cea mai solicitată, echivalent vehiculelor care vor circula pe drum pe perioada de perspectivă.

1.5. Reglementările tehnice conexe sunt date în anexa 1.

1.6. Acest normativ înlocuiește capitolul III al Instrucțiunilor tehnice departamentale pentru dimensionarea sistemelor rutiere rigide și nerigide, indicativ PD177-76.

2. PRINCIPII DE DIMENSIONARE

2.1 Dimensionarea sistemelor rutiere suple și semirigide se bazează pe îndeplinirea concomitentă a următoarelor criterii:

- pentru sisteme rutiere suple:
 - deformația specifică de întindere admisibilă la baza straturilor bituminose;
 - deformația specifică de compresiune admisibilă la nivelul patului drumului;
- pentru sisteme rutiere semirigide:
 - deformația specifică de întindere admisibilă la baza straturilor bituminose;
 - tensiunea de întindere admisibilă la baza stratului/straturilor din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici;
 - deformația specifică de compresiune admisibilă la nivelul patului drumului.

2.2. Metoda analitică de dimensionare se bazează pe stabilirea unei alcătuirii a sistemului rutier, în conformitate cu prevederile prescripțiilor tehnice în vigoare și verificarea stării de solicitare a acestuia, sub acțiunea traficului de calcul, astfel încât să îndeplinească criteriile de dimensionare menționate la punctul 2.1.

2.3. Pentru dimensionarea sistemelor rutiere suple și semirigide este necesar să se efectueze în prealabil studii, în vederea obținerii următoarelor date:

- compoziția și intensitatea traficului și evoluția în perspectivă a acestuia;
- caracteristicile geotehnice ale pământului de fundare;

- regimul hidrologic al complexului rutier (tipul profilului transversal, modul de asigurare a scurgerii apelor de suprafață, posibilitățile de drenare, nivelul apei freatice).

2.4. Dimensionarea sistemului rutier comportă următoarele etape:

- stabilirea traficului de calcul, conform capitolului 3;
- stabilirea capacității portante la nivelul patului drumului, conform capitolului 4;
- alegerea unei alcătuirii a sistemului rutier, conform capitolului 5;
- analiza sistemului rutier la solicitarea osiei standard, conform capitolului 6;
- stabilirea comportării sub trafic a sistemului rutier, conform capitolului 7.

3. STABILIREA TRAFICULUI DE CALCUL

3.1. La dimensionarea sistemelor rutiere suple și semirigide se ia în considerare traficul de calcul corespunzător perioadei de perspectivă, exprimat în osii standard de 115 kN, echivalent vehiculelor care vor circula pe drum.

3.2. Osia standard de 115 kN (o.s.115) prezintă următoarele caracteristici:

- sarcina pe roțile duble: 57,5 kN
- presiunea de contact: 0,625 MPa
- raza suprafeței circulare echivalente suprafeței de contact pneu - drum: 0,171 m

3.3. Perioada de perspectivă

3.3.1. Perioada de perspectivă va fi indicată de beneficiarul lucrării. Ea se stabilește în cadrul primei faze de proiectare, avându-se în vedere atât traficul actual cât și evoluția în perspectivă a acestuia.

3.3.2. Se recomandă adoptarea unei perioade de perspectivă de minimum 15 ani în cazul construcțiilor de autostrăzi, de drumuri expres, de drumuri europene și celorlalte categorii de drumuri din clasele tehnice I și II și de minimum 10 ani în cazul drumurilor din clasele tehnice III, IV și V.

3.3.3. În cazul dimensionării sistemelor rutiere de pe benzile de lărgire a părții carosabile a drumurilor existente, la lucrări de reabilitare a acestora, perioada de perspectivă va fi aceeași ca cea care se ia în considerare la dimensionarea structurilor de ranforsare ale sistemului rutier existent.

3.4. Compoziția și intensitatea traficului.

3.4.1. Compoziția și intensitatea traficului corespunzătoare unui post de recensământ se aplică pe sectorul de drum aferent aceluși post conform sectorizării rețelei făcută cu ocazia ultimului recensământ general al circulației.

3.4.2. La lucrările rutiere importante, cum sunt construcțiile de drumuri noi, de drumuri expres și de autostrăzi, amenajări de noduri rutiere etc., care impun cunoașterea curenților de circulație pe ansamblul unei rețele de drumuri, datele din

recensământul de circulație vor fi completate, după necesități, prin anchete de circulație, efectuate și prelucrate în cadrul unui studiu de trafic prin care se va simula traficul atât pe drumurile noi cât și pe rețeaua existentă.

3.4.3. Pentru modernizări de drumuri existente se va lua în considerare posibilitatea de atragere a unei părți din traficul de pe drumurile existente în zonă, precum și de pe alte căi de comunicație, ca urmare a creării unor condiții mai avantajoase de circulație (scurtarea duratei de parcurs, reducerea cheltuielilor de transport, creșterea confortului și siguranței circulației).

Aceste redistribuiri ale circulației sunt rezultate dintr-un studiu de trafic pentru rețeaua/sectoarele de drumuri din zona în cauză.

3.4.4. În cazul străzilor și în cel al drumurilor județene, comunale și vicinale, în situația în care pe tronsonul de drum supus modernizării nu a funcționat nici un post de recensare sau se anticipează redistribuiri de trafic, este recomandabil să se efectueze un studiu de trafic pentru stabilirea intensității medii zilnice anuale actuale și de perspectivă a traficului și a compoziției acestuia.

3.5. Evoluția în perspectivă a traficului rutier

3.5.1. Coeficienții minimali de evoluție, stabiliți pe baza ultimului recensământ general de circulație pentru perioada 1995...2015, pe grupe de vehicule sunt dați în anexa 2. Valorile acestor coeficienți de evoluție vor fi reactualizate după fiecare recensământ general de circulație de către Administrația Națională a Drumurilor (AND).

3.5.2. La proiectarea lucrărilor importante de drumuri de clasă tehnică I, II și după caz III se impune stabilirea evoluției în perspectivă a traficului în cadrul unui studiu de trafic. Acest studiu necesită determinarea evoluției acestuia pe tipuri de trafic: local, de origine, de destinație și de tranzit, prin examinarea surselor generatoare ale acestora.

Odată estimat prin ancheta de circulație origine-destinație (O/D) traficul generat/atras către fiecare zonă de trafic din teritoriul de influență al drumului prin procedee specifice de modelare matematică a traficului se pun în evidență curenții de circulație (matricele de trafic O/D) și se afectează traficul pe rețeaua rutieră actuală și de viitor.

Înlocuind în modelul de trafic calculat pentru situația actuală potențialele de trafic actual generat/atras de fiecare zonă cu cele de prognoză și modelând rețeaua rutieră de perspectivă prin introducerea tronsoanelor de drumuri noi se vor obține valorile fluxurilor de trafic de perspectivă prin proceduri specifice de afectare a traficului pe rețea.

La stabilirea traficului de calcul de perspectivă se vor avea în vedere atât compoziția traficului cât și variația acestuia în timp explicitându-se în final valorile

de trafic pe categorii de vehicule la nivelul traficului mediu zilnic anual (MZA) pentru diferite orizonturi de timp.

3.5.3. Studiile de trafic pentru drumurile europene supuse modernizării sau pe alte drumuri deschise traficului greu trebuie să ia în considerare prezența în compoziția traficului a autovehiculelor cu sarcină pe osie cuprinsă între 100 kN și 115 kN, ca urmare a creșterii limitei maxime a tonajelor pe osia simplă de la 10,0 t la 11,0 t, în cazul autovehiculelor cu suspensie pneumatică care vor circula pe aceste drumuri, în conformitate cu prevederile Legii 82/1998 de aprobare a Ordonanței Guvernului nr. 43/1997 privind regimul drumurilor.

3.6. Coeficienții de echivalare în osii standard a diferitelor tipuri de autovehicule.

3.6.1. Coeficienții de echivalare în osii standard de 115 kN stabiliți pe baza rezultatelor ultimului recensământ general de circulație sunt prezentați în tabelul 2 din anexa 2.

3.6.2. Valorile acestor coeficienți vor fi reactualizate de către AND după fiecare recensământ general de circulație sau ca urmare a studiilor de trafic efectuate.

3.7. Stabilirea traficului de calcul

3.7.1. Traficul de calcul se exprimă în milioane de osii standard de 115 kN (m.o.s.) și se stabilește pe baza structurii traficului mediu zilnic anual în posturile de recensare aferente sectorului de drum, cu relația:

$$N_c = 365 \times 10^{-6} \times p_p \times c_{rt} \times \sum_{k=1}^5 n_{ki} \times \frac{p_{kR} + p_{kF}}{2} \times f_{ek} \quad (\text{m.o.s.}) \quad (1)$$

în care:

N_c - traficul de calcul;

365 - numărul de zile calendaristice dintr-un an;

p_p - perioada de perspectivă, în ani;

c_{rt} - coeficientul de repartizare transversală, pe benzi de circulație și anume:
- pentru drumuri cu două și trei benzi de circulație $c_{rt} = 0,50$;
- pentru drumuri cu patru sau mai multe benzi de circulație $c_{rt} = 0,45$.

n_{ki} - intensitatea medie zilnică anuală a vehiculelor din grupa k, conform rezultatelor recensământului de circulație;

p_{kR} - coeficientul de evoluție al vehiculelor din grupa k, corespunzător anului de dare în exploatare a drumului, anul R, stabilit prin interpolare;

p_{kF} - coeficientul de evoluție al vehiculelor din grupa k, corespunzător sfârșitului perioadei de perspectivă luată în considerație (anul F), stabilit prin interpolare;

f_{ek} - coeficientul de echivalare al vehiculelor din grupa k în osii standard de 115 kN, conform anexei 2, tabelul 1;

3.7.2. În cazul în care se dispune de date privind intensitatea traficului mediu zilnic anual în osii standard de 115 kN, actual și de perspectivă, traficul de calcul se stabilește cu relația:

$$N_c = 365 \times 10^6 \times p_p \times c_{rt} \times \frac{n_{o.s.115R} + n_{o.s.115F}}{2} \quad (\text{m.o.s}) \quad (2)$$

în care:

365, p_p și c_{rt} au semnificațiile de mai sus;

$n_{o.s.115R}$ - numărul de osii standard de 115 kN, corespunzător anului de dare în exploatare a drumului (anul R), stabilit prin interpolare;

$n_{o.s.115F}$ - numărul de osii standard de 115 kN, corespunzător sfârșitului perioadei de perspectivă luată în considerare (anul F), stabilit prin interpolare.

3.7.3. În cazul drumurilor pe care recensământul de circulație s-a efectuat pe fiecare bandă de circulație, pentru stabilirea traficului de calcul se vor lua în considerare rezultatele recensământului de pe banda cea mai solicitată. În acest caz, coeficientul de repartiție transversală este $c_{rt} = 1$.

3.7.4. Modificarea perioadei de perspectivă, în vederea corelării acesteia cu data dării în exploatare a drumului, implică recalcularea traficului de calcul și în consecință, redimensionarea sistemului rutier.

4. STABILIREA CAPACITĂȚII PORTANTE LA NIVELUL PATULUI DRUMULUI

4.1. Suportul sistemului rutier este constituit din terasamente alcătuite din pământuri de fundare, în conformitate cu prevederile STAS 2914 și eventual dintr-un strat de formă, în conformitate cu prevederile STAS 12253 și este caracterizat în vederea dimensionării prin caracteristicile de deformabilitate: modulul de elasticitate dinamic și coeficientul lui Poisson.

4.2. Caracteristicile de deformabilitate ale pământului de fundare se stabilesc în funcție de tipul pământului, de tipul climateric al zonei în care este situat drumul și de regimul hidrologic al complexului rutier.

4.2.1. Tipurile de pământ, în conformitate cu STAS 1243, sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1. Tipurile de pământ pe baza clasificării pământurilor

Categoria pământului	Tipul de pământ	Clasificarea pământurilor conform STAS 1243	Indicele de plasticitate Ip%	Granulozitatea		
				Argilă %	Praf %	Nisip %
Necoezive	P ₁	Pietriș cu nisip	sub 10	cu sau fără fracțiuni sub 0,5 mm		
	P ₂		10...20	cu fracțiuni sub 0,5 mm		
Coezive	P ₃	Nisip prăfos, nisip argilos	0...20	0...30	0...50	35...100
	P ₄	Praf, praf nisipos, praf argilos, praf argilos nisipos	0...25	0...30	35...100	0...50
	P ₅	Argilă, argilă prăfoasă, argilă nisipoasă, argilă prăfoasă nisipoasă	peste 15	30...100	0...70	0...70

4.2.2. Repartiția tipurilor climatice pe teritoriul țării este aratăată în harta din figura 1.

4.2.3. Regimul hidrologic se diferențiază astfel:

- regimul hidrologic 1, corespunzător condițiilor hidrologice FAVORABILE, conform STAS 1709/2;
- regimul hidrologic 2, corespunzător condițiilor hidrologice MEDIOCRE și DEFAVORABILE, conform STAS 1709/2, notat:

2a: pentru sectoare de drum situate în rambleu, cu înălțimea minimă de 1,00 m;






2b: pentru sectoare de drum situate:

- în rambleu cu înălțimea sub 1,00 m,
- la nivelul terenului,
- în profil mixt,
- debleu.

4.2.4. Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic sunt prezentate în tabelul 2.

Repartiția după indicele de umiditate I_m a tipurilor climatice

LEGENDA

I_m		tip climateric I
< -20		tip climateric I
$< -20 \dots 0$		tip climateric I
$0 \dots 20$		tip climateric II
> 20		tip climateric III

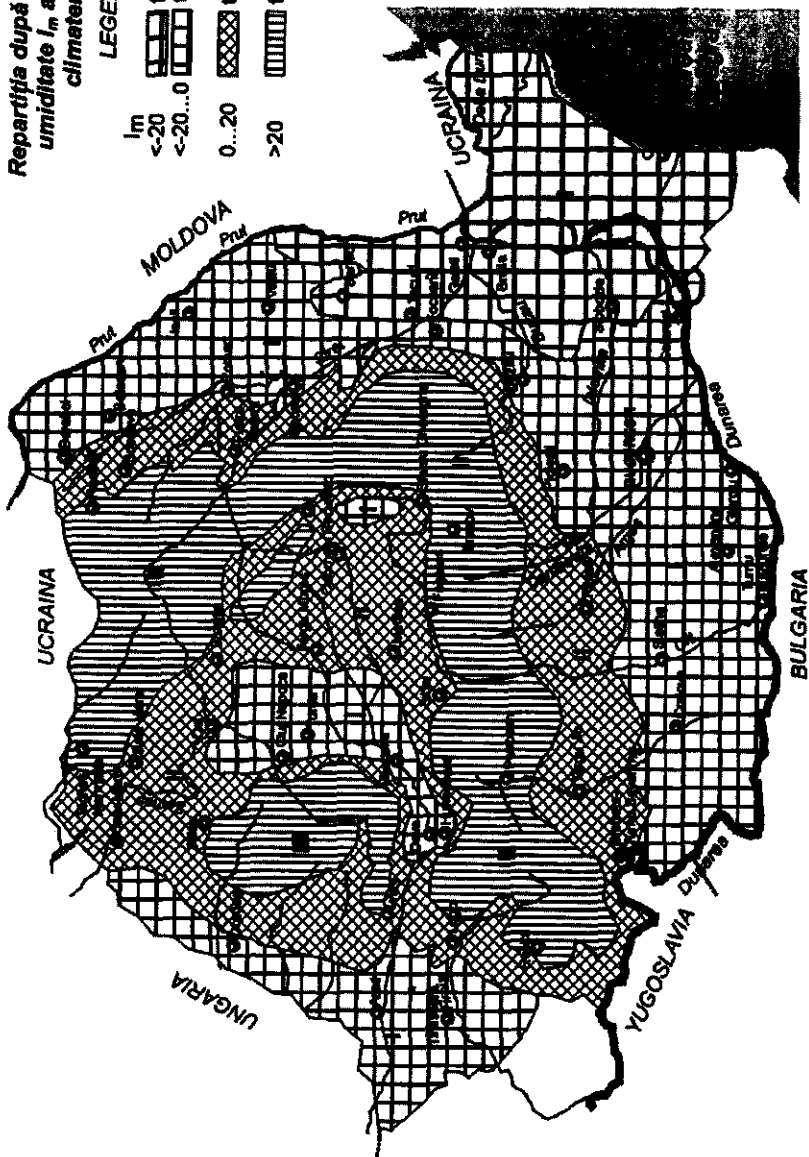


Fig. 1. Harta cu repartiția tipurilor climatice pe teritoriul României

Tabelul 2. Valorile de calcul ale modului de elasticitate dinamic al pământului de fundare

Tipul climateric	Regimul hidrologic	Tipul pământului					
		P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	
		E _p , MPa					
I	1	100	90	70	80	80	
	2a			65		75	
	2b				70	70	
II	1		80	65	70	80	80
	2a						70
	2b						70
III	1	90	60	55	80	80	
	2a					80	
	2b					80	

4.2.5. Valoarea de calcul a coeficientului lui Poisson se stabilește în funcție de tipul pământului, conform tabelului 3.

Tabelul 3. Valorile de calcul ale coeficientului lui Poisson pentru pământuri

Tipul de pământ	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
Coeficientul lui Poisson	0,27	0,30	0,30	0,35	0,42

4.3. În cazul terasamentelor executate din deșeuri de carieră sau din cenușă de termocentrală se recomandă următoarele valori ale caracteristicilor de deformabilitate:

- deșeuri de carieră $E_p = 100 \text{ MPa}$ $\mu = 0,27$
- cenușă de termocentrală $E_p = 50 \text{ MPa}$ $\mu = 0,42$

Pe sectoarele de drum în exploatare pe care rambleurile au fost realizate din aceste materiale se recomandă stabilirea valorilor de calcul ale modului de elasticitate dinamic pe baza rezultatelor măsurărilor de deformabilitate cu deflectometre cu sarcină dinamică.

4.4. Îmbunătățirea capacității portante la nivelul patului drumului se poate face prin prevederea unui strat de formă, în conformitate cu prevederile STAS 12253.

4.4.1. Straturile de forma pot fi alcătuite din:

- materiale necoezive:
 - pământuri necoezive;
 - materiale granulare din pietruiți existente;

- deșeuri de carieră;
- zgura brută de furnal înalt;
- materiale coezive:
 - pământuri coezive tratate cu var;
 - pământuri stabilizate cu zgură granulată și var;
 - pământuri stabilizate cu ciment;
 - agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici.

4.4.2. Modul de alcătuire a stratului de formă se stabilește pe bază de calcule tehnico-economice, în funcție de materialele care alcătuiesc terasamentele, de materialele disponibile în zona drumului și de funcțiile stratului de formă, atât în perioada de execuție a drumului, cât și în cea de exploatare a acestuia.

4.4.3. Caracteristicile de deformabilitate ale materialelor din stratul de formă sunt în funcție de tipul acestora, și anume:

- pentru materialele necoezive:
 - valoarea de calcul a modului de elasticitate dinamic ($E_{s,f}$) este în funcție de cea a materialelor din stratul suport (E_p) și se calculează cu următoarea relație:

$$E_{s,f} = 0,20 \times h_{s,f}^{0,45} \times E_p \quad (\text{MPa}) \quad (3)$$

în care $h_{s,f}$ este grosimea stratului de formă, în mm;

- coeficientul lui Poisson are valoarea 0,27.

- pentru materialele coezive, în conformitate cu tabelul 4.

4.4.4. Pentru folosirea rațională a agregatelor naturale în straturile de fundație se recomandă să se asigure la nivelul patului drumului o capacitate portantă minimă, caracterizată prin valoarea modului de elasticitate dinamic echivalent al sistemului bistrat (strat de formă - pământ de fundare) de min. 80 MPa. Grosimea stratului de formă necesară realizării acestei capacități portante se stabilește cu ajutorul diagramei din figura 2 pentru straturile de formă din materiale necoezive și cu cea din figurile 3, 4, 5 și 6 pentru straturile de formă din materiale coezive, în funcție de modulul de elasticitate dinamic al materialului respectiv.

5. ALEGEREA ALCĂTUIRII SISTEMULUI RUTIER

5.1. Sistemele rutiere a căror dimensionare face obiectul acestui normativ se clasifică în funcție de alcătuire în două tipuri:

- sisteme rutiere suple;
- sisteme rutiere semirigide.

Tabelul 4. Valorile de calcul ale caracteristicilor de deformabilitate pentru materialele coezive din stratul de formă

Denumirea materialului	Modulul de elasticitate dinamic $E_{s.f.}$, MPa	Coefficientul lui Poisson μ
Pământuri coezive tratate cu var:		
- tip P ₃ și P ₄	150	0,35
- tip P ₅	250	0,35
Pământuri coezive stabilizate cu zgură granulată și var	200	0,30
Pământuri stabilizate cu ciment	300	0,27
Agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici:		
- zgură granulată	400	0,27
- cenușă de termocentrală	500	0,27
- tuf vulcanic	400	0,27

5.2. Sistemele rutiere suple, numite și nerigide, comportă o îmbrăcămintă bituminoasă pe straturi de bază și de fundație alcătuite în general din agregate naturale. Variantele de alcătuire, în conformitate cu prevederile STAS 6400 sunt date în tabelul 5.

5.3. Sistemele rutiere semirigide, numite și mixte, comportă o îmbrăcămintă bituminoasă și au în alcătuire cel puțin un strat din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici. Variantele de alcătuire a sistemelor rutiere semirigide, în conformitate cu prevederile STAS 6400, sunt date în tabelul 6.

5.4. Variantele de alcătuire ale sistemelor rutiere suple și semirigide din tabelele 5 și 6 sunt în funcție de clasa tehnică a drumului, definită în conformitate cu prevederile Ordinului M.T. nr. 46/27 ianuarie 1998 pentru aprobarea Normelor tehnice privind stabilirea clasei tehnice a drumurilor publice.

5.5. Încadrarea drumurilor în clase tehnice se face în conformitate cu prevederile normelor precizate la pct. 5.4.

5.6. Tipul de sistem rutier se stabilește în funcție de materialele preponderente în regiune și anume:

- agregatele naturale de carieră, care au o pondere importantă în sistemele rutiere suple;
- agregatele naturale de balastieră, care au o pondere importantă în sistemele rutiere semirigide.

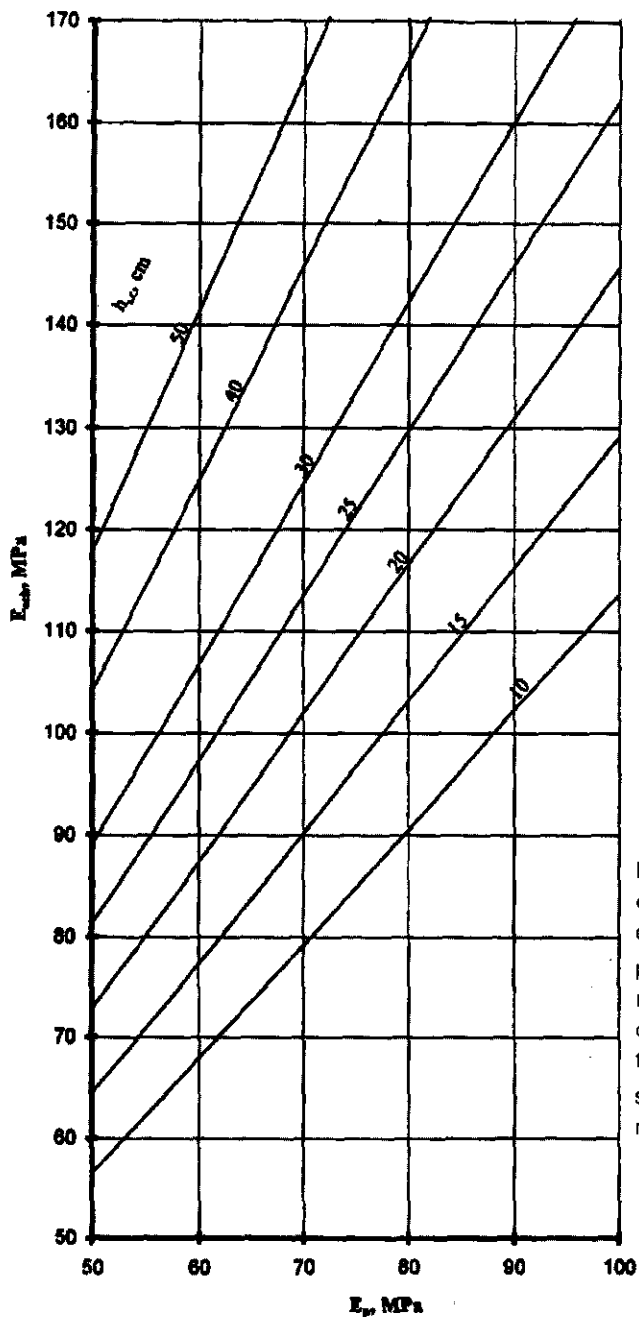


Diagrama de stabilire a modului de elasticitate dinamic echivalent (E_{ech}) la nivelul patului drumului în funcție de modulul de elasticitate dinamic al pământului de fundare (E_p) și de grosimea stratului de formă din materiale necoezive ($h_{s,f}$).

Fig. 2. Strat de forma din materiale necoezive

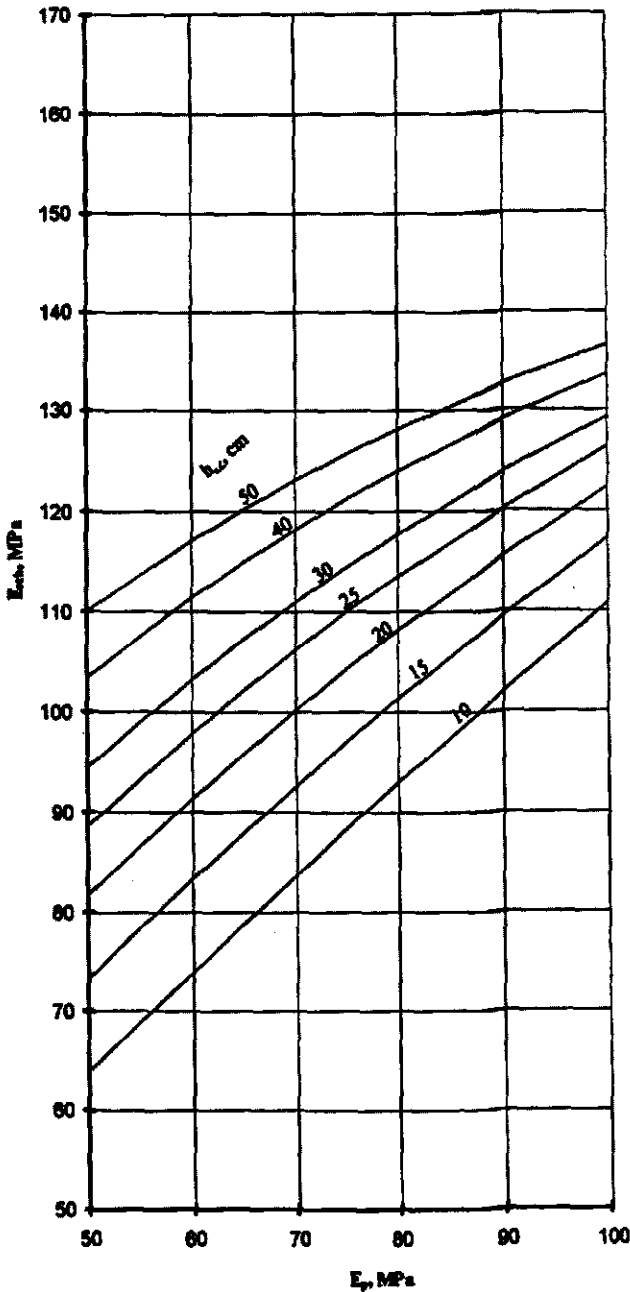


Diagrama de stabilire a modului de elasticitate dinamic echivalent (E_{ech}) la nivelul patului drumului în funcție de modulul de elasticitate dinamic al pământului de fundare (E_p) și de grosimea stratului de formă din pământuri coezive tip P_3 și P_4 tratate cu var ($h_{s,f}$).

Fig. 3a. Strat de forma din pamanturi coezive tip P_3 și P_4 tratate cu var

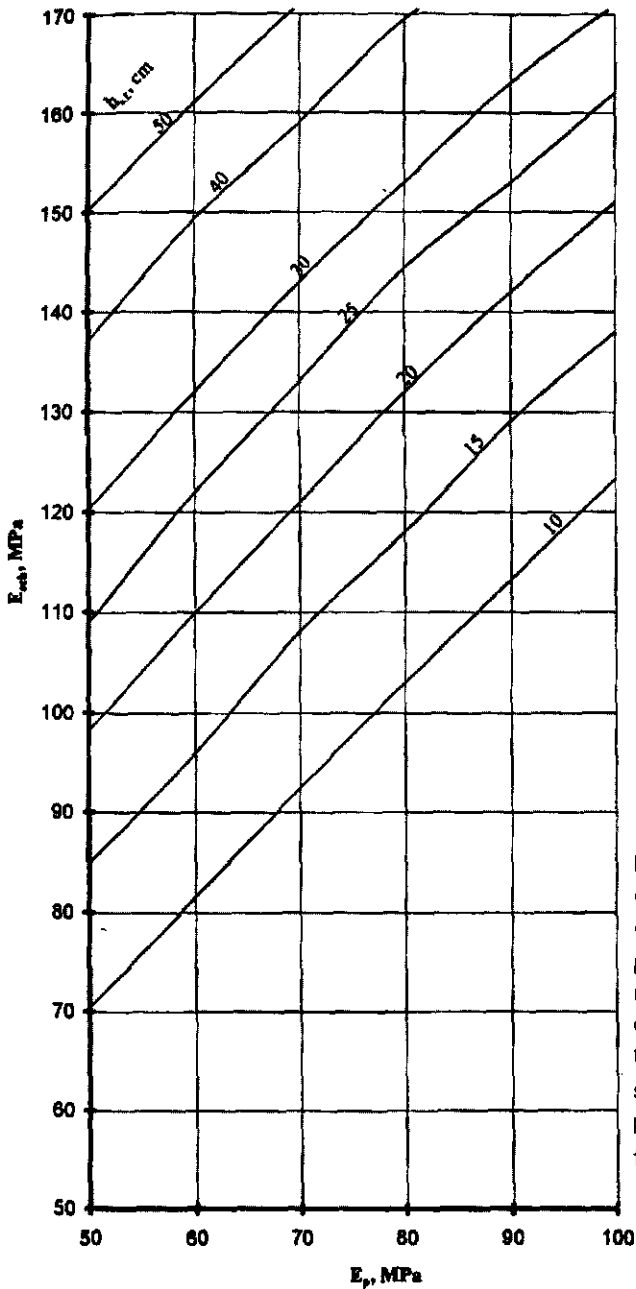


Diagrama de stabilire a modului de elasticitate dinamic echivalent (E_{ech}) la nivelul patului drumului în funcție de modulul de elasticitate dinamic al pământului de fundare (E_p) și de grosimea stratului de formă din pământuri coezive tip P_5 tratate cu var ($h_{s,f}$).

Fig. 3b. Strat de forma din pamânturi coezive tip P_5 tratate cu var

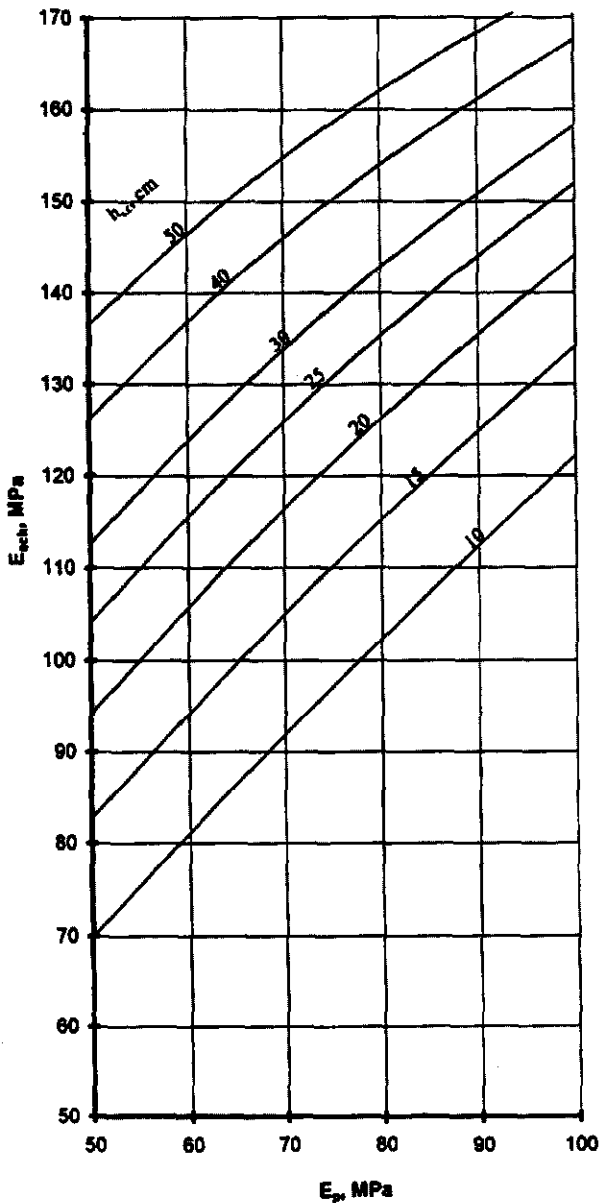


Diagrama de stabilire a modului de elasticitate dinamic echivalent (E_{ech}) la nivelul patului drumului în funcție de modului de elasticitate dinamic al pământului de fundare (E_p) și de grosimea stratului de formă din pământuri coezive stabilizate cu zgură granulată și var ($h_{s,f}$)

Fig. 4. Strat de formă din pământuri coezive stabilizate cu zgură granulată și var

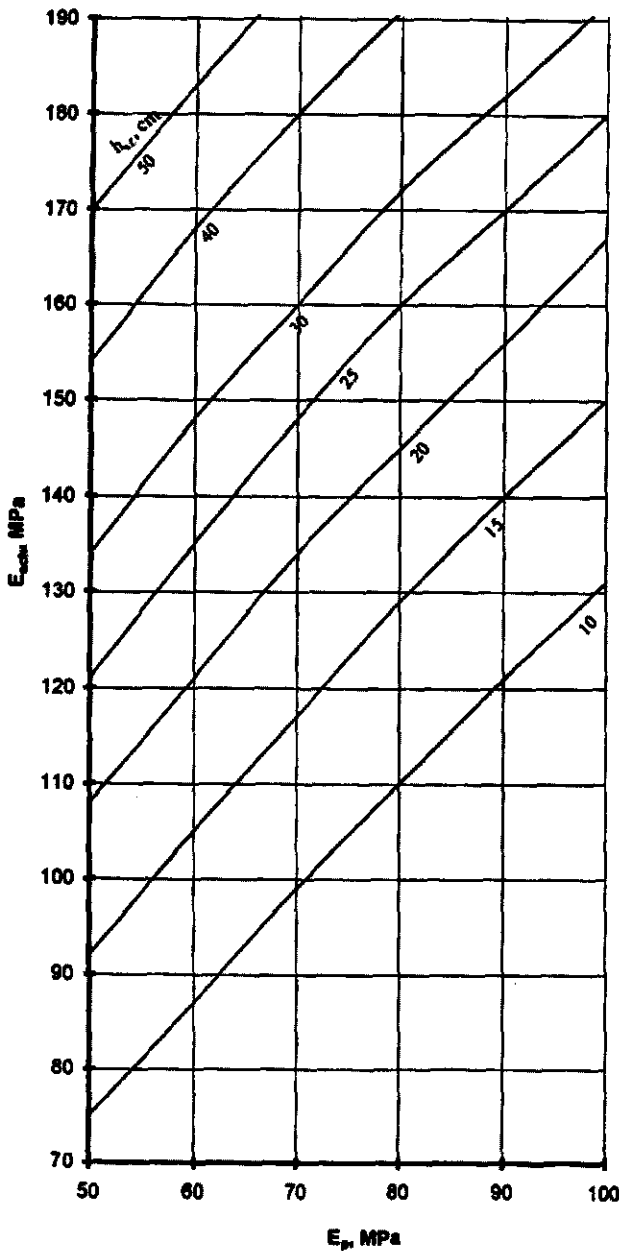


Diagrama de stabilire a modului de elasticitate dinamic echivalent (E_{ech}) la nivelul patului drumului în funcție de modului de elasticitate dinamic al pământului de fundare (E_p) și de grosimea stratului de formă din pământuri stabilizate cu ciment ($h_{s.f.}$)

Fig. 5. Strat de formă din pământuri stabilizate cu ciment

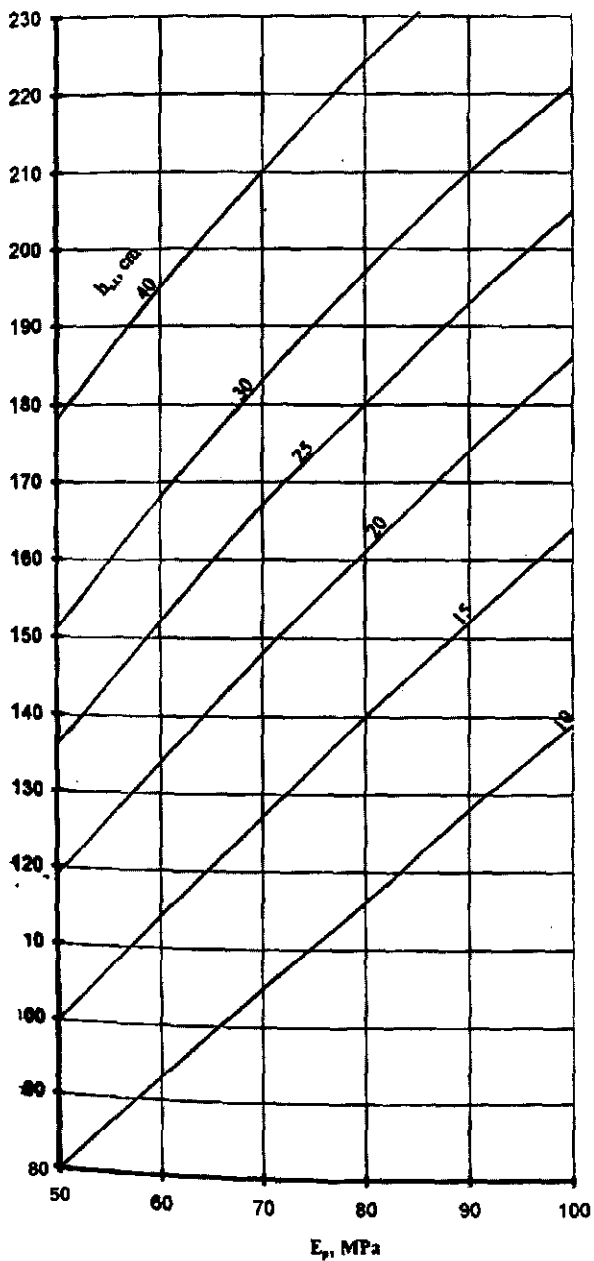


Diagrama de stabilire a modului de elasticitate dinamic echivalent (E_{ech}) la nivelul patului drumului în funcție de modului de elasticitate dinamic al pământului de fundare (E_p) și de grosimea stratului de formă din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici - zgură granulată și tuf vulcanic ($h_{s,f}$).

Fig. 6a. Strat de formă din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici - zgură granulată și tuf vulcanic

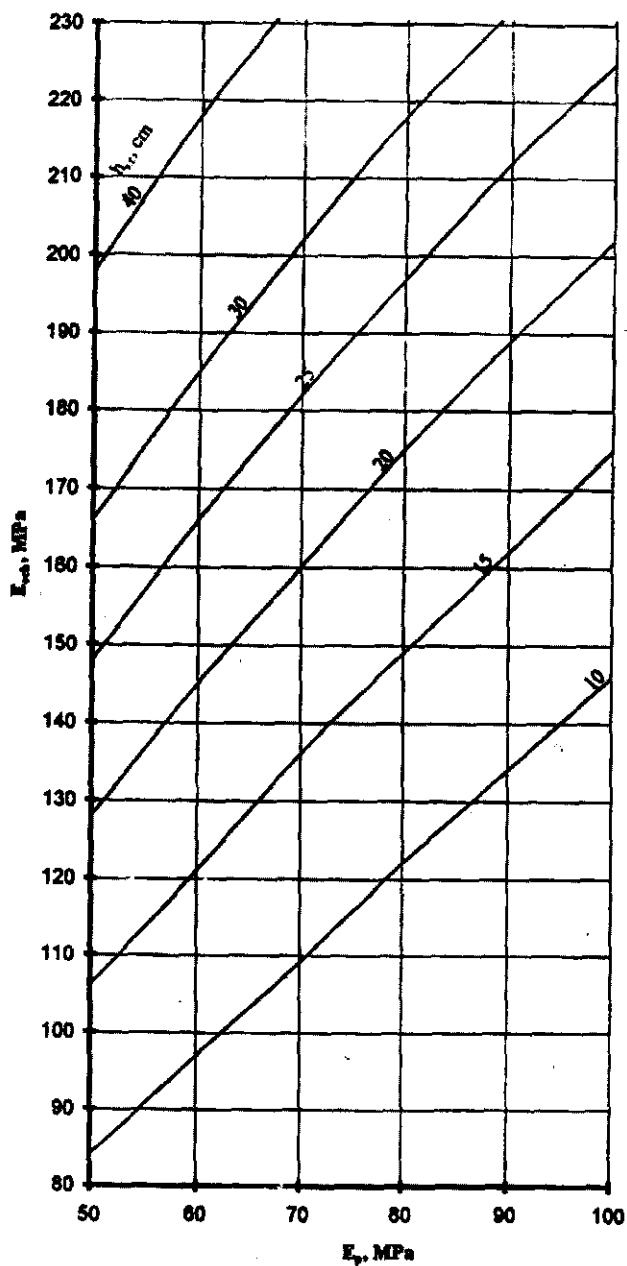


Diagrama de stabilire a modului de elasticitate dinamic echivalent (E_{ech}) la nivelul patului drumului în funcție de modului de elasticitate dinamic al pământului de fundare (E_p) și de grosimea stratului de formă din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici - cenușă de centrală termoelectrică ($h_{s,f}$.)

Fig. 6b. Strat de formă din agregate naturale stabilizate cu liant puzzolanic - cenușă de centrală termoelectrică

5.7 Alcătuirea sistemului rutier și anume, variația pe grosimea acestuia a tipurilor de straturi rutiere și a grosimilor acestora se stabilește luând în considerare următoarele:

- grosimile minime constructive ale diferitelor straturi rutiere, conform prevederilor tabelelor 5 și 6;
- grosimile maxime ale diferitelor straturi rutiere, ținând cont de anumite constrângeri specifice tehnologiilor de execuție;
- reducerea numărului de straturi, respectiv de interfețe, în scopul micșorării riscului apariției unor defecțiuni privind aderența între straturi;
- stabilirea alcătuirii stratului de formă astfel încât, grosimea acestuia să poată fi luată în considerare în dimensionarea structurii rutiere la acțiunea fenomenului de îngheț - dezgheț, în conformitate cu prevederile STAS 1709/2;
- asigurarea unei protecții suficiente față de manifestarea procesului de fisurare reflectivă.

5.8. În cazul modernizării unor drumuri existente, atunci când traseul drumului modernizat coincide cu cel al drumului existent, luarea în considerare a materialelor granulare din pietruirea existentă în alcătuirea complexului rutier se face în funcție de lățimea și grosimea pietruirii, conform prevederilor STAS 6400.

5.8.1. Pietruirea poate constitui un substrat de fundație sau un strat de fundație, numai dacă îndeplinește condițiile tehnice prevăzute în STAS 6400.

5.8.2. În cazul în care pietruirea nu este pe toată lățimea patului drumului, iar grosimea ei este mai mică de 10 cm, nu se ia în considerare în dimensionarea sistemului rutier. Ea se scarifică și se reprofilează pe toată lățimea patului drumului.

5.8.3. În cazul în care pietruirea are o lățime egală cu cea a patului drumului, iar grosimea ei este de minimum 10 cm, ea poate alcătui stratul de formă sau stratul inferior de fundație, care va fi luat în considerare în dimensionarea sistemului rutier.

5.8.4. În cazul în care pietruirea nu este pe toată lățimea patului drumului, dar grosimea ei este mai mare de 10 cm, se sacrifică și se reprofilează, iar grosimea ei după compactare va fi luată în considerare în dimensionarea sistemului rutier.

5.9. Se recomandă adoptarea unei structuri rutiere tip, conform Catalogului de structuri rutiere tip pentru drumuri publice, elaborat de CESTRIN.

6. ANALIZA SISTEMULUI RUTIER LA SOLICITAREA OSIEI STANDARD

6.1. Sistemul rutier supus analizei este caracterizat prin grosimea fiecărui strat rutier și prin caracteristicile de deformabilitate ale materialelor din straturile rutiere

Tabelul 5. Variante de alcătuire a sistemului rutier supl

StratURI de fundajite		Strat de bază			Imbrăcăminte bituminoasă				
Mod de alcătuire	Grosimi minime constructive, cm	Mod de alcătuire	Grosimi minime constructive, cm	I	II	III	IV	V	Grosimi minime constructive, cm
Balast	15	Macadam	8	-	-	-	da	da	
Un strat inferior din balast sau din pământ stabilizat mecanic și un strat superior din balast amestec optimal	10 cm pentru stratul inferior 10 cm pentru stratul superior	Mixtură asfaltică	5	-	-	-	da	da	
		Macadam	8	-	-	-	da	da	
Un strat inferior din balast și un strat superior din piatră spartă mare, sort 63-90 sau piatră spartă amestec optimal	10 cm pentru stratul inferior 12 cm pentru stratul superior	Macadam semipenetrat sau penetrat cu bitum	8	-	da	da	da	-	
		-	-	-	-	-	da	da	
		Macadam	8	-	-	-	da	da	
		Macadam semipenetrat sau penetrat cu bitum	8	-	da	da	da	-	4 cm la covor 8 cm în doua sifratURI
		Mixtură asfaltică	5	da	da	da	da	-	
		-	-	-	-	-	da	-	
		Macadam	8	-	da	da	da	-	
Un strat inferior din balast, un strat mijlociu din blocaj de piatră brută și un strat de egalizare din piatră spartă	10 cm pentru stratul inferior 21 cm pentru stratul mijlociu inclusiv 5 cm nisip) 6 cm pentru stratul de egalizare	Mixtură asfaltică	5	-	da	da	-	-	

Tabelul 6. Variante de alcătuire a sistemului rutier semirigid

StratURI de fundație		Strat de bază		Îmbrăcăminte bituminosă					
Mod de alcătuire	Grosimi minime constructive, cm	Mod de alcătuire	Grosimi minime constructive, cm	I	II	III	IV	V	Grosimi minime constructive, cm
Balast	15	Agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolantici	12	-	-	da	da	da	8* pentru clasele IV și V, 10* pentru clasa III
Un strat inferior din balast și un strat superior din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolantici	10 pentru stratul inferior 12 pentru stratul superior	Mixtură asfaltică	5	da	da	da	da	da	8* pentru clasele III, IV și V 10 pentru clasele I și II
		Platră spartă împănată cu split bitumat	9	-	-	da	da	da	8*
		Agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolantici	12	da	da	da	da	-	8* pentru clasa IV 10* pentru clasa III 13* pentru clasele I și II

Notă: * cu riscul manifestării fisurării reflective

și ale pământului de fundare (modulul de elasticitate dinamic, E , în MPa și coeficientul lui Poisson, μ).

6.2. Valorile de calcul ale caracteristicilor de deformabilitate ale materialelor din suportul sistemului rutier se stabilesc în modul următor:

6.2.1. În cazul în care nu este prevăzut un strat de formă, caracteristicile de deformabilitate sunt cele corespunzătoare materialelor din terasamente, în conformitate cu prevederile cap. 4.

6.2.2. În cazul în care este prevăzut un strat de formă, se stabilește modulul de elasticitate dinamic echivalent al sistemului bistrat (strat de formă - materiale din terasamente), în funcție de tipul stratului de formă, de grosimea acestuia și de valoarea modulului de elasticitate dinamic al pământului de fundare, cu ajutorul figurilor 2...6.

6.2.3. Valoarea de calcul a coeficientului lui Poisson este cea corespunzătoare materialelor din stratul superior al terasamentelor rutiere sau din stratul de formă.

6.3. Caracteristicile de deformabilitate ale balastului sau ale materialelor din pietruirea existentă se stabilesc în modul următor:

- valoarea de calcul a modulului de elasticitate dinamic este în funcție de cea a materialelor din stratul suport (E_p) și se calculează cu relația (3);
- coeficientul lui Poisson are valoarea 0,27;

6.4. Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic și ale coeficientului lui Poisson pentru materialele necoezive din straturile de bază și de fundație se stabilesc conform tabelului 7.

6.5. Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic și ale coeficientului lui Poisson pentru agregatele naturale stabilizate cu lianți hidraulici și puzolanici din straturile de fundație și de bază se stabilesc conform tabelului 8.

6.6. Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic al amestecurilor asfaltice din stratul de bază și din straturile îmbrăcămintei bituminoase sunt în funcție de tipul climateric al zonei în care se încadrează drumul, conform tabelului 9.

6.7. În cazul în care compoziția amestecului asfaltic dintr-un strat va fi diferită de cea din prescripțiile tehnice legale în vigoare, conform tabelului 9, valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic vor fi stabilite cu echipamentul complex pentru testarea în regim dinamic a amestecurilor asfaltice, conform instrucțiunilor tehnice privind determinarea modulului de elasticitate dinamic al amestecurilor asfaltice indicativ AND 542.

Tabelul 7. Valorile de calcul ale caracteristicilor de deformabilitate pentru materialele necoezive din straturile de bază și de fundație

Denumirea materialului	Modul de elasticitate dinamic (E) MPa	Coefficientul lui Poisson (μ)
Macadam semipenetrat sau penetrat	1000	0,27
Macadam	600	0,27
Piatră spartă mare sort 63-90	400	0,27
Piatră spartă, amestec optimal	500*	0,27
Blocaj de piatră brută	300	0,27
Balast, amestec optimal	300*	0,27
Bolovani	200	0,27

* Notă: În cazurile în care aceste materiale alcătuiesc un strat inferior de fundație, modulul de elasticitate dinamic se stabilește conform punctului 6.3

Tabelul 8. Valorile de calcul ale caracteristicilor de deformabilitate pentru agregatele naturale stabilizate cu lianți hidraulici și puzzolanici

Denumirea materialului	Modul de elasticitate dinamic (E) MPa	Coefficientul lui Poisson (μ)
Agregate naturale stabilizate cu ciment		
- pentru strat de bază	1200	0,25
- pentru strat de fundație	1000	0,25
Agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici		
• zgură granulată:		
- pentru strat de bază	1200	0,25
- pentru strat de fundație	700	0,25
• cenușă de termocentrală		
- pentru strat de bază	1800	0,25
- pentru strat de fundație	1100	0,25
• tuf vulcanic		
- pentru strat de bază	1200	0,25
- pentru strat de fundație	750	0,25

6.8. În cazurile în care sistemul rutier are mai mult de patru straturi rutiere, două sau trei straturi rutiere, alcătuite din același tip de materiale (mixtură asfaltică, piatră spartă sau balast) acestea vor fi caracterizate prin:

- grosimea totală a pachetului de straturi, în cm;
- modulul de elasticitate dinamic mediu ponderat (E_m) al pachetului respectiv de straturi rutiere, care se calculează cu relația:

$$E_m = \left[\sum (E_i^{1/3} \times h_i) / \sum h_i \right]^3 \quad (\text{MPa}) \quad (4)$$

în care:

- E_i - modulul de elasticitate dinamic al materialului din stratul i , în MPa;
- h_i - grosimea stratului i , în cm.

Tabelul 9. Valorile de calcul ale caracteristicilor de deformabilitate ale mixturilor asfaltice

Tipul mixturii asfaltice	Tipul stratului	Tip climateric I și II	Tip climateric III	Coeficientul lui Poisson (μ)
		Modul de elasticitate dinamic (E), MPa		
Mixturi asfaltice preparate cu bitum tip D80/100, SR 174/1	uzură	3600	4200	0,35
	legătură	3000	3600	
	bază	5000	5600	
Mixturi asfaltice cu bitum modificat, ind. AND 539	uzură	4000	4500	
	legătură	3500	4000	
Mixturi asfaltice stabilizate cu fibre, ind AND 539: - tip MASF 16, - tip MASF 8.	uzură	3300	4000	
		3000	3600	

În mod obișnuit, straturile bituminoase sunt caracterizate prin modulul de elasticitate dinamic mediu ponderat.

6.9. Analiza sistemului rutier la solicitarea osiei standard comportă calculul deformațiilor specifice și tensiunilor în punctele critice ale complexului rutier, caracterizate printr-o stare de solicitare maximă.

6.9.1. În cazul sistemelor rutiere suple se calculează următoarele:

- deformația specifică orizontală de întindere (ϵ_r) la baza straturilor bituminoase, în microdeformații;
- deformația specifică verticală de compresiune (ϵ_z) la nivelul patului drumului, în microdeformații.

6.9.2. În cazul sistemelor rutiere semirigide se calculează următoarele:

- deformația specifică orizontală de întindere (ϵ_r) la baza straturilor bituminoase, în microdeformații;
- tensiunea orizontală de întindere (σ_r) la baza stratului/straturilor din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici;
- deformația specifică verticală de compresiune (ϵ_z) la nivelul patului drumului, în microdeformații.

6.9.3. Calculele se efectuează cu programul CALDEROM 2000, al cărui suport fizic se găsește pe dischetă, parte integrantă din normativ. Modul de utilizare a programului de calcul CALDEROM 2000 este dat în anexa 3.

6.9.4. Calculele se efectuează în următoarele puncte:

- pentru ϵ_r : la baza straturilor bituminoase
$$z_1 = \sum_{i=1}^n h_{l.m.a.} \quad (\text{cm})$$

în care:

z_1 - adâncimea de la suprafața îmbracamintei unde se determină
deformația, în cm;

$h_{i.b.s.}$ - grosimea fiecărui strat bituminos, în cm;

- pentru σ_r : la baza straturilor din agregate naturale
stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici $z_2 = z_1 + \sum_{i=1}^n h_{i.b.s.}$ (cm)

în care:

$h_{i.b.s.}$ - grosimea fiecărui strat din agregate naturale stabilizate cu lianți
hidraulici sau puzzolanici, în cm;

- pentru ε_z : la nivelul patului drumului $z_3 = H$ (cm)

în care:

H - grosimea totală a sistemului rutier, în cm.

7. STABILIREA COMPORTĂRII SUB TRAFIC A SISTEMULUI RUTIER

7.1. Stabilirea comportării sub trafic a sistemului rutier are drept scop compararea valorilor deformațiilor specifice și tensiunilor calculate conform capitoului 6, cu cele admisibile, stabilite pe baza proprietăților de comportare ale materialelor.

7.2. Se consideră că un sistem rutier poate prelua solicitările traficului, corespunzătoare perioadei de perspectivă luată în considerare, dacă sunt respectate concomitent, toate criteriile de dimensionare prevăzute la punctul 2.1.

7.3. Criteriul deformației specifice de întindere admisibile la baza straturilor bituminoase este respectat dacă rata de degradare prin oboseală (RDO) are o valoare mai mică sau egală cu RDO admisibil.

7.3.1. Rata de degradare prin oboseală se calculează cu relația:

$$RDO = \frac{N_c}{N_{adm.}}$$

în care:

N_c - traficul de calcul în milioane osii standard de 115 kN, (m.o.s.)

$N_{adm.}$ - numărul de solicitări admisibil, în m.o.s., care poate fi preluat de straturile bituminoase, corespunzător stării de deformație la baza acestora.

7.3.2. Numărul de solicitări admisibil, care poate fi preluat de straturile bituminoase, se stabilește cu ajutorul legilor de oboseală a mixturii asfaltice, în funcție de categoria drumului sau a străzii, stabilită în conformitate cu prevederile Normelor privind încadrarea în categorii a drumurilor de interes național aprobate prin Ordinul M.T. nr. 43/1998 și de traficul de calcul și anume, cu relațiile:

a. pentru autostrăzi, drumuri expres, drumuri europene, drumuri și străzi cu trafic de calcul mai mare de 1 m.o.s. (1×10^6 o.s.115):

$$N_{adm.} = 4,27 \times 10^8 \times \epsilon_r^{-3,97} \quad (\text{m.o.s.})$$

b. pentru drumuri și străzi cu trafic de calcul cel mult egal cu 1 m.o.s. (1×10^6 o.s.115):

$$N_{adm.} = 24,5 \times 10^8 \times \epsilon_r^{-3,97} \quad (\text{m.o.s.})$$

7.3.3. Numărul de solicitări admisibil al osiei standard de 115 kN poate să fie stabilit și cu ajutorul diagramei din fig. 7, unde dreptele (6a) și (6b) sunt expresia relațiilor de mai sus.

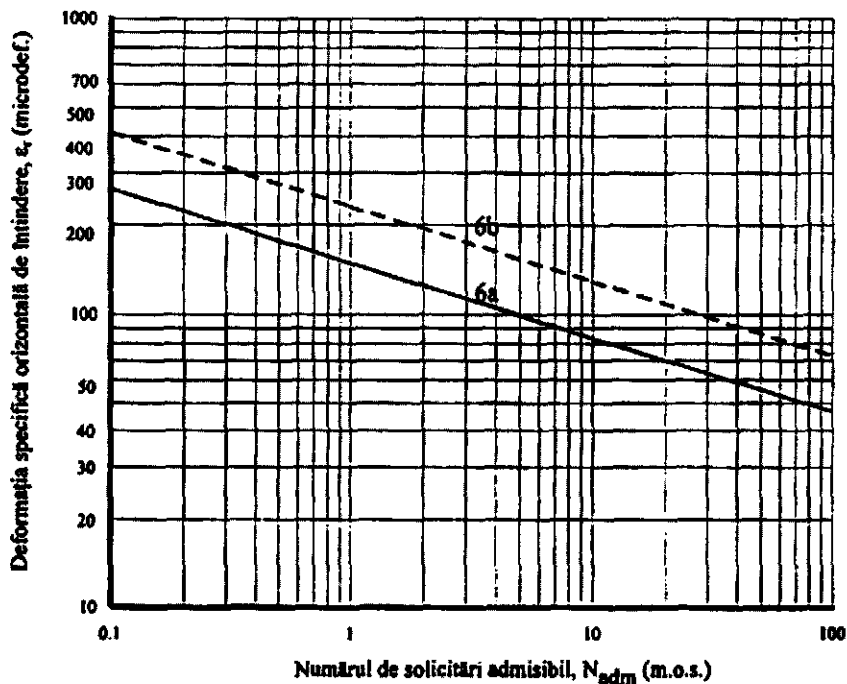


Fig. 7. Diagrama de stabilire a numărului de solicitări admisibil în funcție de deformația specifică orizontală de întindere la baza straturilor bituminoase

7.3.4. Grosimea necesară a straturilor bituminoase este cea pentru care se respectă condiția:

$$RDO \leq RDO \text{ admisibil} \quad (7)$$

în care RDO admisibil are următoarele valori:

- max. 0,80 pentru autostrăzi și drumuri expres;
- max. 0,85 pentru drumuri europene;
- max. 0,90 pentru drumuri naționale principale și străzi;
- max. 0,95 pentru drumuri naționale secundare;
- max. 1,00 pentru drumuri județene și comunale.

Încadrarea în categorii a drumurilor se face în conformitate cu Normele privind încadrarea în categorii a drumurilor de interes național, aprobate prin Ordinul M.T. nr.43/1998.

7.3.5. În cazul în care condiția de la pct.7.3.4 nu este satisfăcută, se repetă calculul ratei de degradare prin oboseală pentru o grosime mai mare a straturilor bituminoase. În general se variază grosimea stratului de bază din mixtura asfaltică (recomandabil din 2 în 2 cm), până ce este respectată condiția de la pct. 7.3.4. Grosimea necesară a straturilor bituminoase se obține prin interpolare, între ultimele două valori consecutive.

7.4. Criteriul tensiunii de întindere admisibilă la baza stratului/straturilor din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici este respectat, dacă este îndeplinită condiția:

$$\sigma_r = \sigma_{r \text{ adm.}} \quad (8)$$

în care:

σ_r - tensiunea orizontală de întindere la baza stratului/straturilor din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici, în MPa, calculată conform pct. 6.9;

$\sigma_{r \text{ adm.}}$ - tensiunea de întindere admisibilă, în MPa, calculată conform pct. 7.4.1.

7.4.1. Tensiunea de întindere admisibilă se calculează cu relația:

$$\sigma_{r \text{ adm.}} = R_f (0,60 - 0,056 \times \log N_c) \quad (9)$$

în care:

R_f - rezistența la întindere a agregatelor naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici, în MPa, conform pct.7.4.2.;

N_c - traficul de calcul, în milioane osii standard de 115 kN.

7.4.2. Rezistența la întindere a agregatelor naturale stabilizate cu lianți hidraulici și puzzolanici este în funcție de tipul stratului și de cel al liantului, conform tabelului 10. Ea este corespunzătoare vârstei de 360 zile a materialului stabilizat.

Tabelul 10. Rezistența la întărire a agregatelor naturale stabilizate cu lianți hidraulici și puzzolanici

Tipul liantului și al stratului	R_f , MPa
Ciment:	
- strat de bază	0,40
- strat de fundație	0,35
Zgură granulată:	
- strat de bază	0,35
- strat de fundație	0,20
Cenușă de termocentrală:	
- strat de bază	0,50
- strat de fundație	0,30
Tuf vulcanic:	
- strat de bază	0,55
- strat de fundație	0,35

7.4.3. În cazul în care sistemul rutier nu satisface acest criteriu, se reface calculul pentru o altă alcătuire a sistemului rutier. Se recomandă îngroșarea stratului din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici și puzzolanici.

7.5. Criteriul deformației specifice verticale admisibile la nivelul pământului de fundare este respectat, dacă este îndeplinită condiția:

$$\epsilon_z \leq \epsilon_{zadm.}$$

în care:

ϵ_z - deformația specifică verticală de compresiune la nivelul pământului de fundare, în microdeformații, calculată conform pct.6.9;

$\epsilon_{z adm.}$ deformația specifică verticală admisibilă la nivelul pământului de fundare, în microdeformații, calculată conform pct.7.5.1.

7.5.1. Deformația specifică verticală admisibilă se calculează cu următoarele relații:

a. pentru autostrăzi, drumuri expres, drumuri europene și drumuri și străzi cu trafic de calcul mai mare de 1 m.o.s.(1x106 o.s.115):

$$\epsilon_{z adm.} = 329 N_c^{-0.27} \quad (\text{microdef.}) \quad (11a)$$

b. pentru drumuri și străzi cu trafic de calcul cel mult egal cu 1 m.o.s.(1x106 o.s.115):

$$\epsilon_{z adm.} = 600 N_c^{-0.28} \quad (\text{microdef.}) \quad (11b)$$

7.5.2. Deformația specifică verticală admisibilă se poate stabili și cu ajutorul diagramei din figura 8 unde dreptele 11a și 11b sunt expresia relațiilor de mai sus.

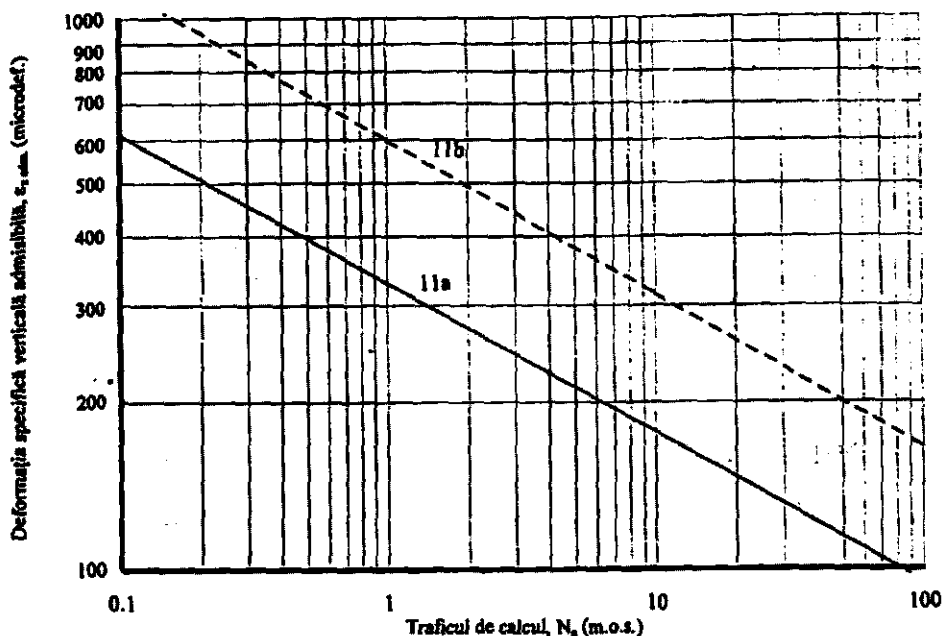


Fig. 8 Diagrama de stabilire a deformației specifice verticale admisibile la nivelul pământului de fundare în funcție de traficul de calcul

7.5.3. În cazul în care condiția de la pct. 7.5. nu este îndeplinită, se modifică alcătuirea sistemului rutier. Se recomandă îngroșarea stratului de fundație din balast până la grosimea de 30 cm, iar dacă nici în aceste condiții sistemul rutier nu respectă această condiție, se majorează și grosimea straturilor bituminoase.

8. EXEMPLE DE CALCUL

8.1. Exemplul 1. Dimensionarea unui sistem rutier suplu pentru o variantă nouă a unui drum european.

8.1.1. Datele problemei

Se cere să se stabilească alcătuirea sistemului rutier pe o variantă nouă a unui drum european.

Drumul este situat într-o regiune de tip climateric II, în care sursele de agregate naturale de carieră sunt la distanțe relativ reduse față de traseul drumului.

Terasamentele rutiere sunt în rambleu, cu o înălțime de maximum 1,00 m. Pământul de fundare este alcătuit din prafuri și prafuri argiloase, în conformitate cu STAS 1243.

Caracteristicile traficului rutier sunt cele corespunzătoare postului de recenzie situat pe drumul european, înainte de intrare în variantă. Astfel, recensământul general de circulație din anul 1995 a evidențiat următoarea compoziție zilnică a traficului:

- 350 autocamioane și derivate cu 2 osii
- 80 autocamioane și derivate cu 3 osii
- 312 autocamioane și derivate cu peste 3 osii
- 66 autobuze
- 94 remorci

Perioada de perspectivă a drumului a fost stabilită de beneficiarul lucrării de 15 ani (2000 - 2015).

8.1.2. Stabilirea traficului de calcul

Se stabilește traficul de calcul, conform cap.3, cu ajutorul datelor din tabelul 11.

Tabelul 11

Grupa de vehicule	n_{k95}	P_{k99}	P_{k09}	$P_{k99}+P_{k09}$	f_{ek}	Produsul col. 1 x col.4 x col.5 o.s. 115
0	1	2	3	2	5	6
Autocamioane și derivate cu 2 osii	350	1,2	2,6	1,9	0,30	200
Autocamioane și derivate cu 3 osii	80	1,0	1,4	1,2	0,44	42
Autocamioane și derivate cu peste 3 osii	312	1,2	2,5	1,85	1,61	929
Autobuze	66	1,3	3,1	2,2	0,64	93
Remorci	94	1,2	3,0	2,1	0,06	12
Total o.s. 115						1276

Rezultă următorul trafic de calcul, conform relației (1):

$$N_c = 365 \times 10^6 \times 15 \times 0,5 \times 1276 = 3,49 \text{ m.o.s.}$$

8.1.3. Stabilirea capacității portante la nivelul patului drumului.

Pământul de fundare, alcătuit din prafuri și prafuri argiloase se încadrează în tipul P_4 , conform tabelului 1.

Sectorul de drum fiind situat în rambleu, cu o înălțime de maximum 1,00 m, regimul hidrologic este 2a, conform pct. 4.2.3.

Corespunzător tipului climateric II și regimului hidrologic 2a, valoarea de calcul a modulului de elasticitate dinamic al pământului de fundare este 80 MPa, conform tabelului 2, iar valoarea de calcul a coeficientului lui Poisson este 0,35, conform tabelului 3.

8.1.4. Alegerea alcătuirii sistemului rutier

Dat fiind existența în regiune a surselor de agregate naturale de carieră se alege un sistem rutier suplă, cu strat de bază din mixtură asfaltică și strat superior de fundație din piatră spartă, amestec optimal. Grosimile straturilor rutiere și va-

lorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic și ale coeficientului lui Poisson sunt date în tabelul 12.

Tabelul 12

Denumirea materialului din strat	Varianta I	Varianta II	E, MPa	μ
	h, cm			
Beton asfaltic pentru strat de uzură	4	4	3600*	0,35*
Beton asfaltic pentru strat de legătură	4	4	3000*	0,35*
Mixtură asfaltică pentru strat de bază	12	14	5000	0,35*
Piatră spartă amestec optimal	22	22	500**	0,27**
Balașt	30	30	208***	0,27***
Pământ de fundare	∞	∞	80	0,35

Nota: * conform pct. 6.6

** conform pct. 6.4

*** conform pct. 6.3

Sistemul rutier și pământul de fundare reprezentând 6 straturi, se reduc la 5 straturi, prin luarea în considerare a îmbrăcăminții bituminoase cu grosimea de 8 cm, cu o valoare a modulului de elasticitate dinamic mediu ponderat de 3300 MPa.

8.1.5. Analiza sistemului rutier la solicitarea osiei standard

Se calculează următoarele componente ale deformației:

- ϵ_r , în microdeformații, la baza straturilor bituminoase;

- ϵ_z , în microdeformații, la nivelul patului drumului.

Rezultatele sunt date în tabelul 13.

Tabelul 13

VARIANTA	1	2
ϵ_r microdef.	113	103
ϵ_z microdef.	230	210
$N_{adm. m.o.s.}$	3,02	4,36
RDO	1,16	0,80

8.1.6. Stabilirea comportării sub trafic a sistemului rutier

Se calculează cu relația (6a) numărul de solicitări admisibil care poate fi preluat de straturile bituminoase în cele două variante privind grosimea stratului de bază din mixtura asfaltică și valorile RDO. Astfel, conform tabelului 13, varianta de alcătuire cu 14 cm strat de bază conduce la RDO = 0,80, deci este îndeplinită condiția de la pct. 7.3.4. În cazul în care se adoptă o grosime a stratului de bază de 13 cm, se obține prin interpolare $N_{adm.} = 3,61$ m.o.s., și RDO = 0,97, deci aceeași grosime nu verifică condiția RDO = max.0,85.

Se calculează cu relația (11a) deformația specifică verticală admisibilă la nivelul patului drumului. Se compară valoarea obținută de 235 microdef. cu valoarea calculată de 210 microdef. și se constată că este îndeplinită condiția $\epsilon_z \leq \epsilon_{z \text{ adm.}}$.

Se analizează și varianta de alcătuire a sistemului rutier, micșorând la 25 cm grosimea stratului de fundație din balast, parametri de calcul fiind dați în tabelul 14.

Tabelul 14

Denumirea materialului din strat	Varianța I	E, MPa	μ
	h, cm		
Beton asfaltic pentru strat de uzură	4	3600*	0,35*
Beton asfaltic pentru strat de legătură	4	3000*	0,35*
Mixtură asfaltică pentru strat de bază	14	5000	0,35*
Piatră spartă amestec optimal	22	500**	0,27**
Balast	25	208***	0,27***
Pământ de fundare	∞	80	0,35

Nota: * conform pct. 6.6

** conform pct. 6.4

*** conform pct. 6.3

Valorile calculate ale deformațiilor specifice sunt date în tabelul 15.

Tabelul 15

VARIANTA	I
ϵ_r microdef.	104
ϵ_z microdef.	232
$N_{\text{adm. m.o.s.}}$	4,20
RDO	0,83

Din examinarea acestui tabel rezultă că grosimea stratului de fundație din balast poate fi redusă la 25 cm, fiind respectate ambele criterii de dimensionare.

Rezultă următoarea alcătuire a sistemului rutier:

8 cm îmbrăcăminte bituminoasă;

14 cm strat de bază din mixtură asfaltică;

22 cm strat superior de fundație din piatră spartă, amestec optimal;

25 cm strat inferior de fundație din balast.

8.2. Exemplul 2. Dimensionarea unui sistem rutier semirigid pe banda de lărgire a părții carosabile.

8.2.1. Datele problemei

Se cere să se stabilească alcătuirea sistemului rutier pe benzile de lărgire a părții carosabile a unui drum național principal, în cadrul acțiunii de reabilitare a acestuia.

Drumul este situat într-o regiune de tip climateric II, în care sursele de agregate naturale de balastieră sunt la distanțe relativ reduse de traseul drumului.

Terasamentele rutiere sunt la nivelul terenului și în debleu. Pământul de fundare este alcătuit din argile prăfoase, în conformitate cu STAS 1243.

Caracteristicile traficului rutier sunt cele corespunzătoare postului de recensare situat pe sectorul respectiv de drum. Astfel, recensământul general de circulație din anul 1995 a evidențiat următoarea compoziție zilnică a traficului:

- 689 autocamioane și derivate cu 2 osii
- 207 autocamioane și derivate cu 3 osii
- 139 autocamioane și derivate cu peste 3 osii
- 80 autobuze
- 111 remorci

Perioada de perspectivă a drumului a fost stabilită de beneficiarul lucrării de 15 ani (2002 - 2017).

8.2.2. Stabilirea traficului de calcul

Se stabilește traficul de calcul, conform cap.3, cu ajutorul datelor din tabelul 16.

Tabelul 16

Grupa de vehicule	n_{k95}	P_{k02}^*	P_{k17}^*	$(P_{k02}+P_{k17}) \times 0,5$	f_{ek}	Produsul col. 1 x col. 4 x col. 5 o.s. 115
0	1	2	3	4	5	6
Autocamioane și derivate cu 2 osii	689	1,32	2,84	2,08	0,30	430
Autocamioane și derivate cu 3 osii	207	1,04	1,48	1,26	0,44	115
Autocamioane și derivate cu peste 3 osii	139	1,36	2,70	2,03	1,02	288
Autobuze	80	1,50	3,38	2,44	0,64	125
Remorci	111	1,40	3,28	2,34	0,06	16
Total o.s. 115						974

Nota: * obținuți prin extrapolare din anexa 2, tabelul 1.

Rezultă următorul trafic de calcul, conform relației (1):

$$N_c = 365 \times 10^6 \times 15 \times 0,5 \times 974 = 2,67 \text{ m.o.s.}$$

8.2.3. Stabilirea capacității portante la nivelul patului drumului.

Pământul de fundare, alcătuit din argile prăfoase, se încadrează, conform tabelului 1, în tipul P_5 .

Sectorul de drum având terasamentele la nivelul terenului și în debleu, este caracterizat printr-un regim hidrologic 2b, conform pct. 4.2.3.

Corespunzător tipului climateric II și regimului hidrologic 2b, valoarea de calcul a modulului de elasticitate dinamic al pământului de fundare este 70 MPa, conform tabelului 2, iar valoarea de calcul a coeficientului lui Poisson este 0,42, conform tabelului 3.

Necesitatea execuției în casete a sistemului rutier impune adoptarea unei grosimi cât mai reduse a acestuia. Pe acest considerent, se adoptă soluția de tratare cu var a pământului, pe o grosime de 20 cm, care constituie stratul de formă, caracterizat în conformitate cu tabelul 4 prin valoarea de calcul a modului de elasticitate dinamic, $E_{s,f} = 250 \text{ MPa}$ și a coeficientului lui Poisson, $\mu = 0,35$.

Se stabilește modulul de elasticitate dinamic echivalent al sistemului strat de formă - pământ din terasamente, care în conformitate cu figura 3 este 122 MPa. Se adoptă valoarea coeficientului lui Poisson corespunzătoare pământului tratat cu var și anume, 0,35.

8.2.4. Alegerea alcătuirii sistemului rutier

Dat fiind existența în regiune a surselor de agregate naturale de balastieră, se alege un sistem rutier semirigid, cu strat de bază din mixtură asfaltică și strat superior de fundație din agregate naturale stabilizate cu ciment. Grosimile straturilor rutiere și valorile de calcul ale modului de elasticitate dinamic și ale coeficientului lui Poisson sunt date în tabelul 17.

Tabelul 17

Denumirea materialului din strat	Varianța I	Varianța II	E, MPa	μ
	h, cm			
Beton asfaltic pentru strat de uzură	4	4	3600*	0,35*
Beton asfaltic pentru strat de legătură	4	4	3000*	0,35*
Mixtură asfaltică pentru strat de bază	5	6	5000	0,35*
Agregate naturale stabilizate cu ciment	20	20	1000**	0,25**
Balast	25	25	293***	0,27***
Materiale strat suport	∞	∞	122	0,35

Notă: * conform pct. 6.6

** conform pct. 6.4

*** conform pct. 6.3

Sistemul rutier și pământul de fundare reprezentând 6 straturi, se reduc la 5 straturi, prin luarea în considerare a îmbrăcăminții bituminoase cu grosimea de 8 cm, cu o valoare a modului de elasticitate dinamic mediu ponderat de 3300 MPa.

8.2.5. Analiza sistemului rutier la solicitarea osiei standard

Se calculează următoarele componente ale deformației specifice și ale tensiunii:

- ϵ_r , în microdeformații, la baza straturilor bituminoase;
- σ_r , în MPa, la baza stratului din agregate naturale stabilizate cu ciment;
- ϵ_z , în microdeformații, la nivelul patului drumului.

Rezultatele sunt date în tabelul 18.

Tabelul 18

VARIANTA	1	2
ϵ_r microdef.	91,9	91,6
σ_r MPa	0,146	0,139
ϵ_z microdef.	257	246
N_{adm} , m.o.s.	6,86	6,95
RDO	0,39	0,38

8.2.6. Stabilirea comportării sub trafic a sistemului rutier

Se calculează cu relația (6a) numărul de solicitări admisibil care poate fi preluat de straturile bituminoase în cele două variante privind grosimea stratului de bază din mixtura asfaltică și valorile RDO. Astfel, conform tabelului 18, ambele variante de alcătuire conduc la valori ale ratei de degradare prin oboseală mai mici de 0,90, deci este îndeplinită condiția de la pct. 7.3.4.

Se calculează cu relația (9), tensiunea de întindere admisibilă a agregatelor naturale stabilizate cu ciment și anume:

$$\sigma_{r adm.} = 0,35 (0,60 - 0,056 \log 2,67) = 0,202 \text{ MPa}$$

Din examinarea valorilor calculate ale tensiunii orizontale de întindere la baza stratului stabilizat, se constată că ambele variante de alcătuire ale sistemului rutier semirigid respectă criteriul de dimensionare prevăzut la acest nivel.

Se calculează cu relația (11a) deformația specifică verticală admisibilă la nivelul patului drumului și anume:

$$\epsilon_{z adm.} = 329 \times 2,67^{-0,27} = 252 \text{ microdef.}$$

Se compară această valoare cu cele calculate, din tabelul 18. Astfel, se constată că numai pentru a doua variantă a sistemului rutier, cu 6 cm strat de bază din mixtură asfaltică, este îndeplinită condiția $\epsilon_z \leq \epsilon_{z adm.}$.

Grosimea totală a straturilor bituminoase de 14 cm va încetini procesul de transmitere la suprafață a fisurilor de contracție din stratul stabilizat cu ciment.

Rezultă următoarea alcătuire a sistemului rutier:

- 8 cm îmbrăcăminte bituminoasă;
- 6 cm strat de bază din mixtură asfaltică;
- 20 cm strat superior de fundație din agregate naturale stabilizate cu ciment;
- 25 cm strat inferior de fundație din balast.

REFERINTE

- Ordinul M.T. nr.43/1998 Norme privind încadrarea în categorii a drumurilor de interes național.
- Ordinul M.T. nr.45/1998 Norme tehnice privind proiectarea, construirea și modernizarea drumurilor.
- Ordinul M.T. nr.46/1998 Norme tehnice privind stabilirea clasei tehnice a drumurilor publice.
- SR 174-1: 97 Lucrări de drumuri. Îmbrăcăminți bituminoase cilindrate executate la cald. Condiții tehnice de calitate.
- STAS 1243-88 Teren de fundare. Clasificarea și identificarea pământurilor.
- STAS 1709/1-90 Acțiunea fenomenului de îngheț - dezgheț la lucrări de drumuri. Adâncimea de îngheț în complexul rutier. Prescripții de calcul.
- STAS 1709/2-90 Acțiunea fenomenului de îngheț - dezgheț la lucrări de drumuri. Prevenirea și remedierea degradărilor din îngheț - dezgheț. Prescripții tehnice.
- STAS 2914 - 84 Lucrări de drumuri. Terasamente. Condiții tehnice generale de calitate
- STAS 4032 /1 - 90 Lucrări de drumuri. Terminologie
- STAS 6400 - 84 Lucrări de drumuri. Stratouri de bază și de fundație. Condiții tehnice generale de calitate
- STAS 7970-2000 Lucrări de drumuri. Stratouri de bază din mixturi bituminoase cilindrate executate la cald. Condiții tehnice generale de calitate.
- STAS 12253 - 84 Lucrări de drumuri. Stratouri de formă. Condiții tehnice generale de calitate
- AND 539 - 98 Instrucțiuni tehnice pentru realizarea mixturilor asfaltice stabilizate cu fibre de celuloză, destinația executării îmbrăcăminților bituminoase rutiere
- AND 542 - 98 Instrucțiuni tehnice privind determinarea modulului de elasticitate dinamic al mixturilor asfaltice
- AND 549 - 99 Normativ privind îmbrăcămințile bituminoase cilindrate la cald realizate cu bitum modificat cu polimeri

1. Coeficienți de evoluție a traficului rutier

Coeficienții de evoluție a traficului rutier, pe grupe de autovehicule, pentru perioada 1995 - 2015 sunt dați în tabelul 1.

Tabelul 1. Coeficienții minimali de evoluție a traficului rutier

Anul	Grupa de vehicule				
	Autocamioane cu 2 osii	Autocamioane cu 3 osii	Autocamioane cu peste 3 osii	Autobuze	Remorci
1995	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2000	1,2	1,0	1,2	1,3	1,2
2005	1,5	1,1	1,6	1,8	1,7
2010	2,0	1,2	2,0	2,4	2,3
2015	2,6	1,4	2,5	3,1	3,0

2. Coeficienți de echivalare în osii standard

Coeficienții de echivalare în osii standard de 115 kN sunt dați în tabelul 2.

Tabelul 2. Coeficienții de echivalare în osii standard de 115 kN

Grupa de vehicule	Vehicul reprezentativ		Coeficienți de echivalare în osii standard de 115 kN
	Tip	Sarcini pe osie	
Autocamioane și derivate cu 2 osii	R8135	45kN + 80kN	0,30
Autocamioane și derivate cu 3 osii	R19215	62kN + 2 x 80kN	0,44
Autocamioane și derivate cu peste 3 osii	10ATM2	62kN + 100kN + 2 x 80kN	1,02
	19ATM2*	62kN + 2 x 80kN + 100kN + 100kN	1,61
Autobuze	R111RD	50kN + 100kN	0,64
Remorci	2R5A	48kN + 48kN	0,06

* Vehicul reprezentativ pentru echivalarea traficului pe drumurile internaționale (E)

Notă: Valorile din tabelele 1 și 2 sunt obținute pe baza recensământului general de circulație din anul 1995. Ele vor fi reactualizate după fiecare recensământ de circulație.

PROGRAMUL PENTRU CALCULUL TENSIUNILOR ȘI DEFORMAȚIILOR SPECIFICE ÎN SISTEMELE RUTIERE ÎN ROMÂNIA - CALDEROM 2000

1. GENERALITĂȚI

1.1. Programul CALDEROM 2000 și suportul fizic al acestuia, care se găsește pe dischetă, fac parte integrantă din Normativul pentru dimensionarea sistemelor rutiere suplă și semirigide.

1.2. Acest program se utilizează la calculul tensiunilor și al deformațiilor specifice în sistemele rutiere, sub solicitarea statică a semiosiei standard de 57,5 kN.

1.3. Programul se bazează pe rezolvarea analitică, cu ajutorul modelului Burmister, a stării de tensiune și de deformație sub sarcină a sistemului rutier.

1.4. Pentru sisteme rutiere suplă pentru calculul deformațiilor specifice poate fi utilizat și programul CALDEROM.

2. IPOTEZE DE CALCUL

2.1. Sistemul rutier este solicitat de o sarcină circulară cu presiunea verticală uniformă, reprezentând greutatea semiosiei standard cu roți gemene, transmisă pe o suprafață circulară echivalentă suprafeței de contact pneu - drum.

Caracteristicile sarcinii și anume:

- sarcina pe roțile gemene: 57,5 kN;
- presiunea de contact: 0,625 MPa;
- raza suprafeței de contact: 17,1 cm,

constituite date primare, constante, ale programului CALDEROM 2000.

2.2. Sistemul rutier este considerat un mediu multistrat (maximum cinci straturi), în care fiecare strat rutier este considerat un solid elastic liniar, izotrop și omogen, infinit în plan orizontal și cu grosime finită, cu excepția pământului de fundare, considerat semiinfinit.

2.3. Între straturile rutiere există aderență.

2.4. Punctele de calcul ale tensiunilor și deformațiilor specifice sunt situate într-un profil vertical în centrul sarcinii, la limita între straturi.

2.5. Calculul tensiunilor și al deformațiilor specifice se efectuează în conformitate cu prevederile cap. 6 din normativ, în următoarele puncte:

- la partea inferioară a straturilor bituminose;
- la partea inferioară a stratului/straturilor din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici;
- la partea inferioară a structurii rutiere (la nivelul patului drumului).

3. MODUL DE REZOLVARE A PROBLEMEI MECANICE

3.1. Problema mecanică constă din verificarea echilibrului sub o sarcină exterioră a unui solid elastic liniar izotrop.

3.2. Ecuațiile de echilibru și relațiile existente între tensiunile și deformațiile specifice, conform mecanicii mediilor continue, într-un profil axisimetric, au următoarele expresii:

$$\nabla^2(r,z) = 0$$

în care Δ este operatorul bi-armonic, cu următoarea expresie:

$$\nabla^2 = \left(\frac{\delta^2}{\delta r^2} + \frac{1}{r} \times \frac{\delta}{r} + \frac{\Delta^2}{\delta z} \right)^2$$

3.3. Modelarea structurii după Burmister într-un mediu alcătuit din straturi elastice liniare izotrope conduce la rezolvarea pentru fiecare din acestea, a ecuațiilor:

$$\nabla^2(r,z) = 0$$

3.4. În coordonate axisimetrice se obțin pentru sarcina de calcul următoarele rezultate:

- tensiunile: $\sigma_r(r,z)$, $\sigma_\theta(r,z)$, $\sigma_z(r,z)$ și $\tau_{rz}(r,z)$, conform figurii 1;
- deplasările orizontale $u(r,z)$ și verticale $v(r,z)$;
- deformațiile specifice corespunzătoare.

Componentele tensorului de tensiune σ și de deformație specifică ϵ în $r\theta$ și θz sunt nule și deci, nu se calculează.

3.5. Ipoteza elasticității liniare a modelului permite de a suprapune într-un reper axisimetric efectele diferitelor solicitări, în termeni de:

- tensiune: σ_r , σ_z ;
- deformație specifică: ϵ_r , ϵ_z

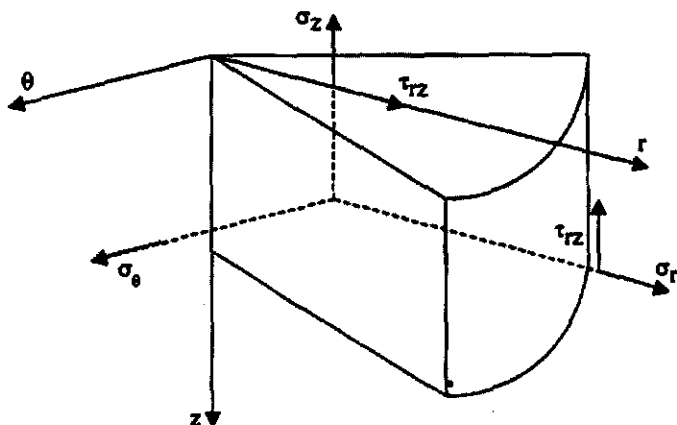


Fig. 1. Rezultatele în reper axisimetric ale tensiunilor

4. DATELE DE INTRARE

4.1. Numărul straturilor reprezintă straturile sistemului rutier plus pământul de fundare.

4.2. Caracteristicile straturilor bituminoase care alcătuiesc îmbrăcămintea, eventual și stratul de bază din mixtură asfaltică, considerate stratul 1, sunt:

- grosimea totală estimată (minim 8 cm), în cm;
- modulul de elasticitate dinamic mediu ponderat, în MPa, calculat conform pct 6.8. din normativ;
- coeficientul lui Poisson.

4.3. Caracteristicile fiecărui strat rutier existent - straturile 2...4 - sunt:

- grosimea, în cm;
- modulul de elasticitate dinamic, în MPa;
- coeficientul lui Poisson.

4.4. Caracteristicile de deformabilitate ale terenului (pământului) de fundare sau ale sistemului strat de formă teren de fundare - stratul 5 - sunt:

- modulul de elasticitate dinamic, în MPa;
- coeficientul lui Poisson.

Valorile acestor caracteristici sunt conform cap 4 și 6 din normativ.

Se menționează că în cazul în care sistemul rutier are mai mult de 4 straturi (inclusiv pământul de fundare), două sau trei straturi rutiere, alcătuite din materiale granulare, pot fi caracterizate prin:

- grosimea totală a acestora, în cm;

- modulul de elasticitate dinamic mediu ponderat, calculat cu relația:

$$E_m = [\sum (E_i^{1/3} \times h_i) / \sum h_i]^3 \quad (\text{MPa})$$

în care:

- E_i - modulul de elasticitate dinamic al materialului din stratul i , în MPa;
 h_i - grosimea stratului i , în cm.

4.5. Adâncimile de calcul ale tensiunilor și deformațiilor specifice sunt:

- la baza straturilor bituminoase, în cm;
- la baza stratului/straturilor din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici, în cm;
- la nivelul patului drumului, în cm.

4.6. Un exemplu de date de intrare este dat în cap.6 din anexa.

5. UTILIZAREA PRACTICĂ A PROGRAMULUI CALDEROM 2000

5.1. Conținutul dischetei

Discheta conține următoarele fișiere:

- un fișier executabil: **calderom2000.exe**;
- un fișier necesar rulării programului: **dosxmsf.exe**;
- un fișier cu date de ieșire: **rezultat.dat**.

5.2. Instalarea programului

Se creează un director numit CALDEROM 2000, în care se copiază fișierele de la pct.5.1.

5.3. Rularea programului

5.3.1. Se lansează în execuție fișierul executabil: calderom2000.exe.

5.3.2. Datele de intrare se introduc în mod interactiv, conform pct.4.

5.3.3. După rularea corectă a fișierului calderom2000.exe, se generează fișierul de date de ieșire rezultat.dat, care poate fi tipărit.

5.3.4. Fișierul de date de ieșire rezultat.dat conține următoarele date, conform exemplului din cap.6 din anexă:

- denumirea drumului;
- sectorul omogen investigat;
- recapitularea datelor primare privind caracteristicile sarcinii;
- recapitularea datelor de intrare privind caracteristicile straturilor rutiere;
- rezultatele calculelor efectuate și anume:

R - distanța punctului de calcul față de profilul longitudinal, care este în toate cazurile egal cu 0 cm, conform ipotezei de calcul;

Z - adâncimea, în cm, a punctelor de calcul;

ATENȚIE: În cazul sistemelor rutiere suple, fără strat din agregate naturale stabilizate cu ciment, adâncimea de calcul la baza acestui strat este 0.

ATENȚIE: Semnul - înseamnă că punctul de calcul este la baza stratului; semnul + înseamnă că punctul de calcul este la partea superioară a stratului de dedesubt.

DEFORMAȚIA ORIZONTALĂ, în microdeformații;

ATENȚIE: În calculele de dimensionare este utilizată deformația specifică orizontală de întindere calculată la baza straturilor bituminoase. În exemplul din cap.6 din anexă, pentru $Z = -16,00$ cm, DEFORMAȚIA ORIZONTALĂ DE ÎNTINDERE este $.142E+03$, ceea ce înseamnă $\epsilon_r = 142$ microdeformații.

TENSIUNEA SPECIFICĂ ORIZONTALĂ, în MPa;

ATENȚIE: În calculele de dimensionare este utilizată tensiunea specifică orizontală de întindere calculată la baza stratului/straturilor din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolani. În exemplul din cap.6 din anexă, pentru $Z = -36,00$ cm, TENSIUNEA SPECIFICĂ ORIZONTALĂ este $.793E - 01$, ceea ce înseamnă $\epsilon_r = 0.079$ MPa.

DEFORMAȚIA SPECIFICĂ VERTICALĂ, în microdeformații;

ATENȚIE: În calculele de dimensionare este utilizată deformația specifică verticală calculată la nivelul patului drumului. În exemplul din cap.6 din anexă, pentru $Z = 71,00$ cm, DEFORMAȚIA SPECIFICĂ VERTICALĂ este $.231E+03$, ceea ce înseamnă $\epsilon_z = 231$ microdeformații.

6. EXEMPLU DE CALCUL

DRUM: DN 55

Sector omogen: km 20+500 - 22+800

Parametrii problemei sunt:

Sarcina.....57.50 kN

Presiunea pneului.....0.625 MPa

Raza cercului.....17.11 cm

Stratul 1:	Modulul 3300. MPa,	Coeficientul Poisson .350,	Grosimea 8.00 cm
Stratul 2:	Modulul 3000. MPa,	Coeficientul Poisson .350,	Grosimea 8.00 cm
Stratul 3:	Modulul 600. MPa,	Coeficientul Poisson .270,	Grosimea 20.00 cm
Stratul 4:	Modulul 250. MPa,	Coeficientul Poisson .270,	Grosimea 35.00 cm
Stratul 5:	Modulul 100. MPa,	Coeficientul Poisson .300 și e semifinit	

REZULTATE:

R	Z	σ_r	ϵ_r	ϵ_z
cm	cm	MPa	microdef	microdef
.0	-16.00	.519E+00	.142E+03	-.204E+03
.0	16.00	.242E-01	.142E+03	-.437E+03
.0	-36.00	.793E-01	.130E+03	-.197E+03
.0	36.00	.168E-01	.130E+03	-.337E+03
.0	-71.00	.216E-01	.861E+02	-.131E+03
.0	71.00	.322E-02	.861E+02	-.231E+03

ROMANIA
MINISTERUL TRANSPORTURILOR
ADMINISTRATIA NAȚIONALĂ A DRUMURILOR

B-dul Dinicu Golescu, 38, 77113 București, sector 1
Tel.: 0-040-1-212.62.01; Fax: 0-040-1-312.09.84

ORDINUL
DIRECTORULUI GENERAL AL A.N.D.

nr. 9
din 27 ianuarie 1999

În temeiul Hotărării Guvernului nr. 1275 din 8.12.1990, privind regulamentul de organizare și funcționare al Administrației Naționale a Drumurilor, cu modificările ulterioare, în baza Contractului de Management nr. 4121 / 1994, încheiat cu Ministerul Transporturilor, Dănilă Bucșa - manager al Administrației Naționale a Drumurilor - R.A., emite următorul

ORDIN:

- Art. 1.** Se aprobă „Normativul pentru execuția tratamentelor bituminoase cu emulsie bituminoasă cationică pe bază de bitum modificat cu polimeri” - ind. AND 555 - 99
- Art. 2.** Punerea în aplicare a prezentului normativ revine DRDP 1-7 și CESTRIN.



CUPRINS

CAPITOLUL	PAGINA
1. Generalități	88
1.1 Obiect și domeniu de aplicare	88
1.2 Prevederi generale	89
1.3 Definiții și terminologie	89
1.4 Referințe	90
2. Condiții tehnice	91
2.1 Caracteristicile tratamentului bituminos executat	91
2.2 Materiale	91
2.3 Dozaje	93
3. Prevederi generale de execuție	94
3.1 Utilaje și echipamente	94
3.2 Fazele tehnologice de execuție	96
3.3 Programarea și pregătirea execuției	96
3.4 Pregătirea stratului suport	97
3.5 Execuția tratamentului bituminos	97
4. Controlul calității lucrărilor	99
4.1 Controlul calității materialelor înainte de execuție	99
4.2 Controlul execuției tratamentului bituminos	100
4.3 Controlul calității tratamentului bituminos executat	101
5. Recepția lucrărilor	102
5.1 Recepția la terminarea lucrărilor	102
5.2 Recepția finală	102

ADMINISTRAȚIA NAȚIONALĂ A DRUMURILOR

NORMATIV

**pentru execuția tratamentelor bituminoase cu emulsie
bituminoasă cationică pe bază de bitum
modificat cu polimeri**

INDICATIV AND 555 - 99

Elaborat de S.C . INSTITUTUL DE CERCETĂRI ÎN TRANSPORTURI INCERTRANS S.A.

Șef departament
DRUMURI ȘI AEROPORTURI
Responsabil contract:
Grup de lucru:

Colaboratori:

MANAGER GENERAL

dr. ing. Viorel PÂRVU

ing. Tatiana DIMA
chim. Olga ACHIMESCU
ing. Elena MIERLĂ
fiz. Floriada GULUȚĂ
ing. Nadia POPESCU

ing. Ioan CUNCEV

1. GENERALITĂȚI

1.1. Obiect și domeniu de aplicare

1.1.1. Prezentul Normativ se referă la condițiile de realizare și recepție a tratamentelor bituminoase executate cu emulsie bituminoasă cationică pe bază de bitum modificat cu polimeri.

1.1.2. Tratamentele bituminoase cu emulsii bituminoase cationice pe bază de bitum modificat cu polimeri din prezentul normativ, se aplică pe drumurile publice cu trafic mai mare de 3501 vehicule efective (fizice) în 24 ore, respectiv pe următoarele clase tehnice (tabelul 1) prevăzute de Norma tehnică privind stabilirea clasei tehnice a drumurilor publice - aprobată prin Ordinul Ministrului Transporturilor nr. 46/27.01.1998:

Tabel 1

Clasa tehnică a drumului public	Denumirea intensității traficului	Caracteristicile traficului
		Intensitatea medie anuală în 24 de ore exprimată în număr de vehicule efective
I	foarte intens	16000
II	intens	8001...16000
III	mediu	3501...8000

Acest tip de tratament se recomandă a se aplica pe drumurile care prezintă: eforturi tangențiale, variații climatice mari.

1.1.3. Tratamentele bituminoase cu emulsii bituminoase cationice pe bază de bitum modificat cu polimeri asigură o îmbunătățire considerabilă a aderenței față de stratul suport și o durabilitate sporită, comparativ cu tratamentele bituminoase executate cu liant fără polimeri, datorită adaosului de polimeri care conduce în general la:

- reducerea susceptibilității termice;
- îmbunătățirea comportării la temperaturi scăzute și ridicate;
- creșterea aderenței liant-agregat;
- comportare elastică a liantului.

Elaborat de: S.C. INCERTRANS S.A.	Aprobat de: MINISTERUL TRANSPORTURILOR ADMINISTRAȚIA NAȚIONALĂ A DRUMURILOR, cu avizul nr. 93/606/22.06.98
---	--

1.1.4. Tratamentele bituminoase din prezentul normativ se aplică pe îmbrăcămințile bituminoase pentru tratarea următoarelor tipuri de defecțiuni prevăzute de Normativul pentru prevenirea și remedierea defecțiunilor la îmbrăcămințile moderne CD 98-86:

- suprafață lunecoasă;
- suprafață poroasă;
- suprafață cu ciupituri.

Suprafața lunecoasă a îmbrăcăminții bituminoase prezintă rugozitate insuficientă, sub valorile minime admisibile prevăzute de reglementările tehnice în vigoare.

Suprafața poroasă a îmbrăcăminții bituminoase se prezintă în general de culoare mai deschisă, cu pori, care uneori se pot observa cu ochiul liber, iar după ploaie rămâne timp îndelungat umedă.

Suprafața cu ciupituri a îmbrăcăminții bituminoase prezintă o serie de gropițe cu diametrul în jurul a 20 mm, adâncimea lor putând atinge grosimea stratului de uzură.

1.1.5. Tratamentele bituminoase au ca scop sporirea rugozității suprafeței de rulare, etanșarea stratului de uzură, regenerarea îmbrăcăminții bituminoase, stoparea transformării ciupiturilor în gropi în cazul suprafețelor lunecoase, poroase și respectiv cu ciupituri, care pun în pericol siguranța circulației.

1.1.6. Lucrările prevăzute în prezentul normativ se aplică în scopul prevenirii extinderii degradărilor îmbrăcăminților bituminoase și asigurării siguranței circulației.

1.1.7. Tratamentele bituminoase nu măresc capacitatea portantă a drumului.

1.2. Prevederi generale

1.2.1. Tratamentele bituminoase prevăzute în prezentul Normativ se execută la rece, din agregate naturale prelucrate și emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă, pe bază de bitum modificat cu polimeri.

1.2.2. Tratamentele bituminoase pot fi:

- simple, executate într-un singur strat;
- duble, executate în două straturi;

Alegerea tipului de tratament bituminos se efectuează în funcție de clasa tehnică a drumului și de starea tehnică a stratului suport conform tabelului 2.

Tabelul 2

Nr. crt.	Tipul îmbrăcăminții	Clasa tehnică	Starea tehnică a stratului suport	Tipul tratamentului
1.	Îmbrăcămințe bituminoasă	1 - II	suprafață lunecoasă	Tratamentul simplu cu criblură
		1 - II	suprafață poroasă sau cu ciupituri	Tratament dublu cu criblură
		III	suprafață lunecoasă	Tratament simplu cu criblură sau pietriș concasat
			suprafață poroasă sau cu ciupituri	Tratament dublu cu criblură

1.2.3. Tratamentele bituminoase cu emulsie bituminoasă cationică pe bază de bitum modificat cu polimeri prevăzute în acest normativ se execută în perioada mai - septembrie cu condiția ca temperatura atmosferică să fie minim + 15°C.

Tratamentele bituminoase se execută pe suprafața uscată sau umedă. Ele nu se execută pe timp de ploale.

1.3. Definiții și terminologie

1.3.1. Tratamentul bituminos simplu este tratamentul executat într-un strat, care constă în răspândirea cu utilaje speciale a unei pelicule continue și uniforme de emulsie bituminoasă cationică urmată imediat de răspândirea unui strat de criblură și cilindrare.

1.3.2. Tratamentul bituminos dublu este tratamentul executat în două straturi, cu utilaje speciale, conform pct. 1.3.1, cu precizarea că primul strat se execută cu sort mare (8...16) de agregat natural, iar al doilea strat cu sort mic (3...8) de agregat natural.

1.3.3. Bitumul pur este bitumul neparafinos pentru drumuri, provenit din țițeiuri neparafinoase selecționate folosit la execuția straturilor bituminoase, conform reglementărilor tehnice în vigoare.

1.3.4. Emulsia bituminoasă cationică pe bază de bitum modificat în sensul prezentului normativ, este o dispersie de bitum în apă, particule de ordinul micronilor în prezența unui emulgator și a unui polimer, preparată în instalații speciale, cu caracteristici fizico-chimice specifice.

1.3.5. În înțelesul prezentului normativ emulsia bituminoasă cationică cu rupere rapidă pe bază de bitum modificat cu polimeri va fi notată pe scurt: EBmCR.

1.4. Referințe

Reglementările tehnice la care se fac referiri în cuprinsul prezentului normativ sunt următoarele:

- | | |
|-------------------|---|
| 1. STAS 42-68 | Bitumuri. Determinarea penetrației. |
| 2. SR 61: 1997 | Bitumuri. Determinarea ductilității |
| 3. STAS 595-87 | Lucrări de drumuri. Tratamente bituminoase. Condiții tehnice generale de calitate. |
| 4. STAS 662-89 | Lucrări de drumuri. Agregate naturale de balastieră. |
| 5. SR 667 | Agregate naturale de piatră prelucrată pentru drumuri. Condiții tehnice generale de calitate. |
| 6. STAS 730-89 | Agregate naturale pentru lucrări de căi ferate și drumuri. Metode de încercare |
| 7. STAS 4032/1-90 | Lucrări de drumuri. Terminologie |
| 8. STAS 4606-80 | Agregate naturale grele pentru mortare și betoane cu lianți minerali. Metode de încercare. |
| 9. STAS 8849-83 | Lucrări de drumuri. Rugozitatea suprafețelor de rulare. Metode de măsurare. |
| 10. STAS 8877-72 | Emulsii bituminoase cationice cu rupere rapidă pentru lucrări de drumuri. |

11. STAS 10969/2-83 Lucrări de drumuri. Adezivitatea emulsiilor bituminoase față de agregate naturale.
12. AND 547-99 Normativ pentru prevenirea și remedierea defecțiunilor la îmbrăcămințile moderne.
13. AND nr. 538-98 Metodologie de determinare a caracteristicilor bitumului modificat utilizat la execuția lucrărilor de drumuri.
14. AND nr. 537-98 Normativ privind caracteristicile tehnice ale bitumului neparafinos pentru drumuri.
15. Norma tehnică pentru stabilirea clasei tehnice a drumurilor publice. Ordinul Ministerului Transporturilor nr. 46/27.01.1998.
16. Norma franceză T66-017. Emulsii de bitum. Determinarea indicelui de rupere al unei emulsii
17. Norma EN N 214 E. Tratamente superficiale. Gradul de răspândire și uniformitatea liantului și agregatelor.
18. Instrucțiuni privind condițiile de închidere a circulației rutiere sau de instituire a restricțiilor în vederea executării de lucrări în zona drumurilor publice - ediția revizuită.

2. CONDIȚII TEHNICE

2.1 Caracteristicile tratamentului bituminos executat

Tratamentul bituminos executat trebuie să prezinte caracteristici conform tabelului 3.

2.2 Materiale

2.2.1. Agregate naturale

2.2.1.1. Agregatele naturale utilizate la execuția tratamentelor bituminoase sunt următoarele:

- criblură sort 3...8, conform SR 667;
- criblură sort 8...16, conform SR 667;
- pietriș concasat sort 7...16, conform STAS 662 și pct. 2.2.13;

2.2.1.2. Criblurile trebuie să ateste:

a) caracteristici intrinseci ale rocii utilizate la obținerea acestora:

- rezistența la îngheț - dezgheț;
- rezistență la compresiune;
- rezistența la uzură (Los Angeles „LA”).

Rocile din care provin criblurile utilizate la execuția tratamentelor bituminoase din prezentul Normativ trebuie să prezinte caracteristicile din tabelul 4.

Caracteristicile prevăzute în tabelul 4 se determină conform STAS 730.

b) caracteristici de fabricație:

- granulozitate;
- coeficient de formă;
- conținut de impurități.

Tabelul 3

Nr. crt.	Caracteristica	Condiții de admisibilitate	Metodă de verificare
1.	Rugozitate a. rugozitate geometrică, HS, mm - drumuri de clasă tehnică I - II; - drumuri de clasă tehnică III; b. rugozitate cu pendulul, unități SRT - drumuri de clasă tehnică I - II; - drumuri de clasă tehnică III;	min. 0,8 min. 0,6 min. 75 min. 70	STAS 8849
2.	Omogenitate	Aspect uniform, fără degradări sub formă de: - desprinderea agregatului natural; - peladă; - exudarea bitumului rezidual - zone fără agregat natural.	vizual

Tabelul 4

Clasa rocii	Rezistența la îngheț - dezgheț		Rezistența la compresiune în stare uscată, N/mm ² , min	Uzura Los Angeles, %, max
	Coefficient gelivitate, %, max.	Sensibilitate la îngheț dezgheț, %, max		
A	3	25	150	18
B	3	25	130	20

Tabel 5

Nr. crt	Caracteristici	Condiții de admisibilitate		Metoda de determinare
		sort 3...8	sort 8...16	
1.	Conținut de granule: - care rămân pe ciurul superior (d _{max}), %, max. - care trec prin ciurul inferior (d _{min}), % max	5	5	STAS 730
2.	Coefficient de formă, %, max.	25	25	STAS 730
3.	Conținutul de impurități: - corpuri străine	nu se admit		STAS 730
	- conținut de fracțiuni sub 0,09 mm, %, max.	1,5	1,0	STAS 730
	- argilă	nu se admite		STAS 730
4.	Uzura cu mașina Los Angeles, %, max.	22	20	STAS 730
5.	Rezistența la îngheț-dezgheț: - coeficient de gelivitate, %, max	3	3	STAS 730
	- sensibilitate la îngheț, %, max	25	25	

Tabel 6

Nr. crt.	Caracteristica	Condiții de admisibilitate	Metoda de determinare
1.	Conținut de granule - care rămân pe ciurul superior (dmax), %, max.	5	STAS 730
2.	Grad de spargere, %, min.	50	STAS 730
3.	Rezistența la strivire, min.	60	STAS 4606
4.	Uzura cu mașina Los Angeles, %, max	30	STAS 730
5.	Forma granulelor: a) b/a, min. c/a, min.	0,66 0,33	STAS 4606
	b) conținut de granule plate și aciculare, %, max.	25	STAS 730
6.	Conținut de impurități: - corpuri străine	nu se admit	STAS 4606
	- conținut de fracțiuni sub 0,63 mm, %, max.	1,0	STAS 730
	- argilă	nu se admite	STAS 730
7.	Rezistență la îngheț -dezgheț: - coeficient de gelivitate, %, max. - sensibilitate la îngheț, %, max.	3 25	STAS 730

Tabel 7

Nr. crt.	Tipul tratamentului bituminos	Sortul de agregate naturale
1.	Tratament bituminos simplu	- criblură sort 7...16 - pietriș concasat sort 7...16
2.	Tratament dublu: - primul strat	- criblură sort 8...16
	- al doilea strat	- criblură sort 3...8

Criblurile folosite la execuția tratamentelor bituminoase din prezentul Normativ, trebuie să îndeplinească condițiile de calitate din tabelul 5.

2.2.1.3. Pietrișul concasat sort 7...16 trebuie să îndeplinească condițiile de calitate din tabelul 6.

2.2.1.4. În funcție de tipul tratamentului bituminos, sorturile de agregate naturale se utilizează conform tabelului 7.

2.2.1.5. Fiecare sort de agregate naturale trebuie depozitat separat, în silozuri proprii, pe platforme betonate, amenajate cu pereți despărțitori pentru evitarea amestecării și impurificării agregatelor.

Tabel 8

Nr. crt	Caracteristici	Condiții de admisibilitate	Metoda de determinare
1.	Conținut de bitum, %	65...69	STAS 8877
2.	Vâscozitate Engler la 20°C, °Engler	10...15	STAS 8877
3.	Omogenitate; rest pe sita cu țesătură de 0,63 mm, %, max	0,1	STAS 8877
4.	Stabilitate la depozitare: rest pe țesătură de 0,63 mm, timp de 7 zile, %, max	0,5	STAS 8877
5.	Adezivitate față de agregatul natural, %, min.	90	STAS 10969/2
6.	pH	2,0...4,0	-
7.	Indice de rupere, max	100	Norma franceză T66 - 017
8.	Caracteristicile bitumului rezidual din emulsie: penetrație la 25°C, 1/10 mm.	60...100	STAS 42
	- ductilitate la 25°C, cm, min.	100	SR 61
	- revenire elastică la 13°C, %, min.	40	AND 538

Tabelul 9

Nr. crt.	Tipul tratamentului bituminos	Material	Dozaje Condiții de admisibilitate
1.	Tratament bituminos simplu	- emulsie, kg/m ² - criblură sort 8...16 sau pietriș sort 7...16 kg/m ²	1,4...1,6 13,0...16,5
2.	Tratament bituminos dublu	- emulsie, kg/m ²	1,1...1,3
	- primul strat	- criblură sort 8...16, kg/m ²	13,0...15,0
	- al doilea strat	- emulsie, kg/m ² - criblură sort 3...8 kg/m ²	1,3...1,5 9,0...10,0

2.2.2. Liant

2.2.2.1. Liantul utilizat la execuția tratamentelor bituminoase din prezentul normativ este emulsia bituminoasă cationică cu rupere rapidă pe bază de bitum modificat, tip EBmCR, care trebuie să îndeplinească condițiile de calitate din tabelul 6.

2.2.2.2. Bitumul folosit la prepararea emulsiei bituminoase cationice tip EBmCR este bitumul neparafinos, tip D80/100 sau D 100/120 și trebuie să îndeplinească condițiile de calitate prevăzute de Normativul privind caracteristicile de calitate ale bitumului neparafinos pentru drumuri, ind. AND nr. 537/1998

2.2.2.3 Emulsia bituminoasă cationică pe bază de bitum modificat tip EBmCR se depozitează în rezervoare verticale, prevăzute cu conducte de alimentare care merg până la baza rezervoarelor, pompe de recircularea produsului și serpentine de abur.

Înainte de utilizare se recomandă ca produsul să fie recirculat pentru omogenizare, iar temperatura emulsiei bituminoase cationice tip EBmCR pe perioada de depozitare trebuie să fie de minim 25°C.

2.3. Dozaje

2.3.1 Dozajele de materiale pentru execuția tratamentelor bituminoase din prezentul Normativ sunt cele din tabelul 9.

2.3.2. Stabilirea dozajelor optime

2.3.2.1 Dozajele optime pentru agregatele naturale și emulsia bituminoasă cationică pe bază de bitum modificat, tip EBmCR se stabilesc pe baza unui studiu preliminar efectuat de executant, ținându-se seamă de respectarea condițiilor tehnice impuse prin prezentul normativ.

2.3.2.2 Studiul preliminar în vederea proiectării tratamentelor bituminoase va consta din:

a) Studiul caracteristicilor drumului în vederea stabilirii măsurilor de pregătire a stratului suport și a tipului de tratament bituminos de executat:

a₁) Caracteristicile fizice ale drumului:

- natura stratului suport (un tratament vechi, îmbrăcăminte bituminoasă);
- starea stratului suport (rugozitate, porozitate, fisuri);
- geometria secțiunii.

a₂) Caracteristicile de exploatare ale drumului:

- traficul (număr de vehicule pe zi, procentajul de trafic greu);
- condițiile de exploatare;
- zonă climatică.

a₃) Condiții economice.

b) Studiul preliminar de laborator efectuat de executant în cadrul laboratorului propriu și/sau de către un alt laborator autorizat, pentru stabilirea dozajelor optime pentru agregatele naturale și emulsia bituminoasă cationică pe bază de bitum modificat tip EBmCR:

b₁) Stabilirea elementelor de bază:

- natura și caracteristicile agregatelor, conform tabelelor 3, 4 și 5;
- caracteristicile emulsiei bituminoase, conform tabelului 7;
- proprietățile bitumului rezidual din emulsia EBmCR, conform tabelului 7;
- adezivitate emulsie - agregat, conform tabel 7.

b₂) Stabilirea parametrilor:

- dozajul în liant;
- dozajul în agregate naturale.

2.3.2.3 Alegerea tipului de tratament bituminos se face conform tabelului 2.

2.3.2.4 Alegerea agregatului natural

Natura mineralogică, proveniența (de carieră sau de balastieră) și dimensiunea agregatului natural se stabilesc în funcție de următorii parametri:

- tipul tratamentului bituminos;
- intensitatea traficului;
- caracteristicile stratului suport;
- rugozitatea suprafeței de rulare (obținerea unei rugozități bune și menținerea acestora în timp).

În funcție de acești parametri se utilizează:

- pentru drumuri de clasa tehnică I și II: cribluri sort 8...16;
- pentru drumuri de clasă tehnică III: criblură sort 8...16 sau pietriș concasat sort 7...16;

3. PREVEDERI GENERALE DE EXECUȚIE

3.1 Utilaje și echipamente

La execuția tratamentului bituminos se folosesc următoarele utilaje și echipamente:

3.1.1 Utilaj pentru perierea mecanică și spălarea stratului suport, un singur echipament sau două echipamente distincte (perie mecanică și utilaj pentru spălare sub presiune) fibrele perilor, indiferent de natura lor, trebuie să fie în stare bună și suficient de dure pentru a asigura o curățire perfectă a stratului suport.

3.1.2. Încărcător cu cupă.

3.1.3 Autobasculante cu benă frontală.

3.1.4 Rezervoare verticale pentru emulsia bituminoasă cationică tip EBmCR și pompă de încărcare - descărcare.

3.1.5 Răspânditor de emulsie cu pompe dozatoare dotat cu:

- cuvă pentru stocarea liantului, prevăzută cu un sistem de încălzire a acestuia în cazul unei emulsii cu vâscozitate ridicată;
- indicator de temperatură și de nivel montat la cuva răspânditorului;
- detector de nivel minim și maxim și termostat;
- pompă dozatoare corelată cu viteza răspânditorului, care permite menținerea unui dozaj constant de emulsie; pompa trebuie să fie dotată cu dispozitiv de filtrare pentru evitarea colmatării duzelor;
- rampă pentru răspândirea emulsiei, echipată cu multiple lame plate înclinate la un unghi de 15° față de planul vertical al rampei.

Pentru a se realiza repartizarea cât mai uniformă a liantului este necesar ca rampa de stropire să fie menținută la o înălțime astfel aleasă încât o suprafață să fie stropită simultan de jetul a trei duze adiacente.

3.1.6 Răspânditor de agregate naturale, care poate fi:

- a) Răspânditor automotor (autorăspânditor) dotat cu:

- buncăr pentru stocarea agregatului natural;
 - cilindru repartizator cu șneac pentru răspândirea agregatului natural;
- Răspânditorul tractează autobasculanta care aprovizionează răspânditorul cu agregatele naturale.

Răspânditorul automotor trebuie să îndeplinească următoarele condiții tehnice:

- distribuție transversală: 5...10%;
- distribuție longitudinală: 5...10%;
- abatere față de dozajul stabilit: max. 5%
- viteza de lucru: 3...6 Km/h;
- dozajul nu depinde de nivelul agregatului natural în buncărul de răspândire.
- lățimea variabilă de lucru: 2,5...4 m

b) Răspânditor tractat, cu rulou extractor, dotat cu:

- buncăr pentru stocarea agregatului natural;
- rulou pentru răspândirea agregatului natural caracterizat prin:
 - diametrul: min. 300 mm;
 - amplasarea fantei debitului: în planul generatoarei superioare a ruloului.
 - poziția ruloului: distanța între fundul benei și extremitatea fantei mai mare de 100mm.

Răspânditorul este tractat de o autobasculantă care alimentează buncărul răspânditorului.

Răspânditorul tractat trebuie să asigure respectarea următoarelor condiții tehnice:

- distribuție transversală: 10%;
- distribuție longitudinală: 5%;
- abatere față de dozajul stabilit: max. 5%;
- viteza de lucru: 3...6 km/h;
- unghiul de înclinare a benei: 30°...40°

Pot fi folosite și alte tipuri de răspânditoare de criblură cu condiția asigurării dozajelor prevăzute la pct 2.3.1 din prezentul normativ și a unei răspândiri omogene și constante.

3.1.7 Compactor cu pneuri:

Caracteristicile de bază ale compactorului:

- numărul de roți: 7...9;
- sarcina pe roată: 1,5...3t;
- presiunea în pneu: 0,7...0,8 MPa.

3.1.8 Echipamente pentru îndepărtarea excesului de agregat natural:

- Utilaje aspiratoare;
- Utilaj automotor pentru periere și aspirare.

Aceste utilaje sunt echipamente cu perii, tuburi și buncăr de stocare a agre-

gatului recuperat. Ele constituie un progres deosebit pentru asigurarea siguranței circulației, imediat după execuția lucrărilor.

3.2 Fazele tehnologice de execuție

Tehnologia de execuție a tratamentelor bituminoase prevăzute în prezentul normativ cuprinde următoarele faze:

- programarea și pregătirea execuției, conform pct. 3.3;
- pregătirea stratului suport, conform pct. 3.4;
- execuția tratamentului bituminos, conform pct. 3.5.

3.3 Programarea și pregătirea execuției

3.3.1 În vederea asigurării unor tratamente bituminoase conform prevederilor prezentului normativ trebuie să se ia următoarele măsuri:

3.3.1.1 Constituirea echipei de lucru și instruirea profesională a acesteia privind condițiile tehnice de execuție a tratamentelor bituminoase cu emulsie bituminoasă cationică pe bază de bitum modificat cu polimeri prevăzute în acest normativ.

3.3.1.2 Inspectarea tronsoanelor de drum pe care urmează să se aplice tratamentele bituminoase și selectarea acestora pe bază de constatări și măsurători prealabile privind:

- starea tehnică a suprafeței de rulare;
- capacitatea portantă;
- denivelări în profil longitudinal.

3.3.1.3 Stabilirea măsurilor necesare pentru pregătirea stratului suport înaintea de execuția tratamentului bituminos conform pct. 3.4

3.3.1.4 Programarea perioadei optime de execuție a lucrărilor.

3.3.1.5 Aprovizionarea cu agregatele naturale necesare și anume:

- aprovizionarea cu 1-3 luni înainte de execuția lucrărilor a întregii cantități de agregate naturale necesare și depozitarea acestora, pe sorturi, pe platforme amenajate conform pct 2.2.1.3;
- constituirea unor depozite de agregate naturale pe sectorul de drum, în afara acostamentelor fără a constitui un pericol pentru siguranța circulației rutiere;
- amenajarea suprafeței acestor locuri de depozitare astfel încât să se evite impurificarea și colmatarea agregatelor naturale;
- protejarea stocurilor de agregate naturale pentru evitarea poluării acestora, care poate conduce la calitatea necorespunzătoare a tratamentului bituminos.

3.3.1.6 Aprovizionarea emulsiei bituminoase cationice tip EBmCR cu 5...7 zile înaintea de începerea execuției tratamentului bituminos.

3.3.1.7 Efectuarea studiului preliminar de laborator pentru stabilirea dozajelor de agregate naturale și emulsie, conform pct. 2.3.2

3.3.1.8 Dotarea echipei de lucru cu aparatură de laborator necesară efectuării controlului de calitate în timpul tratamentului bituminos, conform pct.4:

3.3.1.9 Responsabilitatea activităților specificate la pct. 3.3 aparține beneficiarului sau executantului și va fi stabilită pe bază de contract.

3.4 Pregătirea stratului suport

3.4.1 Pregătirea stratului suport se face cu minim 1 lună înainte de aplicarea tratamentului bituminos, conform STAS 599.

3.4.2 Pregătirea stratului suport constă în efectuarea operațiunilor de remediere a tuturor defecțiunilor și denivelărilor existente.

În acest scop se va proceda la:

- plombarea gropilor;
- tratarea fisurilor și crăpăturilor;
- frezarea denivelărilor mai mari de 2 cm.

Execuția acestor lucrări se va face conform CD 98.

3.5 Execuția tratamentului bituminos.

3.5.1 Înainte de începerea lucrărilor, sectorul de lucru se va amenaja și a semnaliza conform Instrucțiunilor privind condițiile de închidere a circulației rutiere sau de instituire a restricțiilor de circulație în vederea executării lucrărilor în zona drumurilor publice” - ediția revizuită.

3.5.2 Înainte de execuția tratamentului bituminos, suprafața îmbrăcăminții bituminoase trebuie temeinic curățată cu utilajul de periere mecanică și după caz spălată.

Îndepărtarea totală a prafului și impurităților este obligatorie pentru a se asigura o bună aderență a bitumului rezidual din emulsia bituminoasă cationică tip EBmCR, după ruperea acesteia, la stratul suport.

Operația de curățire și eventual spălare a stratului suport trebuie efectuată din timp pentru a nu frâna ritmul de execuție a lucrărilor, dar nici prea devreme pentru a evita poluarea suprafeței înainte de răspândirea emulsiei.

3.5.3 Răspândirea emulsiei bituminoase cationice.

3.5.3.1 Răspândirea emulsiei se realizează mecanic cu utilajul prevăzut la pct. 3.1.5.

3.5.3.2 Pentru asigurarea respectării dozajului de emulsie prevăzut în tabelul 9, se efectuează încercări preliminare de stropire.

3.5.3.3 Înainte de începerea răspândirii emulsiei trebuie să se efectueze următoarele:

- la alimentarea cu emulsie, răspânditorul trebuie să fie golit de resturile de bitum rezidual din emulsie, rămase de la tratamentele anterioare;
- curățirea perfectă a filterului, a rampei de stropire și a duzelor;
- verificarea înălțimii de stropire.

3.5.3.4 Emulsia bituminoasă tip EBmCR se răspândește, de regulă la temperatura mediului ambiant, dar nu mai mică de +15°C.

În cazul în care la verificările de laborator vâscozitatea emulsiei prezintă valori mai mari de 12° Engler, se impune încălzirea acesteia la temperatura de 60°...70°C.

3.5.3.5 Răspândirea emulsiei trebuie efectuată omogen, pe toată suprafața benzii de lucru. Ea se realizează în prealabil pe benzile laterale ale carosabilului și ulterior pe partea centrală, evitând scurgerea laterală a emulsiei.

Pe sectoarele cu declivități longitudinale mai mari de 3%, tratamentul bituminos se execută în sensul de urcare.

3.5.3.6 Execuția rosturilor de lucru.

Rosturile transversale și longitudinale constituie puncte slabe ale unui tratament bituminos.

Pentru asigurarea unei calități corespunzătoare se va proceda astfel:

- rosturile transversale: la fiecare demaraj, precum și la începerea și terminarea secțiunii de lucru, răspândirea liantului pe cca. 10...30 cm se va efectua pe o bandă de hârtie așezată transversal sensului de răspândire a emulsiei;
- rosturile longitudinale: două benzi adiacente se vor suprapune pe max. 20...25 cm. Înainte de răspândirea celui de al doilea strat de emulsie, în cazul tratamentului bituminos dublu, agregatul rămas în exces pe primul strat executat, se va îndepărta prin periere.

3.5.4 Răspândirea agregatului natural.

3.5.4.1 Răspândirea agregatului natural se realizează cu răspânditorul mecanic prevăzut la pct. 3.1, reglat în prealabil pentru a repartiza cantitatea prescrisă, în mod uniform atât în sens transversal, cât și în sens longitudinal.

3.5.4.2 Lungimea fâșliilor stropite cu emulsie se stabilește în funcție de numărul și capacitatea răspânditoarelor de agregate naturale, în așa fel încât să poată fi acoperite fără întrerupere pentru realimentarea cu agregate.

Răspândirea agregatului natural trebuie să urmeze imediat după cea a emulsiei pentru a se evita scurgerea acesteia spre acostamente. În acest scop răspândirea agregatului natural se va face în interval de timp de 20...40 secunde, de la răspândirea emulsiei.

3.5.4.3 Răspândirea agregatului natural trebuie să asigure acoperirea în întregime și uniformă a benzii stropite cu emulsie.

Se va acorda atenție deosebită la execuția rosturilor de lucru: agregatul natural neacrosat rămas de la execuția benzii adiacente va fi îndepărtat prin periere, înainte de răspândirea liantului pe a doua bandă.

3.5.5 Compactarea

3.5.5.1. Compactarea se execută cu un compactor cu pneuri, conform pct.3.1.

3.5.5.2. Compactarea se realizează cu viteza de:

- 3 km/h pentru primele 3...5 treceri ale compactorului.
- 10 km/h pentru ultimele treceri ale compactorului.

3.5.5.3. Timpul scurs între răspândirea agregatului natural pe o bandă și prima trecere a compactorului nu trebuie să depășească 1 minut.

3.5.6 Eliminarea excesului de agregat natural.

3.5.6.1 Excesul de agregat natural, rămas după execuția tratamentului bituminos, trebuie îndepărtat obligatoriu întrucât:

- constituie un pericol pentru siguranța circulației;
- poate îngreuna formarea structurii de mozaic a tratamentului bituminos;
- poate îngreuna scurgerea apei spre acostament în caz de ploaie.

3.5.6.2. Eliminarea agregatului natural se realizează cu utilaje mecanice de periere și aspirare conform pct. 3.1.1 la cel mult 24 ore de la execuție.

3.5.7. Darea în circulație.

Darea în circulație a sectorului de tratament bituminos executat se face după minim 2 ore de la execuția acestuia, cu restricții de viteză conform Instrucțiunilor de închidere a circulației rutiere sau de instituire a restricțiilor de circulație în vederea executării lucrărilor în zona drumurilor publice" - ediția revizuită..

4. CONTROLUL CALITĂȚII LUCRĂRILOR

Controlul calității lucrărilor de execuție a tratamentelor bituminoase cu emulsii bituminoase cationice pe bază de bitum modificat cu polimeri se execută pe faze, astfel:

- controlul calității materialelor înainte de execuție;
- controlul execuției tratamentului;
- controlul calității tratamentului.

4.1. Controlul calității materialelor înainte de execuție

4.1.1. Materialele destinate executării tratamentelor bituminoase cu emulsii bituminoase cationice pe bază de bitum modificat cu polimeri vor fi verificate în conformitate cu prescripțiile din standardele respective și cu condițiile arătate la cap.2.1 din prezentul normativ.

Verificările și determinările se execută de laboratorul de șantier al antreprenorului și constau în următoarele:

4.1.1.1 Emulsie bituminoasă cationică tip EBmCR:

- conținut de bitum, STAS 8877;
- vâscozitate Engler la 20° C, STAS 8877;
- omogenitate, STAS 8877;

4.1.1.2 Bitum rezidual din emulsia tip EBmCR :

- punct de înmuiere prin metoda inel și bilă, STAS 60;
- revenire elastică la 13° C, Instrucțiuni ind. AND 538

4.1.1.3 Criblura

- granulozitate, STAS 730;

- conținut de fracțiuni sub 0.09 mm, STAS 730;
- coeficient de formă, STAS 730;

4.1.1.4 Pietriș concasat:

- granulozitate, STAS 730;
- conținut de fracțiuni sub 0.63 mm, STAS 730;
- forma granulelor STAS 730 și STAS 4606.

4.1.2. Frecvența determinărilor prevăzute la pct.4.1.1.1-4.1.1.4:

- pentru agregate naturale, conform SR 667 și STAS 662;
- pentru emulsie, la fiecare cantitate aprovizionată, dar nu mai mult de 20...25t emulsie.

4.2. Controlul execuției tratamentului bituminos.

Controlul execuției tratamentului bituminos constă în verificarea respectării dozajelor de emulsie bituminosă cationică tip EbmCR și de agregate naturale prevăzute la pct. 2.3 din prezentul normativ.

Verificările și determinările se execută de către laboratorul de șantier al antreprenorului și constau în următoarele:

4.2.1. Verificarea dozajului de emulsie. Aceasta constă în măsurarea gradului de răspândire a liantului;

4.2.1.1 Gradul de răspândire

a). Principiul metodei.

Testul constă în colectarea unei cantități de liant răspândit de către echipament, pentru a determina gradul mediu de răspândire. Colectarea se face în minim 5 tăvi rectangulare amplasate de-a lungul lățimii benzii de lucru.

Se determină:

- gradul de răspândire a liantului pe tavă: d , în kg/m^2 ;
- gradul de răspândire mediu al liantului: D , în kg/m^2 .

b). Aparatură.

- tăvi metalice cu următoarele caracteristici:

- suprafața tăvii: min $0,1 \text{ m}^2$;
- dimensiunile interloare ale tăvii:
 - latura 250...500 mm,
 - înălțime 5...10 mm.

Tava poate conține un material absorbant pentru a împiedica curgerea liantului:

- balanță cu precizie de $\pm 1\text{g}$;
- riglă de min.500 mm pentru măsurarea dimensiunilor tăvilor cu precizia de $\pm 5 \text{ mm}$.

c). Modul de lucru.

Se cântărește fiecare tavă împreună cu materialul absorbant, cu precizia de 1g (M1);

Tăvile astfel pregătite, numerotate în prealabil, se amplasează de-a lungul

lățimii benzii de lucru al răspânditorului de liant, astfel încât distanța dintre ultima tavă și marginea benzii de lucru să fie de min. 200 mm.

După efectuarea operației de răspândire a liantului de către utilajul de răspândire, tăvile care conțin liantul răspândit, se cântăresc cu precizia de 1 g (M2i).

d) Calcul

- Masa de liant colectat în fiecare tavă (M_i):

$$M_i = M_{2i} - M_{1i}, \text{ kg}$$

- Gradul de răspândire în tava i:

$$d_i = M_i / A_i, \text{ kg/m}^2$$

unde A_i este suprafața tăvii i, exprimată în m².

Gradul de răspândire mediu al liantului:

$$D = (d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + \dots + d_n) / N, \text{ kg/m}^2$$

unde N este numărul de tăvi folosite.

4.2.2 Verificarea dozajului de agregate naturale. Aceasta constă în măsurarea gradului de răspândire a agregatului.

4.2.2.1 Gradul de răspândire.

a) Principiul.

Testul constă în colectarea unei cantități de agregate naturale răspândite de către echipament pentru a determina gradul de răspândire masiv. Colectarea se face în trei cutii rectangulare, așezate astfel încât axa principală să fie paralelă cu direcția drumului. Cele trei cutii vor fi amplasate în trei poziții transversale diferite, pe un sector de 30 m lungime.

b) Aparatura

- cutii cu următoarele dimensiuni:

- lungime: 800 mm;
- lățime: 250 mm;
- înălțime: 40 mm.

- balanță cu precizia de 20g.

c) Modul de lucru

Se cântărește fiecare cutie cu precizia de ±20g (M1i).

Se amplasează cele trei cutii, pe un sector în lungime de 30m, în poziții transversale diferite, astfel încât axa principală să fie paralelă cu axul drumului.

După răspândirea agregatului natural de către utilajul de răspândire, cutiile care conțin agregatul natural, se cântăresc din nou (M2i) cu precizia de ±20g.

d) Calcul

- Masa de agregat colectat în fiecare cutie (m_i):

$$m_i = M_{2i} - M_{1i}, \text{ kg}$$

- Gradul de răspândire masiv, R_m , determinat ca medie a celor trei cantități de agregat natural, răspândit pe unitatea de suprafață. El se calculează cu formula:

$$R_m = 5/3 (m_1/A_1 + m_2/A_2 + m_3/A_3), \text{ kg/m}^2$$

unde A_1 , A_2 și A_3 reprezintă suprafața celor trei cutii.

4.3 Controlul calității tratamentului bituminos executat.

Tratamentul bituminos executat va fi supus următoarelor verificări:

- verificarea rugozității, conform STAS 8849;
- verificarea omogenității, conform tabel 3.

5. RECEPȚIA LUCRĂRILOR

Recepția lucrărilor se efectuează în conformitate cu HG 273/1994 în două etape:

- la terminarea lucrărilor;
- recepția finală, la expirarea perioadei de garanție.

5.1 Recepția la terminarea lucrărilor se efectuează atunci când toate lucrările sunt terminate, la cel puțin o lună de la darea în circulație.

5.1.1 Comisia de recepție va examina lucrarea executată față de documentația tehnică aprobată și documentația de control întocmită în timpul execuției conform prezentului normativ.

5.1.2 Evidența tuturor verificărilor de la pct. 4 face parte din documentația de control a recepției la terminarea lucrărilor.

5.1.3 Eventualele degradări ce apar în termenul de garanție a lucrărilor executate, precum și propunerile făcute de comisia de recepție la terminarea lucrărilor vor fi remediate de constructor pe cheltuiala acestuia, în mod corespunzător și la termenele stabilite.

5.2 Recepția finală se face la expirarea perioadei de garanție, timp în care se va face verificarea comportării în exploatare a lucrării executate și se vor remedia eventualele degradări apărute în perioada de garanție.