ADMINISTRAȚIA NAȚIONALĂ A DRUMURILOR

NORMATIV
PENTRU DIMENSIONAREA RANFORSĂRILOR CU STRAT DIN AGREGATE NATURALE STABILIZATE CU LIANȚI PUZZOLANICI ALE STRUCTURILOR RUTIERE SUPLE ȘI SEMIRIGIDE

Indicativ CD 152-2001
Elaborat de: S.C. IPTANA S.A.

Director general — Dr. ing. Cornel MARȚINCU
Director divizie drumuri și autostrăzi — ing. Emil LUCA
Responsabil A.Q. — ing. Petre NICOLA
Șef Proiect — ing. Cătălin POPESCU
Redactant — ing. Constantin GHIRLFA

CUPRINS

Capitolul I. Principii generale 6
Secțiunea 1. Obiect și domeniu de aplicare 6
Secțiunea 2. Referințe 6
Secțiunea 3. Definiții 8

Capitolul II. Condiții tehnice 8

Capitolul III. Principii de dimensionare 9

Capitolul IV. Stabilirea traficului de calcul 11

Capitolul V. Stabilirea capacității portante a structurii rutiere existente 13

Capitolul VI. Alcătuirea structurii rutiere pentru ranforsare cu straturi din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici 18

Capitolul VII. Dimensionarea structurii rutiere ranforsate, la solicitarea osiei standard 23

Capitolul VIII. Verificarea comportării sub trafic a structurii rutiere existente ranforsate 25

Capitolul IX. Ranforsarea cu agregate stabilizate cu lianți puzzolanici și tratament bituminos 28

Capitolul X. Anexe 29
Anexa 1. Coeficienți de evoluție a traficului și de echivalare a vehiculelor 29
Anexa 2. Exemple de calcul 32

NORMATIV PENTRU DIMENSIONAREA RANFORSĂRILOR CU STRAT DIN AGREGATE NATURALE STABILIZATE CU LIANȚI PUZZOLANICI A STRUCTURILOR RUTIERE SUPLE ȘI SEMIRIGIDE	INDICATIV CD 152 - 2002

CAPITOLUL I
PRINCIPII GENERALE

Secțiunea 1
Obiect și domeniu de aplicare

Art. 1. Prezentul normativ se referă la dimensionarea ranforsărilor structurilor rutiere suple și semirigide existente, cu strat din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici și straturi asfaltice noi.

Art. 2. Tehnologia de ranforsare constă în execuția unui strat din agregate stabilizate cu lianți puzzolanici (zgură granulată de furnal înalt, cenușă de termocentrală sau tuf vulcanic măcinat, conform CD 127-2002) și a 1-3 straturi asfaltice peste structura rutieră suplă sau semirigidă existentă.

Art. 3. Ranforsările pe bază de lianți puzzolanici se execută pentru sporirea capacității portante a structurilor rutiere publice existente și a platformelor de staționare-parcare aferente acestora, pentru clasele de trafic „foarte ușor la greu" (cu valori ale traficului de calcul de cel mult 1 m.o.s.) definite conform instrucțiunilor indicativ CD 155-2001.

Secțiunea 2
Referințe

a) Ordinul M.T. nr. 43/1998	Norme privind încadrarea în categorii a drumurilor naționale.
b) Ordinul M.T. nr. 45/1998	Norme tehnice privind proiectarea, construirea și modernizarea drumurilor
c) SR 174-1:2002	Lucrări de drumuri. Îmbrăcăminți bituminoase cilindrate executate la cald. Condiții tehnice de calitate.
d) STAS 599-87	Tratamente bituminoase
e) STAS 1243-88	Teren de fundare. Clasificarea și identificarea pământurilor.
f) STAS 1709/1-90	Acțiunea fenomenului de îngheț-dezgheț la lucrări de drumuri. Adâncimea de îngheț în complexul rutier. Prescripții de calcul.
g) STAS 1709/2-90	Acțiunea fenomenului de îngheț-dezgheț la lucrări de drumuri. Prevenirea și remedierea degradărilor din îngheț-dezgheț. Prescripții tehnice.
h) STAS 2914-84	Lucrări de drumuri. Terasamente. Condiții tehnice generale de calitate.
i) SR 4032/1:2001	Lucrări de drumuri. Terminologie.
j) STAS 6400-84	Lucrări de drumuri. Straturi de bază și de fundație. Condiții tehnice generale de calitate.
k) SR 7970:2001	Lucrări de drumuri. Straturi de bază din mixturi bituminoase cilindrate executate la cald. Condiții tehnice generale de calitate.
l) STAS 10473/2-86	Lucrări de drumuri. Straturi rutiere din agregate naturale sau pământuri stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici. Metode de determinare și încercare.
m) STAS 12253-84	Lucrări de drumuri. Straturi de formă. Condiții tehnice generale de calitate.
n) CD 31-94	Instrucțiuni tehnice departamentale pentru determinarea prin deflectografie și deflectometrie a capacității portante a drumurilor cu sisteme rutiere suple și semirigide.
o) CD 127-2002	Instrucțiuni tehnice departamentale de proiectare și execuție a straturilor rutiere din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici.
p) CD 155 - 2000	Instrucțiuni tehnice privind starea tehnică a drumurilor moderne.
r) PD 177-2001	Normativ pentru dimensionarea sistemelor rutiere suple și semirigide (metoda analitică).
s) AND 540-98	Normativ pentru evaluarea stării de degradare a îmbrăcămintii pentru drumuri cu structuri rutiere suple și semirigide.
t) AND 542-98	Instrucțiuni tehnice privind determinarea modulului de elasticitate dinamic al mixturilor asfaltice.
u) AND 550-99	Normativ pentru dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare a sistemelor suple și semirigide (metoda analitică)

Elaborat de:	Aprobat de:
S.C. IPTANA S.A.	*ADMINISTRAȚIA NAȚIONALĂ A DRUMURILOR*, cu avizul nr. 93/1346/05.03.2002

Secțiunea 3
Definiții

Art. 4. - (1) Lianții puzzolanici sunt produse minerale naturale sau artificiale, care, în prezența apei și a unui activator fac priză și prin întărire, formează produși hidratați solizi stabili și puțin solubili în apă, asigurând amestecurilor o coeziune și o rezistență crescătoare în timp.

(2) Activatorii, de regulă ciment sau var, au o influență hotărâtoare asupra evoluției rezistențelor mecanice ale lianților puzzolanici.

(3) Această evoluție este complexă, formând cu aceștia, compuși hidraulici ce conferă capacitate portantă sporită straturilor stabilizate.

CAPITOLUL II
CONDIȚII TEHNICE

Art. 5. - (1) Alcătuirea straturilor de ranforsare este următoarea:

a) tratament bituminos dublu pentru clasele de trafic MEDIU (0,10...0,30 m.o.s.), UȘOR (0,03...0,10 m.o.s.) și FOARTE UȘOR (sub 0,03 m.o.s.);

b) îmbrăcăminte bituminoasă, în două straturi, în grosime minimă de 8 cm sau într-un strat din beton asfaltic în grosime de minim 6 cm pentru clasele de trafic MEDIU (0,10...0,30 m.o.s.) și GREU (0,30...1,0 m.o.s.).

(2) Modul de alcătuire a stratului de rulare se stabilește pe considerente tehnico-economice.

Art. 6. Grosimea stratului de bază din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici se stabilește conform Cap. VIII și nu trebuie să fie mai mică de 18 cm pentru clasele de trafic MEDIU, UȘOR și FOARTE UȘOR și de 20 cm pentru clasa de trafic greu; adoptarea soluției de ranforsare se va face în urma unui studiu tehnico-economic în care se vor prezenta și alte soluții de ranforsare (ex. beton de ciment, etc.); abaterea limită la grosime poate fi de ± 10 mm.

Art. 7. Lățimea stratului de bază din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici și a stratului de rulare este cea prevăzută în proiect; pantele în profil transversal ale suprafeței stratului de bază stabilizat sunt aceleași ca și ale îmbrăcămintii bituminoase și anume 2,5% în aliniament și conform STAS 863/1-85 în curbe și în zonele aferente de amenajare.

Art. 8. În cazul sectoarelor de drum a căror lățime a părții carosabile urmează să fie mărită ca urmare a schimbării clasei tehnice, supralărgirea se va realiza cu straturi din agregate naturale stabilizate cu același liant puzzolanic ca și stratul de bază de ranforsare.

Art. 9. Elementele geometrice ale îmbrăcămintii bituminoase sunt conform SR 174/1:2002.

Art. 10. Tipul liantului puzzolanic se stabilește pe considerente economice, în funcție de distanța economica de transport a acestuia.

Art. 11. Caracteristicile stratului de ranforsare din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici și execuția acestuia sunt în conformitate cu prevederile „Instrucțiunilor tehnice de execuție a straturilor rutiere din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici", indicativ CD 127-2002.

Art. 12. Pentru îmbrăcămintea bituminoasă se vor respecta prevederile SR 174/1:2002, iar pentru tratamentul bituminos dublu, prevederile STAS 599-87.

CAPITOLUL III
PRINCIPII DE DIMENSIONARE

Art. 13. Prin ranforsarea cu strat din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici, structurile rutiere suple devin structuri rutiere semirigide.

Art. 14. Dimensionarea structurilor rutiere semirigide se bazează pe îndeplinirea concomitentă a următoarelor criterii (Normativ PD 177-2001):

a) deformația specifică de întindere la baza straturilor bituminoase să fie mai mică sau egală cu cea admisibilă;

b) tensiunea de întindere la baza stratului/straturilor din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici să fie mai mică sau egală cu cea admisibilă;

c) deformația specifică de compresiune la nivelul patului drumului să fie mai mică sau egală cu cea admisibilă;

Art. 15. Metoda analitică de dimensionare se bazează pe verificarea stării de solicitare a structurii rutiere ranforsate sub acțiunea traficului de calcul, astfel încât să îndeplinească criteriile de dimensionare menționate la Art. 14.

Art. 16. Pentru dimensionarea ranforsărilor este necesar să se efectueze în prealabil studii, în vederea obținerii următoarelor date:

a) compoziția și intensitatea traficului și evoluția în perspectivă a acestuia;

b) modul de alcătuire al structurii rutiere (natura si grosimea diferitelor straturi) existente;

c) caracteristicile geotehnice ale terenului de fundare;

d) condițiile hidrologice ale drumului (modul de asigurare a scurgerii apelor de suprafață, existența și starea dispozitivelor de drenare, nivelul pânzei freatice);

e) lucrări de întreținere și anul efectuării acestora;

f) starea de degradare a îmbrăcămintii bituminoase determinată prin examinarea vizuală a defecțiunilor existente, identificate în conformitate cu „Instrucțiunile tehnice privind starea tehnică a drumurilor moderne", indicativ CD 155-2000 (parametrii de degradare);

g) deformabilitatea sub sarcină a complexului rutier, caracterizată prin deflexiunea elastică caracteristică, determinată prin măsurători cu deflectograful Lacroix sau deflectometrul cu pârghie în conformitate cu prevederile „Instrucțiunilor tehnice departamentale pentru determinarea prin deflectometrie și deflectografie a capacității portante a drumurilor cu sisteme rutiere suple și semirigide", indicativ CD 31-94 sau prin utilizarea deflexiunii caracteristice.

Art. 17. - (1) La aprecierea stării tehnice a drumului trebuie să se examineze concordanța dintre factorii analizați, în special dintre traficul suportat de structura rutieră, starea de degradare a îmbrăcămintii bituminoase și deformabilitatea complexului rutier, luându-se în considerare tipurile de defecțiuni care indică modificarea caracteristicilor structurale (capacitatea portantă) a complexului rutier.

(2) Aceste date vor fi utilizate la:

a) stabilirea sectoarelor omogene de drum din punct de vedere al modului de alcătuire al structurii rutiere;

b) corelarea stării de degradare a îmbrăcămintii bituminoase cu durata de exploatare a drumului și cu cea a stratului superior al structurii rutiere.

Art. 18. Etapele de dimensionare cu strat din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici sunt următoarele:

a) stabilirea traficului de calcul;

b) stabilirea capacității portante a structurii rutiere ce urmează a fi ranforsată;

c) alcătuirea structurii rutiere pentru ranforsare - straturi și caracteristici de deformabilitate ale acestora (modulul de elasticitate dinamic, E în MPa și coeficientul lui Poisson, (μ);

d) verificarea comportării sub traficul stabilit a structurii rutiere ranforsate;

e) corectarea grosimii straturilor rutiere în cazul că nu sunt îndeplinite toate criteriile de dimensionare; verificarea sub trafic a noii structuri rutiere;

f) verificarea la acțiunea îngheț-dezghețului, conform STAS 1709/1-90; STAS 1709/2-90 a structurii rutiere adoptate;

CAPITOLUL IV
STABILIREA TRAFICULUI DE CALCUL

Art. 19. La dimensionarea ranforsării structurilor 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.

Art. 20. Osia standard de 115 kN (o.s. 115) prezintă următoarele caracteristici:

a) sarcina pe roțile duble: 57,5 kN

b) presiunea de contact: 0,625 MPa

c) raza suprafeței circulare echivalente suprafeței de contact pneu - suprafața de rulare: 0,171 m.

Art. 21. - (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.

(2) Se recomandă adoptarea unei perioade de perspectivă de minimum 15 ani în cazul drumurilor din clasele tehnice I și II și de minimum 10 ani în cazul drumurilor din clasele tehnice III, IV și V.

Art. 22. - (1) Compoziția și intensitatea traficului corespunzător unui post de recensământ se aplică pe sectorul de drum aferent acelui post conform sectorizării rețelei făcută cu ocazia ultimului recensământ general al circulației.

(2) La lucrările rutiere importante, datele din recensământul de circulație vor fi completate, după necesități, prin anchete de circulație, efectuate și prelucrate în cadrul unui studiu de trafic.

Art. 23. - (1) Coeficienții medii de evoluție, stabiliți pe baza ultimului recensământ general de circulație pentru perioada 2000 - 2020, pe grupe de vehicule sunt prezentate în Anexa 1.

(2) Valorile acestor coeficienți de evoluție vor fi reactualizate după fiecare recensământ general de circulație de către Administrația Națională a Drumurilor (AND).

Art. 24. - (1) Coeficienții de echivalare în osii standard de 115 kN stabiliți pe baza rezultatelor ultimului recensământ general de circulație sunt prezentați în Anexa 1.

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

Art. 25. - (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 recenzare aferente sectorului de drum, cu relația:

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

în care:

N_c - traficul de calcul (m.o.s. - milioane osii standard);

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 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.

(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:

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

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) 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 $c_{rt} = 1$.

(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 structurii rutiere.

CAPITOLUL V
STABILIREA CAPACITĂȚII PORTANTE A STRUCTURII RUTIERE EXISTENTE

Art. 26. Suportul structurii rutiere ce urmează a fi ranforsată este constituit din terasamente alcătuite din pământuri, în conformitate cu prevederile STAS 2914-84 și eventual dintr-un strat de formă, în conformitate cu prevederile STAS 12253-84 și este caracterizat, în vederea dimensionării, prin caracteristicile de deformabilitate: modulul de elasticitate dinamic și coeficientul lui Poisson.

Art. 27. - (1) 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.

(2) Tipurile de pământ, în conformitate cu STAS 1243-88, 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	P1	Pietris cu nisip	sub 10	cu sau fără fracțiuni sub 0,5 mm		
	P2		10...20	cu fracțiuni sub 0,5 mm		
Coezive	P3	Nisip prafos, nisip argilos	0...20	0...30	0...50	35...100
	P4	Praf, praf nisipos, praf argilos, praf argilos nisipos	0...25	0...30	35...100	0...50
	P5	Argilă, argilă prăfoasă, argilă nisipoasă, argilă prăfoasă nisipoasă	peste 15	30...100	0...70	0...70

(3) Repartiția tipurilor climaterice pe teritoriul țării este arătată în harta din figura 1.

(4) Regimul hidrologic se diferențiază astfel:

a) regimul hidrologic 1, corespunzător condițiilor hidrologice favorabile, conform STAS 1709/2-90;

b) regimul hidrologic 2, corespunzător condițiilor hidrologice mediocre și defavorabile, conform STAS 1709/2-90, 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.

(5) Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic sunt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2.

Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic al terenului de fundare (MPa)

Tipul climateric	Regimul hidrologic	Tipul pământului				
		P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
I	1	100	90	70	80	80
	2a			65		75
	2b				70	70
II	1			65	80	80
	2a					70
	2b		80		70	
III	1		90		55	80
	2a		80	60	50	65
	2b					

(6) Valoarea de calcul a coeficientului lui Poisson se stabileşte în funcţie 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

Art. 28. - (1) În cazul terasamentelor executate din deşeuri de carieră sau din cenuşă de termocentrală se recomandă următoarele valori ale caracteristicilor de deformabilitate:

a) deşeuri de carieră E_p = 100 MPa μ = 0,27

b) cenuşă de termocentrală E_p = 50 MPa μ = 0,42

(2) Pe sectoarele de drum pe care rambleurile au fost realizate din aceste materiale se recomandă stabilirea valorilor de calcul ale modulului de elasticitate dinamic pe baza rezultatelor măsurărilor de deformabilitate cu deflectometre cu sarcina dinamică.

Art. 29. Îmbunătăţirea capacităţii portante la nivelul patului drumului pentru benzile de lărgire se poate face prin prevederea unui strat de formă, în conformitate cu prevederile STAS 12253-84.

Art. 30. Straturile de formă pot fi alcătuite din:

a) materiale necoezive;

b) materiale coezive.

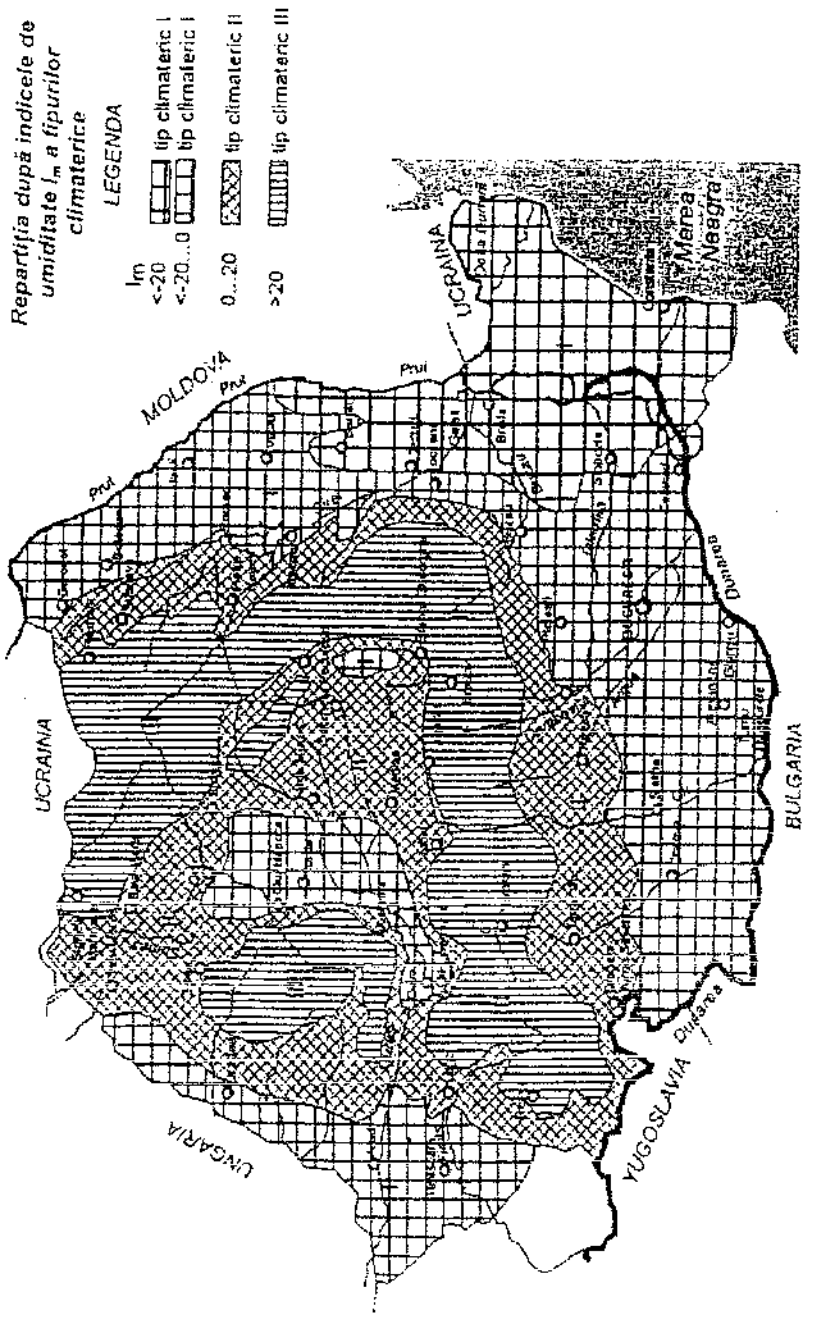


Fig. 1. Harta cu repartiţia tipurilor climaterice pe teritoriul României

Art. 31. Materialele necoezive sunt:

a) pământuri necoezive;

b) materiale granulare din pietruiri existente;

c) deşeuri de carieră;

d) zgură brută de furnal înalt.

Art. 32. Materialele coezive sunt:

a) pământuri coezive tratate cu var;

b) pământuri stabilizate cu zgură granulată şi var;

c) pământuri stabilizate cu ciment;

d) agregate naturale stabilizate cu lianţi puzzolanici.

Art. 33. Modul de alcătuire a stratului de formă se stabileşte pe bază de calcule tehnico-economice, în funcţie de materialele care alcătuiesc terasamentele, de materialele disponibile.

Art. 34. Caracteristicile de deformabilitate ale materialelor din stratul de formă sunt în funcţie de tipul acestora.

Art. 35. Pentru materialele necoezive aceste caracteristici sunt:

a) valoarea de calcul a modulului de elasticitate dinamic ($E_{s.f.}$) este în funcţie de cea a materialelor din stratul suport (E_p) şi se calculează cu următoarea relaţie:

$$E_{s.f.} = 0,20 \times h_{s.f.}^{0,45} \times E_p \quad \text{(MPa)} \quad \text{(V.1.)}$$

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

b) coeficientul lui Poisson are valoarea 0,27.

Art. 36. Pentru materialele coezive, caracteristicile de deformabilitate sunt în conformitate cu tabelul 6.

Art. 37. Pentru folosirea raţională a agregatelor naturale în straturile de fundaţie la benzile de lărgire se recomandă să se asigure la nivelul patului drumului o capacitate portantă minimă, caracterizată prin valoarea modulului de elasticitate dinamic echivalent al sistemului bistrat (strat de formă - pământ de fundare) de min. 80 MPa.

Art. 38. Grosimea stratului de formă necesară realizării acestei capacităţi portante se stabileşte cu ajutorul diagramei din figura 2 pentru straturile de formă din materiale necoezive şi cu cea din figurile 2a, 3, 4, 5, 6 şi 7 pentru straturile de formă din materiale coezive, în funcţie de modulul de elasticitate dinamic al materialului respectiv.

Art. 39. Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic şi ale coeficientului lui Poisson pentru materialele din straturile de bază şi de fundaţie existente se stabilesc conform tabelului 4.

Tabelul 4.

Valorile de calcul ale caracteristicilor de deformabilitate pentru materialele necoezive din straturile de bază şi de fundaţie existente

Denumirea materialului	E (MPa)	μ
Macadam penetrat	1000	0,27
Macadam	600	0,27
Piatră spartă mare, sort 63-90	400	0,27
Piatră spartă amestec optimal	500*	0,27
Balast, amestec optimal	300*	0,27
Pavaje	350	0,27
Bolovani	200	0,27

* **Notă:** În cazul în care aceste materiale alcătuiesc un strat inferior de fundaţie, modulul de elasticitate dinamic se stabileşte conform Art. 35. cu relaţia (V.1).

Art. 40. - (1) Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic al mixturilor asfaltice din straturile bituminoase existente sunt în funcţie de tipul climateric şi de parametrul de degradare al îmbrăcăminţii, conform tabelului 5.

Tabelul 5.

Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic al mixturii asfaltice existente

Parametrul de degradare al îmbrăcăminţii bituminoase, conform instrucţiunilor ind. CD 155	Indicele global de degradare, conform normativului AND 540	Tip climateric	
		I+II	III
		E, MPa (AND 550-99)	
sub 0,10	Peste 85	3300	4700
0,10 - 0,30	65 - 85	3000	3800
Peste 0,30	Sub 65	2500	3000

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

Tabelul 6.

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

Denumirea materialului	Modulul de elasticitate dinamic $E_{s.f.}$, MPa	Coeficientul lui Poisson μ
Pământuri coezive tratate cu var:		
- tip P_3 şi P_4	150	0,35
- tip P_5	250	0,35
Pământuri coezive stabilizate cu zgură granulată şi var	200	0,30
Pământuri stabilizate cu ciment	300	0,27
Agregate naturale stabilizate cu lianţi puzzolanici:		
- zgură granulată	400	0,27
- cenuşă de termocentrată	500	0,27
- tuf vulcanic	400	0,27

CAPITOLUL VI

ALCĂTUIREA STRUCTURII RUTIERE PENTRU RANFORSARE CU STRATURI DIN AGREGATE NATURALE STABILIZATE CU LIANȚI PUZZOLANICI

Art. 41. Structurile rutiere existente pot avea în alcătuire un strat din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzonalici și o îmbrăcăminte bituminoasă.

Art. 42. Ranforsarea structurilor rutiere suple sau semirigide va avea următoarea alcătuire:

a) tratament bituminos dublu sau îmbrăcăminte asfaltică (în funcție de trafic - Art. 5.)

b) strat din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici (minim 18 cm pentru trafic mediu... foarte ușor și 20 cm pentru trafic greu).

Art. 43. Grosimea straturilor se stabilește luând în considerare următoarele:

a) grosimile minime constructive ale diferitelor straturi rutiere, conform prevederilor în vigoare;

b) grosimile maxime ale diferitelor straturi rutiere, ținând cont de anumite constrângeri specifice tehnologiilor de execuție;

c) reducerea numărului de straturi, respectiv de interfețe, în scopul micșorării riscului apariției unor defecțiuni privind aderența între straturi;

d) stabilirea alcătuirii stratului de formă la benzile de lărgire 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 1709/2-90;

e) asigurarea unei protecții suficiente față de manifestarea procesului de fisurare reflectivă.

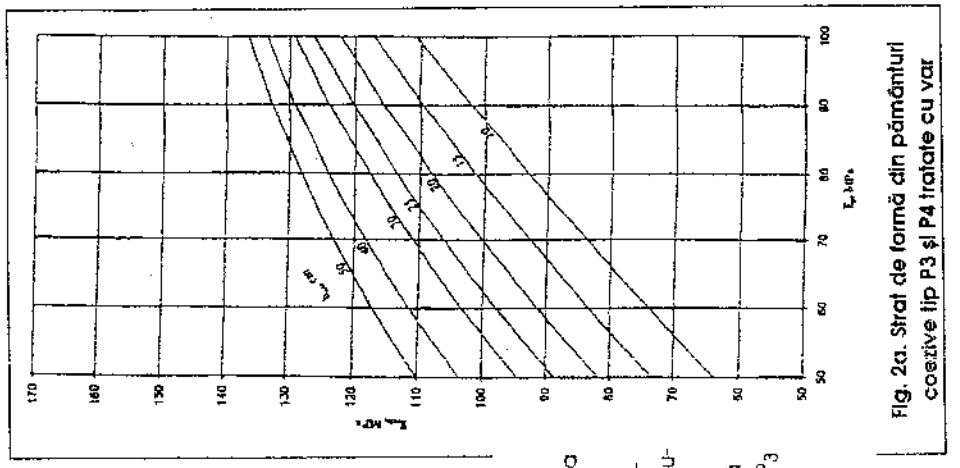


Fig. 2a. Strat de formă din pământuri coezive tip P3 și P4 tratate cu var

Diagrama de stabilire a modulului 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 ($h_{s.f.}$)

Diagrama de stabilire a modulului 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 materialele necoezive ($h_{s.f.}$)

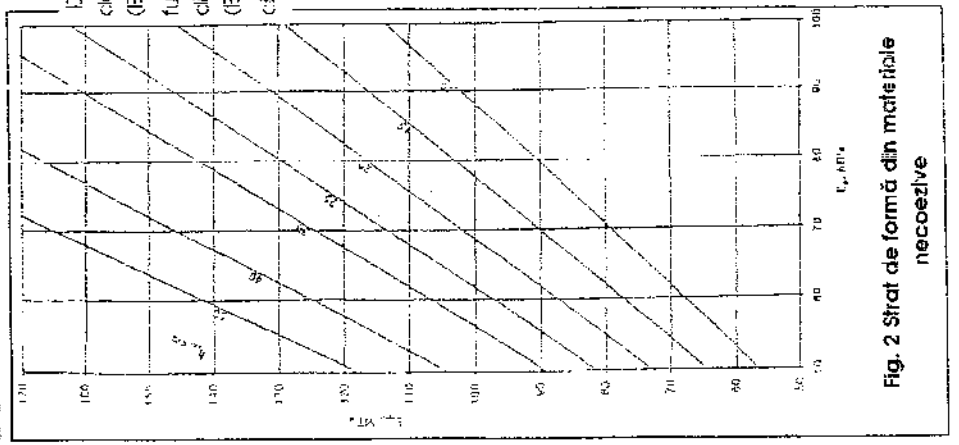


Fig. 2 Strat de formă din materiale necoezive

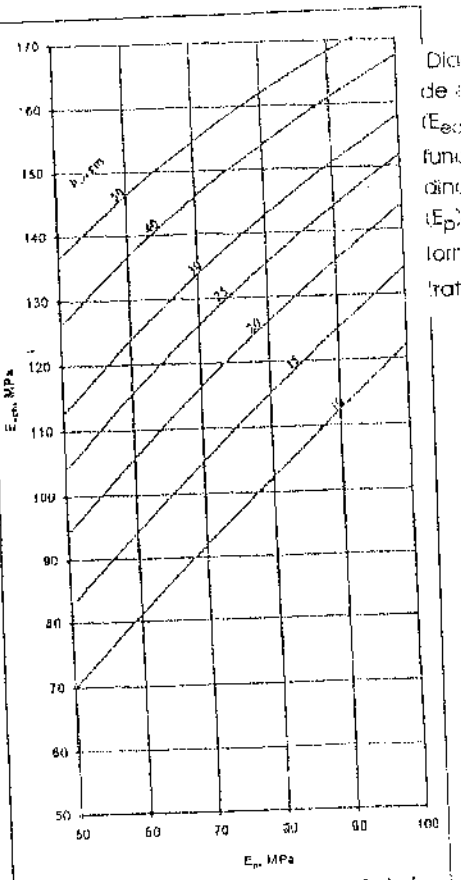


Diagrama de stabilire a modulului de elasticitate dinamic echivalent (E_{ech}) la nivelul patului drumului în funcție de modulul de elasticitate dinamic al pământului de fundare (E_p) și de grosimea stratului de formă din pământuri coezive tip P_5 tratate cu var ($h_{s.f.}$)

Fig. 3 Strat de formă din pământuri coezive tip P5 tratate cu var

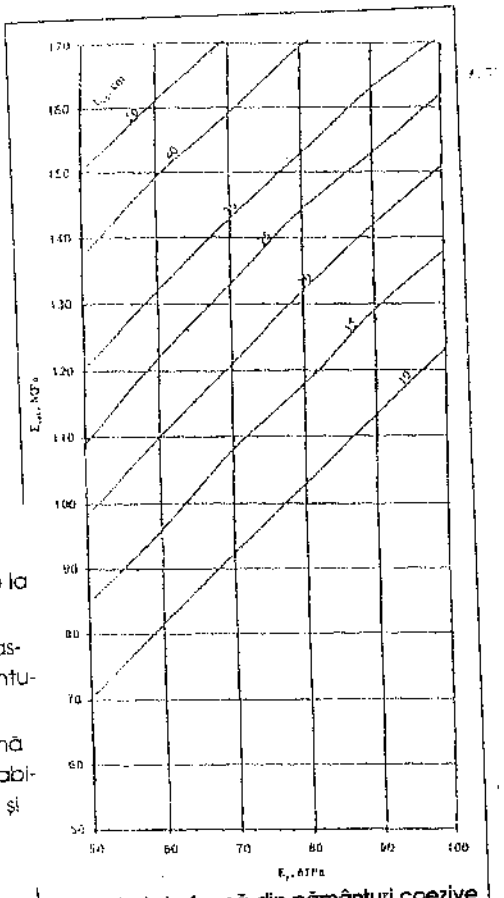


Diagrama de stabilire a modulului de elasticitate dinamic echivalent (E_{ech}) la nivelul patului drumului în funcție de modulul de elasticitate dinamic al pământului de fundare (E_p) și de grosimea stratului de formă din pământuri coezive stabilizate cu zgură granulată și var ($h_{s.f.}$)

Fig. 4 Strat de formă din pământuri coezive stabilizate cu zgura granulata și var

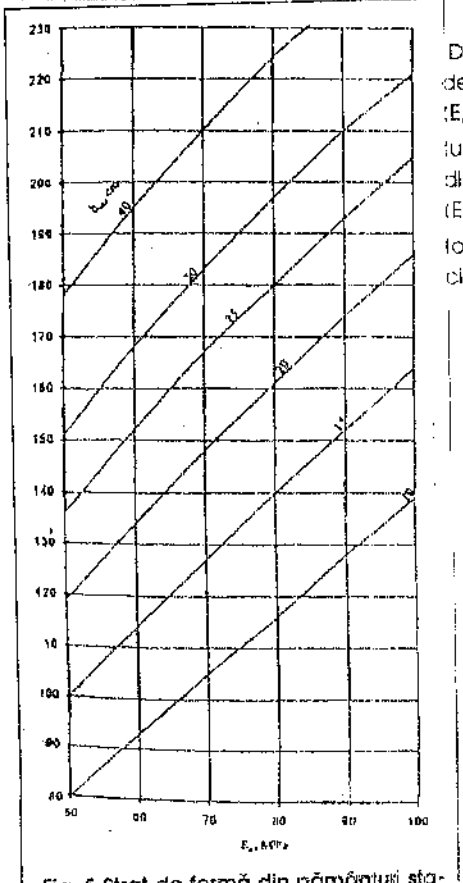


Diagrama de stabilire a modulului de elasticitate dinamic echivalent (E_{ech}) la nivelul patului drumului în funcție de modulul de elasticitate dinamic al pământului de fundare (E_p) și de grosimea stratului de formă din pământuri stabilizate cu ciment ($h_{s.f.}$)

Fig. 5 Strat de formă din pământuri stabilizate cu ciment

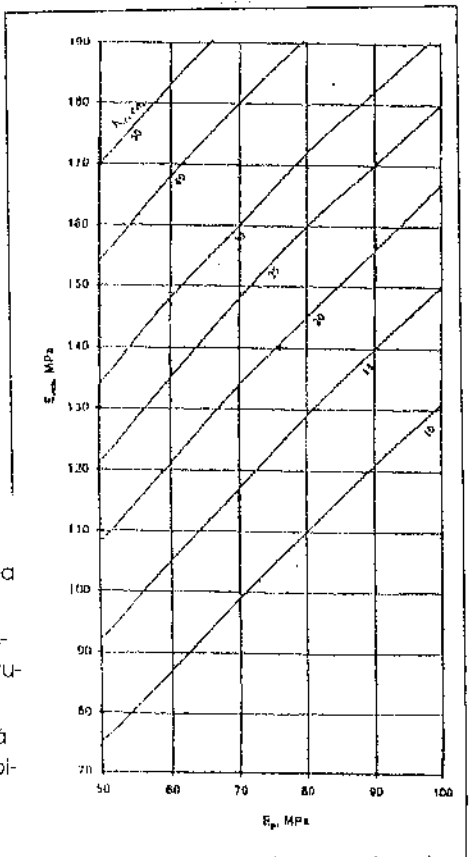


Diagrama de stabilire a modulului de elasticitate dinamic echivalent (E_{ech}) la nivelul patului drumului în funcție de modulul de elasticitate dinamic al pământului de fundare (E_p) și de grosimea stratului de formă din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici - zgură granulată și tuf vulcanic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

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

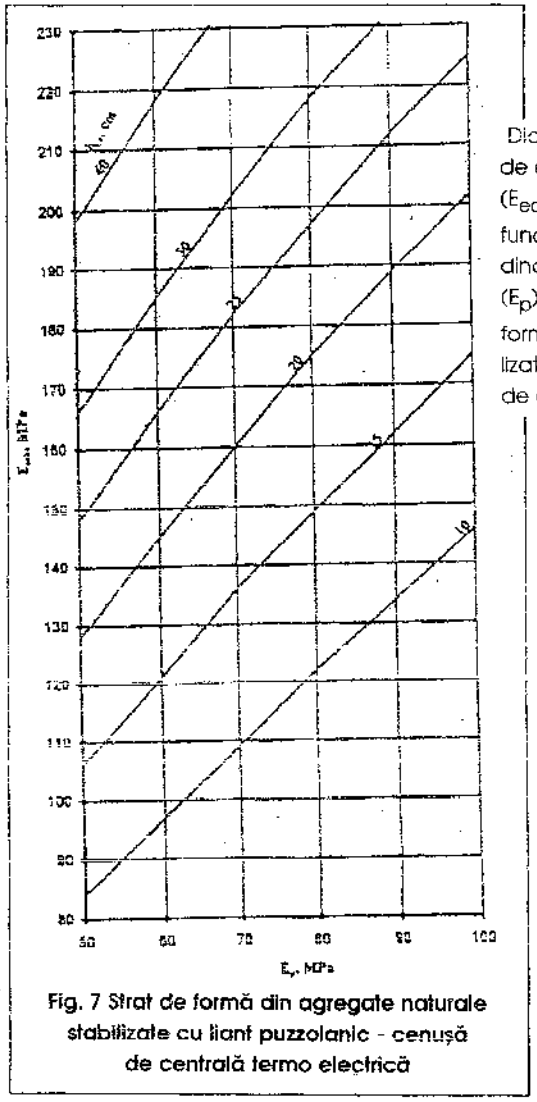


Diagrama de stabilire a modulului de elasticitate dinamic echivalent (E_{ech}) la nivelul patului drumului în funcție de modulul de elasticitate dinamic al pământului de fundare (E_p) și de grosimea stratului de formă din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici - cenușă de centrală termoelectrică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

Fig. 7 Strat de formă din agregate naturale stabilizate cu liant puzzolanic - cenușă de centrală termo electrică

CAPITOLUL VII
DIMENSIONAREA STRUCTURII RUTIERE RANFORSATE, LA SOLICITAREA OSIEI STANDARD

Art. 44. - (1) Structura rutieră supusă analizei este caracterizată prin grosimea fiecărui strat rutier și prin caracteristicile de deformabilitate ale materialelor din straturile rutiere și ale terenului de fundare (modulul de elasticitate dinamic, E, în MPa și coeficientul lui Poisson, μ).

(2) Soluția de ranforsare a structurii rutiere existente se stabilește pe sectoare omogene de drum.

(3) Structura rutieră existentă este caracterizată, 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).

Art. 45. 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 astfel:

a) conform tabelului 4 pentru materiale necoezive;

b) conform tabelului 6 pentru agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici și puzzolanici.

Art. 46. Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic al mixturilor asfaltice din stratul de bază și din straturile îmbrăcăminții bituminoase existente sunt prezentate în tabelul 5, iar pentru straturile asfaltice noi, în tabelul 7.

Tabelul 7.

Valorile de calcul ale caracteristicilor de deformabilitate ale mixturilor asfaltice (straturi noi PD 177-2001)

Tipul mixturii asfaltice	Tipul Stratului	Tip climateric I și II	Tip climateric III	Coeficientul Poisson (μ)
		Modul de elasticitate dinamic (E), MPa		
Mixturi asfaltice preparate cu bitum tip D80/100, SR 174/1-97	uzură	3600	4200	0,35
	legătură	3000	3600	
	bază	5000	5600	
Mixturi asfaltice cu bitum modificat, ind. AND 539-98	uzură	4000	4500	
	legătură	3500	4000	
Mixturi asfaltice stabilizate cu fibre, ind. AND 539-98	uzură			
- tip MASF 16,		3300	4000	
- tip MASF 8		3000	3600	

Tabelul 8.

Valorile de calcul ale caracteristicilor de deformabilitate pentru agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici și puzzolanici (straturi noi PD 177-2001)

Denumirea materialului	Modulul de elasticitate dinamic (E) MPa	Coeficientul 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

Art. 47. 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 modulului de elasticitate dinamic vor fi stabilite cu echipamentul complex pentru testarea în regim dinamic a mixturilor asfaltice, conform instrucțiunilor tehnice privind determinarea modulului de elasticitate dinamic al mixturilor asfaltice indicativ AND 542-98.

Art. 48. - (1) În cazurile în care structura rutieră are mai mult de patru straturi rutiere, două sau trei straturi rutiere, alcătuite din același tip de materiale (mixtură asfaltică, piatră spartă sau balast) vor fi caracterizate prin:

a) grosimea totală a pachetului de straturi, în cm;

b) modulul de elasticitate dinamic mediu ponderat (E_m) al pachetului respectiv de straturi rutiere, care se calculează cu relația:

$$E_m = [\Sigma (E_i^{1/3} \times h_i) / \Sigma h_i]^3 \text{ (MPa)} \qquad \text{(VII.1)}$$

în care:

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

h_i - grosimea stratului i, în cm.

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

Art. 49. - (1) Analiza structurii rutiere semirigide la solicitarea osiei standard comportă calculul deformațiilor specifice și tensiunilor în punctele critice ale complexului rutier, caracterizate printr-o stare de solicitare maximă.

(2) În cazul structurilor rutiere semirigide se calculează următoarele:

a) deformația specifică orizontală de întindere (ε_r) la baza straturilor bituminoase noi, în microdeformații;

b) tensiunea orizontală de întindere (σ_r) la baza stratului/straturilor noi din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici în MPa;

c) deformația specifică verticală de compresiune (ε_z) la nivelul patului drumului, în microdeformații.

Art. 50. - (1) Calculele se efectuează cu programul CALDEROM 2000 (PD 177-2001).

(2) Calculele se efectuează în următoarele puncte:

a) pentru ε_r: la baza straturilor bituminoase noi

$$z_1 = \sum_{i=1}^{n} h_{i.m.a.} \text{ (cm)} \qquad \text{(VII.2)}$$

în care:

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

$h_{i.m.a.}$ - grosimea fiecărui strat bituminos nou, în cm;

b) pentru σ_r: la baza straturilor noi din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici

$$z_2 = z_1 + \sum_{i=1}^{n} h_{i.b.s.} \text{ (cm)} \qquad \text{(VII.3)}$$

în care:

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

c) pentru ε_z: la nivelul patului drumului

$$z_3 = H \text{ (cm)} \qquad \text{(VII.4)}$$

în care:

H - grosimea totală a structurii rutiere, în cm.

CAPITOLUL VIII

VERIFICAREA COMPORTĂRII SUB TRAFIC A STRUCTURII RUTIERE RANFORSATE

Art. 51. Stabilirea comportării sub trafic a structurii rutiere are drept scop compararea valorilor deformațiilor specifice și tensiunilor calculate conform capitolului VII, cu cele admisibile, stabilite pe baza proprietăților de comportare ale materialelor.

Art. 52. Se consideră că o structură rutieră poate prelua solicitările traficului, corespunzătoare perioadei de perspectivă luată în considerare, dacă sunt respectate concomitent, toate criteriile de dimensionare prevăzute la Art. 14.

Art. 53. - (1) Criteriul deformației specifice de întindere admisibile la baza stra-

turilor bituminoase este respectat dacă rata de degradare prin oboseală (RDO) are o valoare mai mică sau egală cu RDO admisibil.

(2) Rata de degradare prin oboseală se calculează cu relaţia:

$$RDO = \frac{N_c}{N_{adm}} \qquad \text{(VIII.1)}$$

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 deformaţie la baza acestora.

(3) Numărul de solicitări admisibil, care poate fi preluat de straturile bituminoase, se stabileşte cu ajutorul legilor de oboseală ale mixturii asfaltice cu relaţia:

$$N_{adm} = 24,5 \times 10^8 \times \varepsilon_r^{-3,97} \text{ (m.o.s.)} \qquad \text{(VIII.2)}$$

(4) Grosimea necesară a straturilor bituminoase este cea pentru care se respectă condiţia:

$RDO \leq RDO_{admisibil}$

în care RDO admisibil are următoarele valori:

a) max. 0,90 pentru drumuri naţionale principale;

b) max. 0,95 pentru drumuri naţionale secundare;

c) max. 1,00 pentru drumuri judeţene şi comunale.

(5) În cazul în care condiţia de la alin. (4) nu este satisfăcută, se repetă calculul ratei de degradare prin oboseală pentru o grosime mai mare a straturilor bituminoase.

Art. 54. - (1) Criteriul tensiunii de întindere admisibilă la baza stratului/straturilor din agregate naturale stabilizate cu lianţi puzzolanici este respectat, dacă este îndeplinită condiţia:

$$\sigma_r \leq \sigma_{r\,adm.} \qquad \text{(VIII.3)}$$

în care:

σ_r - tensiunea orizontală de întindere la bază stratului/straturilor din agregate naturale stabilizate cu lianţi puzzolanici, în MPa (rezultată din aplicarea programului CALDEROM 2000);

$\sigma_{r\,adm.}$ - tensiunea de întindere admisibilă, în MPa, calculată conform alin. (2).

(2) Tensiunea de întindere admisibilă se calculează cu relaţia:

$$\sigma_{r\,adm.} = R_t\,(0,60 - 0,056 \times \log N_c) \qquad \text{(VIII.4)}$$

în care:

R_t - rezistenţa la întindere a agregatelor naturale stabilizate cu lianţi hidraulici sau puzzolanici, în MPa, conform alin. (3);

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

(3) Rezistenţa la întindere a agregatelor naturale stabilizate cu lianţi puzzolanici este în funcţie de tipul stratului şi de cel al liantului, conform tabelului 9. Ea este corespunzătoare vârstei de 360 zile a materialului stabilizat.

Tabelul 9.

Rezistenţa la întindere a agregatelor naturale stabilizate cu lianţi puzzolanici

Tipul liantului şi al stratului	R_t, MPa
Zgură granulată:	
a) strat de bază	0,35
b) strat de fundaţie	0,20
Cenuşă de termocentrale:	
a) strat de bază	0,50
b) strat de fundaţie	0,30
Tuf vulcanic:	
a) strat de bază	0,55
b) strat de fundaţie	0,35

(4) În cazul în care structura rutieră nu satisface acest criteriu, se reface calculul pentru o altă alcătuire a acesteia. Se recomandă îngroşarea stratului din agregate naturale stabilizate cu lianţi puzzolanici.

Art. 55. - (1) Criteriul deformaţiei specifice verticale admisibile la nivelul pământului de fundare este respectat, daca este îndeplinită relaţia:

$$\varepsilon_z < \varepsilon_{z\,adm.} \qquad \text{(VIII.5)}$$

în care:

ε_z - deformaţia specifică verticală de compresiune la nivelul pământului de fundare, în microdeformaţii, (rezultată din aplicarea programului CALDEROM 2000);

$\varepsilon_{z\,adm.}$ - deformatia specifică verticală admisibilă la nivelul pământului de fundare, în miocrodeformaţii, calculată conform alin. (2).

(2) Deformaţia specifică verticală admisibilă se calculează cu relaţia:

$$\varepsilon_{z\,adm.} = 600\,N_c^{-0,28} \text{ (microdef.)} \qquad \text{(VIII.6)}$$

unde:

N_c - trafic de calcul (m.o.s.)

(3) În cazul în care condiţia de la relaţia VIII.5 nu este îndeplinită, se modifică alcătuirea structurii rutiere. Se majorează grosimea straturilor bituminoase şi a stratului din agregate stabilizate.

Art. 56. Structura rutieră adoptată se verifică la acţiunea îngheţ-dezgheţului.

CAPITOLUL IX
RANFORSAREA CU AGREGATE STABILIZATE CU LIANȚI PUZZOLANICI ȘI TRATAMENT BITUMINOS

Art. 57. - (1) Soluția se adoptă la drumuri naționale secundare și la drumuri județene și comunale, cu clasa de trafic cel mult mediu (trafic de calcul sub 0,3 m.o.s.).

(2) Tratamentul bituminos va fi menținut în stare bună pe timpul exploatării prin lucrări de întreținere și repetarea tratamentelor la intervalele necesare.

(3) Pentru tratamentul bituminos nu este necesară îndeplinirea relației (VIII.1) (criteriul deformației specifice la întindere admisibilă la baza straturilor bituminoase).

(4) Grosimea minimă a stratului cu agregate stabilizate cu lianți puzzolanici la drumurile naționale secundare și la drumurile județene și comunale va fi de 18 cm (se vor respecta condițiile VIII.3 și VIII.5).

(5) Structura rutieră adoptată va fi verificată și la acțiunea îngheț-dezgheț (STAS 1709/1-1990).

CAPITOLUL X. ANEXE

Anexa 1. Coeficienții de evoluție a traficului și de echivalare a vehiculelor

Coeficienții de evoluție a traficului (p_k) pentru perioada 2000 - 2020

Coeficienții medi

1. Drumuri naționale europene (drumuri E)

Anul	Autocamioane și derivate cu două osii	Autocamioane și derivate cu 3 sau 4 osii	Autovehicule articulate	Autobuze	Remorci
2000	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2005	1,2	1,2	1,2	1,1	1,4
2010	1,4	1,5	1,6	1,3	1,8
2015	1,7	1,9	1,9	1,5	2,2
2020	2,0	2,2	2,1	1,7	2,5

Coeficienții de evoluție a traficului (p_k) pentru perioada 2000 - 2020

Coeficienții medi

2. Drumuri naționale principale

Anul	Autocamioane și derivate cu două osii	Autocamioane și derivate cu 3 sau 4 osii	Autovehicule articulate	Autobuze	Remorci
2000	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2005	1,1	1,1	1,2	1,1	1,3
2010	1,4	1,4	1,6	1,3	1,6
2015	1,7	1,7	1,9	1,5	2,0
2020	1,9	1,9	2,1	1,7	2,2

Coeficienţii de evoluţie a traficului (p_k) pentru perioada 2000 - 2020

Coeficienţii medii

3. Drumuri naţionale secundare

Anul	Autocamioane şi derivate cu două osii	Autocamioane şi derivate cu 3 sau 4 osii	Autovehicule articulate	Autobuze	Remorci
2000	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2005	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2
2010	1,4	1,4	1,5	1,3	1,5
2015	1,7	1,7	1,7	1,5	1,8
2020	1,9	2,0	1,9	1,7	2,0

Coeficienţii de evoluţie a traficului (p_k) pentru perioada 2000 - 2020

Coeficienţii medii

4. Drumuri judeţene

Anul	Autocamioane şi derivate cu două osii	Autocamioane şi derivate cu 3 sau 4 osii	Autovehicule articulate	Autobuze	Remorci
2000	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2005	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2
2010	1,3	1,3	1,2	1,2	1,4
2015	1,5	1,5	1,4	1,4	1,7
2020	1,7	1,7	1,5	1,5	1,8

Coeficienţii medii de echivalare (f_{ek}) a vehiculelor fizice în osii de 115 kN

(Recensământ 2000 - Ranforsări structuri rutiere suple şi semirigide)

Tipul de structuri rutiere	Grupa de vehicule				
	Autocamioane şi derivate cu două osii	Autocamioane şi derivate cu 3 sau 4 osii	Autovehicule articulate	Autobuze	Remorci
Ranforsări structuri rutiere suple şi semirigide	0,3	0,8	0,9	0,6	0,2

Anexa 2. Exemple de calcul

Exemplul 1

Să se dimensioneze stratul de bază din agregate naturale stabilizate cu tuf vulcanic, necesar pentru ranforsarea structurii rutiere existente, pe un drum național secundar cu două benzi de circulație.

Structura rutieră existentă are următoarea alcătuire:

- 6 cm îmbrăcăminte bituminoasă degradată (sub 0,65, conform AND 540-98)
- 35 cm balast

Sectorul de drum este situat în tipul climateric III, iar regimul hidrologic 2b. Pământul de fundație este de tip P5.

La recensământul din 2000, pe sectorul de drum, s-a înregistrat următorul trafic:

- autocamioane:
  - cu 2 osii 89
  - cu 3 sau 4osii 95
- autovehicule articulate 30
- autobuze 66
- remorci 24

Perioada de perspectivă este de 15 ani.

Anul punerii în funcție 2002.

Traficul de calcul (N_c), rezultă:

	n_{2000}	p_{K02} Coef. de evolutie	p_{K17} Coef. de evolutie	$\frac{p_{K02} + p_{K17}}{2}$	Coef. de echivalare f_{ek}	col. 1 x col. 4 x col. 5 o.s. 115
0	1	2	3	4	5	6
Autocamioane cu 2 osii	89	1,04	1,78	1,41	0,3	38
Autocamioane cu 3 sau 4 osii	95	1,04	1,82	1,43	0,8	109
Autovehicule articulate	30	1,08	1,78	1,43	0,9	39
Autobuze	66	1,04	1,58	1,31	0,6	52
Remorci	24	1,08	1,88	1,48	0,2	8
Total o.s. 115 kN	-	-	-	-	-	246

N_c = 365 zile x 10^{-6} x 15 ani x 0,5 x 246 = 0,673 m.o.s.

Pentru ranforsare se propun:

- 4 cm beton asfaltic;
- 4 cm binder de criblură;
- 20 cm strat de bază din balast stabilizat cu tuf vulcanic.

Modulul de elasticitate dinamic mediu ponderat pentru straturile noi de asfalt, rezultă:

$$E_m = (\sum E_i^{1/3} \times h_i)^3 = \left(\frac{4200^{1/3} \times 4 + 3600^{1/3} \times 4}{8}\right)^3 = 3891 \text{ MPa}$$

$$E_{balast} = 0{,}20 h_b^{0,45} \times E_p = 0{,}20 \times 350^{0,45} \times 65 = 181{,}5 \text{ MPa}$$

Structura rutieră	h cm	E MPa	E_m MPa	μ
Beton asfaltic	4	4200	3891	0,35
Binder	4	3600		0,35
Balast stabilizat cu tuf vulcanic (strat de bază)	20	1200	1200	0,27
Asfalt existent (0,65-AND 540)	6	3000	3000	0,35
Balast	35	181	181	0,27
Pământ P_5	∞	65	65	0,42

Din calculator (Program CALDEROM 2000) rezultă:

ε_r (h = 8 cm)	51 microdeformații
ε_z (h = 69 cm)	241 microdeformații
σ_r (h = 28 cm)	0,055 MPa

$N_{adm} = 24{,}5 \times 10^8 \times 51^{-3,97} = 407$ m.o.s.

$$RDO = \frac{N_c}{N_{adm}} = \frac{0{,}673}{407} = 0{,}0016 < 0{,}95$$

$\varepsilon_{z\,adm} = 600 \times Nc^{-0,28} = 600 \times 0{,}673^{-0,28} = 670$ microdeformații

$\varepsilon_z = 241 < 670$ microdeformații

$\sigma_{r\,adm} = 0{,}56 \times (0{,}60 - 0{,}056 \log 0{,}673) = 0{,}335$ MPa

$\sigma_r = 0{,}055 < \sigma_{r\,adm} = 0{,}335$ MPa

Sunt îndeplinite cele 3 condiții și anume:

RDO = 0,0016 < 0,95

$\varepsilon_z = 241 < \varepsilon_{z\,adm} = 670$ microdeformații

$\sigma_r = 0{,}055$ MPa < $\sigma_{r\,adm} = 0{,}335$ MPa

Structura rutieră ranforsată adoptată va fi verificată la acțiunea fenomenului de îngheț-dezgheț conform STAS 1709/1-90 și STAS 1709/2-90.

Exemplul:

Să se dimensioneze stratul de bază din agregate naturale stabilizate cu tuf vulcanic necesar pentru ranforsarea structurii rutiere existente pe un drum județean cu două benzi de circulație.

Structura rutieră existentă are alcătuirea:

- 6 cm îmbrăcăminte bituminoasă degradată (sub 0,65, conform AND 540-98)
- 35 cm balast.

Drumul este situat în tipul climateric III, regimul hidrologic al complexului rutier este 2 b, pământul de fundație este de tip P5, perioada de perspectivă = 10 ani și va fi dat în exploatare în anul 2002.

La recensământul din 2000 pe sectorul de drum s-a înregistrat următorul trafic:

	n_{2000}	p_{K02} Coef. de evoluție	p_{K17} Coef. de evoluție	$\frac{p_{K02} + p_{K17}}{2}$	Coef. de echivalare f_{ek}	col. 1 x col. 4 x col. 5 o.s. 115
0	1	2	3	4	5	6
Autocamioane cu 2 osii	22	1,04	1,38	1,21	0,3	8
Autocamioane cu 3 sau 4 osii	23	1,04	1,38	1,21	0,8	22
Autovehicule articulate	10	1,04	1,28	1,16	0,9	11
Autobuze	20	1,04	1,28	1,16	0,6	14
Remorci	6	1,08	1,52	1,30	0,2	2
Total o.s. 115 kN	-	-	-	-		57

N_c = 365 zile x 10 ani x 0,5 x 57 x 10^{-6} = 0,104 m.o.s.

Alcătuire structură rutieră	h cm	E MPa	μ
Tratament dublu	1	3600	0,35
Balast stabilizat cu tuf vulcanic	18	1200	0,27
Asfalt existent	6	3000	0,35
Balast existent	35	181	0,27
Pământ P5	∞	65	0,42

Utilizând programul CALDEROM 2000, rezultă:

h_2 = 19	σ_r MPa (sub stratul stabilizat)	-0,005
h_3 = 60	ε_z microdeformații (pat drum)	397

$\varepsilon_{z\,adm} = 600 \times N_c^{-0,28} = 600 \times 0,104^{-0,28} = 1130$ microdeformații

$\sigma_{r\,adm} = 0,55 \times (0,60 - 0,056 \log N_c) =$

$= 0,55 \times (0,60 - 0,056 \log 0,104) = 0,360$ MPa

Sunt îndeplinite simultan criteriile de dimensionare:

a) $\varepsilon_z = 397 < \varepsilon_{z\,adm} = 1130$ microdeformații

b) $\sigma_r = 0,005 < \sigma_{r\,adm} = 0,360$ MPa

Structura rutieră adoptată este structura minimă constructivă și corespunde traficului din zonă.

Structura rutieră ranforsată adoptată va fi verificată la acțiunea fenomenului de înghet-dezghet conform STAS 1709/1-90 și STAS 1709/2-90.