COMPANIA NAȚIONALĂ DE AUTOSTRĂZI ȘI DRUMURI NAȚIONALE DIN ROMÂNIA

NORMATIV

PENTRU DIMENSIONAREA STRATURILOR DE BAZĂ DIN BETON DE CIMENT ALE STRUCTURILOR RUTIERE

Indicativ: NP 111-04
Elaborat: Search Corporation

CUPRINS

Capitolul I. Prevederi generale 149
Secțiunea 1. Domeniu de aplicare 149
Secțiunea 2. Terminologie 150
Secțiunea 3. Documente de referință 150

Capitolul II. Principii de dimensionare 154
Secțiunea 1. Criterii de dimensionare 154
Secțiunea 2. Date necesare 154
Secțiunea 3. Etape principale de calcul 155

Capitolul III. Stabilirea traficului de calcul 155
Secțiunea 1. Prevederi generale 155
Secțiunea 2. Perioada de perspectivă 156

Capitolul IV. Stabilirea alcătuirii structurilor rutiere de calcul 157
Secțiunea 1. Structura rutieră nouă 157
Secțiunea 2. Structura rutieră existentă 158

Capitolul V. Analiza structurilor rutiere de calcul la solicitarea osiei standard 160
Secțiunea 1. Pământ de fundare 161
Secțiunea 2. Materiale din straturi de fundație 164
Secțiunea 3. Beton de ciment pentru strat de bază 165
Secțiunea 4. Beton de ciment din structura rutieră rigidă existentă 166
Secțiunea 5. Mixtura asfaltică din îmbrăcămintea bituminoasă 167

Capitolul VI. Stabilirea comportării sub trafic a structurii rutiere 169
Secțiunea 1. Dimensionarea structurii rutiere rigide 169
Secțiunea 2. Calculul duratei de viață reziduală 172

Capitolul VII. Probleme specifice dimensionării structurii rutiere pentru străzi 173

Capitolul VIII. Elemente geometrice 174

Capitolul IX. Considerații finale 175

ANEXA Nr.1 la normativ. Exemple de calcul 176

Secţiunea 1. Exemplul 1 – Dimensionarea stratului de bază din beton de ciment pentru o structură rutieră rigidă pentru o variantă a unui drum naţional din clasa tehnică II 176

Secţiunea 2. Exemplul 2 – Calculul duratei de viaţă reziduală a unei structuri rutiere cu îmbrăcăminte din beton de ciment 180

Secţiunea 3. Exemplul 3 – Calculul grosimii necesare a straturilor bituminoase de ranforsare a unei structuri rutiere rigide existente 183

Secţiunea 4. Exemplul 4 – Dimensionarea stratului de bază din beton de ciment pentru o structură rutieră rigidă a unei străzi, prevăzută să fie executată în două etape 184

ANEXA Nr. 2 la normativ. Stabilirea grosimii caracteristice şi a rezistenţei la întindere prin despicare caracteristice 188

NORMATIV PENTRU DIMENSIONAREA STRATURILOR DE BAZĂ DIN BETON DE CIMENT ALE STRUCTURILOR RUTIERE	Indicativ: NP 111-04

CAPITOLUL I
PREVEDERI GENERALE

Secțiunea 1
Domeniu de aplicare

Art. 1. Prezentul normativ se referă la metoda de dimensionare a straturilor de bază din beton de ciment ale structurilor rutiere pentru drumuri și străzi. Metoda de dimensionare este similară celor din țările europene. Ea este elaborată pe baza recomandărilor și cerințelor privind o metodă de dimensionare, unică în Europa, prevăzute în raportul final al acțiunii COST 333.

Art. 2. Prevederile prezentului normativ se aplica la:

– dimensionarea stratului de bază din beton de ciment al structurilor rutiere rigide pentru drumuri publice și străzi;

– dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare a structurilor rutiere rigide existente;

– calculul duratei de viață reziduală a structurilor rutiere rigide existente.

Art. 3. Structurile rutiere rigide cu strat de bază din beton de ciment sunt alcătuite, din:

– îmbrăcăminte bituminoasă în două sau mai multe straturi;

– strat de bază din beton de ciment;

– strat sau straturi de fundație.

Art. 4. Structurile rutiere rigide dimensionate conform prezentului normativ se verifică din punctul de vedere al rezistenței la acțiunea fenomenului de îngheț - dezgheț

Elaborat de:	Aprobat de:
SEARCH CORPORATION	MINISTERUL TRANSPORTURILOR, CONSTRUCȚIILOR ȘI TURISMULUI Cu ordinul nr. 197/15.02.2005

Secțiunea 2
Terminologie

Art. 5. Terminologia este conform prescripțiilor tehnice în vigoare, cu următoarele completări:

a) durată de viață reziduală (Dv):

– numărul de ani pentru care structura rutieră existentă poate prelua în continuare traficul de perspectivă.

b) perioadă de perspectivă:

– perioadă de timp, exprimată în ani, pentru care se stabilește traficul de calcul.

c) 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 structurii rutiere, rezultată prin calculul de dimensionare.

d) tensiune

– **(1)** noțiune prin care se definește starea de solicitare într-o structură rutieră supusă unei încărcări pe suprafața drumului. În contextul acestui normativ, tensiunea de întindere reprezintă componenta orizontală a tensorului stării de tensiune, calculată în coordonate axisimetrice, la baza stratului rutier alcătuit din beton de ciment. Structura rutieră este considerată un mediu multistrat 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.

(2) În sistemul internațional de unități (m, MPa), tensiunea de întindere are unitatea MPa.

Secțiunea 3
Documente de referință

Art. 6. Documentele de referință sunt:

Ordinul M.T. nr. 43/1998	Norme privind încadrarea în categorii a drumurilor naţionale.
Ordinul M.T. nr. 45/1998	Norme tehnice privind proiectarea, construirea şi modernizarea drumurilor.
Ordinul M.T. nr. 46/1998	Norme tehnice privind stabilirea clasei tehnice a drumurilor.
SR 174-1:2002	Lucrări de drumuri. Îmbrăcăminţi bituminoase cilindrate executate la cald. Condiţii tehnice de calitate.
STAS 175-87	Lucrări de drumuri. Îmbrăcăminţi bituminoase turnate executate la cald. Condiţii tehnice generale de calitate.
SR 183-1:1995	Lucrări de drumuri. Îmbrăcăminţi de beton de ciment executate în cofraje fixe. Condiţii tehnice de calitate.
SR 183-2:1998	Lucrări de drumuri. Îmbrăcăminţi de beton de ciment executate în cofraje glisante. Condiţii tehnice de calitate.
SR 662: 2002	Lucrări de drumuri. Agregate naturale de balastieră.
SR 667:2000	Agregate naturale şi piatră prelucrată pentru lucrări de drumuri. Condiţii tehnice de calitate.
STAS 1243-88	Teren de fundare. Clasificarea şi identificarea pământurilor.
STAS 1275-88	Încercări pe betoane. Încercări pe betonul întărit. Determinarea rezistenţelor mecanice.
STAS 1709/1-90	Lucrări de drumuri. Acţiunea fenomenului de îngheţ-dezgheţ la lucrări de drumuri. Adâncimea de îngheţ în complexul rutier. Prescripţii de calcul.
STAS 1709/2-90	Lucrări de drumuri. Acţiunea fenomenului de îngheţ-dezgheţ la lucrări de drumuri. Prevenirea şi remedierea degradărilor din îngheţ-dezgheţ. Prescripţii tehnice.

STAS 2900-89	Lucrări de drumuri. Lățimea drumurilor.
SR 4032/1-2002	Lucrări de drumuri. Terminologie.
STAS 6400-84	Lucrări de drumuri. Straturi de bază și de fundație. Condiții tehnice generale de calitate.
SR 7970:2001	Lucrări de drumuri. Straturi de bază din mixturi asfaltice cilindrate executate la cald. Condiții tehnice de calitate și prescripții generale de execuție.
STAS 10107/0-90	Construcții civile și industriale. Calculul și alcătuirea elementelor structurale din beton, beton armat și beton precomprimat.
STAS 10144/1 -80	Profiluri transversale. Caracteristici ale arterelor de circulație din localitățile urbane și rurale. Prescripții de proiectare.
STAS 10473/1-87	Lucrări de drumuri. Straturi din agregate naturale sau pământuri stabilizate cu ciment. Condiții tehnice generale de calitate.
STAS 12253-84	Lucrări de drumuri. Straturi de formă. Condiții tehnice generale de calitate.
AND 539-98	Instrucțiuni tehnice pentru realizarea mixturilor bituminoase stabilizate cu fibre de celuloză destinate executării îmbrăcăminților asfaltice.
AND 540-98	Normativ pentru evaluarea stării de degradare a îmbrăcămintii pentru drumuri cu structuri rutiere suple și semirigide.
AND 550-98	Normativ pentru dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare a sistemelor rutiere suple și semirigide (metoda analitică).
AND 559-99	Normativ privind aplicarea soluției antifisură din mortar asfaltic.

AND 560-99	Normativ privind aplicarea soluției antifisură din mixturi asfaltice cu volum ridicat de goluri.
AND 584-2002	Normativ pentru determinarea traficului de calcul pentru proiectarea drumurilor din punct de vedere al capacității portante și al capacității de circulație.
CD 31-2002	Normativul pentru determinarea prin deflectografie și deflectometrie a capacității portante a drumurilor cu sisteme rutiere suple și semirigide.
CD 155-2001	Instrucțiuni tehnice privind determinarea stării tehnice a drumurilor moderne.
NE 012-99	Cod de practică pentru executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat.
NP 081-02	Normativ de dimensionare a structurilor rutiere rigide.
PD 177-76	Catalog de structuri tip pentru drumuri publice.
PD 177-2001	Normativ pentru dimensionarea sistemelor rutiere suple și semirigide.
SR EN 206 - 1	Beton. Partea 1: Specificație, performanță, producție și conformitate.
* * *	Structures types de chaussees neuves, Catalogue 1977, actualisation 1988. Edition 1993. Ministere de l'equipement, du transport et du tourisme, France.
* * *	Conception et dimensionnement des structures de chausses. Guide technique. LCPC, SETRA, France, 1994.
COST 333	Development of New Bituminous Pavement Design Method. Final Report of Action. Europen Commission Directorate General Transport. Brussels-Luxemburg, 1997.

CAPITOLUL II
PRINCIPII DE DIMENSIONARE

Secțiunea 1
Criterii de dimensionare

Art. 7. Dimensionarea structurii rutiere rigide se bazează pe criteriul tensiunii de întindere admisibile a betonului de ciment din stratul de bază.

Art. 8. Metoda de dimensionare se bazează pe stabilirea alcătuirii structurii rutiere rigide pentru lucrări noi de drumuri sau străzi sau pentru ranforsarea cu straturi bituminoase a structurilor rutiere rigide existente, în conformitate cu prevederile prescripțiilor tehnice în vigoare și verificarea stării de solicitare a acesteia, sub acțiunea traficului de calcul, astfel încât să îndeplinească criteriul de dimensionare menționat la art. 7.

Secțiunea 2
Date necesare

Art. 9. Pentru dimensionarea structurilor rutiere rigide pentru lucrări noi de drumuri sau străzi 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) caracteristicile geotehnice ale pământului de fundare;

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

Art. 10. (1) Pentru calculul duratei de viață reziduală a structurilor rutiere rigide existente și dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare a acestora, este necesar să se efectueze studii, în vederea obținerii următoarelor date:

a) starea de degradare a îmbrăcămintei din beton de ciment;

b) modul de alcătuire a straturilor rutiere și grosimile acestora;

c) caracteristicile mecanice ale betonului de ciment;

d) caracteristicile geotehniee ale pământului de fundare;

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

(2) Perioadele de stocare a acestor date sunt următoarele:

a) maximum 18 luni în cazul autostrăzilor, drumurilor expres și drumurilor europene;

b) maximum 24 luni în cazul străzilor și al celorlalte categorii de drumuri.

Secțiunea 3
Etape principale de calcul

Art. 11. Etapele principale de calcul sunt:

a) stabilirea traficului de calcul;

b) stabilirea alcătuirii structurilor rutiere de calcul;

c) analiza structurilor rutiere de calcul la solicitarea osiei standard;

d) stabilirea comportării sub trafic a structurilor rutiere.

CAPITOLUL III
STABILIREA TRAFICULUI DE CALCUL

Secțiunea 1
Prevederi generale

Art. 12. La dimensionarea structurilor rutiere rigide 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. 13. (1) Traficul de calcul pentru dimensionarea structurilor rutiere rigide sau a ranforsărilor din beton de ciment, pentru care perioada de perspectivă este în general Pp = 30 ani, se poate determina cu relația:

$$Nc = 365 \times 10^{-6} \times Pp \times c_{\pi} \times MZA_{os}$$

în care:

365 – numărul de zile într-un an;

Pp – perioada de perspectivă

c_{π} – coeficient de repartiţie transversală a traficului, pe banda de circulaţie cea mai solicitată;

MZA_{os} – intensitatea medie zilnică anuală a traficului, exprimată în osii standard de 115 kN/24 ore, la mijlocul perioadei de perspectivă.

(2) În cazul dimensionării drumurilor de exploatare, echivalarea vehiculelor specifice în osii standard de 115 kN se face printr-un studiu de specialitate.

Secţiunea 2
Perioada de perspectivă

Art. 14. Perioada de perspectivă va fi indicată de beneficiarul lucrării. Ea se stabileşte în cadrul primei faze de proiectare, avându-se în vedere atât traficul actual, cât şi evoluţia în perspectivă a acestuia.

Art. 15. Se recomandă adoptarea următoarelor valori ale perioadei de perspectivă:

– 30 ani pentru dimensionarea structurilor rutiere rigide cu strat de bază din beton de ciment;

– 10...15 ani pentru dimensionarea structurilor rutiere rigide ranforsate cu straturi bituminoase;

– 10 ani pentru determinarea duratei de viaţă reziduală a structurilor rutiere rigide existente.

Art. 16. Modificarea perioadei de perspectivă, în vederea corelării acesteia cu data dării în exploatare a drumului, implică recalcularea traficului de calcul şi în consecinţă, redimensionarea structurii rutiere.

CAPITOLUL IV
STABILIREA ALCĂTUIRII STRUCTURILOR RUTIERE DE CALCUL

Secțiunea 1
Structura rutieră nouă

Art. 17. Alcătuirea structurilor rutiere rigide cu strat de bază din beton de ciment, a căror dimensionare face obiectul prezentului normativ, se stabilește conform art. 3.

Art. 18. (1) Grosimea îmbrăcămintei bituminoase se stabilește constructiv. Ea se realizează din două sau mai multe straturi bituminoase și anume, un strat de uzură cu grosimea de minim 4 cm și unul sau mai multe straturi de legătură cu grosime variabilă, din beton asfaltic.

(2) Grosimea totală a straturilor bituminoase trebuie să fie de:

– minim 15 cm, atunci când nu este prevăzut strat antifisură pentru drumuri din clasa tehnică I și străzi din categoria tehnică I;

– minim 12 cm, atunci când nu este prevăzut strat antifisură, pentru drumuri din clasele tehnice II...V și străzi din categoriile tehnice II... IV.

(3) Stratul de uzură poate fi executat pe un strat de legătură cu grosimea minimă de 5 cm și un strat de mixtură asfaltică executată la cald pentru straturi de bază.

(4) Pentru drumuri din clasa tehnică III...V și pentru străzi din categoriile tehnice III și IV, stratul de uzură poate fi executat pe un strat din mixtură asfaltică cilindrată executată la cald pentru straturi de bază.

(5) În cazuri justificate economic, poate fi folosit pavajul ca îmbrăcăminte rutieră.

Art. 19. (1) Grosimea stratului de bază din beton de ciment se stabilește prin calcul de dimensionare.

(2) Ea trebuie să aibă o valoare minimă, în funcție de clasa de trafic și anume:

Grosimea minimă a stratului de bază din beton de ciment

Clasa de trafic	Trafic de calcul m.o.s.	Grosime minimă cm
Foarte uşor	sub 0,20	18
Uşor	0,20 .. 0,70	18
Mediu	0,70 .. 3,00	18
Greu	3,000 .. 12,00	18
Foarte greu	12,00 .. 36,00	20
Excepţional	peste 36,00	20

Art. 20. Straturile de fundaţie pot avea următoarea alcătuire:

– un strat din balast sort 0 – 63, cu grosime minimă de 15 cm;

– un strat inferior din balast, cu grosime minimă de 1 0 cm şi un strat superior din piatră spartă mare sort 63 – 80, sau din piatră spartă amestec optimal sort 0 – 40 sau 0 – 63, cu grosime minimă de 12 cm;

– un strat inferior din balast, cu grosime minimă de 10,0 cm şi un strat superior din agregate naturale stabilizate cu lianţi hidraulici, cu grosime minimă de 12, 0 cm.

Secţiunea 2
Structura rutieră existentă

Art. 21 (1) Modul de alcătuire a îmbrăcămintei bituminoase pentru ranforsarea structurii rutiere existente se stabileşte conform art. 18 şi rezultă dintr-un calcul de dimensionare, conform prezentului normativ.

(2) La alcătuirea îmbrăcămintei bituminoase se pot folosi şi soluţii antifisură. În acest caz, grosimea minimă a îmbrăcămintei bituminoase trebuie să îndeplinească condiţiile prevăzute în prescripţiile tehnice în vigoare.

(3) În cazurile în care indicele de degradare al îmbrăcămintei existente, din beton de ciment este mai mare de 13 (ID > 13), stratul antifisură poate fi realizat din piatra spartă mare sort 63 – 80 sau din piatra spartă amestec optimal.

Art. 22. (1) Grosimea îmbrăcămintei din beton de ciment, care va constitui strat de bază sau în unele cazuri strat de fundaţie, în cazul structurii rutiere existente care urmează să fie ranforsată cu straturi

bituminoase sau pentru stabilirea duratei de viață reziduală a structurii rutiere rigide existente, se stabilește atât pe baza documentațiilor existente, cât și pe bază de sondaje.

(2) Numărul necesar de sondaje se stabilește pe răspunderea investitorului și a proiectantului, în funcție de lungimea sectoarelor omogene de drum sau stradă, dar nu trebuie să fie mai mic de două sondaje pe km, (câte un sondaj pe fiecare sens de circulație). El trebuie consemnat într-un document.

(3) În cazul în care lungimea sectorului omogen de drum sau de stradă este mai mică de 1 km, numărul minim de sondaje este șase (câte trei sondaje pe fiecare sens de circulație).

(4) În cazul când 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 corespunzătoare perioadei în care complexul rutier lucrează în condițiile hidrologice cele mai defavorabile. Deflexiunea caracteristică se determină cu ajutorul relației:

$$d_c = d_M + t_\alpha \times S \qquad (0{,}001 \text{ mm})$$

în care:

d_M = deflexiunea medie normală, corespunzătoare tehnicii de măsurare, în 0,001 mm;

S – abaterea medie pătratică, în 0,001 mm;

t_α = coeficient care depinde de probabilitatea apariției, a, a unor valori ale deflexiunii, mai mari decât deflexiunea caracteristică, de numărul de valori ale deflexiunii (n) și de clasa tehnică a drumului.

(5) Îmbrăcămintea din beton de ciment este caracterizată prin grosimea caracteristică calculată pentru un risc de depășire de 15%, conform anexei 2.

Art. 23. (1) Modul de alcătuire a straturilor de fundație se stabilește de asemenea atât pe baza documentațiilor existente, cât și pe bază de sondaje, în conformitate cu prevederile art. 22.

(2) Straturile de fundație sunt caracterizate prin valoarea medie a grosimilor acestora.

CAPITOLUL V

ANALIZA STRUCTURILOR RUTIERE DE CALCUL LA SOLICITAREA OSIEI STANDARD

Art. 24. (1) Analiza structurilor rutiere de calcul la solicitarea osiei standard comportă calculul tensiunii de întindere orizontale la partea inferioară a stratului de bază din beton de ciment.

(2) Se recomandă utilizarea unui program de calcul bazat pe următoarele ipoteze de calcul:

– Structura rutieră este solicitată de o sarcină circulară cu presiune verticală uniformă, reprezentând greutatea semiosiei standard cu roți gemene, transmisă pe o suprafață circulară echivalentă suprafeței de contact pneu - drum;

– Caracteristicile sarcinii sunt:

a) sarcina pe roțile gemene – 57,5 kN;

b) presiunea de contact – 0,625 Mpa;

c) raza suprafeței de contact: 17,1 cm.

– Între straturile rutiere există aderență;

– Punctele de calcul al tensiunilor și deformațiilor specifice sunt situate într-un profil vertical, în centrul sarcinii, la limita între straturi;

– Calculul tensiunilor și al deformațiilor specifice se efectuează în următoarele puncte:

a) la partea inferioară a straturilor bituminoase;

b) la partea inferioară a stratului/straturilor din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici;

c) la partea inferioară a structurii rutiere (la nivelul patului drumului)

(3) Calculul se efectuează în punctul cu următoarele coordonate axisimetrice:

$$r = 0 \text{ (cm)} \quad z = h_{m.a} + h_{BC}$$

în care:

$h_{m.a}$ – grosimea totală a straturilor din mixtură asfaltică, în cm;

h_{BC} – grosimea stratului din beton de ciment, în cm.

Art. 25. Structura rutieră este caracterizată prin grosimea fiecărui strat rutier și prin caracteristicile de deformabilitate ale materialelor

din straturile rutiere şi ale pământului de fundare (modulul de elasticitate dinamic, E, în MPa şi coeficientul lui Poisson, μ).

Art. 26. Grosimile straturilor rutiere se stabilesc conform capitolului IV.

Secţiunea 1
Pământ de fundare

Art. 27. Caracteristicile de deformabilitate ale pământului de fundare se stabilesc în funcţie de tipul de pământ, tipul climateric al zonei în care este situat drumul şi regimul hidrologic al complexului rutier.

(1) Tipurile de pământ, sunt prezentate în tabelul 1.

(2) Tipul climateric al zonei este arătat în figura 1.

(3) Regimul hidrologic se diferenţiază astfel:

– regimul hidrologic 1, corespunzător condiţiilor hidrologice FAVORABILE;

– regimul hidrologic 2, corespunzător condiţiilor hidrologice MEDIOCRE şi FAVORABILE, notat cu:

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

– b: pentru sectoare de drum situate în rambleu cu înălţimea sub 1 m, la nivelul terenului, în profil mixt sau debleu.

Tipurile de pământ pe baza clasificării pământurilor

Tabelul 1

Categoria pământului	Tipul de pământ	Clasificarea pământurilor	Indicele de plasticitate Ip%	Compoziţia granulometrică		
				Argilă %	Praf %	Nisip %
Necoezive	P_1	Pietriş cu nisip	Sub 10	cu sau fără fracţiuni sub 0,5 mm		
	P_2		10... 20	cu fracţiuni 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

ROMANIA
LEGENDA
MOLDOVA
UCRAINA
BULGARIA
Marea Neagra

Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic pentru tipurile de pământ, în funcție de tipul climateric al zonei și de regimul hidrologic al complexului rutier sunt prezentate în tabelul 2.

Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic al pământului de fundare

Tabelul 2

Tipul climateric	Regimul hidrologic	Tipul pământului				
		P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
		E_D, MPa				
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	60	55	80
	2a		80		50	65

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

Valorile de calcul ale coeficientului lui Poisson pentru pământuri

Tabelul 3

Tipul de pământ	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
Coeficientul lui Poisson, μ	0,27	0,30	0,30	0,35	0,42

Art. 28. (1) Capacitatea portantă la nivelul patului drumului poate fi îmbunătățită prin prevederea unui strat de formă.

(2) Modul de alcătuire al stratului de formă se stabilește pe bază de calcule tehnico- economice, în funcție de materialele disponibile în zona drumului și de rolul preponderent pe care stratul de formă trebuie să-l joace, atât în perioada de execuție a drumului, cât și în cea de exploatare a acestuia.

(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 modulului de elasticitate dinamic este în funcție de cea a materialelor din stratul suport (Ep) și se calculează cu următoarea relație:

$$Es.f. = 0{,}20\ h_{s.f}^{0.45}\ Ep \quad MPa$$

în care:

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

– coeficientul lui Poisson are valoarea 0, 27.

– pentru materiale coezive, în conformitate cu tabelul 4.

(4) Pentru folosirea rațională a agregatelor naturale din stratul de fundație, se recomandă să se asigure la nivelul patului drumului o capacitate portantă minimă, caracterizată prin valoarea modulului de elasticitate echivalent al sistemului bi-strat strat de formă – pământ de fundare de minimum 80 MPa. Pentru stabilirea grosimii stratului de formă necesară realizării acestei capacități portante se recomandă folosirea prescripțiilor tehnice indicativ PD 177.

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

Tabelul 4

Denumirea materialului	Modulul de elasticitate dinamic, E s.f. MPa	Coeficientul 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

Secțiunea 2
Materiale din straturi de fundație

Art. 29. Valoarea de calcul a modulului de elasticitate dinamic al balastului (Eb) se stabilește cu relația:

$$Eb = 0{,}20\ h_b^{045}\ Ep \quad MPa$$

în care:

h_b – grosimea stratului de balast, în mm;

Ep – modulul de elasticitate dinamic al pământului de fundare, în MPa, conform art. 27 sau al materialului din stratul de formă, în MPa, conform art. 28.

Art. 30. Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic şi ale coeficientului lui Poisson pentru materialele din straturile de fundaţie se stabilese conform tabelului 5.

Valorile de calcul ale caracteristicilor de deformabilitate pentru materialele din straturile de fundaţie

Tabelul 5

Denumirea materialului	E. MPa	μ
Agregate naturale stabilizate cu ciment în straturi rutiere noi	1000	0,25
Agregate naturale stabilizate cu ciment în straturi rutiere existente	600	0,27
Piatră spartă mare, amestec optimal	500	0,27
Piatră spart mare, sort 63-91	400	0,27
Piatră spart cilindrată din drumurile existente	400*	0,27
Pavaje	350	0,27
Bolovani	200	0,27

Notă: În cazul în care piatra spartă cilindrată constituie un strat inferior de fundaţie, modulul de elasticitate dinamic se stabileşte conform art. 29.

Secţiunea 3
Beton de ciment pentru strat de bază

Art. 31 (1) Caracteristicile de deformabilitate ale betonului de ciment din stratul de bază pentru lucrări noi de drumuri şi străzi sunt în funcţie de clasa betonului de ciment rutier sau de clasa de rezistenţă a betonului. Ele se stabilesc cu ajutorul tabelului 6.

(2) Pentru alegerea clasei betonului de ciment se recomandă următoarele:

a) pentru drumuri şi străzi, la care structura rutieră se execută într-o etapă, se recomandă beton de ciment cu clasa de rezistentă C 16/20, C 12/15;

b) pentru străzi la care structura rutieră este prevăzută să se realizeze în două etape, în prima etapă stratul din beton de ciment fiind un strat de rulare, se recomandă adaptarea unui beton de ciment rutier clasa BcR 4,0 sau BcR3,5, sau beton de ciment clasa C 16/20 sau C 12/15, în funcție de capacitatea portantă a fundației.

Valorile de calcul ale caracteristicilor de deformabilitate ale betonului de ciment

Tabelul 6

Clasa betonului de ciment rutier	Clasa de rezistență a betonului de ciment pentru structuri ce se execută într-o singură etapă	E, MPa	μ
BcR 4,0		30.000	0,15
BcR 3,5		27.000	
	C 16/20	18.000	
	C 12/15	15.000	

Secțiunea 4
Beton de ciment din structura rutieră rigidă existentă

Art. 32 (1) Caracteristicile de deformabilitate ale betonului de ciment din structura rutieră rigidă existentă pentru determinarea duratei de viață reziduale a acesteia și pentru dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare ale acesteia se stabilesc în funcție de rezistența la întindere prin despicare a betonului de ciment, cu ajutorul tabelului 7.

(2) Rezistența la întindere prin despicare se determină pe carote cilindrice recoltate din dalele din beton de ciment, conform art. 22. Se recomandă determinarea rezistenței la întindere prin despicare pe minimum 4 carote. Rezistența la întindere prin despicare caracteristică (R_{Bcar}) se obține prin calculul statistic al valorilor rezistenței la întindere prin despicare, pentru un risc de depășire de 15 %. Această valoare se utilizează pentru stabilirea indicativului betonului de ciment existent, definit astfel încât rezistența la întindere prin despicare caracteristică să aibă cel puțin valoarea din tabelul 7. Calculul statistic al rezistenței la întindere prin despicare se efectuează conform Anexei 2.

Valorile de calcul ale caracteristicilor de deformabilitate ale betonului de ciment existent

Tabelul 7

Indicativ	$R_{\beta\,car}$ MPa	E, MPa	μ
Bce 6	3,50	35 000	0,15
Bce 5	3,15	30.000	
Bce 4	2,80	24.000	
Bce 3	2,50	20.000	
Bce 2	2,00	18,000	
Bce 1	1,50	15,000	

(3) În cazurile în care rezistența la întindere prin despicare caracteristică are valori sub 1, 50 MPa, structura rutieră se consideră semirigidă, stratul rutier din beton de ciment fisurat fiind asimilat cu un strat din agregate naturale stabilizate cu ciment. Dimensionarea structurii rutiere semirigide se efectuează utilizând metode ale practicii locale și internaționale curente.

Secțiunea 5
Mixtura asfaltică din îmbrăcămintea bituminoasă

Art. 33. (1) Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic ale mixturilor asfaltice din straturile bituminoase noi sunt în funcție de tipul acestora și de tipul climateric al zonei unde sunt situate drumul sau strada și sunt date în tabelul 8.

Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic ale mixturilor asfaltice

Tabelul 8

Tipul climateric	I și II	III
Tipul mixturii asfaltice	Modulul de elasticitate dinamic, E, MPa	
0	1	2
Mixturi asfaltice preparate cu bitum tip D 80/100		
– strat de uzură	3600	4200
– strat de legătură	3000	3600
– strat de bază	5000	5600

0	1	2
Mixturi asfaltice cu bitum modificat		
-- strat de uzură	4000	4500
-- strat de legătură	3500	4000
Mixturi asfaltice stabilizate cu fibre		
-- strat de uzură		
• tip MASF 16	3300	4000
• tip MASF 8	3000	3600

(2) În cazurile în care structura rutieră are mai mult de patru straturi, îmbrăcămintea bituminoasă va fi caracterizată prin:

-- grosimea totală, în cm:

-- modulul de elasticitate dinamic mediu ponderat (Em) al mixturii asfaltice, care se calculează cu relaţia:

$$Em = \left[\sum (E_i^{1/3} \times h_i) / \sum h_i\right]^3 \qquad MPa$$

în care:

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

h_i – grosimea stratului, în cm.

Art. 34. Valorile de calcul ate modulului de elasticitate dinamic ale mixturilor asfaltice din straturile bituminoase existente sunt în funcţie de indicele de degradare al îmbrăcămintei bituminoase şi de tipul climateric şi sunt date în tabelul 9.

Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic ale mixturii asfaltice din straturile bituminoase existente

Tabelul 9

Tipul climateric	I şi II	III
Indicele de degradare conform instrucţiunilor indicativ CD 155	Modulul de elasticitate dinamic, E, MPa	
sub 7,5	3300	4700
7,5 -- 13	3000	3800
peste 13	2500	3000

CAPITOLUL VI
STABILIREA COMPORTĂRII SUB TRAFIC A STRUCTURII RUTIERE

Secțiunea 1
Dimensionarea structurii rutiere rigide

Art. 35. Stabilirea comportării sub trafic a structurii rutiere rigide are drept scop următoarele:

– calcularea grosimii stratului de bază din beton de ciment pentru lucrări noi de drumuri și străzi, astfel încât să fie respectat criteriul de dimensionare, conform art.7;

– calcularea grosimii straturilor bituminoase de ranforsare a structurilor rutiere rigide existente, în vederea ranforsării acestora, astfel încât să fie respectat criteriul de dimensionare, conform art. 7.

Art. 36. Criteriul tensiunii de întindere admisibile a betonului de ciment din stratul de bază este respectat dacă este îndeplinită inegalitatea următoare:

$$\sigma_r \leq \sigma_{radm}$$

în care:

σ_r – este tensiunea de întindere orizontală la partea inferioară a stratului de bază din beton de ciment, calculată conform capitolului V;

σ_{radm} – tensiunea de întindere admisibilă a betonului de ciment, calculată conform art. 37.

Art. 37. Tensiunea de întindere admisibilă a betonului de ciment se calculează cu relația:

$$\sigma_{radm} = 0{,}45\ k_S R_B N_c^b \quad \text{MPa}$$

în care:

k_S – este coeficient care ține seama de eterogenitățile locale de portanță a stratului de fundație, a cărei valoare este conform art. 38;

R_B – rezistența la intindere prin despicare a betonului de ciment, stabilită conform art. 39;

N_C – traficul de calcul, stabilit conform capitolului III;

b – exponent al expresiei legii de oboseală, în funcție de clasa betonului de ciment, conform art. 39.

Art. 38. Valoarea coeficientului k_s este în funcţie de modulul de elasticitate dinamic al stratului de fundaţie, care constituie suportul stratului de bază din beton de ciment şi se stabileşte cu ajutorul tabelului 10.

Valorile coeficientului k_s

Tabelul 10

Portanţa stratului inferior, E, MPa	sub 80	80... 120	peste 120
k_S	1/1,2	1/1,1	1

Art. 9. Rezistenţa la întindere prin despicare (rezistenţa Braziliană), R_B, şi exponentul expresiei legii de oboseală a betonului de ciment constituie parametrii de calcul ai tensiunii de întindere admisibile ai acestuia, care se stabilesc în modul următor:

(1) Pentru lucrări noi de drumuri şi străzi, în funcţie de clasa betonului de ciment, conform tabelului 11.

Parametrii de calcul ai betonului de ciment

Tabelul 11

Clasa betonului de ciment rutier	Clasa de rezistenţă a betonului de ciment	R_B, MPa	b
BcR 4,0		2,80	-1/15
BcR 3,5		2,50	-1/15
	C 16/20	2,00	-1/14
	C 12/15	1,50	-1/14

(2) Pentru dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare a structurilor rutiere rigide existente:

– valoarea de calcul a rezistenţei la întindere prin despicare se stabileşte cu relaţia:

$$R_B = 0{,}90\ f_d\ R_{B\,med.}$$

în care:

0,90 – reprezintă valoarea factorului de reducere a rezistenţei mecanice a betonului de ciment, în funcţie de procesul de degradare a drumului pe perioada de timp până la darea în exploatare a lucrării;

f_d – factor de reducere a rezistenței mecanice a betonului de ciment, în funcție de indicele de degradare al îmbrăcămintei rutiere, conform tabelului 12.

$R_{Bmed.}$ – valoarea medie a rezistenței la întindere prin despicare, în MPa, calculată prin prelucrarea statistică a valorilor determinate pe carote cilindrice, conform art. 32.

Valorile factorului de reducere f_d

Tabelul 12

Indicele de degradare	f_d
sub 7,5	1
7,5 – 13	0,95
peste 13	0,90

– exponentul expresiei legii de oboseală a betonului de ciment, b, este în funcție de indicativul betonului de ciment existent, conform art.32 și se stabilește cu ajutorul tabelului 13.

Valoarea exponentului b

Tabelul 13

Indicativ	b
Bce 6	-1/16
Bce 5	-1/16
Bce 4	-1/15
Bce 3	-1/15
Bce 2	-1/14
Bce 1	-1/14

Art. 44. Dacă pentru modul de alcătuire al structurii rutiere de calcul nu este îndeplinit criteriul de dimensionare prevăzut la art. 36, se modifică cu 1...2 cm grosimea stratului de bază din beton de ciment pentru lucrări noi de drumuri sau de străzi sau a straturilor din mixtură asfaltică pentru ranforsarea structurilor rutiere existente și se refac calculele pentru stabilirea comportării sub trafic a acestei structuri rutiere de calcul.

Secțiunea 2
Calculul duratei de viață reziduală

Art. 41. Stabilirea comportării sub trafic a structurii rutiere rigide existente are drept scop stabilirea numărului de solicitări ale osiei standard, Nadm., pe care stratul din beton de ciment îl poate prelua în continuare.

Art. 42. (1) În cazul în care stratul din beton de ciment reprezintă stratul de rulare, valorile N adm. se calculează cu relațiile următoare, în funcție de valoarea lui b și anume:

- pentru b = –1/16 $\log Nadm. = 16 (\log R_B - \log \sigma_r) - 6{,}72346$
- pentru b = –1/15 $\log Nadm. = 15 (\log R_B - \log \sigma_r) - 6{,}30325$
- pentru b = –1/14 $\log Nadm. = 14 (\log R_B - \log \sigma_r) - 5{,}88303$

în care:

b – exponentul expresiei legii de oboseală a betonului de ciment, conform art. 39, tabelul 13;

R_B – rezistența la întindere prin despicare, în MPa, a betonului de ciment, conform art.39 (2);.

σ_r – tensiunea de întindere orizontală la partea inferioară a stratului din beton de ciment, în MPa, calculată conform capitolului V.

(2) În cazul în care stratul din beton de ciment este acoperit cu straturi bituminoase cu grosimea de max. 8 cm, valorile Nadm. se calculează cu relațiile de la art. 42 (1).

(3) În cazul în care stratul de beton de ciment este acoperit cu straturi bituminoase cu grosimi mai mari de 8 cm, valorile Nadm. se calculează cu relațiile următoare, în funcție de valoarea lui b și anume:

- pentru b = –1/16 $\log Nadm. = 16 (\log R_B - \log \sigma_r) - 5{,}64192$
- pentru b = –1/15 $\log Nadm. = 15 (\log R_B - \log \sigma_r) - 5{,}28666$
- pentru b = –1/14 $\log Nadm. = 14 (\log R_B - \log \sigma_r) - 4{,}93866$

în care b, R_B și s_r au semnificațiile de mai sus.

Art. 43. Durata de viață reziduală, Dv, se calculează cu relația:

$$Dv = Nadm./ Nc \text{ anual}$$

în care:

$Nadm. = 10\log^{Nadm}$

Nc anual – traficul de calcul mediu anual, în milioane osii standard, stabilit prin împărţirea traficului de calcul, calculat conform capitolului III, la numărul de ani corespunzător perioadei de perspectivă, luate în considerare.

CAPITOLUL VII

PROBLEME SPECIFICE DIMENSIONĂRII STRUCTURII RUTIERE PENTRU STRĂZI

Art. 44. Structura rutieră rigidă pentru străzi, în unele cazuri justificate tehnic şi economic, poate fi executată în două etape:

• Etapa I, în care stratul din beton de ciment constitue şi un strat de rulare, circulaţia vehiculelor desfăşurându-se pe suprafaţa acestuia; se recomandă ca acesta să se execute după definitivarea lucrărilor subterane.

• Etapa 2, în care stratul de beton de ciment este acoperit cu straturi bituminoase, a căror grosime minimă este conform art. 18.

Art. 45. Comportarea sub trafic a structurii rutiere trebuie să îndeplinească următoarele condiţii.

$$Nc_1 \leq Nadm._1$$

$$Nc \leq Nadm._1 + Nadm._2$$

în care:

Nc_1 – traficul de calcul din perioada în care stratul din beton de ciment constituie stratul de rulare, în milioane osii standard;

Nc – traficul de calcul pentru perioada de perspectivă luată în considerare, conform art.15;

$Nadm._1$ – numărul de solicitări ale osiei standard pe care stratul din beton de ciment îl poate prelua în perioada de timp de la execuţie până la acoperire cu straturi bituminoase şi care se calculează conform art. 46;

$Nadm._2$ – numărul de solicitări ale osiei standard pe care stratul din beton de ciment îl poate prelua în perioada de timp de la acoperirea cu straturi bituminoase şi până la sfârşitul perioadei de perspectivă şi se calculează conform art. 47.

Art. 46. Numărul de solicitări ale osiei standard pe care stratul din beton de ciment îl poate prelua în perioada de timp de la execuție până la acoperire cu straturi bituminoase, $Nadm._1$ se calculează cu următoarele relații, în funcție de valoarea lui b:

- pentru $b = -1/15$ $\log Nadm._1 = 15\,(\log R_B - \log \sigma_r) - 6{,}30325$
- pentru $b = -1/14$ $\log Nadm._1 = 14\,(\log R_B - \log \sigma_r) - 5{,}88303$

iar $Nadm._1 = 10^{\log Nadm.1}$.

Art. 47. Numărul de solicitări ale osiei standard pe care stratul din beton de ciment îl poate prelua în perioada de timp de la acoperirea cu straturi bituminoase și până la sfârșitul perioadei de perspectivă, $Nadm._2$, se calculează cu următoarele relații, în funcție de valoarea lui b:

- pentru $b = -1/15$ $\log Nadm._2 = 15\,(\log R_B - \log \sigma_r) - 5{,}28666$
- pentru $b = -1/14$ $\log Nadm._2 = 14\,(\log R_B - \log \sigma_r) - 4{,}93866$

iar $Nadm._2 = 10^{\log Nadm.2}$.

Art. 48. Grosimea necesară a stratului de bază este cea pentru care sunt îndeplinite condițiile prevăzute la art.45.

CAPITOLUL VIII
ELEMENTE GEOMETRICE

Art. 49. Grosimea stratului de bază din beton de ciment al structurilor rutiere pentru drumuri publice și străzi este cea rezultată prin dimensionare, conform prezentului normativ, cu abateri locale maxime admise de –10 mm și de +20 mm.

Art. 50. Lățimea stratului de bază din beton de ciment se stabilește conform prescripțiilor în vigoare cu abateri locale maxime admise de ±15 mm.

Art. 51. Pantele în profil transversal și declivitățile în profil longitudinal ale suprafeței stratului de bază din beton de ciment sunt aceleași ca ale îmbrăcămintei bituminoase sub care se execută.

Art. 52. Denivelările admisibile în profil longitudinal ale suprafeței stratului de bază din beton de ciment sub dreptarul de 3,00 m sunt de maximum 10 mm.

Art. 53. Stratul de bază din beton de ciment se execută cu rosturi longitudinale şi transversale.

(1) Rosturile de dilataţie se execută la distanţe de circa 100m.

(2) Rosturile de contracţie se execută la distanţe cuprinse între 4 m şi 6 m perpendicular pe axa drumului, în linie continuă pe toată lăţimea stratului de bază.

(3) Rosturile de contact se realizează când se întrerupe turnarea betonului de ciment.

CAPITOLUL IX
CONSIDERAŢII FINALE

Art. 54. La execuţia stratului de bază din beton de ciment se recomandă a se ţine seama de prevederile SR 183-1.

ANEXA nr. 1 la normativ

EXEMPLE DE CALCUL

Secţiunea 1

Exemplul 1. Dimensionarea stratului de bază din beton de ciment pentru o structură rutieră rigidă pentru o variantă a unui drum naţional din clasa tehnică II

Datele problemei:

(a) Se cere să se stabilească alcătuirea unei structuri rutiere rigide pe o variantă nouă a unui drum naţional principal din clasa tehnică II. Drumul este situat în zona climatericã II, într-o regiune în care sursele de agregate naturale de carieră sunt la distanţe relativ reduse faţă de traseul drumului.

(b) Terasamentele rutiere sunt în rambleu, cu o înălţime de maximum 1,00 m. Pământul de fundare este alcătuit din praf şi praf argiloase.

(c) Caracteristicile traficului rutier sunt cele corespunzătoare postului de recenzare situat pe drumul national, înainte de intrare în variantă. Astfel, recensământul general de circulaţie din anul 2000 a evidenţiat următoarea compoziţie a traficului:

380 autocamioane şi derivate cu 2 osii
99 autocamioane şi derivate cu 3 şi 4 osii
194 autovehicule articulate
206 autobuze
75 remorci la autocamioane şi tractoare

(d) Perioada de perspectivă a drumului a fost stabilită de beneficiarul lucrării de 30 ani (2005- 2035).

Stabilirea traficului de calcul

Se stabileşte traficul de calcul, cu ajutorul datelor din tabelul 14.

Tabelul 14

Grupa de vehicule	MZA_k/2000/ 24 ore	f_k	P_k	$MZA_k \times f_k \times P_k$
1	2	3	4	5
Autocamioane şi derivate cu 2 osii	380	0,3	1,9	217
Autocamioane şi derivate cu 3 şi 4 osii	99	3,8	1,9	715
Autovehicule articulate	194	2,9	2,1	1181
Autobuze	206	1,5	1,7	525
Remorci la autocamioane şi tractoare	75	0,2	2,2	33
Total vehicule	954			2671

Notă:

f_k este coeficientul mediu de echivalare a vehiculelor fizice în osii standard de 115 kN, a cărei valoare este conform tabelului 3, art. 14;

P_k coeficientul de evoluţie (valoarea medie probabilă) a traficului pentru mijlocul perioadei de perspectivă, respectiv anul 2020, conform anexei 1,tabelul 3.

Rezultă următorul trafic de calcul:

$Nc = 36S \times 10^{-6} \times 30 \times 0,5 \times 2671 = 14,624$ m.o.s, corespunzător clasei de trafic FOARTE GREU

Stabilirea alcătuirii structurii rutiere

Se stabileşte următoarea alcătuire a structurii rutiere de calcul, conform capitolului IV:

– îmbrăcămintea bituminoasă executată la cald, este prevăzută să fie alcătuită din:

– 4 cm strat de uzură

– 8 cm strat de legătură

– strat de bază din beton de ciment, clasa C 16/20, cu următorii parametri de calcul şi cu grosimea care va rezulta din calcule:

– rezistenţa la întindere prin despicare, $R_B = 2,00$ MPa;

– exponentul legii de oboseală, $b = -1/14$;

– strat superior de fundaţie din piatră spartă, sort 63...80, cu grosime de 15 cm;

– strat inferior de fundaţie din balast, cu grosime de 25 cm.

• Analiza structurii rutiere de calcul (varianta 1) la solicitarea osiei standard

(1) Structura rutieră este caracterizată prin grosimea fiecărui strat rutier şi prin caracteristicile de deformabilitate ale materialelor din straturile rutiere şi ale pământului de fundare, conform tabelului 15.

Tabelul 15

Denumirea materialului din strat	Varianta 1	Varianta 2	E, MPa	μ
	h, cm			
Beton asfaltic pentru strat de uzură	4	4	3600	0,35
Beton asfaltic pentru strat de legătură	8	8	3000	0,35
Beton de ciment, C 16/20	22	24	18000	0,15
Piatră spartă mare, sort 63... 80	15	15	400	0,27
Balast	25	25	168*	0,27
Pământ de fundare, P_4	∞	∞	70**	0,35

Notă:

* conform art. 29:

** conform art. 27 (4), tabelul 2.

(2) Structura rutieră şi pământul de fundare având 6 straturi, acestea se reduc la 5 straturi, prin luarea în considerare a îmbrăcămintei bituminoase cu grosimea de 12 cm şi cu valoarea modulului de elasticitate mediu ponderat de 3197 MPa, care a fost calculată cu relaţia următoare, conform art. 33 (2):

$$E_m = [(4 \times 3600^{1/3} + 8 \times 3000^{1/3}) / 12]^3 = 3197 \text{ MPa}$$

(3) Pentru calculul tensiunii de întindere orizontală, XX, la baza stratului din beton de ciment se recomandă utilizarea normativului PD 177–2001.

Rezultă $\sigma_r = 0,764$ MPa.

(4) Se calculează tensiunea de întindere admisibilă a betonului de ciment, conform art. 37, cu relaţia $\sigma_{r\,adm.} = 0,45\, k_s R_B Nc^b$

în care:

$k_s = 1$, portanţa stratului de fundaţie din piatră spartă fiind mai mare de 120 MPa,

$R_B = 2,00$ MPa;

$Nc = 14,624$ m.o.s;

$b = -1/14$.

Rezultă $\sigma_{r\,adm} = 0{,}45 \times 1 \times 2{,}00 \times 14{,}624^{-1/15} = 0{,}743$ MPa, o valoare mai mică decât tensiunea de întindere orizontală.

Se măreşte la 24 cm grosimea stratului de bază din beton de ciment (structura rutieră de calcul, varianta 2).

• Analiza structurii rutiere de calcul (varianta 2) la solicitarea osiei standard

(1) Se calculează tensiunea de întindere orizontală, s_r, la baza stratului din beton de ciment. Rezultă $\sigma_r = 0{,}689$ MPa, o valoare mai mică decât cea a rezistenţei la întindere admisibile a betonului de ciment, deci grosimea necesară a stratului de bază din beton de ciment este între 22 cm şi 24 cm.

(2) Stabilirea grosimii necesare a stratului de bază din beton de ciment

– Se calculează logaritmul numărului de solicitări admisibil ale osiei standard pentru grosimile de 22 cm şi de 24 cm ale stratului de bază din beton de ciment, cu următoarea relaţie prevăzută la art. 42 (3) şi anume, $\log N\,adm. = 14\,(\log R_B - \log \sigma_r) - 4{,}93866$.

Rezultă pentru:

$h_{BC} = 22$ cm, $\log N\,adm._{(22)} = 0{,}91245$;

$h_{BC} = 24$ cm, $\log N\,adm._{(24)} = 1{,}54069$.

$(\log N\,adm._{(24)} - \log N\,adm._{(22)}) / (24 - 22) = (1{,}54069 - 0{,}91245) / 2 = 0{,}31412$.

– Grosimea necesară exactă a stratului de bază din beton de ciment se calculează cu relaţia

$h_{BC} = (\log Nc - \log N\,adm._{(22)}) / 0{,}31412 + 22$,

deci $h_{BC} = (\log 14{,}624 - 0{,}91245) / 0{,}31412 + 22 = 22{,}80$ cm.

Se rotunjeşte în plus la număr întreg, deci $h_{BC} = 23$ cm. Această grosime a stratului de bază îndeplineşte şi condiţia grosimii minime de 20 cm pentru clasa de trafic FOARTE GREU, corespunzător art.19 (2).

Secțiunea 2

Exemplul 2. Calculul duratei de viață reziduală a unei structuri rutiere cu îmbrăcăminte din beton de ciment

Datele problemei :

(a) Se cere să se calculeze durata de viață reziduală a unei structuri rutiere rigide cu îmbrăcăminte din beton de ciment, pe un drum național din clasa tehnică II. Drumul este situat în zona climaterică I.

(b) Terasamentele rutiere sunt la nivelul terenului! Pământul de fundare este constituit din argile prăfoase.

(c) Traficul de calcul pentru o perioadă de perspectivă de 10 ani este de 3.650 m.o.s.

(d) Indicele de degradare, are valoarea de 6,1.

Stabilirea alcătuirii structurii rutiere

(1) Pentru îmbrăcămintea din beton de ciment au fost efectuate 5 sondaje, datele obținute fiind date în tabelul 16.

Tabelul 16

Nr. sondaj	Poziția km	h_{BC}, cm	R_R, MPa
1	1 + 464	16,8	4,5
2	1 + 656	18,9	4,3
3	1 + 958	17,2	4,4
4	2 + 134	17,8	4,5
5	2 + 450	18,5	4,9

Notă:

h_{BC} – grosimea îmbrăcămintei din beton de ciment a fost măsurată pe carotele cilindrice recoltate:

R_R – rezistența la întindere prin despicare a fost determinată pe carotele cilindrice recoltate.

(a) Prelucrarea statistică a valorilor grosimii îmbrăcămintei din beton de ciment și a rezistenței la întindere prin despicare a condus la următoarele:

- grosimea caracteristică a îmbrăcămintei din beton de ciment a fost calculată conform anexei 2, cu relația:

$$h_{BCcar} = hBC_{med.} - t_{\alpha} \times s,$$

în care:

$h_{BCmed.}$ reprezintă grosimea medie a îmbrăcămintei din beton de ciment cu valoarea 17,84 cm;

t_α – coeficient dedus din repartiția Student, în funcție de numărul de date și pentru un risc de depășire de 15%, a cărei valoare se scoate din anexa 2 cu valoarea de 1,237;

s – abaterea medie pătratică a șirului de date, stabilit conform anexei 2. Ea se calculează cu relația

$$s = \sqrt{\sum h_{BCi}^{c} - n h_{BCmed}^{2}} / \sqrt{n},$$

în care:

h_{BCi} – valorile individuale ale grosimii;

$h_{BCmed.}$ – valoarea medie a grosimii;

n – numărul de valori individuale ale grosimii,

de unde, $s = \sqrt{1594,38 - 1591,33} / \sqrt{5} = 0,781.$

Rezultă:

$h_{BCcar.} = 17,84 - 1,237 \times 0,781 = 16,87$, rotunjit 17 cm.

• rezistența la întindere prin despicare medie, $R_{Bmed.} = 4,52$ MPa, iar valoarea de calcul a rezistenței la întindere prin despicare $R_B = 0,90 \times 4,52 \times 1 = 4,07$ MPa, în care 1 reprezintă valoarea factorului de reducere a rezistenței mecanice în funcție de indicele de degradare al îmbrăcămintei rutiere, conform tabelului 12;

• rezistența la întindere prin despicare caracteristică a fost calculată conform anexei 2, cu aceleași relații de mai sus și anume:

$R_{Bcar.} = R_{Bmed.} - t_\alpha \times s$, în care:

t_α – coeficient dedus din repartiția Student cu valoarea de 1, 237;

s – abaterea medie pătratică a șirului de date calculată cu relația:

$$s = \sqrt{\sum R_{Bi}^{2} - n R_{Bmed}^{2}} / \sqrt{n},$$

în care:

R_{Bi} – valorile individuale ale rezistenței la întindere prin despicare;

$R_{Bmed.}$ – valoarea medie a rezistenței la intindere prin despicare;

n – numărul de valori individuale ale rezistenței la întindere prin despicare,

de unde, $s = \sqrt{102,360 - 102,152} / \sqrt{5} = 0,204.$

Rezultă:

$$R_{Bcar.} = 4,52 - 1,237 \times 0,204 = 4,27 \text{ MPa.}$$

Conform tabelului 7, indicativul betonului de ciment existent este Bce 6, iar caracteristicile de deformabilitate ale acestuia sunt:

E = 35.000 MPa;

$\mu = 0,15$

iar, conform tabelului 13, b = –1/16.

(2) Conform documentației de execuție, straturile de fundație sunt alcătuite din balast, cu grosime medie de 30 cm.

Analiza structurii rutiere de calcul la solicitarea osiei standard

(1) Structura rutieră rigidă este caracterizată prin grosimea fiecărui strat rutier și prin caracteristicile de deformabilitate ale materialelor din straturile rutiere și ale pământului de fundare, conform tabelului 17.

Tabelul 17

Denumirea materialului din strat	h, cm	E, MPa	μ
Beton de ciment, Bce 6	17	35.000	0,15
Balast	30	182*	0,27
Pământ de fundare	∞	70**	0,42

Notă:

* conform art.29;

** conform art. 27(4), tabelul 2.

(2) Se calculează, tensiunea de întindere orizontală, s_r, la baza stratului din beton de ciment. Rezultă $\sigma_r = 2,06$ MPa.

(1) Se calculează numărul de solicitări pe care îl poate prelua în continuare structura rutieră existentă cu relația următoare, conform art. 42:

$\log N \text{ adm.} = 16 (\log R_B - \log \sigma_r) - 6,72346$

$\log N \text{ adm.} = 16 (\log 4,07 - \log 2,06) - 6,72346 = -1,99182$

iar, N adm. = 0,010 m.o.s.

(2) Durata de viață reziduală este, conform art. 43:

$$Dv = N \text{ adm.} / N \text{ anual}$$

în care:

Nadm. = 0,010 m.o.s., conform (1);

Nc anual – traficul de calcul mediu anual, în milioane osii standard, calculat prin împărțirea traficului de calcul, Nc = 3, 650 m.o.s. la 10 ani, numărul de ani luat în considerare în stabilirea acestuia. Rezultă Nc anual = 0, 365 m.o.s.

Deci, Dv = 0, 010/0,365 = 0, 03 ani.

Rezultă deci că durata de viață reziduală este mai mică de 1 an, deci este necesară ranforsarea structurii rutiere.

Secțiunea 3

Exemplul 3. Calculul grosimii necesare a straturilor bituminoase de ranforsare a unei structuri rutiere rigide existente

Datele problemei:

Se cere să se calculeze grosimea necesară a straturilor bituminoase de ranforsare a structurii rutiere rigide existente din exemplul 2

Analiza structurii rutiere de calcul la solicitarea osiei standard

(1) Structura rutieră este caracterizată prin grosimile straturilor bituminoase de ranforsare și cele ale fiecărui strat rutier al structurii rutiere existente și prin caracteristicile de deformabilitate ale materialelor din straturile rutiere și ale pământului de fundare, conform tabelului 18:

Tabelul 18

Denumirea materialului din strat	h, cm	E, MPa	μ
Beton asfaltic pentru strat de uzură	4	3600	0,35
Beton asfaltic pentru strat de legătură	8	3000	0,35
Beton de ciment, Bce 6	17	35.000	0,15
Balast	30	182*	0,27
Pământ de fundare	∞	70**	0,42

Notă:

* conform art. 29

** conform art. 27 (d), tabelul 2

(2) Se calculează, tensiunea de întindere orizontală σ_r la baza stratului din beton de ciment.

Rezultă $\sigma_r = 1,410$ MPa.

(3) Se calculează tensiunea de întindere admisibilă a betonului de ciment, conform art. 37, cu relația $\sigma_{r\,adm} = 0,45\ k_s\ R_B\ Nc^b$
în care:

$k_s = 1$, portanța stratului de fundație din piatră spartă fiind mai mare de 120 MPa;

$R_B = 4,07$ MPa;

$Nc = 3,65$ m.o.s;

$b = -1/16$.

Rezultă $\sigma_{r\,adm.} = 0,45 \times 1 \times 4,07 \times 3,65^{-1/16} = 1,689$ MPa, o valoare mai mare decât tensiunea de întindere orizontală. Din punctul de vedere al criteriului de dimensionare, grosimea îmbrăcămintei bituminoase poate fi micşorată, dar grosimea de 12 cm constituie o grosime minimă pentru un drum din clasa tehnică II, conform art 18 (1).

Soluția de ranforsare este deci, 4 cm strat de uzură din beton asfaltic şi 8 cm strat de legătură din beton asfaltic deschis.

Secțiunea 4

Exemplul 4. Dimensionarea stratului de bază din beton de ciment pentru o structură rutieră rigidă a unei străzi, prevăzută să fie executată în două etape

Datele problemei:

(a) Se cere să se stabilească alcătuirea unei structuri rutiere rigide pentru o stradă din categoria tehnică IV, a cărei execuţie urmează să fie efectuată în două etape, în prima etapă, circulația traficului generat de şantierul de construcţie de locuinţe urmând să se desfăşoare pe stratul din beton de ciment.

Strada este situată în zona climaterică II.

(b) Regimul hidrologic este 1, corespunzător condiţiilor hidrologice FAVORABILE. Pământul de fundare este alcătuit din prafuri argiloase.

(c) Traficul de calcul pentru o perioadă de perspectivă de 30 ani este de 8.65 m.o.s. Pe durata de doi ani, cât se estimează că vor dura

lucrările de construcție, se estimează un trafic mediu zilnic echivalent de 20 osii standard pe o bandă de circulație.

Stabilirea traficului de calcul

Pentru prima etapă, N_{ct} = 14600 o.s., deci 0 015 m.o.s.

Traficul de calcul pentru perioada de perspectivă de 30 ani, Nc = 8,65 m.o.s, este corespunzător clasei de trafic GREU, conform art. 19.

Stabilirea alcătuirii structurii rutiere

Se stabilește următoarea alcătuire a structurii rutiere de calcul, conform capitolului IV:

– îmbrăcăminte bituminoasă executată la cald, cu grosime de 12 cm armată cu geotextil, conform art. 18 (1) alcătuită din:

4 cm strat de uzură

8 cm strat de legătură

– strat de bază din beton de ciment, în două variante:

– varianta 1: beton de ciment clasa C 16/20, cu următorii parametri de calcul:

– rezistența la întindere prin despicare, R_B = 2,00 MPa;

– exponentul legii de oboseală, b = –1/15;

– grosimea 22 cm;

– varianta 2: beton de ciment rutier, clasa BcR 4,0, cu următorii parametri de calcul:

– rezistența la întindere prin despicare, R_B = 2,80 MPa;

– exponentul legii de oboseală, b = –1 /15;

– grosimea 22 cm.

– strat de fundație din balast, cu grosime de 25 cm.

Analiza structurii rutiere de calcul la solicitarea osiei standard pentru etapa 1

(1) Structura rutieră este caracterizată prin grosimile straturilor rutiere și prin caracteristicile de deformabilitate ale materialelor din straturile rutiere și ale pământului de fundare, conform tabelului 19.

Tabelul 19

Denumirea materialului din strat	Varianta 1			Varianta 2		
	h, cm	E, MPa	μ	h, cm	E, MPa	μ
Beton de ciment	22	20.000	0.15	22	30.000	0,15
Balast	25	192*	0,27	25	192*	0,27
Pământ de fundare, P_4	∞	80**	0,35	∞	80**	0,35

Notă:

* conform art. 29;

** conform art. 27(4), tabelul 2.

(2) Se calculează, tensiunea de întindere orizontală, σ_t, la baza stratului din beton de ciment.

Rezultă pentru varianta 1, σ_{t1} = 1,24 MPa, iar pentru varianta 2, σ_{t2} = 1,34 MPa.

(3) Se calculează numărul de solicitări pe care îl poate prelua stratul din beton de ciment în perioada de timp de la execuție până la acoperirea cu straturi bituminoase pentru ambele variante conform art. 46 și anume, log N adm. = 15 ($\log R_B - \log \sigma_{t1}$) – 6, 30325.

Rezultă:

– pentru varianta 1, log N adm.var.1 = 15 (log 2, 00 – log 1,24) – 6,30325 = –3,18913

iar, N adm.var.1 = 0, 00065 m.o.s., mult mai mic decât traficul de calcul, Nc_1 = 0,015 m.o.s.

– pentru varianta 2, log N adm.var.2 = 15 (log 2,80 – log 1,34) – 6,30325 = –1,50245

iar, N adm.var.2 = 0, 031 m.o.s., mai mare decât traficul de calcul, Nc_1 = 0, 015 m.o.s.

În consecință, se reține drept soluție varianta 2 de alcătuire.

Analiza structurii rutiere de calcul la solicitarea osiei standard pentru etapa 2

(1) Structura rutieră este caracterizată prin grosimile straturilor rutiere și prin caracteristicile de deformabilitate ale materialelor din straturile rutiere și ale pământului de fundare, conform tabelului 20.

Tabelul 20

Denumirea materialului din strat	h, cm	E, MPa	μ
Beton asfaltic pentru strat de uzură	4	3600	0,35
Beton asfaltic pentru strat de legătură	8	3000	0,35
Beton de ciment, BcR 4,0	22	30.000	0,15
Balast	25	192*	0,27
Pământ de fundare	∞	80**	0,35

Notă:

* conform art. 29:

** conform art. 27(4). tabelul 2.

(2) Se calculează, tensiunea de întindere orizontală, σ_r , la baza stratului din beton de ciment.

Rezultă $\sigma_r = 0,95$ MPa.

(3) Se calculează numărul de solicitări pe care îl poate prelua stratul din beton de ciment în perioada de timp de la acoperirea cu straturi bituminoase până la sfârşitul perioadei de perspectivă, conform art. 47:

$\log N_{adm.2} = 15 (\log R_B - \log \sigma_r) - 5,28666$

$\log N_{adm.2} = 15 (\log 2,80 - \log 0,95) - 5,28666 = 1,75486$

iar, $N_{adm.2} = 56,87$ m.o.s.

Rezultă structura rutieră alcătuită din:

4 cm strat de uzură bituminos

8 cm strat de legătură bituminos

22 cm strat de bază din beton de ciment

25 cm strat de fundaţie din balast

care prezintă o comportare sub trafic care îndeplineşte condiţiile conform art. 45

$Nc_1 \leq Nadm._1$ şi anume, 0,015 m.o.s ≤ 0,031 m.o.s.

$Nc \leq Nadm._1 + Nadm._2$ şi anume, 8, 65 m.o.s. ≤ 0,031 m.o.s + 56,87 m.o.s.

ANEXA Nr. 2 la normativ

STABILIREA GROSIMII CARACTERISTICE ŞI A REZISTENŢEI LA ÎNTINDERE PRIN DESPICARE CARACTERISTICE

Grosimea caracteristică a îmbrăcămintei din beton de ciment existente se utilizează în dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare a structurilor rutiere existente, conform art. 22 (4).

Rezistenţa la întindere prin despicare caracteristică se utilizează pentru stabilirea indicativului unui beton de ciment existent dintr-un strat rutier, conform art. 32 (1).

Aceste caracteristici ale îmbrăcămintei din beton de ciment se obţin prin calculul statistic al minimum patru valori ale grosimii, măsurate pe carote sau al minimum patru valori ale rezistenţei la întindere prin despicare determinate pe carote.

Grosimea caracteristică sau rezistenţa la întindere prin despicare caracteristică se calculează cu relaţia:

$$x_{car} = x_{med.} - t_{\alpha} \times s,$$

în care:

$x_{med.}$ este valoarea medie a grosimii sau a rezistenţei la întindere prin despicare, calculată cu relaţia:

$$x_{med} = \sum_{i=1}^{n} x_i / n$$

în care x_i reprezintă valorile individuale ce alcătuesc şirul de date, iar n, numărul de date;

t_{α} – coeficient dedus din repartiţia Student, în funcţie de numărul de date şi pentru un risc de depăşire de 15%, a cărei valoare se scoate din tabelul 1;

s – abaterea medie pătratică a şirului de date, calculată cu relaţia

$$s = \sqrt{\sum x_i^2 - n x_{med}^2} / \sqrt{n}$$

în care x_i, $x_{med.}$ şi n, au semnificaţiile de mai sus.

Exemplu de calcul

(1) Se cere să se calculeze rezistența la întindere prin despicare caracteristică pentru un beton de ciment, pentru care au fost determinate pe carote cilindrice următoarele valori ale rezistenței la întindere prin despicare: 3,6 MPa, 3,2 Mpa, 2,9 MPa, 3,4 MPa, 3,3 MPa, 3,0MPa și 4,0 MPa.

Se întocmește tabelul de lucru de mai jos.

n	R_B, MPa	R_B^2, MPa
1	3,6	12,96
2	3,2	10,24
3	2,9	8,41
4	3,4	11,56
5	3,3	10,89
6	3,0	9,00
7	4,0	16,00
Σ	23,4	79,06

(2) Se calculează rezistența la întindere prin despicare medie:

$R_B = 23,4 / 7 = 3,34$ MPa

(3) Se calculează rezistența la întindere prin despicare caracteristică cu relația :

$R_{Bcar.} = 3,34 - 1,173 \times 0,3\ 7 = 2,91$ MPa

în care:

t_α – coeficient dedus din repartiția Student cu valoarea 1,173 pentru 7 valori individuale ale rezistenței la întindere prin despicare, conform tabelului 1;

s – abaterea medie pătratică a șirului de date, calculată cu relația

$$s = \sqrt{79,06 - 7 \times 3,34^2} / \sqrt{7} = \sqrt{0,9708} / \sqrt{7} = 0,37 \text{MPa}$$

Conform tabelului 7, indicativul betonului de ciment este Bce 4.

n	t_α
2	2,228
3	1,474
4	1,308
5	1,237
6	1,199
7	1,173

8	1,155
9	1,143
10	1,133
11	1,126
12	1,120
13	1,114
14	1,110
15	1,108
16	1,104
17	1,101
18	1,098
19	1,096
20	1,095
21	1,093
22	1,091
23	1,090
24	1,089
25	1,088
26	1,086
27	1,086
28	1,085
29	1,084
30	1,082
40	1,077
50	1,073