NORMATIV DE DIMENSIONARE A STRUCTURILOR RUTIERE RIGIDE	Indicativ NP 081-2002 Înlocuieşte PD 177-76

1. PREVEDERI GENERALE

1.1. Obiect şi domeniu de aplicare

1.1.1. Prezentul normativ se referă la dimensionarea structurilor rutiere rigide pentru drumuri noi şi modernizări de drumuri existente.

1.1.2. Prevederile prezentului normativ se aplică pentru dimensionarea structurilor rutiere rigide pentru drumuri publice de interes naţional, judeţean şi local.

1.1.3. Prevederile prezentului normativ se pot aplica şi la drumuri de exploatare, cu acordul administratorului acestora.

1.1.4. Structura rutieră rigidă este alcătuită din:

– îmbrăcăminte din beton de ciment realizată dintr-un strat sau două straturi;

– strat / straturi de fundaţie;

– eventual, strat de formă.

1.1.5. Prezentul normativ nu se aplică la dimensionarea structurilor rutiere rigide pentru:

– drumuri cu îmbrăcăminți din beton armat continuu sau beton precomprimat;

– drumuri cu îmbrăcăminți din elemente prefabricate din beton sau beton armat;

– straturi de fundație din beton de ciment;

– încărcări izolate excepționale.

1.1.6. Structurile rutiere dimensionate conform prezentului normativ se verifică din punct de vedere al rezistenței la acțiunea înghețdezghețului, conform prevederilor STAS 1709/1 şi STAS 1709/2.

1.1.7. Pentru dimensionarea straturilor de fundație din beton de ciment şi a structurilor rutiere rigide solicitate la încărcări izolate excepționale se recomandă folosirea unui program de calcul bazat pe metoda elementului finit.

1.2. Definiții

a. Trafic de calcul

Traficul de calcul este numărul de osii standard cu sarcina de 115 kN pe banda de circulație cea mai solicitată, echivalent vehiculelor care vor circula pe drum pe perioada de perspectivă.

b. Perioadă de perspectivă

Perioada de perspectivă este perioada de timp, exprimată în ani, pentru care se stabileşte traficul de calcul al structurii rutiere. La dimensionarea structurilor rutiere rigide perioada de perspectivă pentru stabilirea traficului de calcul este de 30 de ani şi se consideră din anul dării în exploatare a drumului.

c. Sector omogen

Sectorul omogen este sectorul de drum caracterizat concomitent prin aceleaşi date privind traficul de calcul, tipul de pământ, tipul climateric al zonei în care este situat drumul şi regimul hidrologic al complexului rutier. Sectorul omogen de drum este caracterizat prin aceiaşi alcătuire a structurii rutiere.

1.3. Referinţe conexe

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 publice.

SR 4032/1-2001 – Lucrări de drumuri. Terminologie.

SR 183-1:1995 – Lucrări de drumuri. Îmbrăcăminţi din beton de ciment executate în cofraje fixe. Condiţii tehnice de calitate.

SR 183-2:1998 – Lucrări de drumuri. Îmbrăcăminţi din beton de ciment executate în cofraje glisante. Condiţii tehnice de calitate.

NE 014-2002 – Normativ pentru executarea îmbrăcămintilor rutiere din beton de ciment în sistemele cofraje fixe şi glisante.

STAS 1243-88 – Teren de fundare. Clasificarea şi identificarea pământurilor.

STAS 1913/13-83 – Teren de fundare. Determinarea caracteristicilor de compactare cu încercarea Proctor.

STAS 2914-84 – Lucrări de drumuri. Terasamente. Condiții tehnice generale de calitate.

SR 662-2002 – Lucrări de drumuri. Agregate naturale de balastieră.

SR 667 : 2001 – Agregate naturale şi piatră prelucrată pentru drumuri. Condiții tehnice de calitate.

CD 127-2002 – Instrucțiuni tehnice departamentale de proiectare şi execuție a straturilor rutiere din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici.

STAS 12253-84 – Lucrări de drumuri. Straturi de formă. Condiții tehnice generale de calitate.

STAS 8840-83 – Lucrări de drumuri. Straturi de fundație din pământuri stabilizate mecanic. Condiții tehnice generale de calitate.

STAS 6400-84 – Lucrări de drumuri. Straturi de bază şi de fundație. Condiții tehnice generale de calitate.

STAS 10473/1-87 – Lucrări de drumuri. Straturi din agregate naturale sau pământuri stabilizate cu ciment. Condiții tehnice generale de calitate.

STAS 10473/2-86 – Lucrări de drumuri. Straturi rutiere din agregate naturale sau pământuri stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici. Metode de determinare şi încercări.

STAS 1709/1-90 – Lucrări de drumuri. Adâncimea de îngheț în complexul rutier. Prescripții de calcul.

STAS 1709/2-90 – Lucrări de drumuri. Prevenirea şi remedierea degradărilor din îngheț-dezgheț. Prescripții tehnice.

STAS 1709/3-90 – Lucrări de drumuri. Determinarea sensibilității la îngheț a pământurilor. Metoda de determinare.

2. PRINCIPII DE DIMENSIONARE

2.1. Dimensionarea structurilor rutiere rigide se bazează pe criteriul tensiunii la întindere din încovoiere admisibilă a betonului de ciment, σ_{adm} .

2.2. Pentru dimensionarea structurilor rutiere rigide este necesar să se efectueze în prealabil studii, în vederea obținerii următoarelor date:

– compoziția, intensitatea şi evoluția în perspectivă a traficului;

– caracteristicile geotehnice ale pământului de fundare;

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

2.3. Schema de calcul din cadrul metodei de dimensionare este modelul cu element finit realizat prin procedeul multistrat, alcătuit din: dala din beton de ciment şi stratul echivalent straturilor reale subadiacente dalei (strat de fundație/strat de formă şi pământ de fundare) în condițiile următoarelor ipoteze:

– caracteristicile încărcării din trafic (osia standard de 115 kN) sunt:

- încărcarea pe roțile duble: 57,5 kN;
- presiunea în amprentă: 0,625 MPa;
- coeficientul de impact: 1,2;
- presiunea de calcul în amprentă:
  0,625 MPa × 1,2 = 0,750 MPa.

– încărcarea de calcul din trafic este încărcarea pe roțile duble a osiei standard de 115 kN sporită cu coeficientul de impact şi transmisă printr-o amprentă dreptunghiulară, tangentă

la marginea dalei, echivalentă amprentei eliptice reale, având dimensiunile în plan: $L \times l = 37 \times 25$ (cm);

– încărcarea din variații zilnice din temperatură este datorată gradientului zilnic de temperatură constant, egal cu 0,67 din grosimea dalei;

– dala reazemă uniform pe stratul de fundație;

– deplasările la contactul dintre dală și stratul echivalent straturilor reale subadiacente sunt definite prin modulul de reacție la suprafața stratului de fundație.

2.4. Etapele principale ale dimensionării structurilor rutiere rigide sunt următoarele:

– Stabilirea traficului de calcul;
– Stabilirea capacității portante a pământului de fundare;
– Alcătuirea structurii rutiere;
– Stabilirea capacității portante la nivelul stratului de fundație;
– Calculul grosimii dalei din beton de ciment.

3. STABILIREA TRAFICULUI DE CALCUL

3.1. Compoziția și intensitatea traficului

3.1.1. Cunoașterea compoziției și intensității traficului este obligatorie pentru stabilirea traficului de calcul.

3.1.2. Compoziția și intensitatea traficului corespunzătoare unui post de recensământ se aplică pe sectorul de drum aferent postului conform sectorizării rețelei realizată cu ocazia ultimului recensământ general de circulație.

3.1.3. În cazul construcției de drumuri noi (drumuri expres şi autostrăzi), amenajări de noduri rutiere etc., care impun cunoaşterea curenților de circulație pe ansamblul unei rețele de drumuri, datele din recensământul de circulație vor fi completate, după necesități, prin anchete de circulație efectuate şi prelucrate în cadrul unui studiu de trafic prin care se va simula traficul atât pe drumurile noi, cât şi pe rețeaua existentă.

3.1.4. Pentru modernizări de drumuri existente se va lua în considerare posibilitatea redistribuirii traficului de pe drumurile existente în zonă, precum şi de pe alte căi de comunicație pe baza unui studiu de trafic pentru rețeaua/sectoarele de drumuri din zona în cauză.

3.1.5. În cazul străzilor şi în cel al drumurilor județene şi comunale, când pe tronsonul de drum supus modernizării nu a funcționat nici un post de recenzare sau se anticipează redistribuiri de trafic este necesar să se efectueze un studiu de trafic pentru stabilirea intensității medii zilnice anuale a traficului şi a compoziției acestuia.

3.2. Evoluția în perspectivă a traficului

3.2.1. Coeficienții de evoluție pe grupe de vehicule fizice se stabilesc pe baza prelucrării recensământului general de circulație, valabil la darea în exploatare a drumului conform reglementării tehnice elaborată de A.N.D. Valorile acestor coeficienți se reactualizează după fiecare recensământ general de circulație de către Administrația Națională a Drumurilor (A.N.D).

3.2.2. În *tabelele 1...5* din *Anexa 1* sunt prezentate valorile coeficienților medii de evoluție pe grupe de vehicule fizice stabilite pe baza ultimului recensământ general de circulație pentru perioada 2000...2020.

3.2.3. La proiectarea lucrărilor importante de drumuri, de clasă tehnică I, se impune stabilirea evoluției în perspectivă a traficului pe baza unui studiu de trafic.

3.3. Coeficienții de echivalare a vehiculelor fizice în osii standard

3.3.1. Coeficienții de echivalare a vehiculelor fizice în osii standard se stabilesc pe baza prelucrării recensământului general de circulație, valabil la darea în exploatare a drumului, conform reglementării tehnice elaborată de A.N.D. Valorile acestor coeficienți se reactualizează de către A.N.D., după fiecare recensământ general de circulație sau ca urmare a studiilor de trafic efectuate.

3.3.2. În *tabelul 6* din *Anexa 1* sunt prezentate valorile coeficienților medii de echivalare a vehiculelor fizice în osii standard de 115 kN stabilite pe baza ultimului recensământ general de circulație pentru perioada 2000...2020.

3.4. Stabilirea traficului de calcul

3.4.1. Pentru stabilirea traficului de calcul se vor avea în vedere atât compoziția traficului cât şi evoluția acestuia în timp, explicitându-se în final valorile traficului mediu zilnic anual al vehiculelor fizice pe grupe de vehicule, MZA_k pentru diferite orizonturi de timp.

3.4.2. Traficul de calcul pentru perioada de perspectivă, N_c se exprimă în milioane osii standard (m.o.s.) şi se stabileşte pe baza structurii traficului mediu zilnic anual corespunzător postului de recenzare aferent sectorului de drum sau studiului de trafic, cu relația:

$$N_c = 365 \cdot 10^{-6} \cdot p_p \cdot c_{rt} \sum_{k=1}^{5} MZA_K \cdot p_K \cdot f_{ek} \text{ (m.o.s.)} \qquad (1)$$

unde: 365 este numărul de zile calendaristice dintr-un an;

p_p – perioada de perspectivă de 30 de ani;

c_{rt} – coeficientul de repartiție transversală a traficului pe benzi de circulație, conform *tabelului 7.*;

MZA_k – traficul mediu zilnic anual al vehiculelor fizice din grupa k, conform rezultatelor recensământului general de circulație sau studiului de trafic;

p_k – coeficientul de evoluție al vehiculelor fizice din grupa k, în anul de la mijlocul perioadei de perspectivă, stabilit prin interpolare, conform reglementării tehnice elaborată de A.N.D.;

f_{ek} – coeficientul de echivalare a vehiculelor fizice din grupa k în osii standard, conform reglementării tehnice elaborată de A.N.D.

Tabelul 7.

Coeficientul de repartiție transversală

Numărul benzilor de circulație pe profil transversal	*1*	*2*	*3*	*4*
c_{rt}	1,00	0,50	0,50	0,45

3.4.3. 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 a traficului, c_{rt} este egal cu 1.

3.4.4. Modificarea anului de dare în exploatare a drumului implică recalcularea traficului de calcul şi în consecință, redimensionarea structurii rutiere.

4. STABILIREA CAPACITĂȚII PORTANTE A PĂMÂNTULUI DE FUNDARE

4.1. Suportul structurii rutiere este constituit din terasamente alcătuite din pământuri de fundare, conform cu prevederile *STAS 2914* și eventual dintr-un strat de formă, în conformitate cu prevederile *STAS 12253*.

4.2. Caracteristica de deformabilitate ce caracterizează capacitatea portantă a suportului structurii rutiere rigide în vederea dimensionării acesteia este *modulul de reacție (coeficientul de pat) al pământului de fundare*, K_0 (MN/m^3).

4.3. Valoarea modulului de reacție al pământului de fundare, K_0 se stabilește, prin:

– încercări cu placa „în situ", conform prevederilor din *Anexa 2*;

– corelarea cu rezultatele altor încercări de determinare a capacității portante a pământului de fundare, și anume: modulul de elasticitate dinamic al pământului de fundare, E_p (MPa) și indicele de portanță californian, CBR (%), conform *tabelului 8*, pe baza următoarelor relații:

$$E_p = 10\ (CBR)$$

$$K_0 = 8{,}74 + 6{,}75\ (CBR) + 0{,}20238\ (CBR)^2$$

4.4. Valorile modulului de reacție al pământului de fundare, K_0 din *tabelul 8* se stabilesc în funcție de:

- tipul climateric al zonei în care este situat drumul, prezentat în *figura 1*;
- regimul hidrologic al complexului rutier, care se diferențiază astfel:

  – regimul hidrologic 1, corespunzător condițiilor hidrologice *favorabile*, definite conform *STAS 1709/2*;

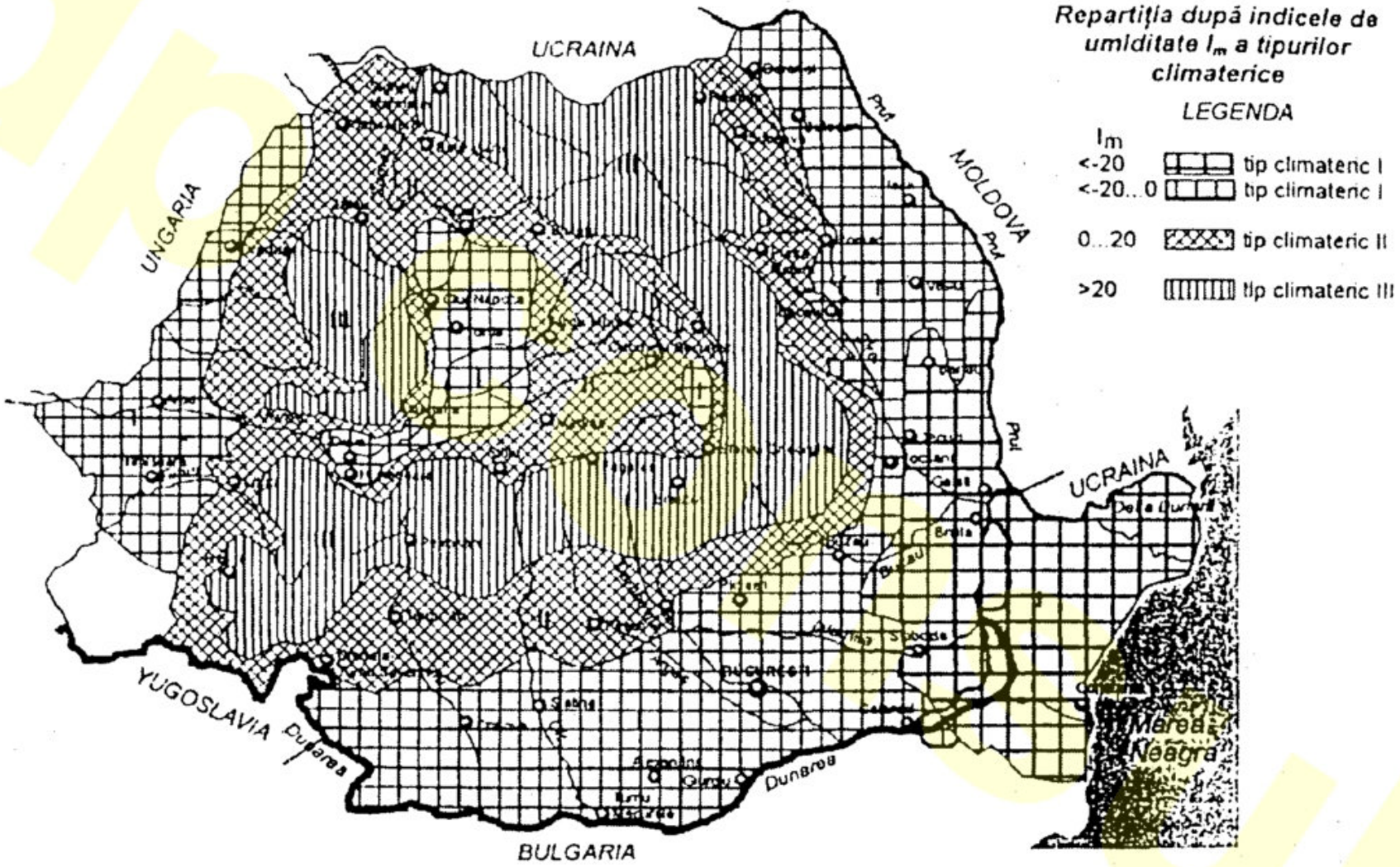


Fig. 1. – Harta cu repartiția tipurilor climaterice pe teritoriul României

– regimul hidrologic 2, corespunzător condițiilor hidrologice *mediocre* și *defavorabile*, definite conform *STAS 1709/2*, notat:

2a: pentru sectoare de drum situate în rambleu cu înălțimea de minimum 1,0 m;

2b: pentru sectoarele de drum situate: în rambleu cu înălțimea sub 1,0 m, la nivelul terenului, în profil mixt, debleu;

- tipul de pământ, prezentat în *tabelul 9*, pe baza clasificării pământurilor conform *STAS 1243*.

Tabelul 8.

Valorile modulului de reacție al pământului de fundare, K_0 (MN/m³)

<table>
<tr><th rowspan="2">Tip climateric</th><th rowspan="2">Regim hidrologic</th><th colspan="5">Tip de pământ</th></tr>
<tr><th>P_1</th><th>P_2</th><th>P_3</th><th>P_4</th><th>P_5</th></tr>
<tr><td rowspan="3">I</td><td>1</td><td rowspan="9">56</td><td rowspan="5">53</td><td>46</td><td rowspan="2">50</td><td>50</td></tr>
<tr><td>2a</td><td rowspan="6">44</td><td>48</td></tr>
<tr><td>2b</td><td>46</td><td>46</td></tr>
<tr><td rowspan="3">II</td><td>1</td><td rowspan="2">50</td><td>50</td></tr>
<tr><td>2a</td><td rowspan="2">46</td></tr>
<tr><td>2b</td><td>50</td><td>46</td></tr>
<tr><td rowspan="3">III</td><td>1</td><td>53</td><td rowspan="3">42</td><td>39</td><td>50</td></tr>
<tr><td>2a</td><td rowspan="2">50</td><td rowspan="2">37</td><td rowspan="2">44</td></tr>
<tr><td>2b</td></tr>
</table>

Tabelul 9.

Tipurile de pământ pe baza clasificării pământurilor conform STAS 1243

Categoria pământului	Tipul de pământ	Clasificarea pământurilor conform STAS 1243	Indicele de plasticitate *Ip* %	Compoziția granulometrică		
				Argilă %	Praf %	Nisip %
Necoezive	P_1	Pietriș cu nisip	sub 10	cu sau fără fracțiuni sub 0,5 mm		
	P_2		10...20	cu fracțiuni sub 0.5 mm		
Coezive	P_3	Nisip prăfos, nisip argilos	0...20	0...30	0...50	35...100
	P_4	Praf, praf nisipos, praf argilos, praf argilos nisipos	0...25	0...30	35...100	0...50
	P_5	Argilă, argilă prăfoasă, argilă nisipoasă, argilă prăfoasă nisipoasă	peste 15	30...100	0...70	0...70

4.5. Pentru verificarea valorilor modulului de reacție al pământului de fundare, K_0 determinate prin încercări cu placa „în situ" se folosește *tabelul 10*, în care sunt prezentate domeniile de variație ale acestora, în funcție de caracteristicile geotehnice ale pământului de fundare.

Tabelul 10.

Valori informative pentru modulul de reacție al pământului

Clasificare conform sistemului unificat	Tipul pământului	Clasificare conform normelor românești: a) STAS 2914/84 b) Catalog structuri tip	Fracțiuni (%)		$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$	$G_c = \frac{D_{30}}{d_{10} d_{60}}$	I_p	K_0 MN/m³	Obs.
			< 4,75 mm	< 74 u					
G.W.	Pietriş/balast	P_1 (b)	> 50 granulozitate continuă	< 5	> 4	1...3	-	55...83	-
G.P.	Pietriş/balast	P_1 (b)	> 50 granulozitate uniformă	< 5	> 4	1...3	-	55...83	-
G M.	Pietriş prăfos/ Balast prăfos	P_2 (b)	> 50	> 12	-	-	< 4	28...83	-
G.C.	Pietriş argilos/ Balast argilos	P_2 (b)	> 50	> 12	-	-	> 7	28...83	-
S.W.	Nisip, balast	P_1 , P_2 (b)	< 50 granulozitate continuă	< 5	> 6	1...3	-	55 ..83	-
S.P.	Nisip, balast	P_1 , P_2 (b)	< 50 granulozitate uniformă	< 5	> 6	1...3		55...83	-
S.M.	Nisip prăfos	P_3 (b)	< 50	> 12	-	-	< 4	28...83	-
S.C.	Nisip argilos	P_3 (b)	< 50	> 12	-	-	> 7	28...83	-

Clasificare conform sistemului unificat	Tipul pământului	Clasificare conform normelor românești: a) STAS 2914/84 b) Catalog structuri tip	Fracțiuni (%)		$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$	$G_c = \frac{D_{30}}{d_{10} d_{60}}$	I_p	K_0 MN/m³	Obs.
			< 4,75 mm	< 74 u					
M.L.	Nisip foarte fin	P_3 (b)	-	> 50	-	-		28...55	W_L< 50
	Nisip prăfos/ Nisip argilos	P_3 (b)	-	> 50	-	-	< 10	28...55	W_L< 50
	Praf argilos	P_4 (b)	-	> 50	-	-	< 10	28...55	W_L< 50
C.L.	Argilă/argilă nisipoasă/argilă prăfoasă	P_5 (b)	-	> 50	-	-	0...20	14...55	W_L< 50
O.L.	Prafuri organice/argile prăfoase organice	3c (a)	-	> 50	-	-	< 10	14...28	W_L< 50
M.H	Prafuri plastice	P_4 (b) 3c (a)	-	> 50	-	-	10...20	14...28	W_L> 50
C.H.	Argile/argile grase	P_5 (b) 3d (a)	-	> 50	-	-	> 20	14...55	W_L> 50
O.H.	Argile organice	3f (a)	-	> 50	-	-	> 20	7...27	W_L> 50

4.6. Pământul de fundare poate fi îmbunătățit în cazul unei capacități portante insuficiente prin prevederea unui strat de formă la partea superioară a terasamentului, *în conformitate cu prevederile STAS 12253.*

4.6.1. Modul de alcătuire a stratului de formă se stabileşte pe baza de calcule tehnico-economice, în funcție de materialele care alcătuiesc terasamentele, de materialele disponibile în zona drumului şi de funcțiile stratului de formă, atât în perioada de execuție a drumului, cât şi în cea de exploatare a acestuia.

4.6.2. Grosimea stratului de formă se ia în considerație la calculul grosimii echivalente a stratului de fundație/formă, conform capitolului 6.

5. ALCĂTUIREA STRUCTURILOR RUTIERE RIGIDE

5.1. În funcție de clasa tehnică a drumului, structurile rutiere rigide sunt alcătuite în următoarele variante:

a. *îmbrăcăminte din dale de beton de ciment realizată dintr-un* singur strat sau două straturi (1), strat de fundație superior (2), strat de fundație inferior (3), eventual strat de formă (4), conform *figurii 2a.* Această variantă este obligatorie pentru drumurile de clasă tehnică I şi II, iar pentru drumurile de clasă tehnică III...V se stabileşte pe bază de calcul tehnico-economic.

b. îmbrăcăminte din dale de beton de ciment realizată dintr-un singur strat sau două straturi (1), strat de fundație (5), eventual strat de formă (4), conform *figurii 2b.* Această variantă se foloseşte pentru drumurile de clasă tehnică III...V.

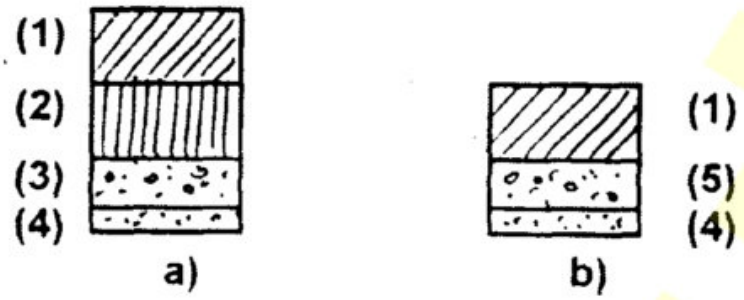


Fig. 2. – Structura rutieră rigidă

5.2. Grosimea minimă a îmbrăcămintei din beton de ciment este de 18 cm.

5.3. Încadrarea drumurilor în clase tehnice se face în conformitate cu prevederile Ordinului MT 46 din 27 ianuarie 1998 pentru aprobarea Normelor tehnice privind stabilirea clasei tehnice a drumurilor publice.

5.4. Pentru stabilirea modului de alcătuire a straturilor structurilor rutiere rigide se ține seama de resursele locale de materiale preponderente în regiune. Modul de alcătuire a straturilor de fundație și bază se stabilește conform prevederilor din *STAS 6400*, iar a stratului de formă conform prevederilor din *STAS 12235*.

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

5.5.1. Pietruirea poate constitui strat de fundație, numai dacă îndeplinește condițiile tehnice prevăzute în *STAS 6400*.

5.5.2. În cazul în care pietruirea nu este pe toată lățimea patului drumului, iar grosimea ei este mai mică de 10 cm, nu se ia în

considerare în dimensionarea structurii rutiere, dar se scarifică şi se reprofilează pe toată lățimea patului drumului.

5.5.3. În cazul în care pietruirea nu este pe toată lățimea patului drumului, dar grosimea ei este mai mare de 10 cm, se scarifică şi se reprofilează, iar grosimea ei după compactare va fi luată în considerare dimensionarea structurii rutiere.

6. STABILIREA CAPACITĂȚII PORTANTE LA NIVELUL STRATULUI DE FUNDAȚIE

6.1. Capacitatea portantă la nivelul stratului de fundație este exprimată prin modulul de reacție la suprafața stratului de fundație, K ce se determină în funcție de:

–valoarea modulului de reacție al pământului de fundare, K_0, conform cap. 4;

– grosimea echivalentă a stratului de fundație/formă, H_{ech}.

6.2. Grosimile efective minime, constructive ale straturilor de fundație se vor prevedea conform STAS 6400.

6.3. Grosimea echivalentă a stratului de fundație/formă, H_{ech} reprezintă suma grosimilor echivalente ale acestora, conform relației:

$$H_{ech} = \sum_{i=1}^{n} h_i \cdot a_i \text{ (cm)} \qquad (2)$$

în care: n – este numărul de straturi;

h_i – grosimea efectivă a stratului i, exprimată în cm;

a_i – coeficientul de echivalare a stratului i, determinat cu relația (3) sau din *tabelul 11*.

6.4. Coeficientul de echivalare al stratului *i* se stabileşte pe baza valorii modulului de elasticitate dinamic al materialului din strat, cu relaţia:

$$a_i = [E_i / 500]^{1/3} \qquad (3)$$

unde:

E_i este modulul de elasticitate dinamic al materialului din stratul *i*, determinat conform prevederilor din *Normativ pentru dimensionarea sistemelor rutiere suple şi semirigide*, indicativ *PD 177-2001*, aprobat A.N.D.;

500 – valoarea modulului de elasticitate al stratului etalon (din piatră spartă).

6.5. Pentru alcătuiri curente ale stratului de fundaţie/formă, coeficientul de echivalare se determină din *tabelul 11*.

Tabelul 11.

Valorile coeficientului de echivalare, a_i ale straturilor

Mixtură asfaltică	1,5
Balast stabilizat cu lianţi hidraulici (ciment)/lianţi puzzolanici (zgură granulată, cenuşă de termocentrală)	1,5
Piatră spartă	1,0
Nisip stabilizat cu lianţi hidraulici (ciment)/lianţi puzzolanici (zgură granulată, cenuşă de termocentrală)	1,0
Balast	0,75
Nisip	0,50

6.6. Valoarea modulului de reacţie la suprafaţa stratului de fundaţie, K se obţine:

– pentru valorile modulului de reacţie al pământului de fundare, K_0 cuprinse între 20 MN/m^3 şi 100 MN/m^3 şi valoarea

grosimii echivalente a stratului de fundație/formă, H_{ech}, obținută cu relația (2), folosind diagrama din *figura 3.*;

– pentru valorile modulului de reacție al pământului de fundare, K_0 mai mici de 20 MN/m^3 și valoarea grosimii efective a stratului de fundație/formă, h_i, folosind diagramele din *figurile 4* și *5*.

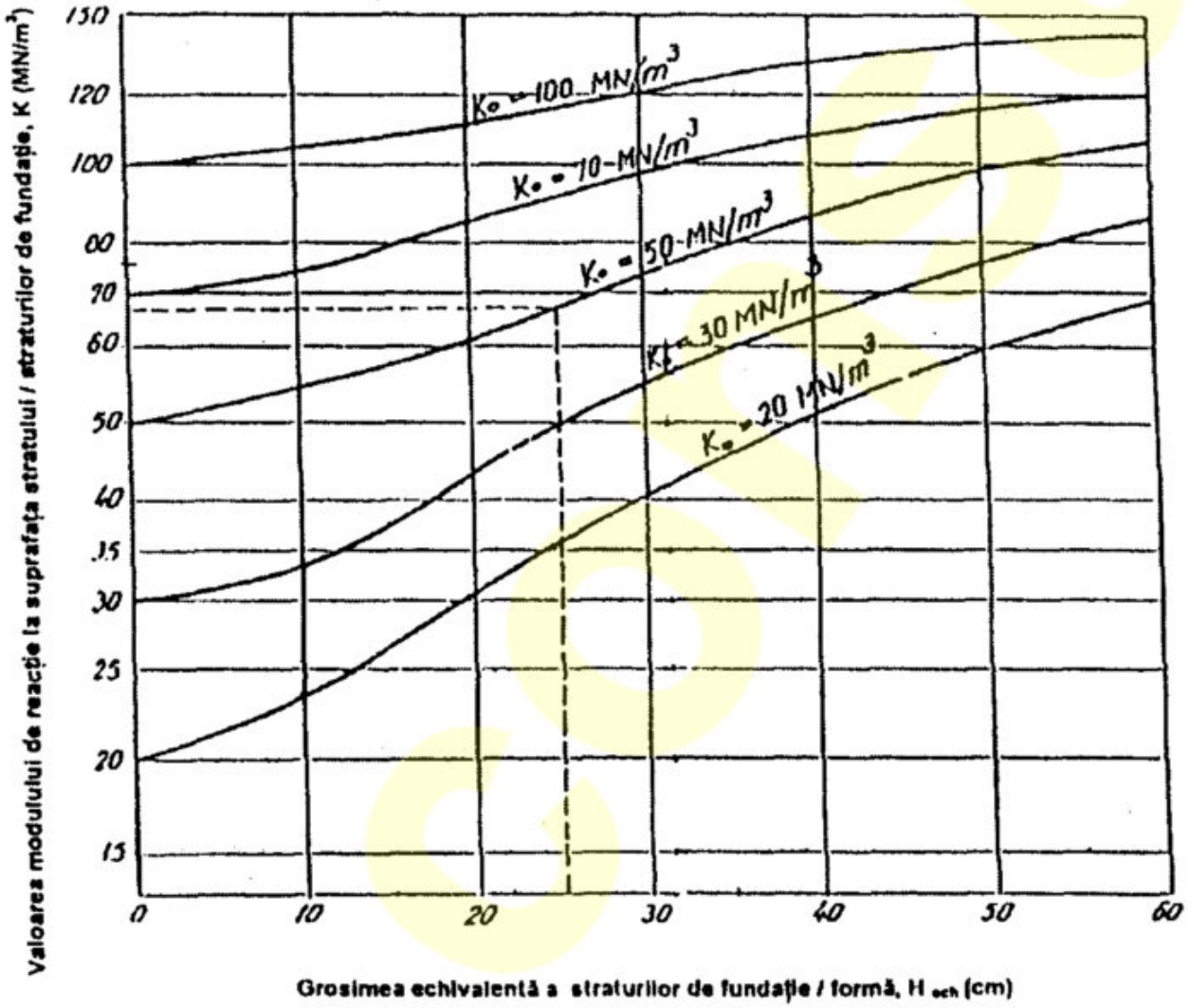


Fig. 3. – Modulul de reacție la suprafața stratului straturilor de fundație

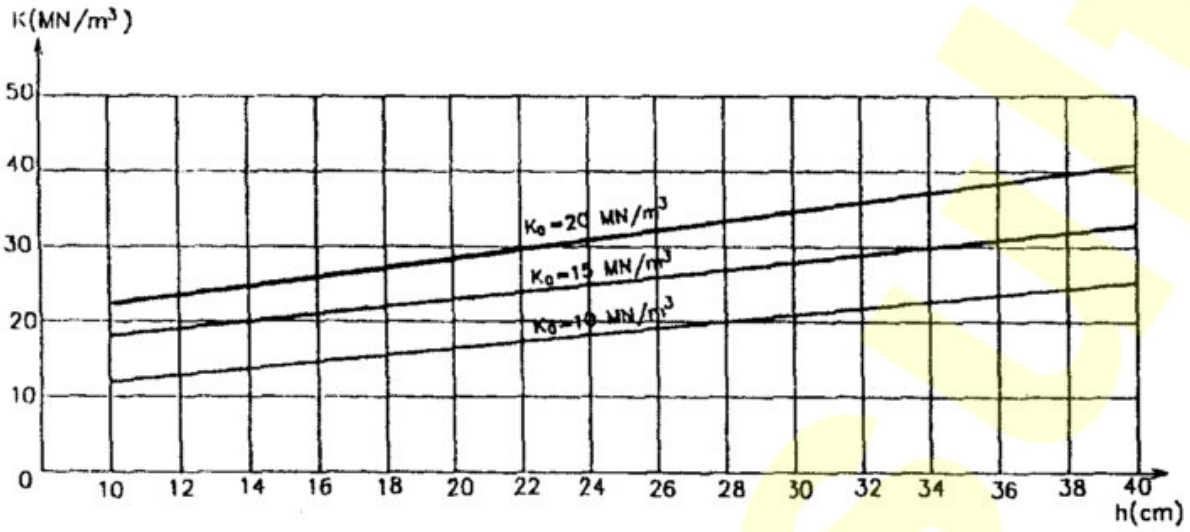


Fig. 4. – Modulul de reacție la suprafața stratului de fundație/ formă alcătuită din materiale granulare, în funcție de grosimea efectivă, *h*

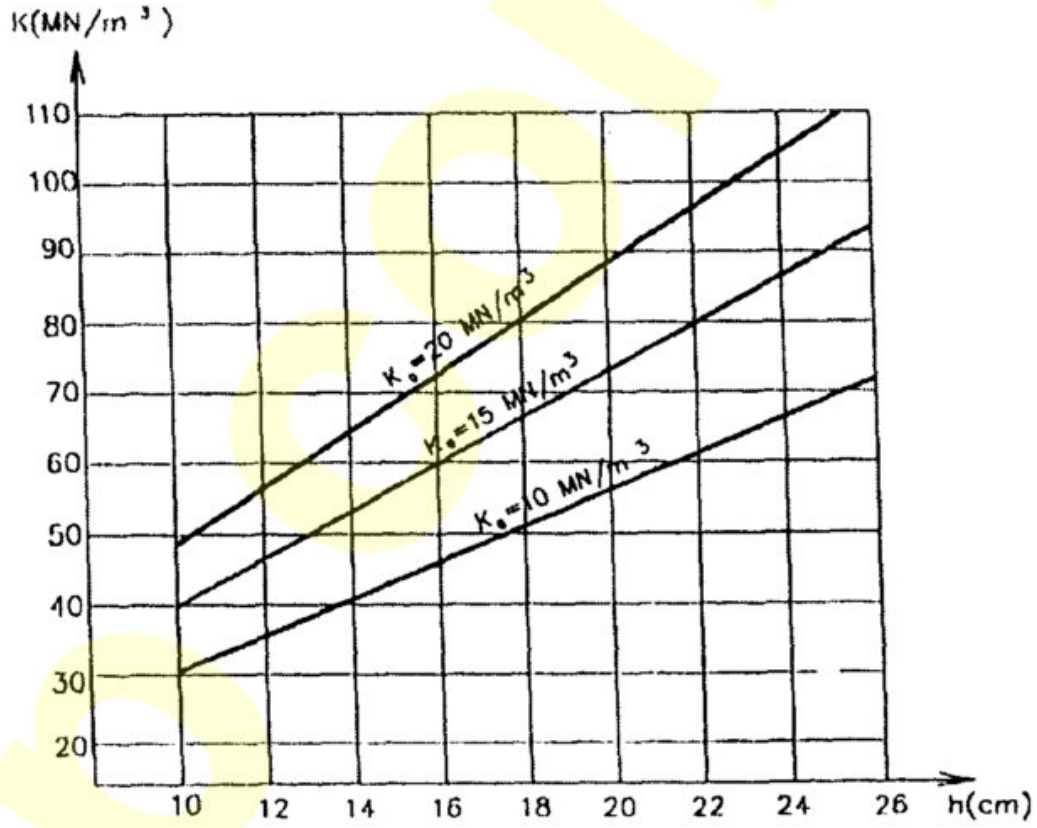


Fig. 5. – Modulul de reacție la suprafața stratului de fundație alcătuit din materiale granulare stabilizate cu ciment, în funcție de grosimea efectivă, *h*

7. CALCULUL GROSIMII DALEI DIN BETON DE CIMENT

7.1. Caracteristicile betonului de ciment rutier

Caracteristicile betonului de ciment rutier sunt următoarele:

– Rezistența caracteristică la încovoiere, R^k_{inc} stabilită în funcție de clasa betonului, conform *SR 183-1 : 1995* are valorile prezentate în *tabelul 12.*

Tabelul 12.

Clasa betonului rutier	B_cR 3,5	B_cR 4,0	B_cR 4,5	B_cR 5,0
Rezistența caracteristică la încovoiere, $R^k_{înc}$. Determinată la 28 de zile pe prisme de 150 x 150 x 600 mm, conform prescripțiilor tehnice în vigoare, MPa	3,5	4,0	4,5	5,0

Valoarea rezistenței caracteristice la încovoiere, R^k_{inc} reprezintă rezistența medie la întindere prin încovoiere la 28 de zile corectată conform repartiției Student pentru nivel de încredere de 95 % (nivel de risc de 5 %).

– Tensiunea la întindere din încovoiere admisibilă a betonului, σ_{adm} determinată conform pct. 7.2.2.

În calculele care au folosit la stabilirea diagramelor de dimensionare, prezentate în *Anexa 3*, s-au considerat valori unice ce caracterizează betonul:

– modulul de elasticitate la solicitări de scurtă durată (din trafic): E = 30 000 MPa;

– coeficientul lui Poisson: ν = 0,15;

– densitatea aparentă: ρ = 2 400 Kg /m^3;

modulul de elasticitate la solicitări de lungă durată (din gradientul de temperatură zilnic): 0.5 × E = 0,5 × 30 000 MPa = = 15 000 MPa.

7.2. Criteriul de dimensionare

7.2.1. Criteriul de dimensionare este definit conform pct. 2.1. şi se exprimă prin relaţia:

$$\sigma_i \leq \sigma_{adm} \qquad (4)$$

unde:

σ_i – este tensiunea la întindere din încovoiere a betonului din dale determinată pe baza ipotezelor de dimensionare conform pct. 7.3.;

σ_{adm} – tensiunea la întindere din încovoierea admisibilă a betonului de ciment din dale (dacă dalele sunt realizate din două straturi, σ_{adm} se referă la betonul din stratul de rezistenţă).

7.2.2. Tensiunea la întindere din încovoiere admisibilă a betonului de ciment rutier (σ_{adm}) se determină cu relaţia:

$$\sigma_{adm} = R^k_{inc} \cdot \alpha \cdot (0,70 - \gamma \cdot \log N_c) \text{ (MPa)} \qquad (5)$$

unde:

R^k_{inc} – este rezistenţa caracteristică la încovoiere a betonului la 28 de zile, definită conform SR 183-1 : 1995;

α – coeficientul de creştere a rezistenţei betonului în intervalul 28...90 zile, egal cu 1,1;

N_c – traficul de calcul pe perioada de perspectivă, determinat conform relaţiei (1), exprimat în m.o.s. (milioane osii standard);

γ – coeficient, egal cu 0,05;

$0,70 - \gamma \cdot \log N_c$ – legea de oboseală.

7.3. Ipoteze de dimensionare

7.3.1. Ipotezele de dimensionare a structurilor rutiere rigide se consideră în funcţie de clasa tehnică a drumului şi condiţiile climatice,

pe baza încărcării combinate (încărcarea de calcul din trafic şi încărcarea din gradientul de temperatură zilnic) sau numai a încărcării de calcul din trafic.

7.3.2. Ipotezele de dimensionare pentru clasele tehnice ale drumurilor sunt următoarele:

Drumuri de clasă tehnică I şi II

Ipoteza 1: $\sigma_{,} = \sigma_{t} + 0{,}8 \cdot \sigma_{t\Delta t} \leq \sigma_{adm}$

Drumuri de clasă tehnică III şi IV

Ipoteza 2: $\sigma_{,} = \sigma_{t} + 0{,}8 \cdot 0{,}65 . \sigma_{t\Delta t} \leq \sigma_{adm}$

Drumuri de clasă tehnică V

Ipoteza 3: $\sigma_{,} = \sigma_{,} \leq \sigma_{adm}$

unde:

σ_{t} – este tensiunea la întindere din încovoiere datorată încărcării de calcul din trafic;

$\sigma_{t\Delta t}$ – tensiunea la întindere din încovoiere datorată gradientului de temperatură zilnic.

7.4. Succesiunea operaţiilor de calcul

Calculul pentru dimensionarea structurii rutiere rigide se efectuează pe baza diagramelor de dimensionare din Anexa 3 sau a corelaţiilor de dimensionare din Anexa 4.

Succesiunea operaţiilor de calcul este următoarea:

1. Stabilirea traficului de calcul, conform cap. 3.;

2. Determinarea capacităţii portante a pământului de fundare, conform cap. 4.;

3. Stabilirea alcătuirii straturilor subadiacente dalei din beton, ţinând seama de resursele locale şi de clasa tehnică a drumului, conform cap. 4 şi 5.;

4. Determinarea capacității portante la nivelul stratului de fundație; conform cap. 6.

5. Adoptarea clasei betonului de ciment rutier, conform SR 183-1 : 1995.;

6. Determinarea tensiunii la întindere din încovoiere admisibilă a betonului de ciment rutier σ_{adm}, conform pct. 7.2.2. cu relația (5);

7. Adoptarea ipotezei de dimensionare în funcție de clasă tehnică a drumului, conform pct. 7.3.2;

8. Determinarea grosimii dalei din beton de ciment, *H* din diagramele de dimensionare, conform Anexei 3, pe baza valorii modulului de reacție la suprafața stratului de fundație, *K* şi a tensiunii la întindere din încovoiere admisibilă a betonului de ciment rutier, σ_{adm}, prin interpolare liniară. Pentru sporirea preciziei calculului se pot folosi între parametrii de calcul care intervin, corelațiile de dimensionare din Anexa 4, şi anume:

- $\sigma = f(H)$, pentru valori constante ale modulului de reacție la suprafața stratului de fundație, *K*;
- $\sigma = f(K)$, pentru valori constante ale grosimii dalei din beton de ciment, *H*.

9. Stabilirea grosimii dalei din beton pe baza unui calcul tehnico-economic, ținând seama de modul de adoptare a clasei betonului şi a ipotezei de dimensionare;

10. Verificarea structurii rutiere rigide la acțiunea îngheț-dezghețului, conform STAS 1709/1 şi STAS 1709/2.

Anexa 1.

Coeficienții medii de evoluție a traficului rutier, pe grupe de vehicule pentru perioada 2000-2020

Drumuri naționale europene (drumuri E)

Tabelul 1

Anul	Grupa de vehicule				
	Autocamioane cu două osii	Autocamioane 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

Drumuri naționale principale

Tabelul 2

Anul	Grupa de vehicule				
	Autocamioane cu două osii	Autocamioane 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

Drumuri naționale secundare

Tabelul 3

Anul	Grupa de vehicule				
	Autocamioane cu două osii	Autocamioane 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

Drumuri județene

Tabelul 4

Anul	Grupa de vehicule				
	Autocamioane cu două osii	Autocamioane 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

Drumuri comunale

Tabelul 5

Anul	Grupa de vehicule				
	Autocamioane cu două osii	Autocamioane 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	1,5
2015	1,5	1,5	1,4	1,3	1,7
2020	1,7	1,7	1,5	1,5	1,9

Coeficienți medii de echivalare a vehiculelor fizice în osii standard de 115 k N

Tabelul 6

Grupa de vehicule	Coeficienți de echivalare
Autocamioane şi derivate cu 2 osii	0,3
Autocamioane şi derivate cu 3 sau 4 osii	2,3
Autovehicule articulate	1,8
Autobuze	0,8
Remorci	0,02

Notă:

Valorile din *tabelele 1, 2, 3, 4, 5 şi 6* sunt obținute pe baza recensământului general de circulație din anul 2000. Ele vor fi reactualizate după fiecare recensământ general de circulație.

dp consult

Anexa 2.

Metoda de determinare a modulului de reacție al pământului

1. Definiție

Modulul de reacție al pământului, K_0 este prin definiție, dat de relația:

$$K_0 = \frac{70}{w}$$

unde: w este deformația medie, exprimată în cm, a unei plăci cu diametrul de 75 cm, așezată pe pământ și încărcată cu o presiune de 70 kPa (0,70 daN/cm^2), aproximativ 3 kN.

2. Aparatura

• *O placă rigidă cu diametrul de 75 cm*

În general această placă este din oțel și de grosime unică de 25 mm. Se poate, de asemenea, realiza din suprapunere de plăci având grosimea de 10 mm și de diametre descrescătoare: 75 cm - 60 cm - 45 cm - 30 cm.

• *O verină hidraulică cu o putere de 5 t* sprijinită pe placa de mai sus, în centrul său, cu un dispozitiv în formă rotundă. Această verină trebuie să fie dotată cu un manometru ce va fi etalonat recent; se recomandă echiparea cu un inel dinamometric.

• *Un portic* sub care verina va apăsa pentru a aplica încărcarea pe placă. Acest portic se poate realiza dintr-un simplu profil de 5 sau 6 m pe care apasă 2 camioane încărcate, dispuse paralel; sau cu un singur camion cu șasiu mare. Este necesar ca roțile camionului sau a celor două camioane să fie plasate la mai mult de 2 m de marginea plăcii de încărcare.

• *Trei sau patru comparatoare cu precizie de sutime de milimetri* dispuse simetric pe placă în zona mediană a acesteia. Un cadru metalic alăturat serveşte ca suport al comparatoarelor şi trebuie să se sprijine pe pământ la cel puţin 2 m de centrul plăcii şi de roţile camioanelor.

3. Modul de lucru

Pământul este decapat până la nivelul din proiect al platformei, apoi este compactat cu maiul, pentru a atinge aproximativ compactarea pământului care se va obţine sub îmbrăcămintea din beton[1].

Pentru a asigura un bun contact între pământ şi placă, se procedează astfel:

a. Se aşează sub placă un strat de nisip fin de aproximativ 3 cm grosime sau un strat de ipsos, sau un strat de mortar de ciment preparat pe loc.

b. Dacă pământul este destul de plastic, se încarcă placa cu 10 kPa (0,1 daN/cm^2) cu ajutorul verinei.

În cazul a se va aplica mai întâi timp de 30 secunde o încărcare de 10 kPa pe placă pentru o bună aşezare a tuturor elementelor dispozitivului. Apoi se suprimă încărcarea şi îndată ce comparatoarele sunt stabilizate, se notează indicaţiile lor; fie C_0 (cm) media indicaţiilor lor.

Se aplică după aceea, pe o durată de 10 secunde, încărcarea de 70 kPa şi se menţine aceasta constantă până când variaţia comparatoarelor devine inferioară valorii de 5 sutimi de mm/minut.

Fie C_1 (cm) indicaţiile comparatoarelor în acest moment. Rezultă:

$$w = C_1 - C_0 \text{ (cm)}$$

de unde:

$$K_0 = \frac{70}{C_1 - C_0}$$

---

[1] Dacă se face încercarea în sezon uscat şi dacă există riscul de infiltraţie capilară sub viitoarea îmbrăcăminte, se va stropi abundent pământul în jurul plăcii, aceasta fiind deja aşezată pe locul respectiv.

În cazul b se aplică încărcarea de 10 kPa până când comparatoarele nu variază mai mult decât în cazul precedent. Se citeşte atunci C''_0 (cm). Apoi se sporeşte încărcarea de la 10 kPa la 70 kPa şi se citesc indicaţiile C''_1 (cm) ale comparatoarelor după stabilizare ca şi mai sus.

În final:

$$K_0 = \frac{60}{C''_1 - C''_0}.$$

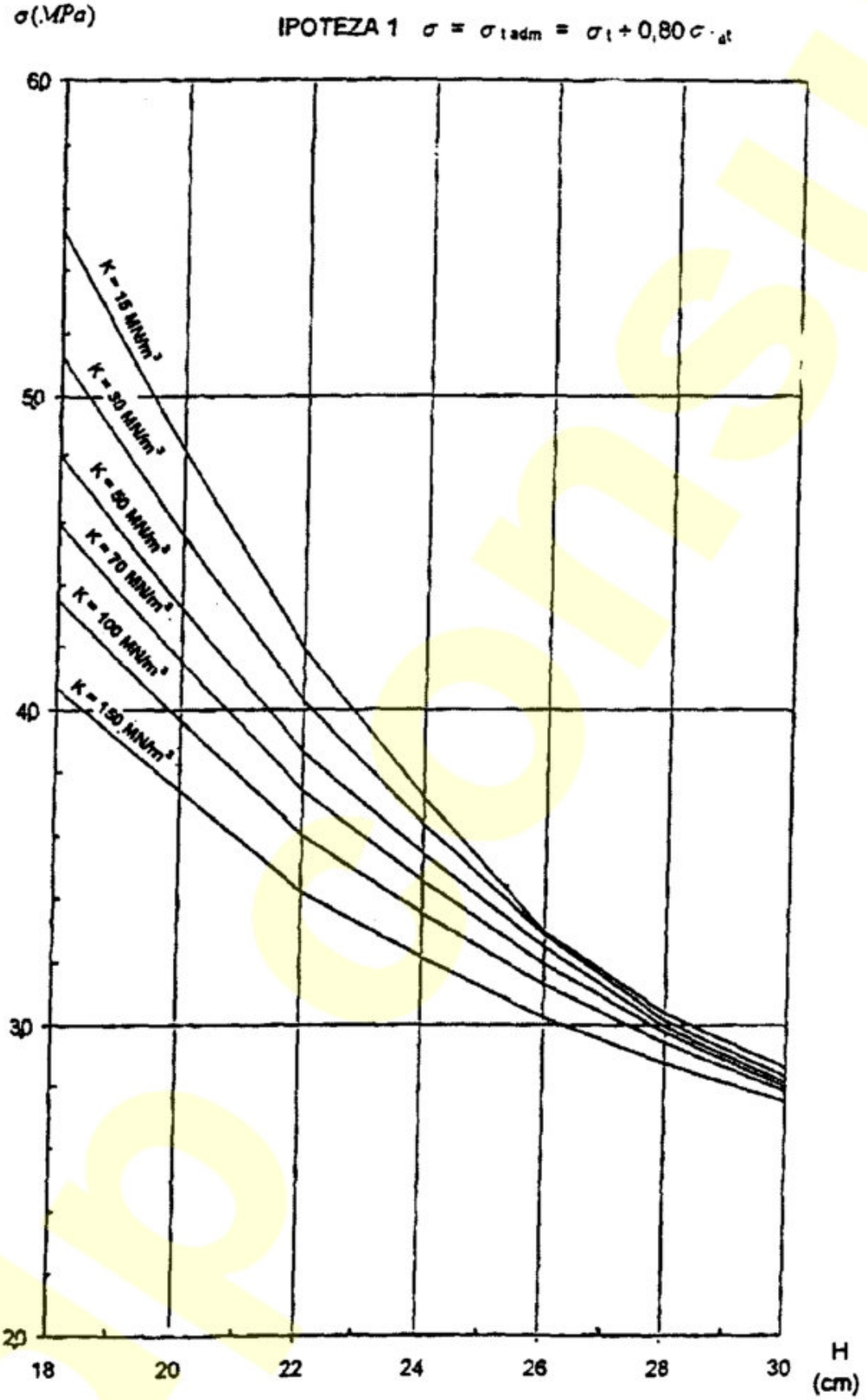
Notă:

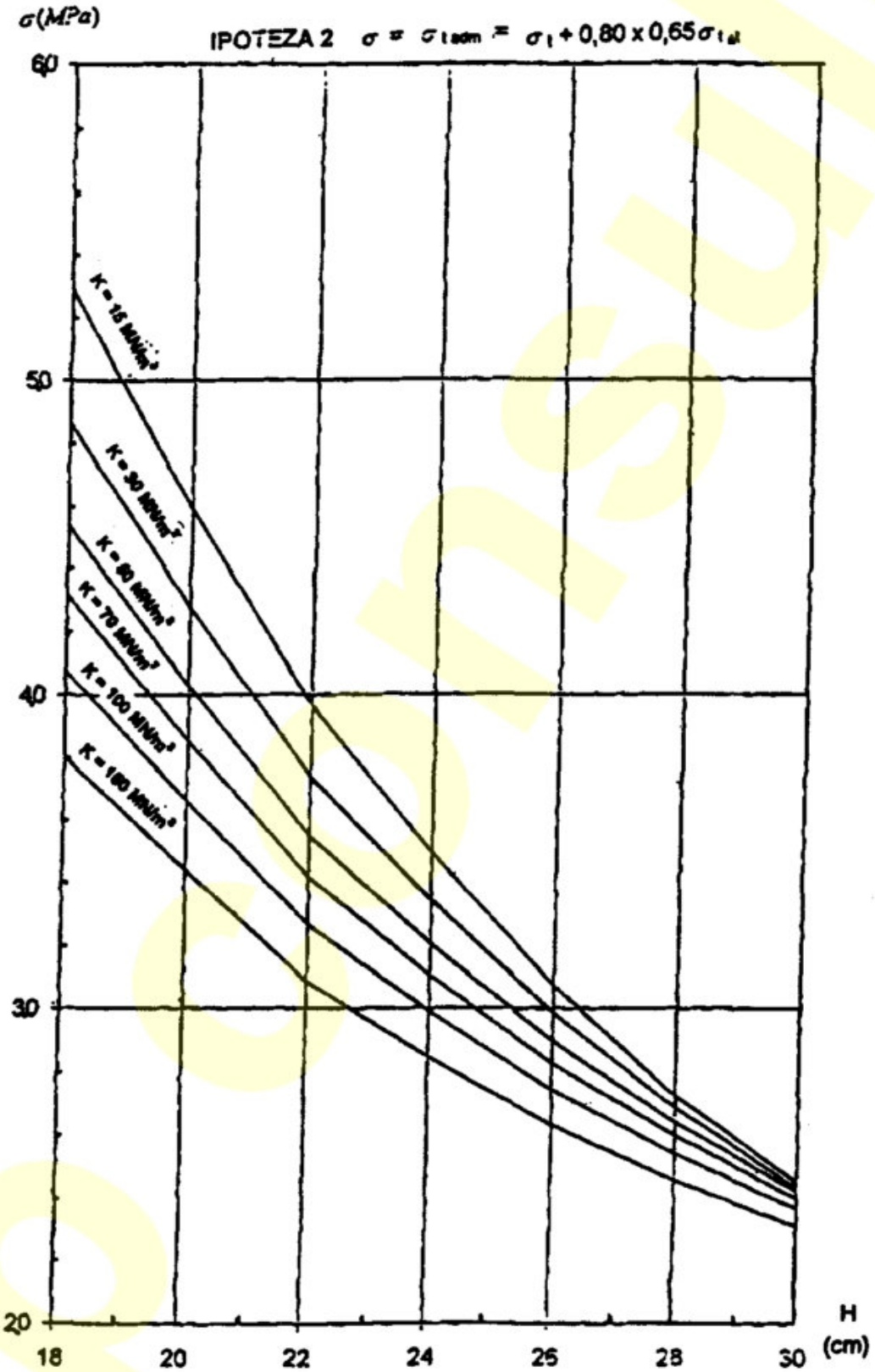
În anumite cazuri, se va putea înlocui placa cu diametrul de 75 cm cu o placă cu diametrul de 50 cm şi de 20 mm grosime. Această placă este mai uşor de manipulat decât precedenta (30 kg în loc de 86 kg). În acest caz, încărcarea pe placă este de 1,4 kN în loc de 3 kN, putându-se utiliza un camion cu şasiu lung. De asemenea, este suficientă distanţa de 1,2 m care separă roţile camionului de marginea plăcii de încărcare. Se va opera aşa cum s-a arătat mai sus, iar valorile lui K_0 vor fi calculate în modul următor:

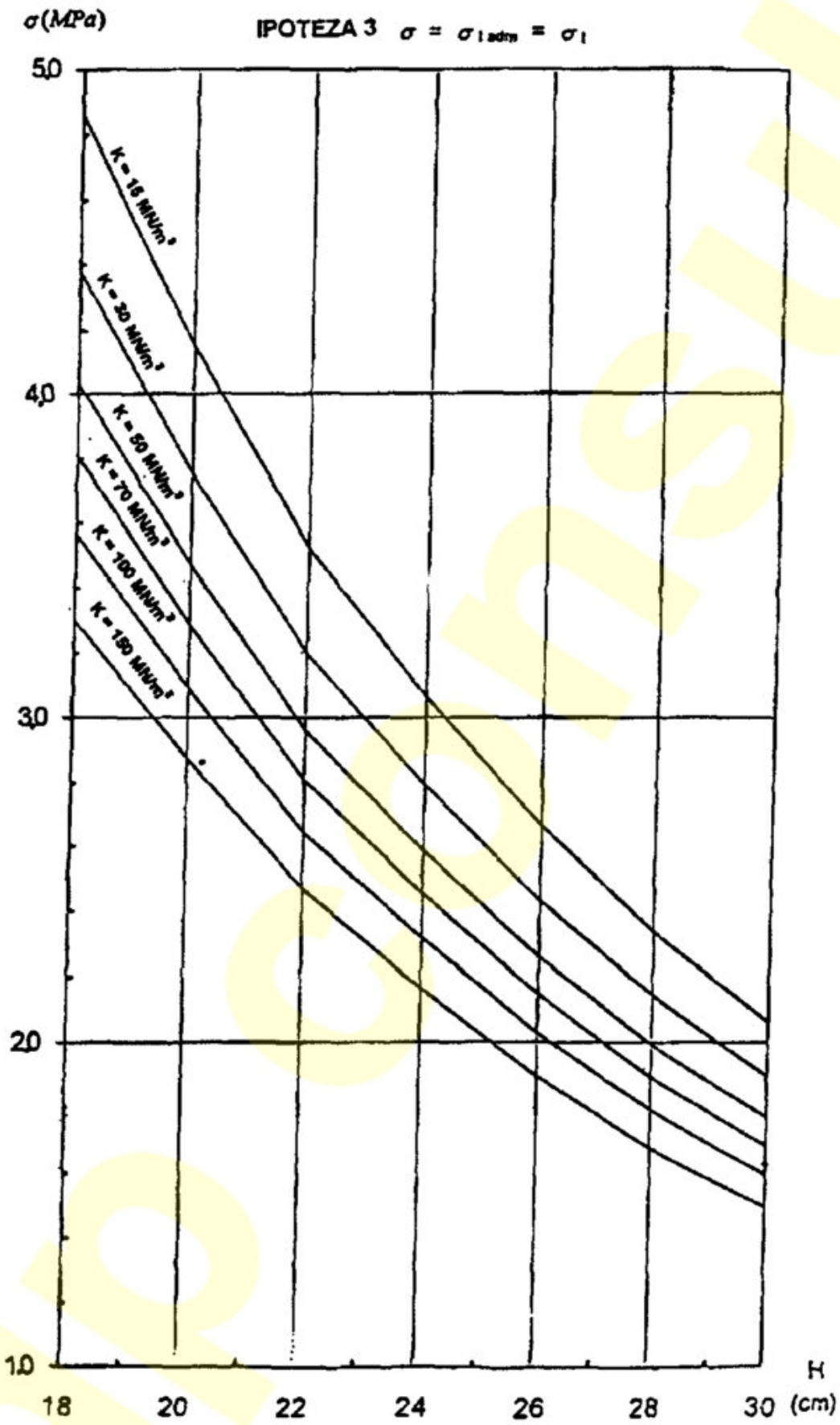
– în cazul a): $K_0 = \frac{60}{C_1 - C_0} \times \frac{50}{75}$;

– în cazul b): $K_0 = \frac{60}{C''_1 - C''_0} \times \frac{50}{75}$.

Diagrame de dimensionare




σ(MPa)
IPOTEZA 2 σ = σ t adm = σ t + 0,80 x 0,65 σ t d
60
50
40
30
20
K = 15 MN/m³
K = 30 MN/m³
K = 50 MN/m³
K = 70 MN/m³
K = 100 MN/m³
K = 160 MN/m³
18
20
22
24
25
28
30
H
(cm)


σ(MPa)
IPOTEZA 3 σ = σ adm = σ i
5,0
4,0
3,0
2,0
1,0
K = 15 MN/m³
K = 30 MN/m³
K = 50 MN/m³
K = 70 MN/m³
K = 100 MN/m³
K = 150 MN/m³
18
20
22
24
26
28
30
H
(cm)

doconsult

Anexa 4.

Corelații de dimensionare

IPOTEZA 1

$\sigma_t + 0,8 \cdot \sigma_{tM} = f(H)$ pentru valori k – constante

$$\sigma_t + 0,8 \cdot \sigma_{tM} = a_0 + a_1 \cdot H + a_2 \cdot H^2 + a_3 \cdot H^3 + a_4 \cdot H^4$$

k	a4	a3	a2	a1	a0	R	r
15	-1.612216E-05	1.182102E-03	-1.856165E-02	-4.888709E-00	1.513938E+01	9,999566E-02	-1.749351E-02
30	-1.929451E-05	1.524842E-03	-3.404877E-02	-1.229574E-00	1.151018E+01	9,999343E-02	-1.787554E-02
50	-2.407671E-05	2.008933E-03	-5.318343E-02	2.532585E-00	8.300423E+00	9,999174E-02	-1693723E-02
70	-2.521307E-05	2.143718E-03	-5.945767E-02	4.030335E-00	6.750478E+00	9,998893E-02	-1.740368E-02
100	-2.526042E-05	2.187847E-03	-6.299063E-02	5.174439E-00	5.341129E+00	9,998599E-02	-1.702381E-02
150	-2.845644E-05	2.529040E-03	-7.691193E-02	7.921352E-00	2.972005E+00	9.997942E-02	-1.743615E-02

$\sigma_t + 0,8 \cdot \sigma_{tM} = f(k)$ pentru valori H – constante;

$$\sigma_t + 0,8 \cdot \sigma_{tM} = a_0 + a_1 \cdot k + a_2 \cdot k^2 + a_3 \cdot k^3 + a_4 \cdot k^4$$

H	a4	a3	a2	a1	a0	R	r
18	1.090782E-08	-4.158582E-06	6.012992E-04	-4.701593E-00	6.106953E+00	9,999739E-02	6.044651E-03
20	6.392395E-09	-2.468216E-06	3.667276E-04	-3.087658E-00	5.214434E+00	9,999857E-02	3.350997E-03

H	a4	a3	a2	a1	a0	R	r
22	2.695771E-09	-1.081480E-06	1.729761E-04	-1.736889E-00	4.417949E+00	9,999920E-02	1.791684E-03
24	-7.252440E-11	-2.542109E-08	2.186556E-05	-6.443277E-01	3.809223E+00	9,999986E-02	-4.919346E-04
26	-1.931737E-09	7.129200E-07	-9.000386E-05	2.296685E-02	3.276515E+00	9,999937E-02	-5.813262E-04
28	-3.069804E-09	1.181961E-06	-1.657687E-04	8.903278E-02	2.833661E+00	9,998595E-02	-1.161517E-03
30	-3.834985E-09	1.490896E-06	-2.165461E-05	1.379185E-00	2.464383E+00	9,999100E-02	-1.303533E-03

IPOTEZA 2

$\sigma_t + 0,8 \cdot 0,65 \cdot \sigma_{tM} = f(H)$ pentru valori k – constante

$$\sigma_t + 0,8 \cdot 0,65 \cdot \sigma_{tM} = a_0 + a_1 \cdot H + a_2 \cdot H^2 + a_3 \cdot H^3 + a_4 \cdot H^4$$

k	a4	a3	a2	a1	a0	R	r
15	-1.732955E-05	1.278914E-03	-2.094053E-02	-4.716700E-01	1.493029E+01	9.999547E-02	-1.765801E-02
30	3.139205E-05	-3.461553E-03	1.484197E-01	-3.065300E+00	2.884777E+01	9.999876E-02	-7.461039E-03
50	-2.419508E-05	2.017172E-03	-5.280436E-02	2.208685E-01	8.451703E+00	9.999231E-02	-1.700541E-02
70	-2.594697E-05	2.215909E-03	-6.158201E-02	4.113502E-01	6.670088E+00	9.999025E-02	-1.736688E-02
100	-2.535511E-05	2.199022E-03	-6.302945E-02	4.930104E-01	5.465683E+00	9.998825E-02	-1.704978E-02
150	-2.855114E-05	2.547159E-03	-7.757784E-02	7.833091E-01	2.981903E+00	9.998395E-02	-1.740260E-02

$\sigma_t + 0,8 \cdot 0,65 \cdot \sigma_{tN} = f(k)$ pentru valori H – constante

$\sigma_t + 0,8 \cdot 0,65 \cdot \sigma_{tN} = a_0 + a_1 \cdot k + a_2 \cdot k^2 + a_3 \cdot k^3 + a_4 \cdot k^4$

H	a4	a3	a2	a1	a0	R	r
18	1.280858E-08	-4.861892E-06	6.938974E-04	-5.212558E-02	5.932363E+00	9.999631E-02	7.354877E-03
20	1.483479E-08	-5.308328E-06	6.913960E-04	-4.564781E-02	5.133421E+00	9.997172E-02	1.560235E-02
22	5.608805E-09	-2.160780E-06	3.177409E-04	-2.597224E-02	4.283377E+00	9.999768E-02	1.560235E-02
24	3.023772E-09	-1.186089E-06	1.808361E-04	-1.631338E-02	3.696174E+00	9.999932E-02	1.367493E-03
26	1.256151E-09	-4.936688E-07	7.838082E-05	-8.594927E-03	3.185487E+00	9.999929E-02	9.651076E-04
28	3.707311E-11	-9.072351E-09	4.307844E-06	-2.618330E-03	2.762277E+00	9.999985E-02	2.723402E-04
30	-9.006665E-10	3.534572E-07	-5.039748E-05	1.979869E-03	2.409507E+00	9.999997E-02	-5.937205E-05

IPOTEZA 3

$\sigma_t = f(H)$ pentru valori k – constante

$\sigma_t = a_0 + a_1 \cdot H + a_2 \cdot H^2 + a_3 \cdot H^3 + a_4 \cdot H^4$

k	a4	a3	a2	a1	a0	R	r
15	-1.680871E-05	1.186553E-03	-1.541761E-02	-5.991553E-01	1.548813E+01	9.999538E-02	-1.746753E-02
30	-2.012311E-05	1.567235E-03	-3.259943E-02	-2.248128E-01	1.196271E+01	9.999399E-02	-1.766234E-02

k	a4	a3	a2	a1	a0	R	r
50	-2.462121E-05	2.051136E-03	-5.271970E-02	1.696364E-01	8.685610E+00	9.999323E-02	-1.711039E-02
70	-2.746212E-05	2.365530E-03	-6.611364E-02	4.364470E-01	6.462342E+00	9.999227E-02	-1.717532E-02
100	-2.746212E-05	2.414141E-03	-7.038447E-02	5.680323E-01	4.956056E+00	9.999098E-02	-1.729437E-02
150	-2.698864E-05	2.445076E-03	-7.520076E-02	7.308317E-01	3.087355E+00	9.999446E-02	-1.240260E-02

$\sigma_t = f(k)$ pentru valori H – constante

$\sigma_t = a_0 + a_1 \cdot k + a_2 \cdot k^2 + a_3 \cdot k^3 + a_4 \cdot k^4$

H	a4	a3	a2	a1	a0	R	r
18	1.663331E-08	-6.247715E-06	8.724390E-04	-6.181683E-02	5.610175E+00	9.999428E-02	9.575428E-03
20	1.355157E-08	-5.103557E-06	7.148708E-04	-5.075987E-02	4.767491E+00	9.999467E-02	7.573048E-03
22	1.116225E-08	-4.196215E-06	5.887787E-04	-4.200682E-02	4.033903E+00	9.999471E-02	6.253838E-03
24	8.742165E-09	-3.332368E-06	4.752796E-04	-3.462648E-02	3.486254E+00	9.999573E-02	4.778504E-03
26	7.162809E-09	-2.730294E-06	3.906833E-04	-2.880652E-02	3.016218E+00	9.999606E-02	3.918929E-03
28	5.806513E-09	-2.221308E-06	3.202750E-04	-2.402434E-02	2.629864E+00	9.999681E-02	3.037908E-03
30	4.487482E-09	-1.740089E-06	2.562580E-04	-1.988360E-02	2.306771E+00	9.999772E-02	2.228415E-03

Anexa 5.

Exemple de calcul

Exemplul 1

Să se dimensioneze structura rutieră rigidă pentru un sector de drum național european (E), care va fi dat în exploatare în anul 2002, cunoscându-se următoarele date:

– Sectorul de drum este situat într-o regiune cu tip climateric II, în care sursele de agregate naturale de balastieră sunt la distanțe relativ reduse de traseul sectorului respectiv de drum;

– Profilul transversal este alcătuit din 2 × 2 benzi de circulație;

– Îmbrăcămintea din beton de ciment se execută dintr-un singur strat;

– Terasamentele rutiere sunt în rambleu cu o înălțime de 1,0 m;

– Pământul de fundare este alcătuit din argilă prăfoasă în conformitate cu STAS 1243 şi studiul geotehnic recomandă executarea unui strat de formă;

– Caracteristicile traficului rutier sunt cele corespunzătoare postului de recenzare situat pe sectorul respectiv de drum. Astfel, compoziția traficului mediu zilnic MZA_k, conform ultimului recensământ general de circulație din anul 2000 este următoarea:

Autocamioane şi derivate cu 2 osii 1560
Autocamioane şi derivate cu 3 osii sau 4 osii 506
Autovehicule articulate 1789
Autobuze 360
Remorci 246

– Perioada de perspectivă, p_p este din anul 2002 până în anul 2032.

Succesiunea operațiilor de calcul este următoarea:

1. Stabilirea traficului de calcul

Se stabilește traficul de calcul, N_c conform cap. 3, cu ajutorul *relației (1)*:

$$N_c = 365 \times 10^{-6} \times p_p \times c_{rt} \times \sum_{k=1}^{5} MZA_k \times p_k \times f_{ek} \text{ (m.o.s.)}$$

Pe baza datelor de trafic se determină $\sum_{k=1}^{5} MZA_k \times p_k \times f_{ek}$, conform *tabelului 13.*

Tabelul 13.

Grupa de vehicule	Traficul mediu zilnic MZA_k	p_k[1]	f_{ek}	$MZA_k \times p_k \times f_{ek}$
0	1	2	3	4
Autocamioane şi derivate cu 2 osii	1 560	1,76	0,30	824
Autocamioane şi derivate cu 3 sau 4 osii	506	1,96	2,30	2 281
Autovehicule articulate	1 789	1,94	1,80	6 247
Autobuze	360	1,54	0,80	444
Remorci	246	2,26	0,02	11
Total o.s. 115 = $\sum_{k=1}^{5} MZA_k \times p_k \times f_{ek}$ =				9 807

Rezultă următorul trafic de calcul:

$$N_c = 365 \times 10^{-6} \times 30 \times 0{,}45 \times 9\,807 = 53{,}7 \text{ m.o.s.}$$

2. Determinarea capacității portante a pământului de fundare

Se determină modulul de reacție al pământului de fundare, K_0, conform cap. 4.

[1] Valori obținute prin interpolare din tabelul 1., Anexa 1.

Pământul de fundare fiind alcătuit din argilă prăfoasă se încadrează în tipul P_5, conf. *tabelului 9.*

Sectorul de drum fiind situat în rambleu, cu o înălțime de 1,00 m, regimul hidrologic este 2a, conform pct. 4.4.

Corespunzător tipului de pământ P_5, tipului climateric II și regimului hidrologic 2a, valoarea modulului de reacție al pământului de fundare, K_0 este 46 MN/m^3, conform *tab. 8.*

3. Stabilirea alcătuirii straturilor subadiacente dalei din beton

Deoarece, sectorul de drum național european (E) corespunde clasei tehnice II, atunci conform pct. 5.1. se consideră varianta a. de alcătuire a structurii rutiere rigide. În cadrul acestei variante straturile subadiacente dalei din beton de ciment sunt:

– strat de fundație superior;

–strat de fundație inferior ;

– eventual, strat de formă.

Ținând seama de cele de mai sus și având în vedere că studiul geotehnic recomandă necesitatea executării unui strat de formă, iar sursele de agregate naturale de balastieră sunt la distanțe relativ reduse de sectorul respectiv de drum, se stabilesc următoarele straturi subadiacente dalei din beton alcătuite, conform pct. 5.4. și anume:

– strat de fundație superior din balast stabilizat cu ciment;

– strat de fundație inferior din balast;

– strat de formă din balast.

4. Determinarea capacității portante la nivelul stratului de fundație

Se determină valoarea modulului de reacție la suprafața stratului de fundație, K, conform cap. 6, în funcție de:

– grosimea echivalentă a straturilor de fundație/formă, H_{ech};

– valoarea modulului de reacție al pământului de fundare, K_0.

Grosimile efective ale straturilor subadiacente dalei sunt:

– stratul de fundație superior: $h_1 = 15$ cm;
– stratul de fundație inferior: $h_2 = 20$ cm;
– stratul de formă: $h_3 = 20$ cm.

Grosimea echivalentă a straturilor de fundație/formă, H_{ech} se determină conform pct.6.3. cu relația (2):

$$H_{ech} = h_1 a_1 + h_2 a_2 + h_3 a_3$$

Se determină valorile coeficienților a_1, a_2 și a_3 din tabelul 11, și anume, pentru:

– strat de fundație superior din balast stabilizat cu ciment:

$$a_1 = 1{,}50;$$

– strat de fundație inferior din balast:

$$a_2 = 0{,}75;$$

– strat de formă din balast:

$$a_3 = 0{,}75.$$

Rezultă următoarea grosime echivalentă:

$$H_{ech} = 15 \times 1{,}5 + 20 \times 0{,}75 + 20 \times 0{,}75 = 52{,}50 \text{ cm}$$

Valoarea modulului de reacție la suprafața stratului de fundație, K se determină conform diagramei din *fig. 3*, în funcție de: $K_o = 46$ MN/m^3 și $H_{ech} = 52{,}50$ cm.

Astfel, rezultă: $K = 96$ MN/m^3.

5. Adoptarea clasei betonului de ciment rutier

Se adoptă clasa betonului de ciment rutier B_cR 5,0, conform *normativului* indicativ *C22-92*. Pe baza clasei betonului se stabilește rezistența caracteristică la încovoiere, R_{inc}^K, conform *SR 183-1:1995*:

$$R_{inc}^K = 5{,}0 \text{ MPa}$$

6. Determinarea tensiunii la întindere din încovoiere admisibilă a betonului

Se determină tensiunea la întindere din încovoiere admisibilă a betonului, conform pct. 7.2.2. cu *relația (5)*:

$$\sigma_{adm} = 5{,}0 \times 1{,}1 \times (0{,}7 - 0.05 \times \log 53{,}7) =$$

$$= 5{,}5 \times (\ 0{,}7 - 0{,}05 \times 1{,}73) = 5{,}5 \times 6{,}135 = 3{,}37 \text{ MPa}$$

7. Adoptarea ipotezei de dimensionare

În funcție de clasă tehnică a drumului și de condițiile climatice, conform pct. 7.3. se adoptă ipoteza 1.

8. Determinarea grosimii dalei din beton de ciment

Grosimea dalei din beton de ciment, H se determină din diagrama de dimensionare corespunzătoare ipotezei 1, conform Anexei 3, pe baza valorilor:

– modulului de reacție la suprafața stratului de fundație superior, $K = 96$ MN/m^3;

– tensiunii la întindere din încovoiere admisibilă a betonului, $\sigma_{adm} = 3{,}37$ MPa, prin interpolare liniară.

Grosimea dalei din beton, H rezultă egală cu 24,3 cm și se rotunjește la 25 cm.

9. Verificarea structurii rutiere la acțiunea îngheț-dezghețului, conform STAS 1709/1 și STAS 1709/2.

Exemplul 2

Să se dimensioneze structura rutieră rigidă pentru modernizarea unui sector de drum național secundar, care va fi dat în exploatare în anul 2002, cunoscându-se următoarele date:

– Sectorul de drum este situat într-o regiune cu tip climateric II, în care sursele de agregate naturale de carieră sunt la distanțe relativ reduse de traseul sectorului respectiv de drum;

– Profilul transversal este alcătuit din 2 × 1 bandă de circulație;

– Îmbrăcămintea din beton de ciment se execută dintr-un singur strat;

– Terasamentele rutiere sunt în rambleu cu înălțimea sub 1,0 m;

– Pământul de fundare este alcătuit din argilă prăfoasă în conformitate cu STAS 1243 şi studiul geotehnic recomandă necesitatea executării unui strat de formă;

– Caracteristicile traficului rutier sunt cele corespunzătoare postului de recenzare situat pe sectorul respectiv de drum. Astfel, compoziția traficului mediu zilnic MZA_k, conform ultimului recensământ general de circulație din 1995 este următoarea:

Autocamioane şi derivate cu 2 osii	1 238
Autocamioane şi derivate cu 3 osii sau 4 osii	452
Autovehicule articulate	345
Autobuze	215
Remorci	507

Succesiunea operațiilor de calcul este următoarea:

1. Stabilirea traficului de calcul

Se stabileşte traficul de calcul, N_c conform cap. 3., cu ajutorul relației (1):

$$N_c = 365 \times 10^{-6} \times p_p \times c_{rl} \times \sum_{k=1}^{5} MZA_k \times p_k \times f_{ck} \text{ (m.o.s.)}$$

Pe baza datelor de trafic se determină $\sum_{k=1}^{5} MZA_k \times p_k \times f_{ek}$, conform *tabelului 14.*

Tabelul 14.

Grupa de vehicule	Traficul mediu zilnic MZA_k	p_k[1]	f_{ek}	$MZA_k \times p_k \times f_{ek}$
0	1	2	3	4
Autocamioane şi derivate cu 2 osii	1 238	1,74	0,3	646
Autocamioane şi derivate cu 3 sau 4 osii	452	1,76	2,3	1 830
Autovehicule articulate	345	1,74	1,8	1 081
Autobuze	215	1.54	0,8	265
Remorci	507	1,84	0,02	19
Total o.s. 115 = $\sum_{k=1}^{5} MZA_k \times p_k \times f_{ek}$ =				3 840

Rezultă următorul trafic de calcul:

$$N_c = 365 \times 10^{-6} \times 30 \times 0{,}50 \times 3\,840 = 21{,}02 \text{ m.o.s.}$$

2. Determinarea capacităţii portante a pământului de fundare

Se determină modulul de reacţie al pământului de fundare, K_0, conform cap. 4.

Pământul de fundare fiind alcătuit din argilă prăfoasă se încadrează în tipul P_5, conform *tabelului 9.* Sectorul de drum fiind situat într-o regiune cu tip climateric II şi în rambleu, cu o înălţime sub 1,00 m, regimul hidrologic este 2b, conform pct. 4.4.

[1] Valori obţinute prin interpolare din *tabelul 3, Anexa 1.*

Corespunzător tipului de pământ P_5, tipului climateric II şi regimului hidrologic 2b, valoarea modulului de reacţie al pământului de fundare, K_0 este 46 MN/m^3, conform *tab. 8.*

3. Stabilirea alcătuirii straturilor subadiacente dalei din beton

Deoarece, sectorul de drum naţional secundar corespunde clasei tehnice III, atunci conform pct. 5.1. se consideră varianta b. de alcătuire a structurii rutiere rigide. În cadrul acestei variante straturile subadiacente dalei din beton de ciment sunt:

– strat de fundaţie;
– eventual, strat de formă.

Ţinând seama de cele de mai sus şi având în vedere că studiul geotehnic recomandă necesitatea executării unui strat de formă, iar sursele de agregate naturale de carieră sunt la distanţe relativ reduse de sectorul respectiv de drum, se stabilesc următoarele straturi subadiacente dalei din beton alcătuite conform pct. 5.4:

– strat de fundaţie din piatră spartă;
– strat de formă din balast.

4. *Determinarea capacităţii portante la nivelul stratului de fundaţie*

Se determină valoarea modulului de reacţie la suprafaţa stratului de fundaţie, K conform cap. 6, în funcţie de:

– grosimea echivalentă a stratului de fundaţie/formă, H_{ech};
– valoarea modulului de reacţie al pământului de fundare, K_0.

Grosimile efective ale straturilor subadiacente dalei sunt:

– stratul de fundaţie: $h_1 = 20$ cm;
– stratul de formă: $h_2 = 15$ cm.

Grosimea echivalentă a stratului de fundaţie/formă, H_{ech} se determină conform pct.6.3. cu relaţia (2):

$$H_{ech} = h_1 a_1 + h_2 a_2$$

Se determină valorile coeficienților a_1 și a_2 din tabelul 11, și anume pentru:

– strat de fundație din piatră spartă $a_1 = 1,0$;
– strat de formă din balast $a_2 = 0,75$.

Rezultă următoarea grosime echivalentă:

$$H_{ech} = 20 \times 1,0 + 15 \times 0,75 = 20 \times 11,25 = 31,25 \text{ cm}$$

Valoarea modulului de reacție la suprafața stratului de fundație, K se determină conform diagramei din *figura 3*, în funcție de: K_o = = 46 MN/m^3 și H_{ech} = 31,25 cm.

Astfel, rezultă: K = 72 MN/m^3.

5. Adoptarea clasei betonului de ciment rutier

Se adoptă clasa betonului de ciment rutier B_cR 4,5, conform *normativului*, indicativ C22-92. Pe baza clasei betonului se determină valoarea rezistenței caracteristice la încovoiere, R_{inc}^K, conform SR 183-1:1995.

$$R_{inc}^K = 4,5 \text{ MPa}.$$

6. Determinarea tensiunii la întindere din încovoiere admisibilă a betonului

Se determină tensiunea la întindere din încovoiere admisibilă a betonului, conform pct. 7.2.2. cu *relația (5)*:

$$\sigma_{adm} = 4,5 \times 1,1 (0,7 - 0,05 \times \log 21,02) =$$
$$= 4,95 \times (0,7 - 0,05 \times 1,322) = 4,95 \times 0,633 = 3,14 \text{ MPa}$$

7. Adoptarea ipotezei de dimensionare

În funcție de clasă tehnică a drumului și de condițiile climatice, conform pct. 7.3. se adoptă ipoteza 2.

8. Determinarea grosimii dalei din beton de ciment

Grosimea dalei din beton de ciment, H se determină din diagrama de dimensionare corespunzătoare ipotezei 2, conform Anexei 3, pe baza valorilor:

–modulului de reacție la suprafața stratului de fundație, $K = 72$ MN/m^3;

–tensiunii la întindere din încovoiere admisibilă a betonului, $\sigma_{adm} = 3{,}14$ MPa prin interpolare liniară.

Grosimea dalei din beton, H rezultă de 23,84 cm și se rotunjește la 24 cm.

9. *Verificarea structurii rutiere la acțiunea îngheț-dezghețului*, conform STAS 1709/1 și STAS 1709/2.

Exemplul 3

Să se dimensioneze structura rutieră rigidă pentru un sector de drum comunal, care va fi dat în exploatare în anul 2002, cunoscându-se următoarele date:

– Profilul transversal este alcătuit din 2 × 1 bandă de circulație;

– Sectorul de drum este situat într-o regiune cu tip climateric II, în care sursele de agregate naturale de balastieră sunt la distanțe relativ reduse de traseul sectorului respectiv de drum;

– Îmbrăcămintea din beton de ciment se execută dintr-un singur strat;

– Terasamentele rutiere sunt în rambleu cu înălțimea sub 1,0 m;

– Pământul de fundare este alcătuit din praf argilos în conformitate cu STAS 1243;

– Caracteristicile traficului rutier sunt cele corespunzătoare postului de recenzare situat pe sectorul respectiv de drum. Astfel,

compoziția traficului mediu zilnic MZA_k conform ultimului recensământ general de circulație din 1995 este următoarea:

Autocamioane şi derivate cu 2 osii 532
Autocamioane şi derivate cu 3 osii sau 4 osii 199
Autovehicule articulate 84
Autobuze 97
Remorci 83

Succesiunea operațiilor de calcul este următoarea:

1. Stabilirea traficului de calcul

Se stabileşte traficul de calcul, N_c conform cap. 3, cu ajutorul *relației (1)*:

$$N_c = 365 \times 10^{-6} \times p_p \times c_{rt} \times \sum_{k=1}^{5} MZA_k \times p_k \times f_{ek} \text{ (m.o.s.)}$$

Pe baza datelor de trafic se determină $\sum_{k=1}^{5} MZA_k \times p_k \times f_{ek}$, conform *tabelului 15.*

Tabelul 15.

Grupa de vehicule	Traficul mediu zilnic MZA_k	p_k[1]	f_{ek}	$MZA_k \times p_k \times f_{ek}$
Autocamioane şi derivate cu 2 osii	532	1,54	0,3	246
Autocamioane şi derivate cu 3 sau 4 osii	199	1,54	2,3	705
Autovehicule articulate	84	1,42	1,8	215
Autobuze	97	1,34	0,8	104
Remorci	83	1,74	0,02	3
Total o.s. 115 = $\sum_{k=1}^{5} MZA_k \times p_k \times f_{ek}$				1 272

[1] Valori obținute prin interpolare din *tabelul 5. Anexa 1.*

Rezultă următorul trafic de calcul:

$$N_c = 365 \times 10^{6} \times 30 \times 0.50 \times 1272 = 6.96 \text{ m.o.s.}$$

2. Determinarea capacității portante a pământului de fundare

Se determină modulul de reacție al pământului de fundare, K_0, conform cap. 4.

Pământul de fundare fiind alcătuit din praf argilos se încadrează în tipul P_4, conform *tabelului 9*.

Sectorul de drum fiind situat într-o regiune cu tip climateric II și în rambleu, cu o înălțime sub 1,00 m, regimul hidrologic este 2b, conform pct. 4.4.

Corespunzător tipului de pământ P_4, tipului climateric II și regimului hidrologic 2b, valoarea modulului de reacție al pământului de fundare, K_0 este 46 MN/m^3, conform *tab. 8*.

3. Stabilirea alcătuirii straturilor subadiacente dalei din beton

Deoarece, sectorul de drum corespunde clasei tehnice V, atunci conform pct. 5.1. se consideră varianta b. de alcătuire a structurii rutiere rigide. În cadrul acestei variante straturile subadiacente dalei din beton de ciment sunt:

– strat de fundație;
– eventual, strat de formă.

Ținând seama de cele de mai sus și având în vedere că sursele de agregate naturale de balastieră sunt la distanțe relativ reduse de sectorul respectiv de drum, se stabilește stratul de fundație din balast, conform pct. 5.4.

4. Determinarea capacității portante la nivelul stratului de fundație

Se determină valoarea modulului de reacție la suprafața stratului de fundație, K, conform cap. 6, în funcție de:

– grosimea echivalentă a stratului de fundație, H_{ech};

– valoarea modulului de reacție al pământului de fundare, K_0.

Grosimea efectivă a stratului de fundație: $h_1 = 20$ cm.

Grosimea echivalentă a stratului de fundație, H_{ech} se determină conform pct. 6.3. cu relația (2):

$$H_{ech} = h_1 \times a_1$$

Se determină valoarea coeficientului a_1 din *tabelul 11*, și anume pentru strat de fundație din balast:

$$a_1 = 0,75$$

Rezultă următoarea grosime echivalentă:

$$H_{ech} = 20 \times 0,75 = 15 \text{ cm}$$

Valoarea modulului de reacție la suprafața stratului de fundație, K se determină conform diagramei din *figura 3* în funcție de: K_o = = 46 MN/m^3 și $H_{ech} = 15$ cm.

Rezultă: $K = 54$ MN/m^3

5. Adoptarea clasei betonului de ciment rutier

Se adoptă clasa betonului de ciment rutier B_cR 4,0 conform *normativului*, indicativ C22-92. Pe baza clasei betonului se determină valoarea rezistenței caracteristice la încovoiere R_{inc}^K, conform SR 183-1:1995.

$$R_{inc}^K = 4,0 \text{ MPa}$$

6. Determinarea tensiunii la întindere din încovoiere admisibilă a betonului

Se determină tensiunea la întindere din încovoiere admisibilă a betonului, conform pct. 7.2.2. cu *relația (5)*:

$$\sigma_{adm} = 4,0 \times 1,1 \times (0,7 - 0,05 \times \log 6,96) =$$
$$= 4,4 \times (0,7 - 0,05 \times 0,842) = 4,4 \times 0,658 = 2,89 \text{ MPa}$$

7. Adoptarea ipotezei de dimensionare

În funcție de clasa tehnică a drumului și de condițiile climatice, conform pct. 7.3. se adoptă ipoteza 3.

8. Determinarea grosimii dalei din beton de ciment

Grosimea dalei din beton de ciment, *H* se determină din diagrama de dimensionare corespunzătoare *ipotezei 3*, conform *Anexei 3*, pe baza valorilor:

– modulului de reacție la suprafața stratului de fundație, $K = 54$ MN/m^3;

– tensiunii la întindere din încovoiere admisibilă a betonului, $\sigma_{adm} = 2{,}89$ MPa prin interpolare liniară.

Grosimea dalei din beton, *H* rezultă de 22,44 cm și se rotunjește la 23 cm.

9. Verificarea structurii rutiere la acțiunea înghet-dezghețului, conform STAS 1709/1 și STAS 1709/2.

dp consult