

# **ALCĂTUIREA STRUCTURILOR RUTIERE**

## **CUPRINS**

1. Clasificarea structurilor rutiere	2
2. Funcționarea mecanică a unor structuri rutiere	7
3. Rolurile straturilor rutiere	16
4. Straturi rutiere din agregate naturale nestabilizate	20
5. Compactarea straturilor de fundație	22

Activitatea practică de construcție, modernizare și întreținere a drumurilor preconizează utilizarea unor materiale de calitate care să fie procurate, pe cât posibil, din apropierea zonei de amplasament a drumului, astfel încât cheltuielile de transport să fie minime. Luând ca determinant pentru găsirea soluției optime de execuție costul minim al lucrărilor, se poate ajunge la utilizarea unor materiale diverse, care, pe baza unor cercetări sistematice și prin folosirea unor tehnologii adecvate, se pot aduce în stadiul de utilizare curentă în tehnica rutieră.

Marea varietate de materiale folosite în tehnica rutieră (pământuri, agregate naturale, lianți) și de tehnologii conduce implicit la apariția unei diversități largi de straturi rutiere a căror comportare în exploatare sub acțiunea solicitărilor (trafic și condiții climaterice) trebuie corect apreciată prin calcule de dimensionare specifice.

Abordarea problematicii dimensionării structurilor rutiere nu se poate realiza pentru fiecare structură rutieră posibilă, astfel încât marea varietate de straturi și structuri rutiere existente trebuie grupate după principii bine determinate, fiecărei grupări corespunzându-i o metodă specifică de calcul. De asemenea, și din punct de vedere al terminologiei rutiere este convenabilă o clasificare pragmatică a structurilor rutiere.

## **1. Clasificarea structurilor rutiere**

Pentru o corectă clasificare a structurilor rutiere este necesar să se cunoască în totalitate materialele utilizabile în straturile rutiere prin caracteristicile lor care intervin în cadrul metodelor de dimensionare adoptate, precum și modul de comportare al acestora în exploatare, care poate conduce, prin studii atente și, din păcate de durată, la concluzii interesante, menite de multe ori să influențeze etapele de calcul de dimensionare, tehnologiile de execuție, implementarea unor noi soluții etc.

În concordanță cu diversificarea tipurilor de structuri rutiere, se remarcă preocupările specialiștilor din domeniu pentru elaborarea criteriilor de clasificare a acestora, precum și pentru perfecționarea metodelor de dimensionare.

În acest domeniu, pornind de la realitățile sectorului rutier din țara noastră din anii '80 (grosimi reduse de straturi bituminoase), s-a urmărit stabilirea unor principii clare, care să conducă la o definire și clasificare obiective și concise ale structurilor rutiere, pe baza studierii comportării în exploatare a acestora.

S-a ținut seama de faptul că segmentarea exagerată în clasificarea structurilor rutiere are repercusiuni însemnate asupra terminologiei utilizate, dar mai ales asupra metodelor de

dimensionare aplicate, care în mod practic trebuie să fie adaptate fiecărei categorii de structuri rutiere considerate. De asemenea, s-a avut în vedere că, urmare a multiplelor lucrări de îmbunătățire a stării de viabilitate a drumurilor, a lucrărilor de modernizare sau ranforsare, precum și a apariției și aplicării de noi materiale și tehnologii (în special diversificarea și folosirea tot mai frecventă a straturilor din agregate naturale stabilizate cu ciment sau cu lianți puzzolanici), s-a ajuns la o diversitate foarte mare de structuri rutiere, care nu mai puteau fi încadrate în categoriile de structuri rutiere recunoscute la acea dată.

Cercetările desfășurate au condus la necesitatea punerii în discuție a următoarelor propuneri vizând definirea și clasificarea structurilor rutiere:

- o nouă definire a structurilor rutiere și a complexelor rutiere;
- o nouă clasificare a structurilor rutiere;
- luarea în considerare, în toate cazurile, la dimensionare, ranforsare, pentru stabilirea strategiei de întreținere etc., a complexelor rutiere și nu numai a structurilor rutiere.

Pentru atingerea acestor obiective s-a făcut apel la concepția generală de alcătuire și proiectare a construcțiilor, care se referă la dimensionarea unei structuri de rezistență, plasată pe o fundație adusă la anumiți parametri tehnici bine stabiliți, la solicitările sigure sau posibile de-a lungul duratei de exploatare prognozate.

În baza acestei concepții, s-a ajuns la concluzia înlocuirii termenului de sistem rutier cu structură rutieră, care de altfel se constituie în elementul de rezistență al drumului.

Dezbaterile purtate pe plan național au condus la acceptarea noii concepții vizând definirea și clasificarea structurilor rutiere, care va fi prezentată în continuare.

Definirea și clasificarea structurilor rutiere și a complexelor rutiere au fost concretizate așa cum se va vedea în continuare.

**Structura rutieră** este elementul de rezistență al drumului, prevăzută și realizată pe partea carosabilă și pe benzile de încadrare, alcătuită dintr-un ansamblu de straturi executate din materiale pietroase stabilizate sau nu cu lianți, după tehnologii adecvate, și dimensionate conform anumitor norme, având în ansamblu o capacitate portantă stabilită în principal funcție de intensitatea traficului greu.

Structura rutieră în baza concepției sus-menționate se construiește pe o fundație formată din:

- terasamente, în care se include, după caz, stratul de formă;
- terenul natural;

Ținând seama de modul de alcătuire și de comportare în exploatare, s-a ajuns la următoarea clasificare a structurilor rutiere:

- **structura rutieră suplă** este alcătuită dintr-un ansamblu de straturi realizate din materiale necoezive stabilizate mecanic sau/și cu lianți hidrocarbonați, îmbrăcăminte și stratul de bază fiind realizate din mixturi asfaltice, sau, în mod excepțional, din macadam bituminos sau din macadam (pietruire);
- **structura rutieră rigidă** este alcătuită dintr-un ansamblu de straturi stabilizate sau nu cu lianți, peste care se realizează o îmbrăcăminte din beton de ciment;
- **structura rutieră mixtă** este constituită din straturi din agregate naturale stabilizate mecanic și cu lianți hidraulici sau puzzolanici, în care apar în timp fisuri din contracție, iar îmbrăcăminte și eventual stratul de bază sunt straturi bituminoase. Stratul rutier din agregate naturale stabilizate cu ciment sau cu lianți puzzolanici poate fi strat de fundație sau/și strat de bază.

Straturile rutiere care alcătuiesc structurile rutiere s-a propus să aibă următoarele denumiri:

- îmbrăcămintea rutieră (strat de uzură și strat de legătură, pentru structurile rutiere suple și mixte, respectiv strat de uzură și strat de rezistență pentru structurile rutiere rigide);
- stratul de bază (pentru structurile rutiere suple și mixte);
- stratul (sau straturile) de fundație, care s-ar putea denumi strat de rezistență (pentru structurile rutiere suple și mixte);
- stratul (sau straturile) de fundație, care s-ar putea denumi strat portant (pentru structurile rutiere rigide);
- stratul (sau straturile) de protecție.

Din alcătuirea structurilor rutiere poate să lipsească unul sau mai multe straturi, iar unele dintre straturi pot să îndeplinească unul sau mai multe roluri.

**Complexul rutier** poate fi definit ca o construcție alcătuită din fundație (terasamente și teren natural) și structura rutieră, cu scopul de a servi în bune condiții și în siguranță circulația rutieră.

Se desprinde deci, necesitatea proiectării întregului complex rutier, acordându-se o importanță majoră alcătuirii fiecărui strat, precum și conlucrării dintre terasamente, teren natural și structura rutieră.

Se impune acordarea unei atenții deosebite **stratului de formă**, definit ca fiind stratul superior al terasamentelor, amenajat pentru uniformizarea și sporirea capacității portante la nivelul patului drumului. În această abordare, rolurile pe care trebuie să le îndeplinească stratul de formă se pot împărți în două grupe, și anume:

- roluri care trebuie îndeplinite la scurt timp după execuție, categorie în care se înscriu:
  - asigurarea derulării traficului de șantier pentru aprovizionarea cu materialele necesare și executarea primului strat de fundație;
  - realizarea unei uniformități corespunzătoare pentru a permite punerea în operă a stratului superior cu grosimile proiectate și cu respectarea condițiilor de scurgere a apelor subterane de la nivelul patului drumului;
  - asigurarea unei capacități portante uniforme și suficient de ridicate pentru a permite compactarea în bune condiții a primului strat de fundație. Astfel, dacă pentru un rambleu se recomandă o densitate medie în stare uscată  $\rho_{dm}$  pe grosimea fiecărui strat de *min.* 95 % din densitatea în stare uscată maximă Proctor normal  $\rho_{dPN}$  și o densitate în stare uscată la baza stratului  $\rho_{dbs}$  de *min.* 92 %  $\rho_{dPN}$ , atunci, în cazul straturilor de formă, exigențele trebuie să fie mai mari și se materializează prin următoarele relații:  $\rho_{dm} \geq 98,5 \% \rho_{dPN}$  și  $\rho_{dbs} \geq 96 \% \rho_{dPN}$ ;
  - asigurarea protecției patului drumului împotriva intemperiilor (ploaie, îngheț - dezgheț etc.) până în momentul executării structurii rutiere;
- roluri care trebuie îndeplinite pe toată durata de exploatare a structurii rutiere:
  - asigurarea unei capacități portante uniforme tot timpul anului, indiferent de condițiile climatice.

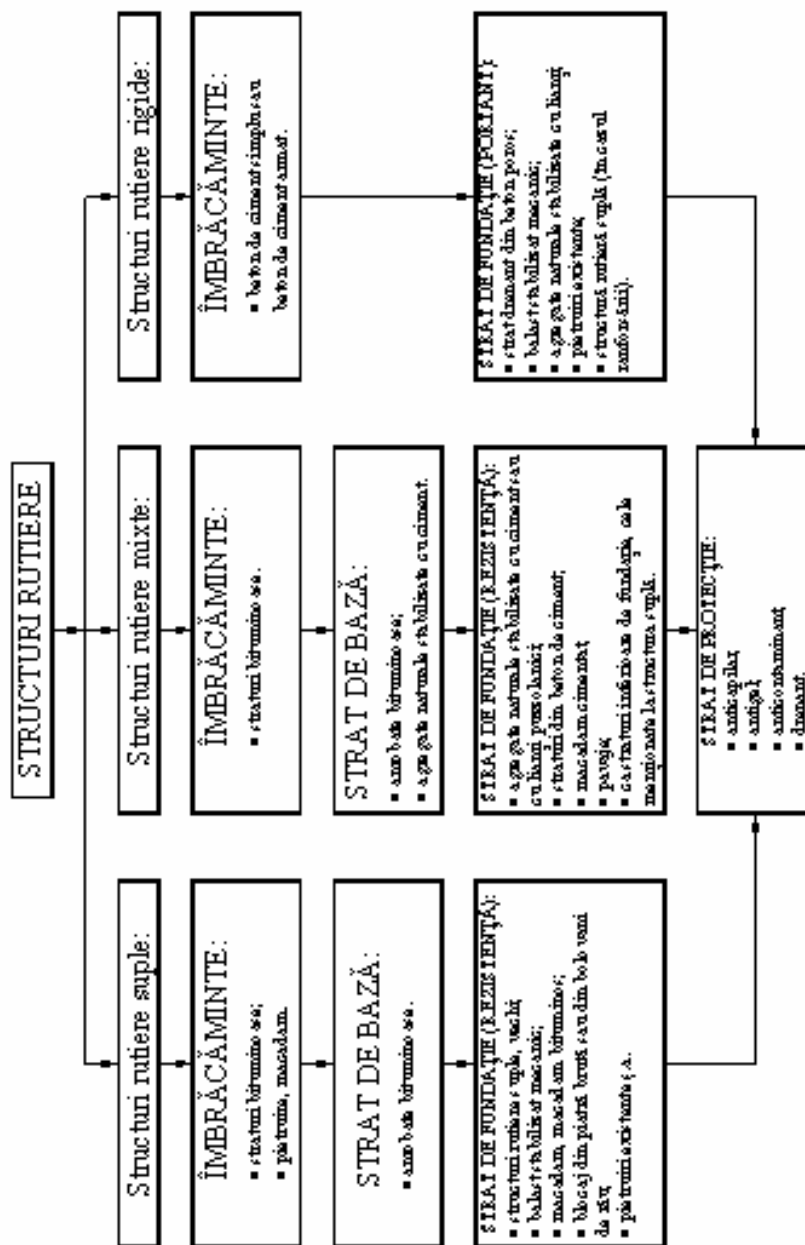


Fig. 1. Clasificarea structurilor rutiere.

Având în vedere modul de alcătuire, materialele și tehnologiile folosite, metodele de dimensionare și comportarea în exploatare a structurilor rutiere realizate în România, s-a obținut clasificarea acestora în forma prezentată în fig. 1.

În cadrul acestei concepții, împărțirea structurilor rutiere cu îmbrăcăminți bituminoase în suple și mixte este dictată de existența sau nu în alcătuirea structurii rutiere a cel puțin unui strat realizat din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici. Pe de altă parte, grosimea straturilor bituminoase considerată în cazul acestei abordări este relativ redusă, stratul din agregate naturale stabilizate cu ciment sau cu lianți puzzolanici putând fi strat de fundație sau strat de bază.

Straturile rutiere obținute prin stabilizarea agregatelor naturale cu ciment sau cu lianți puzzolanici, dacă lucrează ca elemente monolit, posedă o rigiditate ridicată care sporește continuu până la o anumită vârstă și trebuie dimensionate la oboseală.

În cazul unor astfel de straturi rutiere se manifestă contracții de tipurile următoare:

- contracții primare, care cuprind contracția dinaintea întăririi și contracția hidraulică. Acestea sunt responsabile de primele contracții lente ale materialului după punerea sa în operă și se produc chiar dacă materialul este puțin rezistent;
- contracții termice, care sunt asociate fie variațiilor de temperatură zilnice, fie celor anuale. Primele sunt de ordinul a 20...30 °C, în timp ce celelalte pot atinge valori de 50...60 °C.

Contracția materialelor stabilizate crește în timp, iar capacitatea lor de alungire (fără fisurare) scade o dată cu vârsta și numărul de solicitări suportate.

Sub efectul contracțiilor, straturile rutiere de acest tip fisurează, fisurile transversale echidistante care apar având în permanență tendința de propagare prin straturile bituminoase superioare, sub efectul traficului și al variațiilor de temperatură.

Dacă straturile rutiere din agregate naturale stabilizate cu ciment sau cu lianți puzzolanici nu funcționează ca un element monolit, ci ca un element microfisurat, nu se dimensionează la oboseală, iar comportarea lor în exploatare este intermediară între straturile monolit și cele obținute din agregate naturale stabilizate mecanic.

În altă ordine de idei, apariția straturilor rutiere din agregate naturale stabilizate cu ciment sau cu lianți puzzolanici a determinat necesitatea luării în considerare a unor noi criterii de dimensionare și, implicit, apariția unei noi categorii de structuri rutiere, și anume a structurilor rutiere mixte. Apariția acestor noi structuri rutiere trebuie privită ca o consecință a următoarelor realități:

- costurile scăzute ale materialelor locale, subproduselor de carieră sau industriale, care se pot găsi în cantități suficiente în zona de amplasament a drumului și care, prin stabilizare cu ciment sau cu lianți puzzolanici, pot depăși deficiențele inițiale de calitate pentru a fi folosite în straturi rutiere;
- aspectul ecologic pe care îl ridică depozitele nevalorificate de astfel de materiale;
- realizarea unor importante economii de materiale prin construcția unor straturi rutiere mai subțiri, dar cu o capacitate portantă ridicată;
- economisirea lianților tradiționali (mai scumpi) prin înlocuirea lor, totală sau parțială, cu lianți puzzolanici.

În cadrul structurilor rutiere mixte, se presupune că straturile rutiere din agregate naturale stabilizate cu ciment sau cu lianți puzzolanici sunt straturi monolit, situație care se va aborda cu precădere în continuare.

## 2. Funcționarea mecanică a unor structuri rutiere

Pentru a evidenția diferențele semnificative care apar între criteriile de dimensionare adoptate la calculul structurilor rutiere suple și mixte, se va prezenta în continuare, pe baza unor modele bistrat și tristrat, modul de lucru al celor două tipuri de structuri rutiere sub acțiunea solicitărilor din trafic.

### 2.1. Structuri rutiere suple

Structurile rutiere suple clasice au, în general, o îmbrăcăminte bituminoasă cu grosime redusă. Câteva din concluziile materializate în urma observațiilor efectuate asupra unor astfel de structuri rutiere sunt următoarele (experiența franceză):

- în peste 40 % din cazuri grosimea totală a straturilor rutiere este de 40...60 cm;
- suprafața îmbrăcăminții rutiere prezintă deformații permanente (65 % din cazuri) și este fisurată (60 % din cazuri), cu toate că în peste 50 % din cazuri, ultimul strat bituminos nu este mai vechi de 3...5 ani;
- deflexiunea medie pe aceste structuri rutiere este de circa 0,70 mm și nu depășește 1,00 mm decât în 20 % din cazuri. Pentru modelarea structurii rutiere se poate folosi un model tristrat (teren de fundare, strat din agregate naturale și îmbrăcăminte bituminoasă), iar dacă îmbrăcămintea este foarte subțire, se poate recurge chiar la un model bistrat (fig. 3.2). Modulul  $E_2$  al stratului din agregate naturale este determinat funcție de modulul terenului de fundare  $E_3$ , deoarece acest strat rutier nu poate suporta eforturi unitare de tracțiune și nu are un modul propriu (se folosește relația  $E_2 = k \cdot E_3$ , în care coeficientul  $k = 2...4$ ). Calculul de dimensionare constă în compararea deformației relative  $\varepsilon_z$  a terenului de fundare cu cea calculată funcție de trafic  $\varepsilon_{zN}$  (de exemplu se poate aprecia că valoarea admisibilă pe terenul de fundare poate fi:  $\varepsilon_{zN} = 21\ 000 \cdot 10^{-6} \cdot N^{-0,24}$ ). În fig. 2 se prezintă variația lui  $\varepsilon_z$  funcție de valoarea coeficientului  $k$  și a grosimii stratului din agregate naturale, pentru două tipuri de teren de fundare și pentru o solicitare corespunzătoare unei roți duble de 65 kN.

În fig. 3 se prezintă variația grosimii stratului din agregate naturale funcție de numărul de cicluri. Se constată influența foarte importantă pe care o are terenul de fundare asupra grosimii stratului rutier din agregate naturale și se poate reține că în condițiile în care terenul de fundare este de o bună calitate ( $E_3 = 1\ 000\ \text{daN/cm}^2$ ), o structură rutieră care are straturi din agregate naturale cu grosimi semnificative poate suporta un trafic foarte important.

În cazul unei modelării tristrat, criteriul lui  $\varepsilon_z$  la nivelul patului drumului nu mai este suficient pentru reprezentarea modului de lucru al structurii rutiere sub solicitările din trafic. Pentru a lua în considerare comportarea sub încărcări a îmbrăcăminții, este necesar să se verifice în plus și alungirea relativă  $\varepsilon_T$  la baza stratului bituminos, valoare care este influențată de mărimea traficului. Astfel, pentru o îmbrăcăminte bituminoasă cu modulul  $E_I = 50\ 000\ \text{daN/cm}^2$ , alungirea relativă limită pentru  $10^6$  cicluri de încărcare (osii de 130 kN) este  $\varepsilon_T = 160 \cdot 10^{-6}$ .

În aceste condiții, în fig. 4 este prezentată variația lui  $\varepsilon_z$ , funcție de grosimea stratului din agregate naturale  $h$ , pentru două tipuri de suport ( $E_3 = 500\ \text{daN/cm}^2$  și  $E_3 = 1\ 000\ \text{daN/cm}^2$ ), un coeficient  $k = 3$  și pentru două grosimi ale îmbrăcăminții bituminoase ( $e = 0$  și  $e = 6\ \text{cm}$ ). Rezultă că pentru diferite valori  $\varepsilon_z$ , influența celor 6,0 cm

ai îmbrăcăminții bituminoase se traduce prin micșorarea grosimii stratului din agregate naturale cu 12...16 cm.

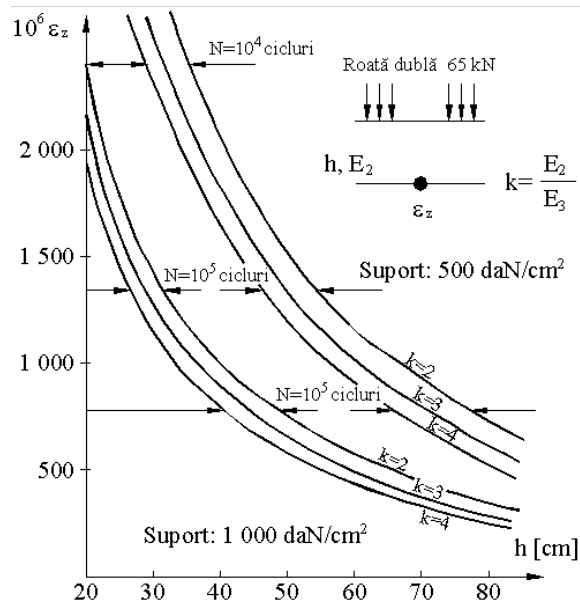


Fig. 2. Variația lui  $\varepsilon_z$  funcție de grosimea stratului din agregate naturale.

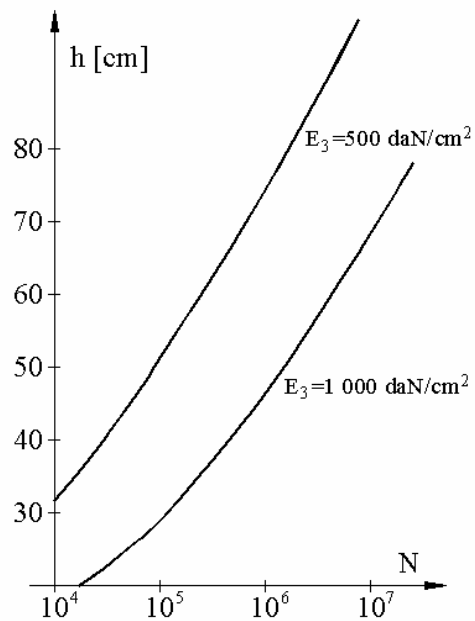


Fig. 3. Variația grosimii stratului din agregate naturale funcție de numărul de cicluri ( $E_2/E_3 = 3$ )



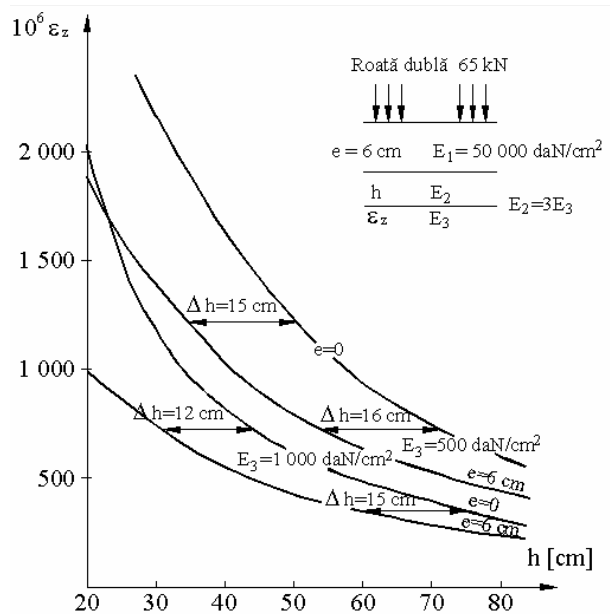


Fig. 4. Influența grosimii îmbrăcăminții bituminosase asupra valorilor  $\epsilon_z$ .

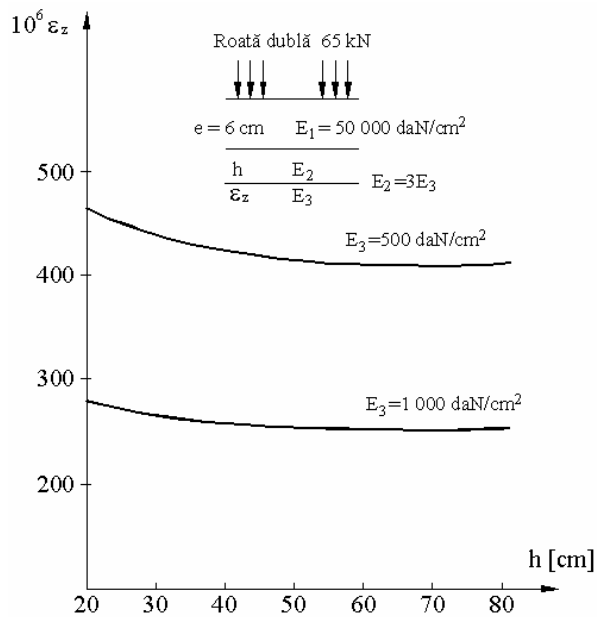


Fig. 5. Influența grosimii stratului din agregate naturale asupra valorilor  $\epsilon_T$ .

Pe de altă parte, pentru aceleași condiții, în fig. 5 este prezentată variația lui  $\epsilon_T$ , funcție de grosimea stratului din agregate naturale  $h$ . Rezultă că alungirea relativă  $\epsilon_T$  de la

baza îmbrăcăminții bituminoase este independentă de grosimea stratului din agregate naturale.

## 2.2. Structuri rutiere mixte

În cazul structurilor rutiere mixte, se pot distinge două cazuri:

- structuri rutiere mixte cu îmbrăcămințe subțiri;
- structuri rutiere mixte cu straturi bituminoase a căror grosime este mare ( $H_{MA}/H_{SR} > 1/3$ , unde  $H_{MA}$  este grosimea straturilor bituminoase și  $H_{SR}$  este grosimea totală a structurii rutiere).

În primul caz, structura rutieră poate avea în alcătuire un strat sau două (strat de fundație și strat de bază) din agregate naturale stabilizate cu ciment sau cu lianți puzzolanici. Având în vedere rigiditatea importantă a acestor straturi, efortul unitar  $\sigma_z$  pe terenul de fundare este redus, motiv pentru care criteriul de dimensionare folosit constă în verificarea eforturilor unitare de întindere din încovoiere sau a deformațiilor relative de întindere de la baza straturilor din agregate naturale stabilizate cu ciment sau cu lianți puzzolanici. În baza acestui principiu, procedeul de dimensionare folosit este cel prezentat în fig. 6. Etapele care trebuie parcurse sunt, în principal, următoarele:

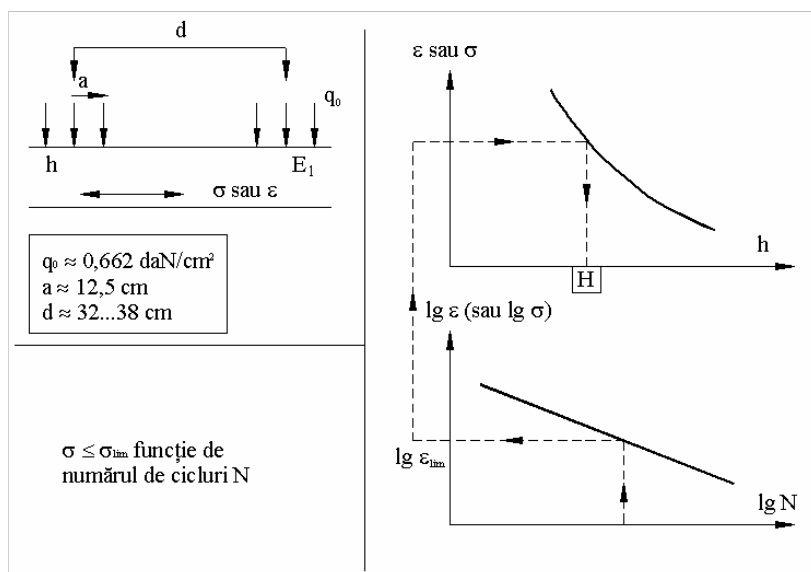


Fig. 6. Procedeul de dimensionare a straturilor din agregate naturale stabilizate cu ciment.

– determinarea cu ajutorul unui model de calcul a eforturilor unitare (deformațiilor relative) de întindere din încovoiere la baza stratului din agregate naturale stabilizate cu ciment. Pentru aceasta, modelarea structurii rutiere trebuie să fie realistă (alegerea modului de amestec al agregatelor folosite trebuie să fie făcută funcție de temperatura de exploatare, modulul terenului de fundare trebuie să fie reprezentativ pentru calitatea pământului etc.). De asemenea, trebuie considerată ipoteza alunecării sau nu a straturilor rutiere unele față de altele;

– efortul unitar (deformația relativă) calculat trebuie comparat cu valoarea limită, care, la rândul ei, depinde de natura materialului și de nivelul de trafic prognozat (legea de oboseală);

– dimensionarea trebuie să țină seama de dispersiile de calitate și de grosime ale materialelor pe șantier.

Dacă există două straturi din agregate naturale stabilizate cu ciment sau cu lianți puzzolanici (strat de fundație și strat de bază), există pericolul unei slabe legături între ele. O desprindere completă a celor două straturi implică verificarea eforturilor unitare (deformațiilor relative) de întindere la baza fiecărui strat.

Pentru calcularea grosimii stratului bituminos se recomandă folosirea modelării tristrat. O modelare bistrat poate fi acceptată în următoarele situații:

– îmbrăcămintea bituminoasă este desprinsă de stratul stabilizat și se calculează starea de eforturi și de deformații în structură cu neglijarea îmbrăcăminții. Utilizarea acestui model nu permite calcularea alungirilor la baza stratului bituminos;

– îmbrăcămintea bituminoasă este lipită de suportul său, dar în cadrul modelului bistrat se mărește grosimea stratului stabilizat cu grosimea corespunzătoare stratului bituminos, prin echivalare ( $h=h_2+h_1\sqrt{E_1/E_2}$ , în care indicele 1 se referă la stratul bituminos și indicele 2 la stratul din agregate naturale stabilizate cu ciment sau cu lianți puzzolanici).

În al doilea caz, structura rutieră mixtă poate lucra sub solicitările din trafic, cu sau fără conlucrarea dintre straturi.

În fig. 7 este reprezentată variația alungirii  $\varepsilon$  funcție de grosimea totală a straturilor bituminoase ( $H_{MA} = 20$  cm), precum și funcție de grosimea totală a straturilor stabilizate ( $H_S = 20$  cm). Pentru aceleași două situații, în fig. 8 este reprezentată variația efortului unitar de întindere  $\sigma$  de la baza straturilor stabilizate.

Se constată că alungirea de la baza straturilor bituminoase  $\varepsilon$  este mai sensibilă la o variație de grosime a straturilor stabilizate cu ciment decât la o variație a grosimii totale a straturilor bituminoase. Pe de altă parte, eforturile unitare de întindere  $\sigma$  la baza straturilor stabilizate cu ciment este mai sensibilă la o variație a grosimii straturilor bituminoase decât la o variație a grosimii stratului de fundație.

Dimensionarea constă în verificarea valorilor  $\varepsilon$  și  $\sigma$  calculate cu valorile limită corespunzătoare, care țin seama și de intensitatea traficului prognozat și de coeficienții de siguranță. Coeficienții de siguranță care vor afecta valorile  $\varepsilon$  trebuie să fie mai mari decât cei folosiți pentru valorile  $\sigma$ , deoarece pentru această situație (straturi dezlipite), fisurile din stratul de fundație se vor transmite mai greu prin stratul de bază, iar în al doilea rând, orice pierdere de capacitate portantă a stratului de fundație se traduce prin creșterea deformațiilor relative  $\varepsilon$  de la baza straturilor bituminoase și la cedarea rapidă prin oboseală a acestora.

Structura rutieră în alcătuirea căreia cele două straturi rutiere sunt lipite are o capacitate portantă mai ridicată decât în cazul precedent. Această situație conduce la eforturi unitare de întindere la baza straturilor stabilizate cu ciment mai mici și la o propagare a fisurilor din stratul de fundație prin straturile bituminoase mai accentuată decât în cazul precedent.

Este interesant de studiat care sunt solicitările suplimentare care apar în straturile bituminoase ca urmare a prezenței fisurilor în stratul de fundație, solicitări care provin din trafic și din variații de temperatură, precum și modul și durata de propagare a fisurilor prin straturile bituminoase superioare.

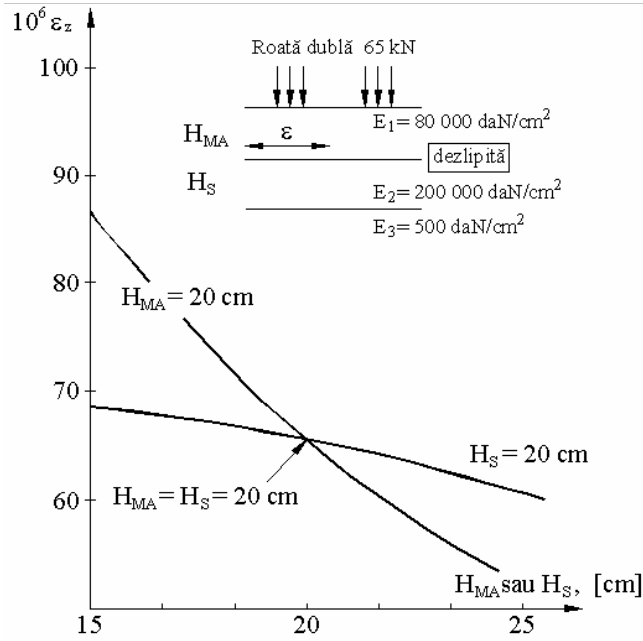


Fig. 7. Variația deformației relative  $\varepsilon$  în funcție de  $H_{MA}$  și  $H_S$ .

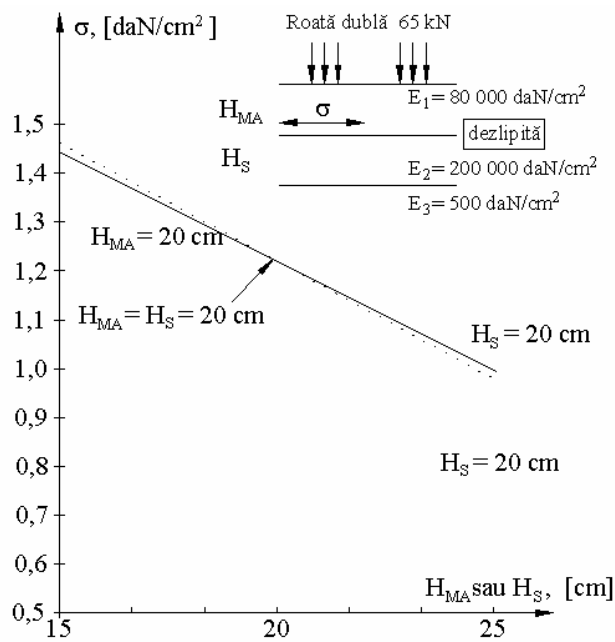


Fig. 8. Variația deformației relative  $\sigma$  în funcție de  $H_{MA}$  și  $H_S$ .

### 3. Rolurile straturilor rutiere

Principalele tipuri de straturi rutiere care pot alcătui o structură rutieră au fost menționate în subcapitolul 3.1., fiecare dintre ele caracterizându-se prin anumite particularități care trebuie să le permită îndeplinirea rolurilor specifice.

Îmbrăcămintea rutieră este situată la partea superioară a structurii rutiere și poate fi alcătuită din unul sau două straturi care suportă direct acțiunea traficului rutier și a factorilor climaterici. Tipurile de îmbrăcăminți rutiere moderne sunt: îmbrăcăminți rutiere bituminoase, îmbrăcăminți rutiere din beton de ciment și îmbrăcăminți rutiere din piatră fasonată.

Îmbrăcămintea rutieră bituminoasă în două straturi este alcătuită din stratul de uzură și din stratul de legătură. Îmbrăcămintea rutieră din beton de ciment în două straturi are în alcătuire stratul de uzură și stratul de rezistență. În ambele cazuri, dacă îmbrăcămintea este executată într-un singur strat, acesta va avea caracteristicile stratului superior și se va numi strat de uzură. În general, îmbrăcămintea din beton de ciment se execută într-un singur strat.

Stratul de uzură este stratul superior al structurii rutiere menit să reziste acțiunilor tangențiale date de trafic și la acțiunea factorilor climaterici. Stratul de uzură trebuie să aibă în plus o rugozitate corespunzătoare, să asigure o bună drenare a apelor din precipitații și să împiedice pătrunderea acestora în corpul drumului.

Stratul de legătură este stratul inferior al îmbrăcăminții bituminoase în două straturi, care face legătura dintre stratul de uzură și stratul de bază sau stratul superior de fundație al structurii rutiere. Principalele roluri ale stratului de legătură sunt de a prelua o parte din eforturile unitare tangențiale și de a repartiza pe suprafețe mai mari eforturile unitare verticale datorate traficului.

Stratul de bază este situat între îmbrăcămintea bituminoasă și stratul (straturile) de fundație. Acesta are rolul de a prelua încărcările date de trafic, în special eforturile unitare tangențiale și de întindere, și de a repartiza eforturile unitare verticale pe suprafețe mai mari, predându-le apoi stratului inferior în limita capacității portante a acestuia. Tipul clasic de strat de bază, preferat, care îndeplinește aceste condiții, este cel realizat din anrobate bituminoase.

Stratul (straturile) de fundație este situat între stratul de bază sau îmbrăcămintea rutieră și terenul de fundare, având următoarele roluri:

- rol de rezistență: preia eforturile unitare verticale de la stratul rutier superior, le repartizează pe suprafețe mai mari și le transmite stratului imediat inferior sau terenului de fundare în limita capacității portante a acestora. În acest scop, straturile de fundație trebuie să fie alcătuite astfel încât sarcinile statice sau dinamice din trafic să fie preluate în așa măsură încât terenul de fundare să nu fie solicitat peste limitele admisibile.

Straturile de fundație trebuie să aibă o rezistență stabilă și o grosime suficientă pentru a repartiza cât mai uniform eforturile unitare verticale pe terenul de fundare.

Deformabilitatea acestor straturi trebuie să fie cât mai mică, cu atât mai mult cu cât straturile superioare sunt mai subțiri și cu capacitate portantă mai redusă. În general, din acest punct de vedere, o compactare ridicată a stratului de fundație este garanția unei bune comportări în exploatare a structurii rutiere.

În cazul în care stratul superior de fundație îndeplinește și rolul stratului de bază, proiectarea și execuția acestuia trebuie să se facă din materiale mai rezistente, deoarece primește și solicitările transmise prin îmbrăcămintea rutieră (șocuri, vibrații, o parte din

eforturile unitare tangențiale etc.). De aceea, se evită să se folosească în stratul superior de fundație materiale pietroase din rocă slabă (calcare moi, șisturi și roci alterabile etc.);

– rol drenant: asigură drenarea și evacuarea apelor infiltrate în structura rutieră, împiedicând stagnarea acestora la nivelul patului drumului. Acest rol este esențial pentru menținerea constantă a capacității portante a structurii rutiere. Prezența apei este deosebit de dăunătoare, ea provocând o reacție în lanț ce conduce în final la distrugerea structurii rutiere;

– rol anticapilar: rupe ascensiunea capilară a apelor subterane. Acest rol este îndeplinit de straturi rutiere alcătuite din materiale granulare având o grosime mai mare decât înălțimea ascensiunii capilare a apelor subterane, amplasate pe terenul de fundare;

– rol antigel: împiedică pătrunderea înghețului până la nivelul pământului din patul drumului, recomandându-se, în acest caz, folosirea în straturile de fundație a unor materiale negelive, cu o conductibilitate termică redusă;

– rol anticontaminant (izolator): oprește pătrunderea argilei din terenul de fundare spre straturile rutiere superioare de rezistență ale structurii rutiere.

Cele mai frecvente cazuri de nereușită în exploatarea straturilor de fundație se datoresc sensibilității la acțiunea apei a materialelor din care acestea sunt realizate și contaminării straturilor rutiere din materiale necoezive cu argila din patul drumului.

Dacă se exclude contactul cu apa al materialelor din patul drumului și din straturile rutiere de fundație, condițiile de rezistență sunt satisfăcătoare și se mențin corespunzătoare în majoritatea cazurilor, întrucât eforturile unitare ce apar în straturile inferioare sunt relativ mici.

Dacă straturile de fundație nu pot realiza unul sau mai multe din rolurile: drenant, anticapilar, antigel și anticontaminant, se impune realizarea între patul drumului și primul strat de fundație al unui strat de protecție.

**Straturile de protecție** sunt așezate pe pământul din patul drumului, în scopul de a feri structura rutieră de unele efecte dăunătoare. Straturile de protecție pot avea rol drenant, anticapilar, antigel și anticontaminant, în funcție de condițiile locale și de necesități.

**Stratul drenant** se execută din balast în scopul colectării și evacuării apelor din precipitații care pătrund în straturile de fundație în timpul execuției sau ulterior, prin acostamente, fisuri, crăpături, rosturi etc. În acest scop, se vor lua măsuri în vederea evacuării apelor din acest strat rutier în afara corpului drumului. Grosimea stratului drenant este de *min* 10 cm după compactare. Acest strat rutier se ia în considerare la calculul de dimensionare a structurilor rutiere și grosimea lui se include în grosimea totală a structurii rutiere pentru verificarea acesteia la acțiunea îngheț-dezghețului.

**Stratul anticapilar** se execută din balast cu o grosime de *min* 15 cm după compactare și mai mare decât înălțimea capilară maximă. Și acest strat de protecție se ia în considerare în calculele de dimensionare și de verificare la îngheț-dezgheț a structurii rutiere.

**Stratul anticontaminant (izolator)** se execută din nisip sau din geotextile, atunci când nu se realizează strat de formă sau atunci când straturile de fundație, respectiv celelate straturi de protecție, nu îndeplinesc și acest rol. Grosimea stratului anticontaminant din nisip este de 7 cm după compactare și nu se ia în considerare la dimensionarea structurii rutiere și la verificarea acesteia la acțiunea îngheț-dezghețului. Stratul izolator din geotextile poate îndeplini și rol drenant, cu condiția executării sale până la taluzurile șanțurilor, caz în care cota sa va fi cu *min* 15 cm mai mare decât cota fundului dispozitivului de scurgere a apelor de suprafață.

**Stratul antigel** se execută din zgură expandată clasa 900...1 200, sort 0 – 7, sau din zgură granulată de furnal clasa A, cu grosimea de *min* 12 cm după compactare. Acest strat de protecție nu se ia în considerare la dimensionarea structurii rutiere, dar se include în grosimea totală a structurii rutiere pentru efectuarea verificării acesteia la acțiunea îngheț-dezghetului.

Modul de evacuare a apelor din stratul de protecție sau stratul inferior de fundație diferă în funcție de situația existentă, și anume:

- dacă există posibilitatea evacuării apelor prin șanțuri (rigole) sau pe taluzurile rambleurilor, se prevede un strat drenant continuu până la taluzurile drumului. Suprafața pe care se execută acest strat va avea panta transversală de 10...12 % pe ultimii 80 cm, până la taluzurile drumului.

În cazul lărgirii platformei existente, se pot prevedea drenuri transversale de acostament cu lățimea de 25...35 cm și grosimea de 30...50 cm, situate la distanțe de 10...20 m, în funcție de declivitatea drumului. Drenurile transversale de acostament au panta de 4...5 % și se realizează normal pe axa drumului când declivitatea este mai mică de 2 % sau, în caz contrar, cu o înclinare de circa 60 ° în direcția declivității;

- dacă drumul este situat în debleu sau la nivelul terenului natural și nu există posibilități de evacuare a apelor prin șanțuri (rigole), se prevăd drenuri longitudinale sub acostamente sau sub șanțuri (rigole), cu panta de *min* 0,3 %.

În cazul rambleurilor realizate din pământuri necoezive sau permeabile, nu se prevăd măsuri de evacuare a apelor din straturile de fundație.

**Patul drumului** este suprafața amenajată a terasamentelor pe care se așază structura rutieră. Straturile structurii rutiere prezintă caracteristici fizico-mecanice și de portanță diferite, în funcție de materialele din care sunt realizate, tehnologia de execuție folosită și de rolul pe care îl îndeplinesc în alcătuirea ansamblului. Aceste proprietăți ale straturilor rutiere trebuie să sporească de la straturile inferioare spre cele superioare, cele ale îmbrăcăminții fiind cele mai performante.

Referitor la modul de alcătuire și de execuție a straturilor rutiere, se rețin următoarele principii structurale:

- principiul structural al compactării presupune că materialul din care este alcătuit stratul rutier are o granulozitate care să permită realizarea, printr-o compactare adecvată, unei densități maxime, obținându-se astfel o capacitate portantă cât mai ridicată;

- principiul structural al macadamului se referă la realizarea stratului rutier prin așternerea în reprize a unor sorturi monogranulare din piatră spartă de dimensiuni din ce în ce mai mici, fiecare repriză de așternere fiind urmată de o compactare corespunzătoare, până în momentul în care granulele sortului așternut nu mai pătrund în stratul format, ci se sfărâmă sub rulourile compactorului;

- principiul structural al betonului se referă la realizarea stratului rutier din agregate naturale legate între ele cu un liant care prin întărire permite obținerea unui material cu rezistențe mecanice mari;

- principiul structural al pavajelor se referă la realizarea stratului rutier din materiale pietroase fasonate de diverse forme și dimensiuni așezate pe un strat suport corespunzător, astfel încât acestea să formeze un ansamblu uniform și stabil.

Grosimile straturilor rutiere se determină prin calcule care au la bază metode de dimensionare specifice fiecărei categorii de structură rutieră.

## 4. Straturi rutiere din agregate naturale nestabilizate

Straturile rutiere din agregate naturale nestabilizate cu lianți sunt folosite, în general, ca straturi de fundație. În acest sens, la proiectarea acestor straturi rutiere trebuie să se țină seama de faptul că ele rămân așa cum s-au realizat la construcția structurii rutiere, asupra lor neputându-se interveni decât foarte greu și cu costuri ridicate. Aceste straturi rutiere sunt considerate în cadrul calculelor de dimensionare a structurilor rutiere, excepție făcând straturile de protecție anticontaminant și antigel.

### 4.1. Tipuri de straturi rutiere din agregate naturale nestabilizate

Straturile rutiere care se încadrează în această categorie sunt alcătuite din:

- agregate naturale (nisip, balast, pietruiri vechi);
- balast amestec optimal sau piatră spartă amestec optimal;
- piatră spartă mare, sort 63 - 90;
- pământ stabilizat mecanic;
- blocaj din piatră brută.

Macadamul, care este un strat rutier din agregate naturale nestabilizate cu lianți va fi tratat în cap.5.

Principalele tipuri de straturi de fundație, funcție de modul de alcătuire a structurilor rutiere, sunt prezentate în tabelul 1.

Aceste tipuri de straturi rutiere din agregate naturale nestabilizate cu lianți se folosesc diferențiat, în funcție de posibilitatea de utilizare a materialelor locale.

Balastul amestec optimal este alcătuit fie dintr-un amestec de sorturi corespunzătoare de nisip și pietriș, fie din balasturi concasate sau deșeuri de carieră a căror granulozitate trebuie să se înscrie în limitele prevăzute în fig. 9. Acest balast trebuie să îndeplinească următoarele condiții tehnice: sort 0 – 71 (din care sub 0,02 mm, *max* 3 %; sub 0,2 mm, 4...10 %; 0...7,1 mm, 30...45 %; 31,5...71,0 mm, 25...40 %), echivalentul de nisip de *min* 30 % și uzura Los Angeles de *max* 30 %.

Piatra spartă amestec optimal trebuie să aibă o granulozitate care se înscrie în limitele prevăzute în fig. 10 (piatră spartă amestec optimal 0 – 40) și fig. 11 (piatră spartă amestec optimal 0 – 63).

Condițiile tehnice ale celorlalte materiale utilizate pentru realizarea straturilor din agregate naturale nestabilizate cu lianți trebuie să corespundă reglementărilor în vigoare (vezi cap. 2).

### 4.2. Condiții tehnice pentru straturi rutiere de fundație

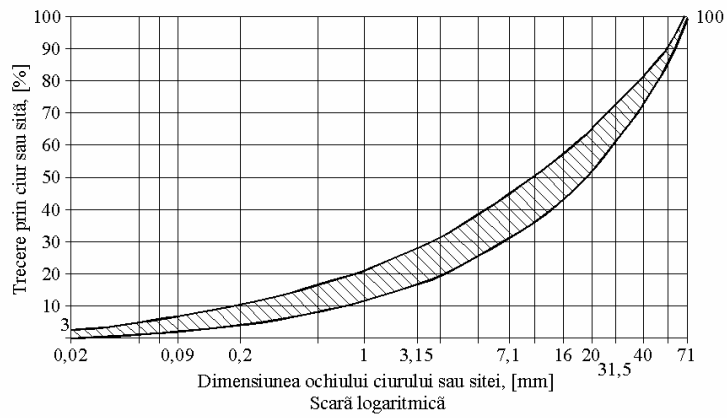
Panta transversală a patului drumului trebuie să fie:

- aceeași cu cea a îmbrăcăminții rutiere, dacă terasamentele sunt executate din pământuri necoezive sau în cazul terasamentelor prevăzute cu un strat de formă;
- de *min* 4 %, dacă terasamentele sunt executate din pământuri coezive, fără strat de formă.

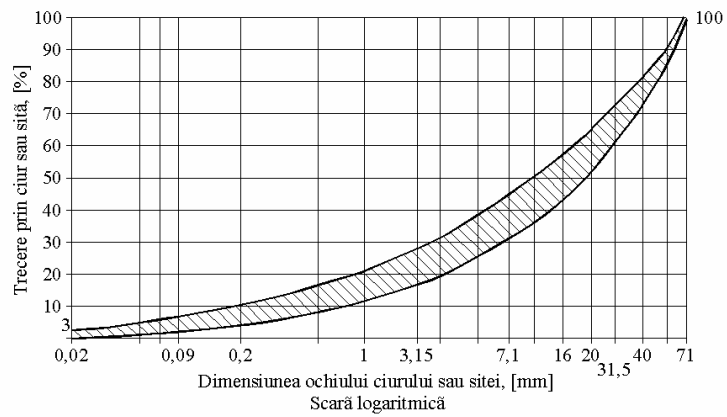
În profil longitudinal, patul drumului va avea aceleași declivități cu cele ale îmbrăcăminții, admițându-se aceleași toleranțe cu ale acesteia.

Pantele transversale și declivitățile suprafeței straturilor de fundație sunt aceleași cu cele ale îmbrăcăminților sub care se execută și în conformitate cu reglementările în vigoare.

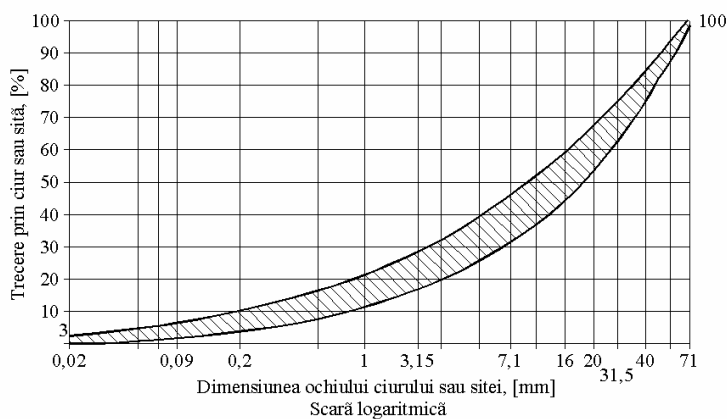




**Fig. 9.** Granulozitatea balastului amestec optimal.



**Fig. 10.** Granulozitatea pietrei sparte amestec optimal 0 – 40.



**Fig. 11.** Granulozitatea pietrei sparte amestec optimal 0 – 63.

Tipuri de fundație în alcătuirea structurilor rutiere

Tabelul 1

Nr. crt	Straturi de fundație		Strat de bază		Tipuri de îmbrăcămînți												
	Mod de alcătuire	Grosimi minime Constructive după compactare, cm	Mod de alcătuire	Grosimi minime constructive după compactare cm	Macadam	Macadam penetrant și semipenetrat		Bituminoase									
								Clasa tehnică a drumului									
								V	III	IV	V	I	II	III	IV	V	
6	7	8	9	10	11	12	13	14									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14				
1	Balast	15	-	-	da	-	da	da	-	-	-	-	-				
			Macadam	8	-	-	-	-	-	-	-	-	da	da			
			agregate naturale stab. cu lianți hidraulici sau puzzolanuci	12	-	-	-	-	-	-	-	da	da	da			
			mixturi asfaltice	5 pt. agregate fine și mijlocii 6 pt. agregate mari	-	-	-	-	-	-	-	-	da	da			
			beton de ciment	Din calcul	-	-	-	-	da	da	da	-	-				
2	Nisip	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
3	Un strat inferior de balast și un strat superior din balast amestec optimal	10 pentru stratul inferior;	-	-	da	-	-	da	-	-	-	-	da				
		10 pentru stratul superior	macadam	8	-	-	-	-	-	-	-	da	da				
4	Un strat inferior de balast și un strat superior de piatră spartă mare sort 63-90 sau piatră spartă amestec optimal	10 pentru stratul inferior; 12 pentru stratul superior	-	-	da	da	da	-	-	-	-	da	da				
			macadam	8	-	-	-	-	-	-	-	da	da				
			mixturi asfaltice	5 pt. agregate fine și mijlocii 6 pt. agregate mari	-	-	-	-	da	da	da	da	-				
			beton de ciment	din calcul	-	-	-	-	da	da	da	-					
5	Un strat inferior de balast, un strat mijlociu din blocaj de piatră brută și un strat de egalizare de piatră spartă	10 pentru stratul inferior	-	-	-	da	-	-	-	-	da	-	-				
		21 pentru stratul mijlociu (inclusiv 5 cm nisip) 6 pentru stratul de egalizare	macadam	8	-	-	-	-	-	da	da	-	-				
6	Un strat inferior de balast și un strat superior din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici	10 pentru stratul inferior 12 pentru stratul superior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
			mixturi asfaltice	5 pt. agregate fine și mijlocii 6 pt. agregate mari	-	-	-	-	da	da	da	da	da				
			piatră spartă împănată cu split bitumat	9	-	-	-	-	-	-	da	da	da				
			agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici	12	-	-	-	-	da	da	da	da					

Tabelul 1. (continuare)

Nr crt	Tipuri de îmbrăcămiși															Condiții tehnice speciale pentru îmbrăcămiși bituminoase		
	Beton de ciment					Pavaj de calupuri					Pavej de pavele abnorme și normale					Pavaj de bolovani și piatră brută	Grosimea minimă totală a straturilor bituminoase ce alcătuiesc îmbrăcămișa și stratul de bază, cm	E <sub>d.ech.max</sub> , N/mm <sup>2</sup> (***)
	Clasa tehnică a drumului conform reglementărilor în vigoare																	
	I	II	III	IV	V	I	II	III	II	III	IV	V	IV	V	29	30		
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28					
1	-	-	da	da	da	-	-	-	-	da*	da*	da	da	da	-	-	3 la covor asfaltic 6 în două straturi	40 50
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	da	da	-	-	-	-	-	8** pt. Clasele IV și V 10** pt. Clasa III	55 60
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11 în cazul stratului de bază cu agregate fine și mijlocii 12 în cazul stratului de bază cu agregate mari	45
	-	-	-	-	-	da	da	da	da	da	-	-	-	-	-	-	12 **pt. Clasele II și III 15 pentru clasa I	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	da	-	da	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	da	-	da	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	40
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3 la covor 6 în două straturi	50
4	-	-	da	da	da	-	-	-	-	da	da	da	da	-	-	-	7	50
	-	-	-	-	-	da	da	da	da	da	-	-	-	-	-	-	3 la covor 6 în două straturi	50 60
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10 și 12 pt. clasele III și IV în cazul stratului de bază cu agregate fine și mijlocii respectiv mari 15 pt. clasele I și II	-
	-	-	-	-	-	da	da	da	da	da	-	-	-	-	-	-	12*** pt. clasele II și III 15 pt. clasa I	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	da	da	-	-	-	-	-	-	7	65
	-	-	-	-	-	da	da	-	da	-	-	-	-	-	-	-	6 pt. Clasa III 12 pt. clasa II	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11 în cazul stratului de bază cu agregate fine și mijlocii 12 în cazul stratului de bază cu agregate mari	-
6	da	da	da	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8** pt. clasele IV și V 10** pt. clasa III 15 pt. clasele I și II	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-
	-	-	-	-	-	da	da	da	da	da	-	-	-	-	-	-	8** pt. clasa IV 10** pt. clasa III 15 pt. clasele I și II	-

Observații: \* Cu ocazia bitumării rosturilor;  
\*\* Cu riscul apariției în timp a unor fisuri de contracție;  
\*\*\* Se recomandă alcătuirea stratului superior de fundație din piatră spartă amestec optimal;

\*\*\*\*  $E_{d,ech,max}$  comple-xului rutier, la care se limitează folo-sirea unora din tipurile de straturi de fundație și de bază sub îmbrăcă-minți bituminoase.

Denivelările admise la execuția straturilor de fundație sunt următoarele:

- în profil transversal cu  $\pm 0,5$  cm diferite de cele admisibile pentru îmbrăcămințile sub care se execută;
- în profil longitudinal, denivelările admisibile sub dreptarul de 3 m sunt de max 2 cm în cazul straturilor de fundație din pământ stabilizat mecanic, agregate naturale, balast amestec optimal, piatră spartă și piatră brută și de max 1,5 cm în cazul straturilor de fundare din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici.

Grosimile minime constructive, după compactare, sunt indicate în tabelul 3.1, pentru diferite tipuri de straturi de fundație. Se recomandă ca straturile de fundație din balast sau agregate naturale stabilizate mecanic să nu depășească grosimea de 30 cm, deoarece folosirea unor grosimi mai mari este neeficientă.

Straturile de fundație trebuie recepționate înainte de a fi acoperite, verificându-se calitatea materialelor, grosimile, pantele transversale și declivitățile longitudinale, gradul de compactare etc.

### 4.3. Execuția straturilor de fundație

Pregătirea patului drumului și realizarea stratului de formă sunt primele operații la construcția unui drum nou. Execuția straturilor de fundație se începe numai după verificarea și recepția patului drumului.

Procesele tehnologice privind execuția straturilor de fundație din agregate naturale nestabilizate cu lianți sunt descrise în continuare.

#### 4.3.1. Straturi de fundație din balast

Execuția straturilor de fundație din balast necesită următoarele operații:

- așternerea și nivelarea agregatului natural la șablon, manual sau mecanic, în straturi de max 15 cm, înainte de compactare. Grosimea materialului așternut înainte de compactare poate depăși 15 cm în cazul folosirii unor utilaje de compactare ale căror caracteristici tehnice permit compactarea unor grosimi mai mari. În acest caz, grosimea de așternere se va determina pe șantier înainte de începerea execuției;
- adăugarea prin stropire a cantității necesare de apă pentru asigurarea umidității optime de compactare Proctor modificat;
- îndesarea nisipului prin pilonare sau vibrație și a balastului prin compactare și vibrație.

Descărcarea din autocamioane a agregatelor naturale se va face prin basculare, de preferință în mers, iar împrăștierea și nivelarea acestora, cu autogrederul sau buldozerul.

#### 4.3.2. Straturi de fundație din piatră spartă

Execuția straturilor de fundație din piatră spartă mare 63...90 mm, denumite și rassel, comportă următoarele operații:

- așternerea și compactarea la uscat a pietrei sparte până la încheștarea acesteia. Compactarea se face cu ajutorul compactoarelor cu rulouri netede de 60 kN, după care operația se continuă cu compactoare cu pneuri sau vibratoare de 100...140 kN;
  - împănarea pietrei sparte cu split 16...25 mm, care se compactează și se răspândește succesiv pe toată suprafața;
  - înnoirea sau colmatarea stratului cu nisip sau savură urmată de o compactare corespunzătoare;
  - acoperirea cu material de protecție (nisip grăunțos sau savură), în cazul în care așternerea stratului superior nu se face imediat.
- În cazul în care stratul superior este din macadam sau beton de ciment, nu se prevede înnoirea și protecția stratului de piatră spartă.

#### **4.3.3. Straturi de fundație din piatră spartă amestec optimal**

- Executarea straturilor de fundație din piatră spartă amestec optimal necesită următoarele operații:
- stabilirea proporțiilor de amestec ale diferitelor sorturi de piatră spartă pentru realizarea granulozității amestecului optimal și a umidității optime de compactare Proctor modificat;
- realizarea amestecului într-o instalație de nisip stabilizat prevăzută cu predozator cu 4 compartimente;
- așternerea materialului cu răspânditorul - finisor și eventuala completare a cantității de apă corespunzătoare umidității optime de compactare determinate în laborator;
- compactarea stratului cu ajutorul compactoarelor cu pneuri sau vibratoare.

#### **4.3.4. Straturi de fundație din blocaj de piatră brută**

- Execuția fundațiilor din blocaj de piatră brută necesită următoarele operații:
- așternerea manuală a pietrei brute pe un strat din balast sau nisip. Piatra se așază cu baza mare în jos, pietrele fiind dispuse cât mai strâns unele lângă altele, cu rosturile pe cât posibil țesute și cu lățimea mai mare în sens perpendicular pe axa drumului;
  - împănarea (umplerea) golurilor dintre pietre cu piatră spartă, astfel încât să se realizeze o bună suprafață;
  - compactarea ușoară a blocajului concomitent cu introducerea de nisip, balast sau piatră spartă în goluri, cu ajutorul periilor;
  - compactarea finală și corectarea suprafeței.

#### **4.3.5. Straturi de fundație din pietruiri vechi**

Modul de utilizare a pietruirilor existente la realizarea unor straturi rutiere se stabilește în funcție de grosimea și calitatea materialelor constituate, astfel:

- 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 alcătuirea noii structuri rutiere, dar se va scarifica și se va reprofila;
- în cazul în care pietruirea este pe toată lățimea patului drumului, iar grosimea ei este de *min* 10 cm, aceasta va alcătui stratul de formă sau stratul de fundație care va fi luat în considerare în calculul de dimensionare a structurii rutiere;

– în cazul în care pietruirea nu este pe toată lățimea patului drumului, dar are o grosime mai mare de 10 cm, aceasta se scarifică, se reprofilează și se compactează, alcătuind stratul de formă sau stratul de fundație care va fi considerat în calculul de dimensionare a structurii rutiere.

Pietruirile existente, în afară de cazul în care se prevede o scarificare totală a acestora, se scarifică pe o grosime care trebuie să depășească cu cel puțin 5 cm adâncimea denivelărilor și gropilor existente. Materialul provenit din scarificarea parțială sau totală a pietruirii existente se profilează cu sau fără adaos de materiale noi și se compactează. Pietruirea existentă poate constitui un strat de protecție sau un strat de fundație numai dacă este alcătuită ca atare, sau în adaos cu alte agregate naturale din materiale care satisfac condițiile tehnice pentru aceste straturi rutiere.

În cazul utilizării ca straturi de fundație sau straturi de bază a unor îmbrăcămînți vechi, grosimea reală a straturilor din structura rutieră existentă și calitatea materialelor din alcătuirea lor se stabilesc prin prelevări de probe și sonde și prin determinări de laborator specifice.

De asemenea, în cazul îmbrăcămintelor bituminoase existente se vor face și măsurători ale deformabilității complexului rutier, cu ajutorul deflectometrelor cu pârghie sau cu alte dispozitive adecvate.

La **lărgirea straturilor de fundație existente** se adoptă o structură rutieră care să aibă o capacitate portantă echivalentă cu cea a structurii rutiere existente, pentru a se evita tasări ulterioare diferențiate.

La lărgiri mai mici de 0,75 m, tipul straturilor de fundație se adoptă în funcție de utilajele de compactare existente pentru această lățime de lucru, recomandându-se beton de ciment, agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici, blocaj din piatră brută.

La lărgirea părții carosabile pentru separarea numărului de benzi, îmbinarea diferitelor straturi rutiere ale celor două straturi rutiere se face decalat și în trepte de *min* 15 cm pentru fiecare strat.

## 5. Compactarea straturilor de fundație

Faza de execuție care prezintă o importanță deosebită, a cărei realizare incorectă poate periclita reușita întregii construcții rutiere, este compactarea straturilor de fundație.

Acostamentele se completează și se compactează o dată cu straturile de fundație, astfel ca acestea să fie permanent încadrate de acostamente.

Denivelările care se produc în timpul compactării straturilor de fundație sau rămân după compactare se corectează cu materiale de aport și se recilindrează.

Suprafețele cu denivelări mai mari de 4 cm se decapează după un contur regulat și stratul de fundație se refacă, la nivelul suprafețelor adiacente.

Compactarea straturilor de fundație se face, de obicei, cu utilaje, urmărindu-se realizarea următoarelor condiții tehnice:

- viteza utilajelor de compactare va fi constantă și cât mai redusă;
- deplasarea utilajelor va fi liniară, fără șerpuiiri, opriri și porniri bruște;
- fâșiile succesive de compactat trebuie să se suprapună cu *min* 20 cm lățime, pentru o bună înnădire;
- nu este permisă întoarcerea utilajelor pe porțiunile care se compactează sau care au fost de curând compactate.

**Compactarea straturilor de fundație din balast** se realizează cu compactoare vibratoare, compactoare cu pneuri, sau, în lipsa acestora, cu compactoare cu rulouri netede.

Compactarea cu ajutorul compactoarelor cu pneuri se recomandă pentru materiale cu echivalentul de nisip de 25...40 %, iar cu compactoare vibratoare, pentru materiale cu echivalentul de nisip de *min* 40 %.

Straturile de fundație din balast trebuie compactate până la realizarea gradului de compactare 95...98 % Proctor modificat, pentru drumurile din clasele tehnice IV și V, și 98...100 % Proctor modificat, pentru drumurile din clasele tehnice I, II și III.

Pentru obținerea unui grad de compactare corespunzător, o contribuție însemnată o are și dirijarea circulației pe întreaga suprafață a fundației, dirijare ce se obține prin blocarea axei drumului.

Din cercetările efectuate prin măsurători s-a tras concluzia că stratul de fundație bine compactat nu transmite decât 10 % din presiunea aplicată pe suprafața patului drumului, în timp ce în cazul unei compactări insuficiente, valorile presiunilor transmise cresc la circa 25 %.

**Compactarea straturilor de fundație din piatră spartă** se face folosind mai întâi pentru încheștarea pietrei sparte compactoare cu rulouri netede de 60 kN și continuând apoi cu compactoare vibratoare sau cu pneuri de 100...140 kN. În practică se poate obține variația masei compactorului prin lestarea rulourilor metalice ale compactoarelor obișnuite.

Verificarea compactării se face prin supunerea la strivire a unei pietre, de natura și dimensiunea celor folosite la executarea stratului, aruncată în fața utilajului cu care s-a executat compactarea. Compactarea se consideră corespunzătoare dacă piatra respectivă este strivită fără ca stratul să sufere dislocări sau deformări.

Verificarea capacității portante la nivelul straturilor de fundație se efectuează cel mai frecvent prin măsurători cu deflectometrul, în conformitate cu reglementările în vigoare.