

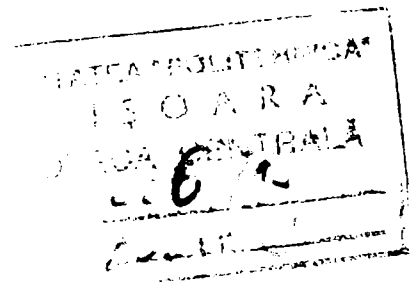
UNIVERSITATEA „POLITEHNICA” DIN TIMIȘOARA  
FACULTATEA DE CONSTRUCȚII ȘI ARHITECTURĂ

ing. Cornel BANCEA

# TEZĂ DE DOCTORAT

CONTRIBUȚII LA STUDIUL ȘI IMPLIMENTAREA  
UNOR TEHNOLOGII EFICIENTE PENTRU  
ÎMBUNĂTĂȚIREA VIABILITĂȚII DRUMURILOR CU TRAFIC  
REDUS

BIBLIOTECA CENTRALĂ  
UNIVERSITATEA „POLITEHNICA”  
TIMIȘOARA



Conducători științifici : **prof. dr. ing. Laurențiu NICOARĂ**  
**prof. dr. ing. Ion COSTESCU**

TIMIȘOARA

2002



# CUPRINS

<b>PREFAȚĂ</b> .....	5
<b>CAP. 1. INTRODUCERE</b> .....	7
1.1. Situația drumurilor publice locale din țara noastră și din județul Timiș .....	8
1.2. Conceptul de drum cu trafic redus și rețeaua acestor drumuri în țara noastră .....	13
1.2.1. Locul drumurilor cu trafic redus în economia transporturilor .....	15
1.3. Concluzii .....	23
<b>CAP.2. NECESITATEA ÎMBUNĂTĂȚIRII STĂRII TEHNICE A DRUMURILOR. STAREA DE VIABILITATE A DRUMURILOR LOCALE DIN JUDEȚUL TIMIȘ</b> .....	25
2.1. Evoluția traficului rutier pe drumurile publice locale din județul Timiș în perioada 1975...2000 .....	26
2.2. Evoluția traficului rutier în perspectivă .....	29
2.3. Influența stării tehnice a drumului asupra consumului energetic .....	32
2.3.1. Influența caracteristicilor geometrice ale drumului .....	34
2.3.2. Influența gradului de perfecționare a suprafeței de rulare .....	40
2.4. Evaluarea economiilor anuale ce s-ar putea realiza prin desfășurarea circulației pe drumurile locale din județul Timiș, aflate într-o bună stare de viabilitate .....	42
2.4.1. Evaluarea pierderilor economice datorită circulației autovehiculelor pe drumuri pietruite față de circulația pe drumuri cu îmbrăcămînți moderne .....	44

2.4.2. Evaluarea pierderilor economice datorită staționării vehiculelor la trecerile de nivel cu calea ferată .....	50
2.5. Concluzii și propuneri .....	54
<b>CAP. 3. GESTIONAREA LUCRĂRILOR DE ÎNTREȚINERE A DRUMURILOR PIETRUITE ȘI DIN PĂMÂNT .....</b>	<b>56</b>
3.1. Starea tehnică a unei rețele rutiere alcătuite din drumuri pietruite și din pământ .....	57
3.2. Factorii de degradare a drumurilor pietruite și din pământ .....	57
3.3. Degradări ale drumurilor pietruite și din pământ .....	61
3.3.1. Clasificarea degradărilor .....	61
3.3.2. Degradări ale suprafeței de rulare ( D.S.R.) .....	65
3.3.3. Degradări ale complexului rutier ( D.C.R.) .....	66
3.3.4. Degradări ale terasamentului ( D.T.) .....	76
3.4. Gestionarea lucrărilor de întreținere a drumurilor pietruite și din pământ .....	80
3.4.1. Particularități ale gestionării lucrărilor de întreținere .....	81
3.4.2. Principiul sistemului de gestiune al întreținerii drumurilor.....	86
3.4.3. Aprecierea stării tehnice a unei rețele de drumuri .....	90
3.5. Concluzii și propuneri .....	97
<b>CAP. 4. CONTRIBUȚII LA STUDIUL ȘI REALIZAREA UNOR LUCRĂRI PENTRU MENȚINEREA VIABILITĂȚII DRUMURILOR .....</b>	<b>100</b>
4.1. Consolidarea terasamentelor de drumuri .....	101
4.1.1. Calculul și experimentarea consolidării unui rambleu înalt de drum amplasat pe un teren compresibil .....	102
4.1.2. Experimentarea consolidării și asanării unui terasament de drum realizat în profil transversal mixt .....	121
4.1.3. O nouă tehnologie de consolidare a terasamentelor de drum .....	129
4.2. Calculul și execuția mecanizată a drenurilor.....	137
4.2.1. Acțiunea apei subterane în terasament.....	137
4.2.2. Caracteristici de bază privind evacuarea apelor.....	141
4.2.3. Măsuri de protecție împotriva acțiunii dăunătoare a apelor de infiltrații .....	146
4.2.4. Clasificarea și modul de funcționare al drenurilor.....	150
4.2.5. Alcătuirea drenurilor.....	152
4.2.6. Calculul hidraulic al drenurilor.....	157
4.2.7. Aplicații ale calculului drenurilor.....	165
4.2.8. Drenuri înguste de acostament .....	169

4.2.9. Sectoare experimentale cu drenuri înguste.....	177
4.3. Studii și experimentări privind protejarea taluzurilor stâncoase.....	187
4.3.1. Documentare și studii de laborator .....	188
4.3.2. Dispozitiv pentru prepararea PROCOTEC-ului .....	193
4.3.3. Studii de laborator ( faza a II-a ) și experimentare PROCOTEC .....	196
4.3.4. Realizarea și prezentarea sectoarelor experimentale .....	200
4.3.5. Concluzii și recomandări .....	205
<b>CAP. 5. CONCLUZII GENERALE. CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI VALORIFICAREA REZULTATELOR .....</b>	<b>206</b>
<b>BIBLIOGRAFIE.....</b>	<b>210</b>

# **PREFAȚĂ**

Cunoscând importanța transporturilor pentru dezvoltarea socio-economică și culturală a țării, este imperios necesar ca acestea să se desfășoare în condiții cât mai bune atât în ceea ce privește siguranța și confortul cât și din punct de vedere al eficienței economice.

Deoarece peste 80 % din transporturile de călători și peste 60 % din transporturile de marfă, din țara noastră, constituie transporturi rutiere, preocupare continuă a Administrației Publice și a specialiștilor din domeniu este orientată în găsirea unor soluții moderne și eficiente de proiectare, construcție și întreținere a drumurilor pe care se desfășoară circulația .

La ora actuală , în România , din lungimea totală a drumurilor publice, 92,5 % o reprezintă drumurile publice locale caracterizate printr-un trafic redus ca intensitate dar în care este preponderent traficul greu și foarte greu.

Pornind de la aceste considerente, mi-am orientat , studiile și cercetările pentru proiectarea și realizarea unor soluții care să asigure îmbunătățirea viabilității drumurilor cu trafic redus din țara noastră.

Lucrarea este rezultatul muncii de peste 30 de ani a autorului în producție, cercetare și învățământ.

Conținutul tezei are un pronunțat caracter aplicativ atât pentru activitatea de proiectare cât și pentru activitatea de producție în domeniul construcției și întreținerii drumurilor.

Teza de doctorat este structurată pe cinci capitole și conține 217 pagini, în care sunt incluse 71 figuri, 29 fotografii, 71 relații și 35 tabele.

Autorul aduce un pios omagiu celui care a fost prof.dr.ing. Laurențiu NICOARĂ, perseverent conducător științific, care i-a călăuzit cu înaltă competență și exigență drumul în activitatea de studii, cercetare și experimentare.

Multă recunoștință și respect aduc d-lui prof.dr.ing. Ion COSTESCU, decan al Facultății de Construcții și Arhitectură din Timișoara, care m-a susținut și coordonat în finalizarea tezei.

Calde mulțumiri pentru îndrumare aduc pe această cale și d-lui prof.dr.ing. Tadeus SCHEIN, colaborator apropiat de-a lungul multor ani.

Cu deosebită considerație, autorul aduce mulțumirile sale domnilor profesori universitari Virgil HAIDA, Mihai ILIESCU și Nicolae VLAD-referenți științifici oficiali, care cu multă bunăvoință au analizat conținutul Tezei de doctorat și care au oferit cu multă generozitate prețioase sfaturi și îndemnuri pentru finalizarea acesteia.

Îmi exprim recunoștința față de conducerea Facultății de Construcții și Arhitectură Timișoara și a Departamentului de Inginerie Geotehnică și Căi de Comunicație Terestre.

Adresez calde mulțumiri colegilor din Departament care m-au ajutat și încurajat în permanență.

Mulțumesc de asemenea conducerii Direcției Regionale de Drumuri și Poduri Timișoara și a S.C. "DRUMCO" Timișoara care m-au sprijinit în experimentarea lucrărilor.

Tuturor sincere mulțumiri

Autorul

# CAPITOLUL 1

## INTRODUCERE

Satisfacerea cerințelor de transport ale populației și ale economiei naționale se asigură cu ajutorul căilor de comunicație. În același timp, transporturile asigură dezvoltarea turismului, realizarea schimburilor culturale și comerciale.

Importanța transporturilor în dezvoltarea social-economică, rezultă și prin relațiile de cauzalitate între necesități de transport, deplasări, căi de transport și mijloace de transport, prezentate schematic în fig. 1.1. [65].

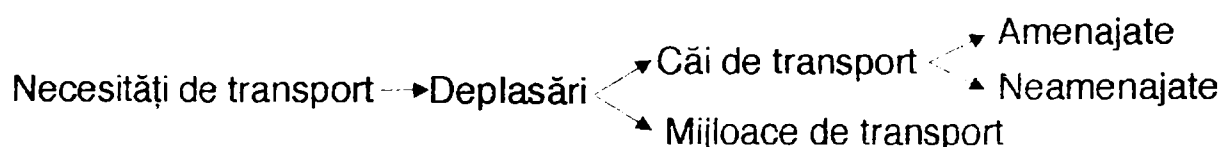


Fig. 1.1. Relația necesități de transport – deplasări – căi de transport.

Întrucât la originea necesităților de transport se află activitatea omului ce se desfășoară preponderent pe uscat este pe deplin justificată dezvoltarea cu precădere a căilor de comunicație terestre amenajate: *drumuri și căi ferate*.

Ponderea transporturilor de mărfuri și de călători ce s-a realizat în țara noastră la sfârșitul anului 1997, pe drumuri și căi ferate este prezentată în tabelul 1.1. [21].



Felul transportului	Transport marfă [%]	Transport călători [%]
Transport rutier	82,0	69,0
Transport feroviar	14,1	30,7
Alte feluri de transporturi	3,9	0,3

Se constată că transporturile auto sunt predominante în volumul total al transporturilor. Asigurarea desfășurării unor transporturi pe drumuri în condiții sporite de siguranță și confort, implică o intensificare a preocupărilor specialiștilor pentru menținerea drumurilor într-o stare de viabilitate corespunzătoare și îmbunătățirea stării tehnice a acestora.

### **1.1.Situația drumurilor publice locale din țara noastră și din județul Timiș**

În condițiile actuale a creșterii traficului rutier, drumurile publice trebuie să asigure preluarea acestuia atât sub aspectul numărului de vehicule efective cât și sub aspectul greutateii pe osie a vehiculelor.

**Menținerea acestora într-o stare de viabilitate corespunzătoare constituie o preocupare permanentă a specialiștilor din domeniul rutier pentru a asigura desfășurarea circulației în condiții de maximă siguranță și confort.**

Lungimea rețelei de drumuri publice și situația acestora la 1 ianuarie 2002 în țara noastră și în județul Timiș este prezentată în tabelul 1.2.[117].

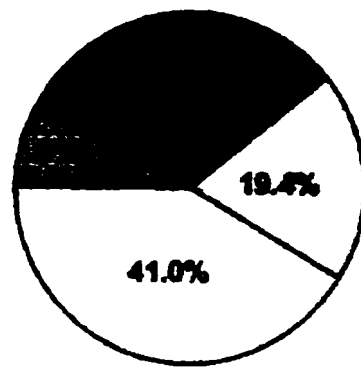
Se constată că drumurile publice locale din țara noastră prezintă o pondere foarte mare, de 92,5 % în lungimea totală a rețelei de drumuri publice.

Astfel 63 791 km (32,1 %) sunt drumuri județene și comunale și 119 988 km (60,4 %) sunt străzi rurale și urbane (fig. 1.2.).

Sub aspect constructiv, în categoria drumurilor locale predomină drumurile fără îmbrăcăminte: 60 993 km (33,2 %) sunt drumuri de pământ, 67 481 km (36,7 %) drumuri pietruite și numai 55 305 km (30,1 %) sunt drumuri cu îmbrăcăminti moderne (fig. 1.3 ).

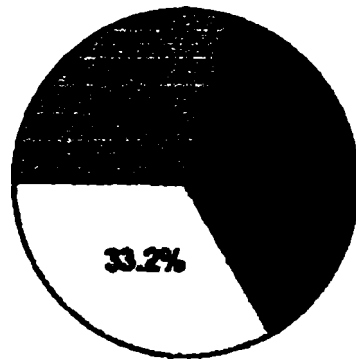
Tabelul 1.2.

Nr. Crt.	Specificația	Lungimea						Din care:											
		Totală		Din care în județul Timiș		Total		Din care în județul Timiș		Total		Din care în județul Timiș		Total		Din care în județul Timiș			
		km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%		
1	TOTAL DRUMURI Din care:	198 589	4.1	8 097	4.1	69 922	35.2	3 457	42.7	67 674	34.1	1 965	24.3	60 993	30.7	2 675	33.0		
2	Drumuri de interes național. Total Din care:	14 810	3.6	532	3.6	14 617	98.7	532	100	193	1.3	-	-	-	-	-	-		
3	Autostrăzi	113	-	-	-	113	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
4	Resturi drumuri naționale	14 697	3.6	532	3.6	14 504	98.7	532	3.7	193	1.3	-	-	-	-	-	-		
5	Drumuri de interes local. Total. Din care:	183 779	4.1	7 565	4.1	55 305	30.1	2 925	38.7	67 481	36.7	1 965	26.0	60 993	33.2	2 675	35.3		
6	Drumuri județene	36 125	3,2	1 145	3,2	21 555	59.7	748	65.3	11 827	32.7	351	30.7	2 743	7.6	46	4.0		
7	Drumuri comunale	27 666	4.4	1 222	4.4	2 938	10.6	123	10.0	14 935	54.0	464	38.0	9 793	35.4	635	52.0		
8	Străzi în mediu urban (exclusiv cele clasate DN, DJ, DC)	38 538	6,3	2 428	6,3	26 991	70.0	1 915	78.9	9 016	23.4	365	15.0	2 531	6.6	148	6.1		
9	Străzi în mediu rural (exclusiv cele clasate DN, DJ, DC)	81 450	3.4	2 770	3.4	3 821	4.7	139	5.0	31 703	38.9	785	28.3	45 926	56.4	1 846	66.7		



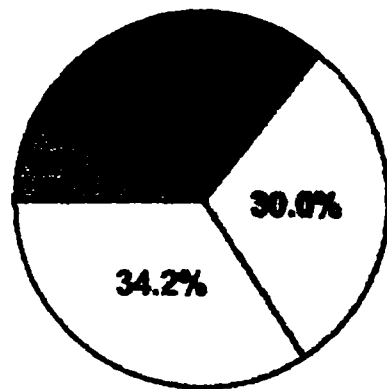
- Legendă**
- Drumuri naționale
  - Drumuri județene și comunale
  - Strazi urbane
  - Strazi rurale

*Fig. 1.2. Ponderea drumurilor publice în România.*



- Legendă**
- Drumuri modernizate
  - Drumuri pietruite
  - Drumuri de pământ

*Fig. 1.3. Starea tehnică a drumurilor publice din România*



- Legendă**
- Drumuri naționale
  - Drumuri județene și comunale
  - Strazi urbane
  - Strazi rurale

*Fig. 1.4. Ponderea drumurilor publice în județul Timiș.*

În județul Timiș, ponderea drumurilor publice de interes local este de 7 565 km (93,4 %) din care 2 367 km (29,2 %) sunt drumuri județene și comunale iar 5 198 km (64,2 %) sunt străzi rurale și urbane (fig. 1.4.).

Ponderea drumurilor fără îmbrăcăminți moderne (pietruite și de pământ) predomină și în județul Timiș: 4 640 km (61,3 %) (fig. 1.5.).

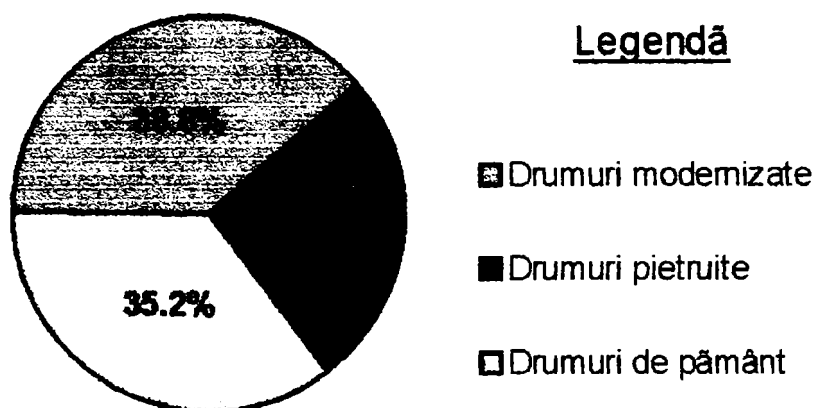


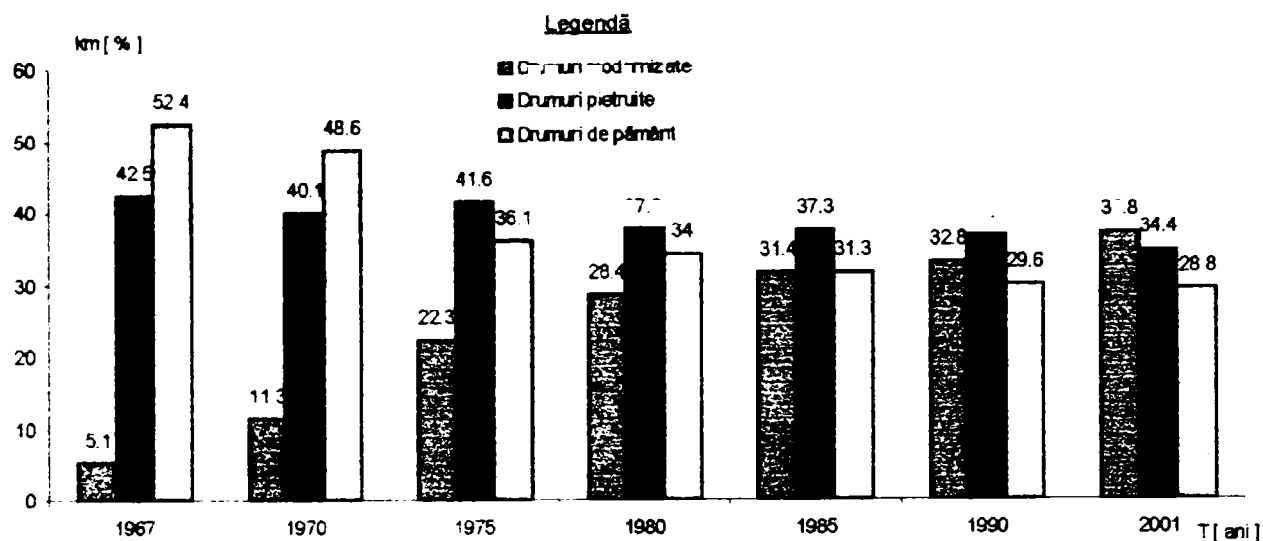
Fig. 1.5. Starea tehnică a drumurilor publice locale din județul Timiș.

Dinamica evoluției stării tehnice a drumurilor publice locale (numai drumuri județene și comunale) din județul Timiș în perioada 1967 ... 2001 este prezentată în tabelul 1.3 și în diagramele din figura 1.6.

Tabelul 1.3.

ANUL	LUNGIME REȚEA [ km ]						
	TOTALĂ	DRUMURI JUDEȚENE			DRUMURI COMUNALE		
		modernizate	pietruite	de pământ	modernizate	pietruite	de pământ
1967	2 956	134	699	158	16	558	1 391
1970	2 883	290	549	84	36	607	1 317
1975	2 324	428	373	73	90	593	767
1980	2 324	530	280	64	129	594	727
1985	2 324	574	254	49	155	611	681
1990	2 324	585	248	44	178	626	643
1995	2 324	603	230	44	203	602	642
2001	2 367	748	351	46	123	464	635

Activitatea în domeniul rutier este corect reflectată de activitatea socio-economică desfășurată în județ în cei 34 de ani prezentați, 1967 (anul desființării regiunilor și înființării județelor și a Direcției Județene de Drumuri și Poduri Timiș) ... 2001.



*Fig. 1.6. Dinamica evoluției stării tehnice a drumurilor publice locale (județene și comunale în județul Timiș).*

Se constată o revigorare a activității sectorului rutier în perioada 1967 ... 1980 prin creșterea lucrărilor de modernizări de drumuri (5,1 ... 28,4 %), a lucrărilor de pietruiri (în diagramă o reducere a kilometrilor de drumuri de pământ, 52,4 ... 34,0 %). Perioada de criză energetică manifestată în economia națională (1980 ... 1990) este resimțită și în activitatea din domeniul construcțiilor de drumuri, dar printr-o ușoară creștere (28,4 ... 32,8 %) la modernizări și printr-o reducere minoră a drumurilor de pământ (34,0...29,6 %).

Aceeași tendință se manifestă, din păcate și în ultima perioadă (1990 ... 2001): o creștere de doar 4,0 % (32,8 ... 36,8 %) la modernizări și o diminuare de 0,8 % (29,6 % ... 28,8 %) a kilometrilor de drumuri de pământ.

Indiferent de situația socială, economică și mai ales cea financiară, activitatea în sectorul rutier s-a desfășurat și se desfășoară în ritm susținut. Primordială, pentru specialiștii drumari (cercetători, proiectanți și constructori), în perioadele de recesiune economică, a fost preocuparea de a găsi soluții pentru “salvarea” drumurilor de la o degradare accentuată, concomitent cu menținerea acestora într-o bună stare de viabilitate care să asigure desfășurarea circulației în condiții de maximă siguranță și confort.

## 1.2. Conceptul de drum cu trafic redus și rețeaua acestor drumuri în țara noastră

Legislația actuală [115] încadrează drumurile publice din țara noastră, în funcție de intensitatea traficului, în cinci clase tehnice (I ... V). Din acest punct de vedere, drumurile publice cu trafic redus s-ar încadra numai în clasa tehnică IV, conform tabelului 1.4.

Tabelul 1.4.

Clasa tehnică	Denumirea intensității traficului	Caracteristicile traficului				Tipul de drum recomandat
		IMZA (veh./24h)		IOC (veh./h)		
		Autoturism	Veh.fizice	Autoturism	Veh.fizice	
I	Foarte intens	> 21 000	> 16 000	> 3 000	> 2 200	Autostrăzi
II	Intens	11 001 ... 21 000	8 001 ... 16 000	1 401 ... 3 000	1 000 ... 2 200	Drumuri cu patru benzi
III	Mediu	4 501 ... 11 000	3 501 ... 8 000	550 ... 1 400	400 ... 1 000	Drumuri cu două benzi
IV	Redus	1 000 ... 4 500	750 ... 3 500	100 ... 550	75 ... 400	
V	Foarte redus	< 1 000	< 750	< 100	< 75	

În acest tabel, caracteristicile traficului sunt exprimate prin:

- intensitatea medie zilnică anuală (IMZA);
- intensitatea orară de calcul (IOC).

Din punct de vedere al modului de tratare în prezenta lucrare, în noțiunea de drumuri cu trafic redus vor fi incluse și drumurile publice din clasa tehnică V, cu trafic foarte redus.

Conform aceleiași legislații, prin corelarea categoriilor de drumuri din punct de vedere funcțional și administrativ, cu clasele tehnice, în cele două clase tehnice sunt cuprinse:

- în clasa tehnică IV: o parte din drumurile naționale secundare (cu IMZA < 3 500 vehicule fizice/24 h), și o parte din drumurile județene și comunale;

- în clasa tehnică V: celelalte drumuri naționale secundare, județene și comunale precum și toate drumurile vicinale (care deserveșc mai multe proprietăți fiind situate la limitele acestora).

Prin corelarea cu drumurile publice, în categoria drumurilor cu trafic redus sunt incluse și o parte din străzile urbane principale precum și toate străzile de categoria a III-a (colectoare) și categoria a IV-a (de folosință locală) și străzile rurale.

Pe de altă parte în categoria drumurilor cu trafic redus trebuie incluse majoritatea drumurilor de exploatare din țara noastră. Aceștea pot fi asimilate cu drumurile publice din clasa tehnică V cu o intensitate medie zilnică anuală (IMZA) mai mică de 750 vehicule fizice în 24 de ore sau mai mică de 1 000 vehicule etalon (autoturisme) în 24 de ore. Deși intensitatea traficului ca număr de vehicule, pe aceste drumuri, este nesemnificativă, trebuie luat în considerare traficul redus și foarte greu care predomină în traficul total și a cărui acțiune distructivă asupra drumului este decisivă pentru menținerea viabilității acestuia.

În cadrul recensământului general al circulației efectuat în anul 2000, în categoria traficului greu au fost incluse autocamioane și derivate cu două, trei sau patru osii iar categoria traficului foarte greu este formată din autovehicule articulate, autobuze, tractoare și vehicule speciale.

Ca urmare, drumuri cu trafic redus pot fi considerate și drumurile agricole, viticole, forestiere, miniere, petroliere, industriale și de șantier.

Sub aspectul gradului de perfecționare al suprafeței de rulare, din categoria drumurilor cu trafic redus fac parte toate drumurile, fără îmbrăcăminte modernă, adică drumurile de pământ și drumurile pietruite precum și o parte din drumurile cu îmbrăcăminti moderne cu o mai mare importanță social-economică sau administrativă.

Sintagma de “drum fără îmbrăcăminte” este utilizată pentru a distinge drumurile fără îmbrăcăminte modernă de cele care au. Dar pentru a defini un anumit tip de drum cu un nivel de serviciu și de întreținere, denumirea de drum fără îmbrăcăminte este prea largă pentru că din această categorie fac parte atât

căile naturale terestre, foarte greu circulabile, cât și drumurile amenajate la anumite niveluri de serviciu, pentru o viteză de circulație similară cu cea de pe drumurile cu îmbrăcăminte modernă.

După modul cum se asigură condițiile de circulație, adică viabilitatea drumului, prin diverse amenajări și lucrări de întreținere, în cadrul drumurilor fără îmbrăcăminte se disting trei niveluri de evoluție [6]:

- *calea naturală neamenajată* pe care circulația se desfășoară direct pe sol, pe traseul cel mai puțin rău dintre cele care au fost deschise de vehiculele precedente. Desfășurarea circulației depinde în totalitate de condițiile naturale. Pe acest tip de drum nu se execută lucrări de întreținere;

- *drumul de pământ* care are un traseu, de regulă stabil, și care nu este în întregime dependent de condițiile naturale datorită rezolvării sectoarelor critice prin executarea unor lucrări de asanare sau rezolvarea traversărilor (prin construcția de poduri și podețe). Pe acest tip de drum circulația, în general a vehiculelor de teren, este redusă. Lucrările de întreținere sunt de asemenea reduse;

- *drumul evoluat fără îmbrăcăminte modernă* (drumul pietruit) asigură o circulație permanentă în condiții decente. Drumul este accesibil vehiculelor obișnuite în toate zilele. Circulația pe un drum pietruit poate fi întreruptă în mod accidental, de exemplu în cazul alunecărilor de teren sau a inundațiilor din zona aferentă drumului. Lucrările de întreținere se realizează permanent, în funcție de condițiile naturale și de traficul ce se desfășoară.

### **1.2.1. Locul drumurilor cu trafic redus în economia transporturilor**

Activitatea tehnico-economică în domeniul proiectării, construcției și întreținerii drumurilor urmărește obținerea unor soluții tehnice optime care să satisfacă cerințele desfășurării transporturilor în condiții de siguranță și confort și în același timp să se obțină o eficiență maximă a acestei activități. Pe scurt, această activitate trebuie să conducă la realizarea unui drum economic [42] [60].



Asocierea necesității de execuție a unui drum cu trafic redus cu existența unor resurse materiale și financiare, de asemenea reduse, nu trebuie să conducă la conceptul că investiția poate să fie minimă, adică să se realizeze un drum economic. Foarte rar, soluția cea mai economică corespunde costului cel mai mic de construcție. De exemplu, o autostradă ce se realizează cu cheltuieli mari de investiții poate fi considerată economică iar un drum fără îmbrăcăminte modernă (pietruit) realizat cu cheltuieli mult mai reduse, poate să nu fie un drum economic.

Cheltuielile totale al unui drum pentru colectivitate este, pentru o perioadă dată, compus din trei componente:

- cheltuieli de investiție ( $C_1$ );
- cheltuieli de întreținere al drumului pe această perioadă ( $C_2$ );
- cheltuieli de exploatare (sunt cheltuieli efectuate de utilizatori,  $C_3$ ).

Soluția economică a unui proiect este aceea care minimizează suma celor trei cheltuieli:

$$C_t \text{ economic} = \text{Minim} [C_1 + C_2 + C_3] \quad (1.1)$$

În tabelul 1.5. sunt prezentați indicii de cost a drumurilor cu trafic redus (fără îmbrăcăminte modernă) în raport cu un drum cu îmbrăcăminte modernă (considerând indicele de cost 100) având lățimea părții carosabile de 6 m și lățimea amprizei (măsurată între axele șanțurilor laterale) de 9 m [6].

Tabelul 1.5.

Tipul de drum	Lățimea [ m ]		Indice de cost
	Ampriză	Parte carosabilă	
Drum cu îmbrăcăminte modernă	9	6	100
Drum pietruit	12	7	40
Drum pietruit	12	6	25
Drum de pământ	12	6	8

Se constată că pentru aceleași cheltuieli de investiție se pot construi de patru ori mai mulți kilometri de drumuri pietruite și de 12,5 ori mai mulți kilometri de drumuri de pământ.

Costul suprastructurii drumului este o componentă importantă a cheltuielilor de investiție: pentru drumurile cu investiții reduse, costul suprastructurii reprezintă circa 60 % din costul investiției, după cum se poate observa în tabelul 1.6.

Tabelul 1.6.

Tipul de drum	Zona	IMZA [veh./24 h.]	Cost suprastructură [%]	Diferență [%]
Drum local	Asia	200	61	39
Drum local	Africa	1 000	57	43
Drum departamental	Franța	2 000	38	62

Acest cost al suprastructurii este justificat prin aceea că traseul de drum optim a fost ales astfel încât să se evite volumele mari de terasamente.

*Cheluieli de investiție* ( $C_i$ ) sunt hotărâtoare în cheltuielile totale al unui drum cu trafic redus. Aceste cheltuieli stimulează interesul economic al drumului cu trafic redus în dezvoltarea rețelei rutiere în condițiile unor resurse materiale și financiare reduse.

Literatura de specialitate [6] prezintă cheltuielile unei investiții, defalcat pe categorii de lucrări pentru un proiect de 600 km al unei rețele de drumuri cu îmbrăcăminte modernă (IM), conform tabelului 1.7.

Tabelul 1.7.

Denumirea categoriilor de lucrări		Valoarea investiției [%]
<b>A. Total suprastructură,</b>		<b>54</b>
din care:	- strat de bază și de fundație	31
	- îmbrăcăminte	23
<b>B. Total alte lucrări</b>		<b>46</b>
din care:	- terasamente	20
	- drenuri	8
	- poduri, podețe	5
	- instalații	8
	- control de calitate	5

Se constată că îmbrăcămintea reprezintă aproape 25 % din cheltuielile de investiție și aceasta justifică faptul că i se acordă o importanță deosebită. Pentru celelalte straturi ale structurii rutiere cheltuielile de investiție reprezintă 30 %. În aceste cheltuieli, transportul materialelor are un loc preponderent comparativ cu cheltuielile de extracție, justificând compromisul făcut între calitatea materialelor și varianta de traseu adoptată care dă posibilitatea folosirii materialelor locale.

Construcția acestui drum, fără a realiza structura rutieră cu îmbrăcăminte modernă, ar conduce la diferențe nesemnificative privind lucrările de terasamente, drenuri, poduri și instalații.

*Cheltuielile de întreținere (C2)* pot fi puse în evidență, cel mai des în cazul lucrărilor de reabilitare a drumurilor. Astfel, în tabelul 1.8. sunt prezentate cheltuielile detaliate pe categorii de lucrări pentru reabilitarea unui drum local [6]. Se constată că lucrările de suprastructură reprezintă 90 % din totalul lucrărilor de întreținere.

Suprastructura este realizată din 16 cm strat de fundație din piatră semi-concasată, 10 cm strat de bază din piatră concasată și un tratament bituminos dublu. Costul tratamentului bituminos dublu reprezintă 24 % din totalul cheltuielilor de întreținere.

Tabelul 1.8.

Denumirea categoriilor de lucrări		Valoarea lucrărilor de întreținere [ % ]
<b>A. Total suprastructură,</b>		<b>90</b>
din care:	- pregătirea stratului suport	2
	- strat de fundație	35
	- strat de bază	29
	- tratament bituminos dublu	24
<b>B. Total alte lucrări (semnalizare, scarificarea structurii existente)</b>		<b>10</b>

*Cheltuieli de exploatare (C3)* înglobează toate cheltuielile efectuate de utilizatorul drumului privind timpul de parcurs, uzura și amortizarea vehiculului și consumurile de carburanți, lubrifianți și anvelope.

Cheltuielile de exploatare se compun din două categorii de costuri:

- cheltuieli fixe, legate de caracteristicile geometrice ale drumului și care sunt incluse în cheltuielile de investiție;
- cheltuieli variabile, legate de caracteristicile de viabilitate ale suprafeței de rulare (natura și starea tehnică a suprafeței).

Existența unei diferențe mari între cheltuielile de exploatare pe drumuri fără îmbrăcăminte modernă și cele cu îmbrăcăminte impune stabilirea unui prag limită a nivelului traficului peste care este economic să se realizeze structura rutieră, cu îmbrăcăminte modernă.

Pe baza unor studii efectuate de *Industrie de Vehicule Renault* în 1986 [78] s-a stabilit influența îmbrăcăminteii unui drum asupra cheltuielilor de exploatare a vehiculelor.

În tabelul 1.9. este prezentat raportul dintre componentele cheltuielilor de exploatare pentru un anumit tip de camion, înainte și după realizarea îmbrăcăminteii pe un drum public regional [78].

Tabelul 1.9.

Componentele costului de exploatare	Înainte / După
Uzura pieselor	1,75
Consum lubrifianți	2
Durata de folosire a anvelopelor	0,75
Speranța de viață a vehiculului	0,6
Încărcarea utilă	0,9
Consumul de combustibil	1,2

Se constată că speranța de viață a vehiculului s-a dublat după execuția îmbrăcăminteii moderne (IM) a drumului.

În cadrul unui studiu a sistemului de gestiune a unei rețele de drumuri naționale cu îmbrăcăminte modernă [42] a fost evidențiată influența stării tehnice a suprafeței de rulare asupra cheltuielilor de exploatare a unui vehicul.

Din tabelul 1.10. se observă că pe un drum cu o stare tehnică necorespunzătoare (având caracteristica de uniformitate  $QJ = 75$ ) costul de exploatare crește cu 10 % pentru vehicule ușoare și cu 23,5 % pentru vehicule grele, comparativ cu un drum cu o bună suprafață de rulare ( $QJ = 15$ ).

Tabelul 1.10.

Tipul de vehicul	QJ	15	35	55	75
Vehicul ușor		1,00	1,025	1,06	1,10
Vehicul greu		1,00	1,076	1,157	1,235

Caracteristica de uniformitate  $QJ$ , a suprafeței de rulare, este măsurată cu un aparat de tip QCSS (Quarter Car Simulation System).

Curba din figura 1.7, reprezentată pe baza studiului unei rețele de drumuri fără îmbrăcăminte modernă [6] prezintă domeniul cheltuielilor de exploatare în funcție de tipul și starea stratului de rulare.

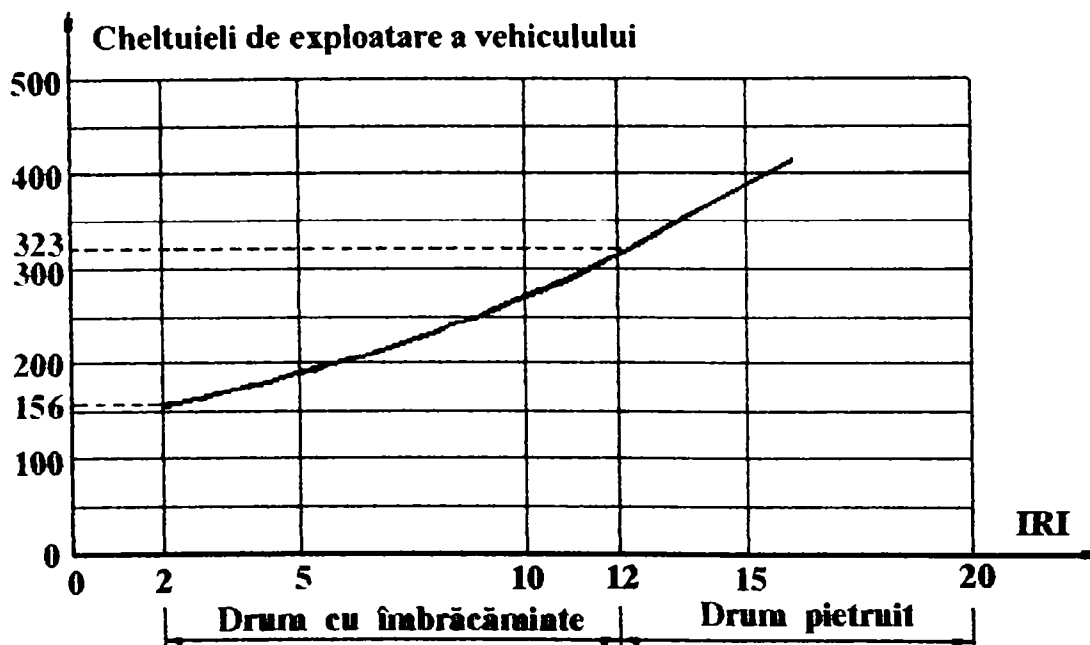


Fig. 1.7. Cheltuielile de exploatare a unui vehicul ușor în funcție de natura și calitatea stratului de rulare.

Indicele internațional de uniformitate (IRI) definește planeitatea suprafeței de rulare și se exprimă în m/km. Porțiunea din curbă pentru  $IRI = 2 \dots 12$  corespunde unui drum modernizat, cu îmbrăcăminte iar porțiunea din curbă pentru  $IRI > 12$  corespunde unui drum pietruit. Cheltuielile de exploatare ( $C_3$ ) pe un drum pietruit în stare bună este cu 50 % mai mare decât în cazul unui drum modernizat, fără degradări ale suprafeței de rulare. Cheltuielile sunt duble între cele două cazuri extreme.

În cazul unui vehicul greu, alura curbei este similară dar cheltuielile de exploatare sunt de aproximativ trei ori mai mari.

În cheltuielile totale ale unui drum, ponderea cheltuielilor de exploatare este foarte importantă. Cercetările efectuate, pe o perioadă mai mare de timp, de către Serviciul de Studii și Cercetări Internaționale prin centrul de la Nantes din Franța [42], au pus în evidență că indiferent de natura suprafeței de rulare a drumului, cheltuielile de exploatare ( $C_3$ ) prezintă valori de peste 60 % din cheltuielile totale ale unui drum. În tabelul 1.11 este prezentată ponderea celor trei tipuri de cheltuieli ( $C_1$ ;  $C_2$  și  $C_3$ ) în volumul total al cheltuielilor.

Tabelul 1.11

Tipul de drum	Zona	Trafic [veh/24h]	$C_1$ [%]	$C_2$ [%]	$C_3$ [%]
Țări în dezvoltare drum nemodernizat	America de Sud	50	29	9	62
Țări în dezvoltare drum modernizat	Africa	70	13	11	76
Media a șase cazuri de drumuri departamentale	Franța	2 000	9	6	85

Cheltuielile de exploatare ( $C_3$ ) pentru un drum nemodernizat de 62 %, din acest tabel este justificat de traficul mai redus pentru care s-a calculat, comparativ cu drumurile modernizate. Cheltuielile totale se obține înmulțind cheltuielile unitare cu numărul de vehicule în 24 de ore, iar cheltuielile unitare

de exploatare pe un drum nemodernizat este mult mai mare decât pe un drum modernizat, așa cum s-a arătat anterior în acest paragraf.

Întrucât pe majoritatea drumurilor, cheltuielile de exploatare reprezintă cea mai mare parte din totalul cheltuielilor, este normal ca să se intervină pentru a face economii la aceste cheltuieli.

În aceste condiții, pentru un drum existent ale cărui caracteristici geometrice rămân neschimbate, stabilirea unei soluții optime de întreținere sub constrângere bugetară, **trebuie să ia în considerare**, pentru o anumită perioadă de timp, de regulă durata de exploatare a drumului, pe lângă cheltuielile de întreținere în diverse variante și beneficiile pentru colectivitate adică cheltuielile de exploatare efectuate de utilizatorii drumului. Prin programul de planificare economică a construcției și întreținerii rutiere, *Highway Design and Maintenance* (HDM) III [33] se pot stabili economiile ce se pot realiza prin transferul de cheltuielile între stat și utilizatorii unei rețele rutiere în funcție de lucrările de întreținere ce se execută. De asemenea se pot stabili strategiile de întreținere în funcție de constrângerile bugetare.

Reducerea cheltuielilor de exploatare este valabil în funcție de tipul de drum și de nivelul lucrărilor de întreținere adoptate. Din exemplele prezentate în tabelul 1.11 se observă că:

- în cazul unui drum nemodernizat, cheltuielile de exploatare sunt de 60 % din cheltuielile totale. Cheltuielile de exploatare unitare pot varia de la simplu la dublu în funcție de uniformitatea drumului (fig. 1.7, pentru IRI = 10 ... 20);
- pentru un drum modernizat cu trafic redus, cheltuielile de exploatare sunt de 75 % din cheltuielile totale. Cheltuielile de exploatare unitare poate avea valori similare, de la simplu la dublu (fig. 1.7, pentru IRI = 2 ... 12);
- pentru un drum modernizat cu trafic mediu, cheltuielile de exploatare sunt de 85% din cele totale. Cheltuielile de exploatare unitare pot să varieze între 15% pentru vehicule ușoare și 25% pentru vehicule grele, în funcție de uniformitatea suprafeței de rulare.

În toate aceste cazuri, reducerea cheltuielilor de exploatare printr-o ameliorare a uniformității suprafeței de rulare, poate fi mai importantă decât alte lucrări de întreținere.

Economiile realizate la cheltuielile de exploatare pe durata de exploatare a drumului sunt întotdeauna superioare costului de întreținere a drumului pe aceeași perioadă. Ca urmare, studiile comparative între cheltuielile de întreținere și cele de exploatare sunt întotdeauna necesare și utile pentru susținerea și justificarea lucrărilor ce vizează menținerea stării de viabilitate a drumurilor.

Din punctul de vedere al colectivității, întreținerea drumurilor este întotdeauna eficientă din punct de vedere economic.

### **1.3. Concluzii**

Așa cum am prezentat în paragrafele anterioare, în categoria drumurilor cu trafic redus sunt cuprinse sub aspectul gradului de perfecționare a suprafeței de rulare, totalitatea drumurilor din pământ, majoritatea drumurilor pietruite și o rețea importantă din drumurile cu îmbrăcăminte modernă (IM), caracterizate printr-o intensitate medie zilnică anuală (IMZA) a traficului mai mică de 3 500 vehicule fizice în 24 de ore.

Circulația rutieră pe aceste drumuri în general și în special pe drumurile din pământ și pe drumurile pietruite prezintă unele particularități față de drumurile cu îmbrăcăminte moderne, datorate în primul rând stării tehnice a acestora pe durata de exploatare. Așadar, pe aceste drumuri circulația se desfășoară cu viteze reduse, cu o durată de transport mai mare, cu cheltuieli de transport cu mult mai mari față de drumurile cu îmbrăcăminte modernă. Mai mult, siguranța și îndeosebi confortul sunt mult diminuate. În unele perioade ale anului drumurile din pământ devin inaccesibile anumitor categorii de autovehicule.

Ameliorarea acestor particularități ale circulației rutiere, caracteristice acestor categorii de drumuri, se poate realiza printr-o îmbunătățire a stării



tehnice a drumurilor pentru menținerea viabilității acestora pe toată durata de exploatare.

Îmbunătățirea stării tehnice a drumurilor presupune adoptarea unor soluții eficiente de întreținere care trebuie să rezulte dintr-un studiu ce vizează în ansamblu **reabilitarea drumurilor locale** [54].

Studiul tehnico-economic de reabilitare a unei rețele de drumuri locale trebuie să țină seama, în principal, de următorii factori:

- condițiile locale ale traseelor drumurilor din rețea:
  - factorii geotehnici ce vizează calitatea pământurilor posibile de a fi utilizate la realizarea terasamentelor;
  - factorii climaterici ce vizează variațiile de temperatură și umiditate din zonă;
- traficul sub aspectul evoluției acestuia și al ponderii traficului greu în traficul total:
  - factorii economici ce urmăresc realizarea unui drum economic;
    - cheltuieli de investiție;
    - cheltuieli de întreținere;
    - cheltuieli de exploatare.

Justificarea necesității de menținere a viabilității drumurilor locale din județul Timiș este prezentată în capitolul 2 prin:

- evoluția traficului în general, a traficului greu în mod special și influența acestuia asupra stării tehnice a drumurilor;
- evaluarea pierderilor produse colectivității prin desfășurarea circulației pe drumuri pietruite și din pământ.

Studiul unor soluții și implementarea acestora pentru întreținerea drumurilor cu trafic redus, acțiuni coroborate cu folosirea eficientă a resurselor materiale și financiare, vor permite menținerea acestor drumuri într-o bună stare de viabilitate cu efecte economice considerabile pentru societate.

## **CAPITOLUL 2**

### **NECESITATEA ÎMBUĂNTĂȚIRII**

### **STĂRII TEHNICE A DRUMURILOR.**

### **STAREA DE VIABILITATE A**

### **DRUMURILOR LOCALE DIN JUDEȚUL**

### **TIMIȘ**

Drumul constituie calea de comunicație terestră care asigură transportul de mărfuri și călători în condițiile cele mai agreate atât de **investitori** (actualii creditori) datorită cheltuielilor de investiții și de întreținere reduse, cât și de **utilizatorii transporturilor** pentru rapiditate, ritmicitate, economicitate, accese nestingerite și în zone greu accesibile și îndeosebi pentru așa-zisul transport din “poartă în poartă”[40].

Satisfacerea acestor imperative, solicită din partea investitorilor găsirea unor soluții tehnice cât mai eficiente care să asigure desfășurarea permanentă a transporturilor pe drumuri în condiții de siguranță maximă și de confort.

Îmbunătățirea stării tehnice a drumurilor pentru a menține starea de viabilitate a acestora constituie o preocupare permanentă a specialiștilor din domeniu.

Fără a diminua obiectivul major al principalilor beneficiari de credite, de a menține într-o bună stare de viabilitate drumurile publice de interes național, în

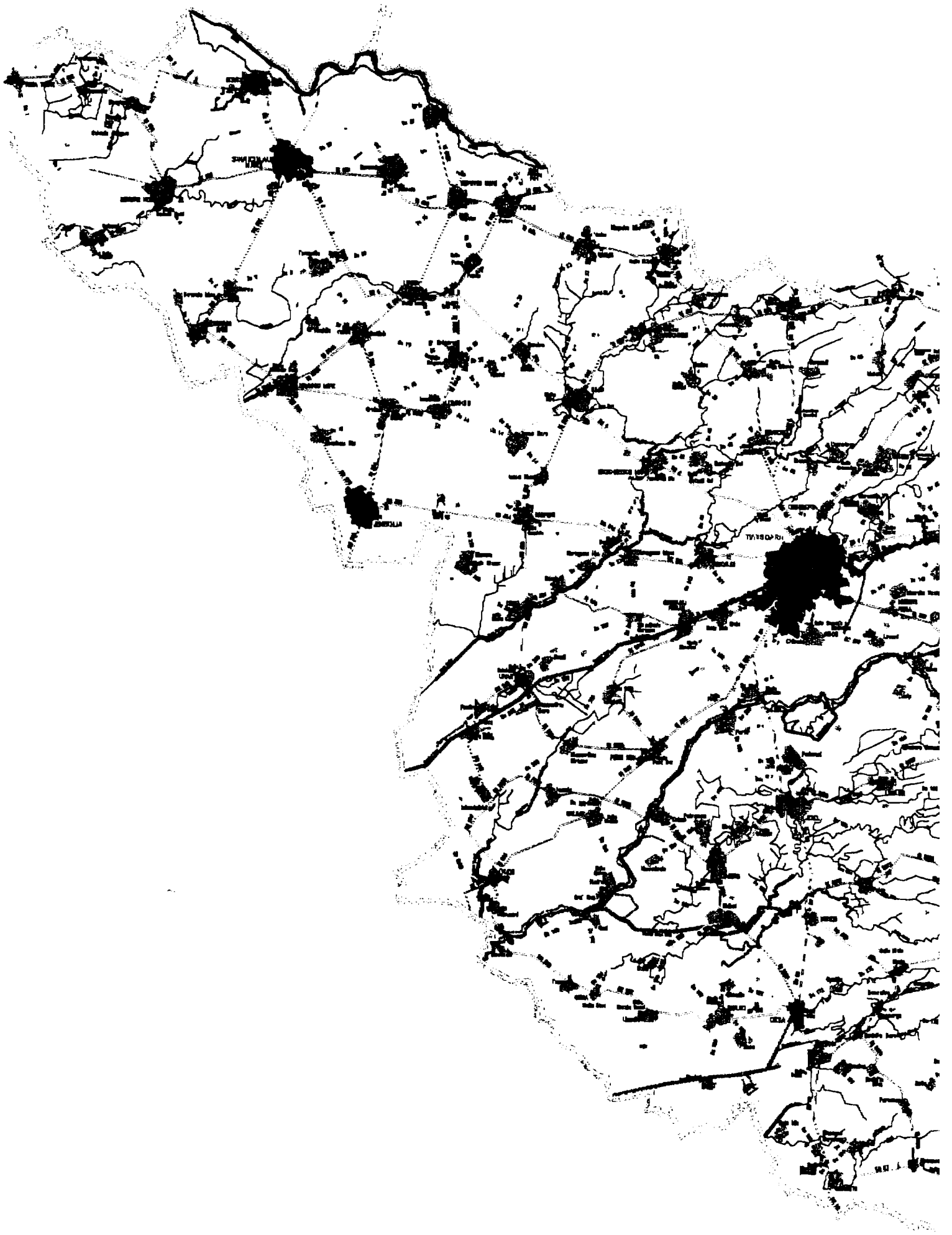
pezentul capitol sunt menționate și evaluate principalele pierderi economice și sociale care se înregistrează anual prin circulația ce se desfășoară pe drumuri cu trafic redus (drumuri județene și comunale, străzi urbane și rurale), cu referire la drumurile locale din județul Timiș.

## **2.1. Evoluția traficului rutier pe drumurile publice locale din județul Timiș în perioada 1975 ... 2000**

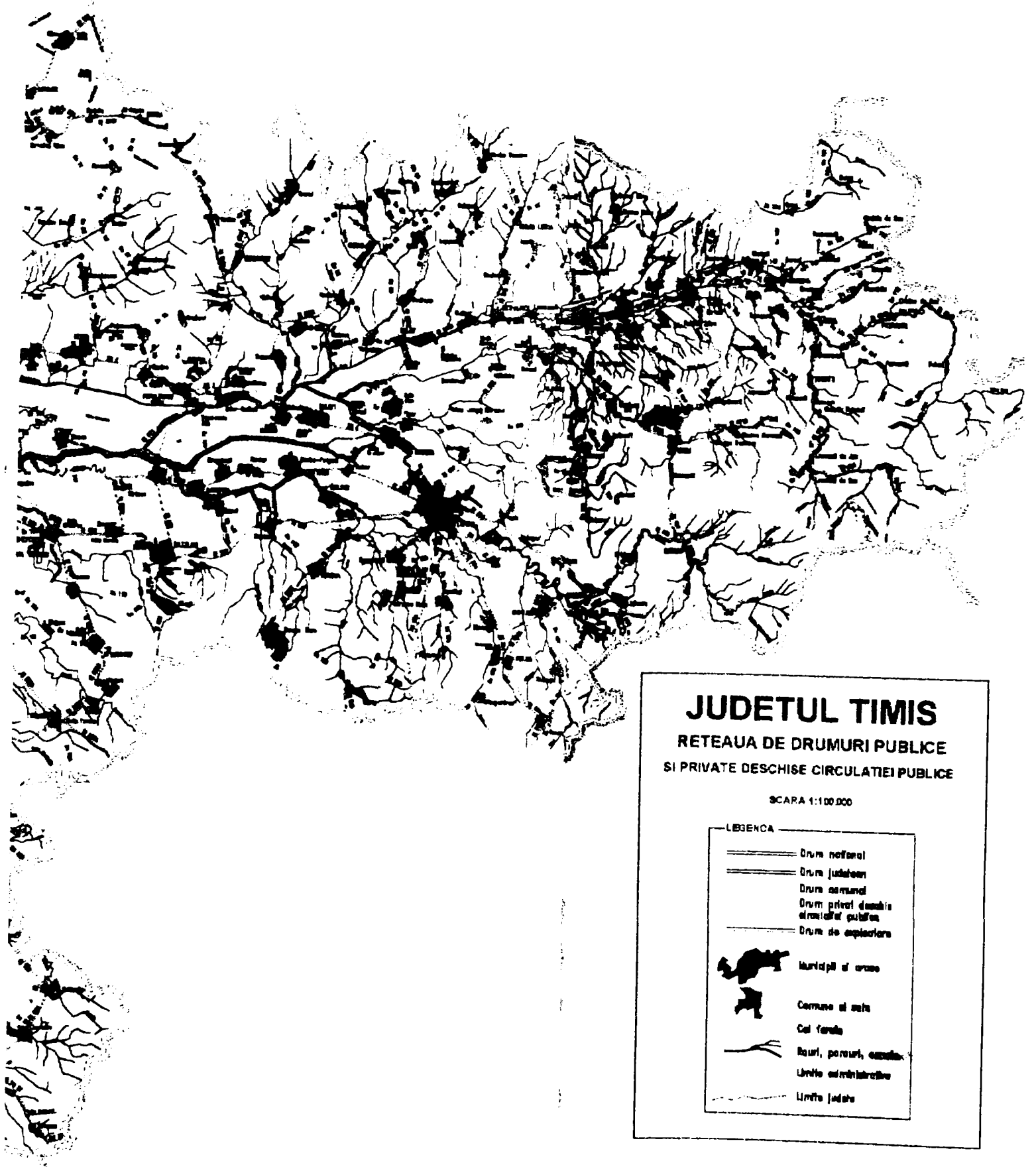
Județul Timiș este amplasat în partea de sud-vest a țării și se caracterizează printr-o economie judicios dezvoltată în toate zonele și de asemenea este un județ învecinat la granița României cu Iugoslavia și Ungaria iar în interiorul țării cu alte trei județe: Arad, Hunedoara și Caraș-Severin. Sub acest aspect, județul Timiș poate fi considerat și un important județ de tranzit [116] atât pentru traficul intern cât și pentru cel internațional. Cu un asemenea amplasament, coroborat cu o apreciată dezvoltare socio-economică, județul Timiș dispune de o rețea apreciabilă de drumuri publice naționale și locale (8097 km din care 2 367 km drumuri județene și comunale, fig. 2.1.).

Ca urmare a satisfacerii nevoilor de transport în continuă creștere, traficul rutier a cunoscut și el o creștere rapidă în ultimii ani, fapt evidențiat prin recensăminte periodice de circulație efectuate pe rețeaua de drumuri publice [110] [117].

În general, starea tehnică a unui drum este influențată de acțiunea traficului și a factorilor climaterici. În ceea ce privește acțiunea traficului rutier, trebuie evidențiat efectul distructiv al traficului greu asupra complexului rutier. Astfel efectul unei singure treceri a unui vehicul cu sarcina pe osie de 130 kN asupra oboselii structurii rutiere echivalează cu un milion de treceri ale unui autoturism. Oboseala unei structuri rutiere se datorează în proporție de 95 % traficului cu greutatea pe osie mai mare de 70 kN sau sarcina utilă mai mare de 50 kN [65] [85]. Acest trafic este generatorul degradărilor, influența traficului ușor fiind aproape neglijabilă.



*Fig. 2.1- Harta rețelei drumurilor pub*



*locale din județul Timiș*

Așadar, suprasarcinile măresc degradările structurii rutiere și scurtează durata de exploatare a drumurilor. Aceste efecte defavorabile sunt prezentate în tabelele 2.1. și 2.2. [21].

Tabelul 2.1.

Suprasarcină [ % ]	Degradări		Durata de exploatare	
	R.S.B.	R.S.H.	R.S.B.	R.S.H.
10	× 1,5	× 2,6	× 0,67	× 0,38
20	× 2,0	× 3,2	× 0,50	× 0,16
30	× 2,8	× 3,8	× 0,36	× 0,07

R.S.B. – ranforsare cu straturi bituminoase;

R.S.H. – ranforsare cu straturi din agregate stabilizate cu lianți hidraulici.

Tabelul 2.2.

Încărcarea pe osie [ kN ]	Ponderea în traficul total [ % ]	Degradări [ % ]
< 100	80	10
100 ... 130	12	20
> 130	8	75

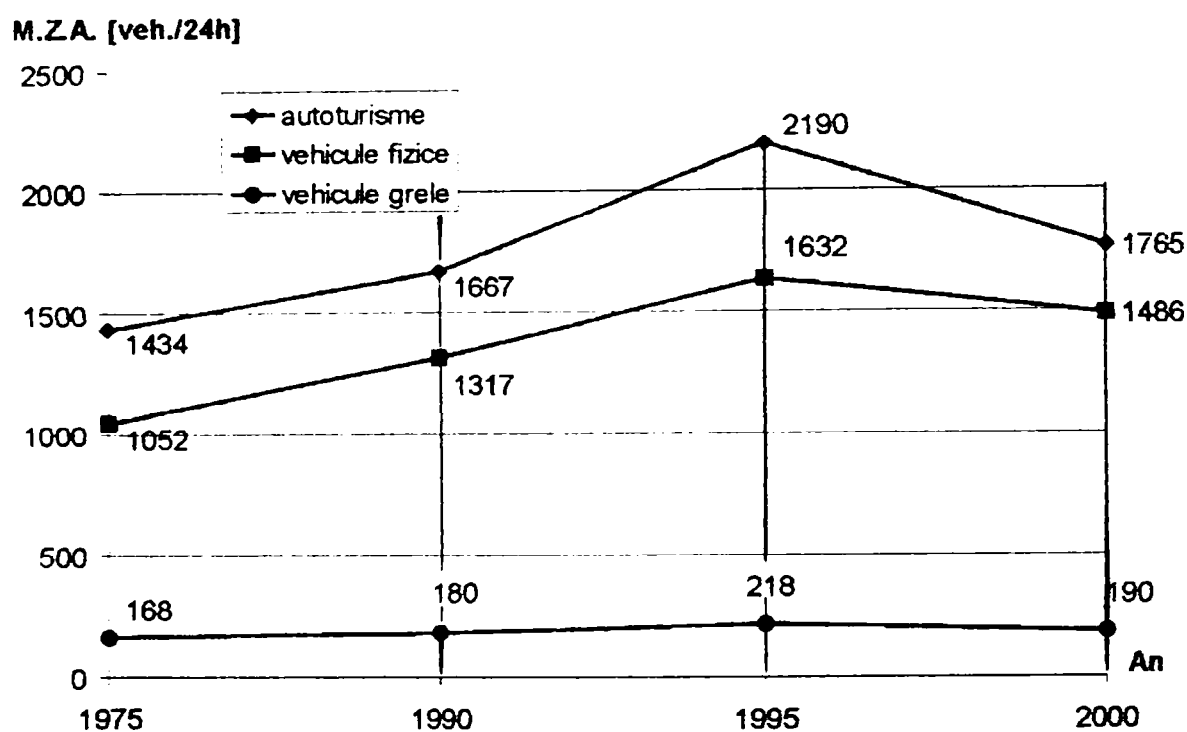
Suprasarcinile se datoresc în principal mutațiilor importante survenite în domeniul construcției autovehiculelor de marfă prin trecerea de la producția autovehiculelor cu sarcină utilă de 30...50 kN, la producția preponderentă a autovehiculelor cu sarcină utilă de 60...180 kN și chiar mai mare. Sub aspectul intensității traficului, referitor la drumurile publice locale din județul Timiș (drumuri județene și comunale) se constată că în perioada 1975...1995 traficul total a crescut cu 55 % iar traficul greu cu 30 %. Evoluția traficului pe rețeaua drumurilor locale din județ, pentru diverse tipuri de vehicule (vehicule fizice, vehicule grele și autoturisme ) este prezentată în fig. 2.2. [113].

Creșteri importante ale traficului, se constată în perioada 1990...1995, de 24 % pentru vehicule fizice, 31 % pentru autoturisme și 21 % pentru vehicule etalon (autoturisme).

Recensământul efectuat în anul 2000 [117] pe drumurile județene și comunale, din județul Timiș evidențiază o scădere a traficului (fig.2.2.) față de

traficul recenzat în 1995: cu 10 % s-a diminuat traficul total, 24 % traficul exprimat în vehicule etalon ( autoturisme) și cu 15 % traficul greu.

Acest fenomen, este explicat prin diminuarea traficului ușor, de mică capacitate (autoturisme, microbuze, și autocamioane cu 2....4 osii) în favoarea traficului de mare capacitate ( autobuze, autovehicule articulate de tip TIR, remorci și vehicule speciale).



*Fig. 2.2. Evoluția traficului pe drumurile publice locale din județul Timiș.*

## 2.2. Evoluția traficului rutier în perspectivă

Deoarece la dimensionarea structurilor rutiere se ține seama de traficul de perspectivă și pentru a adopta o structură cât mai eficientă din punct de vedere tehnic și economic care să asigure menținerea stării de viabilitate pe toată durata de exploatare a drumului, este foarte important modul de apreciere a traficului prognozat pe baza traficului recenzat.

Traficul de perspectivă se obține utilizând coeficienți de evoluție pentru diverse tipuri de vehicule. Acești coeficienți sunt stabiliți în funcție de o serie de parametri și care nu întotdeauna exprimă realitatea în totalitate. Dacă până în anul 1995, traficul recenzat era foarte apropiat de traficul prognozat [23], diferențele fiind nesemnificative [113], recensământul general de circulație din

anul 2000 [117] a scos în evidență diferențe importante, așa cum este prezentat și în paragraful 2.1. În tabelul 2.3. se prezintă intensitatea medie zilnică anuală recenzată în anul 2000, coeficienții de evoluție prognozați și cei realizați pentru total vehicule și pentru câteva grupe de autovehicule în cazul drumurilor județene ( exclusive drumuri comunale).

Tabelul 2.3.

Caracteristici	Total vehicule	Autoturisme, microbuze	Autocamioane cu două osii	Autocamioane cu trei sau patru osii	Autovehicule articulate autobuze
Trafic recenzat în 2000	929	579	55	26	61
Coef. de evoluție prognozat în 1995	1,40	1,50	1,50	1,40	1,50
Coef. de evoluție realizat în 2000	0,90	0,98	0,60	0,60	2,90
Diferența	- 0,50	- 0,52	- 0,90	- 0,80	+ 1,40

Se constată diferențe foarte mari între coeficienți cuprinși între - 0,52... +1,40. Traficul, în general s-a diminuat cu 10...48 %. Doar, categoria de autovehicule articulate și vehicule speciale ( din traficul greu ) a crescut cu 40%.

Cu ajutorul traficului recenzat în anul 2000 și a coeficienților de evoluție probabili, în tabelul 2.4. este prezentat traficul prognozat pentru total vehicule și autovehicule grele, pe drumurile județene și comunale în perioada 2005...2020.

Din acest tabel se observă că traficul rutier va crește continuu atât pe drumurile județene cât și pe cele comunale din județul Timiș.

Astfel în perioada 2000...2020 traficul total va crește cu 200 % pe drumurile județene și cu 210 % pe drumurile comunale.

Tabelul 2.4.

Tip drum \ Anul	2000	2005	2010	2015	2020
<b>Drumuri județene (D.J.)</b>					
Vehicule fizice total	929	1 115	1 487	1 580	1 858
din care autovehicule grele	142	156	183	212	239
Creșteri IMZA (%) total (autovehicule grele)	100 (100)	120 (110)	160 (129)	170 (149)	200 (168)



Tip drum \ Anul	2000	2005	2010	2015	2020
<b>Drumuri comunale (D.C.)</b>					
Vehicule fizice total	557	668	891	1 003	1 170
din care autovehicule grele	48	33	62	74	83
Creșteri IMZA (%) total (autovehicule grele)	100 (100)	120 (110)	160 (129)	180 (154)	210 (173)

Traficul greu și foarte greu va crește cu 168 % pe drumurile județene și cu 173 % pe drumurile comunale. În fig.2.3. este prezentată această dinamică pentru rețeaua drumurilor județene.

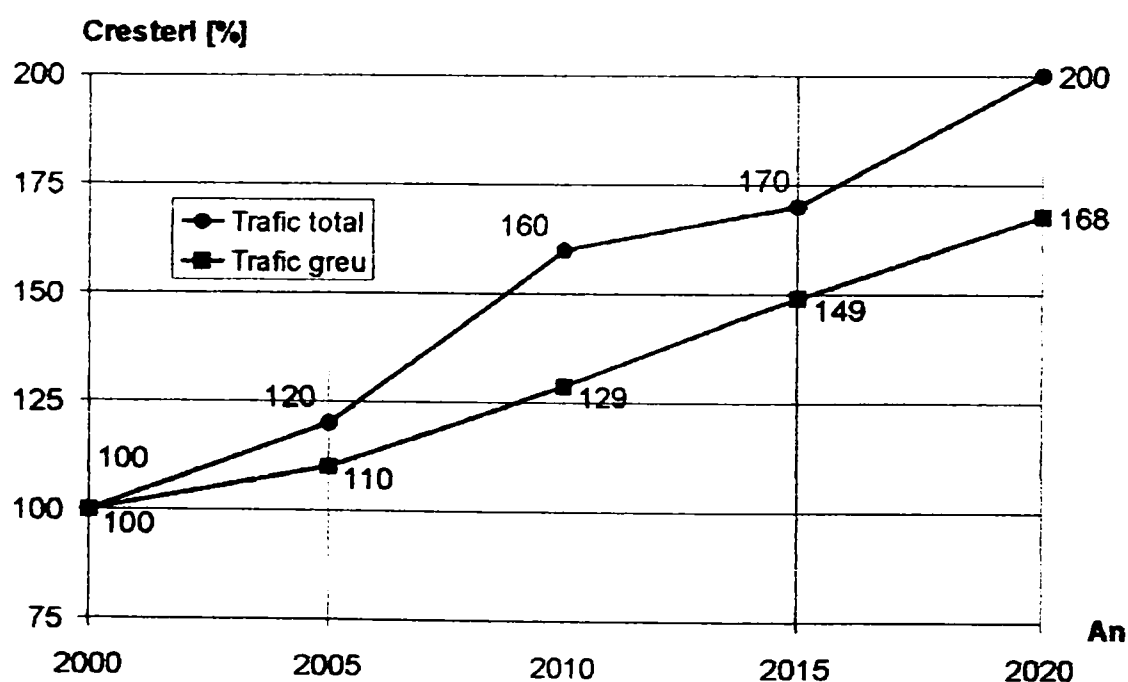


Fig. 2.3. Evoluția traficului rutier în perspectivă pe D.J.

Din tabelul 2.4. rezultă că intensitatea medie zilnică anuală, exprimată în vehicule efective (fizice), nu va ajunge să depășească limita de 3 500 veh./24 ore nici în anul 2020 pe rețeaua de drumuri din județul Timiș. Conform legislației [115] existente în țara noastră, drumurile cu un trafic mediu zilnic anual între 750...3 500 veh. fizice / 24 ore se încadrează în clasa tehnică IV și corespund unui trafic redus.

Deci, în această categorie pot fi încadrate drumurile județene și începând cu anul 2010, drumurile comunale. Pentru etapa 2000...2010, drumurile comunale sunt încadrate în clasa tehnică V cu un trafic foarte redus.

Chiar dacă nu vor putea fi încadrate într-o clasă tehnică superioară, ținând seama de lungimea mare a rețelei drumurilor publice locale și de rolul lor în dezvoltarea socială și economică a județului, coroborată cu creșterea continuă a traficului și în special a traficului greu justifică necesitatea intervențiilor pentru a asigura o stare tehnică corespunzătoare care să permită desfășurarea circulației în deplină siguranță și cu pierderi economice cât mai mici.

Cu toate greutățile existente în prezent datorită crizei financiare, pentru a asigura continuarea dezvoltării economice a țării este implicit necesar să se asigure dezvoltarea transporturilor.

Față de celelalte transporturi (aeriene, fluviale sau maritime și feroviare), transporturile auto sunt cele mai eficiente pentru transporturi în general și îndeosebi pentru transporturile de marfă pe distanțe scurte.

Volumul mărfurilor și materiilor prime transportate cu mijloace auto, a crescut de la 58 % în 1970 [40] la peste 87 % în 1994 [21] din totalul mărfurilor transportate.

Deci, dacă volumul mărfurilor crește, iar acestea trebuie transportate, acest lucru se poate realiza prin sporirea numărului de autovehicule (intensitatea traficului) și prin menținerea drumurilor într-o stare de viabilitate bună, în așa fel încât transporturile să se realizeze corespunzător și eficient din punct de vedere al prețului de cost și a consumului de energie.

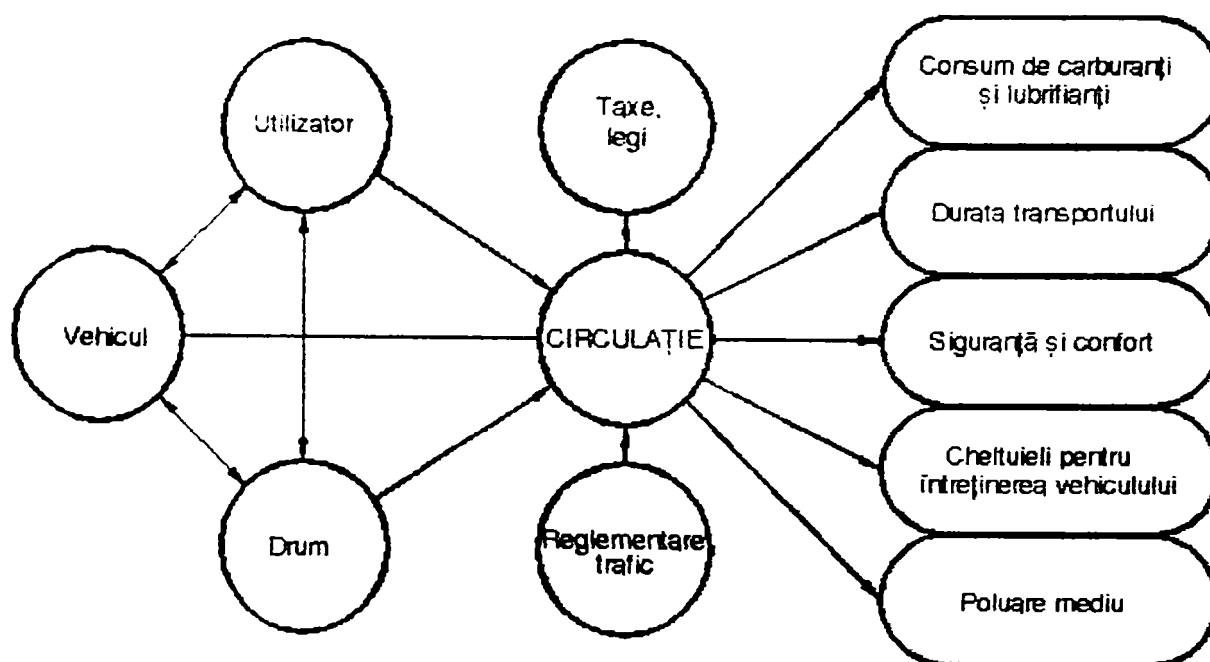
### **2.3. Influența stării tehnice a drumurilor asupra consumului energetic**

Rolul important al transporturilor rutiere în contextul general al satisfacerii cerințelor de transport al economiei naționale și populației este fundamentat de gradul mare de mobilitate al autovehiculelor care sunt capabile

să asigure transportul în orice zonă din teritoriu, chiar și în locurile greu accesibile pentru alte mijloace de transport.

Sarcina principală a transporturilor rutiere constă în derularea traficului de mărfuri și călători, desfășurarea traficului de colectare – distribuție între cele 15 000 de localități ale țării, din care numai 1 000 sunt servite de rețeaua feroviară [26].

În procesul de transport, asigurarea desfășurării circulației rutiere este dependentă de o serie de factori: utilizator, vehicul, drum, precum și de o serie de reglementări de trafic sau de taxe și de legi de circulație. Aceste aspecte sunt prezentate schematic în figura 2.4.



*Fig. 2.4. Factorii care influențează desfășurarea circulației rutiere și implicarea acestora în realizarea transporturilor.*

Odată cu satisfacerea nevoilor de transport, în condiții de siguranță și confort, desfășurarea circulației rutiere implică și cheltuieli cu exploatarea mijloacelor de transport precum și cheltuieli pentru diminuarea impactului asupra mediului înconjurător.

Dintre factorii mai importanți legați de drum, care influențează eficiența exploatării mijloacelor de transport trebuie menționați: amenajarea corespunzătoare a elementelor geometrice, existența intersecțiilor la nivel, în

special cu calea ferată, menținerea viabilității drumurilor printr-o întreținere continuă și calitatea suprafeței de rulare a drumului.

Consumul normat de carburanți și lubrifianți al autovehiculelor este influențat în mod direct de viteza de circulație care la rândul ei este determinată de:

- existența sectoarelor de drum cu elemente geometrice defavorabile (curbe cu raze mici, rampe cu declivități mari, zone cu vizibilitate redusă);
- gradul de perfecționare a suprafeței de rulare;
- existența condițiilor climaterice defavorabile circulației;
- experiența conducătorilor auto.

Consumurile energetice, sunt influențate în mod hotărâtor de starea tehnică a drumurilor pe care se desfășoară circulația.

### **2.3.1. Influența caracteristicilor geometrice ale drumului**

În activitatea de proiectare a drumurilor, în funcție de clasa tehnică a acestuia și zona de relief pe care o străbate, se stabilește viteza de proiectare. Acesta constituie o caracteristică foarte importantă nu numai pentru activitatea de proiectare (în funcție de viteza de proiectare se stabilesc unele elemente geometrice limită: razele caracteristice în plan și razele minime în profil longitudinal, declivități maxime admise, pasul minim de proiectare, distanța minimă de vizibilitate) dar și pentru activitatea ulterioară de exploatare a drumului, influențând în mod evident viteza de circulație.

În plan, curbele de racordare a aliniamentelor constituie sectoare de drum ce influențează consumul de carburanți și probabilitatea producerii accidentelor. Cu cât razele curbilor sunt mai mici, cu atât consumul de carburanți și rata accidentelor crește [103]. Din fig. 2.5 se constată o creștere asimetrică a indicelui de consum pentru curbe cu  $R < 200$  m în cazul autocamioanelor și în curbe cu  $R < 400$  m în cazul autotrenurilor. De asemenea rata accidentelor crește

în curbe cu  $R < 400$  m, fiind mult mai mare pentru viteza de circulație limită de 90 km/h față de o viteză de 70 km/h.

Trecerea de la viteza  $V$  din aliniament la viteza  $V_c$  din curbă se realizează pe o lungime din aliniament, numită lungime suplimentară a curbei  $L_s$ , și se poate calcula cu relația [27]:

$$L_s = 0,77(V^2 - V_c^2) + \left( \frac{L_c}{V_c} - \frac{V_c}{V} \right) \quad [m] \quad (2.1)$$

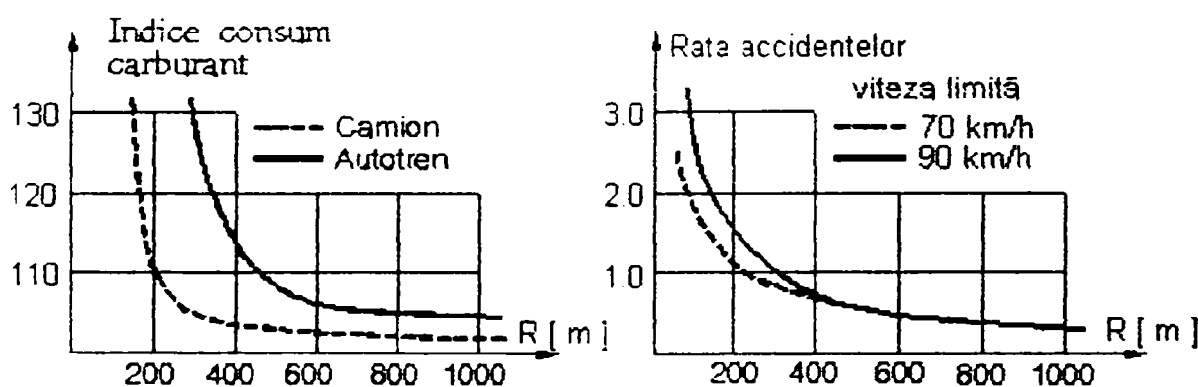


Fig. 2.5. Influența razei de racordare în plan asupra consumului de carburant și a ratei accidentelor.

unde:  $L_s$  este lungimea suplimentară a curbei, în m;

$V$  - viteza în aliniament, în km/h;

$L_c$  - lungimea curbei, în m;

$V_c$  - viteza în curbă, în km/h.

Se constată că lungimea suplimentară pe care o parcurge un autovehicul în aliniament, depinde de lungimea curbei și de vitezele de circulație ale autovehiculelor în aliniament și în curbă. Cu cât viteza autovehiculului din curbă este mai apropiată de cea din aliniament, cu atât și lungimea suplimentară este mai mică.

Consumul de carburanți crește simțitor și în cazul traseelor sinuoase, fiind pentru astfel de trasee direct proporțional cu viteza autovehiculului (fig. 2.6.), în cazul unui autovehicul greu.

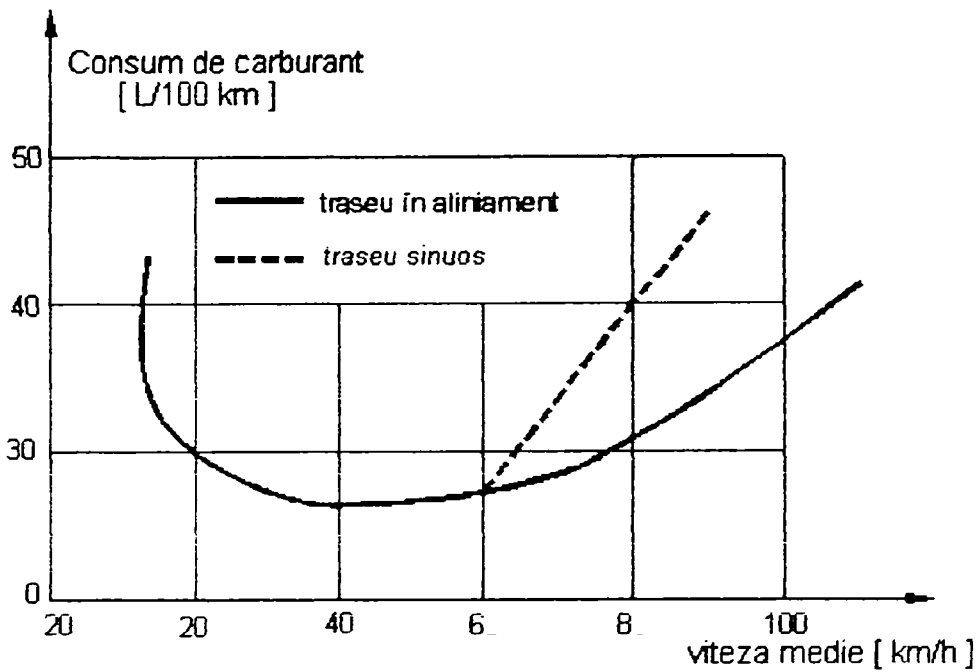


Fig. 2.6. Consumul de carburant pentru autovehiculele grele.

În figura 2.7 sunt prezentate consumurile de carburant, exprimate în L/100 km, funcție de traseul străbătut și de viteza de deplasare, pentru autovehicule ușoare.

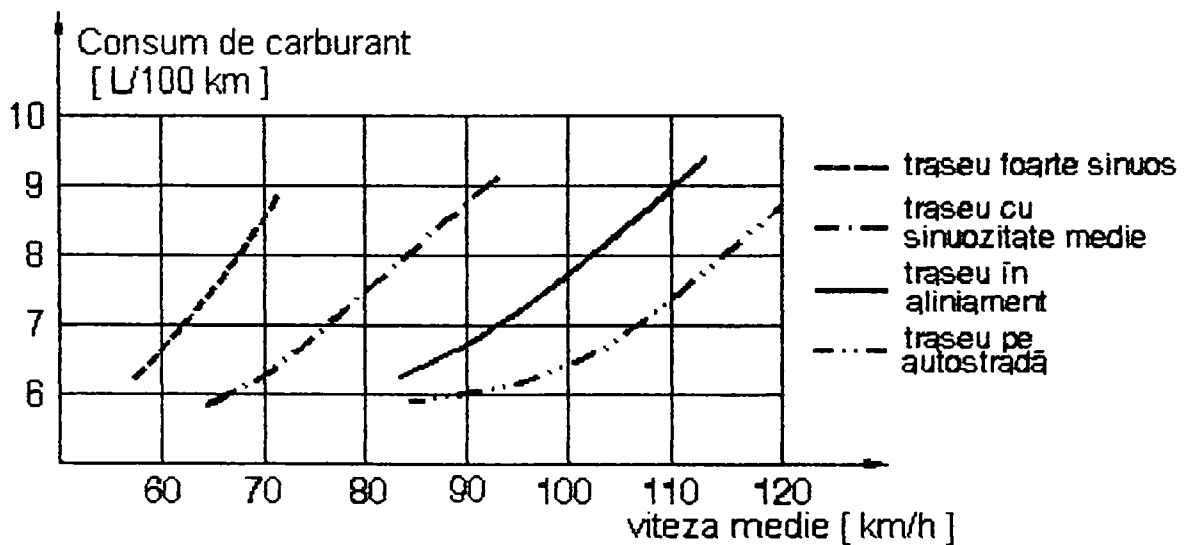


Fig. 2.7. Consumul de carburant pentru autovehiculele ușoare.

În profil longitudinal, un drum afectează consumul de carburant pe sectoarele în rampă. De aceea, linia roșie trebuie să prezinte rampe cât mai lungi cu declivități cât mai mici, pentru ca în exploatare, acestea să asigure un consum optim de carburanți. În tabelul 2.5 sunt prezentați indici de consum pe categorii de vehicule la lungimi de drum în palier echivalent unui kilometru de drum în rampă [110].

Tipul autovehiculului	Rampe [ % ]							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Autoturism	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,35	1,50	1,65
Autocamion 50 kN	1,10	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,25	2,70
Autocamion 100 kN	1,25	1,50	1,75	2,05	2,45	2,80	3,30	3,80
Autocamion 180 kN	1,45	1,90	2,35	2,90	3,40	3,90	4,40	5,10

Diagramele din figura 2.8. prezintă consumurile de carburant pe tipuri de autovehicule, funcție de diverse valori ale declivității liniei roșii în rampă [27].

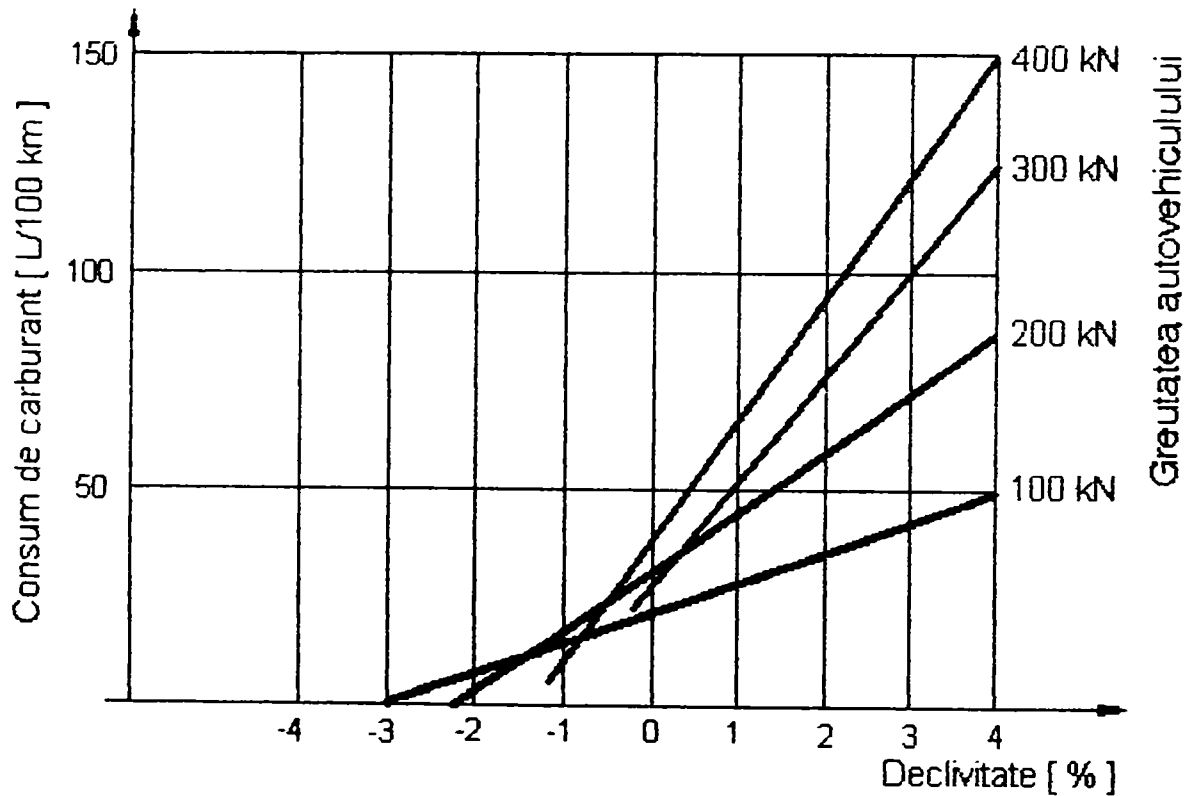


Fig. 2.8. Variația consumului de carburanți în profil longitudinal.

Creșteri însemnate de carburant ale autovehiculelor concomitent cu mărirea duratei de parcurs, are loc pe durata încetinerii și opririi acestora din cauza diverselor obstacole în cale curentă sau a staționării la bariere în cazul intersecțiilor la nivel cu calea ferată. În tabelul 2.6 sunt prezentate creșterile consumului de benzină pentru diverse tipuri de autovehicule având viteza de circulație de 50 ... 70 km/h [27].

Tipul de autovehicul	Camion 40 kN			Camionetă 30 kN			Autoturism		
	50	60	70	50	60	70	50	60	70
Viteza de circulație [ km/h]	50	60	70	50	60	70	50	60	70
Lungimea de accelerație [m]	150	180	200	100	130	170	80	100	120
Creșteri consum de benzină [%]	56	52	50	64	58	48	65	63	61

Consumul energetic unitar mediu ( $C_e$ ) se poate calcula în funcție de elementele geometrice ale drumului și de tipul autovehiculului cu ajutorul următoarelor relații [26]:

– pentru autovehicule ușoare:

$$C_e = \frac{1,1}{100} \left( 4,2 + \frac{137}{V} \right) \quad (2.2)$$

unde:  $V$  este viteza medie în km/h.

– pentru autovehicule grele:

$$C_e = \frac{I}{100} \left[ a \frac{V^2}{10^4} + b + \frac{c}{V} + 3,4 \frac{L_1}{L} (d_1 - 1,5) + 3,4 \frac{L_2}{L} + 4,6 (d_2 - 2,5) \right] + 10,3 \frac{L_3}{L} + 5,2 (d_3 - 4) + 4 \cdot 10^{-5} \frac{I}{L} \sum_{i=1}^m (V_{mp}^2 - V_{mr}^2) \quad (2.3)$$

unde:  $V$  este viteza medie pe sectorul de drum parcurs, în km/h;

$V_{mp}$  - viteza medie pe palier, în km/h;

$V_{mr}$  - viteza medie pe rampă, în km/h;

$L$  - lungimea sectorului de drum parcurs, în km;

$L_1, L_2, L_3$  - lungimile rampelor în km, având declivitățile medii  $d_1 = 1,5$

... 2,5 %,  $d_2 = 2,5 \dots 4,0$  % și respectiv  $d_3 > 4,0$  %;

$m$  - numărul rampelor;

$a = 23,7 + 28,8 n$ ;

$b = 3,8 + 3,6 n - 0,115 nR$ ;



$$c = 636;$$

$n$  și  $R$  - numărul și raza medie exprimată în metri a curbilor cu raza mai mică de  $V^2/32$ .

Consumul de carburant este direct proporțional cu puterea pe care trebuie să o dezvolte motorul pentru a putea să se deplaseze cu viteza dorită și în același timp să învingă rezistențele datorită traseului.

Puterea motorului ( $Q$ ) poate fi determinată cu relația:

$$Q = \frac{1}{\eta} \left\{ P \frac{dV}{dt} + \frac{5}{2} C_x \cdot S_f^2 + \left[ \frac{P(V^2 - g \sin \alpha)}{C_a} \right]^2 + Gg \frac{D^2}{R^2} + P(C_{r1} + C_{r2}) + P g \sin \frac{d}{1000} \right\} \quad (2.4)$$

unde:  $\eta$  este coeficient de eficiență;

$P$  - sarcina pe osia dublă, în kN;

$\frac{dV}{dt}$  - variația vitezei, în m/s;

$G$  - greutatea autovehiculului, în kN;

$C_x$  - coeficient aerodinamic;

$S_f$  - suprafața secțiunii transversale a autovehiculului, în m<sup>2</sup>;

$C_{r1}$  și  $C_{r2}$  - coeficienți de rezistență la rulare;

$V$  - viteza de deplasare, în km/h;

$d$  - declivitatea în profil longitudinal, în %;

$R$  - raza de racordare în plan, în m;

$D$  - distanța dintre osii, în m;

$g$  - accelerația gravitațională, în m/s<sup>2</sup>;

$\alpha$  - panta transversală a părții carosabile, în °;

$C_a$  - coeficient de stabilitate.

Caracteristicile geometrice ale unui drum care influențează consumul de carburant în mod direct sunt: raza de racordare în plan, declivitatea în profil longitudinal și supraînălțarea.

### 2.3.2. Influența gradului de perfecționare a suprafeței de rulare

Starea suprafeței de rulare și tipul de îmbrăcăminte existentă pe un drum are o influență hotărâtoare asupra consumului de carburant și implicit asupra costului transportului.

Din studiile și cercetările întreprinse pentru diverse tipuri de îmbrăcăminti rutiere în stare bună, mediocră sau rea, la viteze de circulație posibile de realizat, a rezultat dependența consumului de carburanți de starea tehnică a îmbrăcămintei, tipul și viteza de circulație a autovehiculelor [36] [61].

Creșterile consumului de carburanți sunt evidențiate în tabelul 2.7 pentru două tipuri de autovehicule care circulă cu aceleași viteze, pe drumuri pietruite având suprafața de rulare în stare bună și mediocră. Coeficienții de creștere sunt raportați la circulația în aceleași condiții (tip autovehicul și viteză) pe un drum cu îmbrăcăminte din beton de ciment în stare bună.

Tabelul 2.7.

Îmbrăcăminte drumului și starea tehnică	Camioane de 50 kN		Autoturisme	
	Viteza [ km/h ]			
	40	50	50	70
Beton de ciment în stare bună	100	100	100	100
Pietruire în stare bună	112	112	108	113
Pietruire în stare mediocră	132	154	116	122

Se constată că un autocamion de 35 kN, consumă la o viteză de 50 km/h, cu 54 % mai mult pe un drum pietruit în stare mediocră față de un drum cu îmbrăcăminte din beton de ciment în stare bună. În cazul unui autoturism care circulă cu o viteză de 70 km/h, în aceleași condiții de drum, creșterea consumului este de 22 %.

În figura 2.9 sunt prezentate consumurile suplimentare de carburanți pentru un același tip de autovehicul care circulă cu diverse viteze pe drumuri de pământ, pietruite și cu îmbrăcăminti moderne (IM) [27].

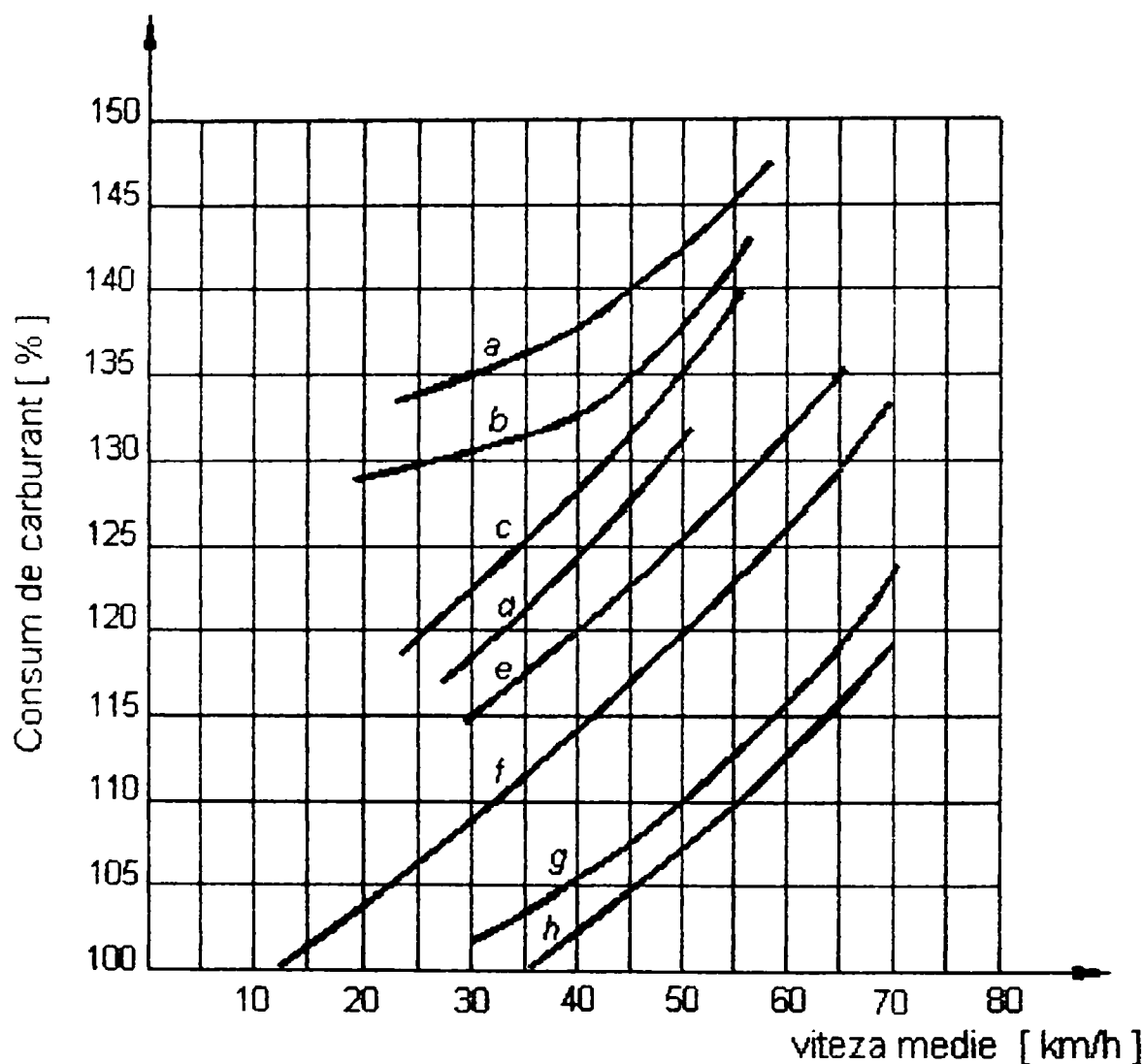


Fig. 2.9. Variația consumului de carburanți în funcție de gradul de perfecționare a suprafeței de rulare.

Semnificațiile curbelor prezentate în figura 2.9 sunt următoarele:

- a* – drum de pământ în stare mediocră;
- b* – pietruire necompactată;
- c* – pietruire în stare mediocră;
- d* – pietruire în stare bună;
- e* – pavaje din piatră cioplită;
- f* – îmbrăcăminte bituminoasă sau din beton de ciment în stare mediocră;
- g* – îmbrăcăminte bituminoasă sau din beton de ciment cu denivelări și fisuri;

$h$  – îmbrăcăminte bituminoasă sau din beton de ciment în stare bună.

Se constată că, consumul de carburanți este influențat direct de tipul îmbrăcămintei, starea ei tehnică și viteza de deplasare a autovehiculului.

Astfel, la o viteză de 35 km/h, consumul de carburanți crește cu 22 % pe un drum pietruit în stare bună, cu 36 % pe un drum pietruit în stare mediocră și cu 37 % pe un drum de pământ, comparativ cu consumul pe un drum cu îmbrăcăminte bituminoasă sau din beton de ciment în stare bună.

Pe de altă parte, circulația pe un drum cu îmbrăcăminte modernă cu denivelări și fisuri (curba  $g$ ), sporirea vitezei de circulație de la 30 km/h la 60 km/h, conduce la un consum suplimentar de 15 %.

Din cele prezentate rezultă rolul important al activității de modernizare a drumurilor, evitându-se menținerea drumurilor pietruite și a celor de pământ care duc la un consum mare de carburanți, lubrifianți, anvelope și în final pagube mari la nivelul economiei întregii țări.

Starea drumurilor are o influență hotărâtoare și asupra psihicului utilizatorilor. Un drum bine întreținut, cu aspect estetic, civilizat are un efect recreativ, reconfortant și întârzie apariția oboselei conducătorului auto, pe când un drum în stare necorespunzătoare (gropi, praf, noroi etc.) provoacă stresul și oboseala utilizatorilor, diminuarea capacității de muncă [14] [51].

#### **2.4. Evaluarea economiilor anuale ce s-ar putea realiza prin desfășurarea circulației pe drumurile locale din județul Timiș, aflate într-o bună stare de viabilitate**

După cum s-a arătat în paragraful 2.3., consumurile suplimentare de carburanți, lubrifianți și anvelope depind în principal de unele elemente geometrice ale drumurilor, de tipul îmbrăcămintei rutiere și starea tehnică a acesteia. De asemenea, costuri suplimentare însemnate pentru transporturi se datoresc staționărilor la intersecțiile la nivel cu calea ferată.

Dacă asupra elementelor geometrice se poate interveni eficient, fără eforturi financiare deosebite, de către specialiștii în domeniu, asigurarea

viabilității drumurilor privind realizarea structurii rutiere și menținerea acesteia într-o bună stare, necesită o unificare a eforturilor atât din partea specialiștilor cât mai ales a administrației (deținători de credite).

Din categoriile de drumuri menționate rezultă că drumurile pietruite și de pământ sunt cele mai costisitoare pentru utilizatori, motiv pentru care găsirea unor noi soluții eficiente pentru menținerea acestora într-o bună stare de viabilitate sunt primordiale.

Pe lângă efectele economice care se resimt în bugetul utilizatorilor, drumurile pietruite și cele de pământ prezintă și multe alte inconveniente pentru desfășurarea circulației.

Astfel, în perioadele cu precipitații reduse sau secetoase, drumurile de pământ nivelate și compactate asigură condiții bune de circulație. Dar, formarea prafului și ridicarea lui sub efectul circulației (fenomen ce se manifestă și în cazul drumurilor pietruite), duce la diminuarea vizibilității, afectând siguranța circulației și la poluarea mediului înconjurător, a utilizatorilor și a mărfii transportate. În perioadele cu umiditate ridicată, de primăvară (după topirea zăpezilor) și de toamnă (după ploi abundente), datorită înmuierii terasamentului și formării noroiului, drumurile de pământ devin foarte greu de circulat și uneori impracticabile. Sub circulația autovehiculelor grele, în partea carosabilă, se formează făgașe cu dimensiuni apreciabile (uneori adevărate șanțuri longitudinale) care împiedică și chiar blochează desfășurarea circulației.

Pe drumurile de pământ și pietruite este mult afectat și confortul călătorilor. De asemenea, desfășurarea cu preponderență a transporturilor pe astfel de drumuri conduce la reducerea duratei de exploatare a mijloacelor de transport, datorită uzurii premature la care acestea sunt supuse.

În prezentul paragraf se vor prezenta economiile posibil de realizat prin evaluarea pierderilor produse economiei județului Timiș, datorită desfășurării circulației pe drumurile pietruite precum și prin opririle la trecerile la nivel cu calea ferată.

Calcululele sunt efectuate conform unei metodologii elaborate de IPTANA București.

#### **2.4.1. Evaluarea pierderilor economice datorită circulației autovehiculelor pe drumuri pietruite față de circulația pe drumuri cu îmbrăcămînți moderne**

Calcululele pierderilor financiare prin circulația pe drumurile pietruite, constau în evaluarea costurilor consumurilor suplimentare de carburanți, lubrifianți și anvelope a traficului rutier recenzat în 2000 pe drumurile locale pietruite din județul Timiș.

Prețurile luate în considerare sunt cele practicate de S.C. DRUMCO S.A. Timiș la 01 iulie 2001.

Cheltuielile de transport ale autovehiculelor pe drumurile publice se compun din:

- cheltuieli variabile ( $C_v$ ), care sunt stabilite funcție de categoria drumului și distanța parcursă și includ cheltuieli pentru combustibili, lubrifianți și anvelope, pentru amortismente, întreținerea și repararea autovehiculelor. Se exprimă în \$/vehicul km.
- cheltuieli fixe ( $C_f$ ) care conțin cheltuielile de închiriere a autovehiculelor și de retribuire a conducătorilor auto. Se exprimă în \$/vehicul oră.

Valorile elementelor de calcul pentru cheltuielile variabile pe drumurile pietruite, în comparație cu drumurile cu îmbrăcămînți moderne sunt prezentate în tabelul 2.8 [26].

Pentru calculul cheltuielilor unitare s-a luat în considerare structura traficului rutier recenzat în 2000 pe drumurile județene. Structura traficului este exprimată în procente din totalul care nu include traficul de biciclete, motocicletele, remorci și vehicule cu tracțiune animală.

Tabelul 2.8.

Tipul autovehiculelor	Structura traficului [%]	Cheltuieli variabile [\$/veh.km]		Diferențe	Pierderi unitare la cheltuieli variabile [\$/veh.km] ( $P_v$ )
		Categoria drumului			
		Pietruit	Modernizat		
0	1	2	3	4	5
Autoturisme, microbuze	80	0,286	0,215	0,071	0,057
Autocamioane și derivate cu două osii	8	0,616	0,462	0,154	0,013
Autocamioane și derivate cu trei și patru osii	4	0,771	0,578	0,193	0,008
Autovehicule articulate	1	1,175	0,882	0,293	0,001
Autobuze	1	0,482	0,361	0,121	0,001
Tractoare, vehicule speciale	7	1,040	0,780	0,260	0,018
<b>TOTAL PIERDERI UNITARE LA CHELTUIELI VARIABILE</b>					<b>0,098</b>

Cheltuielile fixe ( $C_f$ ) sunt prezentate în funcție de tipul autovehiculului în tabelul 2.9.

Tabelul 2.9.

Tipul autovehiculelor	Structura traficului [%]	Cheltuieli fixe [\$/veh.oră]	$\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2}$	Pierderi unitare la cheltuieli fixe ( $P_f$ ) [\$/veh.km]
0	1	2	3	4
Autoturisme, microbuze	80	2,021	0,0233	0,019
Autocamioane și derivate cu două osii	8	3,390		0,002
Autocamioane și derivate cu trei și patru osii	4	3,908		0,001
Autovehicule articulate	1	4,639		0,001
Autobuze	1	2,904		0,001
Tractoare, vehicule speciale	7	4,207		0,002
<b>TOTAL PIERDERI UNITARE LA CHELTUIELI FIXE</b>				<b>0,016</b>

Pierderile unitare valorice ( $P_u$ ) pe drumurile pietruite se compun din pierderi la cheltuieli variabile ( $P_v$ ) și pierderi la cheltuieli fixe ( $P_f$ ):

$$P_u = P_v + P_f \quad (2.5)$$

Pierderile la cheltuieli variabile ( $P_v$ ) evaluate în ultima coloană din tabelul 2.8 au rezultat ca o însumare a pierderilor pe tipuri de autovehicule (col.5 = col.1 × col.4).

Pierderile unitare la cheltuieli fixe ( $P_f$ ), din tabelul 2.9 au fost calculate prin însumarea, pe tipuri de autovehicule, a pierderilor datorită timpului mai lung de parcurgere a drumului pietruit cu viteza  $V_1=25 \text{ km/h}$  față de drumul modernizat parcurs cu viteza  $V_2=60 \text{ km/h}$ :

$$P_f = \sum \left( \frac{C_{f_i}}{V_1} - \frac{C_{f_i}}{V_2} \right) = C_{f_i} \sum \left( \frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2} \right) \quad (2.6)$$

unde:  $C_{f_i}$  sunt cheltuielile fixe orare pe tipuri de autovehicule, în \$ / veh.oră;

$V_1$  - viteza medie de circulație pe drumuri pietruite, în km/h;

$V_2$  - viteza medie de circulație pe drumuri modernizate, în km/h.

Ca urmare, pierderile unitare valorice totale sunt:

$$P_u = P_v + P_f = 0,098 + 0,016 = 0,114 \text{ \$ / vehicul km}$$

Pierderile valorice totale care se produc pe durata unui an de zile pe drumurile locale pietruite și de pământ din județul Timiș se calculează cu relația:

$$P_t = L \times M.Z.A. \times N \times P_u \quad [\text{\$/ an}] \quad (2.7)$$

unde:  $L$  este lungimea drumurilor pietruite și de pământ, în km;

$M.Z.A.$  – media zilnică anuală în 24 ore;

$N$  – numărul zilelor dintr-un an calendaristic;

$P_u$  – pierderile unitare totale pe drumuri pietruite, în \$ / vehicul km.

De la 01 ianuarie 2002, lungimea totală a rețelei drumurilor publice locale pietruite și de pământ din județul Timiș (conform tabelului 1.2) este de 3 772 km din care:

- 397 km drumuri județene cu o medie zilnică anuală de 721 vehicule în 24 ore (  $M.Z.A.$  fără biciclete, motociclete, remorci și vehicule cu tracțiune animală );



- 1 099 km drumuri comunale cu o medie zilnică anuală de 360 vehicule în 24 ore;
- 513 km străzi urbane;
- 2 631 km străzi rurale.

Pentru a obține pierderile la cheltuielile de transport pentru întreaga rețea a drumurilor cu trafic redus din județul Timiș, se va lua în considerare, pe tip de drum sau stradă, lungimea rețelei, intensitatea medie zilnică anuală (MZA) și pierderile valorice unitare.

Din lipsa datelor de trafic în cazul străzilor, pentru simplificare, se consideră M.Z.A. în cazul străzilor urbane egală cu M.Z.A. pe drumurile județene iar în cazul străzilor rurale cu M.Z.A. de pe drumurile comunale.

Ca urmare, pierderile anuale produse prin desfășurarea circulației pe drumurile pietruite și de pământ din județul Timiș sunt:

- pe drumuri județene și comunale:

$$P_t = (397 \text{ km} \times 721 \text{ veh./24 ore} + 1\,099 \text{ km} \times 360 \text{ veh./24 ore}) \times 365 \text{ zile/an} \times 0.114 \text{ \$/veh km} = 28\,372\,902 \text{ \$ / an}$$

- pe străzi urbane și rurale:

$$P_u = (513 \text{ km} \times 721 \text{ veh./24 ore} + 2\,631 \text{ km} \times 360 \text{ veh./24 ore}) \times 365 \text{ zile/an} \times 0.114 \text{ \$/veh km} = 54\,801\,743 \text{ \$ / an}$$

Deci, pierderile anuale la nivelul județului Timiș, care ar putea deveni economii ce s-ar putea realiza anual prin modernizarea drumurilor pietruite și de pământ sunt de 83 174 645 \$ /an.

Pentru stabilirea consumurilor suplimentare de carburanți, lubrifianți și anvelope se ia în considerare ponderea acestora în totalul cheltuielilor variabile ( $C_v$ ).

$$C_v = C_{v1} + C_{v2} + C_{v3} + C_{v4} + C_{v5} \quad (2.8)$$

unde:  $C_{v1}$  (sunt cheltuieli pentru carburanți) = 28,0 %;

$C_{v2}$  (sunt cheltuieli pentru lubrifianți) = 2,5 %;

$C_{v3}$  (sunt cheltuieli pentru anvelope) = 10,5 %;

$C_{v4}$  (sunt cheltuieli pentru amortismente) = 35,0 %;

$C_{v5}$  (sunt cheltuieli pentru întreținere) = 24,0 %.

Consumurile suplimentare unitare se calculează cu următoarele relații:

– pentru carburanți:

$$C_c = \frac{P_v}{C_1} \times C_{v1} \quad [\text{L} / \text{vehicul km}] \quad (2.9)$$

unde:  $C_c$  este consumul suplimentar de carburanți, în L / vehicul km;

$C_1$  – prețul unitar de carburant, în \$ / L;

$C_{v1}$  – cheltuieli variabile pentru carburanți, în \$ / vehicul km.

– pentru lubrifianți:

$$C_l = \frac{P_v}{C_2} \times C_{v2} \quad [\text{L} / \text{vehicul km}] \quad (2.10)$$

unde:  $C_l$  este consumul suplimentar de lubrifianți, în L / vehicul km;

$C_2$  – prețul unitar de lubrifiant, în \$ / L;

$C_{v2}$  – cheltuieli variabile pentru lubrifianți, în \$ / vehicul km.

pentru anvelope:

$$C_a = \frac{P_v}{C_3} \times C_{v3} \quad [\text{buc.} / \text{vehicul km}] \quad (2.11)$$

unde:  $C_a$  este consumul suplimentar de anvelope, în buc. / vehicul km;

$C_3$  – prețul unei anvelope, în \$ / buc.;

$C_{v3}$  – cheltuieli variabile pentru anvelope, în \$ / vehicul km.

Prețurile materialelor, valabile la 01 iulie 1998 sunt:

– pentru motorină: 0,457 \$ / L;

– pentru lubrifianți: 1,851 \$ / L;

– pentru anvelope: 246,047 \$ / buc.

Ca urmare, consumurile suplimentare unitare, calculate cu relațiile 2.9, 2.10 și 2.11 vor fi:

$$C_c = \frac{0.109\$/vehicul\ km}{0.457\$/L} \times 0,28 = 0,067\ L/vehicul\ km \ ;$$

$$C_l = \frac{0.109\$/vehicul/km}{1.851\$/buc} \times 0,025 = 0,0015\ L/vehicul\ km \ ;$$

$$C_a = \frac{0.109\$/vehicul/km}{246.047\$/buc} \times 0,105 = 0,000046\ buc./vehicul\ km \ .$$

Consumurile suplimentare anuale pe drumurile publice locale pot fi calculate similar, utilizând aceleași date, privind lungimea rețelei și intensitatea medie zilnică anuală (M.Z.A.) cu cele prezentate anterior în cazul pierderilor totale. Deci, consumurile suplimentare sunt:

– pe drumurile județene și comunale:

- carburanți:

$$(397\ km \times 721\ veh./24\ ore + 1\ 099\ km \times 360\ veh./24\ ore) \times \\ \times 365\ zile/an \times 0,067\ L/vehicul\ km \times 10^{-3} = 16\ 675\ t / an$$

- lubrifianți:

$$(397\ km \times 721\ veh./24\ ore + 1\ 099\ km \times 360\ veh./24\ ore) \times \\ \times 365\ zile/an \times 0,0015\ L/vehicul\ km \times 10^{-3} = 374\ t / an$$

- anvelope:

$$(397\ km \times 721\ veh./24\ ore + 1\ 099\ km \times 360\ veh./24\ ore) \times \\ \times 365\ zile/an \times 0,000046\ buc./vehicul\ km = 11\ 449\ bucăți / an$$

– pe străzi urbane și rurale:

- carburanți:

$$(513\ km \times 721\ veh./24\ ore + 2\ 631\ km \times 360\ veh./24\ ore) \times \\ \times 365\ zile/an \times 0,067\ L/vehicul\ km \times 10^{-3} = 32\ 208\ t / an$$

- lubrifianți:

$$(513\ km \times 721\ veh./24\ ore + 2\ 631\ km \times 360\ veh./24\ ore) \times \\ \times 365\ zile/an \times 0,0015\ L/vehicul\ km \times 10^{-3} = 721\ t / an$$

- anvelope:

$$(513\ km \times 721\ veh./24\ ore + 2\ 631\ km \times 360\ veh./24\ ore) \times \\ \times 365\ zile/an \times 0,000046\ buc./vehicul\ km = 22\ 113\ bucăți / an$$

În condițiile în care toată lungimea drumurilor locale, pietruite și din pământ ar fi modernizate, la nivelul județului s-ar economisi anual 48 883 tone carburanți, 1 095 tone lubrifianți și 33 562 anvelope. Concluziile referitoare la acest paragraf sunt prezentate în figura 2.10 sub forma economiilor anuale posibil de realizat, raportate la nivelul anului 2002, prin modernizarea drumurilor publice locale pietruite și de pământ (drumuri județene, comunale, străzi urbane și rurale).

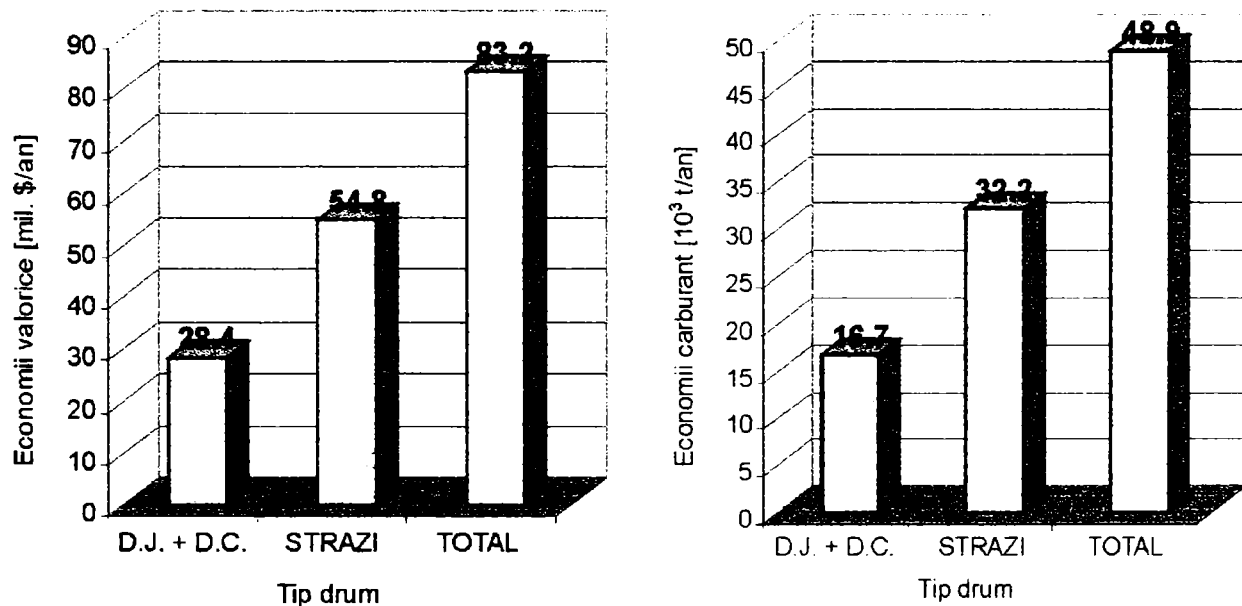


Fig. 2.10. Economii anuale posibil de realizat prin modernizarea drumurilor publice locale din județul Timiș.

#### 2.4.2. Evaluarea pierderilor economice datorită staționării vehiculelor la trecerile de nivel cu calea ferată

Existența pasajelor de nivel generează pierderi importante datorită timpilor pierduți prin staționarea vehiculelor la închiderea barierelor și prin reducerea vitezei de circulație la traversarea pasajelor, ducând la creșterea duratei de transport, a consumului de carburanți și foarte des la sporirea riscurilor de producere a accidentelor de circulație.

În județul Timiș există 78 pasaje de nivel la intersecțiile drumurilor publice locale cu calea ferată din care 39 pasaje de nivel pe drumuri județene și 39 pasaje de nivel pe drumurile comunale. Numărul mare de pasaje, datorită densității mai mari a rețelei feroviare din partea de sud-vest a țării, conduce la

pierderi economice importante la nivelul județului, de care ar trebui să țină seama factorii locali de decizie pentru dirijarea de fonduri pentru construcția unor pasaje denivelate.

Pentru un pasaj de nivel, pierderile anuale bănești ( $P$ ) se pot calcula cu relația:

$$P = T \times p \quad [\$ / \text{an}] \quad (2.12)$$

unde:  $T$  este timpul total pierdut, în ore / an;

$p$  – valoarea medie a orei de staționare (5,671 \$/oră).

Timpul total pierdut ( $T$ ) la pasajele de nivel se poate calcula cu relația:

$$T = (T_1 + T_2) \times N + T_3 \quad [\text{minute}/\text{zi}] \quad (2.13)$$

unde:  $T_1$  este timpul de staționare pentru vehiculele care găsesc bariera închisă, în minute;

$T_2$  – timpul de staționare din cauza pornirii succesive întârziate a vehiculelor la ridicarea barierei, în minute;

$T_3$  – timpul pierdut de vehiculele care găsesc bariera deschisă, însă sunt obligate să reducă viteza la trecerea peste liniile de cale ferată, în minute;

$N$  – numărul mediu de închideri a barierei pe zi.

Timpul de staționare a vehiculelor care găsesc bariera închisă ( $T_1$ ) se calculează cu relația:

$$T_1 = g \cdot \sum_l t \frac{l}{2} (g - l) \quad [\text{minute}] \quad (2.14)$$

unde  $g$  este numărul mediu de vehicule care sosesc la barieră în timpul de un minut și se calculează cu expresia:

$$g = \frac{Q}{1440} \quad [\text{vehicule} / \text{minut}] \quad (2.15)$$

$Q$  – traficul mediu zilnic anual, în vehicule fizice;

$t$  – durata medie a unei închideri la barieră, în minute.

Timpul de staționare din cauza pornirii succesive întârziate a vehiculelor la ridicarea barierei, se calculează cu relația:

$$T_2 = \frac{g \times t}{2n} (g \times t + 1) \quad [\text{minute}] \quad (2.16)$$

unde:  $n$  este numărul mediu de vehicule care pot pleca în timp de un minut după deschiderea barierei ( $n = 10$  vehicule / min.)

Timpul pierdut de vehiculele care găsesc bariera deschisă însă sunt obligate să reducă viteza datorită denivelărilor la trecerea peste liniile de cale ferată se calculează cu expresia:

$$T_3 = (Q - N \times g \times t)m \quad [\text{minute}] \quad (2.17)$$

Unde:  $m$  este pierderea medie de timp a unui vehicul la trecerea peste linii, care se admite cu valoarea de 0,4 minute / vehicul.

Pentru exemplificare, se ia în considerare pasajul de nivel de pe D.J. 692, DN69 – Variaș – DN6, de la km 8+370 (linia c.f. Timișoara – Arad), unde traficul rutier la nivelul anului 2000 este [117]:

$$Q = \text{M.Z.A.} = 1\,465 \text{ vehicule fizice în 24 ore.}$$

Admițând,  $N = 40$  închideri/zi și o durată medie a unei închideri  $t = 20$  minute și înlocuind timpii  $T_1$ ,  $T_2$  și  $T_3$  calculați cu relațiile 2.14, 2.16 și 2.17 în relația 2.13 se obține o valoare totală a pierderilor anuale la acest pasaj de

$$P = 362\,935 \text{ \$/an.}$$

Pentru o valoare a investiției estimată la 4,7 milioane \$ necesară construcției unui pasaj superior denivelat, se poate determina durata de recuperare a investiției cu următoarea relație:

$$D = \frac{I}{P} \quad [\text{ani}] \quad (2.18)$$

unde:  $D$  este durata de recuperare a investiției, în ani;

$I$  – valoarea investiției, în milioane lei;

$P$  – valoarea pagubelor anuale, în milioane lei.

Durata de recuperare a investiției pentru pasajul de la km. 8+370 este de 13 ani. Pentru alte opt pasaje de nivel mai importante, din cele 78 existente pe

Tabelul 2.10

Nr. crt.	Drum local	Poz. km a pasajului	Trafic recenzat [veh./24h]	Pierderi [mii \$/an]	Durata de recuperare [ani]
1	DJ 592 Timișoara – Buziaș – Lugoj	5+010	4 786	1 185,7	4,0
2	DJ 593 DN59 – Peciu – Foeni	7+800	1 370	339,4	13,9
3	DJ 691 Timișoara – Pișchia	5+300	4 386	1 086,6	4,3
4	DJ 691 Timișoara – Pișchia	19+300	1 428	353,8	13,3
5	DJ 693B Ionel – Ivanda – Otvești	35+000	1 025	254,0	18,5
6	DJ 693B Ionel – Ivanda – Otvești	39+700	1 074	266,1	17,7
7	DJ 682 Făget – Lipova – Sânicol. Mic	143+600	1 064	263,6	17,8
8	DJ 682 Făget – Lipova – Sânicol. Mic	152+000	1 064	263,6	17,8
<b>TOTAL PIERDERI ANUALE:</b>				<b>4 012,8</b>	

drumurile locale ale județului Timiș, situația este prezentată în tabelul 2.10.

Se constată că anual se produc pierderi de 4,0 milioane \$ numai în cazul celor opt pasaje prezentate în tabelul 2.10.

Pentru drumurile cu un trafic mai intens, cu IMZA > 3 500 vehicule în 24 ore, construcția pasajelor denivelate sunt lucrări absolut necesare și justificate economic, datorită duratei scurte de amortizare a investițiilor făcute.

Din tabelul 2.10 se constată că, numai prin recuperarea pierderilor anuale la cele opt pasaje, de 4,0 milioane \$ s-ar putea construi un pasaj denivelat.

## 2.5. Concluzii și propuneri

În domeniul infrastructurilor pentru transporturi rutiere, un loc important îl prezintă drumul, pe care se desfășoară circulația populației și transportul bunurilor de consum. Totalitatea cheltuielilor efectuate cu ocazia transporturilor constituie cheltuielile de transport sau cheltuieli de exploatare. Toate aceste cheltuieli sunt suportate de către colectivitate, care poate să fie transportorul (utilizatorul direct al drumului) sau consumatorul bunurilor transportate (utilizatorul indirect al drumului). Cu cât cheltuielile de transport sunt mai reduse cu atât bunurile de consum sunt mai ieftine și ca atare cheltuielile efectuate de colectivitate sunt mai reduse.

În principal, cheltuielile de transport sunt influențate de următorii factori:

- consumurile de carburanți, lubrifianți, pneuri, piese de schimb și forța de muncă necesară pentru întreținerea vehiculului;
- echipajul vehiculului;
- cheltuieli financiare de imobilizare a capitalului;
- cheltuieli generale ale transportatorului;
- imobilizarea fondurilor.

Așa cum s-a prezentat în prezenta lucrare, acești factori sunt influențați direct de caracteristicile geometrice ale drumului și de stare tehnică a suprafeței de rulare.

Prin urmare, diminuarea costurilor de circulație pe rețeaua de drumuri existentă, se poate asigura prin îmbunătățirea stării tehnice a suprafeței de rulare și menținerea în permanență a viabilității rețelei.

În acest scop este necesar să se intensifice eforturile pentru a se rezolva următoarele aspecte:

- reconsiderarea influenței stării tehnice a drumurilor asupra consumurilor raționale de carburanți, apreciind că îmbunătățirea stării tehnice a drumurilor este o soluție eficientă pentru diminuarea consumurilor de energie și combustibili;



- implementarea programului HDM III pentru planificarea economică a construcției și întreținerii drumurilor publice locale;
- extinderea tehnologiilor avansate de întreținere a drumurilor publice modernizate;
- extinderea preocupărilor pentru întreținerea drumurilor pietruite prin metode simple și eficiente;
- studierea și aplicarea unei tehnologii eficiente pentru îmbunătățirea stării tehnice a drumurilor publice din pământ.

În principal, se impune o sensibilizare a creditorilor locali de fonduri asupra imenselor pierderi ale colectivității, ce se produc an de an, prin desfășurarea circulației publice pe drumuri pietruite și din pământ. Chiar în condiții de restricții bugetare, pentru diminuarea sau eliminarea pierderilor, ar trebui găsite fonduri care să permită ca prin adoptarea unor soluții tehnice simple și eficiente să se realizeze drumuri economice și la nivelul local al administrației de stat.

# **CAPITOLUL 3**

## **GESTIONAREA LUCRĂRILOR DE**

### **ÎNȚETINERE A DRUMURILOR**

#### **PIETRUITE ȘI DIN PĂMÂNT**

Lucrările de îmbunătățire a stării de viabilitate a unui drum vizează, în principal, lucrările de întreținere a acestuia.

Lucrările de întreținere de mare anvergură, se execută pe baza unui program de lucrări care trebuie să fie cuprins într-un sistem de gestionare al întreținerii, elaborat de instituțiile specializate cu acordul unităților administrative ale drumurilor.

În etapa actuală, lucrările de întreținere a drumurilor cu îmbrăcămînți moderne (lucrări de reabilitare) și în special a drumurilor de interes național, se realizează pe astfel de programe de gestiune elaborate la nivelul Administrației Naționale a Drumurilor și la nivelul local al Consiliilor Județene.

Experiența dobândită în gestionarea întreținerii drumurilor cu îmbrăcămînți moderne trebuie valorificată și pentru elaborarea programelor de gestionare a lucrărilor de întreținere a drumurilor cu trafic redus, în special al drumurilor fără îmbrăcămînți moderne, a celor pietruite și din pământ.

Elaborarea unui program corect de gestionare are la bază cunoașterea stării tehnice a drumului la un moment dat.

### **3.1. Starea tehnică a unei rețele rutiere alcătuită din drumuri pietruite și din pământ**

Starea tehnică a unei rețele rutiere la un moment dat, este decisivă în momentul în care se asigură desfășurarea transporturilor. Din această cauză starea tehnică trebuie să fie cunoscută în permanență de factorii de decizie care administrează rețeaua rutieră. Cunoașterea stării tehnice și intervențiile care se fac trebuie să asigure o bună viabilitate, circulația să se poată desfășura în condiții de siguranță și confort în toate anotimpurile anului, chiar și în condiții climaterice defavorabile.

Principiul de apreciere a stării tehnice a drumurilor pietruite și din pământ [4] [19] [30] este un principiu analog principiului de apreciere a stării tehnice a drumurilor cu îmbracămînți moderne.

Întrucât starea tehnică a unui drum pietruit sau din pământ evoluează rapid, estimarea stării tehnice se bazează pe culegerea de date cu ocazia parcurgerii rețelei rutiere și uneori se poate apela la arhive existente sau la analogii cu alte drumuri. Cu ocazia parcurgerii rețelei rutiere se strâng date tehnice privind :

- degradările complexului rutier ;
- caracteristicile structurii rutiere: grosimea, alcătuire, natura materialelor din straturile componente ;
- starea tehnică a lucrărilor de asanare și a lucrărilor de artă, în special șanturile și podețele ;
- caracteristicile geometrice ale rețelei: lungimea drumului, lățimea părții carosabile, a platformei și a amprizei ;

Toate aceste date alcătuiesc **schema itinerar** a rețelei rutiere ce se utilizează la elaborarea sistemului de gestiune a lucrărilor de întreținere.

### **3.2. Factorii de degradare a drumurilor pietruite și din pământ**

Cunoașterea degradărilor drumurilor din pământ și a celor pietruite din cadrul unei rețele rutiere, permite stabilirea cauzelor ce le-au provocat precum și

a soluțiilor tehnice ce se pot aplica pentru remedierea lor în scopul ameliorării condițiilor de circulație. Din punct de vedere strategic, unele tipuri de degradări permit aprecierea stării tehnice a rețelei rutiere, necesară pentru elaborarea sistemului de gestiune a lucrărilor de întreținere.

Deoarece, multe din degradările ce vor fi definite, sunt întâlnite atât la drumurile pietruite cât și la cele din pământ, ele vor fi prezentate în comun cu evidențierea eventualelor particularități pentru cele două tipuri de drumuri.

De asemenea, cauzele care produc apariția și agravarea în timp a degradărilor celor două tipuri de drumuri sunt comune și se datoresc în principal următorilor factori distructivi :

- traficul, asociat sau nu cu apa ;
- apa de suprafață și cea subterană ;
- mediul natural ;

**Traficul** în general și în special traficul greu se manifestă prin reducerea grosimii (uzura) stratului. Viteza de degradare depinde de natura și coeziunea materialului din stratul de rulare, viteza de circulație și condițiile climaterice.



*Foto 3.1. Uzura stratului de rulare*

Roțile vehiculelor în mișcare dizlocă materialul și degajă un nor de praf (foto 3.1) care diminuează vizibilitatea. Uzura stratului de rulare a unui drum pietruit ajunge la o valoare de 2 cm/an, pentru un trafic de 50... 100 vehicule în 24 de ore.

Pentru drumuri pietruite cu trafic redus, uzura anuală din suprafața de rulare și cantitățile de materiale pietroase aferente, sunt prezentate în tabelul 3.1 în funcție de trafic [7].

Tabelul 3.1

Trafic [Vehicule/zi]	Uzură [mm]	Cantități [m <sup>3</sup> /km]
< 50	15	90
50....100	20	120
100....200	25	150
200....400	30	180
>400	35	210

Uzura stratului este accentuată în cazul unei reprofilări ușoare fără aport de agregate naturale provenite din roci dure și poate fi atenuată și compensată prin lucrări de reîncărcare.

De asemenea, acțiunea traficului, coroborată cu neuniformitatea capacității portante a complexului rutier, conduce la formarea de văluriri, denivelări și fâgașe. Concomitent se formează gropi cu dimensiuni reduse (cuiburi de găină), care ulterior se amplifică ca mărime, cu atât mai ușor cu cât ele sunt afectate mai mult de apă. adesea gropile devin niște depozite de apă.

Cel de-al doilea factor, **apa** sub forma apei de suprafață provenită din precipitații prin ploi sau prin topirea zăpezilor și apa subterană, provoacă degradări grave, care afectează calitatea de viabilitate a unui drum.

Astfel apa de suprafață crează în partea carosabilă, prin erodarea și transportul materialului pietros, șiroiri transversale și longitudinale (foto 3.2), uneori adevărate ravene, care pot distruge pietruirea pe toată grosimea, ajungând la stratul suport din terasament, mult mai ușor de erodat.

Pe de altă parte, existența apei subterane în corpul terasamentului produce, prin ascensiune înmuierea terasamentului și diminuarea rezistenței acestuia provocând pierderea stabilității rambleurilor și a taluzurilor.



*Foto 3.2. Șiroire longitudinală*

Degradarea terasamentului datorită existenței apei subterane, se produce și prin fenomenul de îngheț-dezghet. În acest caz, nivelul ridicat al apei subterane este coroborat cu existența pământurilor gelive și a temperaturilor scăzute pe adâncimea zonei active din terasament, precum și cu existența traficului greu.

Pe de altă parte, dacă apa de suprafață sau/și apa subterană stagnează timp îndelungat în zona drumului se formează zone mocirloase, care adesea fac drumul impracticabil, îndeosebi drumul din pământ.

**Mediul natural** este cel de-al treilea factor distructiv care afectează viabilitatea drumului prin :

- alunecări de teren în zona drumului ;
- căderi de copaci care pot bloca circulația ;
- vânturi puternice care erodează taluzurile fără vegetație iar pe partea carosabilă formează nori de praf ce împiedică vizibilitatea utilizatorilor;
- creșterea vegetației în platforma drumului (foto 3.3) ce duce la diminuarea lățimii acestuia.

În afara factorilor distructivi menționați mai sus, în producerea degradărilor drumurilor pietruite și din pământ mai pot să apară și alți factori cu influență mai mult sau mai puțin importantă:

- calitatea materialelor: pământ și agregate naturale ;
- execuția lucrărilor ;
- calitatea lucrărilor de întreținere ;



*Foto 3.3. Creșterea vegetației în platforma drumului.*

Pentru evitarea apariției degradărilor, în scopul asigurării unei viabilități corespunzătoare a drumurilor pietruite și din pământ, se impune ca la construcția și întreținerea drumurilor să se urmărească:

- utilizarea unor materiale cu caracteristici corespunzătoare, conform normativelor în vigoare;
- executarea unor lucrări de foarte bună calitate, cu respectarea strictă a tehnologiilor prescrise în normative, la parametrii prevăzuți în proiecte;
- întreținerea drumurilor prin lucrări de calitate executate la timp urmărindu-se asigurarea unui caracter preventiv activității de întreținere.

### **3.3. Degradări ale drumurilor pietruite și din pământ**

#### **3.3.1 Clasificarea degradărilor**

Degradările drumurilor pietruite și din pământ [14] [50] [114] sunt prezentate în tabelul 3.2 grupate în funcție de locul de apariție.

Nr. crt.	Grupa degradărilor	Tipul de degradări
1.	Degradări ale suprafeței de rulare (D.S.R.)	Suprafață prăfoasă Suprafață noroioasă
2.	Degradări ale complexului rutier (D.C.R.)	Văluriri Făgașe longitudinale Denivelări Gropi Șiroiri longitudinale Șiroiri transversale (traversări) Băltiri Erodări
3.	Degradări ale terasamentului (D.T.)	Tasări locale Degradări din îngheț-dezghet Alunecări Ebulmenți

În această clasificare am luat în considerare concepția actuală privind clasificarea și definirea sistemelor rutiere [66]. Ca urmare, degradările complexului rutier se referă atât la structura unui drum pietruit, alcătuit din materiale pietroase în unul sau mai multe straturi, stratul de formă și terenul de fundare (pe adâncimea zonei active), cât și la complexul rutier al drumului din pământ alcătuit doar din stratul de formă și terenul de fundare pe aceeași adâncime a zonei active.

Deși drumurile pietruite au o structură proprie alcătuită din materiale granulare stabilizate mecanic, ele nu sunt impermeabilizate și, ca urmare comportarea acestora în exploatare este similară cu cea a drumurilor din pământ.

Un alt criteriu de clasificare al degradărilor, este în funcție de urgențele de remediere al acestora, care este prezentat în tabelul 3.3.

Urgențele de remediere a degradărilor din tabelul 3.3 țin seama de efectul lor asupra desfășurării normale a traficului rutier, de modul în care afectează siguranța circulației și confortul utilizatorilor.



Nr. ctr.	Grupa degradărilor	Tipul de degradări
1.	Degradări grave	Văluriri Făgașe longitudinale Gropi Băltiri Șiroiri transversale (traversări) Alunecări Ebulmenți
2.	Degradări mijlocii	Denivelări Șiroiri longitudinale Tasări locale Degradări din îngheț-dezgheț Erodări
3.	Degradări ușoare	Suprafață prăfoasă Suprafață noroioasă

Influența principalilor factori distructivi, care, acționând individual sau în grup, pot produce un tip de degradări, este prezentată în tabelul 3.4. Se constată că majoritatea degradărilor se datoresc în principal acțiunii distructive a traficului și a apei.

Acțiunea traficului, îndeosebi a traficului greu, având în componență și vehicule speciale (șenilate, tractoare etc.), are efecte distructive de o amploare cu mult mai mare în cazul drumurilor pietruite și din pământ, decât efectele pe care le produce în cazul drumurilor cu îmbrăcăminte modernă. În condiții climatice defavorabile, cum ar fi perioadele de primăvară și de toamnă, cu precipitații abundente, acțiunea traficului greu menționat mai sus poate face ca drumul să devină impracticabil pentru anumite tipuri de autovehicule, îndeosebi pentru autoturisme.

În continuare, vor fi descrise degradările enumerate mai sus ale drumurilor pietruite și din pământ, cauzele formării și agravării acestora, precum și unele soluții de prevenire și remediere.

Tabelul 3.4.

Nr. crt.	Grupa factorilor distructivi	Tip de degradare	D. S. R.		D. C. R.								D. T.					
			Suprafața poroasă	Suprafața noroioasă	Valuri	Făgașe longitudinale	Denivelări	Gropi	Șiroiți longitudinale	Șiroiți transversale	Băliri	Erodări	Degradări din îngheț-dezghet	Tasări locale	Alunecări	Ebulimenți		
1	Trafic	Trafic greu	X	X	X	XX	X	XX	XX	XX	XX	XX	X	XX	X	XX	X	
		Trafic canalizat	X	X		XX	X	XX							X			
		Trafic șenilat	X	X		XX	X	XX							X			
2	Apa	Apa de suprafață		XX	X	XX				XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	X	
		Apa subterană		X		XX									XX	XX	XX	XX
3	Mediul natural	Furtuni torențiale		X								XX					XX	
		Vânturi puternice	X														X	
		Variații mari de temp.	X														X	
4	Calitatea materialelor	Granulozitate necorespunzătoare			X				X									
		Rezistență la uzură redusă și neuniformă	X		X			X		XX								
		Sensibilitate la îngheț mare																XX
		Compactare insuficientă																XX
5	Execuția lucrărilor	Capacitate portantă neuniformă			XX	X	XX	X	XX	X	X	X	X					
		Grosimea neuniformă a pietruirii			XX	X				XX								
		Drenare necorespunzătoare		X		X	X	X	X	XX	XX	XX	XX	XX	X	XX	XX	X
6	Lucrări de întreținere	Calitate necorespunzătoare			X	X	X	X	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	
		Amânarea lucrărilor				XX	X	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	X

Legendă: XX - influență importantă

X - influență redusă

### 3.3.2. Degradări ale suprafeței de rulare (D.S.R.)

Sunt degradări ușoare, comune celor două tipuri de drumuri care împiedică desfășurarea circulației cu viteze sporite, în condiții de siguranță și confort, chiar pe sectoare de drum fără alte degradări.

*Suprafața prăfoasă* este o degradare care apare datorită materialului prăfos existent pe suprafața de rulare, rezultat prin acțiunea de erodare (uzură) a autovehiculului asupra materialului din strat.

Prin rularea autovehiculelor pe astfel de suprafețe sau datorită unor vânturi puternice se formează nori de praf (foto 3.1) care afectează atât siguranța circulației prin diminuarea vizibilității, cât și confortul utilizatorilor prin poluarea mediului înconjurător.

*Prevenirea formării și remedierea* acestei degradări sau diminuarea efectelor ei se poate realiza prin:

- executarea unor lucrări de etanșare a suprafeței de rulare, în cazul drumurilor pietruite ;
- realizarea stratului de formă din pământuri stabilizate cu substanțe chimice sau cu lianți puzzolanici, în cazul drumurilor din pământ.

*Suprafața noroioasă* este o degradare specifică drumurilor din pământ, dar poate să apară și în cazul drumurilor pietruite, când pe partea carosabilă a acestora este adus noroi, pe roțile autovehiculelor de pe drumurile laterale din pământ.

În general, noroiul se formează după ploi sau alte tipuri de precipitații, prin înmuierea materialului prăfos existent pe platforma drumului. Suprafața devine lunecoasă, periclitând desfășurarea în siguranță a circulației. Există pericolul de derapare chiar și în condițiile unor viteze reduse.

Lucrările de prevenire a formării și remedierea acestei degradări sunt similare cu cele prezentate în cazul suprafeței prăfoase.

### 3.3.3. Degradări ale complexului rutier (D.C.R.)

Sunt degradări, din punct de vedere al necesității de remediere de tipul degradărilor medii și grave care afectează în mod decisiv desfășurarea circulației în condiții de siguranță și confort. Aceste degradări, implică, de asemenea, cheltuieli suplimentare de exploatare pentru colectivitate.

*Văluririle* sunt degradări ale complexului rutier iar suprafața vălurită se prezintă cu denivelări în profil longitudinal sub forma unei suprafețe ondulate. Frecvența undulărilor este de 0,5...20 m, iar amplitudinea acestora poate varia între 10...180 mm.

Văluririle apar sub acțiunea traficului pe sectoarele de drum având o capacitate portantă neuniformă, rezultată fie datorită unei granulozități necorespunzătoare a materialului compactat, fie datorită unei grosimi neuniforme a stratului de agregate, în cazul drumurilor pietruite. Agravarea vălurilor și îndeosebi mărimea amplitudinilor este favorizată de stagnarea apei în zonele concave ale suprafeței.

*Prevenirea formării vălurilor se poate face prin :*

- realizarea patului drumului cu respectarea elementelor geometrice proiectate, îndeosebi declivitatea și panta transversală a drumului;
- îmbunătățirea capacității portante a pământului din terasament care formează patul drumului printr-o compactare corespunzătoare sau prin stabilizarea cu lianți puzzolanici a pământului pe o grosime de minimum 10 cm;
- controlul uniformității capacității portante a patului;
- utilizarea materialelor cu o granulozitate corespunzătoare cu un coeficient de neuniformitate mai mare de 15 [38] [74], care să asigure realizarea gradului de compactare prescris;
- respectarea condițiilor de calitate a lucrărilor: grosimea optimă a stratului elementar la așternere, numărul necesar de treceri, umiditatea optimă a materialului compactat;

- controlul calității compactării și a uniformității capacității portante a ansamblului realizat [64] [67].

*Remedierea vălurilor* drumurilor pietruite și din pământ se poate face printr-o reprofilare ușoară cu autogrederul cu sau fără adaos de material și compactarea materialului rezultat prin tăierea porțiunilor convexe ale undulărilor și eventual a celui de adaos.

*Fgașe longitudinale* (foto 3.4.) se prezintă sub forma unor canale în lungul drumului în zonele unde rulează în mod repetat, în special vehicule grele. Adâncimea și lățimea acestor canale este variabilă.



*Foto 3.4. Făgașe longitudinale.*

Pentru adâncimi de peste 25 cm ale făgașelor, aceste drumuri devin inaccesibile pentru autoturisme chiar și în condițiile unui “drum uscat”. Ele se agravează în special prin desfășurarea circulației traficului greu după o perioadă ploioasă, sau primăvara după topirea zăpezilor. În astfel de condiții, ele devin drumuri înfundate, impracticabile pentru desfășurarea circulației auto, mai ales în cazul drumurilor din pământ.

Cauzele formării degradărilor de tipul făgașelor longitudinale pot fi :

- existența traficului greu canalizat și în unele cazuri, accesul pe drumuri a unor vehicule speciale (șenilate sau pe pneuri cu dimensiuni mari, ex. tractoare) [85] [110] [117];

- amenajarea necorespunzătoare a platformei caracterizată prin lipsa unor pante accentuate atât în profil transversal cât și în profil longitudinal, care să asigure îndepărtarea rapidă a apelor de suprafață de pe platforma drumului;
- lipsa lucrărilor de asanare (în special șanțuri de scurgere) sau existența acestora în stare necorespunzătoare datorită întâzierii lucrării de întreținere și uneori realizarea acestora cu o calitate precară.

*Prevenirea formării fâgașelor longitudinale se poate realiza prin :*

- pregătirea drumului pentru perioadele cu precipitații abundente:
  - reprofilarea platformei cu autogrederul pentru realizarea pantelor transversale de scurgere ;
  - compactarea corespunzătoare a materialelor pe lățimea platformei;
- asanarea zonei drumului:
  - săparea de noi șanțuri de scurgere (acolo unde sunt necesare), curățirea celor existente și verificarea funcționării lor ;
  - desfundarea podețelor ;
  - verificarea funcționării drenurilor și realizarea intervențiilor necesare în acest scop;
- limitarea desfășurării traficului greu în perioadele cu precipitații.

*Remedierea fâgașelor longitudinale se face după evaporarea apei din zona acestora și uscarea pământului. Constă în tăierea cu lama autogrederului, a porțiunilor din materialele refulate în lateral, urmare a desfășurării circulației. Completarea urmelor de fâgașe, este recomandabil să se facă mecanizat, cu autogrederul, din materiale pietroase. Aceste materiale se vor cilindra în straturi elementare concomitent cu compactarea drumului, pe toată lățimea platformei reprofile.*

*Denivelările sunt degradări ale complexului rutier ce apar sub forma unor deformații verticale ale acestuia, atât în profil transversal, cât și în profil longitudinal. Denivelările accentuate și localizate se transformă, în timp, în degradări de tipul gropilor. Denivelările drumurilor din pământ (foto 3.5) se*

prezintă cu o suprafață de rulare foarte neuniformă din punct de vedere al planeității. În general, apar în zona urmelor de circulație paralele sau înclinate față de axa drumului, care impun manevre frecvente, pentru diminuarea frecvență a vitezei de circulație (în funcție de frecvența denivelărilor), fiind afectat mult confortul utilizatorilor.



*Foto 3.5. Denivelări pe drumurile din pământ.*



*Foto 3.6. Denivelări pe drumurile pietruite.*

În cazul drumurilor pietruite (foto 3.6) frecvența denivelărilor este mai mare. Practic, acestea, se resimt “de la o piatră la alta”. În general, denivelările nu împiedică desfășurarea circulației, indiferent de tipul de vehicul. Însă, în condiții climaterice defavorabile, circulația pe drumurile din pământ, devine foarte anevoioasă și uneori poate conduce chiar la împotmoliri ale

autovehiculelor. Cauzele existenței denivelărilor în suprafața de rulare a drumurilor pietruite și din pământ pot fi :

- utilizarea la construcția drumurilor a unor materiale (pământ sau agregate naturale) cu o granulozitate necorespunzătoare, care nu asigură realizarea gradului de compactare prescris și a uniformității capacității portante. În cazul drumurilor pietruite, denivelările pot să apară și datorită existenței în masa agregatelor naturale a unor punji de pământ care conduc la tasări mai mari ;
- acțiunea traficului, prin degradarea structurală (uzura stratului) inegală (datorită folosirii a mai multor tipuri de agregate cu rezistențe la uzură diferite), - în cazul drumurilor pietruite și prin rularea acestuia, preferențial, în funcție de starea teștă a suprafeței, dar și, în special, condițiilor climatice - în cazul drumurilor din pământ ;
- calitatea lucrărilor de construcție: compactarea insuficientă, colmatarea necorespunzătoare a rosturilor drumurilor pietruite realizate din piatră brută sau din bolovani de râu.

*Prevenirea degradărilor* de tipul denivelărilor se realizează, în principal prin acordarea atenției cuvenite la executarea lucrărilor privind calitatea materialelor și a compactării acestora. Se impune ca la terminarea lucrărilor să se facă verificarea uniformității și planeității suprafeței de rulare realizată și care să se înscrie în limite admisibile.

*Remedierea denivelărilor* se poate realiza, în funcție de tipul drumului, astfel:

- în cazul drumurilor din pământ, printr-o reprofilare simplă a platformei, cu refacerea pantelor transversale și compactarea corespunzătoare ;
- în cazul drumurilor pietruite, printr-o reprofilare cu adaos de material și compactarea ansamblului format din structura rutieră existentă și materialul de adaos.

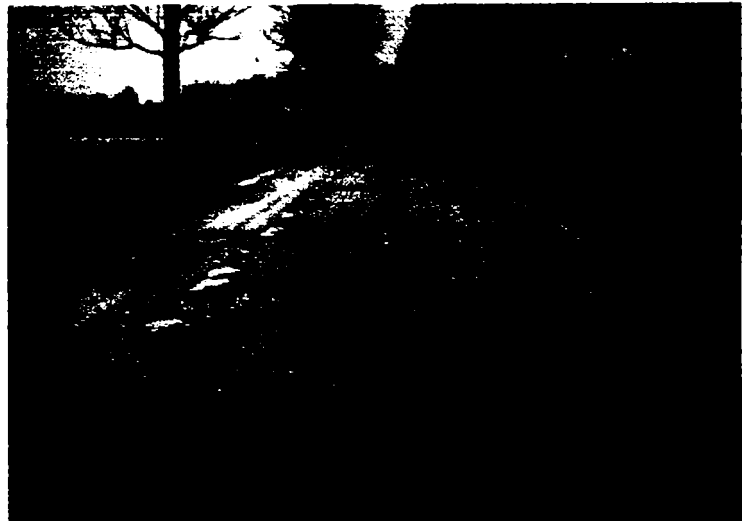
*Gropile* sunt degradări în partea superioară a complexului rutier, de forme și dimensiuni variabile care se formează, fie prin tasări izolate, în cazul



drumurilor din pământ (foto 3.7), fie prin dizlocarea parțială sau totală a agregatelor naturale, în cazul drumurilor pietruite (foto 3.8). Principalii factorii ce duc la apariția și dezvoltarea degradărilor, sub formă de gropi sunt:



*Foto 3.7. Groapă în drumul din pământ  
(bandă stânga).*



*Foto 3.8. Gropi în drumul pietruit.*

- acțiunea traficului greu și șenilat, care conduc la dizlocarea izolată, a materialelor din stratul de rulare. Acțiunea repetată a traficului, pe o suprafață cu gropi, având dimensiuni reduse, cunoscute impropriu sub denumirea de „cuiburi de găină”, în care stagnează apa din precipitații, conduce la majorarea dimensiunilor gropilor;
- grosimea necorespunzătoare a pietruirii realizate;

- intensitatea și durata acțiunii factorilor climaterici asupra unui terasament necorespunzător calitativ;

Întrucât apariția gropilor pe drumurile pietruite și din pământ, chiar executate în condiții de calitate corespunzătoare, este inevitabilă și este greu de a fi prevenită, se impune monitorizarea sectoarelor de drum și reparația acestor degradări astfel:

- gropile cu dimensiuni până la  $1,0 \text{ m}^2$  și adâncimi mai mici de 25 cm, prin completarea cu material granular existent în zonă (recomandabil cu balast) urmată de impermeabilizarea cu  $1,0 \text{ kg/m}^2$  emulsie bituminoasă și cilindrarea stratului cu utilaje adecvate suprafeței;
- în cazul gropilor cu dimensiuni în plan mai mari de  $1,0 \text{ m}^2$  și peste 25 cm adâncime, se va realiza în prealabil înlocuirea pământului necorespunzător (gelive și cu deformabilitate mare) din terasament, pe adâncimea zonei active cu materiale necoezive care se vor compacta energetic până la obținerea gradului de compactare prescris. În cazul drumurilor pietruite se va reface pietruirea prin completare cu balast (sau alt material pietros local), urmată de impermeabilizarea acestuia cu substanțe chimice sau cu emulsie bituminoasă și cilindrarea corespunzătoare a fiecărui strat.

**Șiroirea longitudinală** (foto 3.2) este o degradare în lungul drumului specifică drumurilor din pământ și a celor pietruite. Apare pe drumuri cu declivități mari amplasate în zone cu precipitații abundente (ploi torențiale frecvente sau ape provenite după topirea zăpezilor), apa având în primul caz o viteză mai mare de scurgere, accelerează erodarea drumului. Șiroirea se prezintă sub forma unor canale de scurgere longitudinale având lățimi de 25...50 cm prin care apa se scurge liber cu viteză mare. Existența acestor canale afectează siguranța și confortul circulației mai ales în perioadele cu precipitații.

*Prevenirea formării șiroirilor longitudinale* se face printr-o monitorizare atentă a sectoarelor de drumuri în pantă prin care se constată și se recomandă repararea la timp a defecțiunilor existente în partea carosabilă (văluiri, fâgașe.

denivelări, gropi) și care în condiții atmosferice nefavorabile, se transformă în șiroiri.

*Repararea șiroirilor longitudinale* este indicat să se facă pe timp uscat după încetarea acțiunii factorilor climaterici defavorabili. Lucrările de remediere constau în:

- completarea canalelor de scurgere, formate prin șiroirea apei, cu balast și compactarea acestuia pe grosimi maxime de 15 cm (după compactare);
- reprofilarea sectorului afectat în cazul drumurilor pietruite, asigurând o pantă transversală de min. 5,0 %;
- compactarea suprafeței afectate pe lățimea părți carosabile.

*Șiroirile transversale (traversări)* sunt degradări sub forma unor „șanțulețe” transversale (foto 3.9). perpendiculare sau oblice pe axa drumului prin care apa traversează drumul de pe o parte pe cealaltă, sau în care apa stagnează dacă nu are panta necesară de scurgere.

Traversările se formează în perioadele cu precipitații abundente pe sectoarele de drum în palier sau cu declivități mici și formarea lor este favorizată de o drenare necorespunzătoare a apelor subterane sau de lucrări de întreținere necorespunzătoare (lipsa șanțurilor de scurgere sau existența șanțurilor colmatate). Traversările din partea carosabilă afectează confortul și siguranța circulației, impunând schimbări frecvente ale vitezei de circulație pentru a permite o trecere fără șocuri peste acestea.

Stagnarea apei timp mai îndelungat în traversări, accentuează degradarea care, sub acțiune traficului, conduce la formarea unor obstacole, mult mai greu de trecut. În aceste condiții, traversările se pot transforma în gropi pe toată lățimea părții carosabile, care provoacă împotmolirea autovehiculelor (în special în cazul drumurilor din pământ) sau, în sezoanele ploioase, pot conduce la întreruperea circulației.



*Foto 3.9. Traversare pe un drum pietruit*

*Prevenirea formării șiroirilor transversale se poate realiza prin pregătirea drumului înaintea sezonelor cu ploi abundente executând:*

- reprofilarea (asigurând o pantă transversală de min. 5 %) și compactarea drumului, pe lățimea părții carosabile;
- asanarea zonei drumului prin executarea de șanțuri de scurgere noi, curățirea celor colmatate, desfundarea podețelor (foto 3.10);
- tăierea acostamentelor.



*Foto 3.10. Podeț înfundat*

*Repararea șiroirilor transversale se realizează prin:*

- curățirea acestora de nămol sau alte materiale aduse de ape;

- completarea cu balast, impermeabilizarea cu emulsie ( $1,0 \text{ kg/m}^2$ );
- compactarea corespunzătoare a zonei reparate.

**Băltirile** sunt degradări ce se caracterizează prin existența pe toată lățimea platformei sau numai parțial din aceasta, a unor suprafețe pe care *stagnează apa timp îndelungat* (uneori chiar pe toată durata unui an) indiferent de frecvența și intensitatea precipitațiilor. Formarea băltirilor și menținerea acestora este favorizată de existența în partea carosabilă a degradărilor de tipul fâgașelor și a gropilor (foto 3.11).



*Foto 3.11. Băltiri în gropi*

În cazul drumurilor din pământ, principala cauză a formării și menținerii băltirilor timp îndelungat o constituie existența apelor subterane care nu este drenată corespunzător.

Băltirile, ca degradări în partea carosabilă, afectează desfășurarea circulației în același mod ca și degradările în care stagnează apa.

*Prevenirea apariției băltirilor* se realizează prin efectuarea unor lucrări de întreținere de bună calitate: repararea fâgașelor și a gropilor, curățirea șanțurilor, desfundarea podetelor, executarea dremurilor pentru colectarea și evacuarea apelor subterane.

*Remedierea băltirilor* constă în repararea sectoarelor cu degradări în care stagnează apa, lucrări de reparații prezentate în paragrafele de remediere a

degradărilor aferente. Întotdeauna lucrările de reparații se vor efectua numai după asanarea corespunzătoare a sectoarelor afectate de bălțiri.

*Erodările* sunt degradări ce se caracterizează prin pierderea de material pietros, reducerea grosimii pietruirii, datorită acțiunii traficului greu și “spălarea” acestuia sub acțiunea apelor din precipitații și în special din viituri. O erodare uniformă a suprafeței nu afectează desfășurarea normală a circulației. Erodările accentuate conduc la apariția unor degradări ce afectează viabilitatea drumului și trebuie să fie remediate. Erodarea în platforma drumului este însoțită întotdeauna și de erodarea terasamentului, în special erodarea taluzurilor. Erodarea acestor suprafețe este cauzată nu numai de acțiunea apelor de suprafață ci și de acțiunea vânturilor puternice și a variațiilor de temperatură. Degradarea taluzurilor prin erodare poate provoca degradări de tipul ebulmenților sau chiar alunecări de teren.

*Prevenirea erodării* în platforma drumului nu poate fi împiedicată, dar efectele erodării pot fi diminuate prin asigurarea pantelor transversale de scurgere corespunzătoare și asanarea zonei. Prevenirea erodării taluzurilor se face prin protejarea și consolidarea acestora, conform metodelor prezentate în capitolul 4.3.

*Remedierea erodării* pietruirilor constă în reîncărcarea cu material pietros, reprofilarea, impermeabilizarea și cilindarea materialului de aport. Remedierea erodării taluzurilor se realizează prin protejarea și consolidarea zonelor cu taluzuri afectate (vezi paragraful 4.3.).

#### **3.3.4. Degradări ale terasamentului**

*Degradările din îngheț-dezgeț* sunt datorate fenomenului de umflare provocată de umflarea apei în zona de îngheț (în zona activă din terasament), transformarea acesteia în lentile de gheață în perioadele cu temperaturi negative și creșterea umidității în perioada dezghețului (conform capitolului 4.3), având ca efect înmuierea pământului și, evident, diminuarea capacității portante a terasamentului. Degradările din îngheț-dezgeț se transformă în degradări de

tipul gropilor sau al bălțirilor care fac ca în perioada de primăvară, drumul să fie impracticabil pentru autovehicule, mai ales în cazul drumurilor din pământ.

Factorii favorizanți [61] [64] și care acționează concomitent, sunt :

- existența pământurilor gelive;
- existența surselor de apă de suprafață și subterană;
- temperaturile negative pe o durată mai îndelungată;
- acțiunea traficului greu în perioada dezghețului.

*Prevenirea degradărilor din îngheț-dezgheț, în cazul drumurilor pietruite și din pământ se poate realiza printr-o atentă pregătire a drumurilor pentru perioada de iarnă și anume prin asigurarea scurgerii apelor de pe platformă: tăierea acostamentelor, executarea lucrărilor de refacere sau construcția unor noi lucrări de asanare. Uneori se poate acționa pentru evitarea acționării concomitente a factorilor menționați. Se practică uneori restricționarea circulației vehiculelor grele în perioada de dezgheț.*

*Remedierea degradării terasamentului datorate îngheț-dezghețului se face în funcție de volumul lucrărilor. Se recomandă următoarele lucrări:*

- stabilizarea pământului geliv din terasament cu var sau cu lianți puzzolanici sau înlocuirea pământului necorespunzător cu agregate granulare;
- executarea unor rețele de piloți drenanți [115] în zona afectată, în cazul când volumul lucrărilor de înlocuire a pământului geliv este mare;
- executarea unor lucrări de etanșare a platformei prin:
  - straturi de formă din materiale stabilizate cu lianți ;
  - stabilizarea pietruirii cu lianți hidrocarbonați sau puzzolanici ;
- refacerea lucrărilor de asanare sau construcția unor lucrări noi.

*Tasările locale* sunt degradări ale terasamentului ce se prezintă sub forma unor deplasări verticale, localizate, a pământului și a stratului de piatră în cazul drumurilor pietruite, sub acțiunea repetată a traficului. Ele afectează planeitatea suprafeței de rulare și apar de obicei acolo unde:

- s-au utilizat pământuri cu granulozitate necorespunzătoare dificile de compactat;
- compactarea insuficientă a terasamentului, ceea ce determină o capacitate portantă neuniformă;
- unde stagnează apa, urmare a lucrărilor de întreținere (de asanare) necorespunzătoare.

*Prevenirea tasărilor locale se realizează prin:*

- verificarea naturii pământului de umplură folosit în zonele dificile de compactat și a gradului de compactare realizat în aceste pământuri ;
- asigurarea scurgerii apelor de pe platformă realizând pante transversale corespunzătoare (5...8%) și executare dispozitivelor de colectare a apelor de suprafață și a celor subterane.

*Remedierea tasărilor locale se execută prin:*

- înlocuirea pământului necorespunzător cu materiale granulare locale și compactarea acestora ;
- refacerea pietruirii pe zona afectată, cu materiale granulare și eventual impermeabilizarea stratului cu emulsie bituminoasă, urmată de compactarea energetică.

**Alunecările** (foto 3.12) sunt degradări ale terasamentului ce se manifestă prin pierderea stabilității generale a terenului de fundare sau a versanților din zona drumului.

Alunecările [35] [43] [48] [56] se produc după suprafețe de rupere, ce se formează între două straturi cu rezistențe diferite și prin care se infiltrează apa. Sunt degradări grave care, în funcție de amploare, pot conduce la întreruperea temporară a circulației.

Principalele cauze ale producerii alunecărilor sunt:

- intervenția umană prin construcția drumului, care afectează echilibrul versantului;
- existența apei subterane nedrenată sau drenată necorespunzător;



- calitatea necorespunzătoare a pământurilor ce alcătuiesc terenul de fundare sau rambleul drumului (vezi cap. 4.1) și compactarea insuficientă a acestuia.



*Foto 3.12. Alunecarea unui terasament.*

*Prevenirea alunecărilor* se realizează prin executarea unor lucrări, având la bază proiecte cu soluții tehnice justificative prin studii geologice, geotehnice și geomorfologice, lucrări cum ar fi: lucrări de terasamente (debleuri, rambleuri), de asanare (drenuri, șanțuri) și în special lucrări de sprijinire (ziduri de sprijin, ranforți), de susținere și consolidare (barete, coloane, piloți – vezi capitolul 4.1, ancoraje).

*Remediarea alunecărilor* constă în refacerea terasamentelor cu materiale granulare, după ce au fost în prealabil eliminate cauzele producerii lor, prin construcția unor lucrări prezentate mai sus.

**Ebulmenții** sunt degradări izolate ale terasamentului ce se produc prin surpări la baza taluzurilor de rambleu și debleu și se prezintă sub forma unor grămezi de pământ la baza taluzului. Ebulmenții formați la baza taluzurilor de debleu, prezintă pericolul ca, prin căderea pământului în dispozitivele de scurgere, să blocheze scurgerea normală a apei.

În prima fază de evoluție, ebulmenții nu deranjează desfășurarea normală a circulației, dar dacă nu se intervine la timp prin lucrări de întreținere eficiente,

evoluția ulterioară a ebulmenților poate provoca cedarea și alunecarea terasamentelor de drumuri și a versanților din zonă.

Cauzele care produc formarea ebulmenților sunt:

- instabilitatea taluzurilor, datorită pantelor mari ;
- acțiunea de erodare a apelor de infiltrații și a furtunilor cu ploi torențiale și vânturi puternice ;
- inexistența lucrărilor de protejare și consolidare care să împiedice erodarea .

*Prevenirea formării ebulmenților se realizează prin executarea lucrărilor adecvate de protejare și consolidare a taluzurilor (vezi cap. 4.3).*

*Remedierea ebulmenților se face prin îndepărtarea materialului format prin surpare. Dacă ebulmenții afectează terasamentul pe o lungime mai mare se intervine prin:*

- refacerea taluzului la o pantă care să asigure stabilitatea acestuia (vezi cap. 4.1) ;
- protejarea taluzurilor ( vezi cap. 4.3) ;
- executarea unor lucrări de sprijinire și consolidare ( vezi cap. 4.1).

### **3.4. Gestionarea lucrărilor de întreținere a drumurilor pietruite și din pământ**

Întreținerea drumurilor cu trafic redus, pietruite, și din pământ, cu scopul îmbunătățirii viabilității acestora presupune realizarea unor lucrări specifice acestor categorii de drumuri fără îmbrăcăminte.

Volumul mare de lucrări de întreținere este în general mai costisitor decât în cazul drumurilor cu îmbrăcăminte modernă. Ca urmare, aceste lucrări trebuie să fie tratate cu multă atenție de factorii locali de decizie.

Pentru o rețea de drumuri, pietruite și din pământ, este foarte important să se stabilească corect starea tehnică a rețelei la un moment dat, cu ajutorul căreia se întocmește apoi schema itinerar a rețelei.

Lucrările de întreținere sunt apoi proiectate după un sistem de gestionare care are la bază schema itinerar a rețelei. [13] [24] [47].

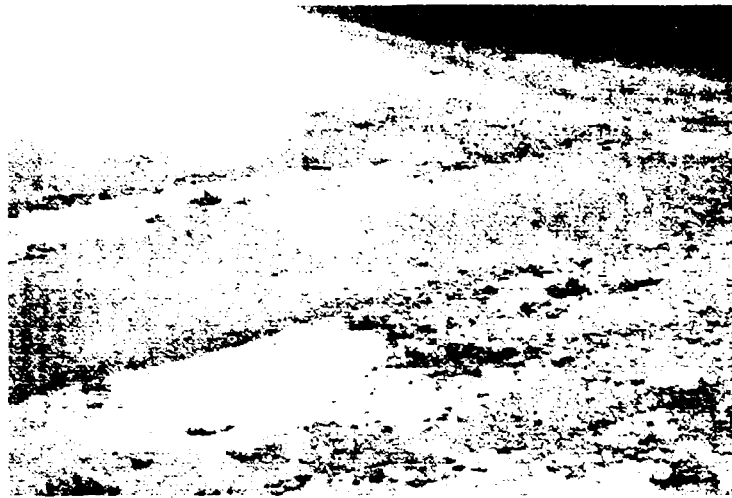
Gestionarea întreținerii drumurilor pietruite și din pământ prezintă unele particularități în raport cu sistemul de gestionare al drumurilor modernizate.

### 3.4.1. Particularități ale gestionării lucrărilor de întreținere

Gestionarea lucrărilor de întreținere a drumurilor din pământ și a celor pietruite prezintă particularități referitoare la [6]:

- dimensionarea grosimii structurii ;
- natura stratului de rulare ;
- factorii de degradare ai drumului (prezentați în paragraful 3.2) ;
- tipul lucrărilor de întreținere.

*Dimensionarea structurii rutiere* trebuie să țină seama că în cazul drumurilor fără îmbrăcăminte, durata de exploatare este mult mai redusă decât cea drumurilor modernizate. Această durată este de maximum 5 ani. Practic se stabilește grosimea structurii (pietruirii) capabilă să preia încărcările din traficul prognozat pe o durată de 5 ani. În continuare, lucrările de întreținere asigură viabilitatea drumului. În lipsa acestora, la sfârșitul duratei de exploatare, materialul pietros este dizlocat și înlăturat de pe suprafețe întinse ale părții carosabile încât, din punct de vedere fizic, drumul nu mai poate fi considerat un drum pietruit (foto 3.13). Dacă în cazul drumurilor modernizate *stratul de rulare* poate fi realizat din cel mult două sau trei tipuri de îmbrăcăminti (bituminoasă, din beton de ciment, macadam etanșat cu tratamente bituminoase), care simplifică mult lucrările de întreținere, în cazul drumurilor pietruite, *stratul de rulare* se realizează în atâtea moduri câte tipuri de materiale sunt la dispoziția constructorului și care se pretează mai mult sau mai puțin unor anumite lucrări de întreținere.



*Foto 3.13. Starea tehnică a drumului pietruit, neîntreținut prin reîncărcare cu material pietros*

De exemplu o pietruire simplă din piatră brută (foto 3.14) sau o pietruire din balast în amestec cu bolovani de râu (foto 3.15) , ambele având o textură pietroasă , nu se pretează la lucrări de întreținere printr-o reprofilare ușoară cu lama autogrederului, deoarece la trecerea cu lama ar fi dizlocate din strat, bucățile de agregate cu dimensiuni mari. În primul caz, refacerea stratului de rulare se face manual iar în cel de-al doilea caz este necesar ca reprofilarea să se realizeze cu aport de agregate naturale mărunte (nisip sau pietriș).



*Foto 3.14. Drum pietruit cu piatră brută.*



*Foto 3.15. Drum pietruit cu balast în amestec cu bolovani de râu.*

Lucrările de întreținere a drumurilor pietruite sunt de asemenea mult diferite față de drumurile cu îmbrăcămînți moderne. Dacă în cazul drumurilor moderne, întreținerea constă în reparare sau refacere (prin tratamente bituminoase, covoare asfaltice) a stratului de rulare, în cazul drumurilor pietruite

lucrările de întreținere programate ale stratului de rulare pot fi alese din următoarele trei variante:

- o reprofilare ușoară cu autogrederul prin una (foto 3.16) sau două (foto 3.17) nivelări fără aport de material și fără compactare. Are rolul de a reface caracteristicile generale ale drumului: panta transversală și lățimea părții carosabile.



*Foto 3.16. Reprofilare ușoară cu o nivelare.*



*Foto 3.17. Reprofilare ușoară cu două nivelări.*

Viabilitatea drumului este ameliorată în detrimentul structurii a cărei grosime se diminuează prin răzuire cu lama autogrederului;

- reprofilarea cu autogrederul, cu aport de material (foto 3.18) și fără compactare.



*Foto 3.18. Reprofilare cu aport de material, fără compactare.*

Este o variantă de întreținere identică cu precedenta dar cu deosebirea că structura rutieră nu este afectată prin diminuarea grosimii;

- reîncărcarea cu material pietros pe toată lățimea părții carosabile, nivelarea, compactarea (foto 3.19) și refacerea lucrărilor de asanare.



*Foto 3.19. Reîncărcarea, nivelarea și compactarea pietruirii.*

În funcție de cantitatea materialului de aport, această variantă poate fi considerată ca o lucrare de reconstrucție a drumului.

După construcția unui drum, indiferent de categorie (modernizat, pietruit sau din pământ) acestuia i se pot atribui două calități [6] [47]:

- **calitatea structurală**, ce reprezintă o valoare de patimoniu;
- **calitatea de viabilitate** cu implicații în costul de exploatare al utilizatorilor.

În timp, pe durata de exploatare a drumului, cele două calități se diminuează sub acțiunea factorilor de degradare menționați în paragraful 3.2.

Din punct de vedere al gestiunii întreținerii drumurilor pietruite, degradările ce apar pot fi asociate unui concept din cele două: **structură și viabilitate**.

Degradarea structurală se manifestă prin reducerea grosimii (uzura) stratului sub acțiunea traficului.

Calitatea de viabilitate a unui drum se caracterizează prin viteza medie de circulație pe un sector de drum.

Degradările de viabilitate a unui drum pietruit și din pământ sunt cauzate de aceeași factori de degradare analizați în paragraful 3.2.

Dintre degradările de viabilitate, prezentate în paragraful 3.3, menționez: văluriri, fâgașe, denivelări, gropi, șiroiri și băltiri.

Aceste degradări sunt degradări localizate și care pot fi remediate prin lucrările de întreținere curente spre deosebire de degradările de structură (uzura structurii) care sunt degradări generalizate ce se remediază prin reprofilare.

Lucrările de reprofilare îmbunătățesc periodic viabilitatea; dar fără a o aduce la starea tehnică inițială și aceasta se face frecvent în detrimentul calității structurale, degradările mai mult sunt mascate decât reparate.



*Foto 3.20. Reprofilare ușoară în detrimentul calității structurale*



*Foto 3.21. Reapariția ravenei după o reprofilare ușoară.*

În foto 3.20 este prezentat un sector de drum după o reprofilare ușoară. Deși s-a realizat o uniformitate a suprafeței de rulare, lățimea părții carosabile a fost diminuată prin dirijarea materialului pietros de la margine spre centru.

Lucrările de reprofilare trebuie executate numai după ce în prealabil au fost tratate separat unele degradări, mai pretențioase. Astfel de degradări sunt șiroirile longitudinale agravate (ravene), care, după o reprofilare ușoară a drumului cu aport de material în zona afectată, acestea au reapărut la scurt timp, după o ploaie torențială (foto 3.21).

Cu toate eforturile ce se fac cu întreținerea drumurilor pietruite, prin reprofilarea ușoară, acestea se degradează continuu, astfel încât la sfârșitul duratei de exploatare drumurile trebuie să fie reîncărcate cu material pietros sau reconstruite, în funcție de grosimea reziduală a stratului sau de condițiile de viabilitate.

### **3.4.2 Principiul sistemului de gestiune al întreținerii drumurilor**

Pentru realizarea politicii de întreținere programată a drumurilor, sunt necesare instrumentele de gestiune și banca de date a rețelei rutiere, conținute într-un proiect cu durată limitată, care, de regulă, coincide cu durata de exploatare a drumului (pentru drumuri pietruite, durata de exploatare este considerată de 5 ani). Acest proiect trebuie să vizeze următoarele probleme [5]:

- estimarea stării tehnice a rețelei la demararea proiectului (momentul  $T_0$ );
- stabilirea sfârșitului duratei de exploatare a drumului, când lucrările de întreținere nu mai sunt eficiente și se impune reconstrucția drumului,
- estimarea stării tehnice a drumului într-un moment intermediar ( $T_i$ ,  $T_i > T_0$ ) în condițiile în care nu s-ar efectua lucrări de întreținere și în particular, la sfârșitul perioadei prevăzute în proiect (momentul  $T_f$ ). Această estimare se face pe baza legilor de evoluție a parametrilor care definesc starea tehnică a drumurilor din rețea, în condiții concrete de trafic și de climat;



- analiza lucrărilor posibile de a fi utilizate, în funcție de starea tehnică a drumului și efectul acestora asupra îmbunătățirii stării tehnice a drumului, a diminuării vitezei de uzură a stratului de rulare;
- stabilirea unui indicator economic de bază pentru alegerea variantei optime pentru colectivitate.

Sistemele de gestionare a lucrărilor de întreținere a drumurilor și, în special, a drumurilor modernizate utilizate în prezent sunt: metoda VIZIR [6], elaborată de Laboratoire Central des Ponts et Chaussées du Paris, modelele HDM III [46] și EDM ale Băncii Mondiale, primul pe cale de implementare și în țara noastră, simulatorul SISTER, elaborat de BCEOM (un simulator a strategiei întreținerii rutiere). Pentru drumurile fără îmbrăcăminte, aceste sisteme sunt parțial aplicabile datorită particularităților pe care le prezintă aceste drumuri. Însă, indiferent de categoria drumului, sistemele de gestionare trebuie să rezolve următoarele:

- estimarea necesităților de întreținere a rețelei rutiere ;
- legile de evoluție a stării tehnice a rețelei ;
- aportul lucrărilor de întreținere asupra viabilității ;
- calculul cheltuielilor de exploatare ;
- stabilirea relației între starea tehnică și cheltuielile colectivității ;
- simularea strategiilor de întreținere.

Pentru drumuri cu trafic redus, sistemele de gestionare sunt mai recente și deci mai puțin experimentate datorită în special insuficiențelor studii de teren existente.

Bazat pe cele prezentate în paragraful anterior, o schemă generală simplă a unui sistem de gestionare a întreținerii unei rețele de drumuri pietruite este prezentată în fig. 3.1. Schema conține trei module.

***1. Calitatea structurală și calitatea de viabilitate a rețelei*** – primul modul – urmărește determinarea stării tehnice a rețelei la demararea proiectului de gestiune, la momentul  $T_0$ . De asemenea se stabilește natura lucrărilor și costul acestora, pentru a putea aduce rețeaua în stadiul de obiect al unei strategii de

întreținere. Se urmărește în principal calitatea de viabilitate și parțial calitatea structurală.

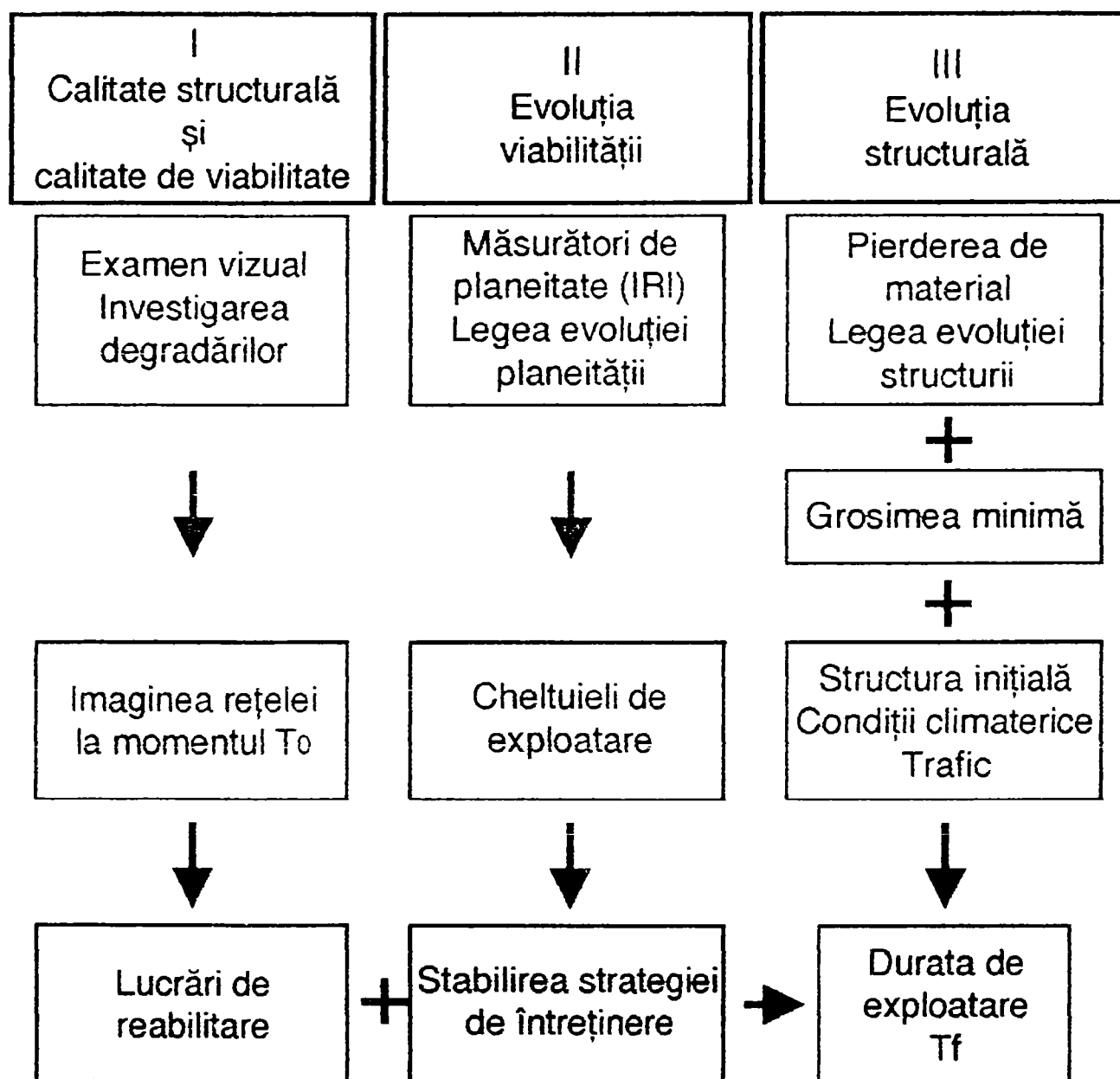


Fig. 3.1. Schema generală de gestiune a întreținerii drumurilor pietruite.

Pornind de la examinarea vizuală a amprizei drumului, se investighează degradările, lățimea platformei, grosimea pietruirii și starea tehnică a lucrărilor de asanare (drenuri, șanțuri, podețe). Se stabilește apoi costul lucrărilor pentru refacerea degradărilor la care adăugând costul lucrărilor de asanare, se obține costul total al lucrărilor de întreținere pentru repunerea în starea de exploatare a rețelei la momentul  $T_0$ . În această situație, lucrările de întreținere nu urmăresc refacerea grosimii pietruirii care să asigure restabilirea viabilității inițiale a rețelei. Lucrările de întreținere ce se execută sunt adevărate lucrări de reabilitare

a drumurilor pietruite (fig. 3.1). Se realizează de regulă în cazul unor restricții bugetare și sunt obligatorii pentru aducerea rețelei într-o stare tehnică care să permită integrarea în continuare a rețelei într-un anumit sistem de gestiune al întreținerii.

**II. Evoluția viabilității rețelei** – cel de-al doilea modul – urmărește stabilirea strategiei optime de întreținere. Durata de exploatare rămasă a rețelei poate fi prelungită prin lucrări de întreținere care încetinesc procesul de degradare și în același timp compensează uzura suprafeței de rulare datorită traficului. O anumită strategie de întreținere poate să fie o combinație, în timp, a mai multor lucrări, fiecare realizată cu scopul de a ameliora, mai mult sau mai puțin, viabilitatea și structura drumului. Soluția optimă a unei strategii de întreținere, în condiții de restricții bugetare, trebuie să rezulte din compararea mai multor strategii din care se va alege soluția care să aducă beneficii colectivității. Aceasta rezultă din condiția ca diferența între costul lucrărilor prevăzute în strategie și cheltuielile de exploatare să fie minime.

Cheltuielile de exploatare al rețelei, sunt apreciate prin costurile de circulație și implicit prin viteza medie de circulație. Aceasta depinde de planeitatea suprafeței de rulare care poate fi măsurată cu aparatură modernă (la noi în țară cu echipamentul analizator de profil longitudinal APL 72) [61] și apreciată prin coeficientul de uniformitate internațional (IRI). Planeitatea este afectată în timp în funcție de natura materialului și de intensitatea traficului. Se poate stabili o corelație între modul cum se diminuează planeitatea fără a se apela la lucrări de întreținere, respectiv cum este ameliorată planeitatea și compensată grosimea pietruirii prin diverse lucrări de întreținere. Evaluând cheltuielile de întreținere pentru fiecare tip de lucrare și asociindu-l costului de exploatare corespunzător, va rezulta strategia optimă de întreținere pentru varianta care oferă diferența minimă dintre cele două cheltuieli. În acest mod se asigură prelungirea duratei de exploatare până la momentul  $T_f$ , calculat anterior.

**III. Evoluția structurală a rețelei** – cel de-al treilea modul – permite stabilirea momentului în care fiecare drum din rețea ar trebui reconstruit fără a

apela la lucrări de întreținere. Acest moment este determinat de uzura structurii prin pierdere de material din cauza traficului și sunt luate în considerare numai aspectele legate de structură: structura inițială afectată de traficul corespunzător și condițiile climaterice din zonă. Cunoscând grosimea reziduală a structurii la momentul  $T_0$  și evaluând pierderile de material se poate stabili durata de exploatare rămasă, când structura are o grosime sub valoarea minimă sau este aproape nulă. La momentul, astfel stabilit se impune intervenția asupra drumului prin reconstrucția lui.

### **3.4.3 Aprecierea stării tehnice a unei rețele de drumuri**

Starea tehnică a unei rețele rutiere la un moment dat, este decisivă în modul în care se asigură desfășurarea transporturilor. Din această cauză, starea tehnică trebuie să fie cunoscută în permanență de factori care administrează rețeaua rutieră. Cunoașterea stării tehnice și intervențiile care se fac trebuie să asigure o bună viabilitate, circulația să se poată desfășura în condiții de siguranță și confort în toate anotimpurile anului, chiar și în condiții climaterice defavorabile.

Principiul de apreciere a stării tehnice a drumurilor pietruite și din pământ [4] [19] [30] este un principiu analog principiului de apreciere a stării tehnice a drumurilor cu îmbrăcăminti moderne.

Întrucât starea tehnică a unui drum evoluează rapid, estimarea acesteia se bazează pe culegerea de date cu ocazia parcurgerii rețelei rutiere și uneori se poate apela la arhive sau analogii cu alte drumuri. Cu ocazia parcurgerii rețelei rutiere se strâng date tehnice privind:

- caracteristicile geometrice ale rețelei: lungimea drumului, lățimea părții carosabile, a platformei și a amprizei;
- starea tehnică a lucrărilor de asanare și a lucrărilor de artă, în special șanțuri, podețe;
- caracteristicile structurii rutiere: grosimea, alcătuirea straturilor și natura materialelor din care sunt realizate;

- degradările structurii rutiere.

Toate aceste date alcătuiesc o schemă itinerar a rețelei rutiere și sunt introduse în banca de date pentru a putea fi folosite la elaborarea sistemului de gestiune a lucrărilor de întreținere.

Referitor la degradările drumurilor pietruite și din pământ, acestea pot fi grupate în funcție de amplasarea și gravitatea lor în șase tipuri:

- denivelări;
- șiroiri longitudinale;
- văluriri;
- gropi;
- șiroiri transversale;
- băltiri.

Primele patru tipuri de degradări servesc pentru calculul *indicii de calitate al drumului (IC)*. Ultimele două tipuri privesc lucrările de asanare care fac parte din categoria lucrărilor curente.

În tabelul 3.5 sunt prezentați indicii de gravitate ai primelor trei tipuri de degradări, în funcție de mărimea acestora și de tipul lucrărilor de întreținere ce se impun a fi realizate.

Tabelul 3.5

Indicele de gravitate	Tipul de lucrare	Marimea degradării [cm]	
		Denivelări sau șiroiri longitudinale	Văluriri
1	Reprofilare ușoară	< 5	< 2
2	Reîncărcare	5...10	2...5
3	Reconstrucție	> 10	> 5

Indicele de calitate (IC) pentru un sector de drum analizat se poate defini în funcție de indicele de gravitate și reprezintă gradul cel mai avansat al uneia din cele patru degradări: denivelare, șiroire longitudinală, vălurire sau groapă. Amploarea zonei degradate, cu tipurile de degradări și indicii de gravitate este cuprinsă în schema itinerar a rețelei rutiere. Ca urmare, indicele de calitate va fi stabilit după criteriul:

$$IC = \max [\text{denivelare, șiroire longitudinală, vălurire, groapă}] \quad (3.1)$$

Indicele de calitate are valori identice, indicelui de gravitate,  $IC = 1...3$ .

Schema itinerar a rețelei rutiere analizată, completată cu indicii de calitate, servește pentru întocmirea fișelor de sinteză pentru toate drumurile din rețea, pentru unul sau mai multe drumuri sau numai pentru anumite sectoare de drum. Fișa de sinteză reprezintă o oglindă a volumului de lucrări ce conține date privind:

- repartizarea drumurilor (sau a sectoarelor de drum) pentru întreținerea prin reprofilare, reîncărcare și reconstrucție;
- restabilirea elementelor geometrice: lățimea părții carosabile, a acostamentelor, a platformei, a pantei transversale;
- întreținerea sau refacerea lucrărilor de asanare: șanțuri, drenuri, podețe;
- asanarea bălților.

Pentru programarea lucrărilor necesare de refacere a viabilității unui drum pietruit este necesar să se cunoască durata de exploatare rămasă, cunoscută ca fiind durata de exploatare reziduală. Durata de exploatare reziduală a unui drum pietruit depinde de grosimea inițială a structurii și de cantitatea de material ce se pierde (uzura stratului) sub acțiunea traficului, în condițiile în care în această perioadă nu se execută lucrări de întreținere.

Pierderea de material, propusă prin modelul HDM III de gestionare optimizată a rețelei rutiere, [33] poate fi calculată cu relația:

$$P_{am} = 3,65 \cdot [3,46 + 0,426 \cdot i_c + k_i \times N] \quad [\text{mm/an}] \quad (3.2)$$

unde:  $P_{am}$  este pierderea anuală de material, în mm/an;

$i_c$  - intensitatea ploii căzută, în mm / lună;

$k_i$  - coeficientul ce ține seama de îndepărtarea materialului din cauza traficului, a ploii, a geometriei drumului și a caracteristicilor materialelor:

$N$  - intensitatea traficului, exprimată în media zilnică anuală în ambele sensuri (vehicule/24 h).

Coeficientul  $k_i$  se calculează cu următoarea relație:

$$k_i = \max \left[ 0; \left( 0,022 + \frac{0,96 \cdot S}{57300} + 0,00342 \cdot i_c \cdot T_{0,08} - 0,092 \cdot i_c \cdot I_p \cdot k_m - 1,101 \cdot i_c \right) \right] \quad (3.3)$$

unde:  $S$  este sinuozitatea traseului, în grade/km;

$T_{0,08}$  - treceri prin sita de 0,08 mm, în procente;

$I_p$  - indice de plasticitate a materialului;

$k_m$  - coeficient ce ține seama de natura materialului (balast, în cazul pietruirii sau pământ).

Legea de pierdere a materialului, utilizată în cadrul modelului HDM III, exprimată prin relația 3.2, este o lege apreciată ca fiind destul de exactă, care ține seama de toți factorii care intervin în exploatarea drumului și au influență asupra uzurii stratului de rulare, prin îndepărtarea materialului. Prezintă totuși dezavantajul că parametrii care intervin în relație, în special determinarea coeficientului  $k_i$ , necesită studii suplimentare iar valorile coeficienților ce intervin sunt mai mult sau mai puțin concludenți, fără un anumit interval de încredere.

O lege mai simplă, ușor de aplicat în domeniul gestionării drumurilor pietruite și din pământ, este legea adoptată în modelul VIZIRET [4]. Această lege furnizează direct pierderea de material în funcție de intensitatea traficului, conform tabelului 3.6.

Tabel 3.6

Intensitatea traficului [veh/24 h]	Uzura stratului [mm/an]
20...50	10
50...150	15
150...300	20
>300	25

Valorile pierderilor de material prezentate în acest tabel, sunt corectate în funcție de zona geografică străbătută de drum și de intensitatea ploilor din zonă coroborată cu viteza de scurgere a apei în zonă (efectul de erodare a suprafeței pe care se scurge). În tabelul 3.7 sunt prezentate valorile pierderilor de material, în funcție de intensitatea traficului, pentru un drum de câmpie, într-un teren neaccidentat.

Tabel 3.7

Intensitatea traficului [veh/24 h]	Uzura stratului [mm/an]
0...50	15
50...100	20
100...200	25
200...400	30
>400	35

Valorile de bază ale uzurii stratului de rulare, prezentate în tabelul 3.7 pentru un drum neaccidentat, dintr-o zonă de câmpie, sunt corectate cu valorile prezentate în tabelul 3.8, pentru drumuri amplasate în zone de deal sau de munte, mai mult sau mai puțin accidentate și în funcție de intensitatea ploilor din zonă.

Tabel 3.8

Corecția uzurii stratului [%]	Intensitatea ploii [mm/an]	Zona geografică
0	<1250	Câmpie, teren neaccidentat
+10	1250...1500	Deal, teren ondulat
+20	1500...2500	Munte, teren accidentat
+30	>2500	Munte, teren foarte accidentat

Prin aplicarea acestei legi, un drum pietruit cu o grosime inițială de 15 cm, situat într-o zonă de munte, cu teren foarte accidentat și un climat foarte ploios va avea o uzură anuală de 2,5 cm pentru o intensitate a traficului de 50 veh/24 h. Deci durata de exploatare va fi de 6 ani, grosimea pietruirii la sfârșitul acestei perioade, teoretic va fi nulă. În activitatea practică, de regulă nu se ia o uzură totală a pietruirii astfel încât să se ajungă la afectarea stratului suport, a



terasamentului, care, fiind mult mai sensibil la factorii de degradare, ar conduce la o diminuare accentuată a viabilității drumului și adesea la condiții de circulație impracticabile. Din păcate, sunt cunoscute și folosite denumirile de drumuri inaccesibile pentru circulație sau numai pentru o anumită categorie de autovehicule. Literatura de specialitate [6] recomandă o grosime minimă a pietruirii existente de 5...6 cm, după care lucrările de reprofilare, reîncărcare sau de reconstrucție sunt obligatorii pentru menținerea drumului într-o stare de viabilitate și, evident, cu costuri mai reduse.

Așa cum am prezentat anterior, aprecierea stării tehnice a drumurilor se face cu ajutorul indicelui de calitate, care, la rândul lui, depinde de indicele de gravitate, estimat prin mărimea și amploarea degradărilor structurii rutiere existente. Cuantificarea acestor degradări în modelul VIZIRET de gestionare a întreținerii drumurilor [7], se face prin aprecierea planeității suprafeței de rulare cu ajutorul indicelui internațional de uniformitate (IRI).

Aparatura utilizată pentru determinarea indicelui IRI se compune dintr-un dispozitiv remorcat (o remorcă Bump Integrator) sau îmbarcat (un cablu de măsurare Bump) de/pe un vehicul obișnuit, care parcurge traseul cu o viteză constantă. Din cauza condiției de menținere a vitezei de parcurs constante, în timpul efectuării măsurărilor, determinările se fac pe sectoare de drum omogene din punct de vedere al degradării suprafeței de rulare. Pe de altă parte, vehiculul dotat cu dispozitivul de măsurare al degradărilor, nu întotdeauna urmărește traiectoria de circulație normală, evitând sectoarele cu multe degradări (evident, dacă există alte posibilități de trasee mai puțin degradate), estimarea planeității suprafeței prin indicele de uniformitate IRI, trebuie să țină seama atât de viteza constantă a vehiculului cât și de traiectoria parcursă.

Indicele internațional de planeitate, IRI, poate fi apreciat în funcție de viteza vehiculului (V) cu expresia:

$$IRI = \min. [24; 1 + 0,003 \cdot (100 - V)^2] \quad [\text{m/km}] \quad (3.4)$$

Traectoria parcursă pe parcusul măsurătorilor, este luată în considerare la aprecierea indicelui IRI în raport cu axa drumului și poate fi considerată: paralelă cu axa, puțin sinuoasă sau foarte sinuoasă.

Luând în considerare patru clase posibile pentru vitezele de lucru ale vehiculului utilizat pentru efectuarea măsurătorilor, în tabelul 3.9 sunt prezentate valorile indicelui internațional de uniformitate IRI pentru aceste clase și corecțiile ce se fac, în funcție de traectoria parcursă de vehicul.

Tabelul 3.9

Clasa de viteză [km/h]	Viteza medie [km/h]	IRI [m/km]	Corecția IRI datorită traectoriei
< 20	10	24	-
20...40	30	16	+1
40...60	50	8	+2
> 60	70	4	+3

Pentru trasee sinuoase, corecția indicelui de uniformitate IRI, are valori de la 1 la 3, în funcție de viteza medie de lucru adoptată pentru vehiculul utilizat.

Planeitatea suprafeței de rulare se deteriorează nu numai sub acțiunea traficului, dar ea este dependentă și de natura materialului suprafeței de rulare, datorită în principal uzurii neuniforme a materialului. Aprecierea duratei de exploatare a unui drum, cu ajutorul indicelui internațional de uniformitate IRI, cu luarea în considerare a materialului constituent al stratului de rulare, poate fi făcută prin valorile maxime ale acestui indice:

- pentru pietruiri obișnuite, IRI = 22 m/km ;
- pentru drumuri din pământ, IRI = 28 m/km ;

Pentru o intensitate a traficului mai mare decât cea prognozată, valorile maxime ale indicelui IRI, în funcție de natura materialului din pietruire pot fi corectate prin majorarea valorilor prezentate anterior, după cum urmează:

- pentru nisipuri cu 1,3 m/km ;
- pentru pământuri argiloase cu 0,3 m/km ;
- pentru pietruiri din balast cu 0,1 m/km.

### 3.5. Concluzii și propuneri privind gestionarea lucrărilor de întreținere a drumurilor pietruite și din pământ

Principalele lucrări de întreținere, menționate în acest paragraf, contribuie la ameliorarea viabilității drumurilor pietruite și din pământ prin asigurarea:

- planeității suprafeței de rulare în cazul unei reprofilări ușoare, fără aport de material ;
- planeității suprafeței de rulare și a îmbunătățirii capacității portante, sporind grosimea structurii, în cazul reprofilării cu adaos de material pietros.

Deci, în funcție de starea tehnică a drumului, în momentul intervenției cu lucrările de întreținere menționate, se apreciază că acestea contribuie la îmbunătățirea viabilității drumului, prin ameliorarea planeității suprafeței de rulare astfel:

- în cazul unei reprofilări ușoare, fără aport de material, indicii IRI are valori mult reduse. Experimental s-a constatat o reducere a indicelui cu 80% ;
- în cazul unei reprofilări cu aport de material, planeitatea poate fi estimată prin indicii de uniformitate IRI, cuprins în domeniul prezentat în relația:

$$IRI_f = \max. \left\{ \left[ IRI_i - 0,1 \frac{V}{L}, \min.(3; IRI_i - 12) \right]; 12 \right\} \text{ [m/km]} \quad (3.5)$$

unde:

$IRI_f$  și  $IRI_i$  sunt indicii internaționali de uniformitate ai suprafeței de rulare, înainte și respectiv după executarea lucrărilor de întreținere;

$V$  – volumul materialului de aport, în  $m^3$ ;

$L$  – lungimea sectorului de drum întreținut, în m.

Un rol important în eficacitatea lucrărilor menționate și mai ales în cazul reprofilării cu aport de material, îl are compactarea materialului reprofilat sau a

materialului de aport. Întrucât, reprofilarea cu aport de material presupune nu numai o ameliorare a planeității, dar și o sporire a grosimii pietruirii existente, acest obiectiv poate fi realizat numai printr-o compactare corespunzătoare a materialului pus în operă. În acest mod, se asigură o încleștare a materialului nou cu cel existent și în ansamblu o stabilitate mai bună a stratului realizat, la acțiunea factorilor degradanți. Deci o reprofilare cu aport de material, nu conduce la sporirea grosimii pietruirii, decât dacă materialul pietros este compactat corespunzător.

În cazul lucrărilor de întreținere prin reîncărcare și compactarea materialului pus în operă, grosimea reală a structurii necesară poate fi apreciată în funcție de indicele de gravitate al degradărilor existente, astfel:

- egală cu raportul dintre volumul materialului pietros utilizat pentru reîncărcarea (V) și lungimea sectorului de drum (L) supus lucrării de întreținere, pentru degradări (denivelări și șiroiri) apreciate prin indicele de gravitate 1 (mărimea degradărilor sunt mai mici de 5 cm);
- mai mare cu 3 cm, față de grosimea rezultată din raportul  $V/L$ , dar pentru degradări de tipul șiroirilor cu un grad de gravitate 2 (5...10 cm);
- mai mare cu 1 cm față de grosimea rezultată din raportul  $V/L$ , dar pentru degradări de tipul șiroirilor cu un indice de gravitate 2 (5... 10 cm).

Sistemul de gestionare al lucrărilor de întreținere al drumurilor pietruite și din pământ, permite ca printr-un procedeu simplu, ușor de aplicat, să se evalueze calitatea unei rețele rutiere și apoi să se aleagă strategia de întreținere compatibilă cu mijloacele bugetare.

Pornind de la examinarea vizuală a rețelei, completată cu măsurători de planeitate a suprafeței de rulare, metoda furnizează toate datele necesare pentru formarea unei imagini corecte asupra rețelei la un moment  $T_0$ , moment inițial pentru adoptarea unei strategii de întreținere. Utilizând apoi legile de evoluție a planeității și a structurii rutiere, cu luarea în considerare a grosimii minime a pietruirii și a condițiilor concrete de trafic și de climat pentru drumul analizat, se

poate estima durata de exploatare reziduală care este hotărâtoare pentru stabilirea strategiei de întreținere.

Lucrările de întreținere prevăzute în cadrul metodei: reprofilare simplă, reîncărcarea structurii rutiere și reconstrucția drumului sunt lucrări simple ce nu necesită o tehnologie deosebită pentru realizare. Adoptarea soluției optime rezultate pe baza studiului de gestionare, la momentul potrivit, contribuie la îmbunătățirea viabilității drumului. Însă, foarte important este ca lucrările de întreținere menționate să fie precedate în mod obligatoriu, de lucrări de asanare a drumului (șanțuri, drenuri, podețe), lucrări a căror necesitate este evidențiată în schema itinerar a drumului. O apreciere critică a metodei de gestionare prezentată o constituie faptul că pe baza măsurărilor de apreciere a stării tehnice a drumului nu se pot estima cheltuielile de exploatare a drumului. Dar, din acest punct de vedere, metoda poate fi combinată eficient cu o altă metodă. Astfel, modelul de gestionare HDM III permite ca evaluarea unui drum să fie calculată pe baza indicelui internațional de uniformitate (IRI).

În concluzie, metoda de gestionare prezentată poate să contribuie eficient la optimizarea strategiilor de întreținere în domeniul drumurilor pietruite și din pământ, domeniu în care astfel de metode sunt relativ reduse și puțin utilizate. Prin simplitatea ei, metoda poate fi aplicată nu numai de administrațiile centrale ale drumurilor publice, ci și de cele locale și chiar de administrațiile particulare ale drumurilor de exploatare.

# **CAPITOLUL 4**

## **CONTRIBUȚII LA STUDIUL ȘI REALIZAREA UNOR LUCRĂRI PENTRU MENȚINEREA VIABILITĂȚII DRUMURILOR**

Satisfacerea nevoilor de transport ale economiei naționale și ale populației pe drumurile publice în general și mai ales pe drumurile din pământ și pe cele pietruite, implică participarea activă a deținătorilor de credite (administratorii de drumuri), care alături de specialiști (cercetători, proiectanți și constructori) să găsească cele mai eficiente soluții de **menținere a viabilității acestor categorii de drumuri**, în toate anotimpurile anului.

Tratarea superficială a întreținerii acestor drumuri, agravează degradarea lor și conduce la costuri de exploatare sporite din partea utilizatorilor și la cheltuieli de refacerea viabilității drumului mult mai mari decât ar fi fost cheltuielile inițiale de întreținere.

Din păcate, situații de acest gen au fost numeroase și de multe ori a fost necesară intervenția specialiștilor pentru găsirea unor soluții tehnice care să aducă drumul la starea normală pentru desfășurarea circulației.

În acest sens, în prezentul capitol am tratat pe lângă unele soluții punctuale adoptate pentru refacerea viabilității unui drum și unele studii proprii

de laborator și experimentale pe teren, pentru menținerea viabilității drumului. Studiile se referă la lucrări de terasamente (consolidare, asanare). Întrucât cercetările au fost posibil de realizat și experimentat, pe bază de contracte cu unități economice din județul Timiș (D.R.D.P. Timișoara, G.S.D.P. Timiș și S.C. "DRUMCO" S.A. Timiș), experimentarea soluțiilor s-a realizat, pentru lucrările de întreținere a terasamentelor (consolidare, asanare, protejare) pe drumuri cu îmbrăcăminti moderne, considerând că terasamentele se execută și se întrețin în același mod și pe drumurile fără îmbrăcăminte modernă.

Studiile efectuate în laboratorul Departamentului de Inginerie Geotehnică și Căi de Comunicație Terestre (fostă catedră de Drumuri și Fundații) și experimentate pe unele drumuri publice, au vizat rezolvarea următoarelor probleme:

- consolidarea terasamentelor de drumuri [104] [105] [106];
- calculul și execuția mecanizată a drenurilor înguste [107];
- protejarea și consolidarea ecologică a taluzilor stâncoase [109].

#### **4.1. Consolidarea terasamentelor de drumuri**

Adesea, viabilitatea drumurilor în exploatare, este afectată de modul de exploatare a terasamentelor, care susțin suprastructura drumului, preluând încărcările de la aceasta și transmitându-le reduse corespunzător, pe o suprafață mai mare, terenului de fundare, în limita capacității portante a acestuia. Calitatea terasamentului și a terenului de fundare este hotărâtoare pentru modul de comportare ulterioară a acestuia și implicit comportarea suprastructurii drumului. Chiar în condițiile proiectării și execuției corecte a unui terasament, se întâlnesc situații în exploatare, când terasamentul se degradează. Cele mai frecvente cazuri de degradare a unui terasament sunt cazurile de pierderea stabilității datorate în principal apelor de suprafață, infiltrate în corpul terasamentului și a apelor subterane necaptate corespunzător. În continuare vor fi tratate două soluții de consolidare a terasamentului de drumuri:

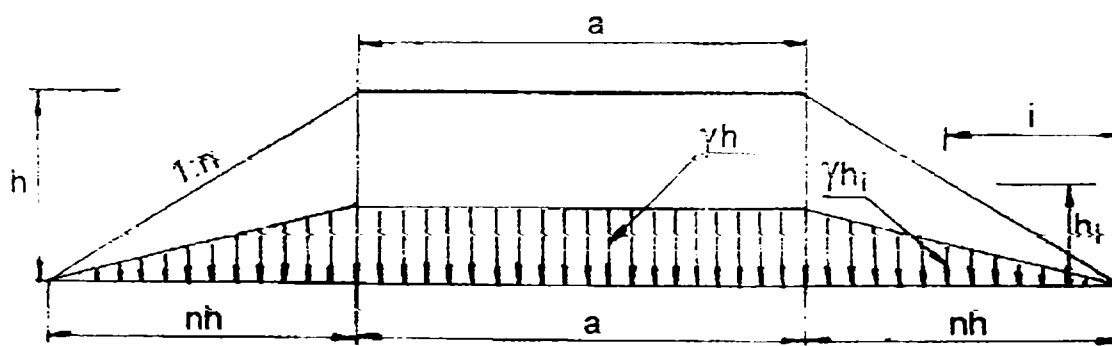
- consolidarea unui rambleu înalt pe un teren de fundare compresibil și

- consolidarea unui terasament, realizat în profil mixt, prin drenuri orizontale vibroforate.

Tot în acest paragraf va fi prezentată o tehnologie nouă de consolidare a terasamentului corpului unui drum în exploatare, fără decaparea structurii rutiere.

#### 4.1.1. Calculul și experimentarea consolidării unui rambleu înalt de drum amplasat pe un teren compresibil

În practica inginerescă de execuție a terasamentelor pentru drumuri se întâlnesc situații ale unor rambleuri înalte (3...7m) care transmit terenului de fundare încărcări mari din greutatea proprie. În cazul când terenul de fundare este constituit din pământuri compresibile, pe înălțimea zonei active pot să apară tasări importante ale terasamentului cu repercursiuni asupra complexului rutier.



**Fig. 4.1.** Distribuția presiunilor din greutate proprie.

La nivelul suprafeței de contact dintre rambleu și terenul de bază (fig.4.1) acționează încărcări provenite în principal din greutatea proprie a acestuia, ca și o sarcină liniară distribuită [20].

De asemenea trebuie luate în considerare și eforturile orizontale ce iau naștere la nivelul suprafeței de contact teren – rambleu, eforturi dirijate de la axul rambleului spre exterior (fig.4.2).



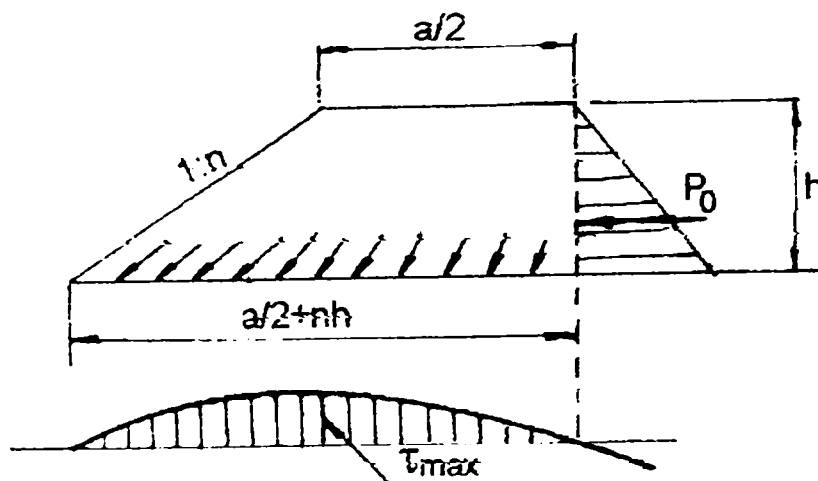


Fig. 4.2. Diagrama tensiunilor tangențiale.

Dacă aceste tensiuni tangențiale ce iau naștere depășesc rezistența la alunecare dintre rambleu și terenul de bază există tendința de dislocare a unor porțiuni de rambleu din zona taluzului. Valoarea maximă a efortului tangențial se poate calcula cu relația [45].

$$\tau_{\max} = \frac{3P_0}{a + 2n \cdot h} \quad [\text{kN/m}^2] \quad (4.1)$$

unde:

$P_0$  este împingerea în stare de repaus considerată în axa terasamentului, în kN/m;

$a$  – lățimea rambleului, la partea superioară, în m;

$h$  – înălțimea rambleului, în m;

$1:n$  – panta taluzului de rambleu.

În aceste condiții, un rambleu își pierde stabilitatea în următoarele situații:

- când încărcările transmise de rambleu generează în terenul de bază o stare de tensiuni corespunzătoare criteriului de plasticizare a pământului;
- când valorile eforturilor tangențiale ce iau naștere depășesc rezistența la alunecare ce apare între rambleu și terenul de bază.

Pentru proiectarea și execuția cât mai eficientă a consolidării terasamentelor un rol important trebuie acordat studiului geotehnic prin care trebuie să se stabilească: natura terenului, alternanța straturilor, nivelul apei

subterane și variația acestuia în timp, caracteristicile fizice și mecanice a pământurilor (îndeosebi rezistența la forfecare în condițiile drenării sau nedrenării apei din pori).

Studiul geotehnic, trebuie să analizeze cu atenție și posibilitățile de pierdere a stabilității terasamentului în funcție de condițiile concrete de teren.

Stabilitatea rambleurilor înalte executate pe terenuri compresibile trebuie realizată întotdeauna prin lucrări care vizează îmbunătățirea caracteristicilor fizico – mecanice ale terenului de fundare cu compresibilitatea mare. În acest caz procedeele utilizate sunt funcție de condițiile concrete ale terenului de bază și de eficiența tehnico – economică a lucrărilor.

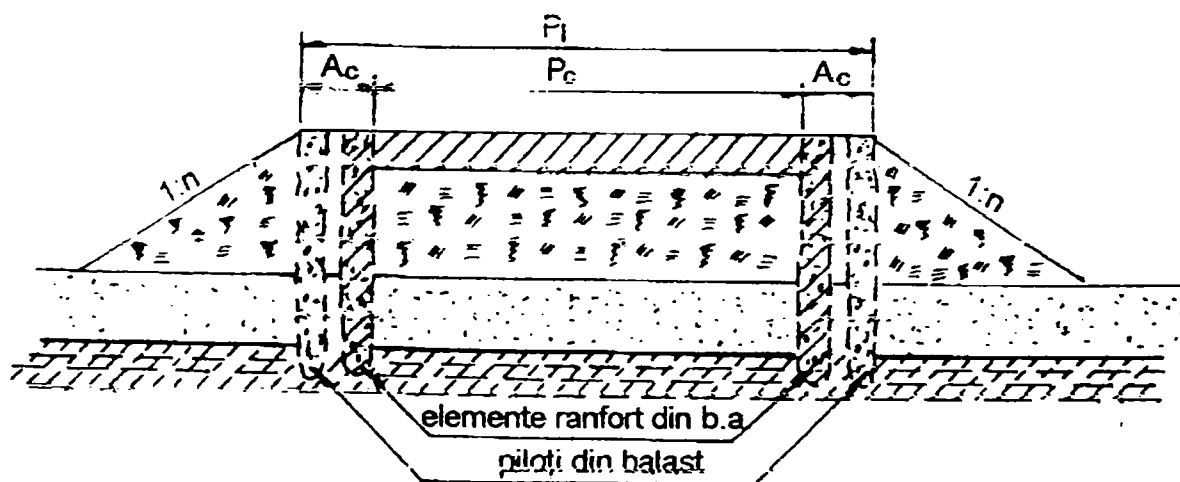
După stabilirea posibilităților de pierdere a stabilității rambleurilor, pentru, consolidarea acestora, înainte de execuția terasamentului, se poate adopta una din următoarele metode:

- pentru grosimi mici ale stratului compresibil (1...2 m) se va proceda la înlocuirea lui cu materiale locale, realizându-se cunoscutele perne cu compresibilitate mică;
- pentru grosimi mai mari (3...5 m) asigurarea stabilității rambleului se poate realiza prin executarea unor contrabanchete de o parte și alta a acestuia. În cazul pământurilor argiloase cu consistență redusă, pentru grăbirea procesului de consolidare al acestora, se pot utiliza drenuri orizontale plasate sub rambleu, în zona piciorului taluzului;
- pentru grosimi de 5...7m a stratului compresibil, îmbunătățirea terenului de fundare se poate realiza prin execuția unor piloți sau coloane din balast, nisip sau alte materiale locale drenate.

În cazul în care rambleul a fost executat fără a cunoaște condițiile de fundare ale acestuia sau materialul de umplură nu a fost corespunzător din punct de vedere al granulozității și al posibilității de compactare, de regulă se înregistrează după o anumită perioadă de exploatare, tasări accentuate ale rambleului însoțite de degradări ale structurii rutiere precum și cazuri de pierdere a stabilității parțiale sau totale ale taluzurilor rambleului.

În această situație măsurile de aducere a rambleului la condiții normale de exploatare și de siguranța circulației sunt întotdeauna greu de realizat și întotdeauna neeconomice. Cheltuielile făcute în timp, pentru menținerea viabilității drumului sunt de regulă cu mult mai mari decât cheltuielile generate de lucrări de îmbunătățire a terenului de bază ce se impun a fi executate înainte de realizarea rambleului.

O metodă, relativ recentă pentru sectorul rutier, de consolidare a rambleurilor înalte, executate pe terenuri compresibile, este metoda bazată pe utilizarea elementelor ranfort din beton armat, introduse în teren cu ajutorul utilajelor vibratoare. Elementele ranfort (piloți din beton armat), cu rol de rezistență pot fi plasați, în lungul drumului, pe toată lățimea platformei sau numai parțial din lățimea platformei (de regulă pe lățimea acostamentelor). Soluția de consolidare a rambleului, pe toată lățimea platformei drumului este sigur, o soluție ce nu poate fi prevăzută și în același timp prezintă pe lângă dezavantajul tehnic de folosire nerațională a elementelor de rezistență și dezavantajul economic al creșterii prețului de cost. De cele mai multe ori se impun execuția consolidării după ce s-a executat structura rutieră, situație în care plasarea elementelor ranfort se poate face în acostamente (fig. 4.3.) [73] [80].



*Fig. 4.3. Consolidarea unui rambleu cu elemente ranfort din beton armat și piloți drenanți din balast.*

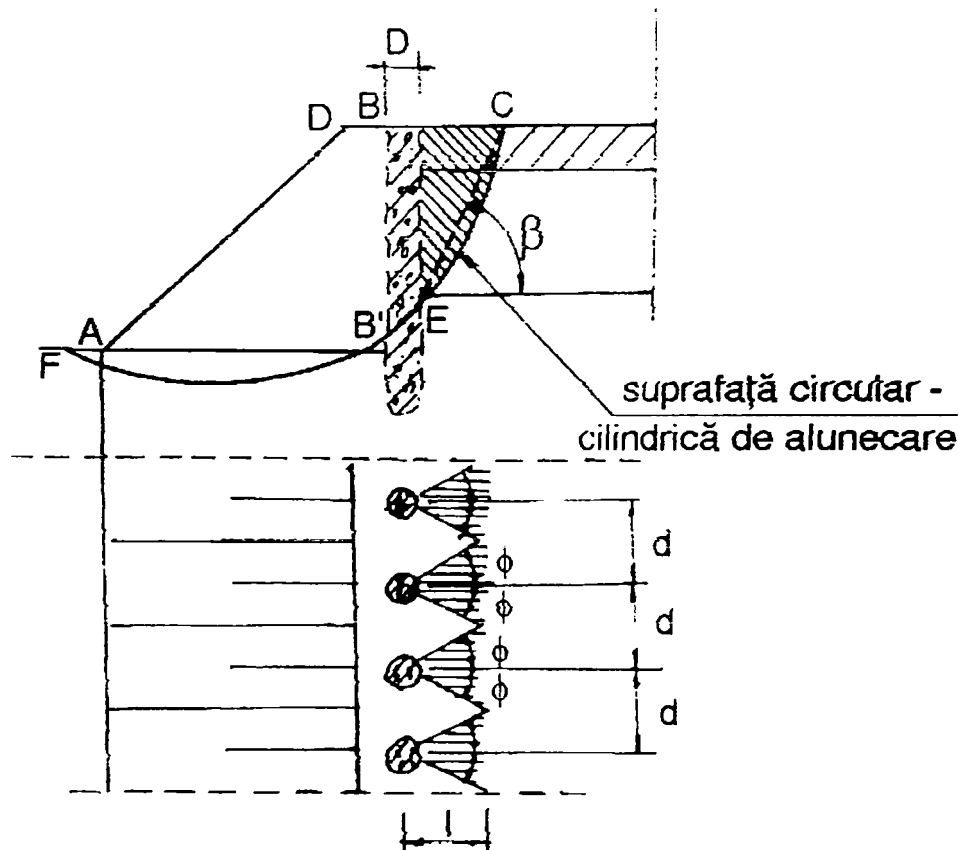
Această soluție este justificată atât tehnic cât și economic. Soluția prezintă avantajul posibilității realizării consolidării, fără a fi necesară întreruperea circulației. Concomitent cu execuția elementelor ranfort din beton armat se pot

realiza, în funcție de necesitate, piloți sau coloane din materiale granulare locale, pentru drenarea eventualelor ape de infiltrații din corpul rambleului.

### Calculul consolidării rambleului cu elemente ranfort din beton armat

Un element ranfort este solicitat la împingerea produsă de prismul de pământ activ sau potențial activ definit atât de planul cel mai periculos de rupere cât și de planul vertical tangent la elementele ranfort din ecranul de sprijin [10] [79].

Când prismul de pământ este secționat de un perete discontinuu, încărcarea din împingerea pământului este cea corespunzătoare prismului din spatele peretelui discontinuu. Asupra elementului ranfort va acționa prismul de pământ, prezentat hașurat în fig. 4.4. [81].



*Fig. 4.4. Repartiția încărcărilor pe elementele ranfort.*

Pământul dintre elementele ranfort este antrenat în cadrul prismului cu un volum definit de două drepte înclinate sub unghiul  $\phi$ , pe o lungime  $l$ , dată de relația:

$$l = \frac{d}{\gamma \cdot \operatorname{tg} \phi} \quad [\text{m}] \quad (4.2.)$$

unde :  $d$  este distanța dintre elemente, în m;

$\phi$  - unghiul frecării interioare al pământului, în grade;

În această situație un element ranfort de diametru  $D$  este încărcat de împingerea prismului BCE care se consideră că lunecă pe suprafața plană CE, înclinată cu unghiul  $\beta$  față de orizontală.

Un calcul simplificat ce se poate adopta în cazul când consolidarea se realizează după formarea planului de alunecare, se poate face la starea limită de echilibru, dimensionând elementul ranfort la solicitarea dată de diferența între încărcarea care produce lunecarea (împingerea pământului) și forța de frecare ce ia naștere pe suprafața de alunecare.

Determinând greutatea prismului de pământ BCE ( $G$ ) aferentă unui element ranfort și descompunând-o după direcția planului de alunecare CE și după o direcție normală pe acest plan în punctul de intersecție al suportului forței  $G$  cu suprafața CE obținem:

$$\begin{aligned} T &= G \cdot \sin \beta \\ T' &= G \cdot \cos \beta \cdot \operatorname{tg} \phi' \end{aligned} \quad [\text{kN}] \quad (4.3)$$

unde:  $T$  este componenta forței  $G$ , după planul CE;

$T'$  - componenta forței  $G$ , după o normală la planul CE;

$\beta$  - unghiul de înclinare a suprafeței CE, față de orizontală, în grade;

$$\phi' = \frac{2}{3} \phi \quad [^\circ] \quad (4.4)$$

Forța care acționează asupra elementului ranfort ( $P_a$ ) este dată de relația:

$$P_a = T - T' = G(\sin \beta - \cos \beta \cdot \operatorname{tg} \phi') \quad [\text{kN}] \quad (4.5)$$

Această forță se poate considera că acționează la 1/3 din înălțimea BE, decalată față de orizontală cu unghiul  $\delta$  (unghiul de frecare între elementul ranfort și pământ). Ipoteza de calcul prezentată este valabilă numai în situația în care elementul ranfort are o adâncime suficientă de mare sub planul de alunecare pentru a putea fi considerat ca un element încastrat în teren. De asemenea, în această ipoteză a fost neglijat efectul favorabil al volumului de pământ ADBB' asupra suprafeței BB'.

Ca urmare, în această ipoteză, elementul ranfort se dimensionează la momentul maxim de încastrare, corespunzător secțiunii de la nivelul punctului E.

În cazul în care consolidarea rambleului se precizează a se realiza în aceeași perioadă cu construcția drumului, se impune a se face un calcul mai exact al consolidării în care să se țină seama de încărcarea dată de convoiul auto prin suprasarcina  $q$ , de coeziunea  $c$  a pământului și de efectul favorabil al prismului de pământ delimitat de ecranul discontinuu al consolidării și taluzul rambleului.

În această situație, schema de calcul este prezentată în fig. 4.5. Admițând încărcările menționate mai sus, presiunea la nivelul terenului de fundare (rambleu-teren de bază), în punctul B [ $p_{a(B)}$ ] se poate calcula cu relația [74]:

$$P_{a(B)} = \gamma \cdot h \cdot K_a + q \cdot K_a - 2c\sqrt{K_a} \quad [\text{kN/m}^2] \quad (4.6)$$

în care:

$\gamma$  este greutatea volumică a pământului, în  $\text{kN/m}^3$ ;

$h$  - înălțimea rambleului (AB), în m;

$q$  - suprasarcina, în  $\text{kN/m}^2$ ;

$c$  - coeziunea specifică a pământului, în  $\text{kN/m}^2$ ;

$K_a$  - coeficientul împingerii active a pământului.

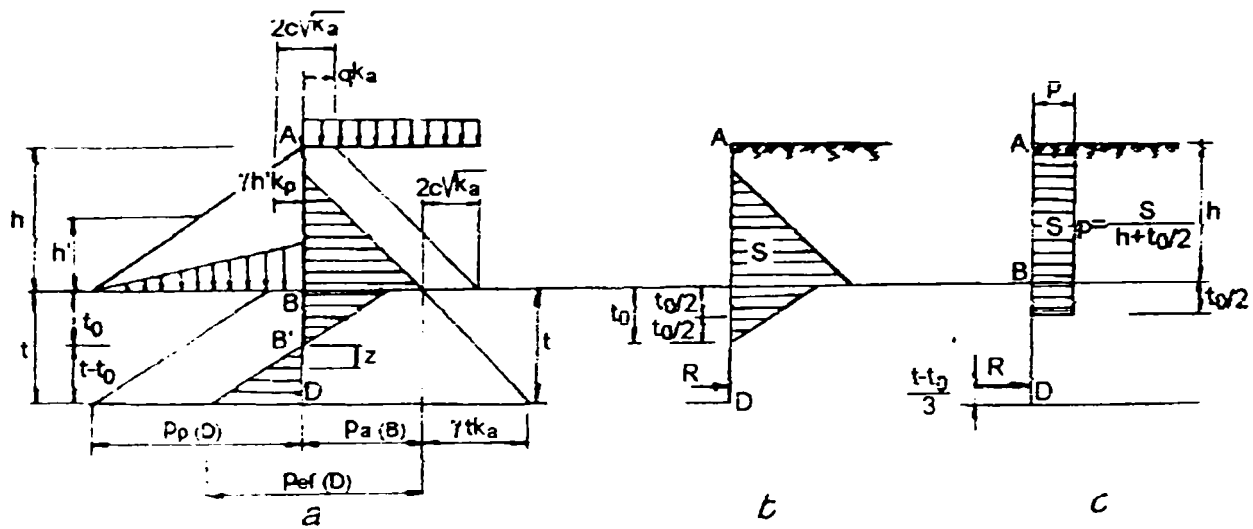


Fig. 4.5. Schema de calcul a unui element ranfort.

Împingerea pământului ce acționează pe înălțimea  $h$ , se calculează cu relația:

$$P_{a(h)} = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot K_a + q \cdot h \cdot K_a - 2c \cdot h \cdot \sqrt{K_a} \quad [\text{kN/m}] \quad (4.7)$$

Presiunea, corespunzătoare rezistenței pasive care se consideră că acționează sub nivelul BE (în terenul de bază), în punctul D [ $P_{p(D)}$ ], este dată de relația:

$$P_{p(D)} = \gamma \cdot t \cdot K_p + \gamma \cdot h' \cdot K_p = \gamma \cdot K_p (t + h') \quad [\text{kN/m}^2] \quad (4.8)$$

în care :

$t$  este adâncimea de înfigere în terenul de bază a elementului ranfort, în m;

$h' = h/2$ , în m (ținând seama de forma triunghiulară a prismului de pământ ABE);

$K_p$  - coeficientul împingerii pasive a pământului.

Rezistența pasivă corespunzătoare, pe adâncimea  $t$  are expresia:

$$P_{p(t)} = \frac{1}{2} \gamma \cdot t^2 \cdot K_p + \gamma \cdot h' \cdot t \cdot K_p \quad [\text{kN/m}] \quad (4.9)$$

Ținând seama și de împingerea activă ce apare pe adâncimea  $t$ , expresia presiunii totale (la nivelul punctului D) este:

$$P_{a(D)} = P_{a(B)} + \gamma \cdot t \cdot K_a = \gamma \cdot h \cdot K_a + q \cdot K_a - 2c\sqrt{K_a} + \gamma \cdot t \cdot K_a \quad [\text{kN/m}^2] \quad (4.10)$$

Deoarece presiunile, exprimate cu relațiile 4.8 și 4.10, acționează în sens contrar, presiunea efectivă ( $p_{ef}$ ) la nivelul punctului D se poate scrie:

$$P_{ef} = P_{p(D)} - P_{a(D)} = \gamma \cdot k_p(t + h') - \gamma \cdot h \cdot K_a - q \cdot K_a + 2c\sqrt{K_a} - \gamma \cdot t \cdot k_a \quad [\text{kN/m}^2] \quad (4.11)$$

Expresia 4.11 se poate restrânge, luând în considerare expresia 4.6:

$$P_{ef} = \gamma \cdot K_p(t + h') - P_{a(B)} - \gamma \cdot t \cdot K_a = \gamma \cdot t \cdot (K_p - K_a) + \gamma \cdot h' \cdot K_p - P_{a(B)} \quad [\text{kN/m}^2] \quad (4.12)$$

Punând condiția ca la nivelul punctului D, presiunea efectivă să fie nulă, va rezulta adâncimea de calcul  $t_0$ , exprimată în relația 4.14:

$$P_{ef} = \gamma \cdot t \cdot (K_p - K_a) + \gamma \cdot h' \cdot K_p - P_{a(B)} = 0 \quad (4.13)$$

$$t_0 = \frac{P_{a(B)}}{\gamma \cdot (K_p - K_a)} - h' \cdot \frac{K_p}{K_p - K_a} \quad [\text{m}] \quad (4.14)$$

Asupra fiecărui element ranfort acționează o împingere din pământ care se consideră, cu destulă exactitate, ca fiind egală cu suprafața diagramei de presiune și luând în considerare distanța dintre elementele ranfort ( $d$ ).

Pentru simplificarea calculului se pot considera diagramele de încărcarea elementelor ranfort prezentate în fig. 4.5 b și c. Rezistența pasivă a pământului,



corespunzătoare suprafeței de presiuni hașurată în stânga elementului ranfort (AD), este înlocuită cu reacțiunea  $R$  care se poate calcula cu relația [74]:

$$R = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot D \cdot (t - t_0)^2 \cdot K_p + \frac{1}{3} \cdot \gamma \cdot (t - t_0)^3 \cdot \operatorname{tg}(90 - \alpha_p) \cdot \operatorname{tg} \frac{\phi}{2} \cdot K_p$$

[kN] (4.15)

în care:

$D$  este diametrul elementului ranfort, în m;

$\phi$  - unghiul frecării interioare a pământului, în grade;

$\alpha_p$  - unghiul de inclinare al planului de rupere al terenului, corespunzător rezistenței pasive, în grade;

În figura 4.6. sunt prezentate ipotezele admise în calculul consolidărilor realizate cu elemente ranfort și anume:

$\delta = \frac{2}{3} \phi$ , unghiul de frecare între suprafața elementului ranfort și teren;

$\beta = \frac{1}{2} \phi$ , unghiul format de suprafața de rupere și suprafața tangentă la elementul ranfort

Adâncimea critică corespunzătoare situației când suprafețele de lunecare se întâlnesc într-un punct (fig.4.6.c) se determină cu relația:

$$t_{cr} = \frac{d - D}{\operatorname{tg}(90 - \alpha_p) \cdot \operatorname{tg} \frac{\phi}{2}} \quad [\text{m}] \quad (4.16)$$

În cazul când suprafețele de lunecare a prismelor de pământ se intersectează atunci când  $t - t_0 > t_{cr}$ , reacțiunea  $R$  se reduce cu valoarea  $\Delta R$ , corespunzătoare prismului de pământ care nu mai mobilizează rezistența pasivă pe înălțimea  $t - t_0 - t_{cr}$ .

Expresia lui  $\Delta R$  este următoarea:

$$\Delta R = \frac{i}{2} \cdot \gamma \cdot (t - t_0 - t_{cr})^3 \cdot \text{tg}(90 - \alpha_p) \cdot \text{tg} \frac{\phi}{2} \cdot K_p \quad [\text{kN}] \quad (4.17)$$

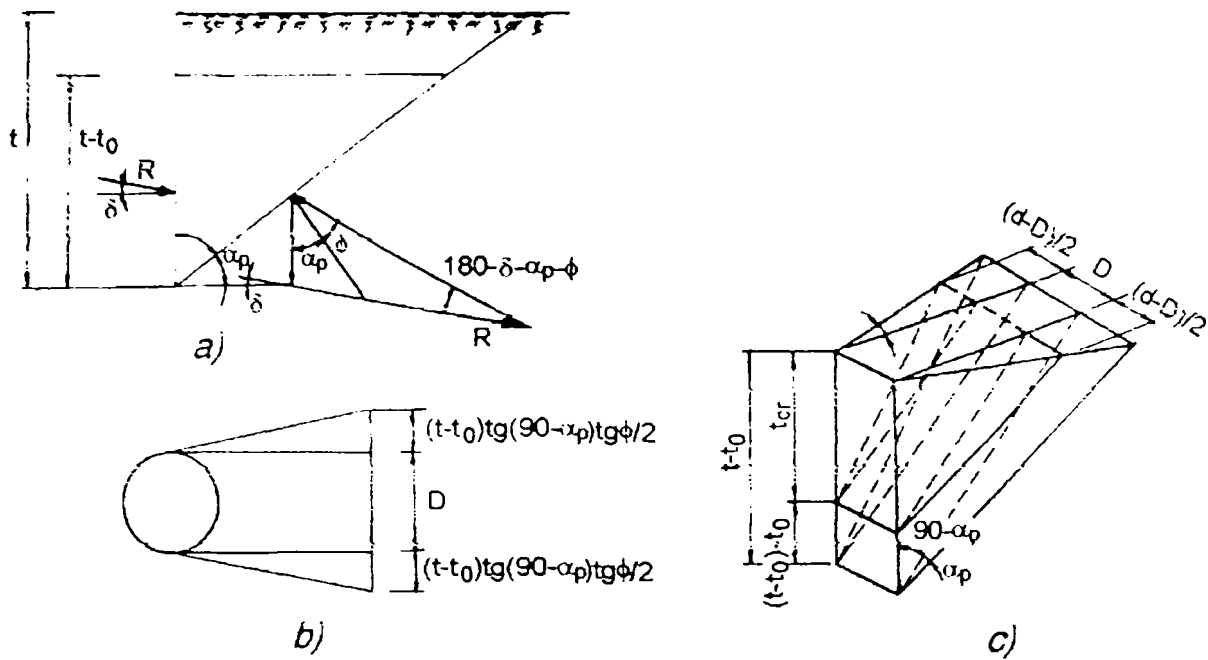


Fig. 4.6. Reprezentarea grafică a ipotezelor admise în calcul.

În aceste condiții, expresia de calcul a reacțiunii \$R'\$, este:

$$R' = R - \Delta R = \frac{1}{2} \gamma \cdot D \cdot (t - t_0)^2 K_p + \frac{1}{3} \text{tg}(90 - \alpha_p) \cdot \text{tg} \frac{\phi}{2} K_p \left[ (t - t_0)^3 - (t - t_0 - t_{cr})^3 \right] \quad [\text{kN}] \quad (4.18)$$

Cu ajutorul schemei de calcul simplificată din fig. 4.5.c și a rezistenței dată de relațiile 4.15 sau 4.18 se poate determina adâncimea de încastrare \$t\$, punând condiția:

$$\left( \sum M \right)_0 = 0 \quad (4.19)$$

Apoi, se determină adâncimea reală \$t\_{real}\$ de înfigere a elementului ranfort în terenul de bază cu relația:

$$t_{real} = t_0 + 1.1 \cdot (t - t_0) \quad [\text{m}] \quad (4.20)$$

Pentru a stabili secțiunea teoretică de încăstare a elementului ranfort în teren, respectiv unde momentul încovoietor este maxim, se determină adâncimea  $z$  măsurată față de punctul B' (fig. 4.5.a), punând condiția ca forța tăietoare să fie nulă ( $T)_z = 0$ ).

Metoda de calcul prezentată este suficient de exactă și permite stabilirea dimensiunilor elementelor ranfort, a distanței dintre ele și a adâncimii concrete. Ipotezele de calcul luate în considerare permit folosirea acestei metode operative atât în proiectarea unei consolidări a rambleurilor unor drumuri noi cât și în cazul consolidărilor unor drumuri în exploatare.

### Experimentarea consolidării la rampele de acces la podul peste pârâul Moravița

Consolidarea experimentată este amplasată la rampele de acces ale podului peste pârâul Moravița, la ieșirea din localitatea Moravița, spre granița cu Jugoslavia (fig. 4.7).

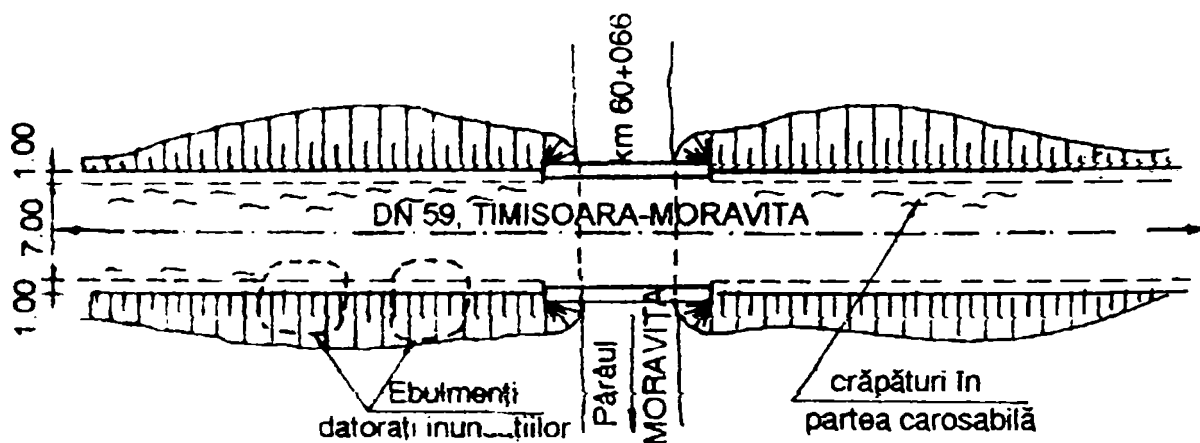


Fig. 4.7. Amplasamentul și defecțiuni constatate ale sectorului.

Din punct de vedere morfologic, acestui sector îi este caracteristic un relief de câmpie având cursuri de apă line, nivelul apelor subterane fiind aproape de suprafață și din punct de vedere geografic face parte din Câmpia Banatului.

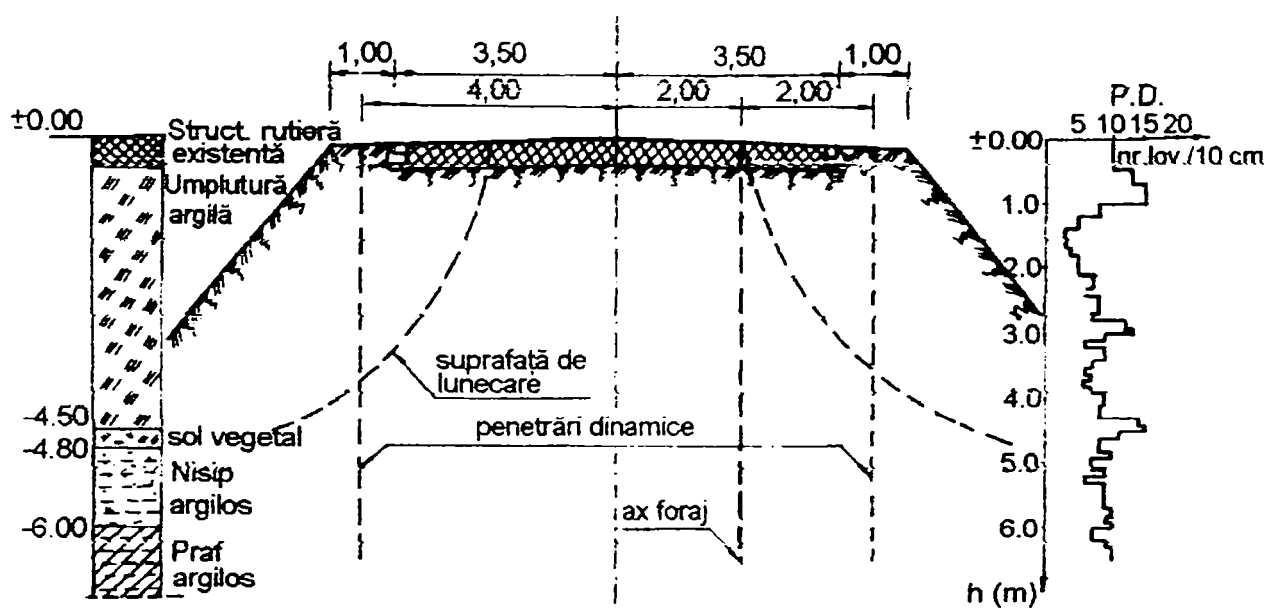
Geologic, terenul este alcătuit din depozite de vârstă cuaternară așezate pe depozite panoniene și sarmațiene. Depozitele de vârstă cuaternară sunt alcătuite

din depozite aluvionare reprezentate prin nisipuri fine cu intercalații de mături plastic moi.

Rambleul de acces la podul peste pârâul Moravița are o înălțime variabilă (3,00...4,25 m). Podul, din beton armat, cu o deschidere totală de 23,60 m, se racordează la rambleu prin intermediul zidurilor întoarse ( $L=5,00$  m) și cu sferturi de con.

În urma inundațiilor produse în iunie 1979, nivelul apelor din pârâul Moravița s-a ridicat la nivelul platformei drumului, producând înmuierea pământurilor din terasament. La scurt timp, în zona părții carosabile au apărut fisuri și crăpături longitudinale precum și cedări ale terasamentului și a structurii rutiere, sub formă de ebulmenți (fig. 4.7.).

În această situație, viabilitatea drumului a fost mult afectată, circulația desfășurându-se cu restricții de viteză și cu dirijarea acesteia pe zonele neafectate de degradări. Studiile de teren efectuate au fost realizate prin foraje executate mecanizat, cu prelevări de probe tulburate și netulburate, completate cu observații directe și penetrări dinamice cu con [37], (fig. 4.8.).



**Fig. 4.8.** Amplasamentul forajului și a penetrărilor dinamice.

Din studiile de laborator [74], efectuate pe probele de materiale prelevate și prin observațiile făcute cu ocazia realizării forajelor, a fost pusă în evidență următoarea stratificație în zona rampelor (fig. 4.8):

- de la nivelul terenului ( $\pm 0,00$ ), pe o adâncime de 47 cm s-a întâlnit structura rutieră a drumului (îmbrăcămintă, start de bază din piatră spartă și strat de fundație din balast);
- materialul de umplură din corpul terasamentului este constituit dintr-o argilă vânătă cu plasticitate mare ( $I_p > 50$ ) și o compresibilitate ridicată ( $M = 57 \dots 74 \text{ daN/cm}^2$ ) ce apare până la cota de  $-4,50 \text{ m}$  (grosimea stratului de fundație de 4,00 m);
- în continuare, pe o grosime de 30 cm este semnalat solul vegetal, dovadă că acesta nu a fost înlăturat înainte de execuția terasamentului rampelor de acces;
- după stratul de sol vegetal apare, pe o grosime de circa 1,20 m, un strat de nisip argilos, ca în continuare să fie semnalat un strat de praf argilos.

Apa subterană a fost semnalată, în perioada de execuție a forajelor la  $-5,50 \text{ m}$ , în stratul de nisip argilos, dar nivelul acesteia este foarte variabil, în funcție de precipitațiile din zonă.

Referitor la caracteristicile fizico-mecanice determinate prin încercări de laborator, se desprind următoarele:

- umplutura din terasament constituită din argilă cu foarte multe resturi de natură organică are un volum de goluri ridicat, caracterizat prin porozitatea  $n = 47 \dots 51 \%$  și indicele porilor  $e = 0,9 \dots 1,05$ ; umiditatea naturală  $w = 28 \dots 34 \%$  și un grad de umiditate  $S_r > 0,80$ , caracterizând stratul ca fiind foarte umed. De asemenea, caracteristicile mecanice sunt foarte scăzute: unghiul frecării interioare  $\phi = 10 \dots 15^\circ$  iar coeziunea specifică  $c = 0,27 \dots 0,45 \text{ daN/cm}^2$ ;
- nisipul argilos, care constituie stratul de bază, se caracterizează printr-un grad de îndesare medie ale cărei deformații pe verticală sunt relativ reduse în raport cu cele ale terenului de umplură, creându-se condiții de refulare laterală a pământului din terasament. Coroborate, rezultatele studiilor de laborator cu studiile de teren efectuate prin

încercări dinamice cu con (P.D.), prezentate în fig. 4.8, au putut fi puse în evidență principalele cauze ale degradărilor ce au apărut în suprastructura drumului precum și cauzele instabilității taluzurilor [35] [56] terasamentului rampelor de acces, după cum urmează:

- înmuierea stratului de umplură din rampele de acces, datorită nivelului foarte ridicat al apelor de suprafață din zonă, care au ajuns până la nivelul coronamentului terasamentului în urma inundațiilor ce au avut loc în anii 1975 și 1979;
- realizarea necorespunzătoare a umpluturilor din rampele de acces la pod, atât în ceea ce privește calitatea materialului cât și gradul de compactare realizat (numărul de lovituri a maiului pentru o penetrare de 10 cm fiind cuprins între 3 și 15 pe toată grosimea stratului de umplură);
- deformabilitatea accentuată a stratului suport al rambleului, constituit din sol vegetal neîndepărtat.

Aceste cauze potențial generatoare a degradărilor combinate cu efectul dinamic al traficului, în continuă creștere atât ca intensitate cât și ca tonaj, au dus la formarea unor suprafețe de alunecare în corpul terasamentului. Aceste suprafețe de alunecare s-au format în diferite puncte în lungul drumului (fig. 4.7 și 4.8) în urma inundațiilor care au condus la accentuarea degradărilor materializată prin ebularea unor porțiuni din terasamentul rampelor de acces la pod, afectând și platforma drumului.

În vederea asigurării stabilității terasamentelor din rampe și pentru remedierea degradărilor din corpul drumului, au fost luate în considerare următoarele trei variante de consolidare, ținând seama de posibilitățile reale de execuție:

- **varianta I:** refacerea terasamentelor și a structurii rutiere prin înlocuirea pământului de umplură necorespunzător cu un material de calitate și compactarea energetică pentru asigurarea gradului de compactare prescris:

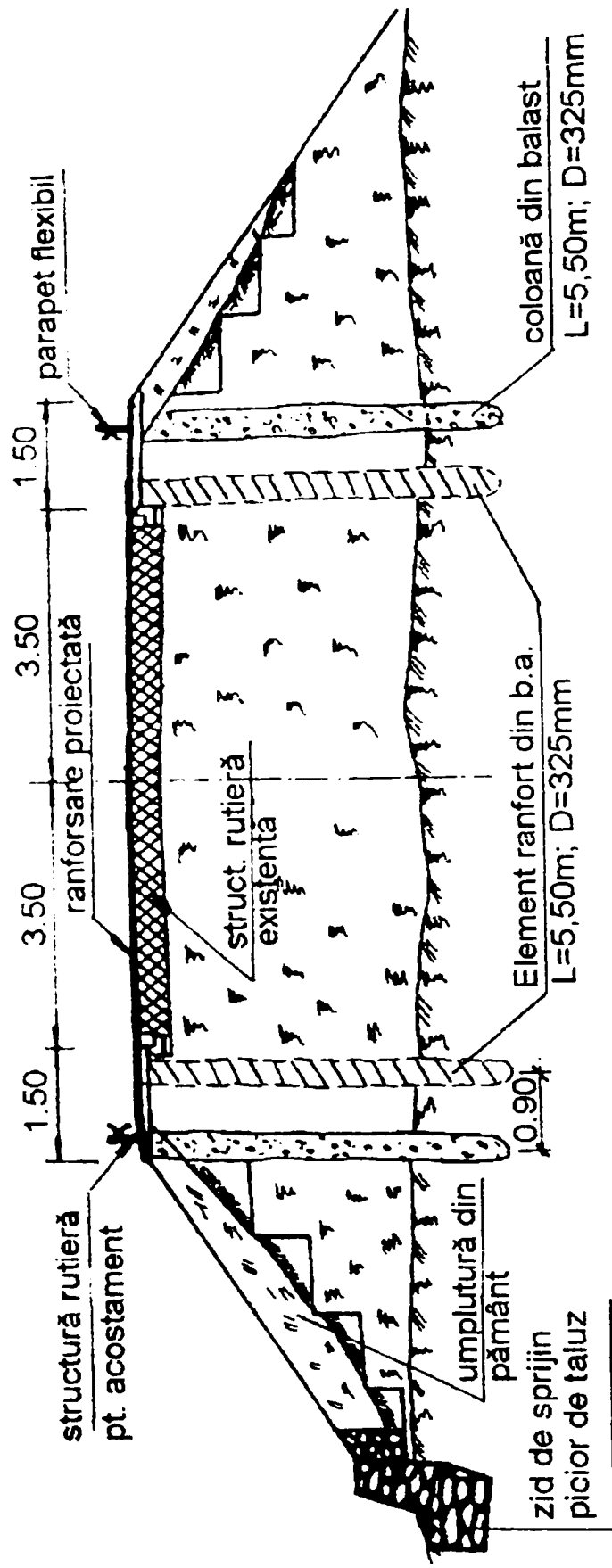


Fig. 4.9. Amplasarea elementelor de consolidare în profil transversal.

- **varianta a II-a:** consolidarea terasamentului existent, pe toată lățimea platformei cu coloane de balast, reamenajarea taluzurilor și asigurarea stabilității acestora cu ziduri de sprijin picior de taluz;
- **varianta a III-a:** consolidarea terasamentelor în zona acostamentelor prin elemente ranfort din beton armat, realizate pe loc, plasate la marginea părții carosabile, pe o direcție paralelă cu axa drumului, combinată cu coloane din balast cu rol de drenare a apei din terasament și reamenajarea taluzurilor și asigurarea stabilității acestora cu ziduri de sprijin picior de taluz (fig. 4.9).

Analizând comparativ cele trei variante, au rezultat următoarele aspecte tehnico-economice:

- primele două variante de consolidare pot fi realizate doar prin întreruperea circulației pe o durată de minimum șase luni sau prin devierea circulației pe o variantă ocolitoare, soluție foarte costisitoare, deoarece acesta necesită și execuția unui pod provizoriu la traversarea pârâului Moravița;
- cantitățile de materiale necesare pentru refacerea terasamentului (în varianta I-a) și a balastului pentru execuția coloanelor din balast (în varianta a II-a) sunt cu mult mai mari decât cantitățile de materiale din varianta a III-a (varianta I-a este de 5 ori mai costisitoare).

Ca urmare, eliminarea dezavantajelor pe care le prezintă variantele I și II s-a realizat prin adoptarea celei de-a treia variante. Consolidarea, în această variantă, se poate realiza menținând drumul sub circulație, cu respectarea condițiilor de siguranță a lucrărilor executate.

Pe baza datelor concrete de teren (înălțimea rambleului, stratificația terenului, natura și caracteristicile pământului, lungimea sectorului afectat de instabilitate) s-a calculat consolidarea realizată cu elemente ranfort, conform paragrafului anterior.

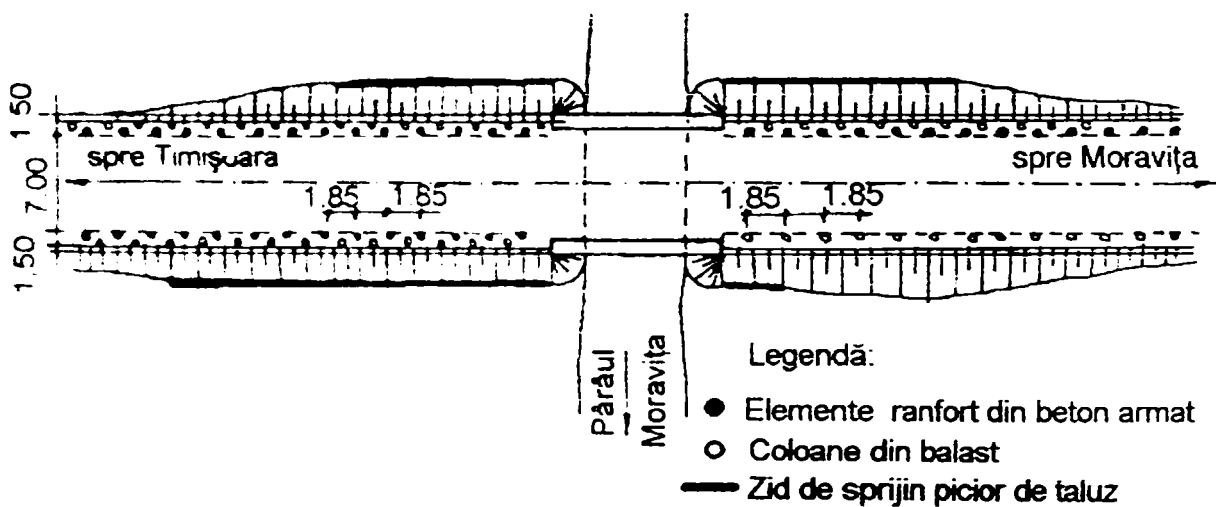
Din calcule au rezultat următoarele caracteristici ale consolidării:



- diametrul elementului ranfort,  $D = 325$  mm;
- lungimea elementului ranfort,  $L = 5,50$  m;
- lungimea de încastrare în terenul de bază,  $t = 1,00$  m;
- distanța între elementele ranfort,  $d = 1,85$  m.

Soluția de consolidare adoptată constă în parcurgerea următoarelor etape de execuție:

- realizarea a 90 elemente ranfort din beton armat, prin vibropresare, în acostament. la marginea părții carosabile și numai în zonele în care aceasta prezintă degradări (fig. 4.10);



**Fig. 4.10.** Amplasarea în plan a elementelor de consolidare.

- realizarea, tot prin vibropresare, a 205 coloane de balast cu aceleași dimensiuni ca și ale elementelor ranfort ( $D = 325$  mm și  $L = 5,50$  m). Plasarea acestora s-a făcut în exteriorul acostamentelor, la distanța în:erax de 1,85 m, acolo unde s-au executat și elemente ranfort (coloanele fiind intercalate între elemente, fig. 4.10) și la marginea părții carosabile, în zonele fără elemente ranfort.
- construcția zidurilor de sprijin picior de taluz, din zidărie de piatră brută, acolo unde se impune asigurarea stabilității taluzurilor (fig. 4.10);

- reamanajarea taluzurilor prin execuția treptelor de înfrățire, completarea umpluturii din acostamente la o lățime de 1,50 m și o pantă de 1:1,5;
- refacerea suprastructurii drumului și impermeabilizarea acostamentelor.

Elementele ranfort și coloanele din balast cu diametrul de 325 mm, au fost executate mecanizat cu ajutorul utilajului VVPS 20/11, utilizând experiența acumulată în cadrul Departamentului I.G.C.C.T., privind tehnica vibrării la lucrările de construcții [71].

Soluția de consolidare prezentată prezintă următoarele avantaje tehnico-economice:

- elementele ranfort din beton armat, care constituie scheletul de rezistență al consolidării, au rolul de a stabiliza umplutura, preluând împingerea pământului din corpul terasamentului. Prin încastrarea acestora în terenul de bază, pe o lungime de 1,00... 1,50 m, s-a depășit baza suprafețelor de lunecare, împiedicând formarea ebulmenților prin deplasarea laterală;
- apa de infiltrații prin taluzuri este captată și dirijată în stratul de nisip argilos permeabil prin coloanele de balast, acestea având rolul unor drenuri verticale;
- stabilitatea taluzurilor este asigurată prin execuția zidurilor de sprijin picior de taluz, încastrate în terenul bun de fundare de la baza terasamentului;
- durata scurtă de execuție a lucrărilor. Durata totală de execuție a lucrărilor a fost de două luni, iar elementele ranfort și coloanele din balast au fost executate într-o lună.
- productivitate ridicată, bazată pe realizarea mecanizată a elementelor ranfort și a coloanelor de balast;

- consumuri specifice de materiale și de energie mai mici decât consumurile normate prevăzute pentru lucrările de consolidare convenționale;
- un preț de cost mai scăzut decât în cazul primelor două variante prezentate mai sus.

În concluzie, soluția de consolidare prezentată, a contribuit la stabilizarea terasamentului și poate fi recomandată pentru a fi utilizată în continuare pentru menținerea viabilității drumurilor.

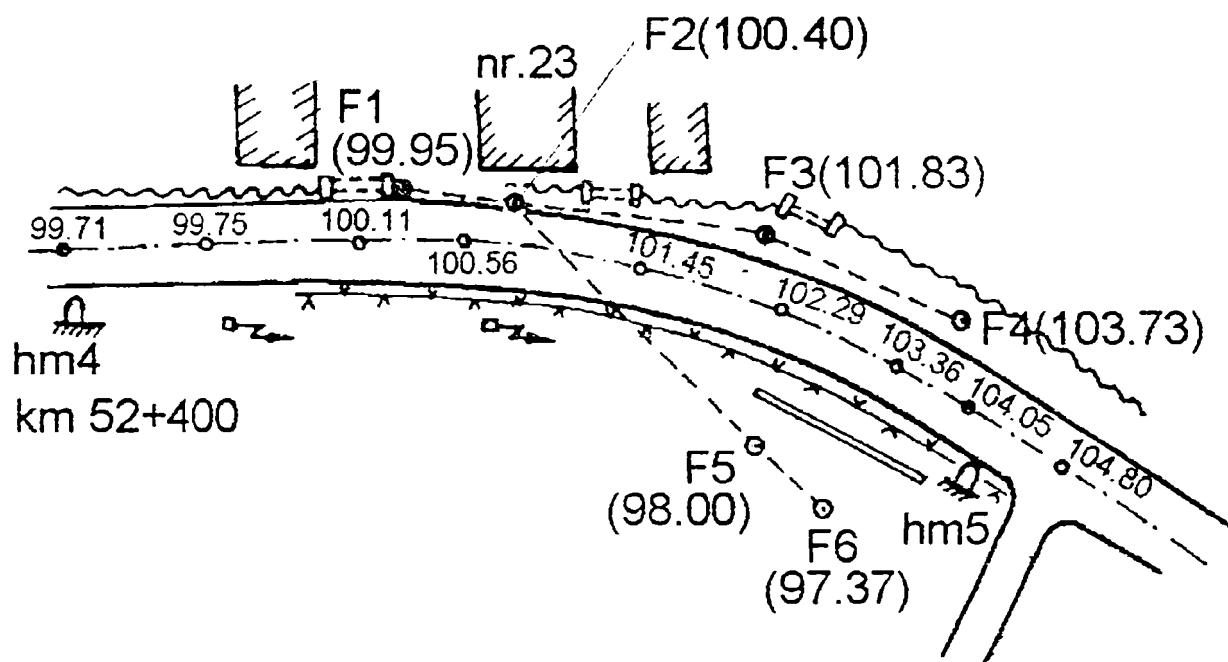
#### **4.1.2. Experimentarea consolidării și asanării unui terasament de drum realizat în profil transversal mixt**

Cazuri de instabilitate a unor versanți cu deplasarea lentă a acestora, ce afectează nu numai sectoare de drum dar și proprietăți construite sunt frecvente mai ales după perioade cu precipitații abundente sau în cazul inundațiilor care în ultima perioadă sunt tot mai frecvente.

O situație similară, de instabilitate a unui versant, am avut de rezolvat pe DN68A Lugoj-Ilia, sector 52+400 - 52+500, în intravilanul localității Coșevița. În această zonă drumul străbate dealurile Lipovei, în zona lor de contact cu munții Poiana Ruscăi, urcând spre culmea care desparte bazinul hidrografic al râului Bega de cel al râului Mureș. Dealurile sunt de tip premontan și se pierd spre nord-vest sub depozite sedimentare ale Câmpiei Panonice.

Elementele geologice ale regiunii în care se încadrează amplasamentul evidențiază că formațiunile de rocă mai frecvente sunt din perioada panonianului, reprezentate prin pachete de roci sedimentare de diverse fracțiuni (nisipuri, prafuri, argile) care în anumite condiții geomorfologice devin zone instabile. Instabilitatea acestor zone a fost accentuată prin executarea lucrărilor de terasamente ale drumului: săpături în versant și umpluturi cu material necorespunzător în corpul drumului. Asanarea zonei a fost realizată inițial prin drenuri clasice longitudinale plasate la baza versantului. Cu timpul, aceste drenuri au ieșit din funcțiune prin colmatarea corpului drenant (constatarea a

fost făcută prin observarea directă a drumului în căminele de vizitare existente). În această situație, apa subterană și cea din precipitații s-a infiltrat în terenul din zonă, creând trasee prin straturi de pământ cu rezistență scăzută, ceea ce a favorizat lunecarea straturilor de pământ, atât în zona versantului cât și în zona construită: sector de drum și în zona casei nr. 23 din fig.4.11.



*Fig. 4.11. Amplasamentul sectorului de drum cercetat, km 52+400... 52+500*

Ca urmare a lunecărilor, accentuate de regulă după sezoane cu ploi abundente, în pereții casei la nr.23, au apărut inițial fisuri care cu timpul s-au transformat în crăpături de ordinul a 3...5 cm. Structura rutieră a drumului este o structură rigidă, având o îmbrăcăminte din beton de ciment în două straturi. Instabilitatea terasamentului a afectat și îmbrăcămintea drumului prin tasări ale dalelor, creând denivelări de ordinul a 2...3 cm precum și prin deplasarea laterală a dalelor una față de alta, rostul longitudinal având, în zona centrală sectorului 52+450 - 52+470, lățimi de 5... 15 cm.

### **Studiul geotehnic al amplasamentului**

Pentru a stabili condițiile geotehnice ale terenului din zonă, pe amplasament s-au efectuat cercetări [38] prin penetrări dinamice, cu con și prin foraje geotehnice, cu prelevări de probe tulburate și netulburate. Analizele de

laborator asupra probelor prelevate din cele șase foraje (F<sub>1</sub>...F<sub>6</sub>) dispuse în plan conform fig. 4.11, au pus în evidență natura pământului și caracteristicile fizico-mecanice ale acestora.

Rezultatele studiilor de teren și a celor de laborator au permis întocmirea a două profile litologice:

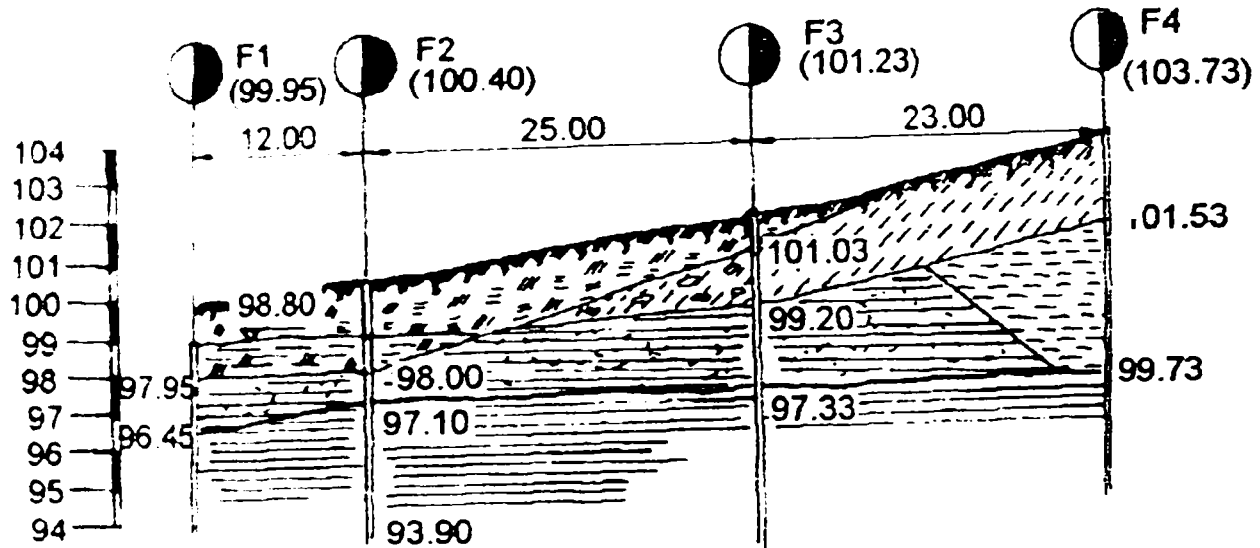


Fig. 4.12. Profil litologic nr. I.

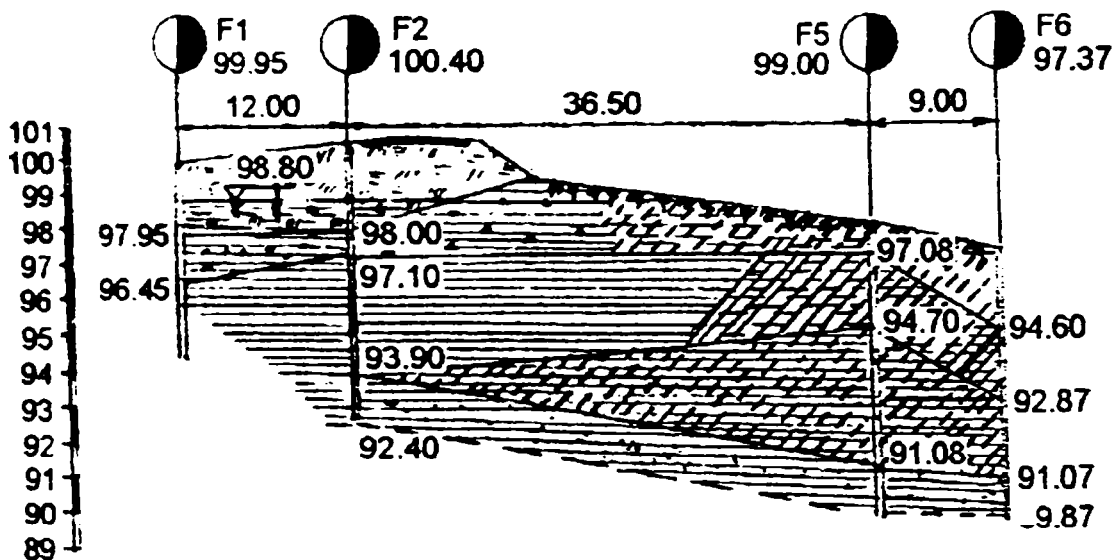


Fig. 4.13. Profil litologic nr. II.

- profil litologic nr. I, paralel cu axa drumului, prin forajele F<sub>1</sub>-F<sub>2</sub>-F<sub>3</sub>-F<sub>4</sub> (fig. 4.12);
- profil litologic nr. II, transversal pe drum, prin forajele F<sub>1</sub>-F<sub>2</sub>-F<sub>5</sub>-F<sub>6</sub> (fig. 4.13)

Din analiza celor două profiluri litologice, rezultă că stratificația în zona amplasamentului prezintă unele particularități care explică în cea mai mare măsură fenomenele de instabilitate semnalată la terasamentul din corpul drumului și reducerea capacității portante a terenului de fundare a casei de locuit de la nr. 23 situată în imediata vecinătate a forajelor  $F_1$  și  $F_2$ .

Din analiza profilului litologic nr. I rezultă că în forajele  $F_1$ ,  $F_2$  și  $F_3$ , efectuate în acostamentul drumului, sunt semnalate umpluturi cu grosimi de 2,00, 2,40 m respectiv de 0,80 m, cantonate pe un pachet argilos relativ impermeabil. În forajele  $F_1$  și  $F_2$  nivelul apei subterane este la  $-1,40$ , respectiv  $-1,50$ m de la suprafața terenului natural.

Morfologia terenului natural din zonă, combinată cu lucrările de terasamente (umpluturi) efectuate cu ocazia executării drumului a facilitat crearea unei cuve, care la partea dinspre aval este mărginită de umplutura din corpul drumului, ce funcționează ca un ecran de retenție iar la partea dinspre amonte de însuși versantul pe care este amplasat traseul drumului.

Datorită scurgerii foarte lente a apei înmagazinate în cuva naturală, nivelul acesteia în timp, afectând în primul rând terenul de fundare al clădirii existente, prin creșterea umidității, respectiv scăderea consistenței pământului ceea ce a dus la tasări diferențiate ale fundațiilor construcțiilor materializată prin crăpături în fundații, pereți și chiar tavane.

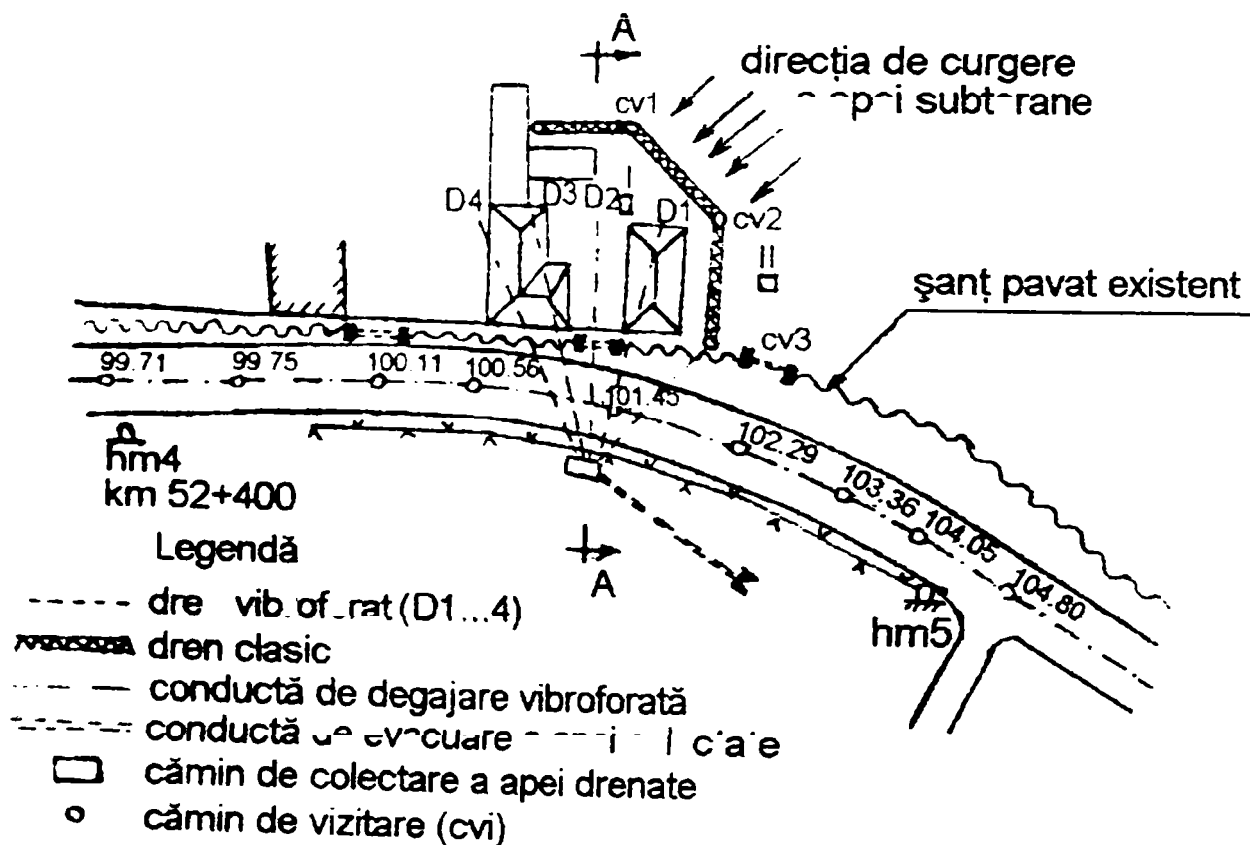
Acest depozit de apă a constituit o sursă de infestare a terasamentului drumului, care ar putea să conducă în timp la pierderea totală a stabilității acestuia.

Analizând profilul litologic nr. II (fig.4.13), rezultă că terenul natural dintre  $F_2$  și  $F_5$ , constituit dintr-un pachet argilos peste care este executată umplutura din corpul drumului, este continuu, având relativ aceleași caracteristici fizico-mecanice, cu o ușoară pantă spre aval. Inexistența apei subterane în forajele  $F_5$  și  $F_6$ , pune în evidență faptul că din punct de vedere hidrologic nu există o linie de curent de apă între depozitul de apă semnalat și zona terenului natural din aval de drum.

## Executarea drenurilor vibroforate pentru asanarea terasamentului

Pe baza concluziilor la care s-a ajuns privind cauzele fenomenului de instabilitate din zonă s-a adaptat următoarea soluție tehnică, [72]

- execuția a patru drenuri vibroforate orizontale pentru interceptarea, colectarea și evacuarea apelor subterane din zona de la baza versantului, drenuri ce străbat terasamentul drumului și pătrund în zona afectată pe o lungime de 8... 12m (fig.4.14);
- executarea unei centuri de protecție, sub formă de dren clasic realizat în versant, în exteriorul proprietăților existente (fig.4.14)



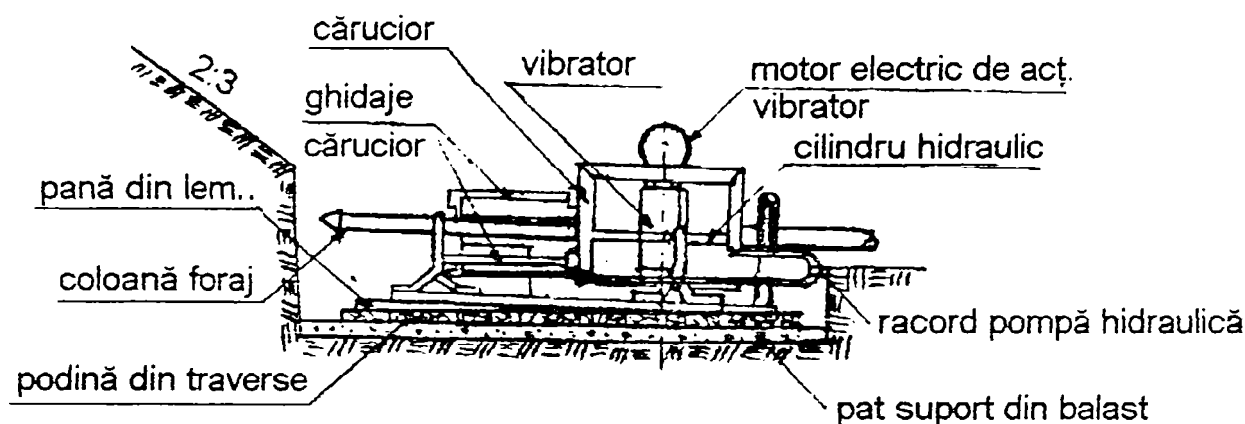
**Fig.4.14.** Amplasarea elementelor de consolidare-asanare

Acest dren are rolul de a intercepta și evacua apa subterană și cea de infiltrații de pe versant care nu poate fi colectată prin drenurile vibroforate. Acest dren, având radierul plasat sub pânza de apă freatică, colectează apa în căminul din vizitare CV<sub>1</sub>, de unde este condusă printr-o conductă de degajare

din material plastic,  $\phi$  100 mm, în căminul colector plasat la baza taluzului de rambleu al drumului (fig.4.14).

În acest cămin colector se descarcă apa colectată prin cele patru drenuri vibroforate orizontale. De aici apa este evacuată printr-o conductă îngropată în teren, pe o lungime de 10 m, pentru ca apoi, datorită configurației terenului, scurgerea apei să se facă la suprafața terenului.

Drenurile vibroforate orizontale, au fost realizate prin utilizarea energiei vibrațiilor cu tehnologiile elaborate și perfecționate în cadrul Departamentului I.G.C.C.T.[72] [73], utilizându-se instalația de vibroforare I.V.O.-1 (fig 4.15).



*Fig. 4.15. Instalația de vibroforare I.V.O. -1 .*

Corpurile drenante au fost realizate din tuburi P.V.C.  $\phi$  100 mm, perforate, având o densitate de 25...30 orificii pe  $dm^2$ . Îmbinarea tuburilor de P.V.C. s-a realizat prin mufare. Tehnologia utilizată pentru realizarea celor patru drenuri vibroforate și pozarea conductei de degajare, cu ajutorul instalației din fig.4.15 cuprinde următoarele etape de lucru:

- săparea mecanizată a gropii de lucru în care se amplasează instalația; pe un strat suport de balast și pe traverse din lemn. Dimensiunile gropii au rezultat în funcție de gabaritul instalației: lungimea 3,50 m, lățimea 1,30 m, înălțimea 1,50 m și lungimea utilă a cursei căruciorului 1,10 m;
- orientarea corectă a axului instalației după poziția și direcția găurii de foraj;



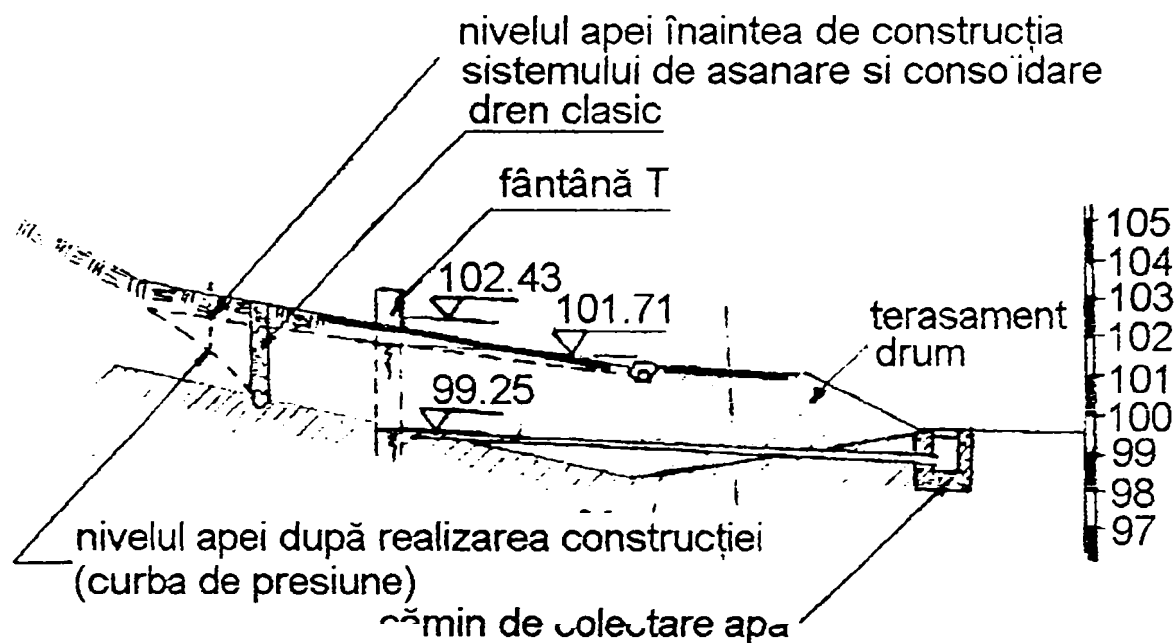
- ancorarea instalației, folosind două traverse, una în față și una în spate, fiecare fiind ancorată la extremități cu câte două burghie de 300 mm;
- montarea pompei hidraulice, legarea acesteia la cilindrii hidraulici, executarea legăturii motoarelor electrice (de acționare a vibratorului și a pompei hidraulice) la rețeaua de 380 V;
- executarea forajului tubat prin introducerea în teren a coloanei de foraj, formată din țevi de oțel OL45,  $\phi$  100 mm, cu lungimi de 1.00 m și la capăt cu un con de penetrare. Țevile sunt prevăzute cu filet iar îmbinarea se realizează prin intermediul mufă-cep. Introducerea în teren a coloanei de țevi metalice se realizează cu ajutorul vibratorului fixat rigid pe cărucior, care se deplasează pe tija de ghidare, acționat fiind de doi cilindri hidraulici, legați la pompa hidraulică. Gaura de foraj se realizează prin presarea pământului din exteriorul coloanei. Rezistența la forfecare a pământului este învinsă cu ajutorul vibrațiilor generate în jurul coloanei de forat de către vibrator. După ce se realizează lungimea dorită de foraj, care va fi lungimea drenului, se trece la etapa următoare de lucru;
- extragerea coloanei de foraj prin deplasarea în spate a căruciorului. După extragerea coloanei pe lungimea unei țevi, aceasta se demontează prin defiletare. Extragerea coloanei se poate realiza cu sau fără folosirea vibratorului, în funcție de rezistența opusă de teren;
- introducerea în gaura de foraj a coloanei drenante din tuburi P.V.C. cu lungimea de 1,00 m, care se îmbină, de asemenea, prin înfiletare. Pentru a împiedica pătrunderea pământului în interiorul acestuia, la capătul de contact cu terenul s-a montat un con de lemn de esență tare.

### **Comportarea în exploatare a drenurilor vibroforate**

Alegerea acestei soluții de asigurare a stabilității versantului și a terasamentului din corpul drumului, s-a dovedit a fi cea corespunzătoare,

deoarece imediat după realizare, drenul D1 (fig.4.14) a intrat în funcție, având un debit de cca 0,5 L/min. Realizarea celorlalte drenuri a făcut posibilă asanarea rapidă a zonei îmbibate cu apă astfel după 3 luni de la funcționarea lor, nivelul apei din cuvă a avut un debit de evacuare de 0,2 L/min.

După intrarea în funcție a celor patru drenuri vibroforate, nivelul apei în zonă a scăzut relativ destul de rapid, lucru semnalat de scăderea nivelului apei din fântânile I și II ( fig.4.14). Înainte de realizarea sistemului de asanare nivelul apei a fost: în fântâna I-101,71m (fig.4.16) și în fântâna II 100,85 m.



**Fig. 4.16. Profil longitudinal în zona drenului D2 (A-A).**

După realizarea atât a drenurilor vibroforate cât și a drenului clasic de retenție a apei de infiltrație, nivelul apei a scăzut ajungând în fântâna I la cota 99,86 m și în fântâna II la 99,25m. Măsurătorile privind nivelul apei în cele două fântâni au fost efectuate după o perioadă secetoasă, justificând scăderile relativ mari ale nivelului apei.

Referitor la aspectele prezentate în acest paragraf, câteva concluzii trebuie remarcate privind sistemul de consolidare-asanare adoptat, pentru menținerea viabilității drumului în condiții de siguranță și confort:

- drenurile vibroforate asigură drenarea apelor (subterane și de infiltrații) aflate în amonte de drum, prin traversarea acestora prin terasamentul din corpul drumului. Soluția de asanare a acestor ape

prin drenuri clasice longitudinale (pe partea stângă a drumului, la baza versantului) și transversale pe drum, prezintă numeroase inconveniente: săpăturile în tranșee ar afecta și mai mult stabilitatea versantului, execuția impune restricții de circulație, consumuri de materiale ridicate, durată de exploatare redusă, datorită colmatării în timp a corpului drenat și nu preț de cost mult mai mare. Drenurile vibroforate au fost realizate mecanizat în proporție de 95%. Circulația nu a fost afectată pe perioada execuției. Aceste drenuri contribuie atât la consolidarea terasamentului din corpul drumului cât și a terenului de fundare a construcțiilor existente;

- drenul clasic are rol de captare a pânzei freatice din zona versantului și evacuarea apei colectate, în aval de terasamentul drumului.

Alegerea acestei soluții este justificată de necesitatea interceptării pânzei de apă freatică, existente în zonă la adâncimi de 1,50... 2,00 m.

Mai mult, în zona respectivă, nu au putut fi realizate drenuri vibroforate din cauza construcțiilor existente.

#### **4.1.3. O nouă tehnologie de consolidare a terasamentelor de drum**

Un factor important pentru menținerea drumurilor într-o stare tehnică corespunzătoare, care să permită desfășurarea circulației în condiții de siguranță și confort, îl constituie și materialele din care și pe care se realizează terasamentul.

De regulă, sunt folosite pământurile locale rezultate din realizarea debleelor sau din camere de împrumut cu un preț de cost mai scăzut dar din păcate, uneori cu caracteristici fizico-mecanice necorespunzătoare. Utilizarea acestor materiale, coroborată cu o execuție necontrolată calitativ (îndeosebi o compactare necorespunzătoare) conduce adesea la degradări ale drumurilor, indiferent de categoria acestora. Astfel în cazul drumurilor din pământ și a drumurilor pietruite astfel de degradări apar sub forma unor gropi, șanțuri transversale sau longitudinale, care fac ca circulația să se desfășoare foarte

anevoios, uneori fiind impracticabilă (mai ales în cazul drumurilor din pământ) sau cel mai adesea devin inaccesibile pentru autoturisme.

În cazul drumurilor cu îmbrăcămînți moderne, îndeosebi îmbrăcămînțile bituminoase ale structurilor rutiere suple și mixte, degradărilor acestora, datorate terasamentului sunt multiple, cele mai grave fiind cele grupate în categoria defecțiunilor datorate structurii rutiere [53]:

- degradări din îngheț-dezghet (material necorespunzător în terasament);
- tasări locale (insuficienta compactare a terasamentului).

Degradarea unei structuri rutiere, sub acțiunea inevitabilă a traficului și în condiții climatice favorabile structurii, poate avea loc numai datorită unei capacități portante necorespunzătoare a complexului rutier (structură rutieră + terenul de fundare din terasament). Deci, asigurarea viabilității drumului pe durata de exploatare depinde atât de capacitatea portantă a structurii rutiere cât și de capacitatea portantă a terasamentului.

Întrucât pentru îmbunătățirea capacității portante a structurii rutiere există soluții de rezolvare (ranforsări, reabilitări, modernizări), probleme mai dificile de rezolvat apar în situația când nu se poate asigura capacitatea portantă a întregului complex rutier, doar prin sporirea grosimii structurii rutiere, fără a se ține seama și de capacitatea portantă a terasamentului (strat de formă + teren de fundare) [66].

Datorită capacității portante reduse a terasamentului, în îmbrăcămîntea bituminoasă pot să apară în fază inițială defecțiuni ușoare, care nu afectează viabilitatea drumului și care ulterior pot să ducă la defecțiuni grave, cu repercursiuni în circulație, dacă nu sunt depistate în timp util adevăratele cauze ale degradărilor și să se acționeze pentru remedierea acestora.

În același timp, pentru drumurile modernizate este foarte dificil să se stabilească care din defecțiunile ușoare sunt datorate capacității reduse a terasamentului. În mod eronat, se stabilește altă cauză ale acestor defecțiuni pentru ca intervențiile să fie mai ușor de realizat.

Dacă în cazul drumurilor din pământ și a celor pietruite, soluțiile de sporire a capacității portante a terasamentului sunt simple de realizat și eficiente din punct de vedere economic, în cazul drumurilor cu îmbrăcăminte modernă, aflată în exploatare, soluțiile clasice, prin înlocuirea structurii rutiere degradate și a terenului din terasament, devin soluții costisitoare și uneori greu de realizat din cauza interdicțiilor de circulație ce s-ar impune.

Tehnologia de consolidare, ce face obiectul acestui paragraf poate fi aplicată cu eficiență tehnic-economică maximă pentru:

- drumuri din pământ și pietruite, fără restricții de circulație;
- drumuri cu îmbrăcăminte bituminoasă, cu restricții de circulație, cu dirijarea acestora dar fără întrerupere chiar și după decaparea straturilor rutiere din mixturi asfaltice. Soluția poate fi aplicată și în cazul structurilor rutiere rigide, cu îmbrăcăminti din beton de ciment dar cu distrugerea parțială sau totală a dalelor din beton și evident cu restricții de circulație pe perioada executării lucrărilor.

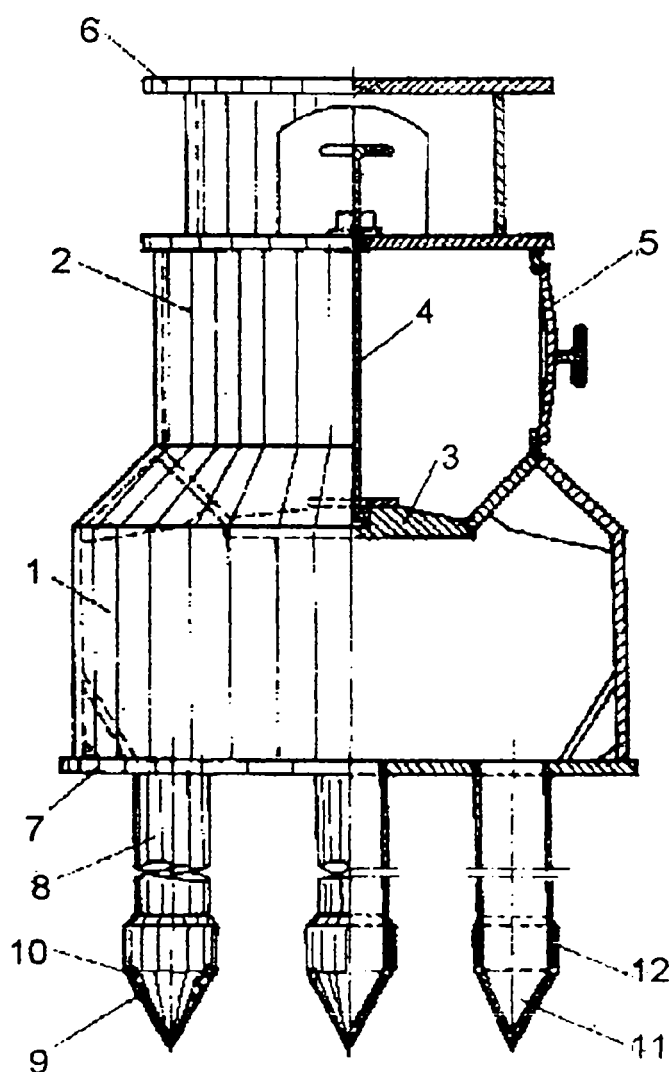
Principiul metodei, constă în realizarea în corpul terasamentului cu capacitate portantă redusă a unor piloți sau micropiloți [79], din diverse materiale locale (cunoscute sub denumirea de elemente de ranforsare) având rolul atât de drenare a eventualelor ape de infiltrații cât și de îmbunătățirea caracteristicilor fizico-mecanice ale pământurilor din terasament.

Consolidarea se realizează mecanizat cu ajutorul unui echipament ce se atașează la un agregat de vibropresare ( A.V.P.-1) sau vibropercuție ( A.V.P.P.-1) existente în dotarea unităților de construcții din țara noastră.

### **Echipamentul de lucru al tehnologiei de consolidare**

Echipamentul de lucru [83] (fig. 4.17) este alcătuit din două buncăre suprapuse, buncărul principal (1) și buncărul de alimentare (2) legate solidar unul de celălalt prin sudură. Între buncărul principal și buncărul de alimentare este plasat un sistem de închidere-deschidere (ușița 3) acționat de dispozitivul de deschidere (4) Buncărul de alimentare este prevăzut cu o ușiță de închidere

ermetică (5) prin care se face alimentarea cu material de aport. Buncărul de alimentare este prevăzut la partea superioară cu o flanșă de prindere (6) cu ajutorul căreia se realizează prinderea rigidă a dispozitivului. Buncărul principal este prevăzut la partea inferioară cu o placă de bază (7) în care sunt practicate 3 sau 5 orificii, având diametrul egal cu diametrul exterior al țevelor din care sunt confecționate tuburile de carotaj (8) cu lungimi de 2,00...4,00m. La partea inferioară tuburile de carotaj sunt prevăzute cu două clapete (9) care sunt prinse articulat de țeava metalică prin intermediul unei balamale (10) cu rol de limitatoare a deschiderii. Balamalele permit apropierea celor două clape, astfel încât prin închiderea lor se formează, la partea inferioară a tuburilor de carotaj, un vârf conic (11) care ușurează pătrunderea în teren a tuburilor. De asemenea, balamalele permit ca deschiderea maximă a clapelor să fie limitată la poziția în care generatoarea acestora să fie în prelungirea țevii metalice.



*Fig. 4.17. Echipamentul de lucru.*

Tuburile de carotaj sunt solidarizate prin sudură, la partea inferioară cu inel (12) decupat din țevă de 114 x 6mm.

Pentru încercările de laborator realizate în cadrul Departamentului I.G.C.C.T. s-a executat un echipament scara 1:2 având 5 tuburi  $\phi$  50mm și lungimea de 1.50m. Acest echipament realizat în forma prezentată poate lucra în două situații:

- când nivelul apei subteran este scăzut;
- când nivelul apei subteran este ridicat.

### **Tehnologia de realizare a consolidării terasamentelor**

Consolidarea terasamentelor de drumuri prin această tehnologie se realizează prin cumulara a două efecte [79]:

- efectul de îndesare a terenului ca urmare a introducerii forțate a tuburilor de carotaj la care se adaugă efectul favorabil al vibrațiilor;
- efectul de vibrodisolcare, elementele de ranforsare formând incluziuni rigide ce înlocuiesc terenul natural cu un material având caracteristici fizico-mecanice superioare, mărind în ansamblu rezistența la forfecare a terenului de fundare.

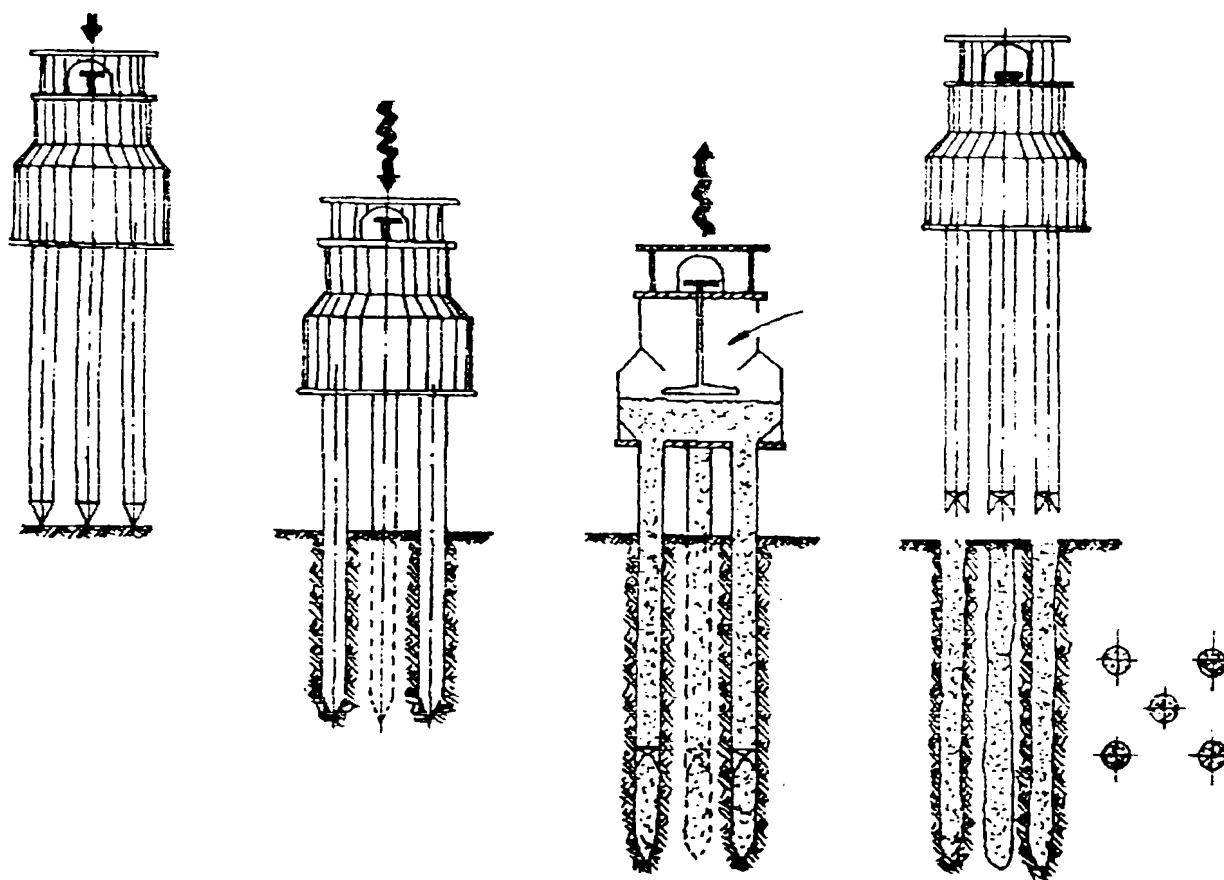
Preluarea încărcărilor transmise de suprastructura drumului se face prin conlucrarea dintre terenul îndesat și elementele de ranforsare se comportă ca niște armături verticale, conferind terasamentului o stabilitate de ansamblu mult mai ridicată. În consecință, elementele ranfort pot fi utilizate în două scopuri:

- ca elemente de îmbunătățire a capacității portante a terasamentului în ansamblu;
- ca elemente de îmbunătățire a capacității portante și elemente de rezistență.

În funcție de scopul pentru care sunt realizate, corpul elementelor ranfort poate fi realizat din materiale locale (pământ, nisip, balast) stabilizate cu cenușă de termocentrală sau zgură de furnal, utilizând ca activatori ciment sau var.

Tehnologia de consolidare, cu ajutorul echipamentului descris în paragraful anterior, poate fi aplicată în două moduri, în funcție de nivelul apei subterane din corpul terasamentului.

În cazul când nivelul apelor subterane este scăzut, fazele de realizare sunt (fig. 4.18):

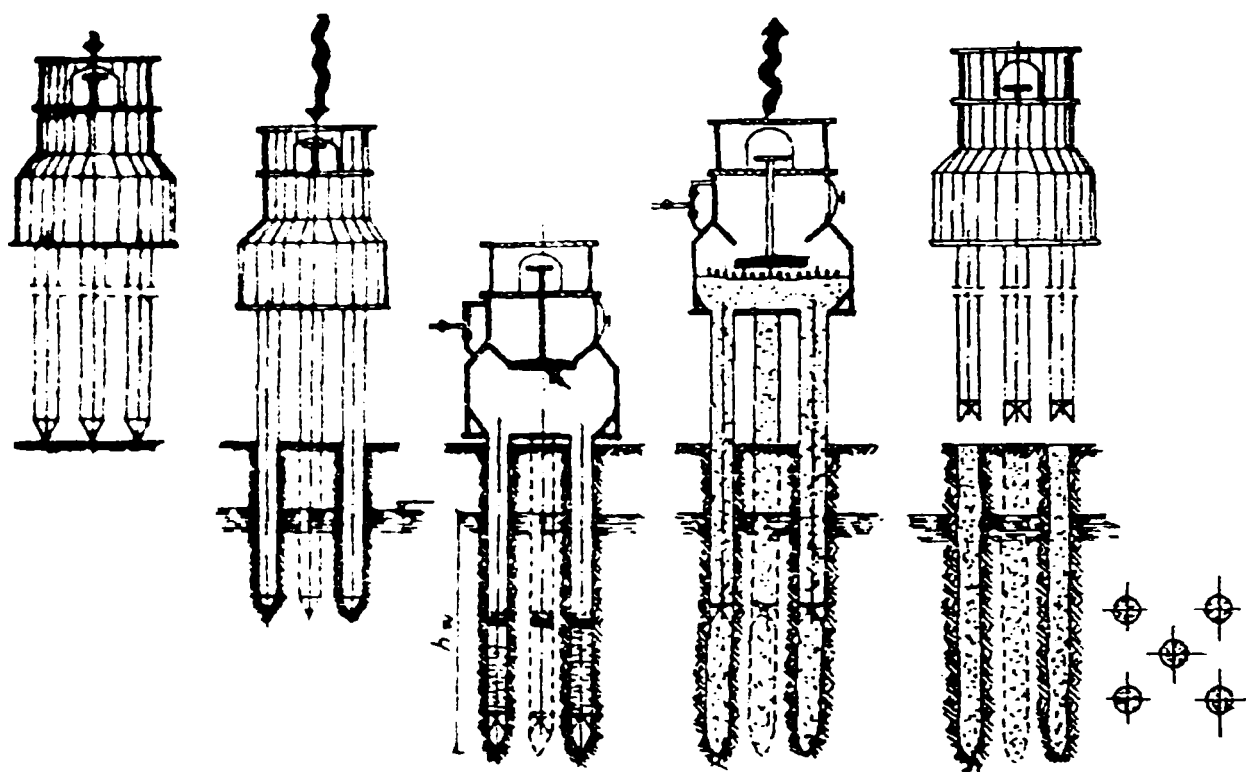


**Fig. 4.18.** Fazele de lucru, în cazul nivelului scăzut al apelor subterane.

- decaparea mecanizată a straturilor structurii rutiere și depozitarea lor în afara zonei de lucru sau încărcarea în mijloace de transport;
- poziționarea utilajului A.V.P. - 1, dotat cu echipamentul de lucru, pe amplasamentul terasamentului ce urmează a fi consolidat;
- introducerea la cota dorită, în corpul terasamentului, prin vibropresare, a celor cinci tuburi de carotaj;
- introducerea materialului de aport în buncărele dispozitivului;
- extragerea tuburilor din teren sub efectul vibrației, efect ce facilitează scurgerea materialului în tuburile de carotaj și umplerea ampretei din teren cu materialul de aport realizându-se elementele ranfort verticale, de consolidare.



În cazul când nivelul apelor subterane este ridicat (fig. 4.19), primele trei faze de lucru sunt identice cu fazele corespunzătoare prezentate anterior. În continuare, pentru a elimina apa subterană din tuburi și a o înlocui cu materialul de aport, se procedează astfel:



*Fig. 4.19. Fazele de lucru, în cazul nivelului ridicat al apelor subterane.*

- după introducerea la cota dorită a tuburilor, se trece la extragerea acestora pe o lungime de circa 30 cm, pentru a permite deschiderea clapetelor de la partea inferioară a tuburilor;
- se închide ușița (3) dintre buncărul principal și cel de alimentare. Apoi, printr-un sistem de conducte racordate la cele două buncări și cu ajutorul robinetilor de alimentare plasați pe conductele metalice, se introduce aer comprimat în buncărul principal, la o presiune corespunzătoare evacuării apei din tuburile de carotaj;
- se deschide ușița (5) a buncărului de alimentare și se introduce în acesta materialul de aport. După umplere, se închide ușița de alimentare (5);
- se egalizează presiunile în cele două compartimente ale dispozitivului și apoi se deschide ușița (3) dintre cele două buncări, astfel încât

materialul de aport existent se deplasează gravitațional în buncărul principal și în tuburile de carotaj;

- se închide ușița (3) și în buncărul de alimentare se aduce presiunea la valoarea presiunii atmosferice. Se deschide ușița de alimentare și se introduce o nouă cantitate de material de aport. Se repetă apoi faza de lucru anterioară. Ultimele două faze se repetă pînă cînd se introduce o cantitate suficientă de material de aport care să umple spațiile carotate în teren pe măsura extragerii echipamentului, sub efectul vibrării.

Valoarea presiunii aerului comprimat ( $p_{ac}$ ), necesară pentru evacuarea apei din tuburile de carotaj se stabilește din condiția:

$$p_{ac} \geq \gamma_w \cdot h_w \quad [\text{kN/m}^2] \quad (4.21)$$

unde:

$\gamma_w$  este greutatea volumică a apei, în  $\text{kN/m}^3$ ;

$h_w$  - înălțimea coloanei de apă din tuburi, în m.

Noua tehnologie propusă, cât și echipamentul de lucru [83], utilizate pentru consolidarea terasamentelor complexelor rutiere, prezintă o serie de avantaje față de tehnologia clasică de remediere a defecțiunilor datorate capacității portante reduse a terasamentelor și anume:

- reducerea substanțială a volumului de timp și manoperă consumată pentru consolidarea complexelor degradate;
- creșterea productivității muncii prin eliminarea unor operații manuale caracteristice tehnologiei clasice (îndepărtarea stratului de fundație contaminat, a zonelor necorespunzătoare din terasament, completarea porțiunilor excavate cu material cu proprietăți fizico-mecanice bune și refacerea stratului de fundație) și înlocuirea lor prin operații mecanizate;

- reducerea duratei de execuție a lucrărilor de consolidare a complexelor rutiere în vederea îmbunătățirii capacității portante, respectiv scurtarea perioadei de restricții privind circulația pe sectorul respectiv de drum;
- siguranță ridicată în ceea ce privește gradul de îmbunătățire a caracteristicilor fizico-mecanice ale terenului slab din corpul terasamentului, respectiv creșterea capacității portante a terenului, respectiv a complexului rutier.

## **4.2. Calculul și execuția mecanizată a drenurilor**

Un rol de multe ori decisiv, asupra viabilității drumurilor, mai ales a celor fără îmbrăcăminte modernă, îl are existența apei subterane în zona drumului, pe adâncimea zonei active din terasament.

### **4.2.1. Acțiunea apei subterane în terasament**

În terenul natural apa se găsește sub diverse forme. Din punct de vedere al posibilității evacuării apei din pământ interesează în mod deosebit apa subterană sub diversele ei forme (apa liberă, respectiv apa capilară). Nivelul liber al apei subterane este definit de nivelul de apă până la care apa se ridică într-un tub piezometric. Presiunea piezometrică în orice punct al acestui nivel este nulă.

Apa subterană poate avea nivelul liber constant sau ascensional funcție de condițiile de zăcământ în care se găsește.

Umiditatea zonei de pământ situată deasupra nivelului liber al apei subterane până la suprafață este influențată de apele de infiltrație din apele meteorice cât și din apele capilare care se ridică deasupra nivelului liber al apei subterane până la o înălțime de ascensiune capilară care depinde de natura pământului, dimensiunile particulelor solide cât și dimensiunile porilor pământului.

La nivelul superior al apei capilare presiunea piezometrică este negativă.

În fig. 4.20 sunt prezentate modul de distribuție al apei libere în pământ, distribuția fazelor componente ale pământului cât și tensiunile verticale în pământ.

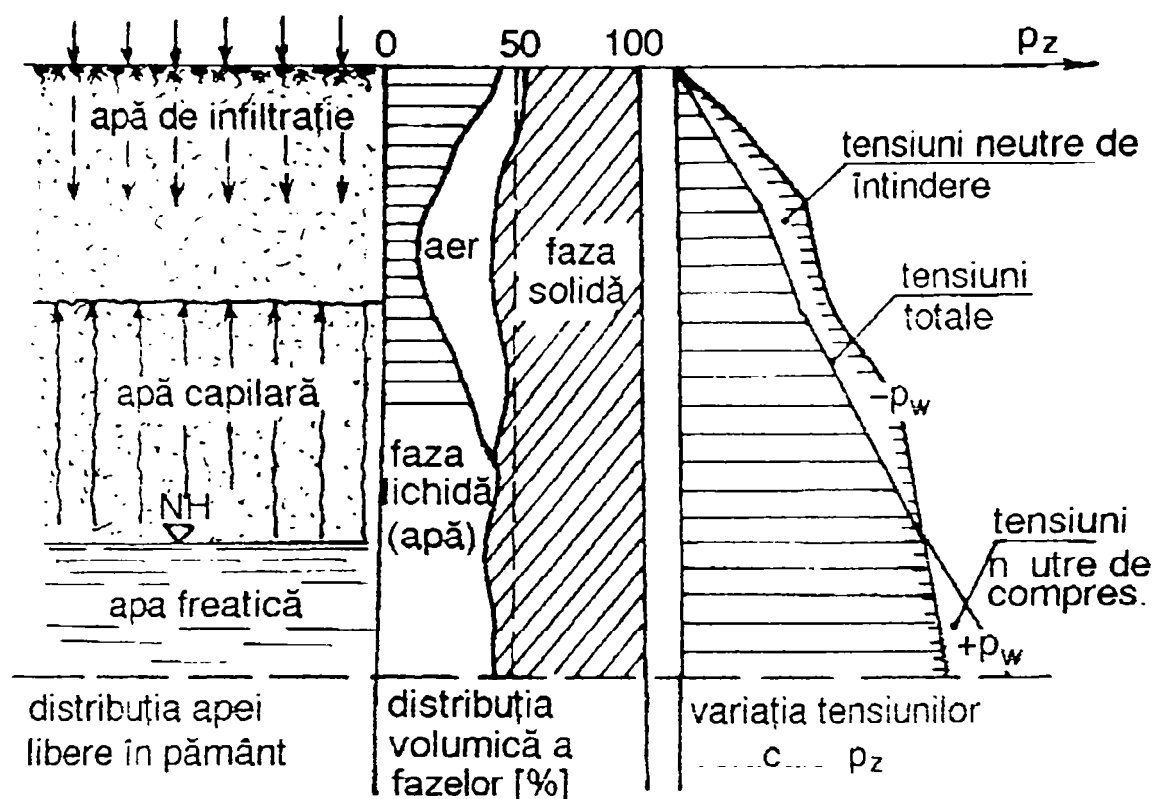


Fig. 4.20. Distribuția apei, a fazelor și variația tensiunilor verticale în pământ.

Este necesar ca la orice construcție, înainte de începerea lucrărilor, să se stabilească nivelul minim respectiv maxim al apelor subterane.

În cazul construcțiilor din pământ, apa subterană are o importanță foarte mare [64].

Existența apei în pământ va produce în masa pământului întotdeauna tensiuni hidrostactice. Dacă apa subterană este în mișcare, ea va produce în masa de pământ tensiuni hidrodinamice.

Dacă asupra unui strat de pământ saturat cu apă acționează o încărcare mare și nu există posibilitatea evacuării apei din strat, va apărea în apă o așa numită presiune neutrală. În cazul unor tensiuni totale constante, creșterea presiunilor neutrale are loc pe seama scăderii tensiunilor din faza solidă, ceea ce duce la o scădere importantă a rezistenței la forfecare a pământului.

Una din acțiunile dăunătoare ale apelor subterane îl constituie faptul că în anumite condiții acestea constituie sursele de alimentare în procesul de formare al lentilelor de gheață în cazul terenurilor gelive (fig. 4.21).

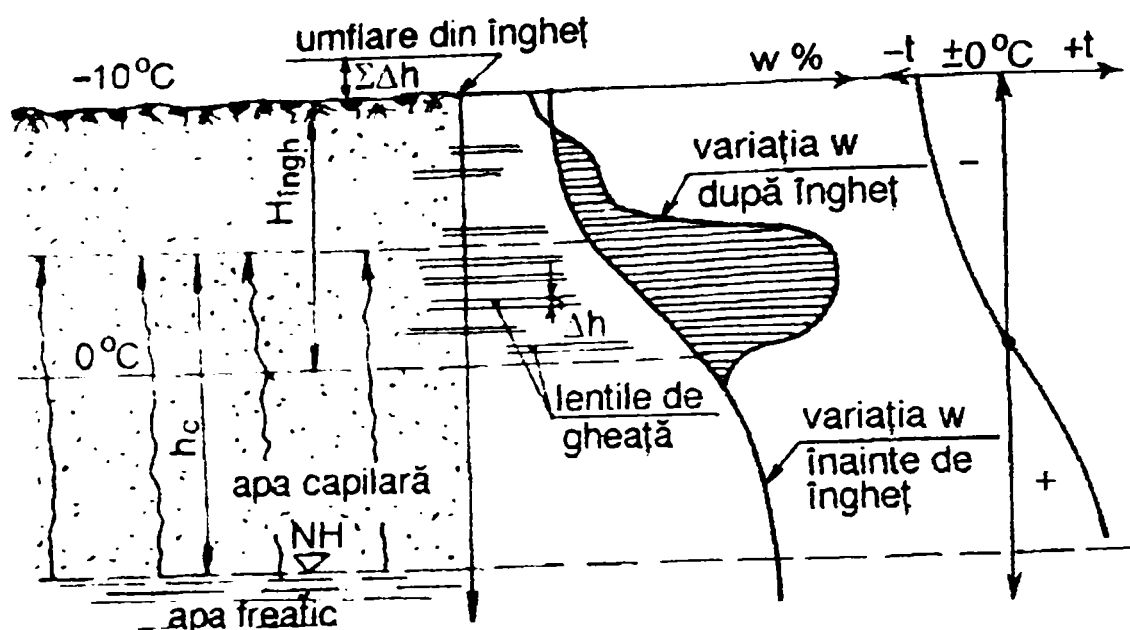


Fig. 4.21. Condiții de formare a lentilelor de gheață.

Formarea lentilelor de gheață are loc uneori atunci când sunt îndeplinite simultan trei condiții:

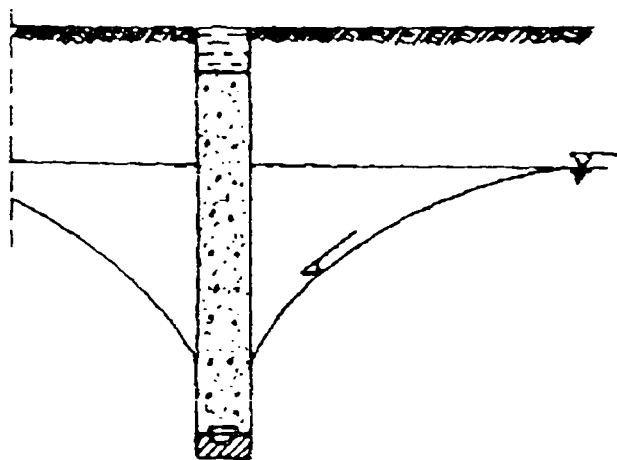
- temperatura din pământ scade sub  $0^{\circ}\text{C}$ ;
- terenul este un pământ geliv;
- sunt condiții de alimentare cu apă prin migrație din zonele de sub izoterma  $0^{\circ}\text{C}$ .

Având în vedere că formarea lentilelor de gheață având ca sursă de alimentare apa subterană liberă de sub izoterma zero este cea mai dăunătoare datorită creșterii umidității pământului din zona înghețată respectiv a ridicării terenului datorită procesului de formare a lentilelor de gheață este necesar ca întotdeauna să se acționeze din punct de vedere tehnic în direcția eliminării acestor condiții.

Având în vedere acest lucru, este necesar să luăm măsuri tehnice de evacuare a apelor din corpul terasamentelor, respectiv de scădere a nivelului apelor subterane. În acest scop este necesar să producem o mișcare a apei subterane din zonele afectate de construcția terasamentelor căii de comunicație.

Apa liberă din porii pământului poate fi pusă în mișcare prin diferite mijloace. Modul cel mai economic de deplasare al apei dintr-un loc în altul este bazat pe forțele gravitaționale. În acest caz, apa se mișcă din locurile cu energie potențială mare spre cele cu energie potențială mică.

Pentru eliminarea apei din pământ va fi folosit în majoritatea cazurilor acțiunea forțelor gravitaționale (fig. 4.22).



*Fig. 4.22. Eliminarea apei subterane sub efectul forțelor gravitaționale.*

Datorită efectului forțelor gravitaționale, apa este colectată de către așa zisele drenuri, realizate în masivul de pământ, din materiale filtrante. De aici, apa este dirijată prin rigola drenului către exterior (fig. 4.22).

O altă cauză care pune în mișcare apa în pământ este tensiunea superficială a apei, care în anumite condiții de teren generează fenomenul de ascensiune capilară a apei. Acest lucru face ca umiditatea în pământ deasupra nivelului apei subterane să fie mai mare decât cea din pământul neafectat de zona de ascensiune capilară, constituind totodată principala sursă de alimentare în procesul de formare al lentilelor de gheață atunci când izoterma  $0^{\circ}\text{C}$  se află sub nivelul superior de ascensiune capilară.

În cazul construcțiilor de pământ al terasamentelor de drumuri, este necesar să intervenim întotdeauna astfel încât să eliminăm acțiunile negative ale înghețului prin coborârea nivelului apelor subterane respectiv al apelor capilare utilizând drenurile obișnuite pentru ca acestea să nu devină surse de alimentare al lentilelor de gheață.

Având în vedere acest lucru, este imperios necesar să se cunoască atât elemente de hidrologie ale amplasamentului cât și date referitoare la caracteristicile fizice ale pământului. Numai în aceste condiții pot fi găsite rezolvările tehnice cele mai potrivite pentru un amplasament dat.

#### **4.2.2. Caracteristici de bază privind evacuarea apelor**

În diversele tehnici de evacuare a apelor din pământ, în vederea scăderii nivelului apelor subterane, trebuie să ținem seamă în mod foarte riguros de natura pământului. Cele două tipuri extreme de pământ, nisipul și argila, au un comportament diametral opus în ceea ce privește circulația apei prin ele.

În cazul unui strat de pământ saturat cantonat pe un strat filtrant cu particule solide mari prin care apa se poate scurge foarte ușor, acesta este încărcat din sarcina geologică proprie.

Dacă stratul de pământ saturat este un nisip, apa din el se va infiltra în stratul filtrant de unde apoi se va scurge mai departe, evacuarea apei realizându-se în mod continuu.

În mod practic, volumul stratului de nisip nu se modifică după evacuarea apei, deoarece particulele solide se sprijină una pe cealaltă iar porii se vor umple treptat cu aer.

Sistemul dispers inițial, bifazic, se transformă într-un sistem dispers trifazic, particule solide - apă - aer.

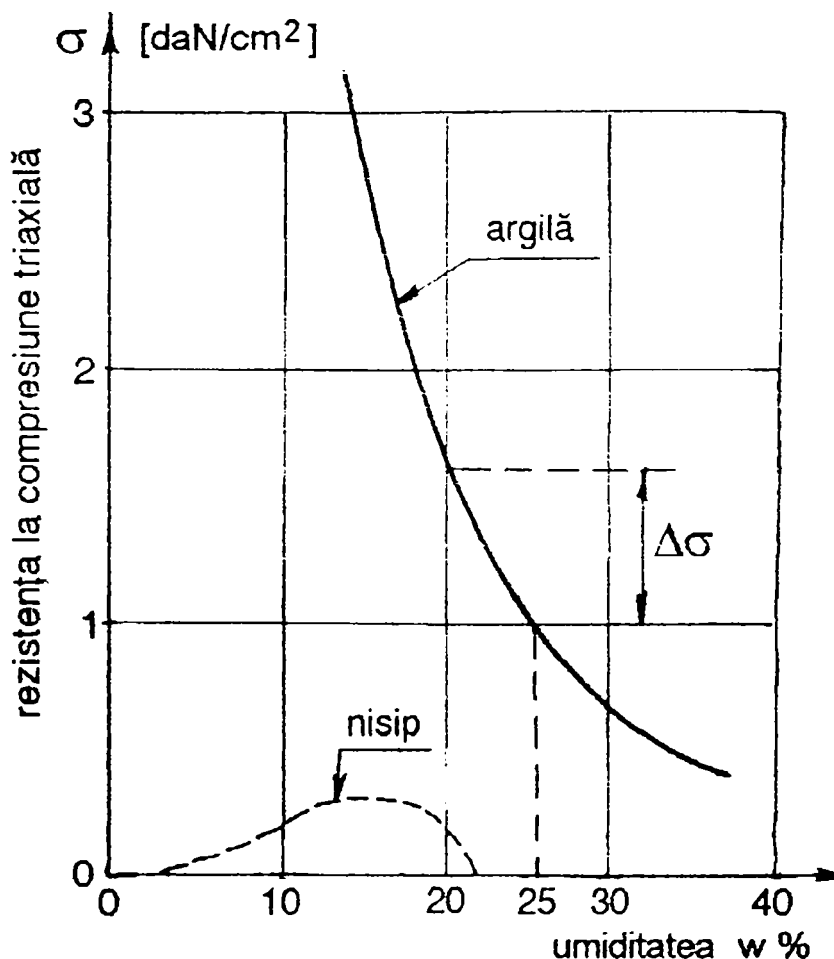
Dacă stratul de pământ saturat este o argilă, aceasta având particulele solide cu dimensiuni predominante de ordinul micronilor, face ca și dimensiunile porilor să fie foarte mici, situație în care cedarea apei din pori, sub efectul gravitației, este nesemnificativă, astfel încât pământul rămâne saturat chiar și în procesul de evacuare a apei din masa lui.

Accasta înseamnă că în cazul pământurilor argiloase evacuarea apei din masa lor se realizează numai printr-o modificare de volum a acestora, funcție de micșorarea volumului porilor pământului. Acest proces care apare în masa

pământurilor coezive poartă denumirea de consolidarea pământurilor coezive și este facilitat numai de acțiunea unor încărcări exterioare.

În ceea ce privește importanța procesului de evacuare a apei din pământ asupra rezistenței la compresiune a acestuia în fig. 4.23 sunt prezentate curbele de variație a rezistenței la compresiune funcție de variația conținutului de apă [94].

Așa cum rezultă și din figură, în cazul argilelor, o reducere a umidității de la 25 % la 20 % face ca rezistența la compresiune să crească cu circa 70 - 100 %.



*Fig. 4.23. Variația rezistenței la compresiune.*

În schimb, în cazul pământurilor nisipoase, prin eliminarea apei structura inițială bifazică se transformă într-o structură trifazică în care se creează condiții de apariție a coeziunii aparente, ceea ce face ca pentru o anumită reducere de umiditate să crească rezistența la compresiune a nisipului datorită acestor fenomene care apar în special în zona de ascensiune capilară cu porii parțial umpluți cu apă. Evacuarea apei din pământurile cu granulație grosieră (nisip mare, pietriș, bolovăniș) se face fără dificultate. Deoarece aceste pământuri au o



permeabilitate mare, apa se mișcă în golurile dintre particulele solide sub acțiunea forțelor gravitaționale.

Dacă curgerea are loc cu un gradient hidraulic mai mic decât gradientul hidraulic critic, putem afirma că evacuarea apelor subterane sub influența forțelor gravitaționale se realizează în mod optim.

Se pune întrebarea câtă apă rămâne în structura pământului după evacuarea ei și prin acțiunea forțelor gravitaționale respectiv, care este cantitatea apei care se evacuează și funcție de cine este aceasta.

Răspunsurile la aceste întrebări nu pot fi date pe cale teoretică ci numai pe cale experimentală. Urmare experimentărilor făcute se poate afirma că, cantitatea de apă evacuată prin efectul forțelor gravitaționale este cu atât mai mare cu cât particulele solide sunt mai mari.

În fig. 4.24 este prezentată legătura dintre mărimea particulelor și gradul de saturație al pământului în cazul evacuării apei sub efectul forțelor gravitaționale. În abscisă, ca element ce definește structura solidă a pământului, se consideră diametrul granului eficace  $d_{10\%}$ , în mm, iar în ordonată, gradul de saturație atins după realizarea în timp îndelungat a evacuării apei din pământ, sub efectul forței gravitaționale.

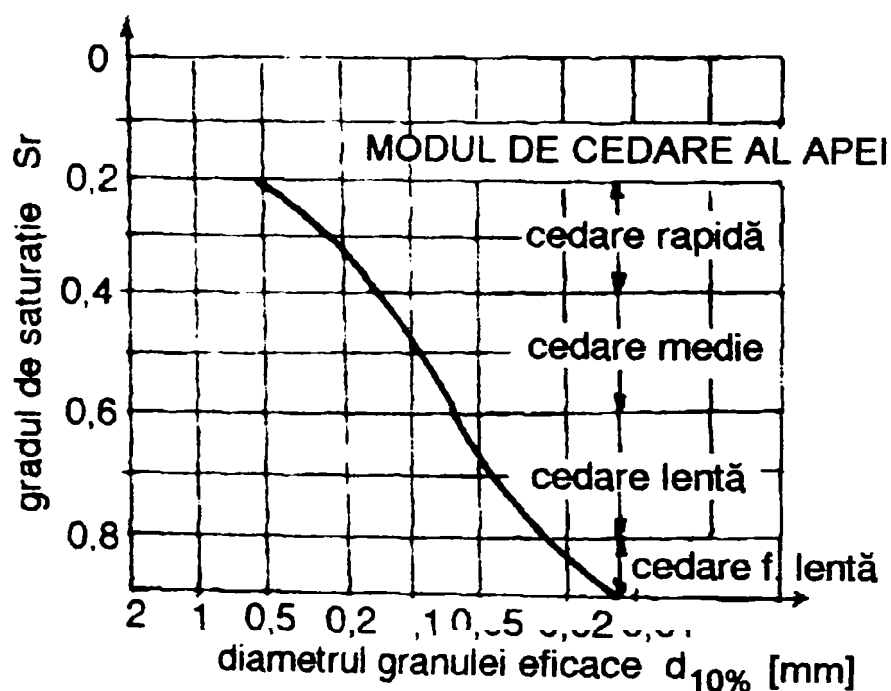


Fig. 4.24. Legătura dintre mărimea particulelor și gradul de saturație.

Așa cum se observă din figură, cu cât diametrul granulei eficace este mai mic, cu atât viteza de cedare este mai lentă, respectiv cantitatea de apă cedată mai mică.

Dacă granula eficace  $d_{10\%} = 0,01$  mm pentru pământul respectiv evacuarea apelor subterane sub efectul forțelor gravitaționale nu este posibil și aceasta datorită faptului că nu se poate elimina apa datorită acțiunii tensiunii superficiale.

De aici rezultă că evacuarea apelor din masele de pământuri argiloase sub efectul forțelor gravitaționale cu ajutorul drenurilor se va putea realiza numai atunci când circulația apei se va face prin fisurile din masa de pământ și nu prin porii structurii.

În ceea ce privește distribuția umidității din straturile superioare ale pământului, ea este condiționată de o serie de factori și anume:

- cantitatea de precipitații;
- temperatura medie anuală;
- condiții climaterice;
- relieful din zonă;
- existența vegetației, etc.

Cele mai importante forțe care facilitează această distribuție sunt forțele gravitaționale și forțele de ascensiune capilară.

Legile de mișcare a apei în pământ sub acțiunea acestor două forțe pot fi evidențiate din punct de vedere teoretic admitând că pământurile sunt medii omogene, lucru care în realitate nu este satisfăcut. De asemenea, legile capilarității în natură nu sunt așa de simple cum rezultă din încercările de laborator.

De aceea, rezolvarea unei anumite probleme privind aceste aspecte se va putea face cât mai aproape de realitate prin observații de teren, rezultatele cât și ipotezele teoretice se pot utiliza numai ca și elemente orientative.

În fig. 4.25 sunt prezentate două exemple de distribuție a apei în pământ. Din punct de vedere structural, pământul este constituit din nisip fin prăfos cu lentile de nisip mare sau pietriș mărunț. Stratul superficial constituit din sol vegetal are o permeabilitate mult mai mare decât stratul inferior de bază.

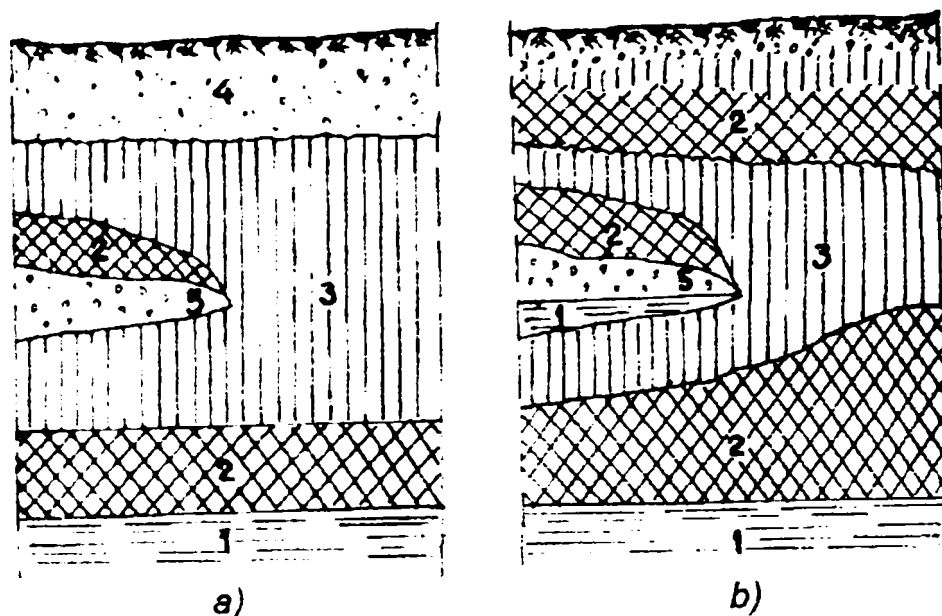


Fig. 4.25. Distribuția apei în pământ.

Starea de umiditate în acest strat poate varia în limite foarte mari funcție de factorii menționați anterior. Pământul poate fi din punct de vedere al umidității saturat, cu umiditate medie sau uscat.

În stratul de bază umiditatea poate să corespundă temporar unui grad de saturație caracteristic unui pământ uscat numai în cadrul lentilelor de nisip mare sau pietriș.

În perioade lipsite de precipitații distribuția apei în pământ este conformă cu cele prezentate în fig. 4.25.a.

Deasupra nivelului liber al apei subterane (1) se formează o zonă de ascensiune capilară formată din două subzone (2 și 3). Subzona (2) se caracterizează prin aceea că este saturată cu apă capilară, iar subzona (3) prezintă o saturație parțială cu apă capilară.

În zona de pietriș (5) nu există apă capilară, dar deasupra acesteia se formează o zonă capilară saturată cu apă.

Porțiunea de strat (4) se caracterizează printr-o umiditate naturală normală.

În cazul existenței unor precipitații sub formă de ploaie apa pătrunde prin infiltrare în teren, urmare acestui fapt în teren va apărea o nouă redistribuție a apei (fig. 4.25.b).

Subzonele de ascensiune capilară saturate se vor extinde în detrimentul subzonei de ascensiune capilară parțial saturată. În acest caz temporar în lentila de pietriș se va forma un strat de apă cu nivel liber. După încetarea ploii are loc o reechilibrare de umiditate asemănătoare distribuției din fig. 4.25.a.

Prin acest exemplu am dorit să relev modul complex de distribuție a umidității în masele de pământ cât și modificarea acestei distribuții datorită unor factori exteriori (precipitații).

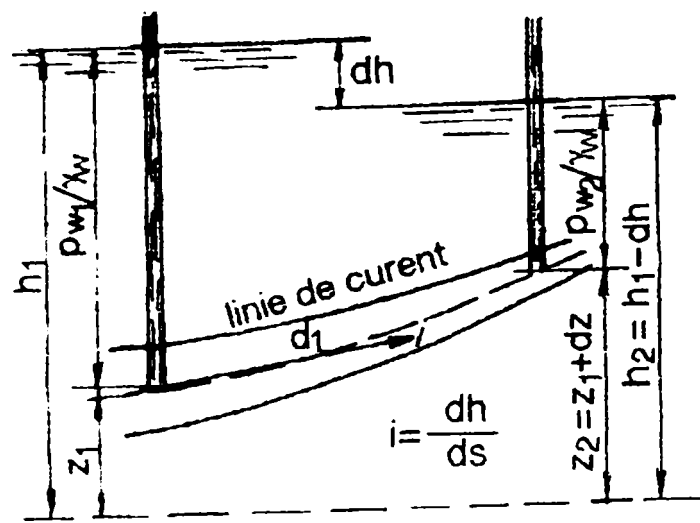
### **4.2.3. Măsuri de protecție împotriva acțiunii dăunătoare a apelor de infiltrație**

În procesul de deplasare al apei libere prin structura poroasă a pământului ia naștere o presiune hidrodinamică. Curentul de apă ce trece prin porii pământului exercită asupra suprafețelor particulelor solide o frecare asemănătoare cu cea a apei ce trece printr-o conductă obișnuită. Datorită acestei frecări curentul de apă se deplasează cu o viteză constantă. Efectul trecerii curentului prin masa de pământ se manifestă prin apariția unor solicitări de compresiune și forfecare în punctele de contact dintre particulele solide care constituie faza solidă a pământului.

Pentru o situație dată, notând cu  $i$  panta hidraulică, forța de antrenare hidrodinamică care acționează asupra unității de masă a pământului se obține cu formula:

$$F_{ar} = i \cdot \gamma_w \quad (4.22)$$

Această forță masică este o mărime vectorială a cărei direcție corespunde direcției căderii de presiune (fig. 4.26). Această forță de antrenare hidrodinamică trebuie luată în considerare la cercetările de stabilitate ale structurii pământului.



*Fig. 4.26. Coborârea nivelului apelor subterane.*

În legătură cu filtrația apei prin pământ și ținând seama de apariția forțelor de antrenare hidrodinamică pot să apară efecte dăunătoare chiar dacă stabilitatea de ansamblu sub acțiunea unor forțe exterioare este asigurată.

Aceste efecte se manifestă în structura pământului datorită modificării bruște a pantei hidraulice, prin dislocarea particulelor solide de anumite dimensiuni, eroziuni și chiar lichefierea unor anumite pământuri.

În acest sens este necesar să se adopte o serie de măsuri care să elimine acțiunile negative ale filtrației apei prin pământ, care se pot materializa prin pierderea stabilității masivului de pământ (alunecări, tasări, etc.).

Cea mai simplă măsură constă în a plasa între suprafața liberă și stratul acvifer cu fragmente fine un strat filtrant grosier.

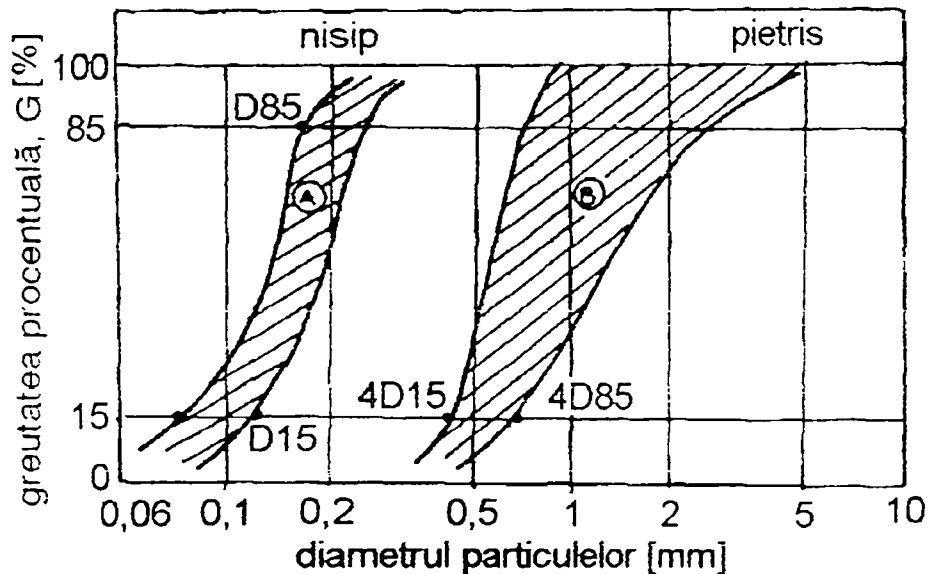
Realizarea stratului filtrant nu este indiferentă astfel, dacă acesta este realizat din fragmente care creează o structură cu pori mari având dimensiunile mai mari decât cele ale fragmentelor solide din terenul natural, există pericolul colmatării stratului filtrant și scoaterii acestuia din funcțiune în timpul cel mai scurt.

În schimb, dacă golurile din stratul filtrant sunt apropiate de cele din terenul natural învecinat, poate să apară fenomenul de antrenare dinamică a particulelor din stratul filtrant.

Aceste neajunsuri se pot elimina dacă materialul filtrant se va alege astfel încât curba de granulozitate a acestuia va îndeplini anumite condiții.

În acest sens, în literatura de specialitate [94] există o serie de reguli în ceea ce privește alegerea granulozității materialului filtrant.

Semnificativă este regula lui Terzaghi prezentată în fig. 4.27. Suprafața hașurată A indică domeniul curbelor de granulozitate ale pământului natural pentru care trebuie luate măsuri împotriva fenomenului de antrenare hidrodinamică.



**Fig. 4.27. Regula lui Terzaghi**

Ducând orizontale corespunzătoare greutății procentuale de 15 % respectiv 85 % ( $G_{15}$  și  $G_{85}$ ), se poate citi pe curba luată în considerare diametrul cel mai mic, respectiv cel mai mare al particulelor solide ale pământului ( $D_{15}$  respectiv  $D_{85}$ ).

Materialul pentru stratul filtrant este considerat corespunzător dacă diametrul granulei corespunzător valorii de  $G_{15}$  este cel puțin egal cu  $4D_{15}$  și cel mult de  $4D_{85}$ , adică este cuprins între domeniul  $4D_{15}$  și  $4D_{85}$ .

Domeniul curbelor de granulozitate pentru astfel de material care să constituie un strat filtrant bun este dat de suprafața hașurată B.

Corpul filtrant se poate realiza din mai multe straturi sau un singur strat. La realizarea corpului filtrant din mai multe straturi trebuie să ținem seama pentru fiecare strat de regulile menționate anterior.

Un corp filtrant este eficace respectiv bine ales dacă apa care se scurge prin el, evacuată în exterior, este limpede.

Dacă diferența dintre coeficientul de permeabilitate al corpului filtrant și coeficientul de permeabilitate al terenului natural este mai mare de  $100 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ , apare pericolul de antrenare hidrodinamică, respectiv se produce transportul de material cu granulație fină către corpul filtrant.

În general, tendința este ca să se realizeze o evacuare de apă subterană cât mai mare fără însă a crea pericolul de antrenare hidrodinamică.

O altă prescripție folosită pentru stabilirea calitativă a materialului filtrant este dată de normele elvețiene S.N.V. 70125. Aceste prescripții de calitate sunt utilizate pentru toate materialele utilizabile la:

- straturi drenante;
- straturi de acoperire a tuburilor drenante;
- material de umplură al corpului drenurilor.

Ca material drenant se pot utiliza balastul și nisipul, mai rar pietriș și nisip. Materialul drenant trebuie să aibă particulele solide mai mari decât particulele solide ale pământului natural, dar suficient de fine, astfel încât particulele fine din pământul natural adiacent corpului drenant să nu fie antrenate de curentul de apă și să colmateze corpul drenului.

Îndeplinirea acestei condiții este satisfăcută dacă sunt respectate simultan condițiile de mai jos:

$$\frac{d_{15\%} \text{ material filtrant}}{d_{15\%} \text{ pământ natural}} \geq 5 \quad (4.23)$$

$$\frac{d_{15\%} \text{ material filtrant}}{d_{85\%} \text{ pământ natural}} \leq 5 \quad (4.24)$$

$$\frac{d_{5(\varphi)\%} \text{ material filtrant}}{d_{5(\varphi)\%} \text{ pământ natural}} \leq 25 \quad (4.25)$$

În figura 4.28 este prezentat modul de alegere a granulozității unui material drenant funcție de curba de granulozitate a pământului natural.

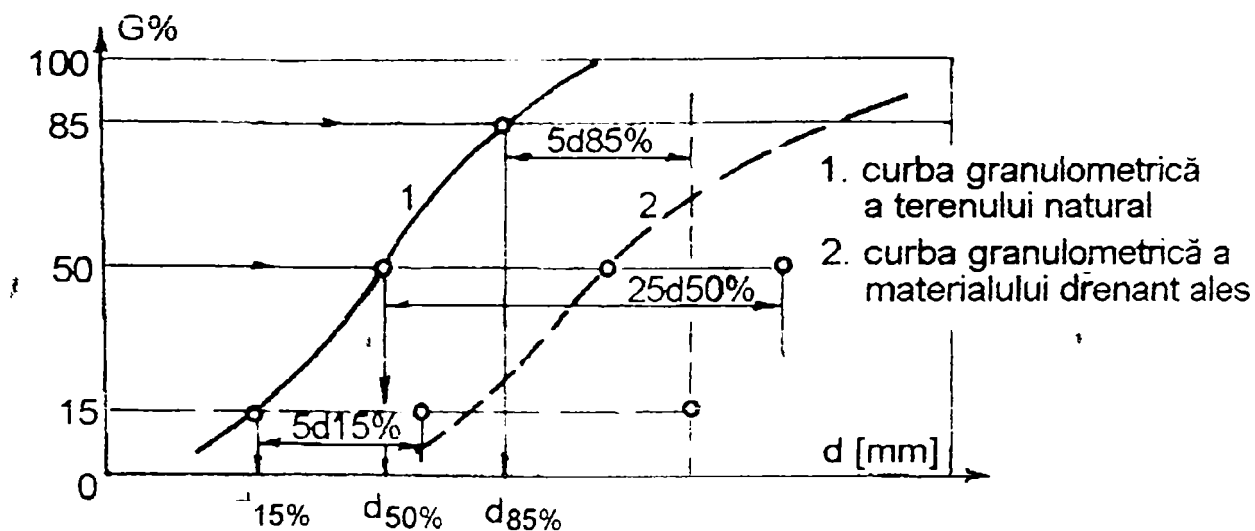


Fig. 4.28. Condiții de granulozitate a materialului filtrant.

#### 4.2.4. Clasificarea și modul de funcționare al drenurilor

Drenurile sunt săpături sub formă de tranșee umplute cu material drenant, care duc la formarea unui curent de apă dinspre teren spre corpul drenant ce facilitează scăderea nivelului apei freatice, respectiv micșorarea umidității pământului din zona de influență a drenului și care permite evacuarea apei colectate spre exterior, pe drumul cel mai scurt.

Drenurile pot fi clasificate funcție de forma și poziția lor în plan. Funcție de formă distingem (4.29):

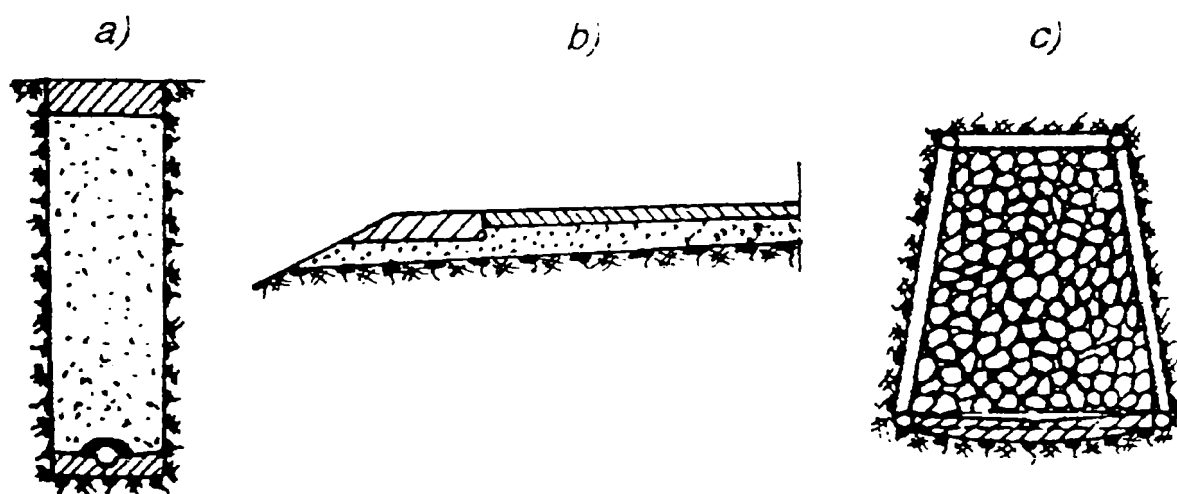


Fig. 4.29. Tipuri de drenuri



- drenuri sub formă de tranșee, sunt realizate de obicei până la suprafața terenului, umplute cu balast, nisip cu var, pietriș sau nisip, cu o conductă colectoare la partea inferioară și închis la partea superioară cu un strat impermeabil (fig. 4.29.a);
- straturi drenante care în raport cu lățimea lor au o grosime relativ mică, așezate pe suprafața unor înclinații a terasamentelor având scopul de straturi colectoare și evacuare a apelor de infiltrație și de rupere a ascensiunii apelor capilare (fig. 4.29.b);
- galerii drenante executate sub nivelul terenului prin metode miniere, prevăzute cu susțineri miniere și un radier colector din beton, umplute cu bolovăniș sau pietriș (fig. 4.29.c);

Funcție de poziția lor în plan, distingem următoarele tipuri:

- drenuri longitudinale, care sunt paralele cu axa longitudinală a terasamentului drumului;
- drenuri transversale, sunt acele drenuri ale căror axe longitudinale fac un unghi  $\alpha \leq 90^\circ$  cu axa longitudinală a terasamentului.

Drenurile longitudinale, după modul de amplasare, pot fi drenuri de fund de șanț (fig. 4.30.a, 4.30.b) sau drenuri de captare a apei (fig. 4.30.c).

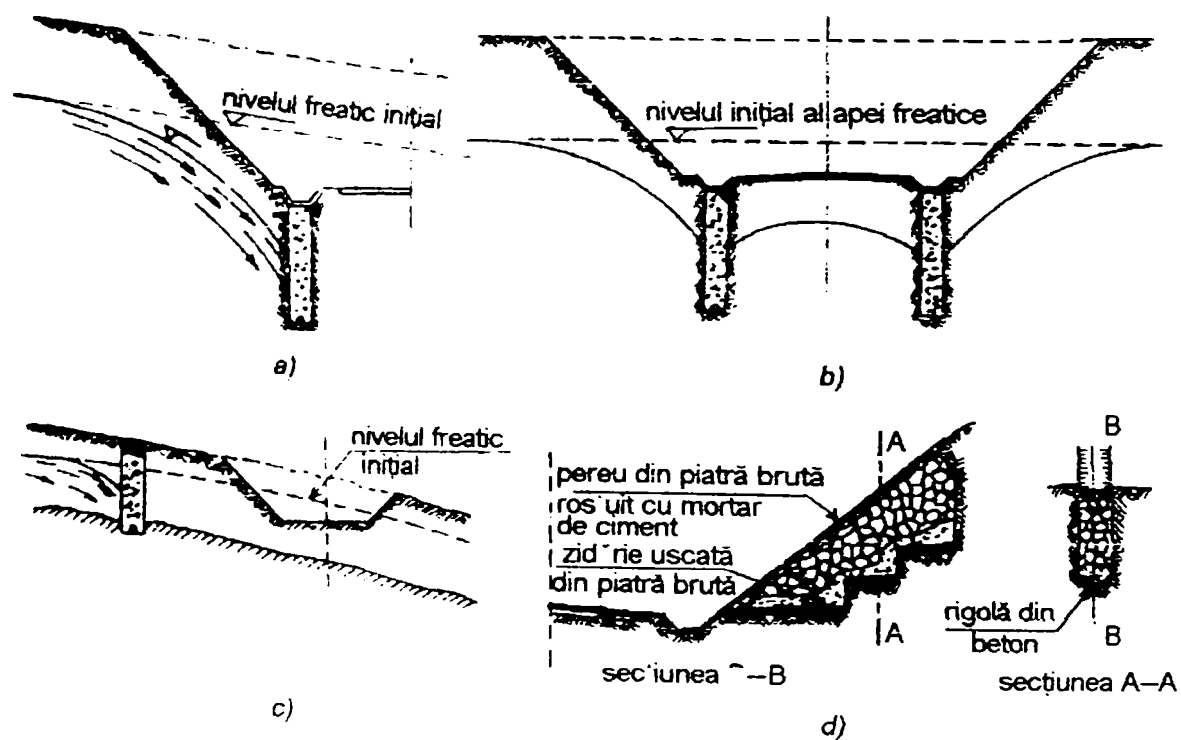
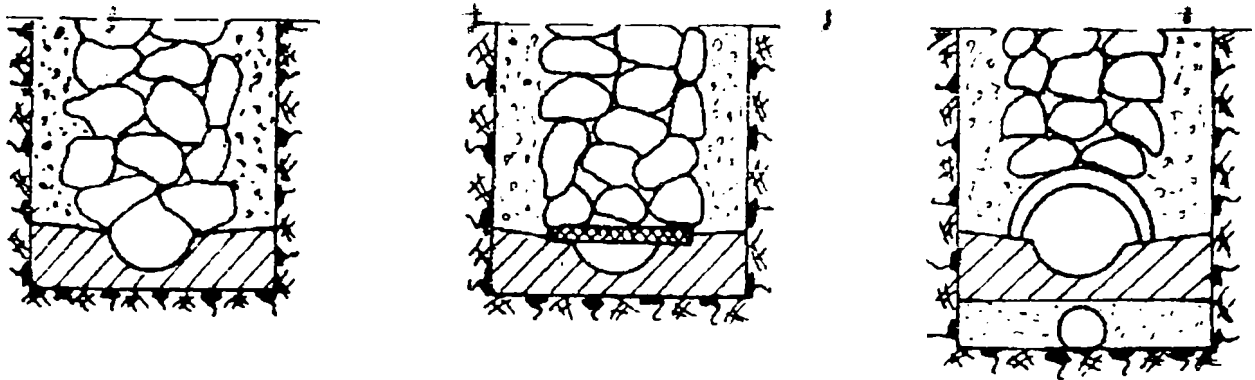


Fig. 4.30. Drenuri longitudinale și transversale

**Rigola drenului** se execută funcție de cantitatea de apă de evacuat respectiv materialul pe care-l avem la dispoziție.

Se recomandă ca rigola drenului să se execute din beton simplu compact, prevăzut cu capac realizat din piatră brută, plăci perforate, elemente prefabricate curbe, tuburi perforate din PVC (fig. 4.31).



*Fig. 4.31. Tipuri de rigole.*

Dacă în timpul execuției drenului există posibilitatea infiltrării apei în săpătură, este necesar să se prevadă sub rigola drenului un tub perforat plasat într-un strat drenant din balast sau pietriș în grosime de circa 20 cm.

În cazul drenurilor este necesar ca executarea săpăturilor șanțului drenului să înceapă din aval înspre amonte iar realizarea rigolei drenului, al corpului drenant, dinspre amonte înspre aval.

**Corpul drenant** are drept scop să colecteze apă din masivul de pământ adiacent drenului și s-o evacueze prin intermediul rigolei.

Partea principală a unui dren este corpul drenant, dar trebuie menționat faptul că un dren funcționează în timp, în condiții foarte bune numai atunci când toate elementele sale componente sunt judicios proiectate și realizate.

Funcție de modul de realizare deosebim:

- corpuri drenante omogene, realizate dintr-un material drenant monogranular;
- corpuri drenante stratificate, constituite din două până la patru tipuri diferite de material drenant. Granulozitatea fiecărui strat în parte se va stabili conform regulilor de alegere a materialului drenant menționate la paragraful 4.2.3.;

Drenurile transversale se realizează de regulă în anul executării lucrărilor de terasamente în debleu, în vederea asigurării stabilității taluzurilor (fig. 4.30 d).

Drenurile proiectate și executate corect trebuie să îndeplinească simultan următoarele condiții:

- capacitatea de colectare și eliminare a apei să fie cât mai mare;
- curentul de apă ce se formează către dren să nu antreneze părți fine care să colmateze corpul filtrant al drenului;
- să nu existe posibilitatea infiltrării apelor de suprafață în corpul drenului;
- curentul de apă nu trebuie să producă antrenarea hidrodinamică a particulelor componente ale corpului drenant al drenului;
- dacă, totuși, curentul de apă antrenează părți fine din pământul natural adiacent drenului, acestea trebuie să rămână în suspensie și să nu se sedimenteze în rigola drenului sau la gura de evacuare a acestuia;
- apa pătrunsă în dren să fie dirijată pe drumul cel mai scurt spre gura de evacuare.

Trebuie reținut faptul că proiectarea, respectiv execuția unui dren trebuie făcută în mod cât mai corect și în cunoștință de cauză despre condițiile de teren.

Un dren prost proiectat, respectiv defectuos executat poate fi foarte dăunător deoarece în loc să evacueze apa, o înmagazinează și produce umezirea excesivă a masivului de pământ, care, inițial a avut proprietăți fizico-mecanice acceptabile, producând, în final, compromiterea, respectiv distrugerea lucrărilor de terasamente și a căii de comunicație.

#### **4.2.5. Alcătuirea drenurilor**

Părțile componente ale unui dren sunt:

- rigola drenului;
- corpul drenant;
- capul drenului.

- corpuri drenante neomogene realizate din material drenant cu particule de diverse mărimi din cariere naturale sau balastiere.

Stratul exterior, în cazul corpurilor drenante stratificate, trebuie realizat din nisip fără conținut de praf. În acest caz nu se produc scăderi bruște ale gradientului hidraulic respectiv nu apar viteze mari de filtrație care să ducă la fenomenul de antrenare hidrodinamică.

Pentru fiecare tip de corp drenant trebuie aleasă granulozitatea materialului din corpul drenant funcție de granulozitatea terenului natural, pe baza regulilor prezentate în paragraful 4.2.3.

În cazul pământurilor cu  $d < 0,1$  mm nu se poate, în mod practic, alege pe baza regulilor anterior menționate, materialul drenant. În acest caz se poate utiliza nisip cu granulația  $d = 0,1 \dots 0,5$  mm, conform tabelul nr. 4.1. Corpul drenant al drenurilor clasice se va realiza ca structură și dimensiuni funcție de cantitatea de apă de infiltrație de colectat și evacuat în exterior (fig. 4.32).

Realizarea corpului drenat așa cum apare în figură este relativ greoaie, în special pentru corpurile drenante stratificate.

Având în vedere acest lucru, se poate realiza corpul drenant din material granular de diferite dimensiuni, amestecat în prealabil.

Tabelul nr. 4.1

Teren natural		Material filtrant	
Natura terenului	Mărimea medie a granulei [mm]	Felul materialului	Mărimea medie a granulei [mm]
Nisip făinos mâlos	0,01...0,055	Nisip fin	0,1...0,5
Nisip foarte fin	0,05...0,10	Nisip mijlociu	0,1...0,5
Nisip fin	0,5...2,0	Pietriș mic cu nisip mare	0,5...2,0
Nisip mijlociu	0,5...2,0	Pietriș mic	2,0...10,0
Nisip mare cu pietriș	2,00...5,0	Pietriș mare	10,0...20,0

Acest material se obține de fapt prin amestecarea omogenă a materialului granular din fiecare strat al corpului drenant stratificat.

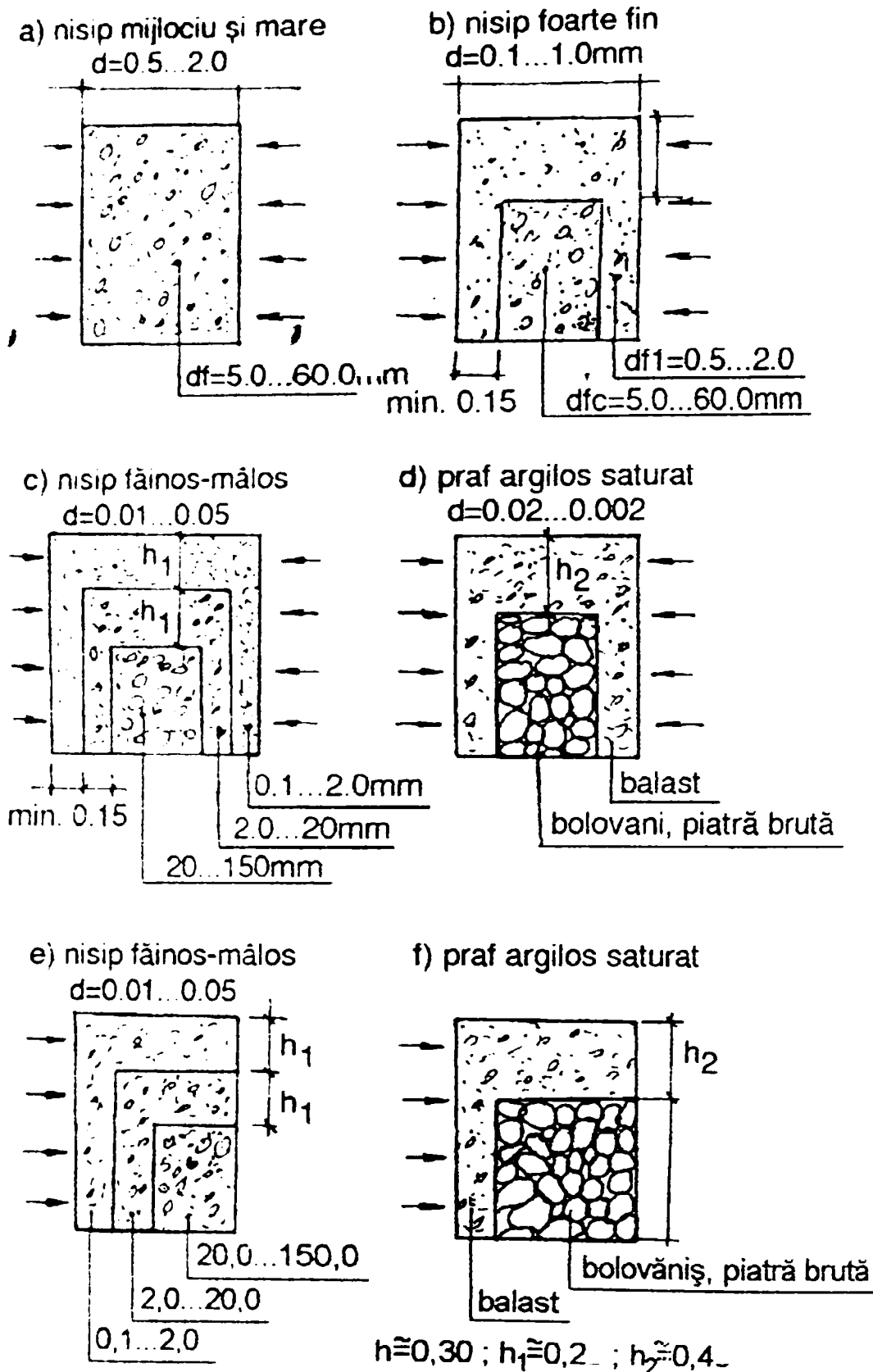


Fig. 4.32. Tipuri de corpuri drenante.

Corpul drenant, din material granular amestecat, se va realiza conform tabel nr. 4.2.

Raportul dintre diferite domenii de fracțiuni care se amestecă între ele este astfel ales încât volumul de goluri dintr-o grupă de particule să fie ocupat de volumul de particule solide ale grupei următoare.

Tipul de granulație	Mărimea fragmentelor or [mm]	Cantități pentru:			
		3 tipuri granul.		4 tipuri granul.	
		Dozare volumică [m <sup>3</sup> ]	Masa [%]	Dozare volumică [m <sup>3</sup> ]	Masa [%]
Foarte grosier	50-70	1,00	62	1,00	62
Mijlociu grosier	15-30	0,35	21	0,35	21
Grosier	3-7	0,28	17	0,15	9
Fin	0,2-1,0	-	-	0,13	8

Acest lucru permite obținerea unei porozități medii  $n_{med}=35\%$ , care corespunde de regulă porozității nisipurilor naturale.

La alegerea materialului granular necesar realizării corpului drenant este necesar să respectăm următoarele:

- forma particulelor materialului granular să fie cât mai rotunjită. Nisipul sau pietrișul cu forme plate sau alungite nu este recomandat deoarece corpul drenant, datorită aranjării dense a particulelor, are o permeabilitate redusă;
- suprafața fragmentelor de pietriș să fie netedă deoarece o suprafață rugoasă favorizează unele depuneri de material fin care duc la colmatarea corpului drenant;
- pentru construcția corpului drenant se indică produsele de balastieră. Produsele de carieră nu sunt indicate deoarece suprafața acestora este poroasă, rugoasă, respectiv piatra spartă conține și fragmente din roci alterate;
- gradul de neuniformitate al fiecărui strat drenant în parte să fie pe cât posibil mai mic de 10 ( $U_n < 10$ );
- corpul drenant se recomandă să fie constituit din materiale provenite din roci cuarțoase deoarece se comportă foarte bine la acțiunea agresivității apelor freactice;

- dacă se prevede ca apa din dren urmează să fie folosită ca apă potabilă, materialul din corpul drenant va fi analizat și din punct de vedere sanitar.

În pământuri argiloase se recomandă ca miezul central al corpului drenant să se realizeze din bolovani de piatră de râu sau piatră brută.

**Capul drenului** are rolul să împiedice pătrunderea apelor superficiale în corpul drenului, respectiv, colmatarea straturilor drenante superficiale.

Funcție de locul în care se execută drenul, respectiv funcție de stabilitatea masei de pământ drenantă, capul drenului se poate realiza fie dintr-un strat de beton simplu argilos sau brazde întoarse, respectiv straturi bituminoase.

#### 4.2.6. Calculul hidraulic al drenurilor [90] [91]

Drenul are rolul de a scădea nivelul pânzei de apă freatică în zona în care este realizat.

La un debit constant de colectare respectiv evacuare a apei rezultă o mișcare în regim staționar al apei, ce corespunde legilor de mișcare în regim staționar a apei. În acest caz, cantitatea de apă evacuată de dren se poate calcula analitic[32].

În vederea efectuării calculului coborârii nivelului apei freatice este necesar să cunoaștem următorii parametri:

- coeficientul de permeabilitate "k" al pământului, valoare ce trebuie determinată în laborator cât mai exact deoarece variația în timp a coborârii nivelului, depinde foarte mult de coeficientul de permeabilitate "k";
- raza de influență a drenului (R). Acest parametru are în schimb o influență redusă asupra debitului calculat;
- grosimea stratului acvifer (H). Această valoare nu poate fi stabilită, de obicei, în mod exact.

Relațiile de calcul pentru determinarea denivelării apei sunt valabile în mod riguros numai pentru un dren perfect, adică pentru un dren la care rigola

drenului este plasată la baza stratului acvifer, în stratul impermeabil ce delimitează inferior stratul acvifer. Această condiție este însă rareori satisfăcută, de regulă la drenurile imperfecte pentru care înălțimea  $H$  rezultă din diferența de nivel inițial al apei și fundul drenului.

Punctul de plecare pentru calcule este legea lui Darcy [57] [58]:

$$v = k \cdot i \quad (4.26)$$

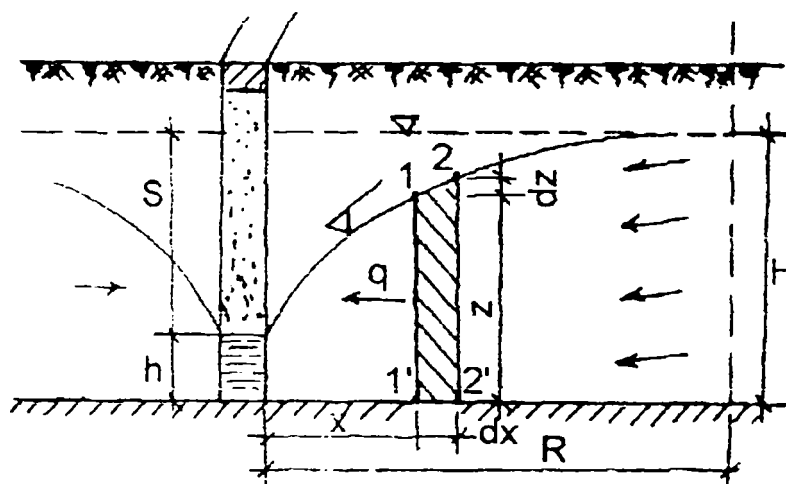
în care:

$v$  este viteza apei care se scurge prin teren;

$k$  - coeficientul de permeabilitate;

$i$  - panta hidrolică.

Pentru calcul se consideră un dren vertical, infinit de lung, care trece printr-un strat omogen, izotrop și permeabil pe toată grosimea sa. Acest strat este un strat acvifer de grosime  $H$  (fig. 4.33). Se mai presupune că afluxul de apă de către drenul vertical se realizează din ambele părți de o sursă de alimentare infinit de lungă de înălțime  $H$ .



**Fig. 4.33.** Schema de calcul al unui dren perfect cu nivel liber al apei freatice

Odată cu atingerea regimului staționar al apei către dren, se poate admite că aceeași cantitate de apă  $Q$  se scurge prin orice secțiune verticală, aflată în domeniul de influență al drenului. Se consideră, de asemenea, că gradientul hidrolic  $i$  pentru un interval de pe linia de curent este egal cu panta curbei pentru intervalul considerat. În această situație, cantitatea de apă ce trece prin



elementul infinitesimal de grosime  $dx$  pe o lungime unitară de dren este dată de relația:

$$q = A \cdot v = 2 \cdot z \cdot k \cdot i \quad (4.27)$$

dar

$$i = \frac{dz}{dx} \quad (4.28)$$

În acest caz, cantitatea de apă ce se scurge spre dren este dată de relația:

$$q = 2 \cdot k \cdot z \cdot \frac{dz}{dx} \quad (4.29)$$

Făcând separarea variabilelor se obține o ecuație diferențială din a cărei integrare, ținând seama de condițiile de margine, adică  $x = R; z = H$ , respectiv  $x = 0; z = h$  rezultă:

$$H^2 = \frac{q \cdot x}{k} + h^2 \quad (4.30)$$

respectiv:

$$q = \frac{k}{R} (H^2 - h^2) \quad (4.31)$$

sau:

$$H^2 = \frac{x}{R} (H^2 - h^2) + h^2 \quad (4.32)$$

respectiv:

$$H^2 - h^2 = \frac{q}{k} (R - x) \quad (4.33)$$

În activitatea de proiectare interesează înălțimea coloanei de apă în dren ( $h_0$ ) corespunzătoare suprafeței active a drenului, deci relația 4.31 devine:

$$q = \frac{k}{R} (H^2 - h_0^2) \quad [\text{cm}^3/\text{s}] \quad (4.34)$$

în care:

$q$  este cantitatea de apă colectată pe unitatea de lungime în unitatea de timp, în  $\text{cm}^3/\text{s}$ ;

$k$  - coeficient de permeabilitate, în  $\text{cm}/\text{s}$ ;

$H$  - grosimea stratului acvifer, în  $\text{cm}$ ;

$R$  - raza de influență a drenului, în  $\text{cm}$ .

Raza de influență se calculează cu relația:

$$R = c(H - h)\sqrt{k} \quad [\text{m}] \quad (4.35)$$

în care:

$c = 1,5 \dots 2$  este un coeficient adimensional;

$h$  - înălțimea totală a apei în dren, compusă din:

$$h = h_0 + h_i \quad (4.36)$$

Înălțimea apei corespunzătoare rezistenței drenului la infiltrarea apei în dren ( $h_i$ ) se stabilește cu ajutorul diagramelor din fig. 4.34. în funcție de valorile rapoartelor  $h_0/H$  și  $R/H$ . În cazul evacuării rapide a apei din dren sau al unor infiltrații reduse ( $h_0 = 0$ ), rezultând că  $h = h_i$ .

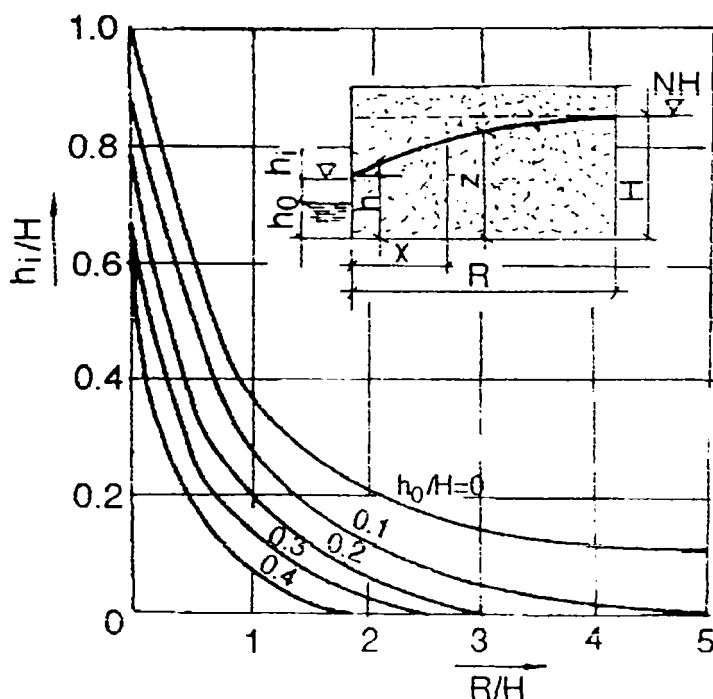


Fig. 4.34. Diagrame de calcul.

În cazul unui strat acvifer sub presiune - stratul acvifer, având grosimea  $h_a$ , este acoperit de un strat impermeabil (fig. 4.35), iar curentul de apă se află sub presiune. În acest caz, pe unitatea de lungime se scurge către dren cantitatea de apă:

$$q = A \cdot v = k_i \cdot h_a \quad (4.37)$$

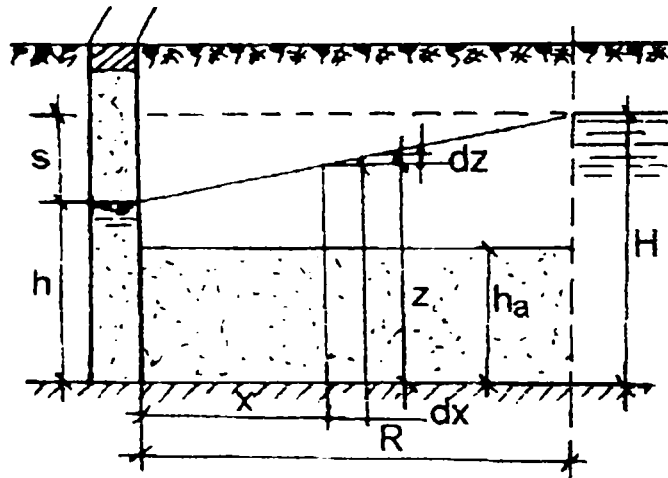
$$q = k \cdot \frac{dz}{dx} \cdot h_a \quad (4.38)$$

Făcând separarea variabilelor și integrarea relației se obține expresia:

$$z = \frac{q \cdot x}{k \cdot h_a} + C \quad (4.39)$$

Punând condițiile de margine  $x = 0$ ;  $z = h$  rezultă valoarea constantei  $C = h$  respectiv:

$$z = \frac{q \cdot x}{k \cdot h_a} + h \quad (4.40)$$



**Fig. 4.35.** Schema de calcul a unui dren perfect cu strat acvifer sub presiune

Afluxul de apă, calculat dintr-o singură parte rezultă din relația:

$$q = \frac{k \cdot h_a}{R} (H - h) \quad [\text{cm}^3/\text{s}] \quad (4.41)$$

iar denivelarea rezultă din relația:

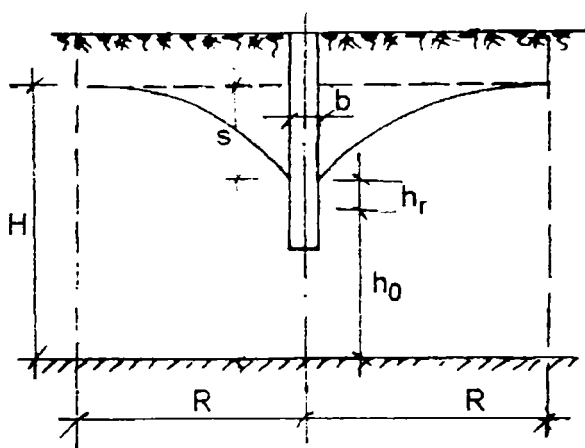
$$S_i = H - z = \frac{q}{k \cdot h_a} (R - x) \quad (4.42)$$

în dreptul drenului rezultă:

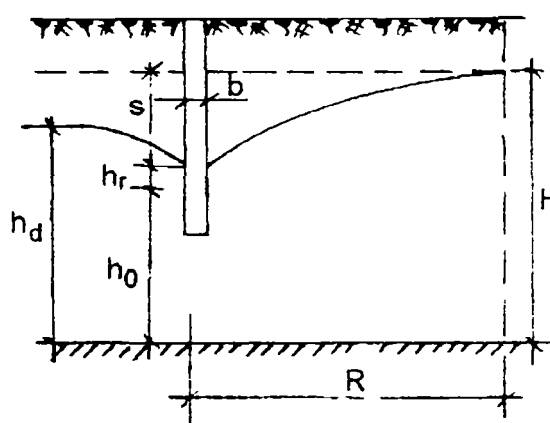
$$S_{\max} = H - h = \frac{q}{k \cdot h_a} R \quad (4.43)$$

Dacă stratul impermeabil pe care este cantonat stratul acvifer este la adâncime mare, devine total neeconomic să ducem drenul până la acest strat pentru a obține un dren perfect. În această situație, vom apela la drenuri imperfecte, pentru care cantitatea de apă colectată printr-un curent gravitațional (fig. 4.37) se poate determina, după Chapman, cu relația:

$$q = \left( 0.73 + 0.27 \frac{H - h_0}{H} \right) \frac{k}{2R} (H^2 - h_0^2) \quad (4.44)$$



**Fig. 4.36.** Schema de calcul a unui dren imperfect alimentat din ambele părți.



**Fig. 4.37.** Schema de calcul a unui dren imperfect alimentat dintr-o singură parte.

Dacă drenul este alimentat cu apă numai dintr-o singură direcție, atunci nivelul apei subterane din partea cealaltă ajunge până la un nivel  $h_d$  ce se poate calcula după relația:

$$h_d = h_0 \left[ \frac{1.48}{R} (H - h_0) + 1 \right] \quad (4.45)$$

Ambele relații de calcul dau rezultate bune pentru raportul  $R/H \geq 3$ .

În cazul unui curent de apă ce alimentează drenul din ambele părți (fig. 4.36) cantitatea de apă colectată prin dren va fi dublă față de cazul precedent, adică:

$$q = 2 \left( 0,73 + 0,27 \frac{H - h_0}{H} \right) \frac{k}{2R} (H^2 - h_0^2) \quad (4.46)$$

Dacă pentru scăderea nivelului apelor freatice se preconizează a se realiza cu drenuri verticale paralele (fig. 4.38), atunci se pot utiliza cu succes relațiile de calcul empirice propuse de Chapman. În acest caz, interesează în mod special denivelarea  $s$  de la mijlocul distanței dintre cele două drenuri verticale paralele realizate ca drenuri imperfecte, adică:

$s = H - h_d$ , în care  $h_d$  are următoarea expresie:

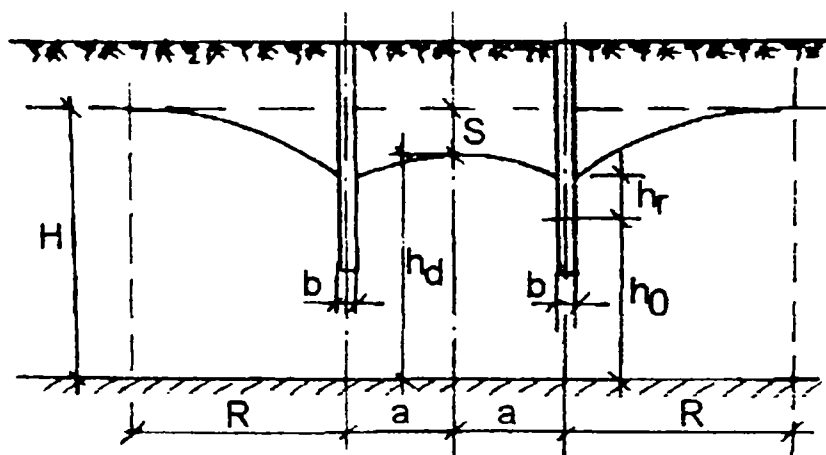
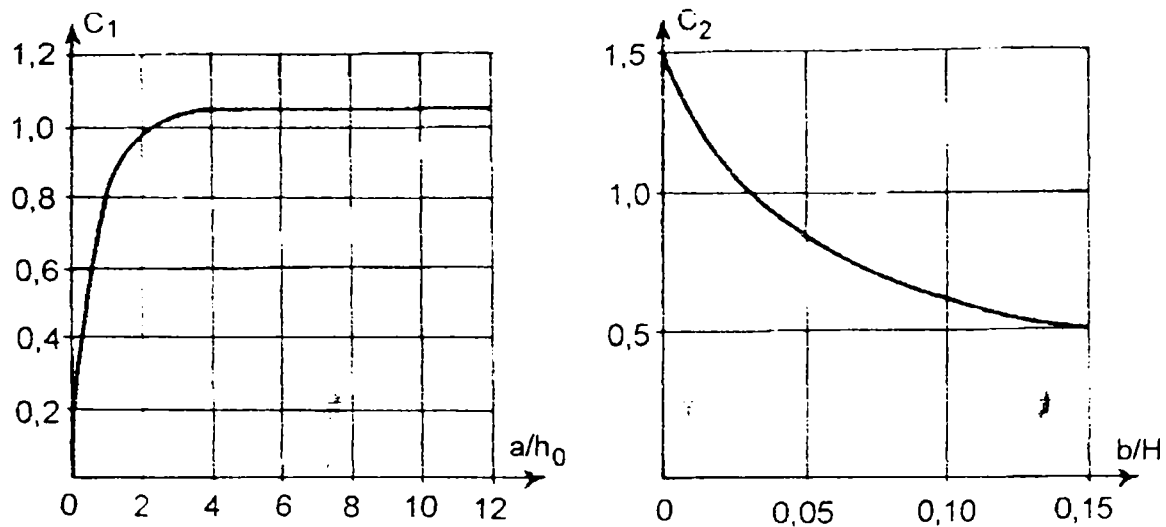


Fig. 4.38. Schemă de calcul a două drenuri paralele

$$h_d = h_0 \left[ \frac{C_1 C_2}{R} (H - h_0) + 1 \right] \quad (4.47)$$

unde coeficienții  $C_1$  și  $C_2$  rezultă din diagramele din fig. 4.39.



*Fig. 4.39. Diagrame de calcul a coeficienților  $C_1$  și  $C_2$ .*

Cu ajutorul relațiilor prezentate anterior pot fi rezolvate unele din problemele practice. În general, se pune problema rezolvării a trei aspecte principale și anume:

- cantitatea de apă ce trebuie evacuată pentru a obține o anumită denivelare a pânzei freatice;
- adâncimea la care trebuie plasată rigola drenului pentru a obține o denivelare dorită;
- distanța față de axa drumului la care trebuie plasate drenurile când denivelarea pânzei freatice este impusă;

Problema scăderii nivelului apei freatice din zona activă a căilor de comunicație este o problemă foarte importantă, rezolvarea ei din punct de vedere teoretic și practic trebuie să se facă întotdeauna fiind în cunoștință de cauză de condițiile reale de teren.

De asemenea, rezolvarea aspectelor tehnice trebuie realizată la parametri eficienți din punct de vedere tehnico-economic, respectiv este necesar să se urmărească aspectele legate de productivitatea muncii.

#### 4.2.7. Aplicații ale calculului drenurilor

##### Cazul unui dren perfect

Să se calculeze cantitatea de apă ( $q$ ) colectată de un dren perfect cu nivel liber (fig. 4.33) precum și denivelarea ( $s$ ) realizată în dreptul drenului cunoscând:

- lungimea drenului,  $L = 100\text{m}$ ;
- înălțimea apei în dren,  $h_0 = 0,10\text{m}$ ;
- grosimea stratului acvifer,  $H=4,0\text{m}$ ;
- natura terenului străbătut de curentul de apă: praf argilos ( $k=2\times 10^{-4}\text{ cm/s}$ ).

Cantitatea de apă colectată în unitatea de timp și pe unitatea de lungime de dren cu alimentare din ambele părți se calculează cu relația 4.34.

Pentru raza de influență se poate impune, în primă aproximație, valoarea  $R = 10\text{m}$ .

Înlocuind valorile din enunț în relația 4.34 obținem cantitatea de apă colectată pe unitatea de lungime (1 cm) și în unitatea de timp:

$$q = \frac{2 \times 10^{-4}}{1000} (400^2 - 10^2) = 0,032 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Pentru lungimea totală a drenului de 100 m se obține:

$$Q = 0,032 \times 10\,000 = 320 \text{ cm}^3/\text{s} = 0,32 \text{ L/s}$$

Pentru calculul denivelării produse în dreptul drenului se calculează înălțimea  $h = h_0 + h_i$ .

În acest scop, calculăm rapoartele  $R/H=10/4=2,5$  și  $h_0/H=0,1/4=0,025$ , cu ajutorul cărora obținem din diagramele din figura 4.34 raportul  $h_i/H=0,13$ .

Rezultă:

$$h_i = 400 \times 0,13 = 52 \text{ cm}$$

iar înălțimea coloanei de apă în dreptul drenului va fi:

$$h = h_0 + h_i = 10 + 52 = 62 \text{ cm}$$

Denivelarea realizată cu ajutorul drenului va fi:

$$S_{\max} = H - h = 4,00 - 0,62 = 3,38 \text{ m}$$

Pentru verificarea calculului efectuat se determină mărimea razei de influență cu ajutorul relației 4.35.

$$R = C(H - h)\sqrt{k} = 2,0(400 - 62)\sqrt{2 \times 10^{-4}} = 9,56 \text{ m}$$

Valoarea obținută atestă că aprecierea razei de influență (de 10 m) a fost bine făcută.

### **Cazul unui dren imperfect**

Să se stabilească adâncimea unui dren imperfect, în lungime de 100 m, alimentat dintr-o singură parte (fig. 4.37) precum și cantitatea de apă colectată și evacuată de acesta cunoscând:

- adâncimea pânzei de apă, măsurată de la nivelul terenului,  $h_1 = 0,50 \text{ m}$ ;
- grosimea stratului acvifer,  $H = 8,0 \text{ m}$ ;
- coeficientul de permeabilitate a pământului străbătut de curentul de apă  $k = 10^{-3} \text{ cm/s}$ ;
- denivelarea pânzei de apă, în partea opusă direcției de alimentare a drenului,  $s = 3,0 \text{ m}$ .

#### Stabilirea înălțimii apei în secțiunea drenului ( $h_0$ )

Înălțimea pânzei de apă în partea opusă direcției de alimentare a drenului ( $h_d$ ) va fi:

$$h_d = H - s = 8,0 - 3,0 = 5,0 \text{ m}$$

Înlocuind valorile cunoscute în relația 4.45 vom obține o ecuație de gradul II în  $h_0$ :

$$5,00 = h_0 \left[ \frac{1,48}{25,00} (8 - h_0) + 1 \right]$$

$$h_0^2 - 2,49 \cdot h_0 + 84,4 = 0$$

Prin rezolvarea ecuației obținem înălțimea apei în dren,  $h_0 = 4,05 \text{ m}$ .

#### Stabilirea adâncimii drenului

Admitem în primă aproximație raza de influență a drenului  $R = 25,0 \text{ m}$ .



Cu ajutorul rapoartelor  $R/H = 25/8 = 3.12$  și  $h_0/H = 4,05/8,00 \approx 0,5$ , din diagramele din fig. 4.34 rezultă  $h_1/H=0$ . Deci, înălțimea de infiltrație a apei în dren  $h_1 = 0$ . În consecință,  $h = h_0 = 4,05$  m.

Denivelarea pânzei de apă în dreptul drenului va fi:

$$s_{\max} = H - h = 8,00 - 4,05 = 3,95 \text{ m}$$

Admitem înălțimea rigolei drenului de 10 cm și prin urmare adâncimea drenului va fi:

$$H_{\text{dren}} = h_1 + s_{\max} + 0,10 = 0,50 + 3,95 + 0,10 = 4,65 \text{ m}$$

#### Stabilirea cantității de apă colectată de dren

În condițiile date, pentru un dren imperfect având adâncimea de 4,65 m, cantitatea de apă colectată pe o lungime de 1 cm în unitatea de timp se determină cu relația 4.44:

$$q = \left( 0,73 + 0,27 \frac{800 - 405}{800} \right) \frac{10^{-3}}{2 \times 2500} (800^2 - 405^2) = 0,082 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Pentru lungimea drenului de 100 m, cantitatea de apă captată în unitatea de timp va fi:

$$Q = 0,082 \times 10000 = 820 \text{ cm}^3/\text{s} = 0,82 \text{ L/s}$$

Pentru verificare se calculează raza de influență cu ajutorul relației:

$$R = 2(800 - 405)\sqrt{10^{-3}} = 24,98 \text{ m} \approx 25 \text{ m}$$

#### **Cazul a două drenuri imperfecte, longitudinale**

Să se stabilească adâncimea a două drenuri paralele longitudinale, imperfecte (fig. 4.38) precum și cantitatea de apă colectată cunoscând următoarele:

- adâncimea pânzei de apă, măsurată la nivelul terenului,  $h_1 = 0,50$  m;
- lungimea drenurilor,  $L = 100$  m;
- grosimea stratului acvifer,  $H = 6,0$  m;
- lățimea drenului,  $b = 0,30$  m;
- semidistanța dintre cele două drenuri,  $a = 6,0$  m;

- coeficientul de permeabilitate al pământului străbătut de curentul de apă  $k = 3 \cdot 10^{-3}$  cm/s;
- denivelarea pânzei de apă la mijlocul distanței dintre cele două drenuri,  $s = 2,0$  m.

### Stabilirea adâncimii apei în dreptul drenului ( $h_0$ )

Admitem, în primă aproximație, următoarele valori pentru:

- raza de influență,  $R = 25,00$  m;
- adâncimea apei în dreptul drenului,  $h_0 = 3,0$  m;

Cu ajutorul rapoartelor  $a/h_0 = 6,0/3,0 = 2,0$  și  $b/H = 0,30/6,0 = 0,05$ , din diagramele din fig. 4.39 rezultă  $C_1 = 0,97$  și  $C_2 = 0,80$ .

Înălțimea stratului de apă la mijlocul distanței dintre cele două drenuri ( $h_d$ ) va fi:

$$h_d = H - s = 6,0 - 2,0 = 4,0 \text{ m}$$

Adâncimea apei în dreptul drenului ( $h_0$ ) se calculează cu ajutorul relației 4.45 în care se înlocuiesc valorile cunoscute:

$$4,00 = h_0 \left[ \frac{0,97 \cdot 0,80}{25,00} (6,0 - h_0) + 1 \right]$$

Se obține o ecuație de gradul II în  $h_0$ :

$$h_0^2 - 38,22h_0 + 128,87 = 0$$

Prin rezolvarea acestei ecuații rezultă  $h_0 = 3,73$  m.

Admitem  $h_0 = 3,75$  m.

Recalculăm raportul  $a/h_0 = 6,00/3,75 = 1,6$  și din fig. 4.39 rezultă  $C_1 = 0,93$ .

Revenind în relația 4.45 rezultă ecuația de gradul II:

$$h_0^2 - 39,60h_0 + 134,40 = 0$$

Soluția acestei ecuații este  $h_0 = 3,75$  m. Rezultă că valoarea  $h_0 = 3,75$  m a fost bine admisă.

### Stabilirea adâncimii drenului

Cu ajutorul rapoartelor  $R/H = 25,0/6,0 \approx 4,17$  și  $h_0/H = 3,75/6,00 \approx 0,62$ , din diagramele din fig. 4.34 rezultă  $h_1/H = 0$ . Deci, înălțimea de infiltrație a apei în dren  $h_1 = 0$ . În consecință  $h = h_0 = 3,75$  m.

Denivelarea pânzei de apă în dreptul drenului va fi:

$$s_{\max} = H - h = 6,0 - 3,75 = 2,25 \text{ m}$$

Admitem înălțimea rigolei drenului de 10 cm și prin urmare adâncimea drenului va fi:

$$H_{\text{dren}} = h_1 + s_{\max} + 0,10 = 0,50 + 2,25 + 0,10 = 2,85 \text{ m}$$

### Stabilirea cantității de apă colectată de dren

Cantitatea de apă colectată de către dren, pe unitatea de lungime (1 cm) și în unitatea de timp se face cu relația 4.46:

$$q = \left( 0,73 + 0,27 \frac{600 - 375}{600} \right) \cdot \frac{3 \times 10^{-3}}{2500} \cdot (600^2 - 375^2) = 0,223 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Pentru lungimea drenului de 100 m, cantitatea de apă captată în unitatea de timp va fi:

$$Q = 0,223 \times 10000 = 2230 \text{ cm}^3/\text{s} = 2,23 \text{ L/s}$$

Pentru verificare, se calculează raza de influență cu ajutorul relației 4.35:

$$R = 2 \cdot (600 - 375) \cdot \sqrt{3 \cdot 10^{-3}} = 24,65 \text{ m}$$

Valoarea obținută confirmă că valoarea admisă inițial în calcule a fost bine apreciată.

### **4.2.8. Drenuri înguste de acostament**

Studiile recente asupra circulației apei subterane și a structurilor rutiere au demonstrat o nouă importanță a asanării drumurilor și în special importanța drenajului. Printre altele, s-a putut evidenția că:

- acostamentele au un rol important în infiltrarea apelor în complexul rutier;
- șanțurile nu asigură în general drenajul;

- apa circulă și se acumulează la interfața dintre straturi și în special între structura rutieră și pământ.

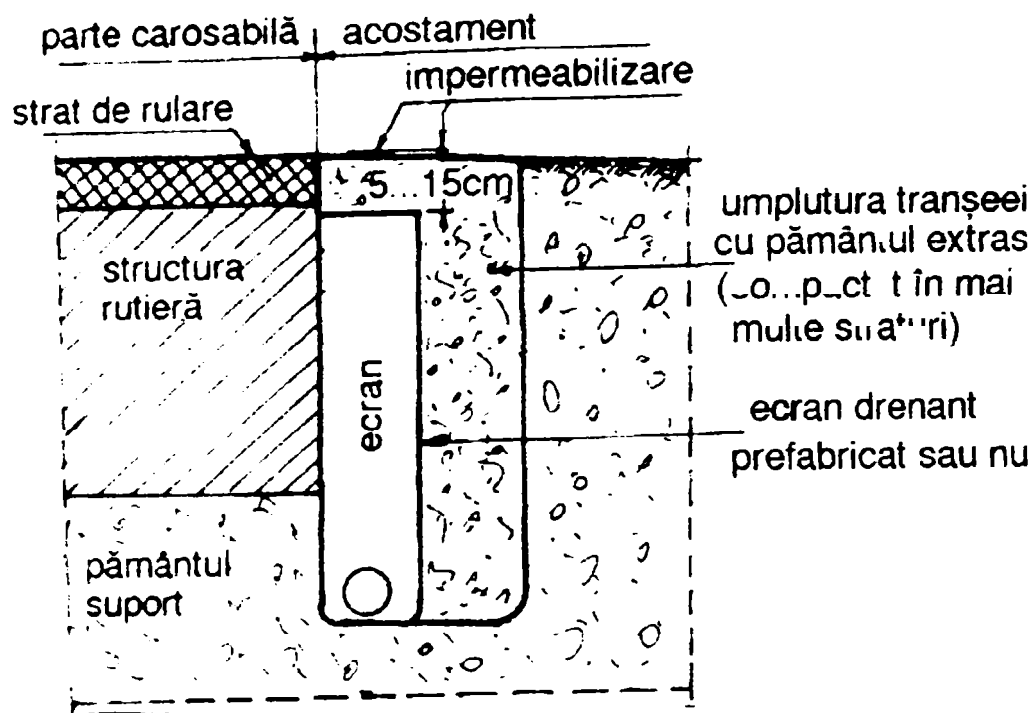
Pe baza acestor observații și din nevoia de a asigura un bun drenaj al apei, acolo unde ea se găsește și mai ales pentru evacuarea rapidă a apei din patul drumului din perioada de dezgheț a rezultat necesitatea drenurilor înguste de acostament cunoscute și sub denumirea de **ecrane drenante de margine** [92].

Drenurile înguste de acostament sunt dispozitive de drenare verticale, continue, amplasate la marginea structurii rutiere și care îndeplinesc două funcții esențiale:

- constituie o soluție de drenare foarte eficientă pentru că sunt situate foarte aproape de structura rutieră. Permit fie captarea apelor subterane circulante, fie apele de infiltrare ce străbat structura rutieră sau cele rezultate prin dezgheț;
- izolează structura rutieră de curentul de apă laterală și limitează astfel variațiile hidraulice a patului suport.

Deci aceste drenuri protejează structura rutieră de efectele nefaste ale apelor care produc deformații datorate scăderii capacității portante a pământului. Asigurând etanșeitarea structurii rutiere, drenul îngust de acostament constituie o soluție relativ mai ieftină care plasează structura în afara barierei de dezgheț.

Drenurile înguste de acostament (fig. 4.40.) au fost astfel concepute pentru a asigura o punere în operă automatizată, condiție indispensabilă pentru o pozare corectă, o diminuare a cheltuielilor, o reducere a duratei de execuție (din considerente imperative de securitate și de stânjenire a utilizatorilor).



**Fig. 4.40. Dren îngust de acostament**

### **Tipuri de drenuri înguste de acostament realizate pe plan mondial**

În Franța, drenurile înguste de acostament [88], cunoscute sub denumirea de ecrane de margine, au fost studiate și puse la punct pentru drumuri cu trafic mijlociu și ușor cu structuri rutiere suple. Întrădevăr, acestea sunt mai sensibile la drenarea stratului suport care constituie în general esența capacității portante a structurii rutiere. Interesul pentru ecranele de margine sporește deci cu condițiile generale de asanare defavorabile: acostamente largi, rambleuri înalte deformabile, îmbrăcăminte permeabilă, structură rutieră deformabilă, zone de acumulare, profiluri transversale orizontale, etc.

În particular, drenarea drumurilor în profil transversal mixt este interesantă pentru că adesea există:

- scurgerea apei din amonte;
- lipsa spațiului pentru dispozitivele de asanare de suprafață.

Ecranele drenante de margine permit realizarea de economii de materiale drenante, o reducere substanțială a costurilor și o viteză de lucru compatibilă cu ritmul de lucru al șantierelor de drumuri sau autostrăzi.

Adâncimea de pozare recomandată este de aproximativ 20 cm sub structura rutieră, puțin mai mult pentru ecranele cu canal colector etanș, pentru că ele nu drenează decât până la partea superioară a etanșeității. Experiența drenurilor agricole arată de altfel cum canalul colector al ecranului (sau al drenului) nu este indispensabil pentru că semnificativ este faptul că apa curge pe la baza drenului.

Diferitele procedee actuale de realizare a ecranelor de margine, puse la punct din punct de vedere tehnologic, pot fi împărțite în două categorii:

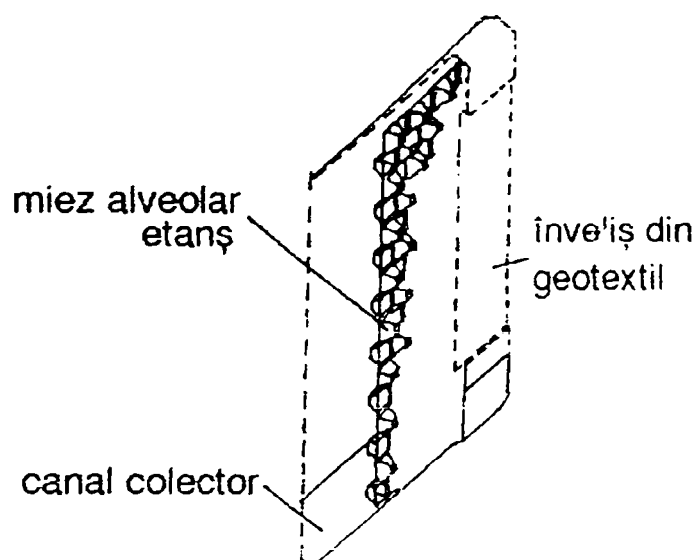
- ecrane prefabricate;
- ecrane realizate la fața locului.

Datorită avantajelor tehnico-economice și tehnologice pe care le prezintă, ecranele prefabricate sunt cele mai frecvent utilizate. În principal, acestea permit o industrializare a fabricării și în același timp o punere în operă automatizată.

Tipurile de ecrane prefabricate, de margine, ce vor fi prezentate în continuare sunt: STABIDREN, HYDRAWAY și DRENCOTEX.

**STABIDRENUL** este un ecran prefabricat produs de Societatea Wavin și este preferat pentru asanarea drumurilor existente cu structură rutieră suplă.

Este constituit (fig. 4.41.) dintr-un miez alveolar etanș, în profile “tip cutie de ouă” cu o înălțime dată de golul realizat în propilena de mare densitate.



**Fig. 4.41.** Ecran prefabricat STABILDREN.

Această structură flexibilă este învelită de un filtru geotextil ce poate fi etanș în zona ce înconjoară baza produsului. Dispozitivul permite obținerea unui canal colector de evacuare a apelor de scurgere și deci de a reuni într-un singur dispozitiv funcțiunile drenului, de ecranare și evacuare. Miezul și învelișul sunt solidarizate printr-un procedeu de lipire la cald.

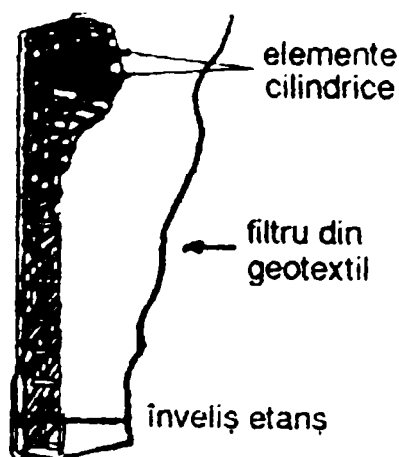
Dimensiunile uzuale ale ecranului prefabricat sunt:

- înălțime: 30, 50 și 70 cm;
- grosime: 20 și 40 mm.

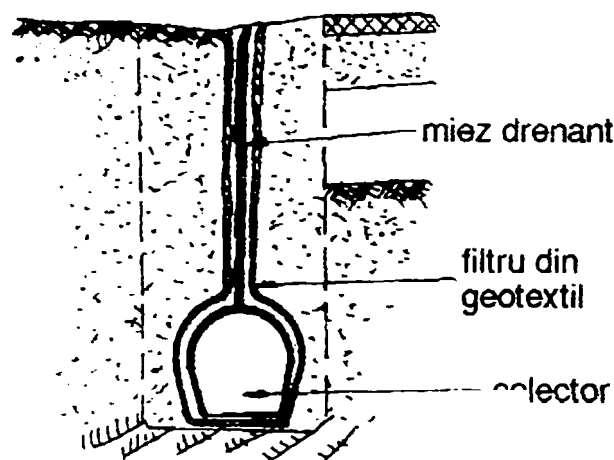
Realizarea canalului colector, în modul prezentat mai sus, asigură o facilitare a manipulărilor și un sistem de evacuare orientat.

Ecranul prefabricat **HYDRAWAY** este produs de Societatea Monsanto. Este utilizat pentru asanarea drumurilor existente cu structură rutieră suplă și pentru drenarea acostamentelor drumurilor cu structuri rutiere din beton.

Este format dintr-un miez de propilenă cu o densitate mare, realizat din cilindri solidarizați pe de-o parte și este învelit într-un geotextil țesut (fig. 4.42.).



*Fig. 4.42. Ecran prefabricat HYDRAWAY.*



*Fig. 4.43. Ecran prefabricat DRENCONTEX.*

Geotextilul este fixat în mod continuu pe miezul drenant. Prin etanșarea produsului, la bază, se realizează canalul colector pentru evacuarea apelor colectate. Acest produs se caracterizează prin rezistența în general bună (în special la compresiune) și o panoplie completă a accesoriilor speciale, bine adaptate (racorduri, ieșirea în T, acoperișuri terminale, etc.), caracteristici ce facilitează punerea în operă.

Dimensiunile uzuale sunt:

- înălțime: 30, 45, 60 și 90 cm;
- grosime: 25 mm.

**DRENCOTEX**-ul este un ecran prefabricat produs de Societatea Afratex. Este preferat pentru asanarea drumurilor noi, unde poate fi amplasat avantajos, utilizând tehnica clasică a tranșeei drenante. Este alcătuit (fig. 4.43.) dintr-un miez drenant din geotextil. Geotextilul este realizat din fibre scurte țesute, înglobate în propilenă.

Miezul colector este asociat cu un colector protejat de filtru geotextil. Acest tip de ecran prefabricat prezintă avantajul căci colectorul poate fi adaptat condițiilor de teren (folosirea colectoarelor cu diferite diametre) și cu posibilități de curățire ulterioare. Suplețea miezului drenant asigură ușurința punerii în operă, la marginea structurii rutiere, într-o tranșee care trebuie să fie compactată.

Dimensiunile uzuale ale ecranului sunt:

- înălțimea variabilă: 0,20 ... 5,50 m;
- grosime variabilă: 40 ... 250 mm.

Ecranele drenante realizate la fața locului necesită produse prefabricate care sunt asamblate pe șantier. Punerea în operă este adaptată caracteristicilor proprii ale șantierului (structura rutieră, pământ). Dintre procedeele de realizare a ecranelor drenante la fața locului, procedeul **SECODREN** este unul din cele mai eficiente. Elementele constituente ale ecranului drenant SECODREN sunt realizate de societatea Fournier Drainage.

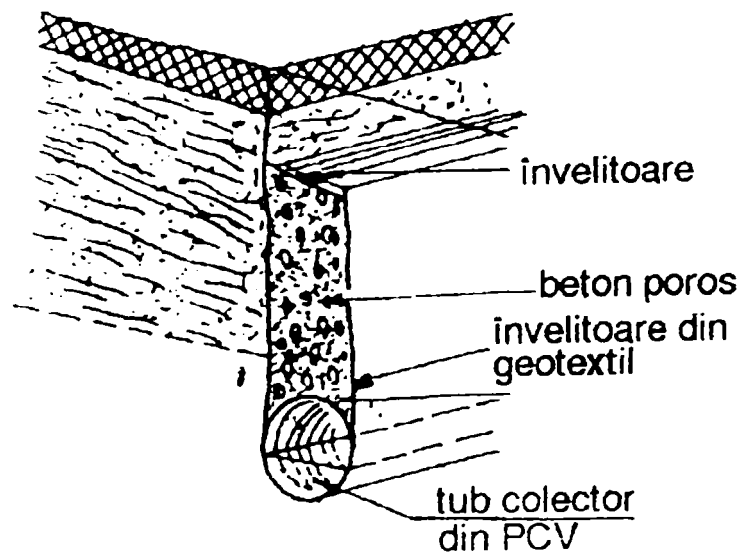
Ecranul SECODREN (fig. 4.44.) constă în pozarea într-o tranșee deschisă a unei învelitori din geotextil și un tub colector din PVC.

Umplutura este realizată dintr-un beton poros sau din pietriș și este închisă cu ajutorul unor învelitori din geotextil.

Dimensiunile uzuale ale ecranului SECODREN sunt:

- înălțime: 50, 70 și 90 cm;
- grosime: 15 ... 25 cm (în funcție de adâncime).





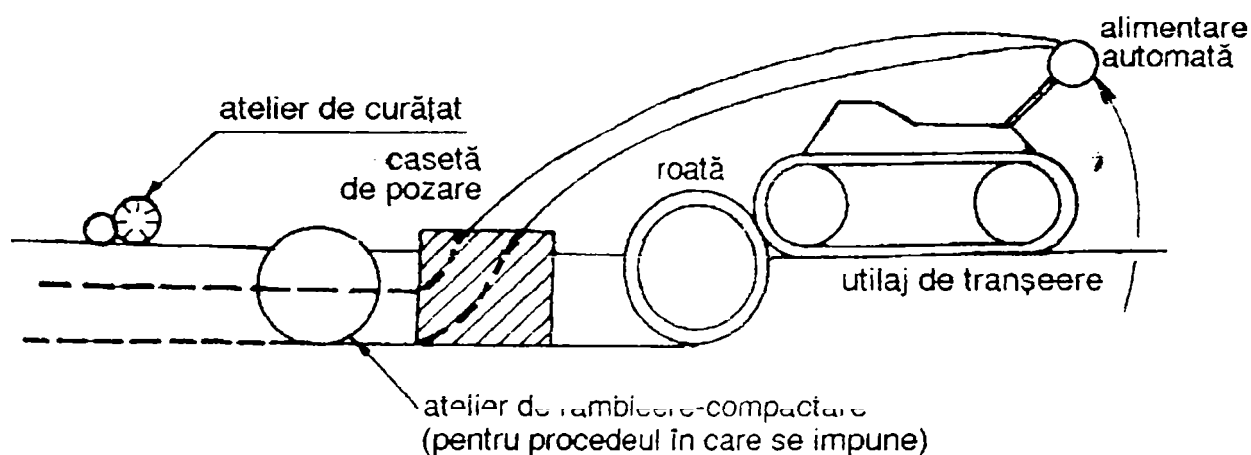
*Fig. 4.44. Ecran drenant SECODREN*

Ecranele drenante SECODREN prezintă următoarele avantaje:

- umplutura ecranului, realizată din beton poros, încadrează și protejează straturile structurii rutiere;
- cu ajutorul unei puneri în operă adaptate, permite de a realiza un suport al stratului de rulare și de a asigura o sporire a lățimii părții carosabile (necesară și utilă în cazul drumurilor cu o lățime redusă);
- reduce riscul de decompactare a structurii rutiere și permite realizarea tranșeelor înguste. Comparativ cu alte tipuri de ecrane, umplutura tranșeei nu se realizează cu pământuri excavate sau cu diferite materiale granulare;
- accesoriile ecranului sunt bine adaptate condițiilor de pozare și de întreținere;
- ghidarea pozării prin laser asigură colectarea unui fir de apă uniform similar cu ecranele cu înclinări reduse.

Ecranele drenante SECODREN sunt preferate pentru asanarea drumurilor existente cu structuri rutiere suple. Tehnologia prezintă avantaje și pentru realizarea tranșeelor drenante clasice prefabricate pentru autostrăzi și drumuri de interes național sau local.

Execuția ecranelor drenante de margine se face automatizat, cu ajutorul unor utilaje speciale. Părțile speciale ale unui astfel de utilaj sunt prezentate în figura 4.45.



**Fig. 4.45.** Utilaj pentru execuția ecranelor drenante

Tehnologia de realizare a ecranelor drenante de margine cuprinde următoarele operații principale:

- săparea unei tranșee înguste în acostament, la marginea imediată a părții carosabile, cu ajutorul unui utilaj de tranșeere cu roată;
- pozarea ecranului, lipit de structura rutieră, imediat în spatele utilajului de tranșeere, cu ajutorul unei casete de pozare;
- rambleerea și compactarea pentru ecranele prefabricate. Această operație evită decompactarea la marginea structurii rutiere;
- impermeabilizarea suprafeței tranșeei fie prin noul strat al suprafeței de rulare fie cu alte soluții adecvate.

Asigurarea unei bune funcționări a ecranului drenant pentru toată durata de exploatare proiectată, depinde foarte mult de modul de punere în operă a elementelor drenante. Aceasta trebuie realizată cu grijă pentru a asigura o bună funcționare ulterioară. În plus ecranul drenant este amplasat într-o zonă mai sensibilă la marginea structurii rutiere. Trebuie deci ca la execuția lucrărilor să se urmărească:

- asigurarea pantelor corespunzătoare scurgerii apelor colectate. Contrapantele sunt deosebit de periculoase;

- realizarea unei excelente compactări a umpluturii (pentru tehnologiile pentru care se impune aceasta).

Compactarea umpluturii trebuie să se realizeze în mai multe straturi pentru a evita deranjarea pământului la marginea structurii rutiere. Această compactare, absolut obligatorie, necesită o tranșee de o anumită lățime (egală cu lățimea compactorului). Realizarea acestei lățimi este de multe ori influențată de condițiile concrete de pe șantier (calitatea pământurilor, condițiile meteorologice). Este deci foarte important cum este adoptat procedeul de compactare eficient și rapid. În acest sens este preferată roata compactorului de tranșee înguste d'Albaret:

- evacuarea regulată a apelor din dren către exterior. Aceste ieșiri (în general într-o groapă) trebuie să se amenajeze cu un capăt din beton care să permită o adaptare ușoară la teren. Tubul de capăt nu trebuie să fie ieșit prea mult în afară (ridică probleme la întreținerea zonei prin cosire). Pentru zonele foarte plate, este bine să se facă în prealabil un studiu detaliat al posibilităților de evacuare;
- evitarea amplasării ecranelor sau luarea unor măsuri corespunzătoare acolo unde în acostament există unele dotări subterane (cabluri telefonice, conducte de apă, electricitate, gaze, etc.). În același context se vor trata și bransamentele care traversează drumul.

#### **4.2.9. Sectoare experimentale de drenuri înguste de acostament**

Pentru a dovedi eficiența drenurilor înguste de acostament, catedra de drumuri și fundații a Facultății de Construcții din Timișoara a proiectat și experimentat patru tipuri de drenuri înguste, în baza unui contract de cercetare încheiat cu INCERTRANS București [107]. Cu această ocazie, cu sprijinul SUGT Timișoara și DRDP Timișoara a fost proiectat, executat, experimentat și omologat un echipament de realizat drenuri înguste (ERDI), dotat cu cupă specială, îngustă.

Sectorul experimental cu cele patru tipuri de drenuri este amplasat pe DN 59B Foieni – Cruceni – Deta, km 49 + 194 (fig. 4. 46.). Amplasamentul din zonă se caracterizează printr-o zonă joasă de câmpie, situat în imediata apropiere a râului Timiș (situat la o distanță de aproximativ 450 m de albia minoră), cu nivel ridicat al apei freatice. Pe sectorul considerat drumul este realizat în rambleu, având o structură rutieră rigidă, fiind alcătuit dintr-o pietruire existentă (20 cm) și îmbrăcămintea din beton de ciment rutier (18 cm), realizat pe un strat de nisip pilonat de 2 cm grosime.

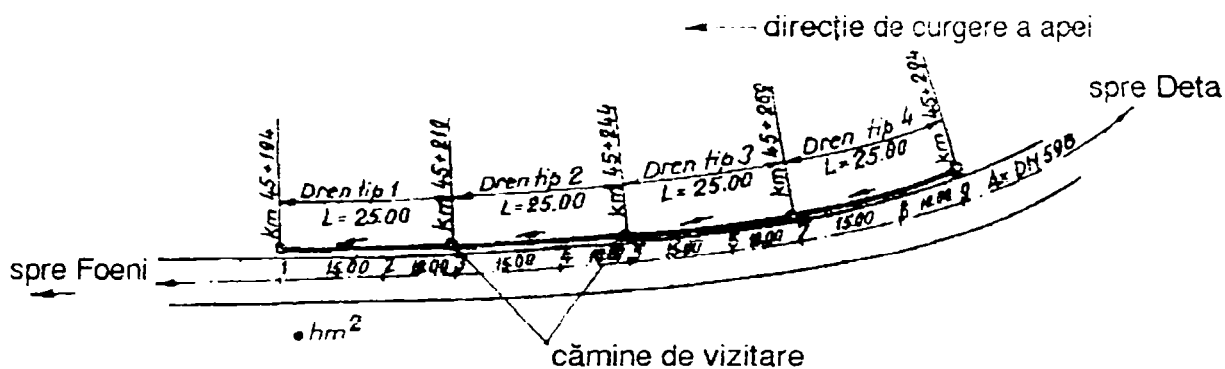


Fig. 4.46. Amplasamentul drenurilor experimentale.

Pământul din stratul suport este constituit dintr-un praf argilos (praf 60 %, nisip 20 % și argilă 20 %); plastic consistent ( $I_c = 0,60$  și  $I_p = 18$ ) cu o umiditate variabilă ( $W = 5 \dots 10 \%$ ), la o adâncime de 1,50 m.

Drenurile înguste au fost realizate în acostamentul de pe partea stângă, într-o tranșee amplasată la o distanță de 30...50 cm de marginea părții carosabile și cu o adâncime de 1,50... 1,75 m.

În fig. 4.47. sunt prezentate cele patru tipuri de drenuri experimentate.

Corpul drenant al acestor drenuri înguste [88] a fost realizat astfel:

- pentru drenul de tip 1 (fig. 4.47.a.), din material granular (2) și filtru din geotextil neimpregnat – NETESIN 400 (1), plasat pe tot perimetrul tranșeei;
- pentru drenul de tip 2 (fig. 4.47.b.), din prefabricat termoformat din mase plastice (4), învelit în filtru de geotextil neimpregnat (1) și umplutură din pământ (5):

- pentru drenul de tip 3 (fig. 4.47.c.), umplutură din pământ excavat (5) și filtru din geotextil impregnat TERASIN 800 (6);
- pentru drenul de tip 4 (fig. 4.47.d.), umplutură din pământ (5) și filtru din geotextil neimpregnat – NETESIN 400 (1).

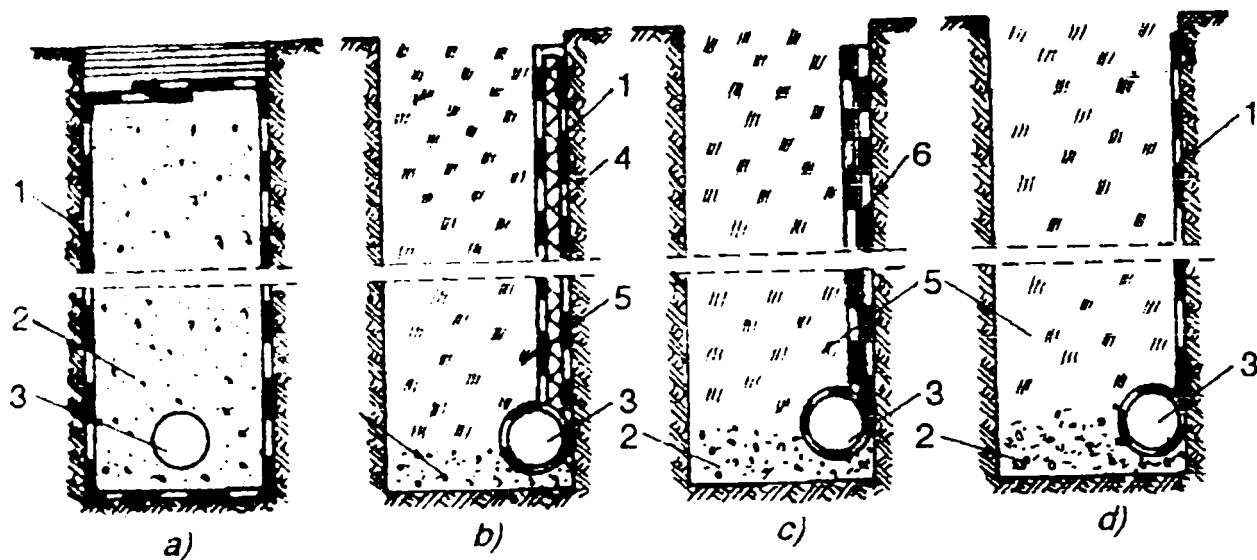


Fig. 4.47. Drenuri înguste de acostament experimentate.

Colectarea apelor din corpul drenant se realizează cu ajutorul unui tub gofrat cu perforații, învelit în filtrul geotextil al drenului și atașat la acesta, la partea inferioară (pentru tipurile de dren 2, 3 și 4). Filtrul geotextil a fost poziționat pe peretele lateral al tranșeei dinspre structura rutieră.

Lungimea tronsoanelor de drenuri înguste este de 25 m.

Tehnologia utilizată [82] [90] pentru realizarea drenurilor înguste de acostament experimentate necesită efectuarea următoarelor operații:

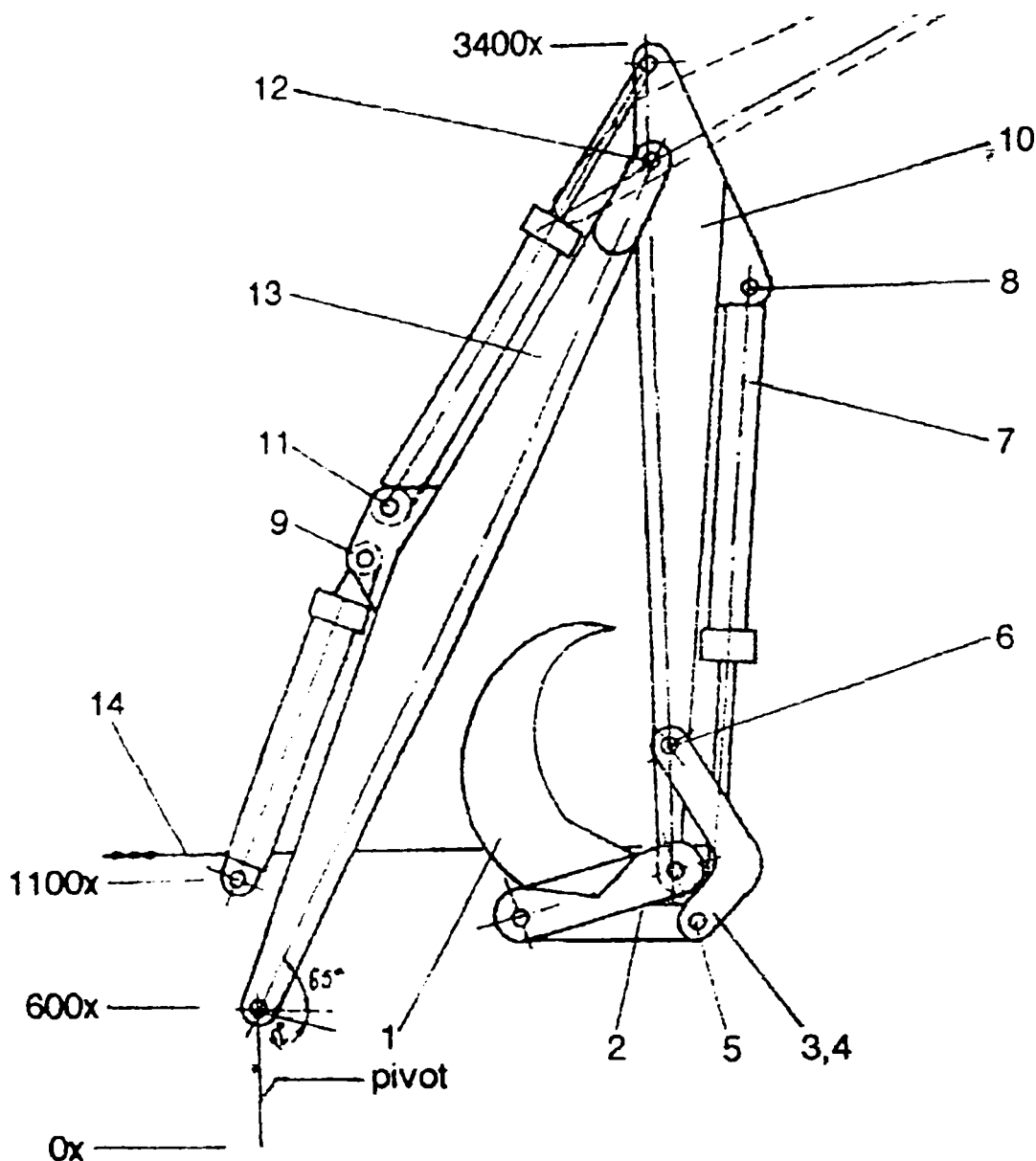
- execuția mecanizată a tranșeei înguste de 25 cm pe o adâncime variabilă de 1,50 – 1,75 m;
- pregătirea corpului drenant și a tubului gofrat ( $\phi$  100 mm):
  - confecționarea prefabricatului termoformat (în cazul drenului de tip 2) și asamblarea prin coasere cu sârmă prin puncte a tronsoanelor cu o lungime totală de 25 m;
  - învelirea prefabricatului cu filtru din geotextil neimpregnat (NETESIN 400) care se prinde prin coasere de prefabricat;

- confecționarea și asamblarea prin coaserea cu sârmă moale a filtrului din geotextil neimpregnat (NETESIN 400 în cazul drenurilor tip 1 și 4) și respectiv din geotextil impregnat (TERASIN 800 în cazul drenurilor tip 3) astfel încât grosimea acestora a rezultat de 2 cm;
  - tronsonarea tubului gofrat în lungimi de 25 m, învelirea acestuia în geotextil, asamblarea și coaserea prin puncte de material filtrant (pentru drenurile tip 2, 3 și 4).
- așternerea manuală a unui strat din balast (2) pe fundul tranșeei în grosime de 15 cm;
  - verificarea pantei realizate a stratului din balast și rectificarea acesteia acolo unde se impune;
  - lansarea panoului prin purtare directă, din filtru geotextil și fixarea acestuia pe pereții și fundul tranșeei și pozarea tubului gofrat (în cazul drenului tip 1);
  - lansarea manuală a tronsoanelor în tranșeea îngustă și suspendarea la cotele prevăzute, pe peretele tranșeei dinspre partea carosabilă, suspendarea realizându-se cu sârmă prinsă de țaruși de inventar plasați la 20 ... 30 cm de muchia tranșeei (pentru drenurile de tip 2, 3 și 4);
  - umplerea cu balast (dren tip 1) sau cu pământ rezultat din excavație (pentru celelalte tipuri) a tranșeei;
  - închiderea cu filtru geotextil - NETESIN 400 a drenului realizat pentru drenul tip 1.

Aspecte din timpul experimentării drenurilor înguste de acostament sunt prezentate în foto 1 ... 6.

Săparea tranșeei înguste a fost realizată mecanizat cu cupă de adâncime specială, din dotarea echipamentului de tip ERDI, ce a fost atașat la lingura inversă a unui excavator pe pneuri, existent în dotarea șantierului din Cruceni.

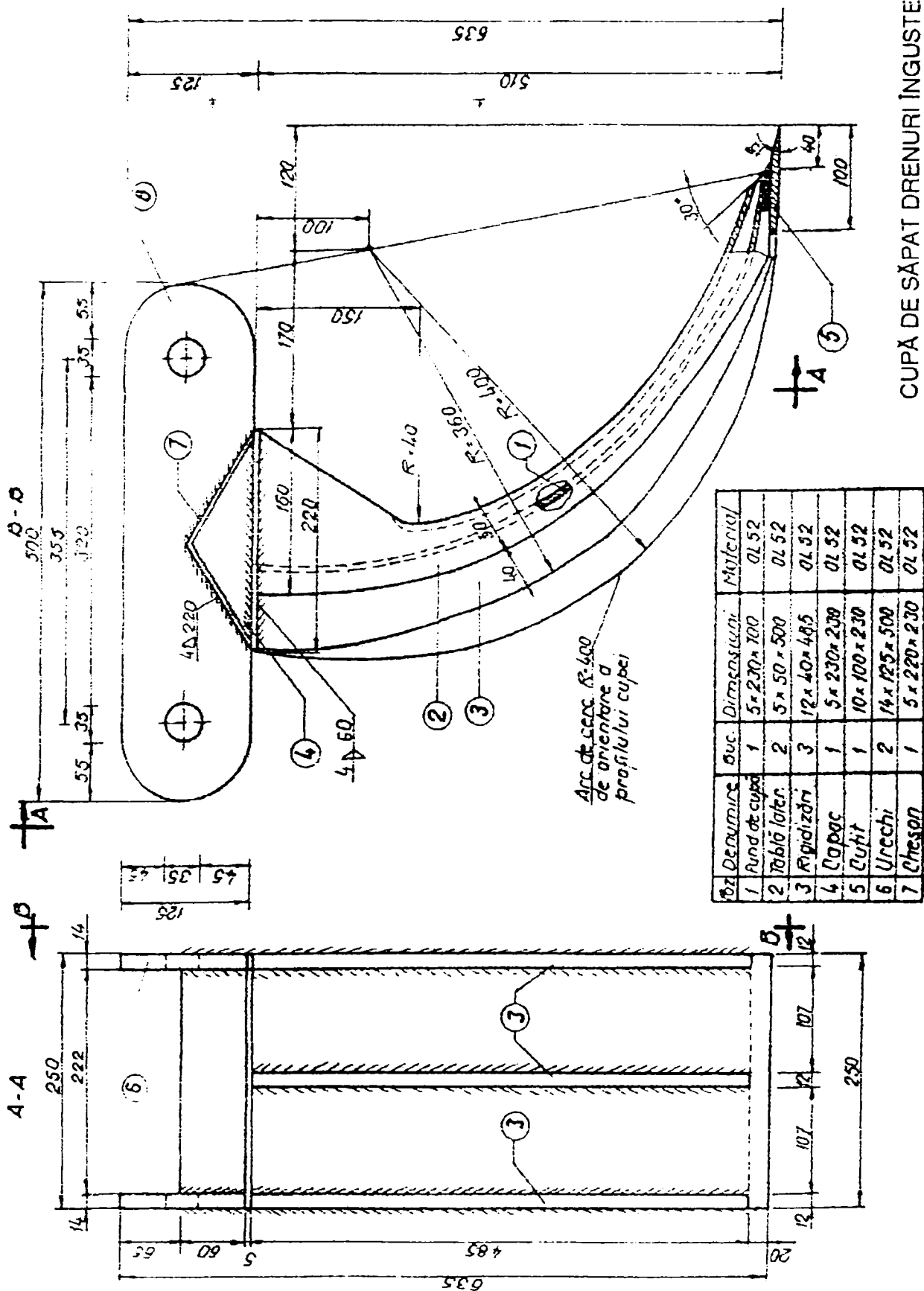
Echipamentul pentru realizarea drenurilor înguste (ERDI), proiectat și realizat în colaborare cu Secția de Utilaj Greu și Transporturi Timișoara este alcătuit dintr-un braț de care se atașează cupa (fig. 4.48.).



Rz	Denumirea	Buc	Dimensiuni	Material
1	Cupă de săpat	1	constr. sudată	OL 52
2	Articulație cupă	1	constr. sudată	OL 37
3	Articulație dr.	1	constr. sudată	OL 37
4	Articulație stg.	1	constr. sudată	OL 37
5	Bolt I	1	$\phi 50 \times 250$	OLC 45x
6	Bolt IV.	3	$\phi 50 \times 250$	OLC 45x
7	Cilindru	3	$\phi 90 \times 565$	
8	Bolt III	1	$\phi 50 \times 145$	OLC 45x
9	Inel distanțier	12	$\phi 70 \times 7$	OL 37
10	Braț balansier	1	constr. sudată	OL 37
11	Bolt II	3	$\phi 50 \times 165$	OLC 45x
12	Bolt V	1	$\phi 50 \times 245$	OLC 45x
13	Braț principal	1	constr. sudată	OL 37
14	Sistem de siguranță	1	lant cu zale scurte	-

Fig. 4.48. Braț cu cupă.

Cupa executată în prototip (fig. 4.49.), prezintă o serie de particularități adecvate scopului propus [82]. Principalele caracteristici ale cupei sunt:



CUPĂ DE SĂPAT DRENURI ÎNGUSTE

Fig. 4.49. Cupă de săpat drenuri înguste.



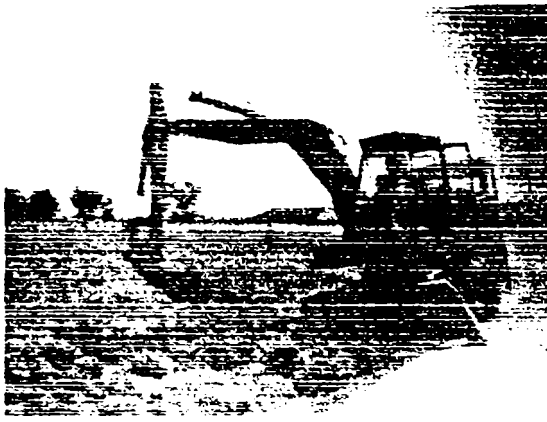
- lățimea totală 250 mm și lățimea utilă 230 mm;
- distanța dintre muchia tăietoare a cuțitului și mijlocul distanței dintre bosajele urechilor de prindere la capătul tijelor mecanismului de acționare: 550 mm;
- distanța dintre bosajele urechilor de prindere: 320 mm;
- raza suprafeței de orientare a profilului cupei: 400 mm;
- unghiul de înclinare al cuțitului:  $15^{\circ}$ .

Distanța dintre bosajele urechilor de fixare, de 320 mm, s-a adoptat din condiția de a asigura pe lângă forța de apăsare necesare săpării și momentul necesar pentru rotirea cupei în vederea excavării stratului de pământ. Rigidizarea cupei, pentru a rezista acestor solicitări, s-a realizat cu o nervură de întărire (3) sudată pe fundul cupei. Unghiurile de înclinare ale suprafețelor muchiei tăietoare precum și cele de poziționare relativă a celorlalte elemente constructive în raport cu lama cuțitului, sunt corelate cu geometria cupei și cu forțele de tăiere care apar în timpul exploatării. Cupa se realizează din oțel laminat de tipul OL 37 și OL 52.

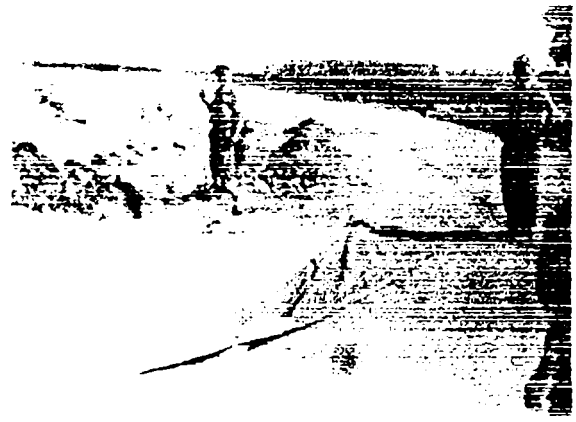
Urmărirea comportării în exploatare, a celor 4 tipuri de drenuri înguste de acostament, s-a putut realiza cu ajutorul a 5 cămine de vizitare (fig. 4.46. și foto 5) proiectate și executate în aceeași perioadă a experimentărilor.

Evacuarea apei din drenuri se realizează prin scurgerea acesteia dinspre drenul de tip 4 spre drenul de tip 1 și apoi din căminul de la km 45 + 194 (fig. 4.46.) scurgerea se face lateral pe terenul înconjurător printr-un canal săpat perpendicular pe axa drumului.

Cu dimensiuni în plan de  $1,20 \times 0,80$  m, căminele de vizitare au fost realizate cu o adâncime variabilă, de 1,75 ... 2,00 m, în funcție de poza drenului la racordarea acestuia la cămin. Fundul drenului a fost realizat mai jos decât capătul de dren cu minim 25 cm pentru a putea permite efectuarea măsurătorilor de debite.



*Foto 1. Excavatorul echipat  
cu cupă îngustă.*



*Foto 2. Pregătirea filtrului  
din geotextil*



*Foto 3. Lansarea geotextilului.*



*Foto 4. Utilajul în timpul lucrului.*



*Foto 5. Cămin de vizitare.*



*Foto 6. Verificarea pantei  
realizate.*

După realizarea drenurilor înguste de acostament, la sfârșitul anului 1987, s-au efectuat apoi măsurători de debite în primăvara și toamna anului 1988. Aceste măsurători sunt prezentate în tabelul 4.3:

Tabelul 4.3

Tipul de dren	Debite de apă L/min măsurate în luna					
	Martie	Aprilie	Mai	Septembrie	Octombrie	Noiembrie
1	0,060	0,135	0,075	0,175	0,135	0,160
2	0,150	0,280	0,180	0,350	0,200	0,245
3	0,055	0,175	0,080	0,155	0,115	0,145
4	0,045	0,092	0,050	0,120	0,085	0,120

Pe baza acestor măsurători se poate constata eficiența drenului de tip 2, având filtrul realizat din material termoformat de tip PLASTIDREN.

### Concluzii și recomandări

Existența apelor în zona drumurilor, sub forma apelor de suprafață, a celor curgătoare, a apelor de infiltrații sau subterane constituie întotdeauna pentru sectorul rutier, un inconvenient major datorită acțiunii distructive a acestora asupra complexului rutier, asupra terasamentelor și a lucrărilor de artă aferente drumului. De aceea, lucrările de asanare trebuie tratate cu multă atenție de către toți factorii interesați: proiectanți, constructori și beneficiari. Proiectarea celor mai eficiente lucrări de asanarea drumurilor, trebuie să se bazeze pe studii concrete de teren: geotehnice, hidrologice, etc.

În prezentul capitol, au fost evidențiate pe lângă metodele clasice de proiectare și execuție a lucrărilor de asanarea drumurilor și cele mai noi metode și tehnologii existente pe plan mondial, în acest domeniu, dintre care unele au fost experimentate cu succes în țara noastră și sunt pe cale de a fi implementate în producție, urmare a prescripțiilor tehnice care au fost elaborate.

Protejarea structurilor rutiere împotriva acțiunii distructive a apelor subterane (sub diferitele ei forme) se poate realiza cu ajutorul drenurilor înguste, amplasate în acostament, lângă structura rutieră. Reducerea lățimii drenurilor, la valori de 20 ... 30 cm, coroborată cu folosirea filtrelor din geotextil conduce la

următoarele avantaje tehnico-economice, comparativ cu drenurile clasice cu filtru invers, realizate din materiale granulare:

- crește durata de exploatare a drenurilor, evitându-se colmatarea timpurie a filtrului din geotextil;
- excavațiile tranșeei drenului se realizează mecanizat iar volumul acestora se reduce cu 60...80 %;
- consumul de materiale granulare se reduce cu 95 %, în cazul utilizării pământului excavat pentru umplerea tranșeei și cu 60...80 % în celelalte cazuri;
- costul lucrărilor de drenare se reduce de 1,5...2 ori, în funcție de lățimea adoptată și de soluția constructivă aplicată;
- volumul de manoperă se reduce cu 50 % iar productivitatea crește de 2...3 ori.

Pe baza analizelor făcute, a experimentărilor și verificărilor realizate, privind drenurile înguste de acostament realizate din filtru de geotextil și corp drenant din prefabricate din mase plastice, rezultă următoarele concluzii:

- printr-o proiectare și execuție corectă, drenurile înguste de acostament asigură o bună interceptare, colectare și evacuare a apelor subterane sau a celor de infiltrație din structura rutieră și din zona activă;
- întrucât aceste tipuri de drenuri sunt aplicate în mod obișnuit în alte țări, la drumuri cu structuri rutiere suple, este necesar ca și la noi în țară acestea să fie utilizate cu mai mult curaj, pentru asanarea drumurilor existente și mai ales în cazul unor construcții noi sau modernizări de drumuri;
- se impune proiectarea și realizarea unor utilaje de mare productivitate care să asigure săparea tranșeei și pozarea drenului, printr-o singură trecere, utilaje competitive cu cele existente în alte țări;
- deși metodele actuale de cercetare a terenului permit o determinare corectă a caracteristicilor pământului, încercările de laborator asupra geotextilelor trebuie perfecționate pentru a permite o alegere corectă

a tipului de dren. Calculul drenurilor este o problemă deschisă ce poate fi completată și perfecționată în continuare.

#### **4.3. Studii și experimentări privind protejarea taluzurilor stâncoase**

Taluzurile sunt suprafețe înclinate care delimitează suprafața construită a drumului. Acestea sunt expuse în permanență acțiunii defavorabile a unor factori climaterici (apa pluvială și subterană, acțiunea vântului și variațiile mari de temperatură). Acțiunea acestor factori distructivi se manifestă în general prin pierderea stabilității taluzurilor, ceea ce conduce la comportarea necorespunzătoare în exploatare a terasamentelor și implicit a suprastructurii drumului, cu **implicații asupra viabilității drumului**. Mai mult, acțiunea factorilor climaterici menționați, produce erodarea taluzurilor, conducând în final la “dezbrăcarea” acestora ceea ce creează un aspect inestetic și cu efecte dăunătoare asupra utilizatorilor drumului și a mediului înconjurător.

Lucrările ce se realizează pe taluzuri în scopul evitării și eliminării acțiunii distructive a factorilor climaterici alcătuiesc grupa lucrărilor de protejare, consolidare și **estetizare a taluzurilor**.

Conform normelor din țara noastră, **actualele metode de protejare a taluzurilor de drumuri** (însămânțarea simplă, îmbrăcarea cu pământ vegetal și însămânțarea, brăzduirea, caroiaje, plantații, pereuri, plase simple și torcretate, metode combinate, etc.) **nu sunt eficiente** pe toată durata de exploatare a unui drum.

De asemenea, aceste metode prezintă în plus și următoarele dezavantaje:

- necesită un volum mare de manoperă, în general nu se pretează a se efectua mecanizat;
- durata de execuție mare și cu un preț de cost ridicat;
- nu se pretează pentru toate timpurile de pământuri care pot fi întâlnite în alcătuirea taluzurilor. De exemplu, **pentru taluzuri realizate în roci stâncoase nealterate** care se prezintă ca fiind foarte inestetice

(cu aspect de stânci golașe). nici una din soluțiile enumerate nu este eficientă pentru estetizarea și protejarea ecologică a mediului.

Ca urmare, studiile efectuate de autor au vizat în principal găsirea unei metode de protejare a taluzurilor stâncoase care să fie eficientă și totodată să asigure protejarea ecologică și estetizarea mediului.

În acest sens mi-am propus perfecționarea metodei de protejare a taluzurilor stâncoase prin înierbarea acestora. Metoda a vizat rezolvarea următoarelor aspecte:

- găsirea unor soiuri de semințe care amestecate în diverse proporții să conducă la dozaje de semințe și apoi aplicate și semănate pe taluzuri să prezinte o bună înierbare, protejare și estetizare;
- stabilirea soluțiilor de fixare pe taluz a amestecului din semințe;
- experimentarea dozajelor în condiții de laborator și a celor optime în condiții concrete de așternere pe taluz.

#### **4.3.1. Studii documentare și de laborator (faza I)**

Studiile documentare efectuate scot în evidență că metodele cele mai frecvente și eficiente de fixare și protejare a taluzurilor sunt metodele biologice.

În acest sens sunt recomandate metodele de îmbinare folosind:

- o singură specie de ierburi (din familia gramineelor);
- amestecuri de ierburi (graminee și leguminoase) cu perioade de vegetație diferite.

Se recomandă folosirea ierburilor din vegetația spontană locală care satisface următoarele cerințe:

- să fixeze bine solul printr-un sistem viguros radicular, fascicular;
- să prezinte o talie joasă, eventual să fie târâtoare;
- să aibe durată mare de vegetație;
- să suporte bine condițiile vitrege de sol și climă;
- să suporte bine bătoritul și să se regenereze ușor.

Dintre ierburile spontane, gramineele și leguminoasele sunt acelea care satisfac cel mai bine aceste cerințe. Când aceste ierburi se folosesc în amestec se recomandă ca raportul dintre graminee și leguminoase să fie de 1,0 / 1,5.

În Franța [3], a fost realizată gazonarea unor depozite de cenuși de termocentrală care prezentau pericolul poluării mediului înconjurător sub acțiunea unor vânturi puternice, în perioadele secetoase ale anului. Stratul suport format din cenușă se caracterizează printr-o alcalinitate ridicată ( $\text{pH} = 11,3$ ) ceea ce constituie un dezavantaj față de un sol normal (unde  $\text{pH}$  depășește rar 8,5).

Studiile efectuate în Franța, cu această ocazie au scos în evidență că instalarea gazonului poate fi realizată numai utilizând o vegetație spontană. Pentru gazonare a fost folosit următorul amestec de ierburi spontane: 15 % raigras englezesc, 20 % firuță, 20 % păiuș de livadă, 20 % păiuș roșu, 20 % păiușul oilor și 5 % bucătel fin. S-a utilizat o doză de  $18 \text{ g/m}^2$  ( $180 \text{ kg/ha}$ ). În același timp acest amestec a fost ajutat cu  $8 \text{ kg/ha}$  trifoi alb pitic și  $8 \text{ kg/ha}$  ghizdei. Fertilizarea solului s-a făcut în două faze:

- la semănat utilizând un îngrășământ complex 15-9-15;
- după încolțirea semințelor cu îngrășământ complex 12-12-17.

Cele două fertilizări au condus în final la un dozaj de îngrășământ de  $94,5 \text{ kg/ha}$  azot,  $73,5 \text{ kg/ha}$  acid fosforic și  $112 \text{ kg/ha}$  potasiu.

Pentru fixarea amestecului s-a utilizat fixator Curasol ( $200 \text{ kg/ha}$ ) și celuloză ( $500 \text{ kg/ha}$ ).

După șapte luni de la semănarea gazonului acesta s-a prezentat cu o acoperire strălucitoare, scurtă de o culoare galben-verzuie, cu o rezistență ridicată pe un sol arid și cu un  $\text{pH}$  ridicat. Mai mult, formarea mușchilor între ierburi asigură o protecție corespunzătoare.

Pentru proiectarea și realizarea eficientă a unor astfel de lucrări de protecție și estetizare sunt necesare să se efectueze în prealabil niște studii referitoare la:

- condițiile climaterice și microclimaterice privind precipitațiile ( ploi, zăpezi, furtuni), temperaturile ( înghețul timpuriu sau târziu, călduri și

friguri extreme, ecarturi termice extreme), vânturile (direcții dominante, viteze medii și maxime):

- caracteristicile fizico-mecanice și chimice ale pământului;
- protejarea mediului (depistarea factorilor poluanți asupra vegetației privind natura și intensitatea lor).

O problemă deosebită în cadrul studiilor întreprinse au constituit-o găsirea unei soluții care să fixeze pe taluzurile dificile (îndeosebi stâncile golașe) amestecurile de semințe și care să permită în același timp dezvoltarea ulterioară a plantelor.

În acest sens, am experimentat ca liant de fixare a amestecului emulsia bituminoasă cu rupere rapidă [109].

În cadrul laboratorului de specialitate al Facultății de Agronomie au fost efectuate cercetări privind posibilitățile de înierbare, utilizând un amestec de ierburi (graminee și leguminoase) spontane.

Pământul utilizat pentru înierbare se caracterizează prin:

- natura pământului: praf nisipos cu o textură mijlocie, de culoare neagră de tipul cernoziomului;
- permeabilitate mijlocie;
- pH - ul neutru cu o ușoară tendință spre alcalin.

Dozajele procentuale de ierburi, utilizate în amestec au fost [2]:

- 30% păiuș de livadă (*Festuca pratensis*);
- 30 % raigras englezesc (*Lolium perene*);
- 20 % ghizdei (*Lotus corniculatus*);
- 20 % trifoi alb (*Trifolium repens*).

Alegerea acestor specii s-a făcut din următoarele considerente:

- există posibilitatea aprovizionării cu astfel de soiuri de semințe prin rețeaua AGROSEM care le produce;
- sunt specifice zonelor interesate;
- între ele există relații de simbioză, adică primele două specii de graminee sunt consumatoare de azot, iar ultimele două specii de



leguminoase au capacitatea de a lega azotul atmosferic în zona rădăcinilor, favorizând dezvoltarea gramineelor, care la rândul lor apără aceste leguminoase, în prima fază de creștere, contra razelor solare din timpul verilor călduroase;

- toate cele patru specii de ierburi sunt specii perene, adică se mențin mai mulți ani în cultură, mai ales dacă găsesc condiții bune de dezvoltare și prin autoînsămânțare se formează un covor vegetal încheiat și rezistent.

Studiul germinării și răsării semințelor a fost efectuat în vase de vegetație umplute cu tipul de pământ menționat mai sus. Peste acest pământ s-a aplicat manual amestecul format din semințe, emulsia bituminoasă și îngrășăminte chimice sau în loc de emulsie bituminoasă s-a folosit o soluție de argilă în apă, în care au fost înglobate semințele de ierburi menționate.

Cercetările în laborator [109], au fost efectuate pe următoarele variante:

- varianta nr. 1 – semințe, emulsie bituminoasă și azotat de amoniu;
- varianta nr. 2 – semințe, soluție de argilă și azotat de amoniu;
- varianta nr. 3 – o combinație între primele două variante, adică aplicarea primei variante ca atare, după care s-a făcut o stropire cu soluția de argilă cu apă care favorizează germinarea și răsărirea, având rol de strat germinator, care reține apa din precipitații.

Pentru amestecul format din semințe, îngrășământ și emulsie bituminoasă am propus denumirea **PROCOTEC** (produs de consolidare ecologică a taluzurilor).

După o lună de zile semințele utilizate în amestecurile respective, în cele trei variante, au prezentat o germinație de 80 %, în condiții optime de germinare, conform buletinelor de analiză ale producătorului. Cu toate acestea, în condițiile normale de temperatură și umiditate, create în laborator, s-a constatat următoarea situație privind germinarea:

- în prima variantă au răsărit 40 % din numărul total de semințe de graminee iar din leguminoase doar 15 % ceea ce justifică acțiunea

fitotoxică a emulsiei bituminoase asupra semințelor de leguminoase în special:

- în varianta a doua au răsărit 60 % din semințele de graminee și 30 % din leguminoase, ceea ce dovedește că stratul subțire din soluția de argilă cu apă influențează negativ răsărirea leguminoaselor în special;
- în varianta a treia au răsărit 50 % din semințele de graminee și 35 % din semințele de leguminoase.

În toate cele trei variante gramineele s-au dezvoltat normal, în timp ce leguminoasele au rămas în urmă și după circa 15 zile au început să dispară, rămânând un număr foarte redus de plante, ceea ce nu justifică utilizarea semințelor de leguminoase pentru scopul urmărit.

Pe baza studiului documentar și a cercetărilor de laborator efectuate în prima fază se desprind următoarele concluzii și recomandări.

- pentru a îmbina efectul de stabilizare și consolidare chimică cu cea biologică, s-a recomandat utilizarea variantei nr. 3, care se poate realiza prin două treceri peste aceeași suprafață cu mașina de aplicat produsul PROCOTEC;
- prin simplitatea sa prima variantă este mai convenabilă, realizându-se doar printr-o singură așternere;
- varianta nr. 3 este mai costisitoare decât celelalte două variante, întrucât necesită în plus o cantitate de soluție de argilă cu apă, pentru cea de-a doua așternere,
- varianta a nr. 2 este cea mai ieftină dar prezintă dezavantajul că se poate aplica numai pe taluzuri stabile, realizate în soluri vegetale;
- în condițiile realizării unui amestec omogen și printr-o așternere uniformă, se asigură o densitate de 1000... 1500 plante / m<sup>2</sup>.

Pentru realizarea tronsoanelor experimentale, în compoziția PROCOTEC-ului, am recomandat utilizarea următoarelor cantități:

- 75 kg/ha sămânță de păiuș de livadă (*Festuca pratensis*);
- 75 kg/ha sămânță de raigras englezesc (*Lolium perene*);

- 200 kg/ha îngrășământ chimic cu azot dizolvat în apă (azotat de amoniu sau uree):
- 500 kg/ha emulsie bituminoasă.

Pentru realizarea unei grosimi de maxim 1 mm este necesară o cantitate de 10 m<sup>3</sup> soluție PROCOTEC, corespunzătoare unui dozaj de 1 L / m<sup>2</sup>.

Pentru înierbarea, protejarea, consolidarea și estetizarea ecologică a unei suprafețe de 100 m<sup>2</sup> sunt necesare următoarele cantități de materiale:

- 750 g semințe de păiuș de livadă;
- 750 g semințe de raigras englezesc;
- 12 kg îngrășământ chimic (azotat de amoniu);
- 100 kg emulsie bituminoasă.

#### **4.3.2. Dispozitiv pentru prepararea PROCOTEC-ului**

Pentru prepararea produsului PROCOTEC s-a studiat și proiectat un dispozitiv [109] care să satisfacă mai multe posibilități de utilizare și anume:

- folosirea emulsiei bituminoase;
- fabricarea și folosirea suspensiei de bitum filerizat;
- fabricarea și folosirea unei emulsii pe bază de argilă sau diferite tipuri de pământ.

Dispozitivul este realizat în construcție metalică sudată, având următoarele caracteristici:

- capacitatea compartimentului pentru liant – 10 kg;
- capacitatea compartimentului de omogenizare – 20 kg;
- turația omogenizatorului orizontal – 50 rot. / min.;
- turația motorului electric de 1,1 kw – 900 rot. / min.

Compartimentul de încălzire a bitumului este executat din tablă cu grosimea de 3 mm având o înclinație de 2° spre robinetul de golire.

Arzătorul pentru încălzire este de tipul celor folosite la cuptorul de aragaz, având posibilitatea de a funcționa cu butan sau gaz metan, variația mărimii flăcării făcându-se prin variația debitului de gaz.

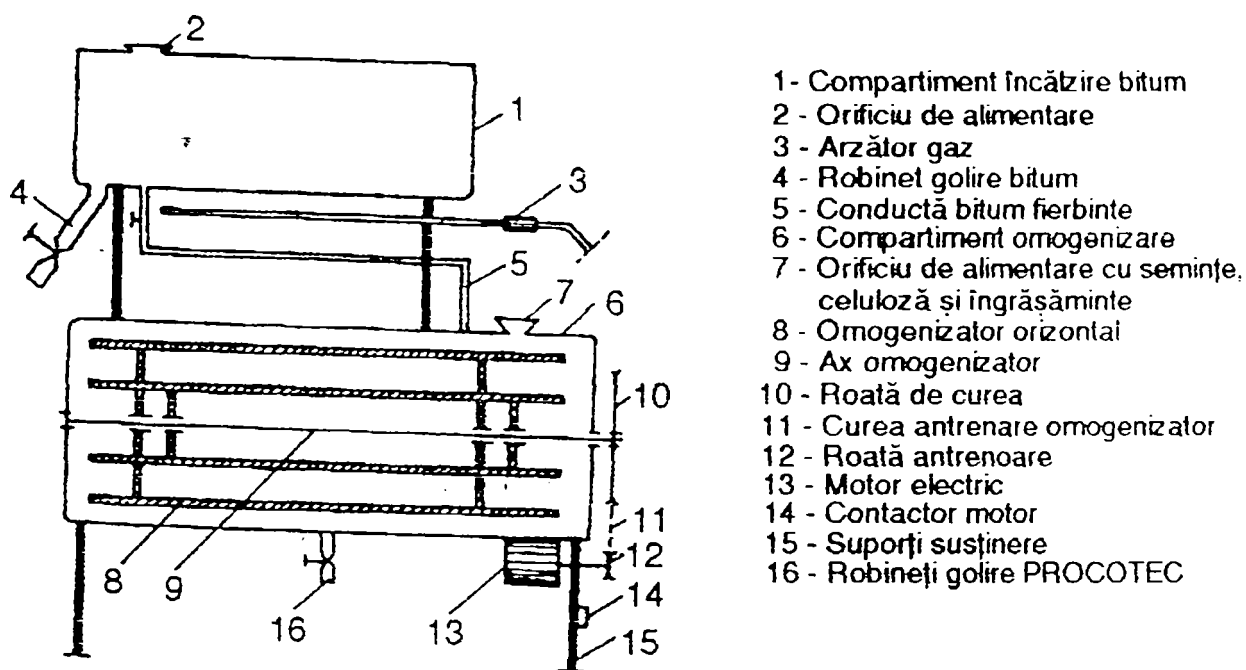


Fig. 4.50. Dispozitiv pentru preparare PROCOTEC

Este protejat la exterior de o carcasă din tablă de 1 mm.

Compartimentul de omogenizare este executat din tablă cu grosimea de 2 mm, fiind prevăzut cu omogenizatorul cu ax orizontal având turația de 50 rot. / min.

Omogenizatorul este antrenat prin intermediul a două curele de transmisie cu reducere a turației în două trepte, de la motorul electric care are o turație de 900 rot. / min.

În funcție de tipul liantului folosit, dispozitivul se poate folosi diferențiat, după cum urmează:

#### **PROCOTEC cu emulsie bituminoasă**

În acest caz, emulsia, în cantitatea prescrisă, se introduce în compartimentul de omogenizare, se pornește omogenizatorul apoi se introduc semințele conform dozajului. Se lasă să se omogenizeze timp de 4...5 minute, apoi se golește prin robinet, depunându-se în locurile de germinare. Pentru a nu se sedimenta semințele, agitatorul se oprește numai după golirea completă a compartimentului.

### **PROCOTEC cu suspensie de bitum filerizat**

Tehnologia este următoarea:

Pentru 20 kg suspensie se vor lua 6,6 kg bitum care se introduc în compartimentul de bitum aprinzându-se arzătorul. Bitumul se încălzește la temperatura de 80 ... 100 °C.

În același timp în compartimentul de omogenizare se introduc numai 5 kg de apă și se pornește omogenizatorul. Se cântăresc 3 kg de hidroxid de calciu (sau pasta de var cu un conținut echivalent cu hidroxidul de calciu), care se introduc treptat în compartimentul de omogenizare, lăsând să funcționeze omogenizatorul până la formarea unui amestec uniform. După ce bitumul s-a încălzit, se începe introducerea treptată a acestuia prin deschiderea robinetului și se continuă malaxarea.

După aproximativ 10 minute de malaxare se introduce și restul de apă, malaxând încă 10 min.

După răcirea la temperatura dorită se pot introduce semințele și după o malaxare de 4 – 5 minute se poate aplica suspensia pe taluzul pregătit inițial.

### ***PROCOTEC cu diferite emulsii pe bază de argilă sau diferite tipuri de pământ***

Se ia cantitatea de apă dorită, se introduce în compartimentul de omogenizare și se pornește omogenizatorul. În cazul în care este nevoie de apă încălzită se introduce în compartimentul de bitum, se aprinde arzătorul și după încălzire la temperatura dorită se golește în compartimentul de omogenizare.

După pornirea omogenizatorului se introduce treptat cantitatea de argilă sau pământ (cântărite) lăsând să se omogenizeze complet. Se introduce apoi sămânța, lăsându-se să se omogenizeze încă 4–5 minute și apoi se poate folosi pentru aplicarea pe suprafața taluzului.

### 4.3.3. Studii de laborator (faza a II-a) și experimentare PROCOTEC

În faza a II-a a studiilor de laborator s-au determinat principalele caracteristici ale pământurilor din care sunt realizate taluzurile de debleu ale sectoarelor stabilite pentru experimentări. De asemenea, tot în laborator s-au făcut noi experimentări, cu produsul special PROCOTEC dar de data aceasta folosind ca strat suport pentru însămânțare pământul prelevat din taluzurile realizate.

Pe sectorul de drum (km 88 + 000 – 93+ 000) al DN 57 Orșova – Moldova Nouă au fost prelevate următoarele 3 probe de material:

- proba nr. 1 – de la km 88 + 900;
- proba nr. 2 – de la km 89 + 070;
- proba nr. 3 – de la km 90 + 010.

Natura și compoziția de granulozitate a celor trei probe de material prelevat au fost stabilite prin analiza granulometrică prin cernere prin site. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 4.4 și reprezentate grafic prin curbele de granulozitate din fig. 4.51.

Tabelul 4.4

Diametrul ochiurilor sitei d [mm]	Cantitatea rămasă pe site						Frațiuni procentuale cu diametrul mai mic decât diametrul sitei d [%]		
	Proba nr. 1		Proba nr. 2		Proba nr. 3		Pr. 1	Pr. 2	Pr. 3
	[g]	[%]	[g]	[%]	[g]	[%]			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
7,00	142,1	14,21	86,6	8,66	98,7	9,87	85,8	91,3	99,0
5,00	29,1	2,91	32,6	3,26	16,3	1,63	82,9	88,8	88,5
3,15	115,9	11,59	173,6	17,36	100,9	10,09	71,3	70,7	78,4
1,00	256,7	25,67	356,4	35,64	194,4	19,44	45,6	35,1	59,0
0,20	322,2	32,22	289,5	28,95	407,9	40,79	13,4	6,1	18,2
0,09	79,0	7,90	39,3	3,93	89,4	8,94	5,5	2,2	9,2
Treceri prin 0,09	55,0	5,50	22,0	2,20	92,4	9,24	-	-	-

Umiditatea naturală a probelor prelevate este relativ redusă  $W = 3,8 \dots 4,3 \%$  ceea ce caracterizează amplasamentul ca fiind cu posibilități reduse de a asigura cantitatea de apă necesară pentru creșterea plantației. De asemenea,

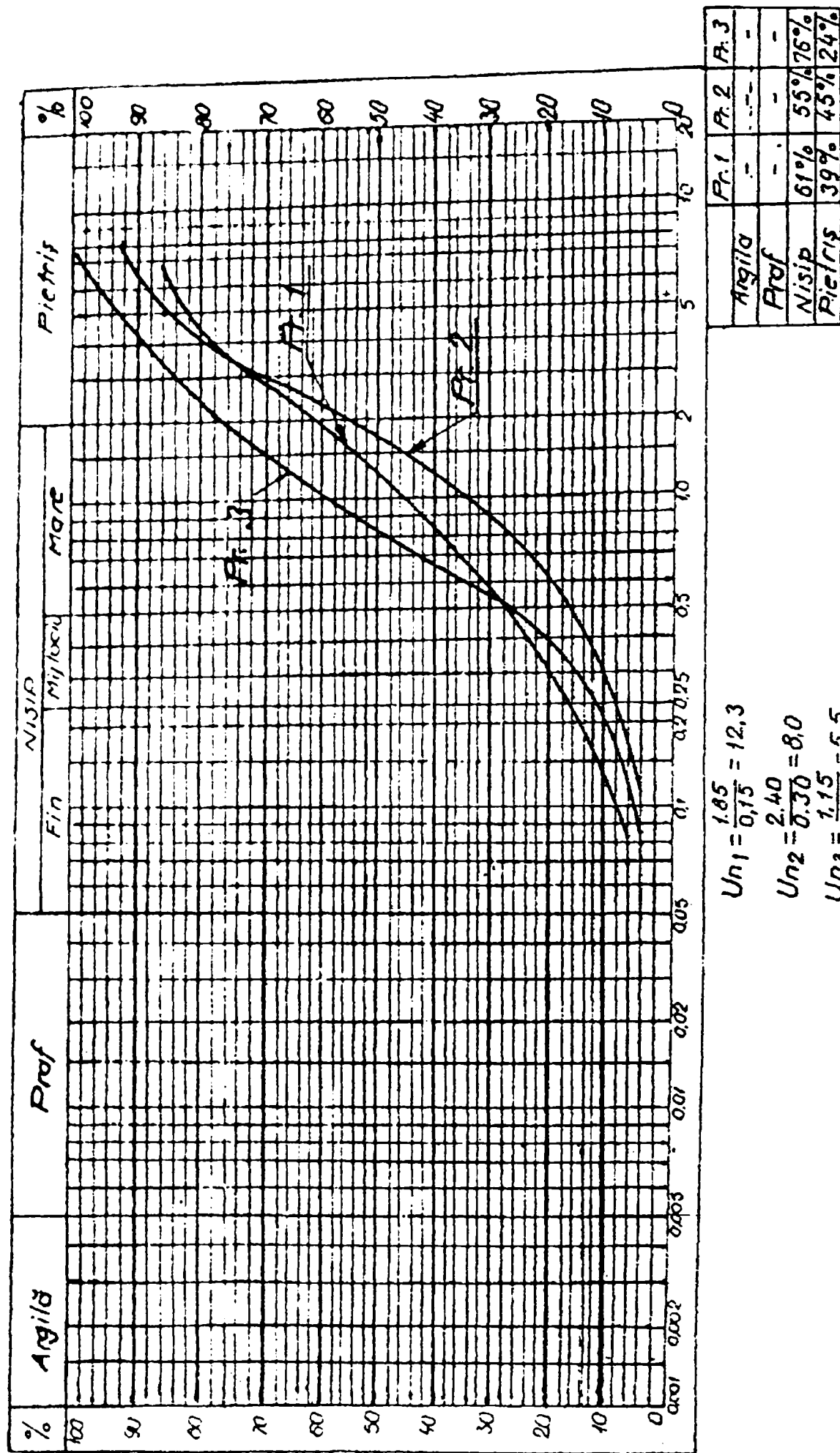


Fig. 4.51. Curbe de granulozitate.

amplasamentul fiind situat pe malul Dunării, este expus în timpul zilei acțiunii razelor solare și a vânturilor caracteristice zonei.

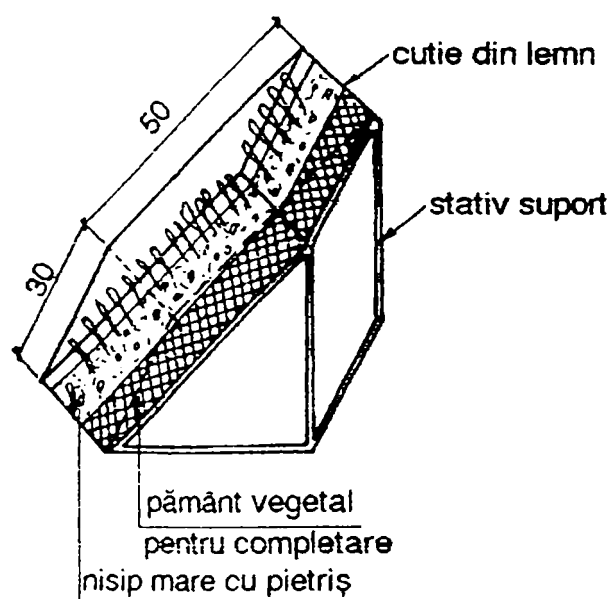
Din analiza curbelor de granulozitate, prezentate în fig. 4.51. se constată că pământurile analizate sunt pământuri necoezive de tipul nisipurilor mari cu pietriș.

Predomină în compoziție nisipul mare (37... 50 %) și pietrișul (24... 45%).

Din punct de vedere al neuniformității acestea sunt pământuri cu uniformitate mijlocie, caracterizate printr-un coeficient de neuniformitate  $U_n = 5,5 \dots 12,3$ .

Aceste pământuri, situate într-o zonă aridă, nu prezintă în compoziție substanțe organice care să favorizeze creșterea diferitelor plantații sau ierburi.

A doua etapă a studiilor efectuate în laborator a constat în experimentarea produsului PROCOTEC asupra pământurilor prelevate. În acest scop s-au confecționat 3 cutii paralelipipedice din lemn, cu dimensiuni în plan de 30 × 50 cm în care s-a așezat un strat de 5 cm din pământ vegetal de seră și peste aceasta s-a așternut în fiecare cutie, pământurile nisipoase cu pietriș prelevate din taluzuri (fig. 4.52.).



*Fig. 4.52. Cutie pentru experimentare PROCOTEC*

Cutiile au fost așezate pe niște stative suport care au asigurat o înclinare a pământului de 1:1, corespunzătoare pantei taluzurilor de debleu.



Soluția de PROCOTEC utilizată a avut compoziția recomandată la paragraful 4.3.1.

Astfel dozajul utilizat a constat din:

- 75 g / m<sup>2</sup> semințe de păiuș de livadă;
- 75 g / m<sup>2</sup> semințe de raigras englezesc;
- 120 g / m<sup>2</sup> îngrășământ chimic (azotate de amoniu);
- 1 l. / m<sup>2</sup> emulsie bituminoasă.

Favorizarea încolțirii și a creșterii firelor de iarbă s-a realizat prin asigurarea unei umidități optime de 20 %, prin stropirea zilnică a stratelor.

După o lună de zile de la înierbare, asupra celor 3 cutii s-au făcut următoarele constatări:

- în toate cele trei tipuri de pământ însămânțate, păstrate în condiții optime de temperatură și umiditate, germinarea s-a făcut în aceleași proporții:
  - 45 ... 50% din numărul total de graminee;
  - 35 ... 40 % din numărul total de leguminoase.

Menționăm că semințele utilizate în amestecuri, prezintă o germinație maximă de 80 %, în condiții optime de germinare, conform buletinelor de analiză a producătorului.

- înălțimea firelor ce au răsărit este variabilă între 3 ... 6 cm;
- adâncimea rădăcinilor firelor de iarbă este de 3 ... 4 cm. Rădăcinile nu au reușit să străbată grosimea întregului strat de pământ din nisip și pietriș (în grosime de 7 ... 8 cm). Stratul de pământ vegetal, așternut sub stratul de pământ experimentat, a avut rolul unui strat de completare, dată fiind înălțimea cutiilor de 15 cm și cantitatea redusă de pământ prelevat;
- fixarea semințelor pe stratul de pământ necoeziv cu o pantă de 1:1 a fost bine realizată cu ajutorul emulsiei bituminoase;

- s-a obținut o bună omogenizare a amestecului cu ajutorul dispozitivului de preparare a PROCOTECULUI în laborator (dispozitiv prezentat în paragraful 4.3.2.).

Ultimele două aspecte constatate sunt puse în evidență de densitatea omogenă a firelor de iarbă ce au răsărit.

#### **4.3.4. Realizarea și prezentarea sectoarelor experimentale**

Pornind de la observațiile concrete făcute cu ocazia studiilor de laborator asupra pământurilor din zonă și întrucât natura acestor pământuri este aceeași – nisip mare cu pietriș, pe toată lungimea sectorului propus (88 + 000 – 93 + 000) am convenit ca experimentarea PROCOTECULUI să se facă pe un singur amplasament, ce a fost stabilit conform unui proces verbal încheiat cu reprezentanții colaboratorului (Universitatea de Științe Agricole a Banatului) și a beneficiarului, pe taluzul de debleu de la km 88 + 900 de pe DN Orșova – Moldova Nouă.

Taluzul din zonă se caracterizează printr-o pantă mai mare de 1:1, panta reală fiind de 1,3:1. Pământul din taluz este constituit conform determinărilor de laborator (vezi proba nr. 1) din nisip mare cu pietriș. Fiind un pământ necoeziv cu permeabilitate mare, are tendința ca sub acțiunea precipitațiilor provenite din ploi, să se deplaseze la baza taluzului producând colmatarea șanțului.

Cu sprijinul Întreprinderii de Cultură și Întreținere a Pajiștilor din Moldova Nouă s-a reușit diversificarea soiurilor de semințe pentru experimentare, soluție ce se impune îndeosebi în solurile aride, sărace în substanțe nutritive. Aceeași unitate ne-a pus la dispoziție îngrășământul complex NPK de tipul 15-9-15. Pentru a crea un mediu nutritiv bun, necesar răsăririi și apoi înrădăcinării s-a optat pentru folosirea rumegușului. Fixarea semințelor s-a realizat cu ajutorul emulsiei bituminoase cationice, experimentate și în laborator.

Au fost utilizate următoarele dozaje ale sortimentelor de semințe:

- 15 % golomăț (*Dactylis glomerata*);
- 20 % festucă (*Festuca pratensis*);

- 20 % iarbă de gazon (*Lolium perene*);
- 15 % trifoi alb (*Trifolium repens*);
- 15 % trifoi roșu (*Trifolium pratense*);
- 15 % lucernă (*Medicago sativa*).

Conform acestor dozaje s-a realizat raportul dintre leguminoase și graminee de 1:1.

Așadar ținând seama de cantitățile de materiale procurate, s-au stabilit numărul de sectoare experimentale și dimensiunile acestora, de acord fiind toți factorii interesați prezenți la experimentare.

S-au realizat 4 sectoare experimentale (fig. 4.53.), fiecare din acestea având dimensiunile în plan de 2,50 × 3,00 m.

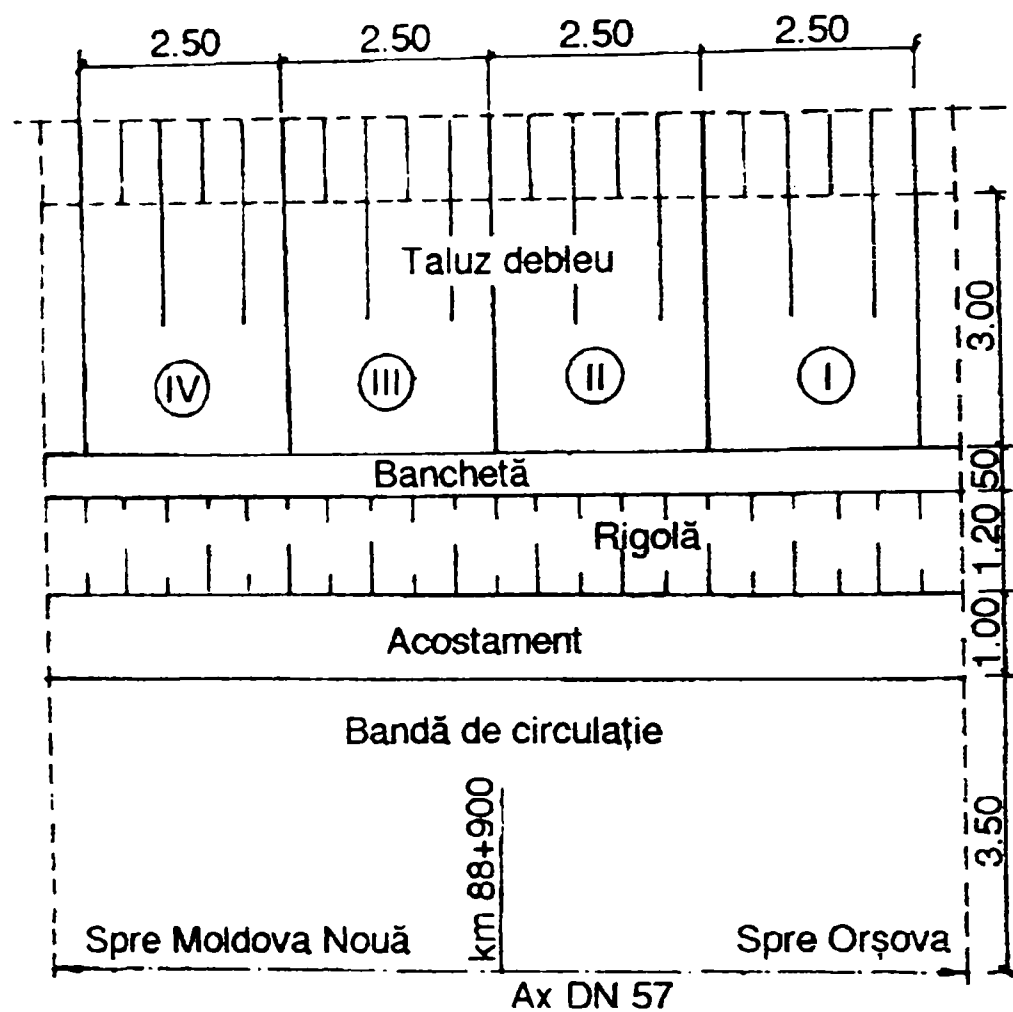


Fig. 4.53. Amplasamentul sectoarelor experimentale.

Cele patru sectoare experimentale sunt diferențiate de compoziția materialului folosit pentru înierbare, astfel:

- sectorul nr. I – semințe de graminee și leguminoase, celuloză, (rumeguș, emulsie bituminoasă cationică și îngrășământ chimic NPK);
- sectorul nr. II - semințe de graminee și leguminoase, rumeguș și îngrășământ chimic NPK;
- sectorul nr. III – semințe de graminee, rumeguș, emulsie bituminoasă și îngrășământ chimic NPK;
- sectorul nr. IV – semințe de graminee și rumeguș.

Dozajele de materiale utilizate în cadrul celor 4 sectoare experimentale sunt:

- semințe de iarbă – 270 kg / ha;
- rumeguș – 750 kg / ha;
- NPK – 625 kg / ha;
- emulsie bituminoasă – 300 kg / ha.

Cantitățile de materiale folosite pentru aceste sectoare sunt prezentate în tabelul 4.5. De remarcat este faptul că experimentarea nu s-a realizat pe toată lungimea taluzului de debleu, prezentate în fig. 4.53. Ea s-a putut executa doar pe o înălțime de 3,00 m deoarece condițiile locale și tehnologia de realizare nu a permis extinderea pe toată înălțimea de circa 5,00 m.

Tabelul 4.5

Denumirea materialului	U.M.	Cantitatea de material pentru			
		Sector I	Sector II	Sector III	Sector IV
Semințe graminee	g	405	405	810	810
Semințe leguminoase	g	405	405	-	-
Îngrășământ chimic NPK	g	1875	1875	1875	-
Celuloză (rumeguș)	g	2250	2250	2250	2250
Emulsie bit. cat. (EBC)	g	900	-	900	-
<b>Total</b>	<b>g</b>	<b>5835</b>	<b>4935</b>	<b>4935</b>	<b>3960</b>

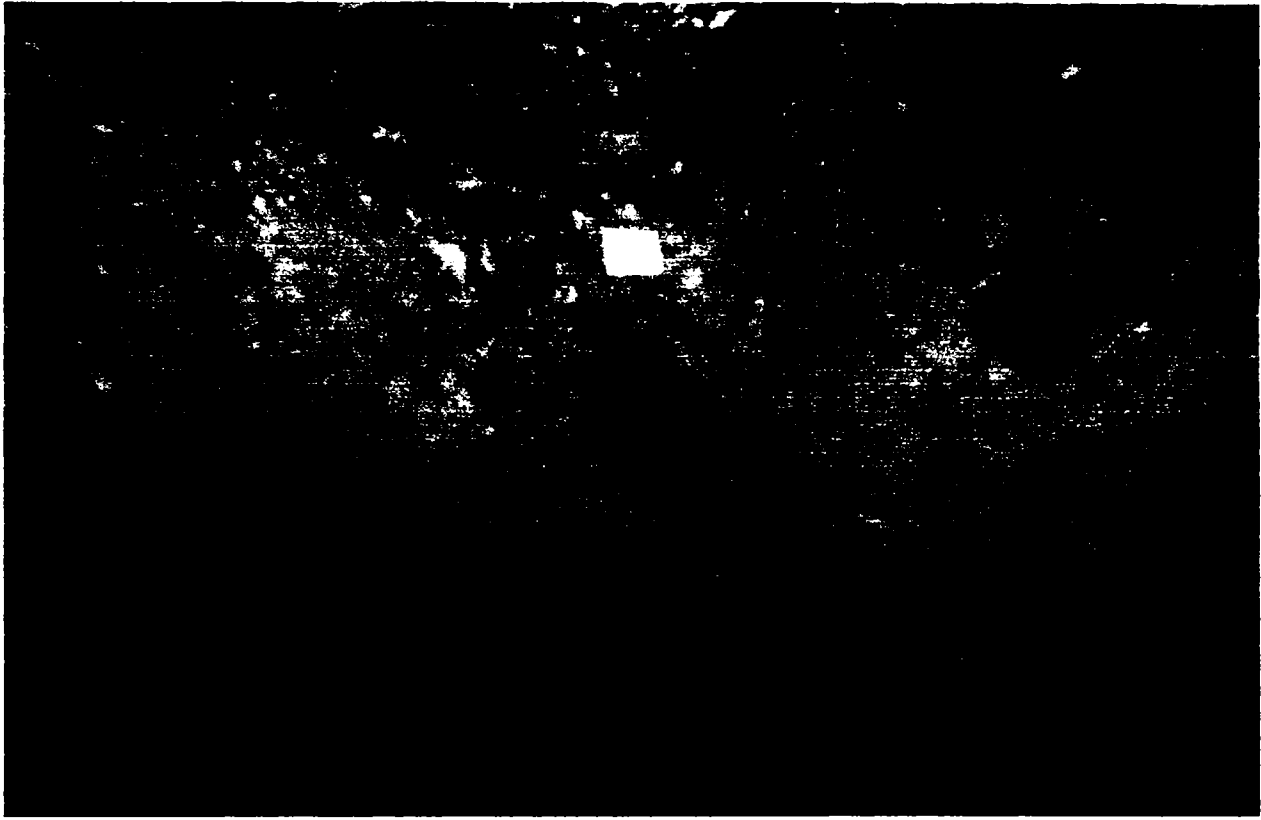
### **Observații și aprecieri asupra sectoarelor experimentale**

După o lună de zile de la realizarea sectoarelor experimentale, în 11 mai 1994, au fost făcute primele observații asupra acestora:

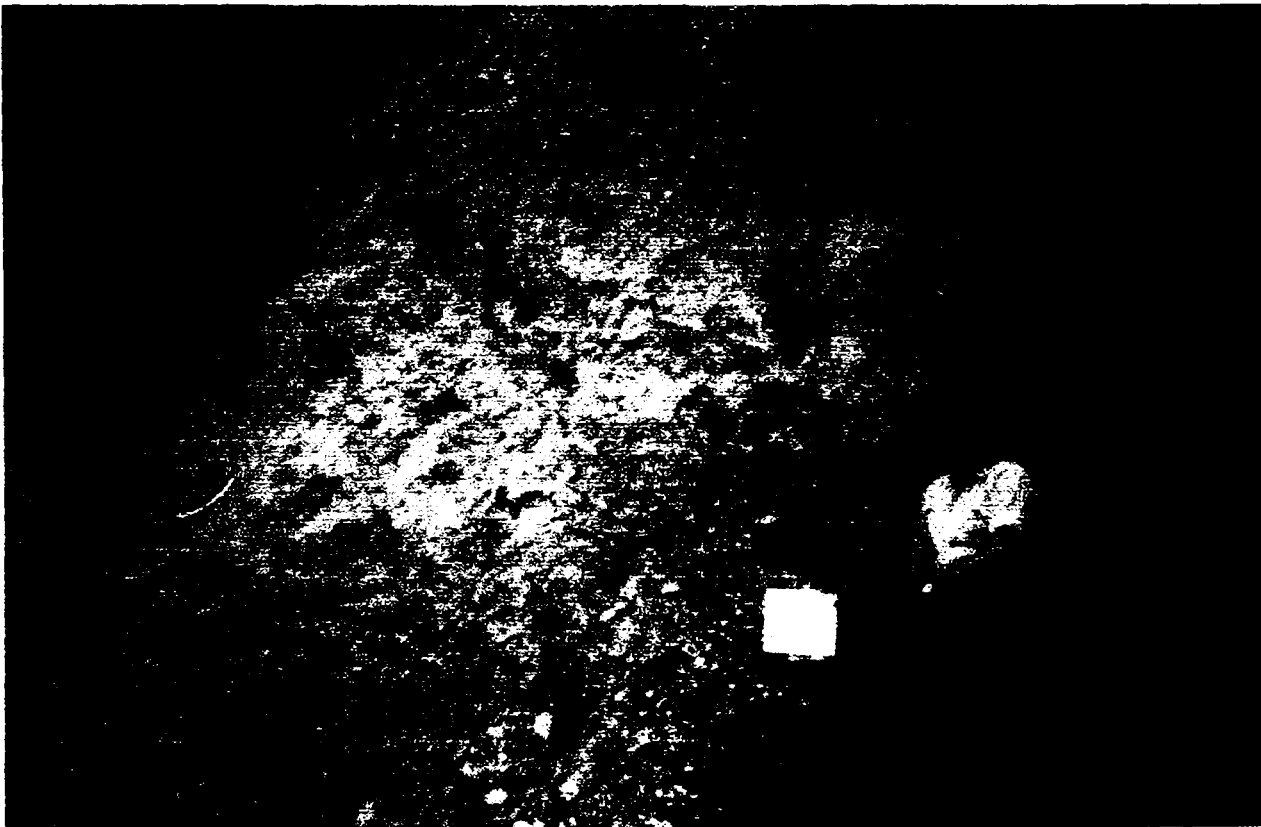
- sectoarele I și III, pe care s-a aplicat emulsia bituminoasă, prezintă o suprafață înierbată cu circa 30 % mai mare decât pe sectoarele II și IV, unde nu s-a utilizat emulsie bituminoasă pentru fixarea semințelor pe taluz. Extinderea suprafeței înierbate este semnificativă pe înălțimea taluzului (foto 7 și 8);
- sectoarele II și IV prezintă o înierbare corespunzătoare doar la baza taluzului, pe o înălțime de 1,00 m pe sectorul IV și 1,8 m pe sectorul II;
- densitatea firelor de iarbă (cu o lungime de 5 ... 6 cm) este mai mare în cadrul sectorului I (foto 7) unde s-a utilizat o combinație între semințele de graminee și leguminoase, comparativ cu cea de pe sectorul III unde au fost utilizate doar semințe de graminee (foto 8);
- sectorul IV este cel mai slab înierbat, acesta prezentând o înierbare cu 30 % mai mică față de sectorul III;
- germinarea semințelor de leguminoase este în general mai mică cu 20 ... 30 % față de germinarea semințelor de graminee, pe ansamblul sectoarelor;
- densitatea mai mare a firelor de iarbă (foto 8) de pe sectorul III decât a celor de pe sectorul IV.

Aprecierile de mai sus pot fi justificate în parte și prin faptul că după 12 ore de la execuția sectoarelor, s-a ivit în zonă o ploaie care a influențat procesul de fixare a semințelor pe sectoare experimentale.

Considerăm că utilizarea amestecurilor complexe de semințe de graminee și leguminoase perene asigură simbioza acestor specii de ierburi care formează covorul vegetal, fenomen biologic care contribuie la sporirea rezistenței speciilor respective în condiții relativ nefavorabile de sol, pantă, ariditate și expoziție la soare.



*Foto 7 Aspecte de pe sectoarele experimentale nr. I și II*



*Foto 8 Aspecte de pe sectoarele experimentale nr. II, III și IV*

#### 4.3.5. Concluzii și recomandări

Urmarea studiilor de laborator efectuate în cadrul celor două faze ale studiilor de laborator, precum și a rezultatelor experimentale obținute, se pot concluziona următoarele:

- utilizarea emulsiei bituminoase cationice în compoziția PROCOTECULUI, este indispensabilă pentru a asigura o bună aderență a semințelor la stratul suport, în general pământuri necoezive, stânci, etc.;
- pentru straturi suport aride, permeabile, sărace în substanțe nutritive, se va utiliza în amestec celuloză (rumezuș) care creează un substrat pentru încolțirea și reținerea apei;
- se impune aplicarea întotdeauna în decosebi pentru pământuri aride a îngrășămintelor cationice (K de tipul 11-9-15 la însămânțare și fertilizare obligatorie după răsărit în perioadă de vegetație);
- după semănat și ruperea emulsiei este absolut necesară o udare care să faciliteze răsărirea plantelor;
- înainte de aplicarea celei de-a doua fertilizări, în perioadele secetoase, se impune menținerea unei umidități corespunzătoare (20 ... 25 %);
- pentru menținerea echilibrului ecologic al zonei, recomand utilizarea în amestecul de semințe și a unor specii din flora spontană respectiv specii de arbuști care să formeze un microclimat favorabil și să contribuie la consolidarea terenului;

Consider că extinderea însămânțării taluzurilor prin utilizarea produsului PROCOTEC se poate realiza printr-o bună colaborare între toți factorii interesați, care sunt în același timp și utilizatori ai drumurilor, cum ar fi oficiile de turism, inspectoratele de protecția mediului, întreprinderile de pajiști și toate unitățile economice din zonă.

## **CAPITOLUL 5**

# **CONCLUZII GENERALE. CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI VALORIFICAREA REZULTATELOR**

Mentținerea drumurilor într-o bună stare de viabilitate asigură desfășurarea circulației pe drumurile publice în condiții de siguranță și de confort sporit. De aceea, întreținerea și exploatarea drumurilor constituie preocuparea de bază a administrațiilor rutiere da la noi și de pretutindeni. Se fac eforturi susținute pentru aducerea stării tehnice a drumurilor la nivelul solicitărilor din trafic și din condițiile atmosferice precum și la nivelul pretențiilor justificate ale utilizatorilor

Așadar sunt necesare în permanență soluții tehnice eficiente care să asigure o întreținere și exploatare corespunzătoare a drumurilor publice în general și a drumurilor publice locale în particular.

În acest sens au fost abordate studiile și cercetările efectuate de autor și care sunt prezentate în lucrare.

Analizând ca lungime, rețeaua de drumuri publice din țara noastră se constată că peste 90 % din lungimea totală o constituie drumurile publice locale



( județene, comunale, și străzi). Aceeași pondere o au drumurile publice locale și în județul Timiș. Aceste drumuri locale sunt în majoritate drumuri pietruite și din pământ ( 65 % la nivelul rețelei drumurilor publice din țară și 61 %, la nivelul rețelei din județul Timiș). Din punct de vedere al intensității traficului aceste drumuri fac parte din clasa tehnică IV (drumurile județene) cu trafic redus și din clasa tehnică V (drumurile comunale) cu trafic foarte redus.

Deși aceste drumuri se caracterizează printr-o intensitate redusă și foarte redusă a traficului, existența traficului greu și foarte greu (autovehicule articulate și vehicule speciale), care este în continuă creștere, duce la o scădere pronunțată a viabilității drumurilor.

Justificarea necesității lucrărilor de întreținere corespunzătoare a drumurilor publice locale este prezentată și evaluată prin economiile anuale ce s-ar putea realiza la nivelul județului Timiș, dacă rețeaua drumurilor pietruite și din pământ ar fi menținute într-o stare tehnică corespunzătoare. Astfel, desfășurarea circulației pe drumurile județene (397km) și comunale (1 099 km), pietruite și din pământ, produce anual pierderi de peste 28,4 mil. \$.

În cazul desfășurării circulației pe străzile urbane (513 km) și rurale (2 631 km) pietruite și din pământ, pierderile anuale sunt de peste 54,8 mil. \$.

Pentru aceeași rețea de drumuri județene și comunale, pietruite și din pământ, consumurile suplimentare sunt de: 16 675 t/an carburanți, 374 t/an lubrifianți și 11 449 bucăți/an anvelope.

În cazul străzilor urbane și rurale consumurile suplimentare sunt de: 32 208 t/an carburanți, 721 t/an lubrifianți și 22 113 bucăți/an anvelope.

Pierderi economice însemnate se produc și prin staționările la trecerile de nivel cu calea ferată .

Inexistența pasajului la trecerea liniei cale ferată Timișoara-Arad, de pe DJ 692 de la km 8+370, produce anual pierderi de peste 363 mii\$. Pentru alte opt pasaje de nivel mai importante din cele 78 existente pe drumurile locale din județul Timiș, pierderile anuale sunt mai mari de 4 milioane \$.

Din aceste considerente, găsirea unor soluții pentru menținerea și îmbunătățirea viabilității drumurilor locale a constituit o preocupare permanentă a autorului prezentei lucrări.

În acest sens, în teză sunt prezentate următoarele contribuții personale :

- studiul degradărilor drumurilor pietruite și din pământ (definire, clasificare, cauze ale apariției, prevenirea și remedierea acestora);
- elaborarea unei metode de gestionare a întreținerii drumurilor pietruite și din pământ;
- soluționarea degradărilor unor terasamente de drumuri de tipul alunecărilor și ebulmenților prin:
  - calculul și elaborarea tehnologiei de consolidare a unui terasament înalt de drum prin elemente ranfort din beton și asanarea terasamentului prin piloți de balast. Soluția adoptată și tehnologia utilizată s-a realizat pentru prima dată în județul Timiș ;
  - studii de teren și de laborator pentru asanarea unui versant instabil cu ajutorul drenurilor vibroforate;
- elaborarea unei noi tehnologii și a unui dispozitiv pentru ranforsarea terasamentelor de drumuri (Brevet de invenție nr.92/30.11.1989).
- elaborare tehnologie de execuție și echipament pentru realizarea drenurilor înguste în acostament cu scopul asanării terasamentelor de drumuri (certificat de inovator nr.1286/27.07.1989);
- proiectarea și realizarea unui echipament de realizat canale înguste (ERDI) ;
- experimentarea și urmărirea comportării drenurilor înguste realizate cu filtru din geotextil. Au fost executate pentru prima dată la noi în țară ;
- elaborarea de „Instrucțiuni tehnice departamentale, provizorii, privind proiectarea și execuția drenurilor înguste pentru lucrări de drumuri și căi ferate”, INCERTRANS, 1988 ;

- studii de laborator și experimentarea în laborator a unui produs nou de protejare și consolidare ecologică (PROCOTEC) a taluzurilor stâncoase;
- proiectarea și executarea dispozitivului de preparare a PROCOTEC-ului;
- realizarea a patru sectoare experimentale de protejare a taluzurilor în debleu.

Rezultatele studiilor și cercetărilor întreprinse au fost valorificate în realizarea a 55 contracte de cercetare din care la 22 am fost responsabil de contract și 42 contracte de proiectare din care la 21 am fost responsabil.

De asemenea, valorificarea rezultatelor obținute s-a făcut și prin publicarea a 35 de lucrări științifice în reviste și publicații ale unor manifestări științifice de specialitate din țară și din străinătate.

# BIBLIOGRAFIE

1. Anđrei, R. **Ghiduri practice pentru construcția terasamentelor.** Editura Tehnică, București, 1991.
2. Anghel, Gh. ș.a. **Cultura pajiștilor.** Editura Agrosilvică. București, 1997.
3. Arnal, G. **Végétalisation des dépôt de déchets.** L.R.O.P. Trappes.
4. Autret, P. și Brousse, J.L. **VIZIR , méthode assistée par ordinateur pour la quantification des dégradations et l' évaluation des besoins entretien d'un réseau routier.** Techniques et méthodes des Laboratoires des Ponts et Chaussées, 1991.
5. Autret, P. **Organisation et mise en place d'un projet d'entretien d'un réseau routier.** Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, 186/1993.
6. Autret, P. **Étude des routes non revêtues VIZIRET. Système de gestion de l' entretien d' un réseau routier.** Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, Juillet – Août 1997.
7. Autret, P. ș.a. **Qualification et quantification des dégradations d'une route non revêtue pour la programmation et le suivi des travaux d' entretien.** Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, 213/1998.
8. Bancea, C. și Schein, T. **Considerații privind posibilitățile de consolidare a rambleurilor la drumuri.** În simpozionul : "Soluții noi, eficiente în proiectarea și execuția structurilor" Timișoara 14 -15 noiembrie 1986.
9. Bancea, C., Schein, T. și Costescu I **Studii experimentale privind execuția drenurilor înguste pentru asanarea terasamentelor căilor de comunicații terestre.** În lucrările sesiuni jubiliare de comunicări științifice. Iași, 1988.
10. Bancea, C. **Studii și cercetări privind posibilitatea protejării și consolidării ecologice a taluzurilor stâncoase.** În a VIII-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, Iași 1996.
11. Bancea, C. ș.a. **Posibilități de realizare a drenurilor longitudinale pe DN 68 Caransebeș – Reșița .** În Zilele Academice Timișene, 23-24 mai 1997.

12. Bancea, C. **Soluții pentru îmbunătățirea viabilității drumurilor din pământ.** În a-~~l~~-a Conferință Națională de Drumuri și Poduri, Iași 1998 .
13. Bancea, C. **Unele aspecte privind gestionarea lucrărilor de întreținere a drumurilor pietruite.** În Zilele Academice Timișene, 27-28 mai 1999.
14. Bancea, C. **Degradări ale drumurilor pietruite și din pământ.** În Zilele Academice Timișene 27-28 mai 1999.
15. Bancea, C. și Costescu, I. **Asanare și consolidare corp drum pe DN 65C Craiova - Horezu.** În Zilele Academice Timișene, 24-25 mai 2001.
16. Baron, T. ș. a. **Calitate și fiabilitate.** Editura Tehnică, București 1988.
17. Belc, F. și Lucaci, Gh. **Căi de comunicație terestre. Elemente de construcție.** Editura Solness, Timișoara, 2001.
18. Bereziuc, R. ș. a. **Drumuri forestiere.** Editura Tehnică, București, 1989.
19. Boulet, M. **Évolution des mesures de l'uni des chaussées dans le monde.** In Bulletin de l' AIPCR nr.265/1988.
20. Braun, H. **Sicherung der Baugruben.** Hochtef - Nachrichten nr.2/1977.
21. Bucșa, D. și Stelea, L. **Strategia dezvoltării rețelei de drumuri publice în România.** În a IX-a Conferință Națională de Drumuri și Poduri. Constanța, 1994.
22. Cedergron, H. R. **Vaincre les prejugsés est les problème prioritaire du drainage.** În al-II-lea Congres Internațional al Geotextilelor, Las Vegas, 1982.
23. Cercel, C. **Unele constatări ce rezultă din compararea traficului de perspectivă cu traficul real recenzat.** În a VIII-a Conferință Națională de Drumuri și Poduri, Cluj – Napoca, 1990.
24. Cleroux, M., I. **Cours de routes. Notes complémentaires. Gestion du projet routier.** Ecole Polytechnique de Montreal, 1992.
25. Coquand, R. **Drumuri.** Vol II. Editura Tehnică, București, 1968.
26. Costescu, I. ș. a. **Considerații asupra eficienței transporturilor auto în funcție de starea drumurilor.** În Buletinul Stiințific și Tehnic al Institutului Politehnic "Traian Vuia". Timișoara, 1980.
27. Costescu, I. **Contribuții la dezvoltarea tehnologiilor de construcție a straturilor rutiere cu materiale energoneintensive.** Teză de doctorat , Institutul Politehnic "Traian Vuia". Timișoara, 1985.
28. Costescu, I., Rus, L. și Bancea, C. **Despre posibilitățile utilizării pământurilor coezive la execuția terasamentelor de drumuri.** În a VII -a Consfătuire a Lucrărilor de Drumuri și Poduri. Pitești, 1986.

29. Costescu, I. și Bancea, C. **Posibilități de eficientizare economică a circulației pe drumurile publice cu trafic redus din județul Timiș.** În Zilele Academice Timișene, 2001.
30. Delanne, Y. **Effets de l'uni sur les qualités d'usage des chaussées.** Rapport général du thème de recherche CH 07. Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, 1995.
31. Dieng, P., A. **Recherche d'un paramétrage d'uni des chaussées et méthodologie d'utilisation en vue de la programmation de l'entretien routier préventif dans les pays en développement.** Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, 1980.
32. Dorobanțu, S. ș. a. **Drumuri. Calcul și proiectare.** Editura Tehnică, București, 1980.
33. Dumitru, P. și Romanoschi, St. **Aspecte privind elementele necesare pentru implementarea Programului HDM III și facilitățile pe care la oferă în gestionarea unei rețele rutiere.** În a IX-a Conferință Națională de Drumuri și Poduri, Neptun, 1994.
34. Feodorov, V. **Utilizarea materialelor geosintetice la execuția și întreținerea drumurilor din România.** În a IX-a Conferință Națională de Drumuri și Poduri, Neptun, 1994.
35. Florea, M., N. **Alunecări de teren și taluze.** Editura Tehnică, București, 1979.
36. Frenderberg, G. **Routes économiques à faible circulation.** Rapport national R.D.G. În al XVI-lea Congres Mondial al Drumurilor, Viena, 1979.
37. Haida, V. **Contribuții la studiul comportării pământurilor sollicitate dinamic și folosirii tehnicii vibrării în geotehnică-vibroforaje.** Teză de doctorat. Institutul Politehnic „Traian Vuia” Timișoara, 1979.
38. Haida, V. și Marin, M. **Geotehnică.** Litografia Universității Tehnice, Timișoara, 1994.
39. Iliescu, M. **Geosintetice.** Editura Dacia, Cluj- Napoca, 1994.
40. Izdrăilă, V. **Drumuri. Elemente geometrice.** Litografia Institutului Politehnic Traian Vuia, Timișoara, 1970.
41. Jeuffroy, G. **Conception et construction des chaussées.** Vol I și II Edition Eyrolles, Paris, 1978.
42. Joneaux, R. **Possibilités comparées des routes non revêtues et des routes revêtues dans les pays africains.** Ministère de la coopération française, 1994.
43. Karst, H. și Pilot, M. **Stabilité des talus routiers.** Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, 1967.

44. Kellner, L. ș. a. **Geosinteticele în construcții.** Vol I. Editura Inedit, București, 1994.
45. Kézdi, A. și Markó, I. **Erdbauteu.** Standsicherheit und Entwässerung, Budapesta, 1969.
46. Koerner, R., M. și Hwu, B., I. **Prefabricated Geocomposite. Drainage Systeme Geosynthetics.** London, World nr. 1/1990.
47. Korsaga, S. **Quelques aspects des modèles de gestion routière.** Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, 1990.
48. Lateș, M. și Zaharescu, E. **Stabilitatea malurilor și taluzurilor.** Editura Ceres, București, 1977.
49. Lucaci, G., Ionescu, N. și Bancea, C. **Instrucțiuni tehnice departamentale pentru prevenirea și remedierea defecțiunilor la îmbrăcămintile rutiere moderne.** În Buletinul Construcțiilor vol. 8/1986.
50. Lucaci, G., și Herman, A. **Gestiunea drumurilor, factor determinant în asigurarea viabilității acestora.** În Zilele Academice Timișene, 1999.
51. Lucaci, G., și Nicoară, L. **Reabilitarea drumurilor din pământ și a drumurilor pietruite.** În Zilele Academice Timișene, 1999.
52. Lucaci, G. **Strategia Administrației Naționale a Drumurilor în domeniul modernizării și dezvoltării infrastructurii rutiere în România.** În Zilele Academice Timișene, 2001.
53. Lucaci, G. **Defecțiunile îmbrăcămintilor rutiere moderne. Definiere, cauze, metode de remediere.** Editura Solness, Timișoara, 2001.
54. Malița, I. **Conceptul de reabilitare a drumurilor.** În Zilele Academice Timișene, 2001.
55. Maniov, V. **Căi de comunicație rutieră și dezvoltarea durabilă.** În Zilele Academice Timișene, 2001.
56. Marinescu, C. **Asigurarea stabilității terasamentelor și versanților. Concepții și soluții moderne.** Vol. I și II. Editura Tehnică, București, 1988.
57. Mateescu, C. **Hidraulică.** Editura Tehnică, București, 1979.
58. Nemesdy, E. **Útpályaszerkezetek.** Útépitésstan II Tankönyvkiadó, Budapest, 1989.
59. Nicoară, L. **Defecțiunile îmbrăcămintilor rutiere. Tehnologii pentru prevenirea și remedierea lor.** Teză de doctorat Institutul Politehnic "Traian Vuia" Timișoara, 1974.
60. Nicoară, L., Bilțiu, A. și Ionescu, N. **Routes economiques. Routes a faible circulation.** Raport național la tema VIII, al XV-lea Congres Mondial de Drumuri, Mexico, 1975.
61. Nicoară, L., Munteanu, V. și Ionescu, N. **Întreținerea și exploatarea drumurilor.** Editura Tehnică, București, 1979.

62. Nicoară, L. și Udvardy, L. **Unele considerații privind evaluarea eficienței economico-sociale a construcției și întreținerii drumurilor.** În a VI-a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de Drumuri, Poduri și Căi Ferate. Tușnad, 1982.
63. Nicoară, L., Bancea, C. și a. **Întreținerea și exploatarea drumurilor.** Referat general al secțiunii a II-a. În a VII-a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de Drumuri și Poduri, Pitești, 1986.
64. Nicoară, L. și Lucaci, Gh. **Proiectarea și construcția drumurilor. Terasamente.** Litografia , Institutului Politehnic "Traian Vuia" Timișoara, 1987.
65. Nicoară, L. și Lucaci, Gh. **Trafic și autostrăzi.** Litografia Institutului Politehnic "Traian Vuia" Timișoara, 1988.
66. Nicoară, L. **Terminologie rutieră.** În Revista Drumuri Poduri nr.28 1996 și în Zilele Academice Timișene, 1997.
67. Nicoară, L., Bancea, C. și a. **Îndrumător pentru laboratoarele de drumuri.** Ediția a V-a Editura Inedit, București, 1998.
68. Nicoară, L. și a. **În memoria drumurilor.** Editura Inedit, București, 1998.
69. Nicoară, L. și a. **Construcția drumurilor.** Editura Tehnică, București, 2000.
70. Păunescu, M., Haida, V. și Schein, T. **Aspecte privind stabilizarea și consolidarea alunecărilor de teren cu drenuri vibroforate pe unele drumuri.** În a III-a Sesiune de comunicări științifice DDP- Catedra de Drumuri și Fundații, Timișoara, 1977.
71. Păunescu, M. **Tehnica vibrării în realizarea fundațiilor.** Editura Facla, Timișoara, 1979.
72. Păunescu, M., și Schein, T. **Executarea unor drenuri orizontale cu ajutorul vibrării.** Revista Transporturilor nr.8/1981.
73. Păunescu, M., Schein, T., Rădulescu, S. și Bancea, C. **Unele aspecte privind asanarea și consolidarea unei porțiuni de terasament.** În a VI-a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri, Poduri și căi ferate, Tușnad, 1982.
74. Păunescu, M. Silon, T. și Pop, V. **Geotehnică și fundații.** Editura Didactică și Pedagogică, București, 1982.
75. Peiguand, M. **Ramblais sur sols compressibles.** În Bulletin de Liaison des Laboratoires des Pons et Chaussées. Special T-1973.
76. Petanec, D. și Bancea, C. **Nou în domeniul stabilizării și estetizării terenurilor puțin fertile sau sterile.** În Revista Agricultură Banatului nr. 7/1994



77. Popescu, M. și Chirică, A. **Probleme noi în analiza și asigurarea stabilității taluzurilor și versanților.** În a VIII-a Conferință Națională de Drumuri și Poduri, Cluj- Napoca, 1990.
78. Retour, P. și Guillemin, R. **Un nouveau système d' aide à la gestion routiere le Décrireoute.** In Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées nr.146/1986
79. Schein, T. **Contribuții la studiul și realizarea fundațiilor indirecte executate cu utilaje vibratoare.** Teză de doctorat. Institutul Politehnic "Traian Vuia", Timișoara, 1980.
80. Schein, T. și Bancea, C. **Considerații privind posibilitățile de consolidare a rambleurilor la drumuri.** În a VII-a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de Drumuri și Poduri, Pitești, 1986.
81. Schein, T., Bancea, C. și Costescu, I. **Calculul consolidării realizate cu elemente ranfort la rambleurile înalte ale drumurilor executate pe terenuri compresibile.** În Simpozionul: "Soluții eficiente în construcția și întreținerea drumurilor podurilor și căilor ferate", Cluj-Napoca, 1987.
82. Schein, T., Bancea, C., Costescu, I., Strungă, V. și Lazie, I. **Tehnologie și echipament pentru realizarea drenurilor înguste.** CERTIFICAT DE INOVATOR nr.1286/1989.
83. Schein, T., Stelea, L. și Bancea, C. **Procedeu și dispozitiv pentru ranforsarea terasamentelor căilor de comunicație terestre.** BREVET DE INVENȚIE nr.50675/1990.
84. Stanciu, A. ș.a. **Considerații privind stabilitatea masivelor de pământ.** În a VIII-a Conferință Națională de Geotehnică, Iași, 1996.
85. Stelea, L. **Monitorizarea traficului greu și efectele asupra rețelei de drumuri.** În al IX-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, Iași, 1998.
86. Strungă, V. ș.a. **Drenuri cu geotextile.** În a XI-a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de Drumuri și Poduri, Tușnad, 1982.
87. Strungă, V. **Elemente de calcul pentru proiectarea lucrărilor cu geotextile.** În Revista transporturilor și Telecomunicațiilor nr.2/1984.
88. Strungă, V. ș.a. **Drenuri înguste cu geotextile.** În Revista transporturilor și Telecomunicațiilor nr.8/1984.
89. Strungă, V., Schein, T., Bancea, C. și Neamțu, M. **Instrucțiuni tehnice departamentale privind proiectarea și execuția drenurilor înguste pentru lucrări de drumuri și căi ferate.** INCERTRANS, București, 1988.

90. Strungă, V., Bancea, C. și Schein, T. **Drenuri înguste cu geotextile. Dimensionarea și execuția drenurilor înguste pentru drumuri.** În Revista Transporturi și Telecomunicațiile nr.11/1989.
91. Strungă, V., Neamțu, M. Schein, T. și Bancea, C. **Dimensionarea și execuția drenurilor înguste pentru drumuri.** În a VII-a Conferință Națională de Drumuri și Poduri, Cluj-Napoca, 1990.
92. Strungă, V. ș.a. **Prefabricatul drenant PLASTIDREN și ecrane drenante pentru drumuri și autostrăzi.** În Revista Drumuri Poduri nr.25...27/1995.
93. Strungă, V. și **Manual pentru geotextilele TERASIN, MADRITEX, SECUNET, și altele geosintetice.** Editat de S.C. MINET S.A. Râmnicul Vâlcea și Institutul de Cercetări în Transporturi INCERTRANS S.A. București, 1996.
94. Terzaghi, K. și Peck, R.B. **Soil Mechanics. Engineering Practice.** New York, John Wiley & Sons. Inc. New York, London, Sydney, 1967.
95. Udvardy, L. și Malița, I. **Analiza cost-beneficiu complexă în studiile de fezabilitate a activităților și lucrărilor rutiere.** În a IX-a Conferință Națională de Drumuri și Poduri, Neptun, 1994.
96. Vlad, V.N. **Contribuții în problema studierii efectului înghețului asupra drumurilor.** Teză de doctorat. Institutul Politehnic "Gheorghe Asachi" Iași, 1982.
97. Zarojanu, H. **Drumuri. Trasee.** Litografia Institutului Politehnic, Iași, 1991.
98. Wehry, A., David, I și Man, T.E. **Probleme actuale în tehnica drenajului.** Editura Facla, Timișoara, 1982.
99. xxx **Colecția Revista Transporturilor Auto, Navale și Aeriene, 1970-2000.**
100. xxx **Colecția Revue Générale des routes et des aerodromes, 1970-1999.**
101. xxx **Colecția Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées 1970 – 2001.**
102. xxx **Colecția Routes, 1985-2001.**
103. xxx **Rapoartele generale și naționale de la Congresele mondiale de drumuri de la Viena, 1979; Sidney, 1983; Bruxelles, 1987; Montreal, 1995; Marrakech, 1991 și Kuala Lumpur, 1999.**
104. xxx **Consolidarea rampelor de acces la pod peste pârâul Moravița pe DN 59 Timișoara-Moravița (contr.336/1979).**

105. xxx                   **Consolidarea DN 68A Lugoj Ilia, km 52+400 - 52+500**  
(contr.342/1979 și 28/ 1982).
106. xxx                   **Studii și cercetări privind lucrările de terasamente și sisteme rutiere la drumurile forestiere din județul Arad ( contr.182/1982 și 181/1986).**
107. xxx                   **Studii și cercetări privind calculul și execuția mecanizată a drenurilor pentru C.C.T. ( contr.8/1986).**
108. xxx                   **Norme tehnice privind utilizarea geotextilelor și geomebranelor la lucrărilor de construcții. Ind. C 227- 88. În Buletinul Construcțiilor nr.3/1988.**
109. xxx                   **Studii și experimentări pentru realizarea unui produs special ( PROTOTEC) care aplicat pe taluzuri să realizeze înierbarea, protejarea, consolidarea și estetizarea ecologică a acestora.**  
(constr.24/1993).
110. xxx                   **Categorii de vehicule, caracteristice traficului din România.**  
CESTRIN, Recensământul general de circulație în 1995.
111. xxx                   **Guide pour le choix de la technique de construction et d'entretien de routes non revêtues.** Direction de Routes du Maroc, 1995.
112. xxx                   **Gestion des chaussées.** Seminaire sur les infrastructures routières et la voirie urbaine réalise par Groupe Conseil Eduplus. Inc. en collaboration avec Ecole Polytechnique de Montréal.Timișoara, 1996.
113. xxx                   **Studii de circulație pe drumurile publice locale ale județului Timiș în perioada 1975...1995.** INCERTRANS. București 1996.
114. xxx                   **Normativ pentru prevenirea și remedierea defecțiunilor la îmbrăcămințile rutiere moderne.** Redactarea a II-a Beneficiar: M.L.A.P.A.T. (contr.3411/1997).
115. xxx                   **Norme tehnice privind stabilirea clasei tehnice a drumurilor publice.**  
Ord. M.T. nr.46/1998. În Monitorul Oficial nr.138 bis/1998.
116. xxx                   **Județul Timiș. Strategia de dezvoltare economico-socială.** În Editura Orizonturi universitare, Timișoara, 1999.
117. xxx                   **Recensământul general de circulație. Anul 200.**Județul Timiș.  
Administrația Națională a drumurilor. Centrul de Studii Tehnice Rutiere și Informatică. București, 2001.