

INSTITUTUL POLITEHNIC "TRAIAN VUIA"
TIMISOARA

FACULTATEA DE CONSTRUCTII

ING. ION COSTESCU

TEZA DE DOCTORAT

"CONTRIBUTII LA DEZVOLTAREA TEHNOLOGIILOR DE
CONSTRUCTIE A STRATURILOR RUTIERE CU MATERIALE
ENERGONEINTENSIVE"

BIBLIOTECA CENTRALA
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMISOARA

CONDUCATOR STIINTIFIC

PROF.DR.ING. LAURENTIU NICOARA

1985

INSTITUTUL POLITEHNIC TIMISOARA	
S.C. 2	
Volume	497001
Data	189 III. G

C U P R I N S

	Pag.
Prefață	1
CAP.1 NECESITATEA ÎMBUNĂTĂȚIRII STĂRII DRUMURILOR. SITUAȚIA VIABILITĂȚII DRUMURILOR DIN SUD- VESTUL ȚĂRII	5
1.1. Evoluția traficului rutier în zona de sud- vest a țării	5
1.1.1 Evoluția traficului rutier până în prezent în zona de sud-vest a țării	6
1.1.2. Evoluția traficului rutier în perspec- tivă	8
1.2 Influența stării tehnice a drumurilor asu- pra consumului energetic	10
1.3. Calculul pierderilor bănești produse eco- nomiei de traficului rutier, funcție de stă- rea drumurilor în zona de sud-vest a țării	13
1.3.1 Calculul pierderilor rezultate prin cir- culația autovehiculelor pe drumuri pietru- ite față de circulația pe drumuri cu îm- brăcăminți moderne	19
1.3.2 Calculul pierderilor bănești produse de traficul rutier la pasajele de nivel cu calea ferată	24
1.4 Alte aspecte ale eficienței transporturilor auto în funcție de starea drumurilor	27
1.5 Concluzii și propuneri	28
CAP.2 STUDIUL MATERIALELOR LOCALE A SUBPRODUSELOR ȘI DEȘURILOR INDUSTRIALE DIN ZONA DE SUD- VEST A ȚĂRII	29
2.1 Caracteristici generale ale rocilor utile din partea de sud-vest a țării	30
2.1.1 Principalele cariere și balastiere din zona de sud-vest a țării	33

2.2	Caracteristicile subproduselor și deșeurilor industriale	36
2.2.1	Cenușa de termocentrală	36
2.2.1.1	Proprietățile fizice ale cenușilor	37
2.2.1.2	Proprietățile mecanice ale cenușei	39
2.2.1.3	Compoziția chimică a cenușilor . .	41
2.2.1.4	Compoziția mineralogică a cenușilor	43
2.2.1.5	Proprietățile cenușilor în raport cu apa	44
2.2.1.6	Reactivitatea cenușii de termocentrală	46
2.3	Zgura de furnal înalt	48
2.3.1	Zgura de haldă	49
2.3.2	Zgura granulată de furnal înalt . . .	51
2.3.3	Zgura expandată	54
2.4	Deșeuri de carieră	55
2.5	Deșeuri din industria minieră	57
2.6	Deșeuri din industrie chimică	58
2.7	Concluzii și propuneri	60

CAP.3 STUDII ȘI EXPERIMENTARE EFECUATE ÎN LABORATOR, ASUPRA CARACTERISTICILOR MATERIALELOR LOCALE ȘI SUBPRODUSELOR INDUSTRIALE ÎN VEDEREA UTILIZĂRII LOR, LA EXECUȚIA STRĂTURILOR RUTIERE

3.1	Compactarea pământurilor	64
3.2	Lianți pe bază de materiale puzzolone și var sau ciment	71
3.2.1	Mecanismul de întărire al lianților	73
3.2.2	Influența componentelor lianțului . . .	74
3.3	Stabilizarea pământurilor cu lianți puzzolani	82
3.3.1	Stabilizarea cu var	82
3.3.2	Stabilizarea cu cenușă de termocentrală	86
3.3.2.1	Stabilizarea pământurilor coezive cu cenușă de termocentrală	87
3.3.2.2	Stabilizarea pământurilor necoezive cu cenușă de termocentrală	93
3.3.2.2.1	Stabilizarea nisipului de Timiș cu cenușă de termocentrală	95

3.3.2.2 Stabilizarea nisipului de Jin cu cenuse de termocentrală de la Ișalnița	98
3.3.3 Stabilizarea pământurilor cu zgură granulată de furnal înalt	100
3.3.3.1 Stabilizarea pământurilor coezive cu zgură granulată de furnal înalt	102
3.3.3.2 Stabilizarea pământurilor necoe- zive cu zgură granulată de furnal înalt	104
3.3.3.3 Stabilizarea pământurilor necoe- zive cu zgură	107
3.4 Posibilități de utilizare la execu- ția straturilor rutiere a pietrei na- turale de la Măla și Curtea	110
3.4.1 Piatra naturală de la cariera Măla	110
3.4.2 Beton de ciment cu cenuse de termo- centrală cluată	113
3.4.3 Piatra naturală de la cariera Curtea	119
3.5 Stabilizarea pământurilor necoezive cu carbonat de calciu precipitat	121
3.6 Cercetări asupra utilizării deșeurilor din industria minieră la execuția stra- turilor rutiere	123
3.7 Unele subproduse industriale ca filere în mixturile asfaltice	127
3.8 Concluzii și propuneri	129
CAP.4 EXECUȚIA SECȚIUNILOR EXPERIMENTALE ȘI COMPORTAREA LOR ÎN EXPLOATARE	132
4.1 Straturi rutiere cu consum redus de energie și materiale energointensive la sistemele rutiere nerigidă	133
4.1.1 Straturi de fundație din pământuri necoezive stabilizate cu lianți pu- zolantici	133
4.1.2 Macadamuri penetrabile la rece cu emuție bituminoasă	139
4.1.3 Inbrăcămintă bituminoasă din beton asfaltic cu agregate naturale crăca- roasă locale	150

4.2 Noi tehnologii de realizare a sistemelor rutiere rigide	156
4.2.1 Fundații din pământuri stabilizate cu lianți puzzolani pentru sistemele rutiere rigide	157
4.2.2 Noi tehnologii de realizare a macadamurilor cimentate	164
4.2.2.1 Macadam cimentat cu mortar din zgură și ciment	164
4.2.3 Imbrăcămintele din beton de ciment cu agregate de natură calcareasă clustată	166
4.3 Concluzii și propuneri	171
CAP.5 CONCLUZII FINALE	174
5.1 Cu privire la starea tehnică a drumurilor și modul cum aceasta acționează asupra autovehiculelor	175
5.2 Cu privire la materialele din zona de sud-vest a țării studiate	176
5.3 Cu privire la posibilitățile de utilizare la executarea structurilor rutiere a materialelor locale și subproduselor industriale	179
5.4 Cu privire la tehnologiile experimentate și comportarea lor în exploatare	180
5.5 Contribuțiile originale ale autorului și valorificarea cercetărilor	181
Bibliografie	185

PREFATA

Transporturile în contextul general al satisfacerii cerințelor de transport ale economiei naționale și populației, după cum spunea Marx " În afară de industria extractivă, de agricultură și de industria prelucrătoare, mai există a patra ramură a producției materiale, care este industria transporturilor, indiferent dacă aceasta deplasează oameni sau mărfuri " cu la nivelul economiei naționale implicații economice și sociale dintre cele mai semnificative.

Transporturile rutiere, caracterizate prin gradul mare de mobilitate al autovehiculelor constituie o ramură importantă a transporturilor după cum spunea torzarul Nicolae Ciampău " Se vor lua măsuri pentru utilizarea largă a autovehiculelor de mare capacitate, folosirea eficientă a tuturor autovehiculelor, creșterea indicilor de utilizare și a acestora și reducerea distanței medii de transport ".

Criza energetică care afectează și sectorul rutier a dus la reducerea fondurilor de investiții în construcția drumurilor, fapt ce a condus la adaptarea unor niveluri de servicii diferențiate în construcția și întreținerea drumurilor și la de importanța acestora. În acest sens se caută să se aplice tehnologii energoeficiente care să folosească eficient materialele energoeficiente și să valorifice la maximum materialele de materiale locale, agregate și deșeurii industriale.

Pentru aceasta de o deosebită importanță sînt studiile de cercetare în explorare a unor metode experimentale de drum, executate aplicînd tehnologii eficiente, studii care în final conduc la implementarea acestor tehnologii în activitatea curentă de construcție și întreținere a drumurilor.

În acest context în lucrarea de față se caută să se răspundă la unele din aceste probleme. Lucrarea are un caracter practic și are la bază o gamă largă de experimentări de laborator și de execuție a multor metode experimentale în unitățile de drumuri din partea de sud - vest a țării (fig.1.2.) Drumurile naționale și locale care sînt cuprinse în zona de sud - vest a țării, sînt cele prezentate în fig.1.1.

In capitolul 1 "Necesitatea îmbunătățirii stării drumurilor. Situația viabilității drumurilor din Sud-Vestul țării". prezintă evoluția traficului rutier până în prezent și în perspectivă și economiile care se pot aduce prin creșterea unor condiții corespunzătoare de circulație pe drumurile din partea sud-vest a țării.

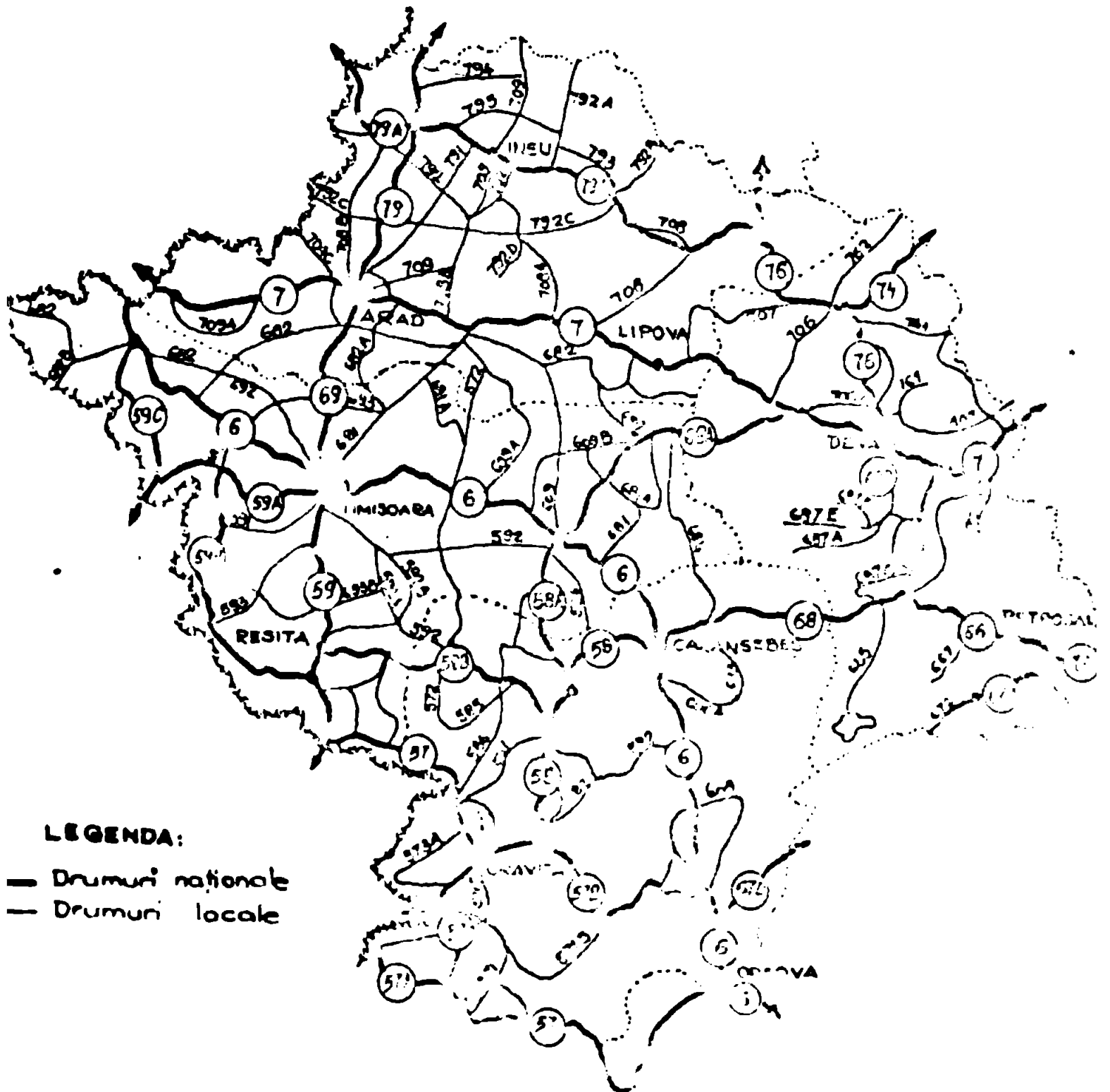


Fig. 4.4. Drumurile naționale și locale din zona de sud-vest a țării

In capitolul 2 " Studiul materialelor locale a supreduselor și deșeurilor industriale din zona sud-vest a țării " s-au determinat caracteristicile fizice-mecanice ale unor materiale locale, supreduse și deșeurilor industriale din zonă și pe baza acestora s-au stabilit posibilitățile de utilizare la construcția și întreținerea drumurilor.

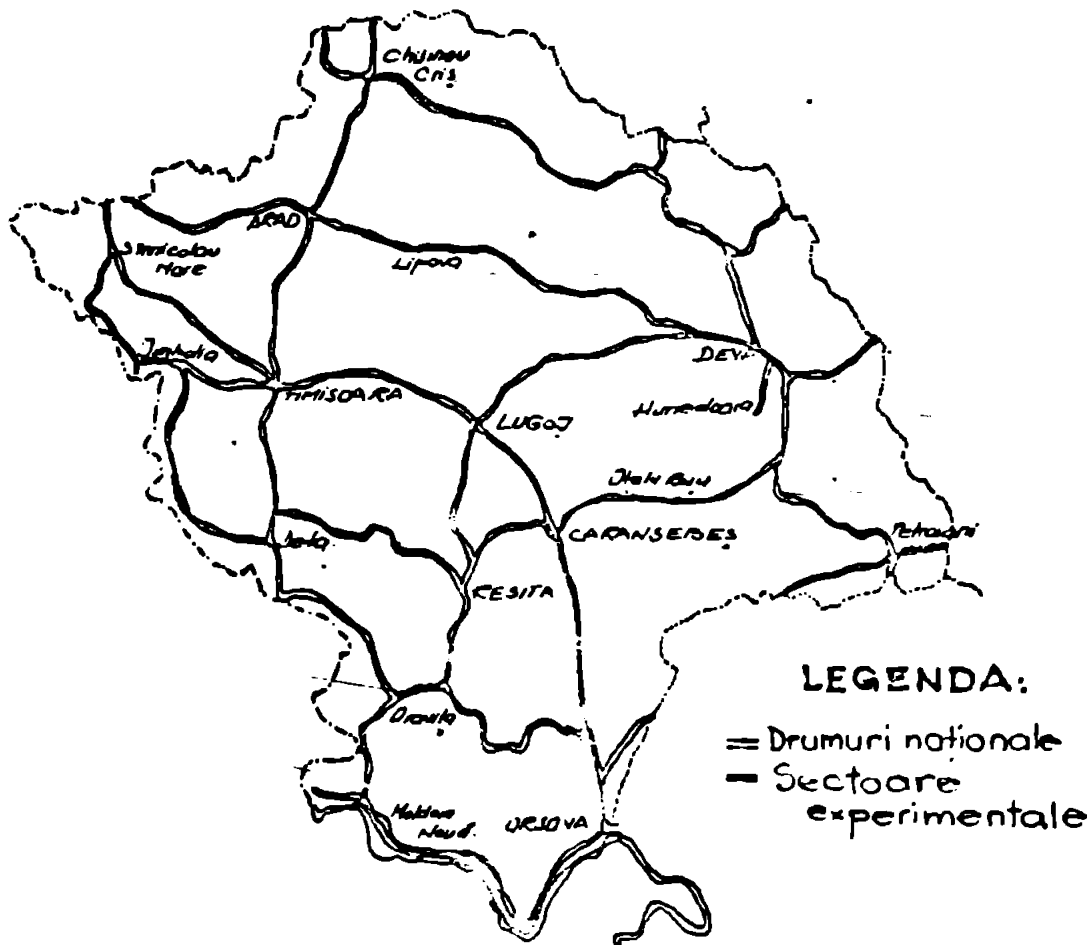


Fig.1.2. Sectoarele experimentale executate in partea de sud-vest a țării.

In capitolul 3 " Studii și experimentări efectuate in laborator, asupra caracteristicilor materialelor locale a supreduselor și deșeurilor industriale in vederea utilizării lor, la executarea straturilor rutiere " se prezintă caracteristicile obținute in laborator cu aceste materiale in vederea obținerii de rezultate necesare pentru a putea trece la executarea straturilor experimentale de straturi rutiere realizate cu materiale energice intensive.

In capitolul 4 " Execuția sectoarelor experimentale și comportarea lor in exploatare " se prezintă tehnologiile de execuție a sectoarelor experimentale, comportarea lor in exploatare și eficiența economică adusă economiei naționale exprinsată pri-

reducerea consumului de materiale energointensive și reducerea prețului de cost.

În capitolul 5 " Concluzii finale " se arată modul de valorificare a lucrării și contribuția autorului.

Lucrarea s-a desfășurat sub îndrumarea teoretică a prof. dr. ing. Laurențiu Năcoară, căruii ținem să-i mulțumim călduros și sincer pentru îndrumare și ajutorul permanent acordat la pregătirea și elaborarea tezei de doctorat, pentru sprijinul competent și exigent cu care ni-a călăuzit pașii în dezvoltarea noastră profesională și ni-a inspirat dragoste și pasiune pentru știință.

Aduc de asemenea mulțumiri colectivului Catedrei de Drumuri, fundații și instalații în construcții și în special teoreticului prof. dr. ing. Maria Păunescu care ne-a sprijinit în activitatea de cercetare și de elaborare a tezei de doctorat.

Aduc calde mulțumiri conducerei Direcției de Drumuri și poduri Timișoara și în mod deosebit teoreticului ing. Laurențiu Stelea pentru sprijinul acordat în realizarea și utilizarea în explorare a secțiilor experimentale.

Gândurile mele de recunoștință se îndreaptă de asemenea către drumarii de pe șantierul construcțiilor Olgare, Dava și Timișoara, care au contribuit la aplicarea în producție a rezultatelor cercetărilor de laborator.

**CAP. I. NECESITATEA ÎMBUNĂTĂȚIRII STĂRII DRUMURILOR.
SITUAȚIA VIABILITĂȚII DRUMURILOR DIN SUD-
VESTUL ȚĂRII.**

Căile de comunicație terestră asigură transportul mărfurilor și călătorilor pe distanțe lungi și scurte în condiții de siguranță și confort. Specialiștii din domeniul drumurilor sînt în permanență preocupăți de asigurarea acestora într-o stare de viabilitate corespunzătoare și îmbunătățirea stării tehnice a lor, datorită faptului că traficul rutier se dezvoltă în permanență, iar asigurarea condițiilor pentru o circulație cu siguranță maximă este o preocupare permanentă a lucrătorilor din domeniul rutier.

1.1. Evoluția traficului rutier în zona de sud-vest a țării.

Datorită dezvoltării în ritmuri susținute a industriei și agriculturii apare implicit ca o consecință a acestora și nevoia de a transporta aceste produse, transport care se realizează în ultimul timp în volum tot mai mare prin transporturile auto [24]. Ca urmare a satisfacerii acestor necesități de transport, traficul rutier a cunoscut o creștere rapidă în ultimii ani, fapt pus în evidență prin recensămintele periodice de circulație efectuate pe rețeaua de drumuri publice [86,92].

În general asupra drumurilor acțiunea dăunătoare a traficului rutier și factorii climaterici. În ceea ce privește acțiunea traficului rutier, trebuie menționat în evidență influența traficului greu, care are un efect distructiv asupra complexului rutier, trecerea unui vehicul de mare tonaj (de pildă 50 kW încălzare utilă) este echivalentă cu trecerea a două milioane de autoturisme de ordinul a 10^5 . Influența pe care o are traficul greu asupra comportării în exploatare a complexelor rutiere este prezentată în tabelul 1.1.

Tabelul 1.1.

Încălzirea pe oră a vehiculului, kW	Pondere în traficul total %	Dezavantaj provocat suprafeței de rulare %
100	80	10
100...130	12	20
130	8	75

1.1. Evoluția traficului rutier până în prezent în zona de sud-vest a țării.

Analizând dinamica circulației rutiere, rezultă că în perioada 1960-1980, volumul anual al circulației a crescut pe rețeaua drumuri naționale de 6 - 7 ori pentru întreaga circulație rutieră și de 11,3 ori pentru autoturism, așa cum se arată în fig. 3. Tot în această perioadă traficul rutier exprimat în vehiculele A 13 a crescut de peste 13 ori, ceea ce a impus un efort substanțial financiar și tehnic pentru asigurarea și menținerea viabilității rețelei rutiere din această parte a țării. [15]

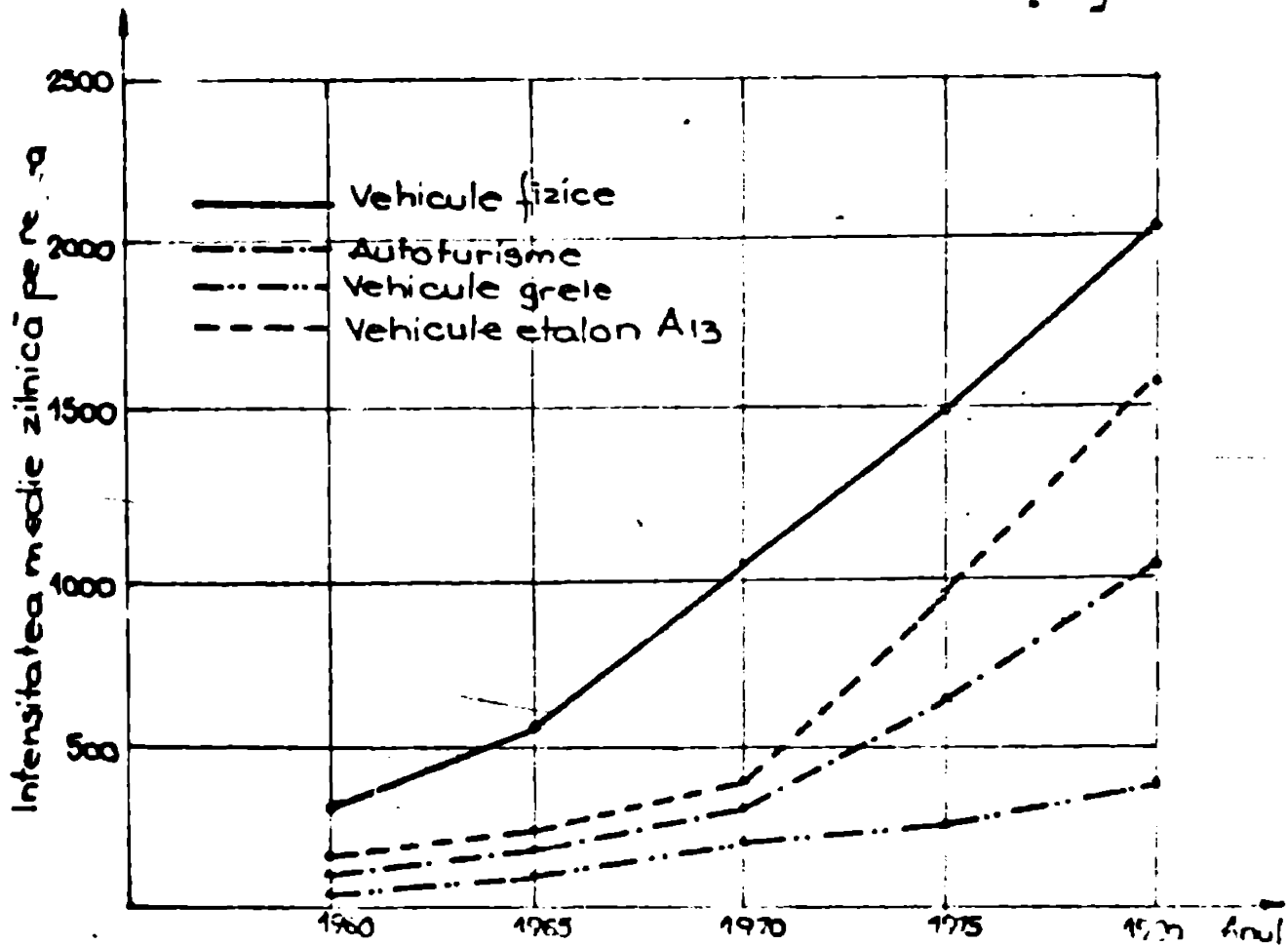


Fig. 1.3 Evoluția traficului rutier pe DN. din sud-vestul țării.

În acest sens s-au căutat soluții deosebite pentru găsitul de noi surse de materiale neconvenționale care să poată înlocui cu succes materialele rutiere tradiționale care au devenit rare cauzate de energie și tehnici sofisticate. De asemenea în condițiile creșterii intensității traficului în domeniul traficului greu, specialiștii din domeniu au fost puși în situația de a găsi și experianța noi structuri rutiere care să corespundă din punct de vedere al capacității portante și totodată al consumului redus de energie.

În ultimii ani criza energetică mondială care s-a reînnoit și în țara noastră, a determinat unele modificări substanțiale în componența traficului rutier, astfel în structura parcului de

autovehicule au apărut tot mai multe autocamioane și autobuze de mare capacitate. În perioada 1970-1980 intensitatea traficului rutier exprimată în vehicule de calcul A13 a crescut de 4,1 ori față de 3,3 ori în perioada 1960-1970 (fig.1.4)

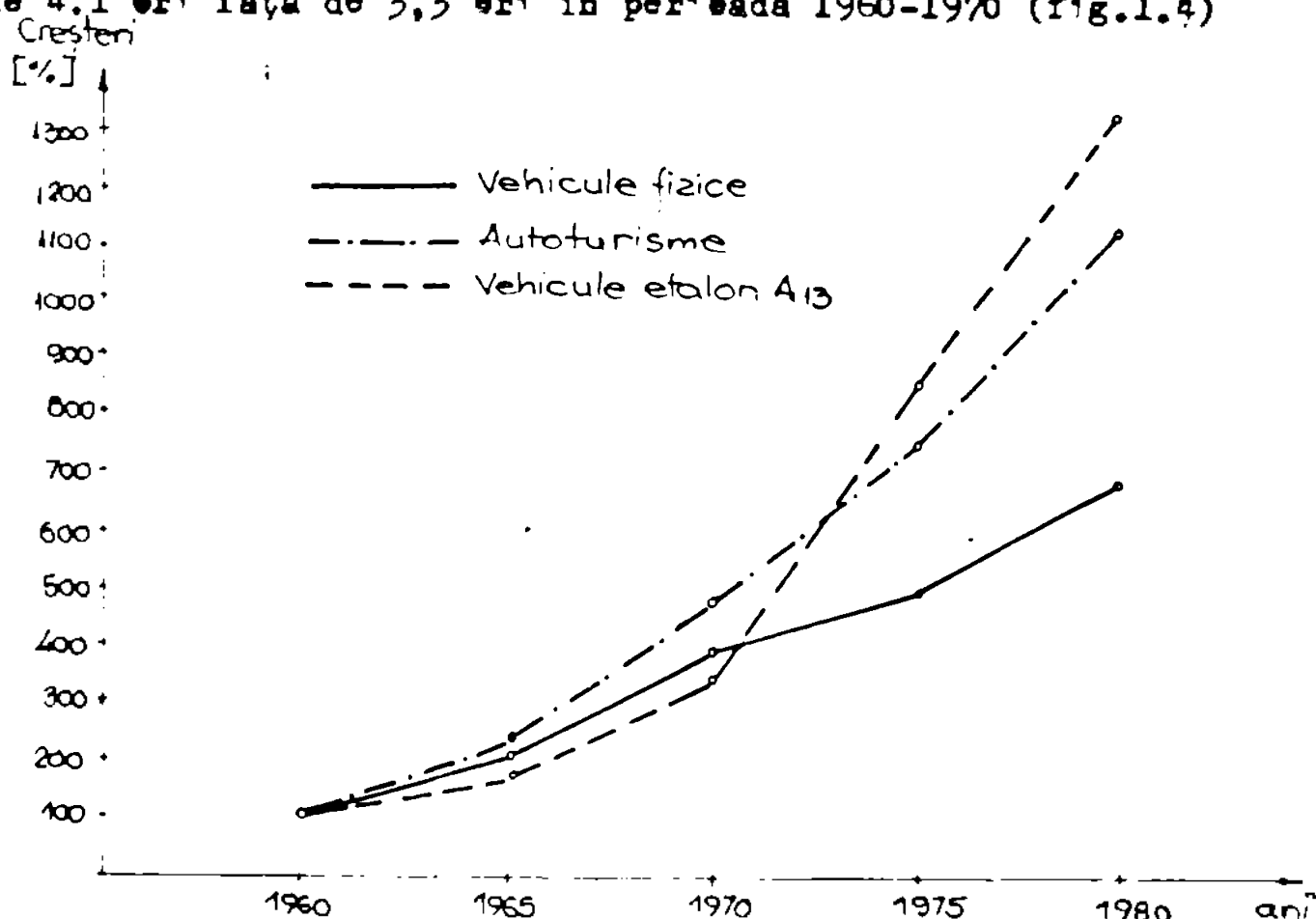


Fig. 1.4 Evoluția traficului rutier pe tipuri de autovehicule.

Având în vedere că dimensionarea sistemelor rutiere se efectuează pentru traficul de perspectivă, trafic care este prognozat, utilizând coeficienți de evoluție, care sînt stabilite funcție de o serie de parametri și care nu întotdeauna exprimă realitatea în totalitate, dar de cele mai multe ori erorile sînt aproape neglijabile. Pentru exemplificarea acestui fapt, în tabelul 1.2 se prezintă intensitatea medie zilnică anuală pentru totalul vehicule și câteva grupe principale de autovehicule în anul 1980 și evoluția sa reală și prognozată față de anul 1975.

Tabelul 1.2

Caracteristici	Total vehicule	Autoturisme și cuto-utilit.	Autocamioane 15-50 kN	Autocamioane 50 kN și mai mare	Autotractoare și sa	Vehicule etalon A13
Medie zilnică anuală 1980 veh/24 ore	2035	1021	212	221	162	1592
Coefficient de evoluție real, raport. la anul 1975	1,36	1,56	0,74	2,06	1,13	1,63
Coeff. de evol. prognozat	1,40	1,70	1,00	2,00	1,10	1,75

Din tabelul 1.2 se observă faptul că creșterea totală a traficului real a fost de + 36% față de cea prognozată de + 40%, deci se poate afirma că există o concordanță satisfăcătoare între traficul prognozat și cel real obținut pe perioada 1975-1980. Diferențele mai mari obținute pe grupe de vehicule se pot explica prin faptul că în această perioadă a fost resimțită destul de accentuat criza mondială de energie, elemente care nu au putut fi luate în considerare în totalitate la elaborarea prognozei. De asemenea se observă că traficul greu^{de} autovehicule cu sarcina peste 50 kN a crescut față de anul 1975 în anul 1980 cu 106%, fapt ce duce la creșterea substanțială a solicitărilor la care este supus complexul rutier și totodată accelerarea fenomenului de obsolescență a încălzimintilor rutiere în special a celor bituminoase. Trecerea repetată pe aceeași suprafață a părții carosabile a unui număr mare de vehicule grele, generează deformații mari având drept rezultat o micșorare a capacității portante a complexului rutier [15]

S-a ajuns astfel ca în prezent 80% din rețeaua de drumuri naționale să fie solicitată de un trafic greu și foarte greu. În ultimii ani ponderea traficului de autoturisme și de autovehicule foarte grele din traficul total este în continuă creștere, fapt ce reiese și din tabelul 1.3.

Tabelul 1.3.

Tipul autovehiculelor	Anul	
	1975	1980
Autoturisme și autoutilitare	44%	50%
Autovehicule cu sarcina 50 kN	16%	18%

Din tabelul 1.3. rezultă faptul că numărul autovehiculelor grele și foarte grele a crescut pe perioada 1975-1980 cu 2% din numărul total de vehicule fizice.

1.1.2. Evoluția traficului rutier în perspectivă.

Iuind în considerare prognoza traficului, intensitatea medie anuală pe rețeaua drumurilor publice, va crește în perspectivă, așa cum este prezentată în tabelul 1.4.

Se observă din tabelul 1.4. că în perspectivă traficul rutier crește în continuu ajungând ca în anul 1995 să fie mai mare cu 462% față de 1970. Trebuie să evidențiem faptul că în această perioadă modificările importante care se produc în structura traficului rutier sînt cele în structura traficului de

mară, traficul greu și foarte greu înregistrând o creștere mai mare decât traficul total.

Tabelul 1.4

Tipul drumului	1970	1975	1980	1985	1990	1995
Drumuri naționale vehicule fizice	1100	1496	2035	3149	4117	5087
%	100	135	185	295	374	462
Drumuri județene vehicule fizice	450	510	654	870	1252	1575
%	100	113	145	191	280	350

Astfel, dacă în perioada 1970-1995 traficul total exprimat în vehicule fizice crește de 4,62 ori, traficul greu și foarte greu crește de 4,91 ori pentru aceeași perioadă, fenomen ce se prezintă în fig. 1.5.

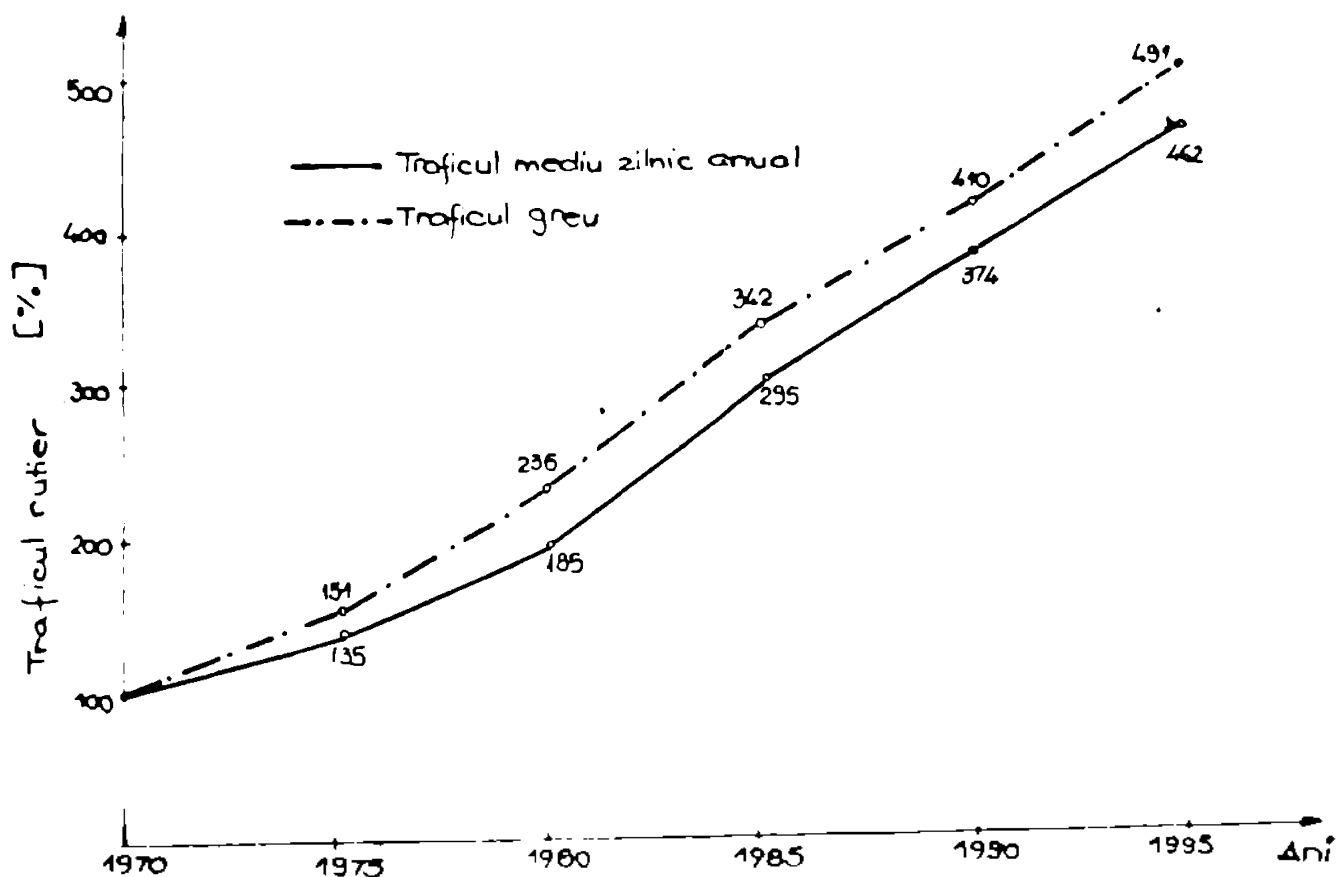


Fig. 1.5 Evoluția traficului rutier în perspectivă pe D.N.

Din tabelul 1.4. rezultă că în anul 1995 întreaga rețea de drumuri naționale va avea un trafic mediu zilnic anual mai mare de 5000 veh/24 ore, iar legea 43/1976 prevede ca drumurile care au un trafic mediu zilnic anual între 7501-10000 veh/24 ore (clasa tehnică 2) trebuie să aibe 4 benzi de circulație, iar cele cu trafic mediu zilnic anual de peste 10000 veh/24 ore (clasa tehnică I) să fie amenajate ca autostrăzi.

INSTRUMENTAR
LABORUL CENTRAL

Dacă media vehiculelor fizice în 24 ore pe drumurile naționale te de 5087, rezultă că unele drumuri se vor încadra în clasa tehnică și I și deci ele vor necesita amenajări de lărgiri de la 2 benzi de circulație la 4 benzi de circulație și desigur construcția de autostrăzi. De aceea este necesar ca drumurile naționale să-și sporească capacitatea de circulație pe cca. 10...15% din lungime în fiecare an prin lărgiri și dublări de benzi de circulație și construcția de autostrăzi. Pe lângă creșterea intensității traficului de respectivă, crește și traficul greu și foarte greu, deci și sollicitarea rețelei existente din punct de vedere al capacității portante, astfel dacă în anul 1980 numai 18% din rețeaua drumurilor naționale te sollicitată de traficul greu și foarte greu, în anul 2000 va fi 95% din rețeaua drumurilor naționale sollicitată de traficul greu foarte greu [116]

Din datele prezentate rezultă că, cu toate greutățile existente în prezent datorită crizei mondiale de energie atât timp cât economia țării se dezvoltă în ritm susținut, ea atrage implicit dezvoltarea transporturilor care se pot efectua, fie pe apă, fie prin aer, fie terestre, iar dintre acestea cele mai eficiente în cazul transporturilor de mărfuri pentru distanțe scurte, sînt transporturile auto. Volumul mărfurilor și materiilor prime transportate cu mijloace auto, a crescut de la 2,7% în 1950 la peste 86% în 1982. În totalul mărfurilor transportate [17. Dec], dacă volumul mărfurilor transportate, iar acestea trebuie transportate, aceasta se poate realiza prin sporirea numărului de autovehicule (intensității traficului) și prin menținerea drumurilor într-o stare de viabilitate bună, în așa fel încît transporturile să se realizeze corespunzător și eficient din punct de vedere al prețului de cost și a consumului de energie.

1.2. Influența stării tehnice a drumurilor asupra consumului energetic.

Unul 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 capabile să asigure transportul din "poartă în poartă" în orice punct al teritoriului țării. sarcina principală a transporturilor rutiere constă în derularea traficului local de mărfuri și călători, desfășurarea traficului de colectare - distribuție între cele 15000 de localități ale țării, din care numai

1000 sînt deservite de rețeaua feroviară [27]

Se știe că structura transporturilor de la noi din țară, s-a schimbat în ultimii ani, în favoarea transporturilor auto, față de transporturile feroviare. Astfel, în 1980 numai cu paroul unităților care au ca activitate de bază transportul de mărfuri și călători, s-a transportat pe drumuri [27]:

- 68% din totalul tone marfă, față de 40% în 1960;
- 70% din totalul călători, față de 25% în 1960.

Pentru a evidenția rolul drumurilor în sistemul "mediu om-mașină" din fig. 1.6 se observă în mod evident influența dublă a stării drumurilor atât asupra omului, a conservării energiei conducătorilor auto și prevenirii apariției premature a oboselii, cât și asupra autovehiculului, a stării tehnice a acestuia și a economicității în exploatare.

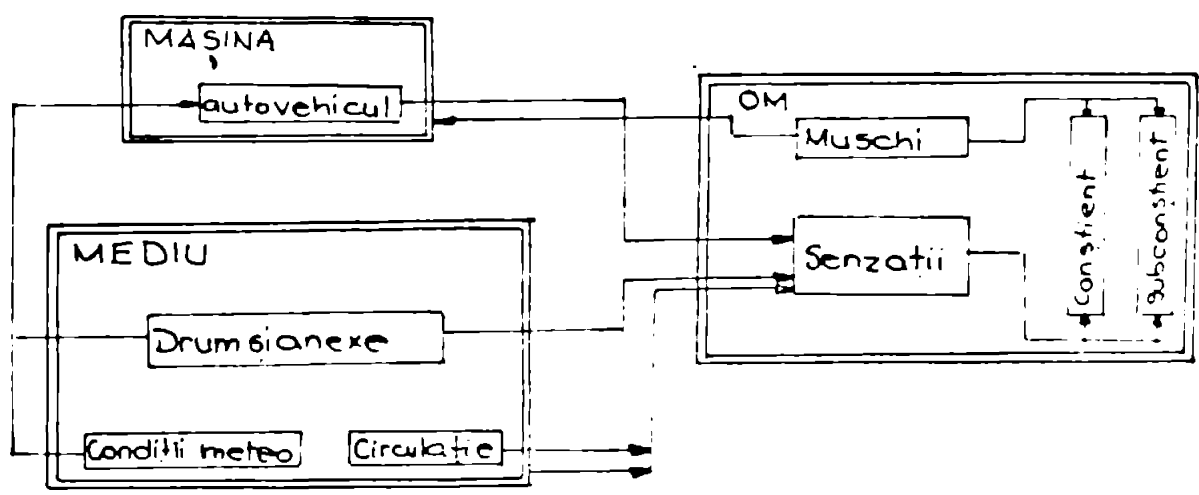


Fig. 1.6 Rolul drumurilor în sistemul mediu - om - mașină.

În fig. 1.7. se prezintă o schemă a modului de desfășurare a circulației rutiere pe drumurile publice și efectele produse de aceasta.

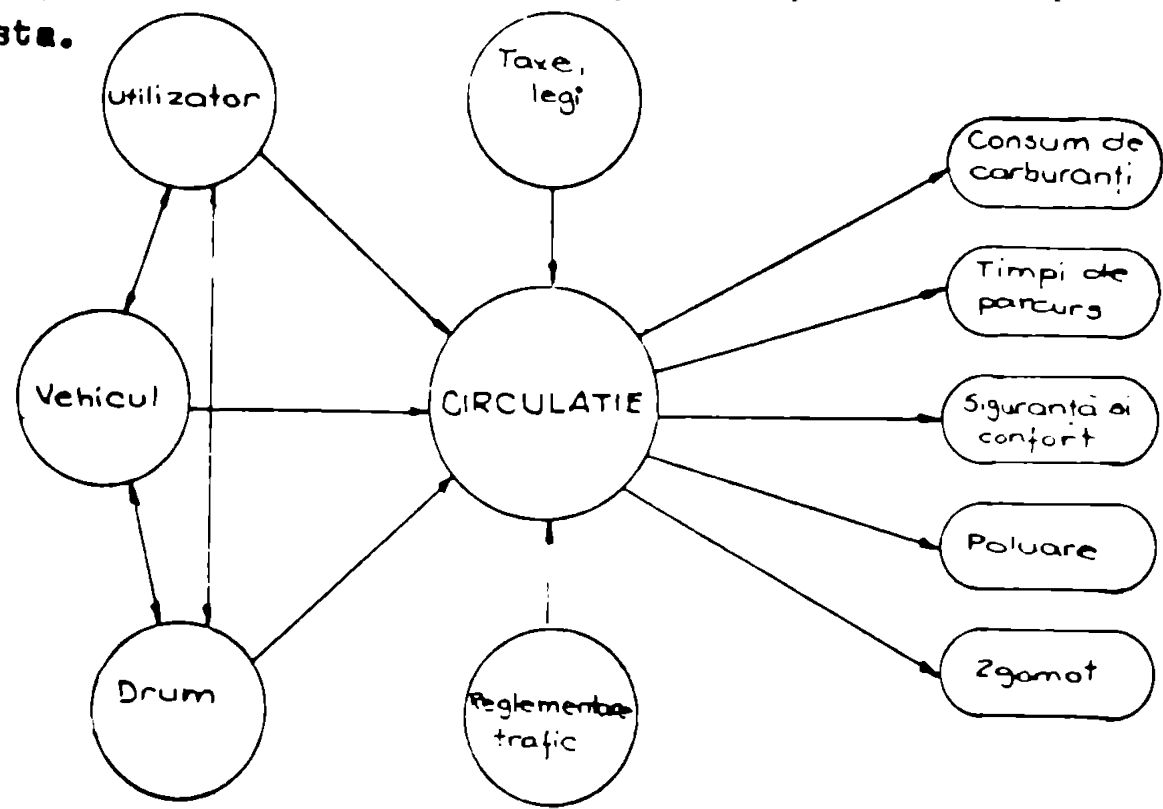


Fig. 1.7 Modul de desfășurare a circulației și efectele produse.

Dintre factorii cei mai importanți legau de drum, care influențează eficiența exploatarea mijloacelor de transport au: întreținerea permanentă a drumurilor, calitatea îmbrăcămintei rutiere, amenajarea corespunzătoare a elementelor geometrice, existența intersecțiilor la nivel, în special cu calea ferată. În cele ce urmează se vor face referiri la unii din acești factori, arătând modul cum ei influențează consumul de energie.

1.2.1. Elementele geometrice ale drumurilor.

Consumul normal de carburanți și ulei este influențat direct de viteza de circulație [101] care la rândul ei este determinată de o serie de factori:

- opriri la bariere sau alte obstacole din cale curentă;
- curbe cu raze mici;
- starea îmbrăcămintei drumurilor;
- defecțiuni ale suprafeței de rulare a părții carosabile;
- declivități (rampe și pante);
- circulație pe timp nefavorabil;
- experiența conducătorului auto.

În tabelul 1.5. se prezintă creșterea consumului de benzină pe durata încetinirii și opririi autovehiculelor [20, 24, 40]

Tabelul 1.5.

Tipul autovehiculului	Camion 40 kN	Camionetă 30 kN	Autoturism
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
Creșterea consumului de benzină %	50; 56; 52	64; 58; 48	65; 65; 61

La proiectarea drumurilor funcție de viteză de proiectare, stabilim toate elementele geometrice ale drumului în așa fel încât să respectăm caracteristicile minime sau maxime care sînt recomandate în normative. Dar în proiectare nu întotdeauna putem să prevedem elemente geometrice largi, care să permită o circulație confortabilă și cu un consum minim de carburanți. De aceea la proiectarea drumurilor un element de seamă în alegerea variantelor optime îl reprezintă și lungimea pantelor și rampelor. În tabelul 1.6 se prezintă indicii de consum pe categorii de vehicule la lungimi de drum în palier echivalent unui kilometru de drum în rampă [111].

În graficul din fig. 1.8. este prezentat consumul de energie al autovehiculelor, funcție de profilul longitudinal al drumului.

Un alt element geometric care sporește cheltuielile de transport și consumurile de carburanți sînt curbele cu raze mici în care autovehiculele sînt obligate să reducă viteza.

Tabelul 1.6

Tipul autovehiculului	R a n d e					%		
	1	2	3	4	5	6	7	8
Autoturisme	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 10 kN	1,25	1,50	1,75	2,05	2,46	2,80	3,30	3,80
Autocamion 18 kN	1,45	1,90	2,35	2,90	3,40	3,90	4,40	5,10

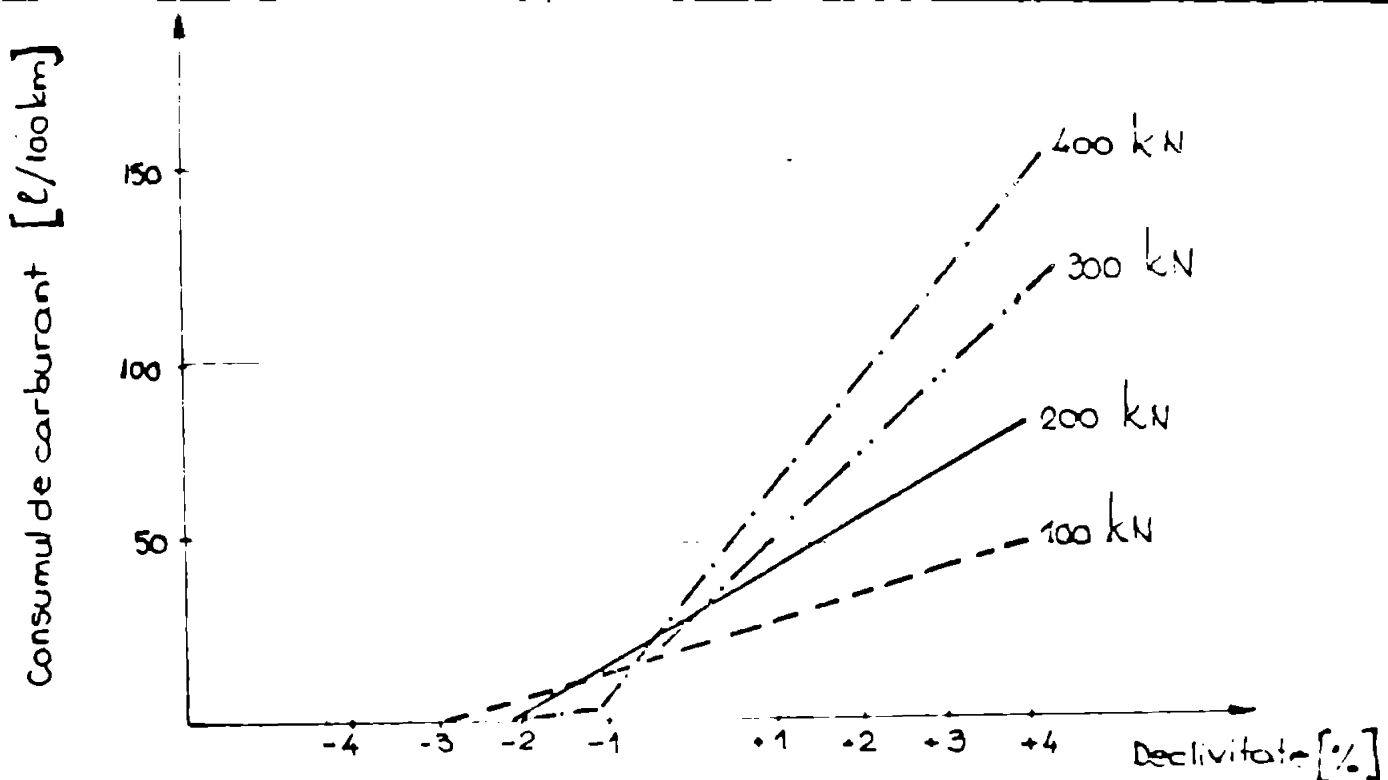


Fig. 1.8 Variația consumului de carburant în profil longitudinal.

Influența razei de răsucire în plan asupra consumului de carburant și a ratei accidentelor se prezintă în fig. 1.9

Lungimea suplimentară echivalentă a unei curbe se poate deduce cu formula de mai jos [11] :

$$L_p = 0,077 (V^2 - V_c^2) + \left(\frac{L_c}{V_c} - \frac{V_c}{V} \right) \quad [m] \quad (1.1)$$

unde:

L_p - este lungimea suplimentară, în m;

V - viteză în aliniament, în km/h;

L_c - lungimea curbei, în m;

V_c - viteză în curbă, în km/h.

Din formula (1.1) rezultă faptul că lungimea suplimentară pe care o parcurge un autovehicul în aliniament, depinde de lungimea curbei și de vitezele de circulație ale autovehicule-

...//...

... în aliniament și în curbă. Cu cât viteza autovehiculelor din curbă este mai apropiată de cea din aliniament, cu atât și lungimea suplimentară echivalentă este mai mică.

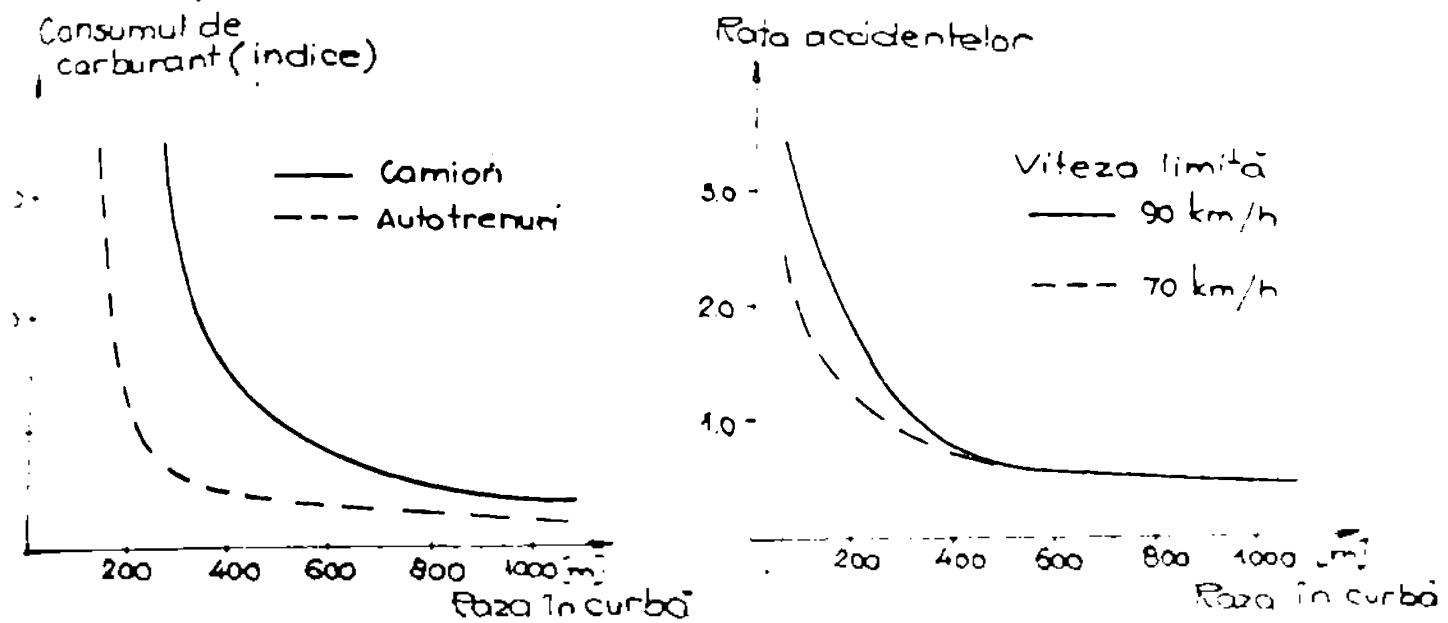


Fig. 1.9 Influența razei de racordare în plan asupra consumului de carburant și a ratei accidentelor

De asemenea sinuozitatea traseelor de drum duce la un consum alt mai mare de carburanți, față de un drum în aliniament, acesta fiind direct proporțional cu viteza cu care se deplasează autovehiculul.

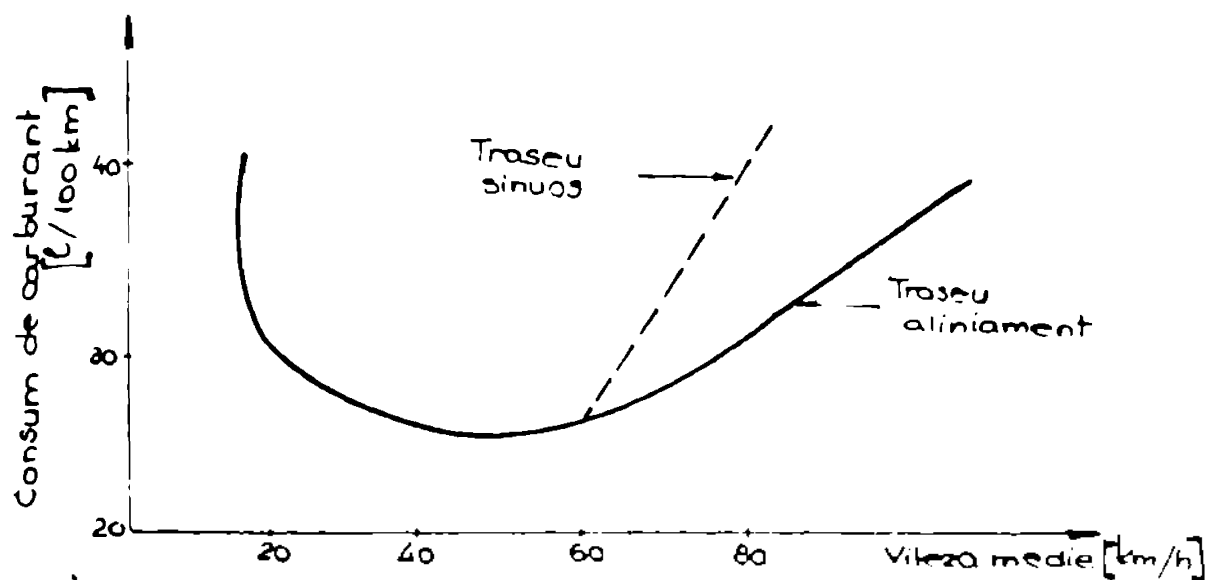


Fig. 1.10 Consumul de carburanți pentru vehicule grele

Astfel în fig. 1.10 și 1.11 se reprezintă consumurile unitare de carburant exprimate în l/100 km funcție de tipul autovehiculului, viteza de deplasare și tipul drumului parcurs. Este de remarcat faptul că starea suprafeței de rulare a druzurilor și tipul îmbrăcăminții existente are o influență hotărâtoare asupra costului transporturilor și a consumurilor de carburanți.

Din studiile și cercetările întreprinse pentru diverse tipuri de îmbrăcăminti rutiere în stare bună, medie sau rea, la vitezele de circulație posibile de realizat, a rezultat dependența con-

suzului de carburanți, de starea tehnică a îmbrăcămintei, tipul și viteza de circulație a autovehiculelor [51, 99, 139].

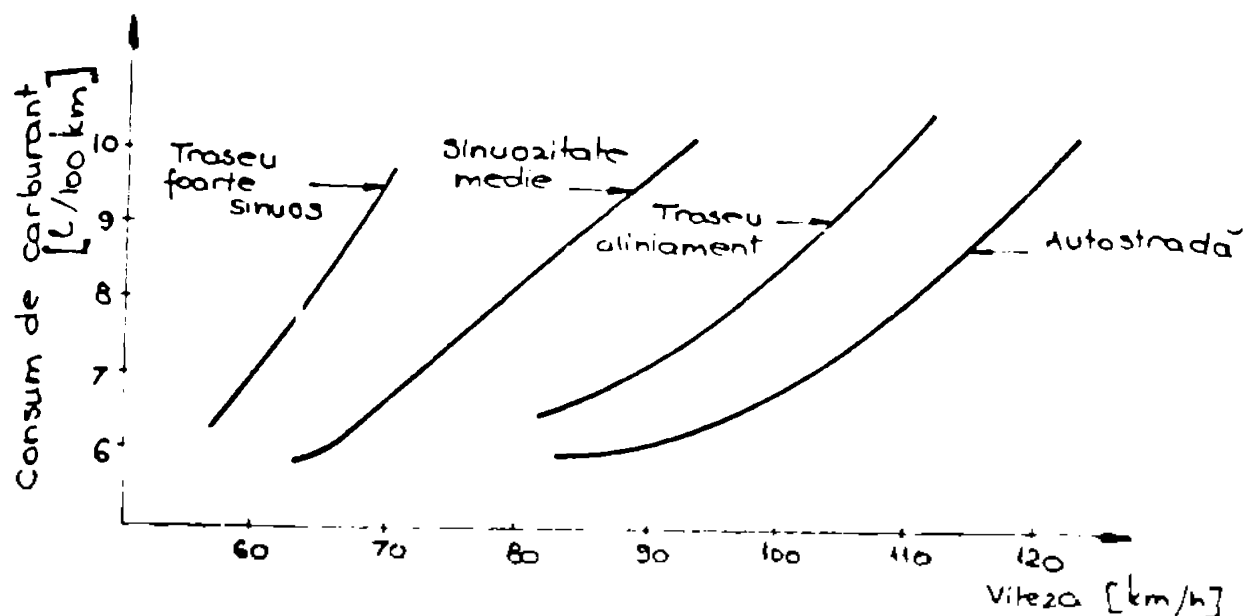


Fig. 1.11 Consum de carburanți pentru vehicule ușoare

Consumul de carburanți în funcție de starea îmbrăcămintei drumurilor este prezentat în tabelul 1.7 prin coeficienții de creștere ai consumului, funcție de e îmbrăcăminte din beton de ciment în stare bună.

Tabelul 1.7

Îmbrăcămintea drumului și starea tehnică	Camioane de 35 kN		Autoturisme	
	viteza km/h			
	40	50	50	70
Beton de ciment în stare bună	100	100	100	100
Macadam în stare bună	112	112	108	113
Macadam în stare mediocră	132	154	116	122

Din tabelul 1.7 rezultă că un autocamion de 35 kN circulând pe un drum pietruit în stare mediocră, consumă cu 54% mai mult carburant la viteza de 50 km/h, decât în cazul când ar circula cu aceeași viteză pe un drum cu îmbrăcămintea din beton de ciment. De asemenea se observă că un autoturism consumă cu 22% mai mult carburant la viteza de 70 km/h dacă circulă pe un drum pietruit în stare mediocră, față de o îmbrăcăminte din beton de ciment în stare bună.

In fig. 1.9 este prezentat consumul de benzină al autovehiculelor în raport cu tipul îmbrăcămintei rutiere și starea tehnică a acesteia. [14].

În fig. 1.9 curbele prezentate reprezintă creșterea consumului de benzină pentru următoarele tipuri de îmbrăcăminte rutiere:

- 1 - îmbrăcăminte din beton de ciment sau beton asfaltic în stare bună;
- 2 - îmbrăcăminte din beton de ciment sau beton asfaltic cu denivelări și fisuri;
- 3 - îmbrăcăminte din beton de ciment sau beton asfaltic în stare mediocră;
- 4 - pavaje din piatră copleșită;
- 5 - pietruire în stare bună;
- 6 - pietruire în stare mediocră;
- 7 - pietruire necompactată;
- 8 - drum de pământ în stare mediocră.

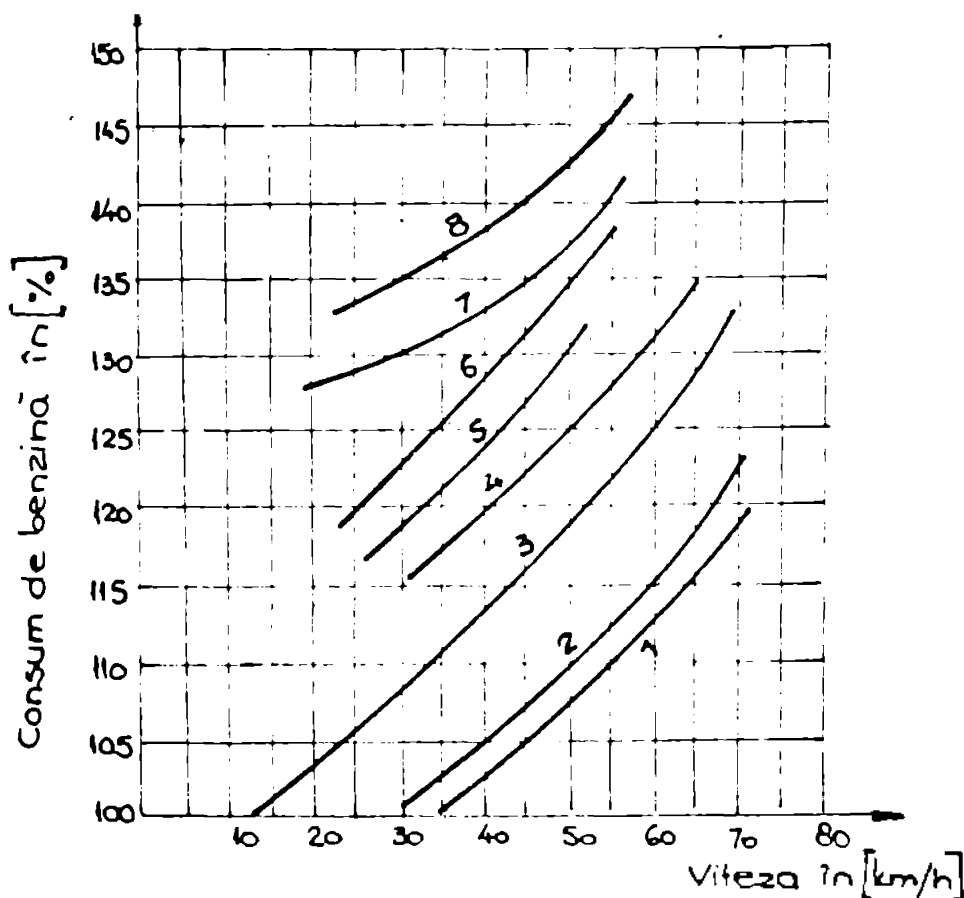


Fig. 1.12 Variația consumului de benzină în funcție de starea drumurilor.

Din fig. 1.12 rezultă faptul că, consumul de benzină este influențat direct de tipul îmbrăcămintei, starea ei tehnică și viteza de deplasare a autovehiculelor. Astfel la o viteză de 30 km/h și 60 km/h pe un drum cu îmbrăcăminte modernă cu denivelări și fisuri se consumă o cantitate de benzină cu 20% mai multă la viteza de 60 km/h, decât la 30 km/h. Din acest exemplu reiese cât este de important ca să menținem îmbrăcămintea drumului într-o stare de viabilitate corespunzătoare, deci fără

defecțiuni de orice fel și pe cât posibil fabricămintea drumului să fie modernă, evitându-se menținerea drumurilor pietruite sau de pământ, care duc la un consum mare de carburanți, lubrificați și anvelope și în final la pagube mari la nivelul economiei țării.

Determinarea consumului energetic unitar mediu (g) funcție de elementele geometrice ale drumului și traficului existent se poate efectua și cu ajutorul unor relații de calcul [140]:

- pentru vehiculele grele:

$$g = \frac{1}{100} \cdot \left[a \left(\frac{v}{100} \right)^2 + b + \frac{d}{v} + 3,4 \times \frac{l_1}{L} \times (P_1 - 1,5) + \frac{l_2}{L} \times 3,4 + 4,6 (P_2 - 2,5) \right] + \frac{l_3}{L} \times 10,3 + 5,2 (P_3 - 4) + \frac{3 \times 10^{-5}}{L} \sum_{L=1}^m (v_n^2 - v_{pf}^2) \quad (1.2)$$

unde:

L este lungimea secțiunii parcursă, în km;

$l_1, l_2, l_3, P_1, P_2,$ și P_3 - lungimile în km și valorile medii ale rampelor cuprinse între 1,5...2,5%, 2,5...4%, și mai mari de 4%;

n - numărul rampelor;

v - viteza medie pe traseul luat în calcul;

v_0 - viteza medie pe paliere;

v_{pf} - viteza medie pe rampă;

$a = 23,7 + n^2 \times 23,6$;

$b = 3,8 + 3,6 n^2 - 0,115 R \times n^2$;

$d = 636$;

n^2 și R - numărul și raza medie exprimată în metri a curbilor cu raza mai mică de $\frac{v^2}{32}$.

- pentru vehiculele ușoare:

$$g = \frac{1,1}{100} \left(4,2 + \frac{137}{v} \right) \quad (1.3)$$

unde:

v este viteza medie, în km/h.

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 dificultățile ridicate de traseu.

Ecuatia puterii este de obicei exprimată astfel:

$$K = \frac{1}{\eta} \left\{ M \frac{dv}{dt} + \frac{\rho}{2} C_x A_v^2 + \left[\frac{M \left(\frac{v^2}{g} - g \sin \theta \right)}{C_x} \right]^2 + M' \left(\frac{D}{R} \right)^2 + M (C_{r1} + C_{r2}) + Mg \sin \left(\frac{I}{1000} \right) \right\} \quad (1,4)$$

unde:

η este coeficient de eficiență;

M - sarcina pe osia dublă;

$\frac{dv}{dt}$ - variația vitezei;

M' - greutatea autovehiculului;

C_x - coeficient aerodinamic;

A_v - suprafața secțiunii transversale a autovehiculului;

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

v - viteza de deplasare;

I - declivitatea în profil longitudinal;

R - raza de recordare în plan;

D - distanța între osii;

g - accelerația gravitațională;

θ - panta transversală a îmbrăcămintei;

c_u - coeficient de stabilitate.

Caracteristicile geometrice care influențează consumul de carburant în mod direct sînt: raza de recordare în plan, declivitatea în profil longitudinal și supraînălțarea. Starea drumurilor are o influență hotărîtoare și asupra psihicului utilizatorilor. Un drum bine întreținut, un aspect estetic, civilizat are un efect recreativ, reconfortant și întîrzie apariția fenomenelor de oboseală, pe cînd un drum într-o stare necorespunzătoare (gropi, praf, noroi etc.) produce nervozitate, consum sporit de energie, obosește utilizatorii și le diminuează capacitatea de creație și muncă [27].

1.3 Calculul pierderilor bănești produse economiei de traficul rutier, funcție de starea drumurilor în zona de sud-vest a țării.

După cum s-a arătat la paragraful 1.2 din lucrare, consumurile suplimentare de carburanți, lubrifianti și anvelope depînd în mare măsură de tipul îmbrăcămintei rutiere și starea ei tehnică. În acest paragraf vom căuta să calculăm pierderile produse economiei naționale de traficul rutier care circulează în zona de sud-vest a țării, referindu-ne la pierderile produse de traficul care circulează

pe drumurile pietruite și de pământ, precum și la pasajele de nivel între drumuri și calea ferată. Calculul se efectuează avînd la bază metodologia elaborată de I.P.T.A.N.A. București.

În prezent este cunoscut faptul că metodele obișnuite utilizate pentru întreținerea și repararea drumurilor pietruite, simpla așternere de material pietros și reprofilarea periodică a drumului nu mai corespund din punct de vedere tehnic și economic, datorită dezavantajelor pe care le prezintă, dintre care cele mai importante sînt:

- imposibilitatea de a menține o suprafață de rulare corespunzătoare mijloacelor auto, deoarece după un interval foarte scurt se produc gropi, fâgașe, praf și norci. Aceasta duce la reducerea vitezei de transport a parcului auto, la mărirea consumului de carburanți și lubrifianti, la reducerea duratei de serviciu a mijloacelor de transport, datorită uzurii premature la care acestea sînt supuse și în final la majorarea cheltuielilor de transport;

- imobilizarea unei capacități importante din parcul național de transport pentru aprovizionarea cantităților mari de material pietros necesare a fi așternute în fiecare an pe aceste drumuri.

De menționat este că o bună parte din acest material se pierde inutil prin circulația auto care îl aruncă în afara drumului, datorită faptului că acest material nu este legat de nici un fel de liant;

- lipsa de confort în timpul transportului;

- influența negativă din punct de vedere igienico-sanitar în special în centrele populate pe care aceste drumuri pietruite le traversează.

Față de aceste dezavantaje, a apărut ca o necesitate obiectivă adoptarea unor tehnologii energoconștiente de întreținere și reparare a drumurilor pietruite, care să elimine într-o cît mai mare măsură neajunsurile arătate mai sus.

1.3.1 Calculul pierderilor rezultate prin circulația autovehiculelor pe drumuri pietruite față de circulația pe drumuri cu îmbrăcămînti moderne

În activitatea de întreținere și exploatare a drumurilor unităților care se ocupă de aceasta le revine sarcina de a căuta prin orice mijloace să asigure viabilitatea corespunzătoare a circulației auto pe drumurile publice și totodată să găsească noi metode de îmbunătățire a acestora prin utilizarea unor

hnologii energoeficiente. Toate aceste eforturi se depun pentru bunăstarea condițiilor de circulație pe drumurile de pășit și etruite și totodată pentru modernizarea acestor drumuri aplicând hnologii noi, care să utilizeze materiale locale, subproduse și șeurii industriale.

Cheltuielile de transport ale autovehiculelor pe drumuri-publice se compun din:

- cheltuieli variabile (C_v), care sînt funcție de categoria omului și distanța parcursă și includ cheltuieli pentru combustibili, lubrifianți și anvelope, pentru amortismente, întreținerea și repararea autovehiculelor, toate acestea exprimîndu-se în lei/vehicul km;

- cheltuieli fixe (C_f) care sînt cele corespunzătoare regiei P.A. și retribuirii conducătorilor auto, date în lei/vehicul km.

Valorile elementelor de calcul pentru cheltuielile variabile pe drumurile pietruite, în comparație cu drumurile moderne sînt prezentate în tabelul 1.8 [27].

Pentru calculul cheltuielilor variabile s-a luat în considerare o structură medie a traficului exprimată în procente din total, funcție de tipul autovehiculului [15], aceasta este prezentată în tabelul 1.8

Tabelul 1.8

Tipul autovehiculelor	Structura medie a traficului %	Cheltuieli variabile lei/veh.km		
		Categoria drumului pietruit	moderna	Diferențe
Autoturisme	40	0,244	0,633	0,211
Autoturistare	20	1,028	0,771	0,257
Autocamioane 30-50 kN	28	1,447	1,085	0,362
Autocamioane peste 50 kN	5	2,655	1,990	0,665
Autotractoare	2	2,192	1,664	0,528
Autobuze	5	2,186	1,640	0,546

Pentru cheltuielile fixe erare, se pot lua în calcul $C_f = 11,44$ lei/vehicul/oră [117]. Pierderile unitare valorice pe drumurile pietruite se compun din pierderi la cheltuieli variabile (P_v) și pierderi la cheltuieli fixe (P_f).

$$P_u = P_v + P_f \quad (1.5)$$

Pierderile unitare la cheltuielile variabile (P_v), considerate ca medie ponderată pentru un vehicul kilometru, avînd în vedere valorile elementelor de calcul și structura medie a traficului de mai sus, sînt următoarele:

...//...

$$P_v = 0,211 \times 0,40 + 0,257 \times 0,20 + 0,362 \times 0,28 + 0,665 \times 0,05 + 0,528 \times 0,02 + 0,546 \times 0,05 = 0,308 \text{ lei/vehicul/km.}$$

Pierderile unitare la cheltuieli fixe (P_f), rezultă din timpul mai lung de parcurgere a drumului pietruit cu viteza V_1 față de drumul modernizat cu V_2 .

$$P_f = \frac{C_f}{V_1} - \frac{C_f}{V_2} \quad (1.6)$$

unde:

C_f sînt cheltuielile fixe erare;

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

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

Dacă luăm ca viteză medie pe drumuri pietruite $V_1 = 25$ km/h iar pe drumuri modernizate $V_2 = 60$ km/h, atunci se poate calcula pierderile unitare la cheltuielile fixe.

$$P_f = \frac{11,44}{25} - \frac{11,44}{60} = 0,267 \text{ lei/ vehicul/km}$$

Pierderile unitare valorice totale sînt:

$$P_u = P_v + P_f = 0,308 + 0,267 = 0,575 \text{ lei/vehicul/km.}$$

Pentru stabilirea consumurilor suplimentare de carburanți, lubrifianti și anvelope se ia în considerare ponderea elementelor componente ale cheltuielilor variabile (C_v) care este:

$$C_v = C_{v1} + C_{v2} + C_{v3} + C_{v4} + C_{v5} \quad (1.7)$$

unde:

$$C_{v1} \text{ (Cheltuieli pentru carburanți)} = 28,0\%$$

$$C_{v2} \text{ (cheltuieli pentru lubrifianti)} = 2,5\%$$

$$C_{v3} \text{ (cheltuieli pentru anvelope)} = 10,5\%$$

$$C_{v4} \text{ (cheltuieli pentru amortismente)} = 35,0\%$$

$$C_{v5} \text{ (cheltuieli pentru întreținere)} = 24,0\%$$

Consumurile suplimentare unitare se calculează cu următoarele formule:

$$\text{- carburanți : } C_c = \frac{P_v}{C_1} \times C_{v1} \quad (1.8)$$

unde:

C_c sînt consumuri suplimentare pentru carburanți, în litri/vehicul/km;

C_1 - prețul a 1 litru de carburant, în lei;

C_{v1} - cheltuieli variabile pentru carburanți.

$$\text{- lubrifianți : } C_1 = \frac{P_v}{C_2} \times C_{v2} \quad (1.9)$$

unde:

C_2 este prețul a 1 litru de lubrifianț, în lei;

C_{v2} - cheltuieli variabile pentru lubrifianți.

$$\text{- anvelope : } C_a = \frac{P_v}{C_3} \times C_{v3} \quad (1.10)$$

unde:

C_3 este prețul unei anvelope, în lei;

C_{v3} - cheltuieli variabile pentru anvelope.

Calculînd consumurile suplimentare unitare obținem următoarele valori:

$$\begin{aligned} \text{- carburanți : } & \frac{0,308 \text{ lei/vehicul km}}{1 \text{ lei/litru}} \times 0,28 = 0,086 \text{ litri/vehicul km.} \\ \text{- lubrifianți : } & \frac{0,308 \text{ lei/vehicul km}}{3,76 \text{ lei/litru}} \times 0,025 = 0,002 \text{ litri/vehicul km.} \\ \text{- anvelope : } & \frac{0,308 \text{ lei/vehicul km}}{946 \text{ lei/buc}} \times 0,105 = 0,00034 \text{ buc/vehicul km.} \end{aligned}$$

Pierderile valorice totale care se produc pe durata unui an de zile pe drumurile din zona de sud-vest a țării se calculează cu relația:

$$P = L \times M \cdot Z \cdot A \times N \times P_u \quad (1.11)$$

unde:

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

M.Z.A. - media zilnică anuală, în vehicule în 24 ore;

M. - numărul zilelor dintr-un an calendaristic;

P_u - pierderile unitare totale pe drumuri pietruite în lei/vehicul km.

Avînd în vedere că la 1 ianuarie 1984 în zona de sud-vest a țării unitățile de drumuri administrează drumuri pietruite și de pământ în lungime de 4830 km., dintre care 60 km pe drumurile naționale și 4774 km pe drumurile locale (fig.1.13)

Pe drumurile naționale pietruite și de pământ se desfășoară o circulație cu M.Z.A. = 1500 vehicule în 24 ore, iar economiile care s-ar realiza pe un an de zile prin modernizarea lor ar fi următoarele:

$$E = 60 \text{ km} \times 1500 \text{ veh/zî} \times 365 \text{ zile/an} \times 0,575 \text{ lei/veh.km} = 19 \text{ milioane lei/an.}$$

Consumurile suplimentare pe aceste drumuri sînt:

- carburanți :

...//...

$$60 \text{ km} \times 1500 \text{ veh/zi} \times 365 \text{ zile/an} \times 0,086 \text{ litri/veh.km} = 2800 \text{ t/an.}$$


-lubrifianți:

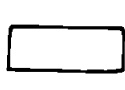
$$60 \text{ km} \times 1500 \text{ veh/zi} \times 365 \text{ zile/an} \times 0,002 \text{ litri/veh.km} = 66 \text{ t/an.}$$

-anvelope:

$$60 \text{ km} \times 1500 \text{ veh/zi} \times 365 \text{ zile/an} \times 0,00034 \text{ buc/veh.km} = 1100 \text{ buc/an.}$$

 Drumuri modernizate

 Drumuri pietruite

 Drumuri pământ

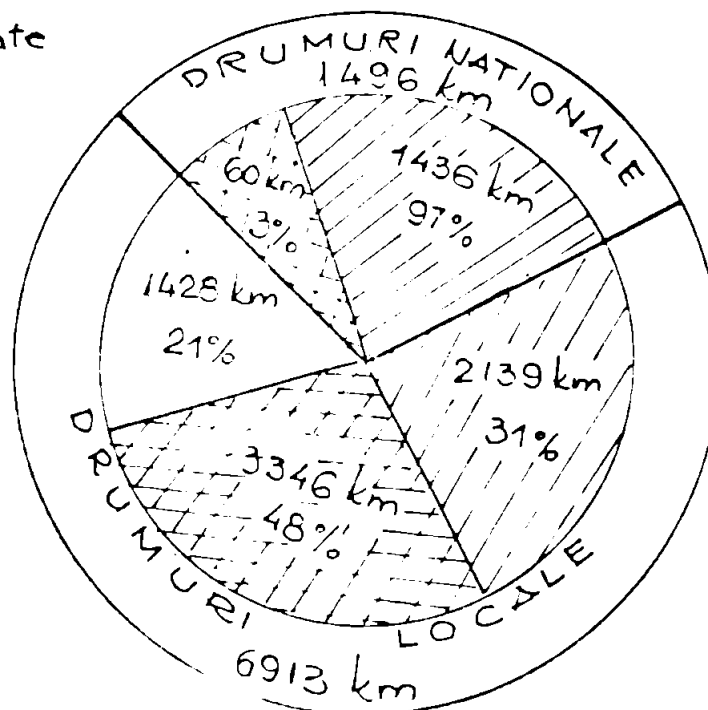


Fig.1.13 Starea tehnică a drumurilor din sud-vestul țării.

Pe drumurile locale pietruite și de pământ se desfășoară o circulație cu media = 400 vehicule în 24 ore, iar economiile care se realizează pe un an de zile prin modernizarea acestora sînt:

$$E = 4774 \text{ km} \times 400 \text{ veh/zi} \times 365 \text{ zile/an} \times 0,575 \text{ lei/veh.km} = 402 \text{ milioane lei/an.}$$

Consumurile suplimentare pe aceste drumuri sînt:

- carburanți:

$$4774 \text{ km} \times 400 \text{ veh/zi} \times 365 \text{ zile/an} \times 0,086 \text{ litri/veh.km} = 59900 \text{ t/an.}$$

- lubrifianți:

$$4774 \text{ km} \times 400 \text{ veh/zi} \times 365 \text{ zile/an} \times 0,002 \text{ litri/veh.km} = 1394 \text{ t/an.}$$

- anvelope:

$$4774 \text{ km} \times 400 \text{ veh/zi} \times 365 \text{ zile/an} \times 0,00034 \text{ buc/veh.km} = 23698 \text{ buc/an.}$$

În fig.1.14 se prezintă grafic economiile bănești și de carburanți ce se realizează în zona de sud-vest a țării pe drumurile naționale și locale la nivelul anului 1984 dacă drumurile pie-

uite și de pământ ar fi în totalitate modernizate.

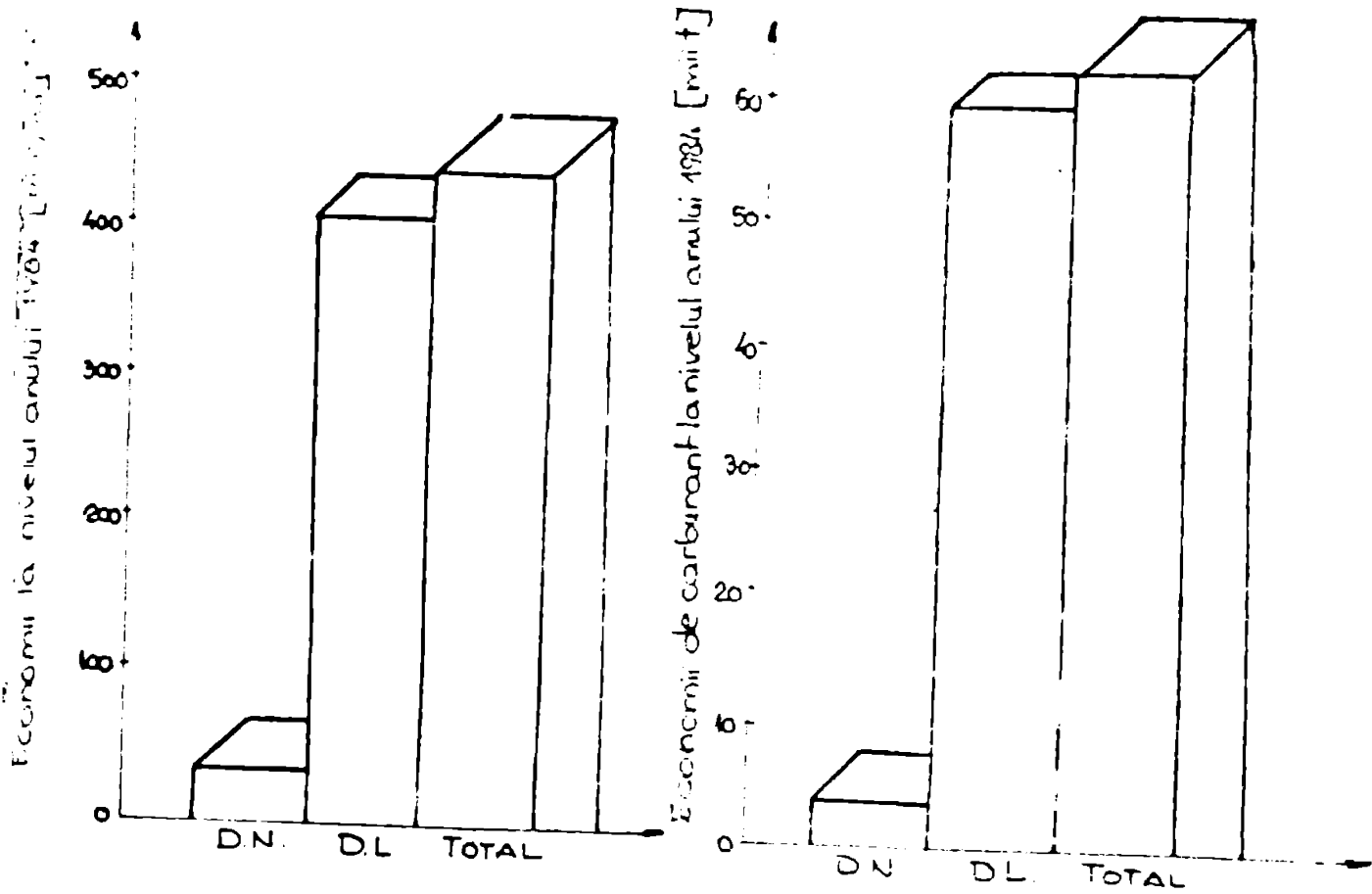


Fig. 1.14 Economii realizate într-un an pe drumurile din sud-vestul țării.

În zona de sud-vest a țării dacă toate drumurile naționale și locale ar fi modernizate, circulația rutieră ar aduce următoarele economii într-un an de zile:

- 421.000.000 lei /an;
- 62.700 carburanți, în tone/an;
- 1.460 lubrificați, în tone/an;
- 24.798 anvelope, buc/an.

1.3.2 Calculul pierderilor bănești produse de traficul rutier la pasajele de nivel între drum și calea ferată

Pasajele de nivel generează pierderi importante datorită timpilor pierduți de staționarea autovehiculelor la închiderea barierele și de reducerea vitezei de circulație la traversarea pasajelor de nivel, ducând la creșterea consumului de combustibil, la sporirea riscurilor de producere a accidentelor de circulație pe drumuri și pe calea ferată.

La calculul pierderilor de timp se iau în considerare următoarele:

T_1 - timpul de staționare pentru vehicule care găsesc bariera închisă;

T₂ - timpul de staționare din cauza pornirii succesive întârziate a vehiculelor la ridicarea barierei;

T₃ - timpul pierdut de vehiculele care găsesc bariera deschisă, însă sînt obligate să reducă viteza la trecere peste liniile de cale ferată.

Timpul de staționare pentru vehiculele care găsesc bariera închisă (T₁) se calculează cu relația:

$$T_1 = g \sum_{i=1}^g t \frac{1}{2} (g - 1) \quad (1.12)$$

unde:

g este numărul mediu de vehicule care sosesc la barieră în timp de un minut;

$$g = \frac{Q}{1440} \quad (1.13)$$

în care:

Q - traficul mediu zilnic anual, în vehicule fizice;

t - durata medie a unei închideri la barieră;

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

$$T_2 = (g \times t + 1) \frac{g \times t}{2n} \quad (1.14)$$

unde:

n - 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, dar obligate să reducă viteza la trecerea peste liniile de cale ferată (T₃) se deduce cu relația:

$$T_3 = (Q - N \times g \times t) \times a \quad (1.15)$$

unde:

N este numărul mediu de închideri ale barierei pe zi;

a - pierderea medie de timp suferită de un vehicul la trecerea peste linii, care se adăpte 0,4 minute/vehicul.

Rezultă că timpul total pierdut (T) la pasajele de nivel în minute/zi se calculează cu relația:

$$T = (T_1 + T_2) \times N + T_3 \quad (1.16)$$

sau

$$T = N (g \times t + 1) \left(1 + \frac{g}{n}\right) \frac{t}{2} + (Q - N \times g \times t) \times a \quad (1.17)$$

Cunoscînd timpul total pierdut se poate calcula pierderile bănești anuale totale cu relația:

$$P = T \times p \quad (1.18)$$

unde:

T este timpul total pierdut, în ore/an;

p - valoarea medie a erei de staționare (42,20 lei/oră)

Introducând această valoare (p) și în relația 1.18 și dând unele simplificări se poate lucra cu formula:

$$P = Q (8,4 N + 0,9 g \times M + 103) \quad (1.19)$$

Dacă se ia în considerare pasajul de nivel de pe D.N. 6 Ugej - Timișoara km. 540 + 800, unde traficul rutier la nivelul anului 1980 este:

$$Q = M.Z.A. = 6940 \text{ vehicule fizice în 24 ore;}$$

$$g = \frac{Q}{1440} = 4,8 \text{ vehicule/minut;}$$

$$N = 60 \text{ închideri de bariere pe zi.}$$

Pierderile bănești anuale se determină cu relația: 1.19.

$$P = 7255 (8,4 \times 60 + 0,9 \times 4,8 \times 60 + 103) = 6,4 \text{ milioane lei.}$$

Pentru o valoare a investiției estimată la 5 milioane lei necesară realizării unui pasaj superior dezvoltat, se poate determina durata de recuperare a investiției cu următoarea relație:

$$D = \frac{I}{P} \quad (1.20)$$

unde;

D este durata de recuperare a investiției, în ani;

I - valoarea estimată a investiției, în lei;

P - valoarea pagubelor anuale cauzate traficului determinate cu relația 1.19.

Durata de recuperare a investiției pentru pasajul de la km. 540 + 800 este de 0,83 ani.

Pentru alte pasaje de nivel existente în zona de sud-vest a țării situația este prezentată în tabelul 1.9.

Tabelul 1.9

Pasaj de nivel existent	Pierderi mi lei/oră	Durata recuperării ani
D.N. 69 km. 40 Sagu	9.280	1,5
D.N. 6 km.457 Caransebeș	7.980	1,4
D.N. 6 km.580 Becicherec	3.500	1,6
D.N. 66 km.149 Livadia	3.200	1,5
D.N. 68A km 58 Ohaba	3.600	1,0

Din tabelul 1.9 rezultă faptul că construcția unui pasaj superior la trecerile peste calca ferată este foarte eficientă și necesară având în vedere, durata scurtă de recuperare a acestor investiții.

...//...

1.4 Alte aspecte ale eficienței transporturilor auto în funcție de starea drumurilor

După cum s-a arătat la paragrafele anterioare, starea tehnică a drumurilor influențează în mod direct utilizatorii, prin sporirea consumurilor de carburanți, lubrifianti, anvelope și uzură prematură a autovehiculelor pe de o parte, iar pe de altă parte duce la apariția fenomenului de ebeseală a utilizatorilor.

Este cunoscut faptul că în activitatea unei unități de transporturi se pun în mod direct probleme legate de gospodărirea judicioasă și economisirea combustibililor. Aceste probleme care privesc optimizarea fluxului de transport, folosirea maximă a remorcilor, creșterea capacității de transport sînt condiționate direct de starea tehnică a drumurilor existente, de gradul de modernizare a lor. Starea tehnică a drumurilor, calitatea îmbrăcămintei rutiere, se reflectă în așa numitul "coeficient de drum", coeficient care materializează sporul de consum de combustibil [79]

Dacă se ia în considerare o autobază avînd un parc de 300 de vehicule care rulează lunar 300.000 km. efectiv din care circa 20 % pe drumuri de categoria "L" (cu coeficient de echivalare 1,2) vom avea un consum de carburanți de:

$300.000 \text{ km.} \times 0,2 = 60.000 \text{ km. efectiv pe drumuri de categoria "L".$

$60.000 \text{ km.} \times 30 \text{ l/km} \times 1,2 = 21.600 \text{ litri.}$

Avînd în vedere că în județul Timiș există 10 autobaze la care proporția km. rulați pe drumuri de categoria "L" este aceeași, consumul mediu anual de carburanți este de 2.600 t.

Din calculul efectuat mai sus rezultă că orice influență materializată prin îmbunătățirea stării km. rulați pe drumurile pietruite, poate să se reflecte prin economii substanțiale de carburanți. Astfel îmbunătățind proporția km. rulați pe drumurile de categoria "L" prin reducerea de la 20% la 10%, repetînd calculul se poate realiza pentru cele 10 autobaze din județul Timiș o economie anuală de 1.300 t. combustibil.

Din evidențele statistice rezultă că o autobază cu activitate mixtă, are o structură a rulajului în care circa 40 % din parcursul total este efectuat pe drumuri de categorie inferioară. Prin adoptarea unor noi tehnologii de îmbunătățire a stării tehnice a drumurilor de categorie inferioară, și prin reducerea rulajului pe aceste drumuri de la 40 % numai la 30 % rezultă evidente avantaje economice și totodată importante economii de combustibil, lubrifianti și anvelope.

..//..

1.5. Concluzii și propuneri

Având în vedere aspectele ridicate și tratate în acest articol privind influența stării tehnice a drumurilor asupra eficienței transporturilor auto, considerăm necesar să scoatem în evidență măsurile și propunerile care pot să stea în atenția specialiștilor din acest domeniu:

- reconsiderarea influenței stării drumurilor conform utilizării raționale a combustibililor, apreciind că problema îmbunătățirii stării tehnice a drumurilor nu poate să lipsească din nici un plan de măsuri care prevede reducerea consumului de energie și combustibil;
- îndreptarea eforturilor pentru efectuarea lucrărilor privind ridicarea stării tehnice a drumurilor în funcție de starea lor actuală, de intensitatea și structura traficului rutier. În scopul stabilizării eficiente a fondurilor alocate în acest sens și în contextul crizei de bitum, se pot realiza următoarele: pietruirea drumurilor de pământ cu macadamuri bituminoase executate la rece, executarea pe drumurile pietruite de macadamuri penetrante și macadamuri cimentate cu mortar din zgură și ciment, modernizarea și sporirea capacității de circulație pe sectoarele pe care această capacitate este depășită, prin executarea de noi tipuri de straturi rutiere realizate din materiale locale stabilizate cu lianți puzzolantici sau cenoane de ciment cu agregate calcarease clătate cu criblură dură;
- în funcție de trafic de condițiile specifice fiecărui caz și de materialele locale existente în zonă, este indicat să se folosească metoda optimă din întreaga gamă de soluții tehnice posibile, de unde rezultă faptul că nu se poate impune o soluție tehnică unică aplicabilă pe întreaga rețea de drumuri de pământ sau pietruite;
- menținerea drumurilor într-o stare de viabilitate corespunzătoare care să permită exploatarea lor în condiții bune, presupune o întreținere preventivă și curativă a acestora, întreținere care trebuie să aibă un caracter permanent. Lipsa unei întrețineri corespunzătoare permanente, care să țină seama de totalitatea factorilor care solicită drumurile, conduce la apariția defecțiunilor care determină o sporire importantă a consumului de energie și cheltuielilor de exploatare și de întreținere;
- necesitatea eliminării locurilor înguste, a strângărilor care împiedică desfășurarea normală a transporturilor rutiere și produc cheltuieli suplimentare ale transporturilor cum sînt:

punctele periculoase pentru siguranța circulației, trecerile la nivel cu calea ferată etc.;

- în activitatea de proiectare trebuie să aibe în vedere la alegerea traseelor, evitarea proiectării curbelor cu rază mică și totodată alegerea unor trasee cu sinuozitate mijlocie și cu declivități scăzute;

- sporirea capacității de circulație și al gradului de siguranță al circulației rutiere prin executarea benzilor suplimentare pentru traficul lent, amenajării curbelor periculoase, variante deocolire ale zonelor cu declivități accentuate, al locurilor înguste și al zonelor fără vizibilitate.

CAP. 2. STUDIUL MATERIALELOR LOCALE A SUBPRODUSELOR SI DESEURIILOR INDUSTRIALE DIN ZONA DE SUD-VEST A TARII

Valorificarea complexă a materialelor locale, suproduselor și deșeurilor industriale, constituie o preocupare majoră a zilelor noastre, fiind impusă de o serie de factori, printre care:

- limitarea resurselor naturale de care dispune ȋmțara și necesitatea de economisire a acestora;

- penuria de energie manifestată din ce în ce mai pregnant pe plan mondial;

- protecția contra poluării a mediului ambiant, adică atenuarea crizei ecologice prin reducerea cantităților enorme de deșeurii cu care societatea încarcă natura.

În aceste condiții refolosirea deșeurilor și utilizarea lor la maximum, reprezintă ideea de bază a trecerii de la "civilizația risipei" la "civilizația economiei" [15]

Ea implică ideea că nu există materiale nereciclabile, că o exploatare rațională a unor resurse, chiar și în domeniul resurselor, nu poate fi făcută numai în timpul fabricării unui singur produs. Ritmul susținut în care continuă executarea construcțiilor în țara noastră, potrivit documentelor de partid și de stat, implică printre altele o intensificare a cercetării, exploatării, și valorificării tuturor resurselor de materiale locale și suproduse industriale în domeniul construcțiilor.

Materialele locale sînt acele materiale de construcție ce pot fi utilizate la realizarea straturilor rutiere și care se găsesc la o distanță de 1...50 km de șantier, iar transportul lor se face cu mijloace auto, în condiții economice.

Dezvoltarea unei industrii puternice, impune tot mai mult agerea în circuitul economic și valorificarea intensă a suproduselor și deșeurilor rezultate.

În etapa actuală sectorul rutier este dominat de preocupări esențiale ale cercetătorilor și specialiștilor din producție cu referință la folosirea cu precădere a suproduselor industriale (materiale energointensive) la realizarea structurilor rutiere, în vederea înlocuirii unor materiale tradiționale energointensive. De asemenea stă preocupări deosebite pentru găsirea unor noi surse de materii mai puțin consumatoare de energie, care să înlocuiască materialele energointensive, dar care să aibă caracteristicile fizico-mecanice unei comportări corespunzătoare în exploatare. Se caută și diferite mijloace să se reducă consumul de ciment (material energointensiv) la stabilizarea materialelor locale, prin înlocuirea acestuia cu materiale puzzolentice naturale.

Ramura construcțiilor de drumuri poate oferi posibilități și imediate de utilizare eficientă a deșeurilor și suproduselor industriale, datorită faptului că ea consumă volum mare de materiale, cu diferite funcționalități. În contextul acestor preocupări și în cadrul Catedrei de drumuri, fundații și instalații în construcții se efectuează studii și cercetări pentru valorificarea în sensul rutier a suproduselor și deșeurilor industriale existente în zona de sud-vest a țării.

Din diversitatea mare a suproduselor și deșeurilor industriale existente în zonă, lucrarea face referință la următoarele:

- cenușa ce termocentrală de la Mintia, Paroșeni, Ișalnița, Orceeni și Rogojelu;
- zgura de furnal înalt de la Reșița și Hunedoara;
- deșeurii de carieră de la Băița, Bănița și Vixfuri;
- deșeurii din industria minieră de la Mintia;
- deșeurii din industria chimică de la Combinatul Chimic Arad, Sarmatina Timișoara și Fabrica de zahăr Timișoara.

În vederea stabilirii caracteristicilor fizico-mecanice și chimice, s-au efectuat încercări de laborator în cadrul laboratorului Catedrei, iar pe baza caracteristicilor obținute s-au stabilit posibilitățile de folosire în domeniul drumurilor a acestora.

2.1 Caracteristici generale ale rocilor utile din partea de sud-vest a țării

În zona de sud-vest a țării există o mare diversitate de rocile cu largi posibilități de utilizare și în domeniul construcțiilor

și întreținerii drumurilor. Natura predominantă diferită a acesteia este de natură magmatică (bazaltică, andezitică, dioritică și granitoidă) sedimentară (calcaroasă și calcarenită) și metamorfică (conștile) și detritivă (măguri și pământuri). Zăcămintele sunt repartizate destul de neuniform în partea de sud-vest a țării, predominând în regiunile de deal și de munte și atingând aproape complet în unele de șes.

2.1.1 Principalele cariere și balastiere din zona de sud-vest a țării

Diversitatea mare de roci utile din această zonă a țării, a creat posibilitatea deschiderii și exploatării a numeroase cariere și balastiere, care să asigure materialele de construcție necesare ridicării unor noi obiective industriale de importanță națională, precum și menținerea în stare de viabilitate a căilor de comunicație existente. Carierele aflate în exploatare și zonele de perspectivă din această parte a țării, sînt prezentate în tabelul 2.1. Ca zone de perspectivă pentru deschiderea de noi cariere în această parte a țării, putem aminti; zona Coșteiul de Sus (zăcămint de tufuri andezitice), zona Pietrosă (zăcămint de natură andezitică), zona Masivului Poiana Ruscăi (zăcămint calcaros), zona Ocna de Fier, Iablanița, Voislova, Mehadia (zăcăminte de natură calcaroasă).

Tabelul 2.1

Nr. crt.	Denumirea carierei	Județ	Natura rocii	Rezerve confirmate mii t.
0	1	2	3	4
1.	Sanevița	Timiș	bazalt	10.991
2.	Zeman	Timiș	bazalt	1.574
3.	Lucareț	Timiș	bazalt	2.746
4.	Zăbrani	Timiș	bazalt	12.520
5.	Brănișca	Hunedoara	bazalt	
6.	Coșteiul de Sus	Timiș	andezit	
7.	Chisindia	Arad	andezit	
8.	Canna	Arad	andezit	
9.	Romanița	Arad	andezit	
10.	Crișoier	Arad	andezit	
11.	Zăvoi	Caras Severin	andezit	
12.	Glimbeca	Caras Severin	andezit	

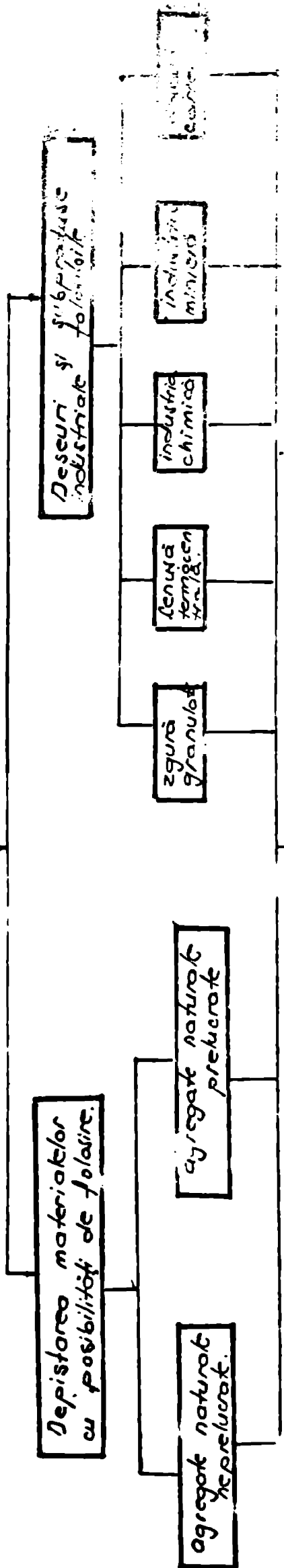
..//..

1	2	3	4
3. Drineva	Timiș	diorit	
4. Păuliș	Arad	diorit	
5. Jighicara	Timiș	granodiorit	
6. Nădrag	Arad	granodiorit	
7. Seimuș	Arad	granodiorit	
8. Vîrfuri	Arad	diabaze	
9. Dieci	Arad	diabaze	
10. Valea Mare	Arad	diabaze	
11. Bătuța	Hunedoara	diabaze	
12. Zam	Hunedoara	diabaze	
13. Aciuța	Arad	diabaze	
14. Lipova	Arad	granit	
15. Valea Radna	Arad	granit	
16. Dealul Viilor	Arad	granit	
17. Surduc	Caras Severin	granit	
18. Văliug	Caras Severin	granit	
19. Maleia	Hunedoara	cuartit	
20. Lunca	Timiș	calcar	
21. Tenești	Timiș	calcar	
22. Romanești	Timiș	calcar	
23. Bojoga	Hunedoara	calcar	
24. Băița	Hunedoara	calcar	
25. Brădișorul de Sus	Caras Severin	granit	
26. Teluc	Hunedoara	calcar	
27. Crăciunoașă	Hunedoara	calcar	
28. Bănița	Hunedoara	calcar	
29. Peștera Belii	Caras Severin	calcar	
30. Domas	Caras Severin	calcar	
31. Mehadia	Caras Severin	calcar	
32. Pecinișoa	Caras Severin	calcar	
33. Constantin Daicoviciu	Caras Severin	calcar	

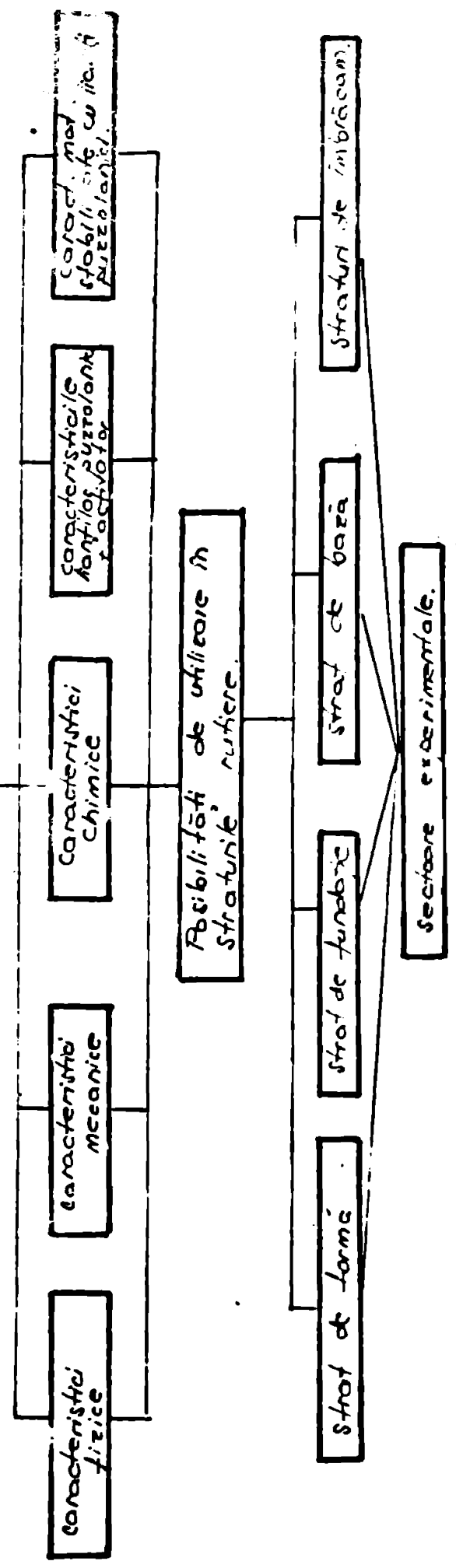
În fig. 2.1 sînt prezentate carierele aflate în exploatare, precum și zonele de perspectivă din această parte a țării. Agregatele naturale neprelucrate (nisip, pietriș și balast) în partea de sud-vest a țării se extrag în marea lor majoritate din albiile principalelor râuri din zone și anume: Mureșul, Crișul

...//...

Studii și cercetări asupra
materialelor folosite la const.
și întreținerea drumurilor.



Studii și cercetări de laborator.



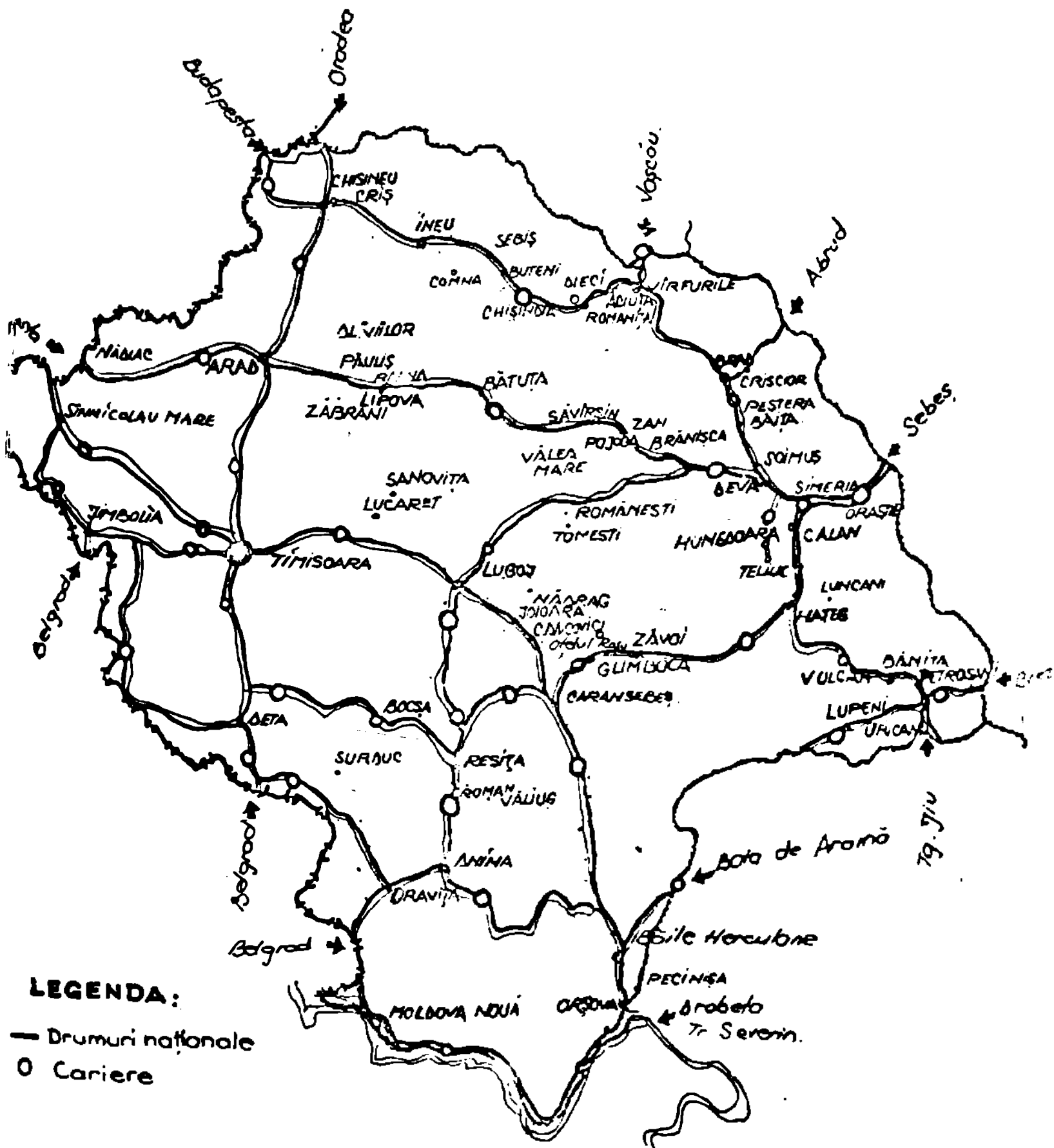


Fig. 2.1. Principalele cariere din zona de sud-vest a țării

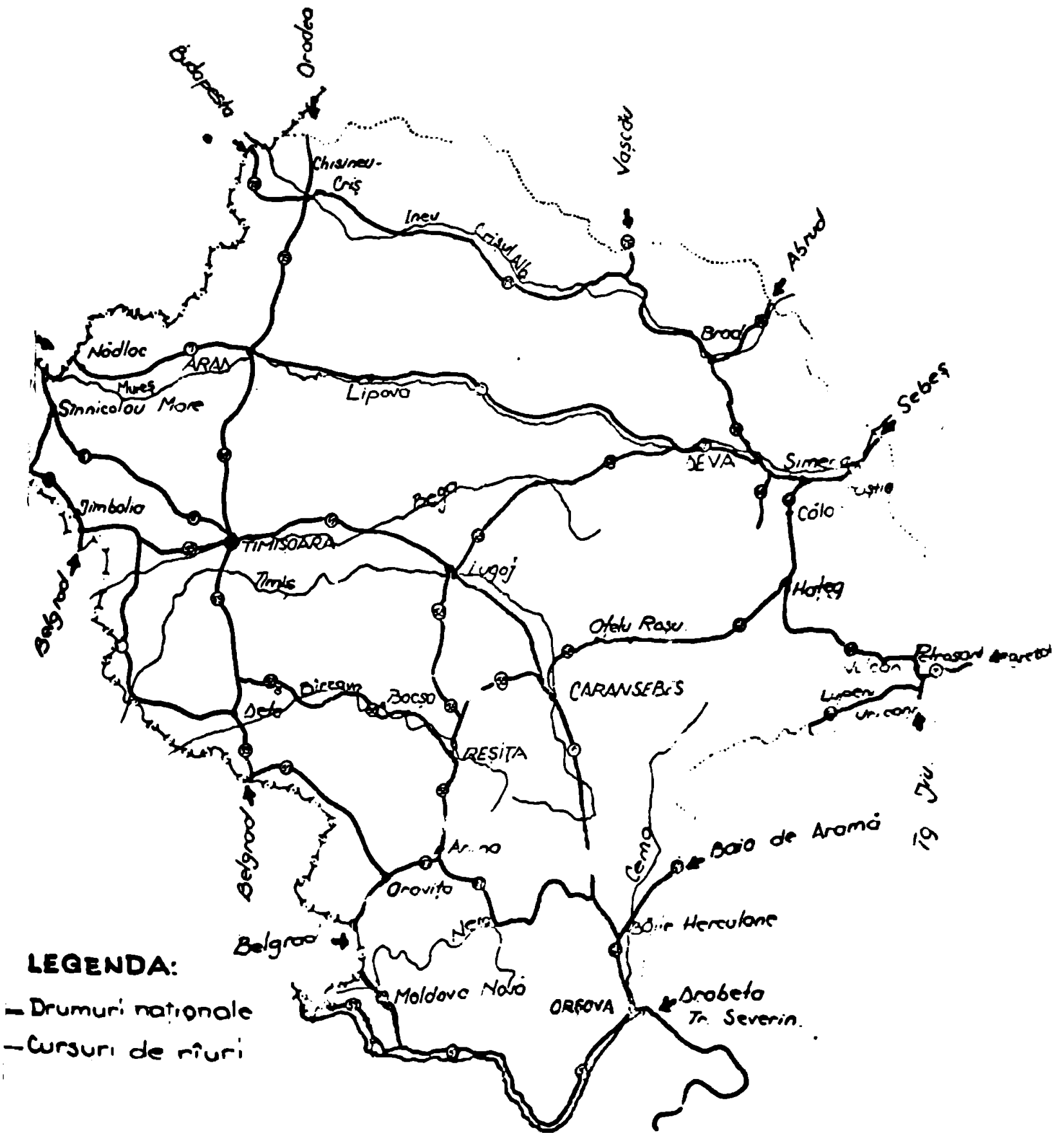


Fig 2.2 Raurile de unde se extrag materiale de kalostiero

șul, Boga, Cerna, Nera, Streul, acestea sînt prezentate în 5. 2.2. Unele din balastiere au exploatare permanentă, altele au caracter temporar și sezonier.

2.2 Caracteristicile subproduselor și deșeurilor industriale

Diversitatea mare a suproduselor și deșeurilor industriale, duce la intensificarea cercetărilor pe aceste materiale, vederea stabilirii caracteristicilor fizico-mecanice și a posibilităților de folosire în lucrările de construcții, în general al construcției și întreținerii drumurilor, în special. Aceste studii și cercetări în etapa actuală preocupă majoritatea cercetătorilor din domeniul drumurilor, căutîndu-se ca prin folosirea acestora la lucrările de întreținere și exploatare a drumurilor, să se reducă consumul de materiale energointensive.

2.2.1 Cenușa de termocentrală

Cenușa de termocentrală face parte din categoria materialelor puzzolane. Puzzolanele sînt materiale silicioase sau silico-aluminoase, care conțin compuși ce se combină cu varul sau cimentul în prezența apei la temperatura obișnuită și dau naștere unor formațiuni noi, greu solubile în apă, care manifestă proprietăți liante [60]. Cenușile de termocentrală sînt puzzolane artificiale, care rezultă ca deșeurii la arderea în suspensie de aer a cărbunilor în măcinați. În concordanță cu dezvoltarea termoelectricității între anii 1975-1990 și cu prevederile cincinalului actual, dinamica cantităților de cenușă din România este prezentată în fig. 2.3.

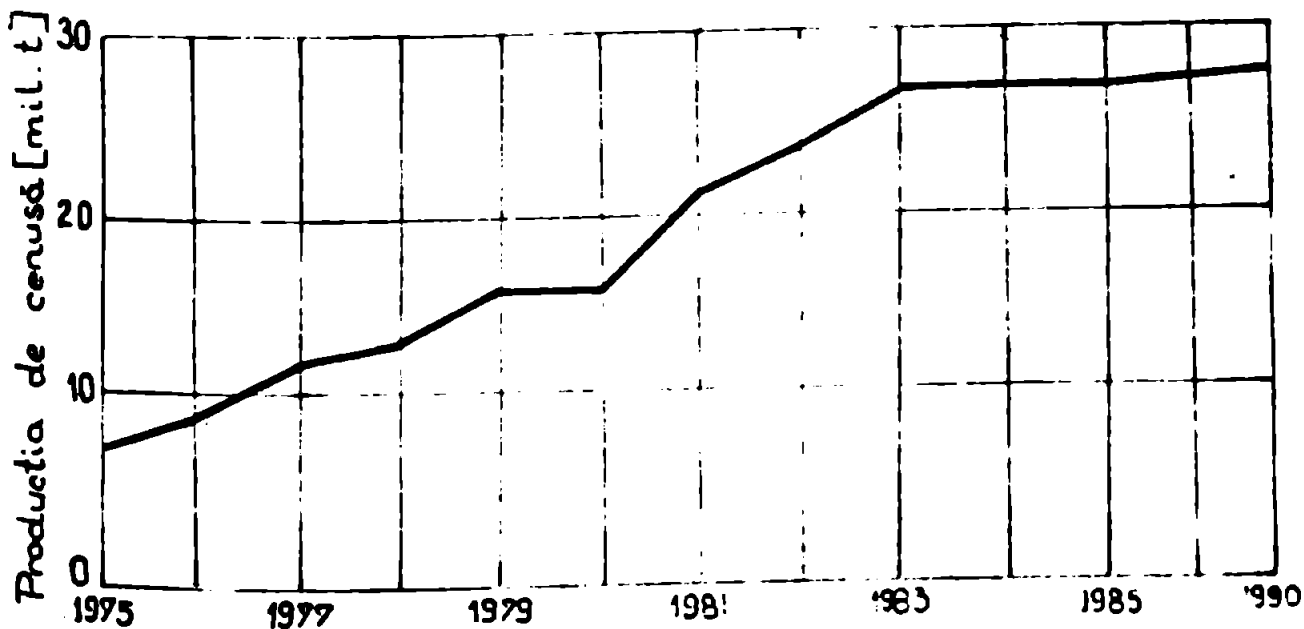


Fig. 2.3 Dinamica cantităților de cenușă în România

În literatura de specialitate [90] se menționează diferite criterii de clasificare a cenușilor de termocentrală. Un criteriu des folosit este în funcție de vîrsta geologică a cărbunilor, se deosebesc cenuși provenite în urma arderii hulelor cărbunilor bruni și lignitului. Cenușile de hullă sînt silico-aluminoase și manifestă proprietăți puzzolanice, în amestec cu apa și în prezența varului și cimentului prezintă proprietăți liante. Cenușile de lignit sînt în general sulfocalcice și manifestă proprietăți puzzolanice în amestec cu apa, mai ales în prezența varului sau cimentului. Cenușile de lignit din țara noastră au culoarea mai închisă decît cele provenite la arderea hulei. Aspectul și culoarea cenușilor provenite la arderea hulei, sînt asemănătoare celor ale cimentului portland. Dîntre termocentralele din partea de sud-vest a țării, cele de la Mintia și Paroșeni utilizează hullă, iar cele Iașalnița, Rogojelu și Turceni, utilizează lignit.

2.2.1.1 Proprietăți fizice ale cenușilor

Cenușile de termocentrală au densitatea scheletului $2,65...2,80 \text{ g/cm}^3$, iar densitatea aparentă variază între $1,90...2,40 \text{ g/cm}^3$. Densitatea în grămadă în stare afînată variază între $0,55...0,85 \text{ g/cm}^3$, iar în stare îndesată între $0,9...1,3 \text{ g/cm}^3$ [1]. Este de menționat faptul că între densitățile în grămadă în stare îndesată pentru cenușile provenite din arderea hulei și a lignitului, apar diferențe însemnate. Cenușile care au fost studiate în laborator, sînt : cenușa de la Mintia, cenușa de la Iașalnița, cenușa de la Rogojelu, cenușa de la Turceni și cenușa de la Paroșeni. Cenușile de la Iașalnița, Turceni și Rogojelu au densitatea în stare îndesată cuprinsă între $0,90...1,00 \text{ g/cm}^3$, față de cenușa de la Mintia și Paroșeni care corespund cenușilor de hullă și au densitatea în stare îndesată cuprinsă între $1,10...1,25 \text{ g/cm}^3$. Diferențe mari apar și între densitățile aparente maxime în stare uscată, cenușa de la Mintia realizează densitatea aparentă maximă în stare uscată $\rho_d \text{ max} = 1,30...1,41 \text{ g/cm}^3$ la umiditatea optimă de compactare $W_{opt} = 15...20 \%$, pe cînd cenușa de la Iașalnița realizează o densitate aparentă maximă în stare uscată $\rho_d \text{ max} = 1,05...1,15 \text{ g/cm}^3$ și umiditatea $W_{opt} = 34 \%$.

În fig.2.4 se prezintă curbele de compactare ale cenușelor provenite din arderea hulei și a lignitului obținute pe baza încercării Proctor modificat.

În literatura de specialitate [108] se arată că cenușa

ternocentrală realizează o compoziție granulometrică cuprinsă între 0,5...200 μ m fracțiunea sub 0,09 variind între 75...84 % [8]. Granulozitatea cenușilor de haldă diferă sensibil de cea a cenușilor captate la electrofiltre, la termocentralele din sud-estul țării; se constată că între 85...95 % din total trece prin sита de 0,2 mm și 55...78 % prin sита de 0,09 mm (fig.2.5)

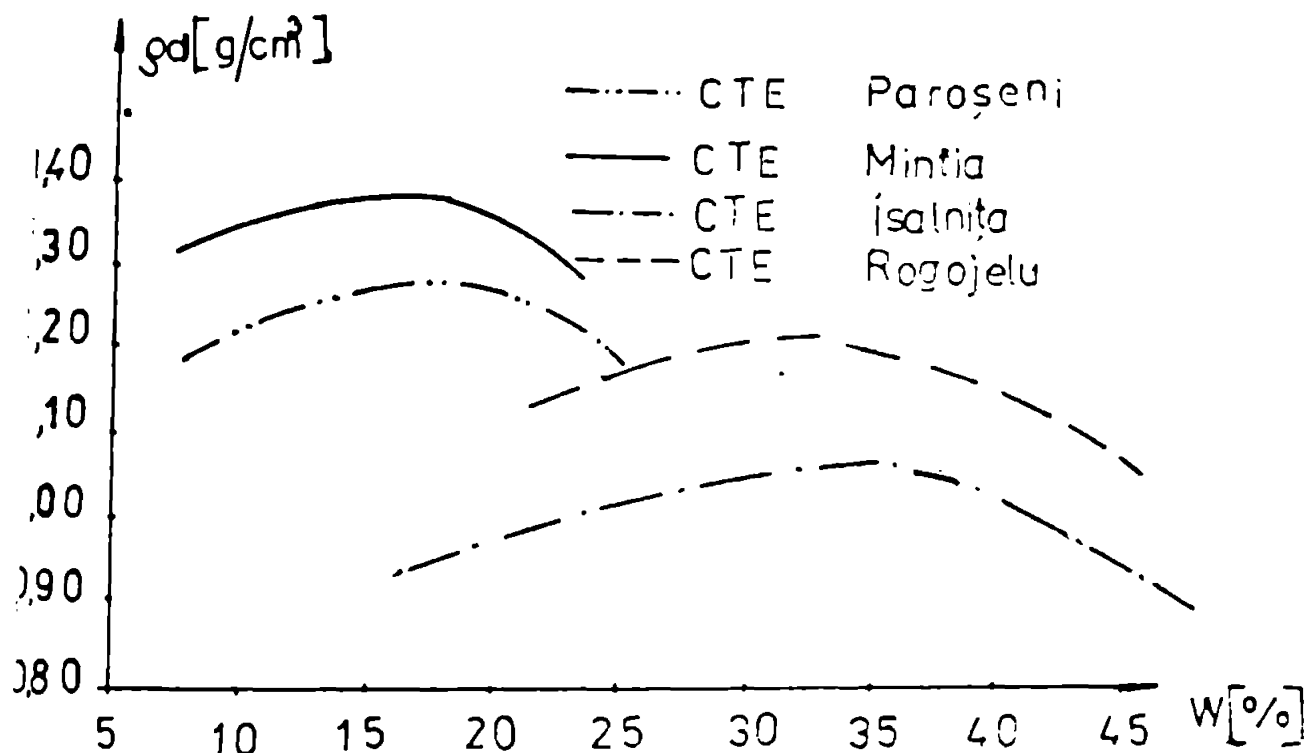


Fig.2.4 Curbele de compactare. Încercarea Proctor modificată.

Granulozitatea cenușilor de haldă este mult diferită de cea a cenușilor captate de electrofiltru și insilozate, astfel, se constată că prin sита de 0,02 mm trece numai 45...55 % din total, iar prin sита de 0,09 mm numai 8...15 % din total. Granulația mai grosieră a acestora se explică prin faptul că cenușile de haldă sunt de cele mai multe ori amestecuri de cenușe, zgură și resturi de cărbune nears. Finețea cenușilor se explică și prin suprafața specifică determinată cu porosimetrul Blaino. În literatura de specialitate [1] se arată că suprafața specifică a cenușilor de electrofiltru variază între 1800...5000 cm^2/g [20, 39]. Între granulozitate și suprafața specifică a cenușilor de termocentrală nu există în general o dependență strictă, suprafața specifică fiind influențată de forma granulelor. În fig. 2.5 se prezintă compozițiile granulometrice ale cenușilor studiate în lucrare. Compoziția granulometrică a cenușilor de termocentrală este apropiată de cea a unui praf, având dimensiunea particulelor cuprinsă între 0,01...0,5 μ m. Forma granulelor diferă funcție de proveniența cenușii, s-a observat că cenușile de Mintia care provin din arderea hulei, conțin granule cu forme rotunjite apropiate de cea sferică, spre

deosebire de cenușile de lignit ale căror granule au forme neregulate. Forma granulelor și natura suprafeței lor, pot exercita o influență însemnată asupra proprietăților cenușii, determinând

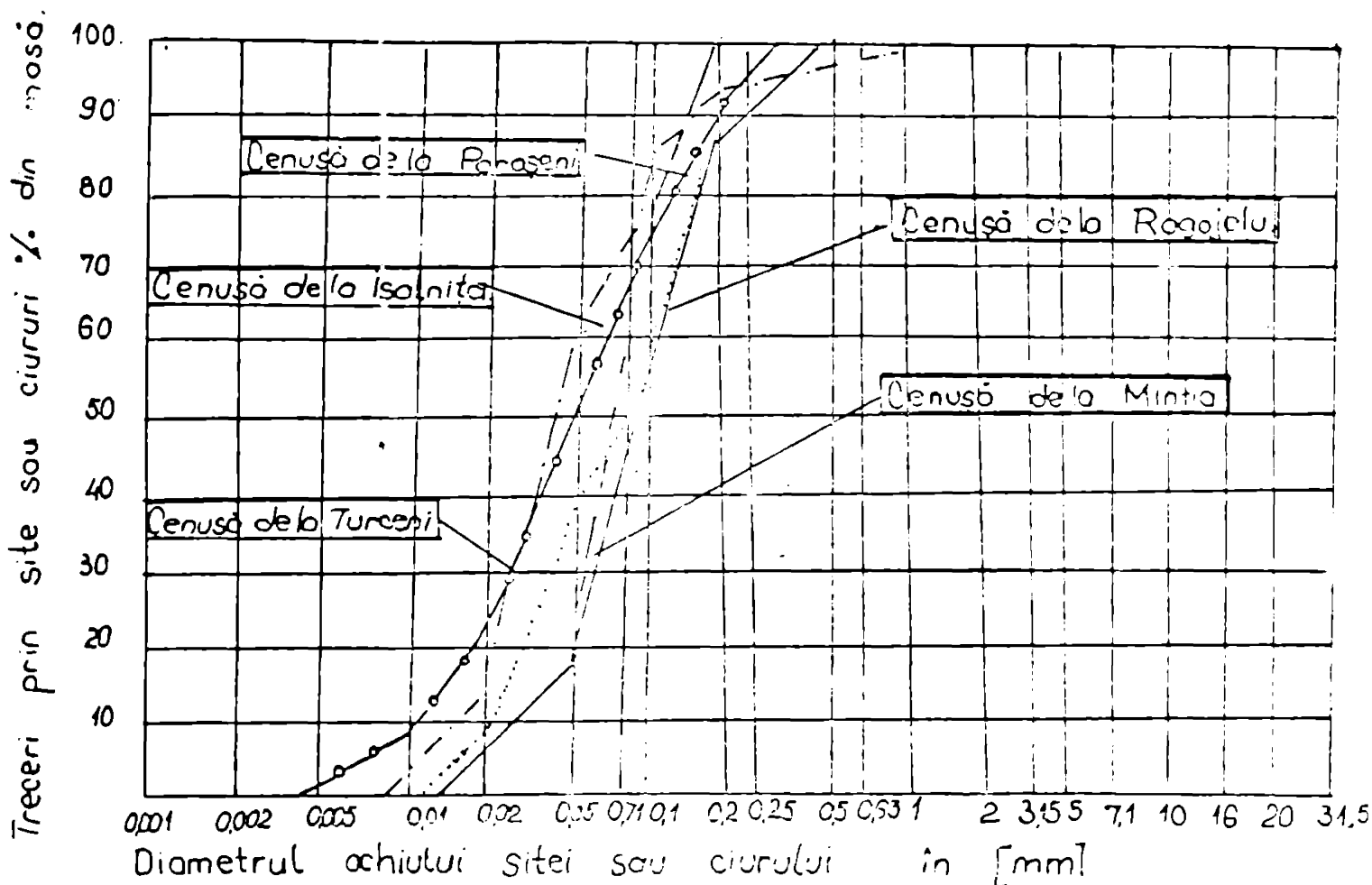


Fig. 2.5 Compoziția granulometrică a cenușei de termocentrale.

variația suprafeței specifice, a cantității de apă de amestecare pentru pasta de consistență normală, a unghiului de frecare interioară, precum și caracteristicilor de compactare.

2.2.1.2 Proprietățile mecanice ale cenușei

Aceste proprietăți variază în raport cu proveniența cenușei, cu starea ei de îndesare, precum și cu umiditatea ei. Rezistența la tăiere se cunoaște că este variabilă și ea, depinde de unghiul de frecare interioară (φ) și coeziune (c). Cenușile de termocentrală în stare uscată, sînt lipsite de coeziune, rezistența la tăiere variînd cu unghiul de frecare interioară.

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi \quad [\text{daN/cm}^2] \quad (2.1)$$

În stare de pastă sau în stare compactă, cenușile silico-aluminoase prezintă și forțe de coeziune, care se datoresc capilarității. Unghiul de frecare interioară pentru cenușile provenite de la termocentralele din sud-vestul țării este cuprins între $26 \dots 35^\circ$, dacă densitatea în stare uscată maximă și umiditatea optimă de compactare au fost determinate prin încercarea

...//...

ctor modificat. Valorile mici ale unghiului de frecare interioară
 espund cenușilor de hăilă, iar valorile mari corespund cenușilor
 lignit. In tabelul 2.2 se prezintă parametrii rezistenței la tăie-
 determinati pe probe preparate la densitatea aparentă în stare us-
 ă maximă și la umiditatea optimă de compactare pentru cenușile de
 Mintia și Ișalnița.

Tabelul 2.2

Cenușa de la termocentrala	Caracteristicile de compactare		Parametrii	
	γ_d max g/cm ³	w_{opt} %	c daN/cm ²	ϕ °
Mintia	1,30	18,5	0,29	26
Ișalnița	1,05	34,0	0,48	34

Trebuie să menționăm influența mare pe care o exercită gradul
 compactare asupra rezistenței la forfecare a cenușei: diminuarea
 adului de compactare cu 15 % poate determina reducerea rezistenței
 forfecate cu 40 %. Compresibilitatea cenușilor de termocentrală,
 te corespunzătoare unui modul de deformare edometrică $M = 300 \dots$
 0 daN/cm^2 și coeficient de compresibilitate $a_v = 0,04 \dots 0,06 \text{ cm}^2/$
 daN determinati prin încercarea edometrică. Modulul de deformare
 edometrică al cenușilor cercetate este apropiat de cel al nisipurilor
 fine, iar potrivit valorilor coeficientului de compresibilitate,
 acestea se situează în categoria materialelor cu compresibilitate
 redusă. Rezistențele la întindere prin încovoiere pentru cenușile
 în partea de sud-vest a țării sînt cuprinse între 1,2...1,8 daN/
 cm^2 . In tabelul 2.3 este arătată rezistența la întindere prin în-
 covoiere și rezistența la compresune obținute pe epruvete prismatice
 cu dimensiunile 16 x 4 x 4 cm preparate din cenușe de la
 Mintia, Ișalnița și Turceni.

Tabelul 2.3

Cenușa	Caracteristicile de compactare		Condiții de păstrare	
	γ_d g/cm ³	w_{opt} %	Mediu uscat la 14 zile	
			R_t daN/cm ²	R_c daN/cm ²
Mintia	1,30	18,5	1,7	5,4
Ișalnița	1,05	34,0	1,3	4,2
Turceni	0,95	35,0	1,2	4,1
Mintia (x)	1,10	24,0	1,2	2,5

Mintia (x) Epruvele s-au preparat la caracteristicile de
 compactare corespunzătoare Proctor normal.

Din tabelul 2.3 se observă că diferențele între mărimile re-
 sistențelor mecanice sînt reduse, se poate observa că ele depind

..//..

în mare măsură de compactitatea cenușei. De asemenea se observă că mărimea rezistențelor mecanice este influențată de gradul și umiditatea de compactare, precum și de proveniența cenușei.

În fig. 2.6 se observă influența pe care o exercită caracteristicile de compactare asupra rezistențelor la compresie [90].

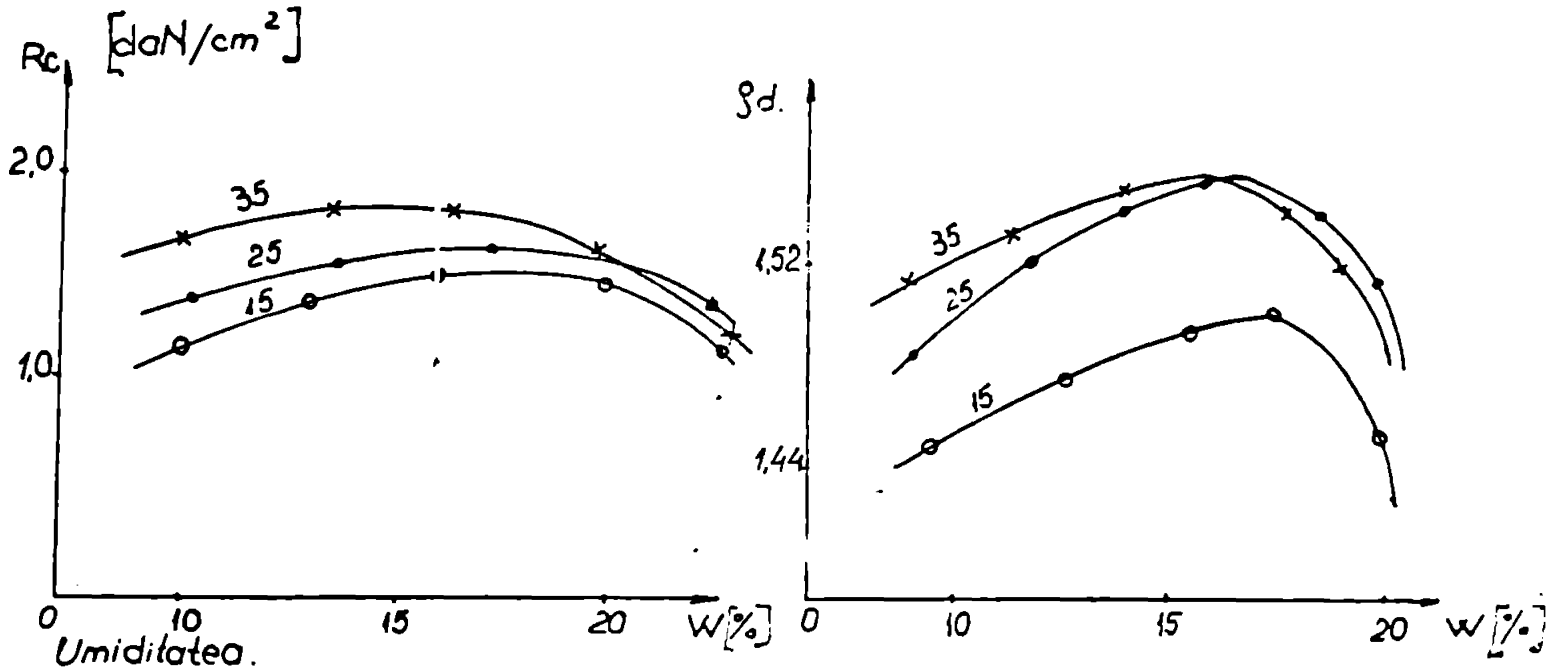


Fig. 2.6 Relația între rezistența la compresie și caracteristicile de compactare.

2.2.1.3 Compoziția chimică a cenușilor

Principali compuși oxidici prezenți în cenuși sînt: silica SiO_2 , alumina Al_2O_3 , oxizi de fier (Fe_2O_3 , FeO , Fe_3O_4) varul CaO , oxidul de magneziu MgO , în cantități mai reduse se întîlnesc: protoxidul de sodiu, protoxidul de potasiu, anhidrida sulfurică, titan, bereliu, germaniu, fosfor, bor, molibden, mangan. La noi în țară se deosebesc două feluri de cenuși, funcție de natura substanțelor de origine și de vîrsta geologică a cărbunilor și anume:

- silico-aluminoase în compoziția cărora predomină silica și alumina;

- alumino-silicioase, avînd ca compuși principali alumina și silica.

Se menționează faptul că compozițiile chimice ale cenușilor din țară în special compuși oxidici principali, nu prezintă variații prea mari în timp și nu diferă prea mult de la o termocentrală la alta. Totuși, se observă în tabelul 2.5 că există unele deosebiri între cenușile de lignit și cenușile provenite din arderea cărbunelui brun și hulei.

Din tabelul 2.4 se observă următoarele:

- toate cenușile, atât cele de lignit, cât și cele de hui-
se caracterizează prin conținut ridicat de SiO_2 , Al_2O_3 și Fe_2O_3
cantități mici de oxizi a metalelor alcaline;

- cenușile provenite din arderea cărbunilor- brun și a hui-
si sunt mai bogate în alumina, decât cenușile de lignit;

- cenușile de lignit sunt mai bogate în oxid de calciu, pro-
xim și în oxid de magneziu și trioxid de sulf, decât cenușile de
arbune brun sau huiță.

În tabelul 2.5 sînt redată compozițiile chimice medii ale
cenușilor siliceoaluminoase și sulfocalcice din Franța [39]

Tabelul 2.4

Compuși oxidici	Cenușe de huiță de la termocen- trala		Cenușe de lignit de la termocentrala		
	Mintia	Paroseni	Ișalnița	Turcenti	Hogojelu
SiO_2 %	49,94	49,82	48,31	45,20	41,60
Al_2O_3 %	26,64	27,35	21,73	22,62	23,26
Fe_2O_3 %	10,47	10,09	9,67	9,25	8,83
CaO %	5,16	4,34	10,04	8,82	8,06
SO_2 %	1,37	1,87	2,73	2,43	2,10
SO_3 %	0,81	1,35	1,48	3,87	5,64

Din tabelul 2.5 se observă diferențele de ordin cantiti-
tativ care apar între cenușile siliceoaluminoase și sulfocalcice
privind conținutul de var și anume conținutul foarte ridicat de var
care există în cenușile de natură sulfocalcice.

Tabelul 2.5

Compuși oxidici	Cenuși de termocentrala		Zgura de furnal	Clinker portland	Sticlă
	Silico- aluminoase	Sulfocalci- ce			
SiO_2 %	50,0	18,0	29,6	22	75
Al_2O_3 %	30,0	12,0	14,0	6	1
Fe_2O_3 %	7,0	7,0	-	3	-
CaO total %	2,5	45,0	45,0	65	8,1
CaO liber %	0,1	22,0	-	-	-
MgO %	1,8	1,8	-	-	-
SO_3 %	0,5	6,0	-	-	-
Na_2O %	5,0	-	-	-	-
K_2O %	0,8	8,2	-	-	-
TiO_2 %	1,0	-	-	-	-

..//..

În raport cu celelalte materiale din tabelul 2.5 observăm că cenușile siliceoaluminoase se particularizează în special prin conținut mai ridicat de alumina și printr-o varietate mai largă de produs secundar între care și oxidul de titan.

2.2.1.4 Compoziția mineralogică a cenușilor

Diversele substanțe minerale din care sînt alcătuite cenușile în condițiile termodinamice de ardere și răcire, se prezintă structural ca fază cristalină (12...24 %) și fază vitroasă (66...88 %). Preponderența fazei vitroase este determinată de conținutul în topitură parțială care prin răcire rapidă se solidifică fără cristalizare, rămînînd în stadiul de germeni micro și cryptocristalin. Compoziția mineralogică a fazei cristaline determinată prin metode difractometrice cu raze X este dată în tabelul 2.6

Tabelul 2.6

Tip cenușe	Componenti mineralogici %				Fază vitroasă %
	Cuarț	Mulit	Hematit	Magnetit	
Ișalnița	10...16	2...4	2...12	2...13	50...70
Turceni	8...14	2...5	4...12	3...14	52...65
Rogojelu	9...15	2...4	3...10	3...12	50...63
Mintia	14...18	2...5	2...10	3...14	45...62

Pentru comparație în tabelul 2.7 se dau variațiile compozițiilor mineralogice pentru cenușile din S.U.A., Anglia, Japonia [71].

Tabelul 2.7

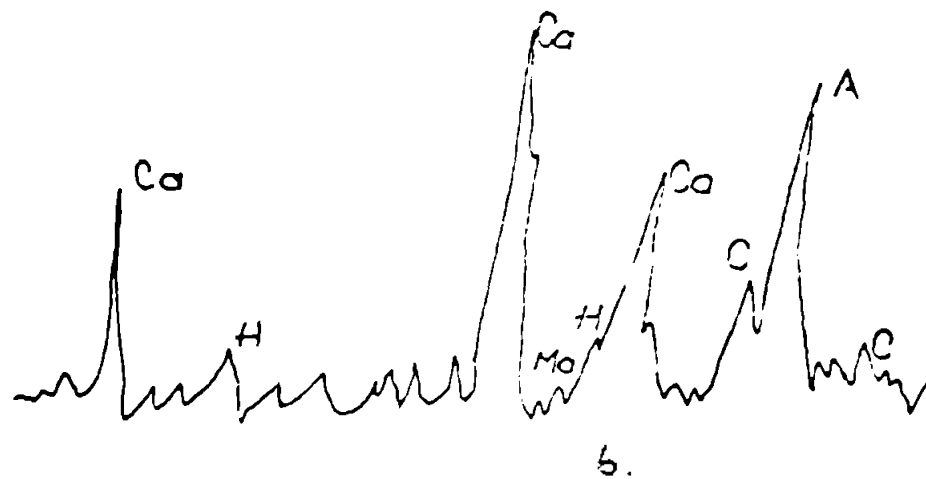
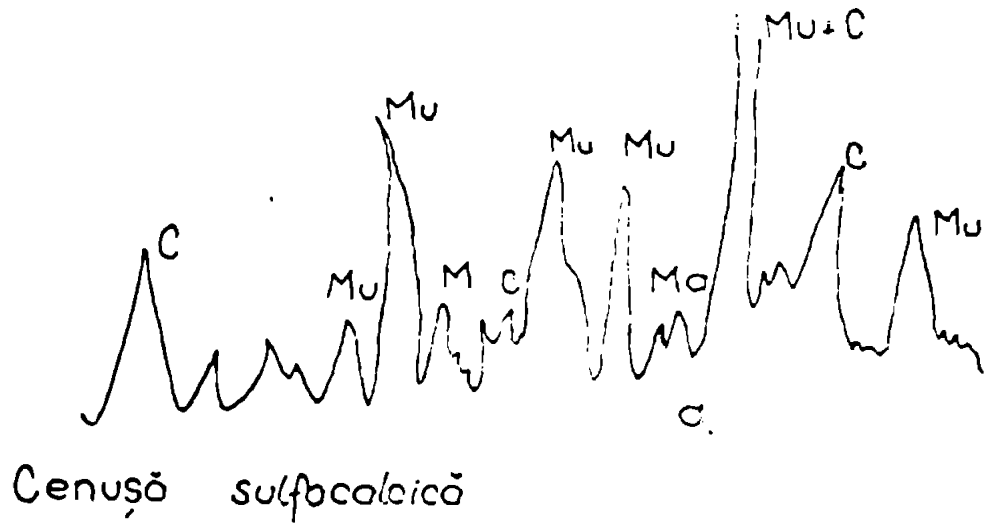
Țara	Component mineralogic %				Fază vitroasă %
	Cuarț	Mulit	Hematit	Magnetit	
S.U.A.	2	8	4,5	15	71
Anglia	3,7	22	2,6	2,5	70
Japonia	8,6	13	-	2,7	76,5

Din tabelele 2.6 și 2.7 se observă că principalii componenți cristalini ai cenușelor de la noi din țară, cît și din statele menționate, sînt: cuarțul (10...16 %), hematitul (2...10%) și magnetitul (2...14 %) și mulitul (2...4 %).

Diferențe mai mari între cenușile din țara noastră și din țările menționate apar în privința conținutului de mulit și magnetit. La cenușile din Anglia dintre componenții cristalini predomină mulitul (22 %), iar la cenușile din S.U.A. predomină magnetitul (15 %). Literatura de specialitate [90, 108] mai amena-

ază în compoziția cenușelor și prezența altor componente cristaline sau cuasicristalini eterogeni ca: gehlenitul, akermanitul, melitele, anotitul, ghipsul etc.

În fig. 2.7 a, b, se prezintă difractograma cu raze X efectuată pe cenuși silicoaluminose și aluminosilicoase [90].



Mo - magnetit.

A - anhidrit.

Mu - mulit.

H - hematit.

C - cuarț

Ca - calciu.

Fig. 2.7 Difractograma pentru cenușă.

2.2.1.5 Proprietățile cenușelor în raport cu apa

Principalele proprietăți ale cenușelor de teracentrală în raport cu apa sînt: pasta de consistență normală; interacțiunea cu apa, comportarea la acțiunea îngheț-dezghet.

2.2.1.5.1 Pasta de consistență normală

Cenușile de termocentrală realizează pasta de consistență normală cu cantități diferite de apă de amestecare, în raport cu proveniența și proprietățile lor. Pasta de consistență normală este cantitatea de apă necesară pentru un material dat (ciment, cenușe) pentru ca materialul respectiv să prezinte o fluiditate corespunzătoare unei bune lucrabilități. Pentru determinarea cantității de apă de amestecare se utilizează aparatul Vicat folosind metoda prevăzută în STAS 227-68. Între cenușile provenite din arderea hulei și cele de lignit, apar deosebiri sensibile în ceea ce privește cantitatea de apă de amestecare pentru obținerea pastei de consistență normală. Pasta de consistență normală pentru cenușile provenite din arderea hulei se obține pentru o cantitate de apă de 22...26 %, iar pentru cenușile provenite din arderea lignitului apa care realizează aceeași consistență este de 60...64 %. Cu toate că această determinare nu este prevăzută pentru cenuși în prescripțiile în vigoare, se consideră deosebit de utilă, mai ales dacă cenușa se utilizează la prepararea betoanelor de ciment.

2.2.1.5.2 Interacțiunea cu apa

În general cenușile prezintă o interacțiune fizico-chimică cu apa redusă, având în vedere că ele rezultă în urma unor procese de ardere la temperaturi foarte ridicate. Interacțiunea scheletului mineral cu apa poate fi apreciată mai bine cu ajutorul curbei de reținere, care reprezintă relația dintre sucțiune și umiditatea materialului.

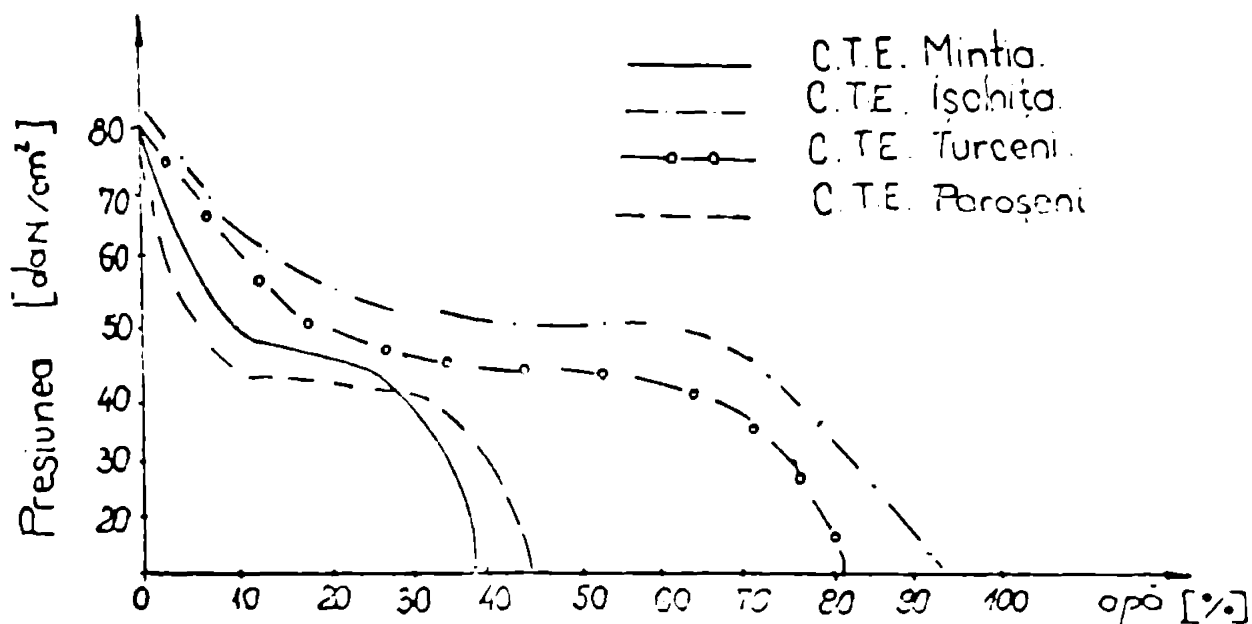


Fig. 2.5 Capacitatea de sucțiune a cenușilor

Sucțiunea reprezintă reducerea presiunii apei din pori, raport cu presiunea atmosferică, datorită forțelor de interacțiune între scheletul mineral și apă. În fig. 2.8 s-a reprezentat curbele de sucțiune determinate pe probe din cenușile de la Mîlna, Paroșeni și Ișalnița, preparate sub formă de pastă. Alura curbelor evidențiază caracterul capilar - poros al structurii, starea palierului caracteristic de golire masivă a majorității apei din pori, pentru un interval mic de sucțiuni. Se observă că la cenușile provenite din arderea hulei palierul este redus și cuprins între 0,33...0,50 bari, pe când palierul corespunzător cenușilor de lignit este mai mare, ceea ce denotă activitatea sporită a acestor cenuși în raport cu apa.

2.2.1.5.3 Comportarea cenușilor la acțiunea înghețului repetat

În literatura de specialitate [90] se remarcă faptul că cenușile au o comportare slabă la acțiunea îngheț-dezghețului, asta fiind funcție de granulozitatea lor. Sub raportul susceptibilității la îngheț-dezgheț se deosebesc trei categorii: lipsite de susceptibilitate, cu susceptibilitate limitată, foarte susceptibile. Pentru a stabili categoria de cenușe, se stabilește umflarea probelor de probă de 15,2 cm înălțime din cenușe compactată, determinată după 250 ore de păstrare la temperatura de -17°C , în interval în care corpurile de probă sînt așezate pe un disc ceramic gros aflat în contact cu apa la temperatura de $+14^{\circ}\text{C}$. Cenușile care în urma acestei încercări au umflări sub 1,27 cm sînt lipsite de susceptibilitate la acțiunea de îngheț-dezgheț, dacă umflarea este mai mare de 1,78 cm cenușile sînt foarte susceptibile la acțiunea înghețului repetat.

2.2.1.6 Reactivitatea cenușii de termocentrală

Activitatea puzzolanică a cenușilor reprezintă aptitudinea acestora de a fixa varul la temperatura obișnuită, în urma reacțiilor chimice se formează compuși noi - hidrosilicați și hidroaluminati de calciu - care au proprietăți liante și caracter hidrofob. Activitatea puzzolanică a cenușilor este dependentă de compoziția și finetea lor, fiind influențată favorabil de conținutul în compuși reactivi (silice și alumina), suprafața specifică cât mai mare, prezența de substanțe vitruoase în cantitatea cât mai mare.

Pentru evaluarea activității hidraulice se determină următorii indici:

Indicele de calitate I_c , este definit prin raportul dintre oxizii activi hidraulici și oxizii inerți:

$$I_c = \frac{\% \text{CaO} + \% \text{CaS} + \% \text{Al}_2\text{O}_3 + \% \text{MgO}}{\% \text{SiO}_2 + \% \text{MgO}} \quad [-] \quad (2.2)$$

Relația 2.2 este parțial valabilă, întrucât se acceptă ca SiO_2 în stare vitruoasă, are un caracter activ hidraulic, participând în sistemul cenuse - activatori bazici - apă la formarea hidrosilicaților de calciu cu consecințe favorabile asupra rezistenței lor mecanice și durabilității;

Indicele de bazicitate I_b , este definit prin raportul dintre oxizii bazici și cei acizi conform relației:

$$I_b = \frac{\% \text{CaO} + \% \text{MgO} + \% \text{K}_2\text{O} + \% \text{Na}_2\text{O}}{\% \text{SiO}_2 + \% \text{Al}_2\text{O}_3} \quad [-] \quad (2.3)$$

Pentru cenurile calcice I_b poate depăși valoarea 1 în timp ce pentru cenurile aluminosilicioase și silicoaluminose are valori mai mici decît 1. Deci cenurile sulfocalcice au un caracter bazic, iar cele silicoaluminose au un caracter acid.

Indicele de activitate este definit printr-un raport funcție de compoziții activi și inactivi din cenuse [100].

$$I_a = \frac{\% \text{CaO} + \% \text{MgO} + \% \text{SiO}_2 \text{ sol.} + \% \text{R}_2\text{O}_3 \text{ sol.}}{(\% \text{SiO}_2 \text{ t.} - \% \text{SiO}_2 \text{ sol.}) + (\text{R}_2\text{O}_3 \text{ t.} - \text{R}_2\text{O}_3 \text{ sol.})} \quad [-] \quad (2.4)$$

unde:

$\text{SiO}_2 \text{ t.}$, $\text{SiO}_2 \text{ sol.}$ reprezintă silicia totală și silicia solubilă din cenuse într-o soluție naturală de $\text{Ca}(\text{OH})_2$;

$\text{R}_2\text{O}_3 \text{ t.}$, $\text{R}_2\text{O}_3 \text{ sol.}$, este suma $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ totală respectiv solubili din cenuse.

Tabelul 2.8

Calculînd cu relația 2.3 indicele de activitate pentru cenurile de la Ișalnița, Rogojelu și Mintia au rezultat valorile din tabelul 2.8.

Tip cenuse	I_a
Ișalnița	0,195
Rogojelu	0,183
Mintia	1,150

Indicele de activitate puzzolanică este definit ca un raport între rezistențele la compresune a epruvetelor cilindrice preparate în anumite condiții conform relației:

$$I_{ap} = \frac{A - B}{B} \quad [-] \quad (2.5)$$

unde:

A este rezistența la compresune la 7 zile (28 zile) determinată pe epruvete cilindrice preparate din cenuse de termocentrală

% și ciment sau var 10 %;

B - rezistența la compresune la 7 zile (28 zile) determinată pe epruvete cilindrice preparate din nisip 90 % și ciment sau var 10 %.

În funcție de valoarea Iap cenușile de teracentrală se clasifică astfel:

$Iap \leq 0$ cenușe nepuzzolanică;

$0 < Iap \leq 0,5$ cenușe slab puzzolanică;

$0,5 < Iap \leq 1,0$ cenușe mediu puzzolană;

$1,0 < Iap \leq 1,5$ cenușe puzzolană;

$Iap > 1,5$ cenușe foarte puzzolană.

În tabelul 2.9 se prezintă indicii de activitate al cenușilor studiate în lucrare.

Tabelul 2.9

Cenușa de la teracentrală	Iap	Tipul cenușei
Antia	1,20	cenușe puzzolană
Arșeni	1,45	cenușe puzzolană
Salnița	0,85	cenușe mediu puzzolană
Turcenii	3,60	cenușe foarte puzzolană
Gojelu	0,70	cenușe mediu puzzolană

Din tabel se observă că toate cenușile studiate au activitate puzzolană, cenușile provenite din arderea cărbunilor superiori au Iap cuprins între 1...1,5, iar cele provenite din arderea cărbunilor inferiori au Iap cuprins între 0,5...1,0, excepție făcând cenușa de la Turcenii care are Iap = 3,6 și deci este foarte puzzolană.

2.3. Zgura de furnal înalt

În procesul de elaborare al fontei din minereurile ferose, rezultă ca subprodus zgura lichidă de furnal la o temperatură de aproximativ 1500 °C. Dacă zgura lichidă este lăsată să se răcească la temperatura ambiantă obținem zgura de haldă, dacă se răcește sub acțiunea unui jet de apă se obține zgura granulată, iar dacă este supusă unui procedeu special de prelucrare, se obține zgura expandată. Majoritatea zgurelor de furnal înalt se obțin în urma procesului de fabricare al fontei de afinare destinată elaborării otelului și de la fabricarea fontei de turnătorie. Cantitățile de zgură rezultate în urma procesului de fabricare al fontei, sînt destul de importante, rezultînd în medie o tonă de zgură la o tonă

...//...

de fontă. Componentii principali oxidici ai zgurei de furnal înalt sînt: oxidul de calciu (CaO), bioxidul de siliciu (SiO_2) și trioxidul de aluminiu (Al_2O_3), iar în cantități mici se mai găsește sulfura de calciu (CaS), oxidul de magneziu (MgO) și oxidul de mangan (MnO). Compoziția chimică a zgurei variază foarte mult, atât din cauza minereului, cît și din cauza calcarului folosit ca fondant, ea este influențată și de calitatea cerută fontei, în special în ceea ce privește oxizii metalici.

În tabelul 2.10 este dată compoziția oxidică a zgurelor de furnal în cîteva țări din Europa [28]. Procentul în care diverși oxizi intră în componența zgurelor influențează proprietățile hidraulice ale zgurei.

Tabelul 2.10

Proveniența	CaO %	SiO_2 %	Al_2O_3 %
Anglia	30...50	28...38	8...24
Franța	45...50	27...32	13...20
Germania	45...55	27...40	10...22
România	31...43	31...37	5...10
- Reșița	41...43	34...37	9...10
- Hunedoara	31...40	31...37	5...10

Zgura devine mai activă, în special în prezența unui catalizator bazic, cel mai frecvent folosit fiind varul. În urma unor procese complexe fizico-chimice de hidratare-hidroliză, silicea activă intră în interacțiune cu hidroxidul de calciu rezultat din hidroliză, formîndu-se hidrosilicatul dicalcic. Acesta este produsul de hidratare hidroliză cu proprietăți hidraulice care dă rezistențe ce cresc continuu, mai ales după durate lungi de întărire. [61]

2.3.1 Zgura de haldă

Se obține în urma răcirii naturale a zgurei fluide în contact cu temperatura mediului ambiant (fig.2.9)

Datorită faptului că în procesul de evacuare al zgurei condițiile de solidificare diferă de la o șarjă la alta, ea prezintă diverse faze de cristalizare al componentilor, ceea ce determină un aspect neuniform al zgurei în cuprînsul haldei, de la o structură compactă pînă la o structură poroasă.

Zgura de haldă mai conține în diferite proporții și alte deșeurii ca: părți metalice, nisipuri arse, bucăți de cărămizi refractare, acesta este însă un motiv pentru care haldele de

iră sînt neuniforme atît ca aspect, cît și ca granulație și compac-
tate. In general, zgura de haldă este compactă și rezistentă, de-
rece se formează componenți cristalini legați între ei prin restu-
le de topitură rămase sub formă sticloasă.

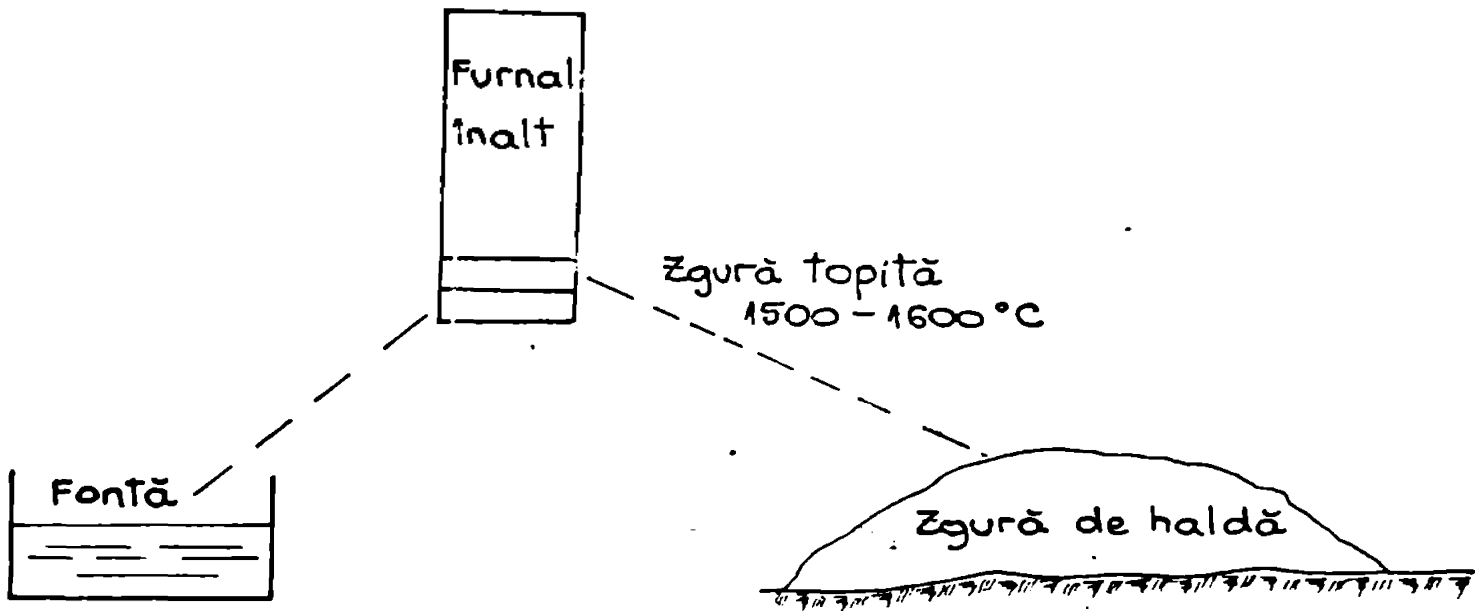


Fig. 2.9. Producerea zgurei de haldă.

Pentru determinarea caracteristicilor fizico-mecanice ale zgu-
ri de haldă, s-au preparat epruvete cubice și s-a pregătit din zgu-
ra de haldă de la Hunedoara zgură spartă, iar pe aceste materiale s-au
făcut încercări, caracteristicile fizico-mecanice obținute sînt
cele obținute din tabelul 2.11.

Tabelul 2.11

Nr. crt.	Caracteristici	U/M	Zgura de la Hunedoara	
			cuburi	zgură spartă
1.	Densitatea	g/cm ³	2,8...3,0	2,6...2,9
2.	Densitatea aparentă	g/cm ³	2,3...2,6	1,6...2,6
3.	Compactitatea	%	81... 89	60... 91
4.	Porozitatea	%	11... 19	12... 46
5.	Absorbția de apă	%	0,9...2,3	1,0... 10
6.	Rezistența la compresie	daN/cm ²	700...1150	-
7.	Rezistența la sfărșare prin compresie	%	-	64... 79
8.	Rezistența la sfărșare prin șoc	%	-	82... 88
9.	Coeficient de calitate	-	-	10... 12
10.	Rezistența la uzură Deval	%	-	4... 17

Zgura de haidă este un material de construcție ce se poate utiliza la executarea terasamentelor, a fundațiilor și straturilor de bază la drumuri. După concasare, se poate utiliza la executarea macadamurilor și straturilor rotiere din materiale stabilizate.

2.3.2 Zgura granulată de furnal înalt

Se obține prin răcirea bruscă sub acțiunea unui jet de apă a zgurei în stare fluidă (Fig.2.10)

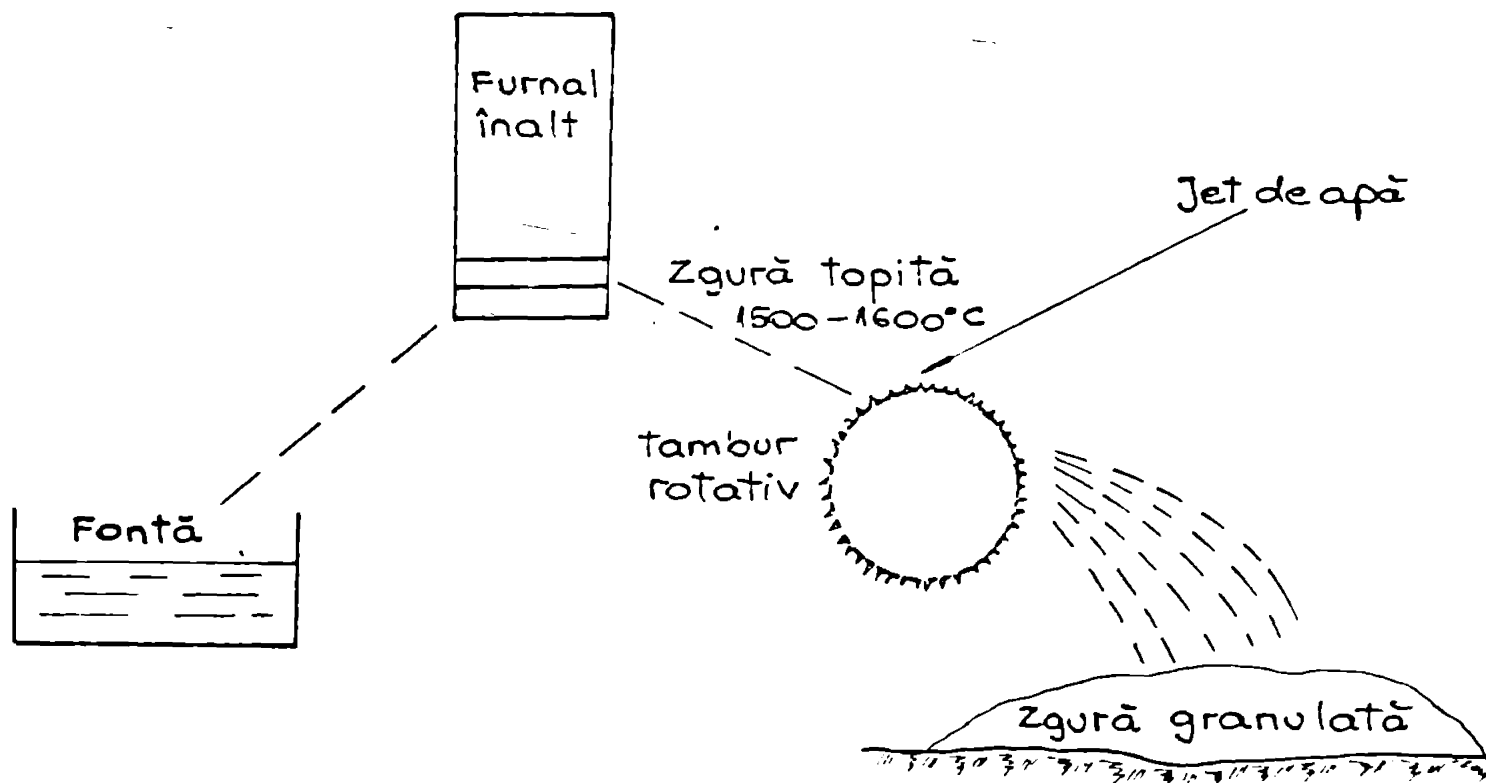


Fig. 2.10. Producerea zgurei granulată de furnal înalt.

La noi în țară granulara se realizează prin următoarele procedee:

- granulara în jet de apă, zgura topită este descărcată din oale într-un jet puternic de apă, care realizează atât granulara, cât și transportul zgurei în depozit;

- granulara în bazin, zgura topită este descărcată într-un bazin unde se ridică nivelul apei și se realizează granulara;

- granulara în jet circular de apă, zgura topită la ieșirea din furnal se scurge printr-un canal vertical care este prevăzut cu orificii, prin care apa sub presiune țigănește și preia guborul de zgură, realizându-se astfel granulara.

Tehnologia de granulare, debitul de apă, direcția jetului de apă, temperatura zgurei influențează calitățile zgurei granulată și în special proprietatea de hidraulicitate a acesteia.

Pentru a stabili puterea de hidraulicitate a zgurelor determinăm coeficientul de activitate (α) cu următoarea relație [132]:

..//..

$$d = S \times P \times 10^{-3} \quad [-] \quad (2.6)$$

în care:

S este suprafața specifică Blaine a părților fine din urmă (< 0,08), în cm²/g;

P - procentul de părți fine după măcinarea zgurei în rî cu bile, în cm²/g.

Funcție de valoarea coeficientului (d) zgura se clasifică în următoarele clase:

- clasa 1 zgură cu reactivitate redusă $0 < d < 20$
- clasa 2 zgură reactivă $20 < d < 40$
- clasa 3 zgură reactivă $40 < d < 60$
- clasa 4 zgură reactivă $d > 60$

Zgurile granulate se obțin din zgura topită care are un grad de bazicitate egal cu 1 sau mai mic decît 1.

Modulul de bazicitate se determină cu relația:

$$M_B = \frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3} \quad [-] \quad (2.7)$$

Un alt indice care să determine la zgurile granulate este indicele de bazicitate și anume:

$$I_B = \frac{CaO}{SiO_2} \quad [-] \quad (2.8)$$

Zgura granulată de furnal înalt are indicele de bazicitate cuprins între 1...1,6.

- Compoziția granulometrică a zgurei granulate se apropie de a nisipului natural avînd dimensiunea granulelor cuprinsă între 0...7 mm și este prezentată în tabelul 2.12 și fig. 2.11.

Tabelul 2.12

Nr. crt.	Compoziția granulometrică	U.M.	Zgura de la Hunedoara	Zgura de la Reșița
1.	Treceri prin ciurul de 7,1 mm	%	100,0	100,0
2.	Treceri prin ciurul de 3 mm	%	90,4	96,9
3.	Treceri prin ciurul de 1 mm	%	71,6	81,8
4.	Treceri prin sita de 0,2 mm	%	25,9	43,2
5.	Treceri prin sita de 0,09 mm	%	3,6	13,5

Caracteristicile fizico-mecanice ale zgurei granulate de furnal înalt de la Reșița și Hunedoara determinate în laboratorul C.D.F.I.C. sînt prezentate în tabelul 2.13.

Compoziția chimică a zgurei granulate de la Reșița și Hunedoara determinată cu aparatul din fig. 2.12 este prezentată în tabelul 2.14.

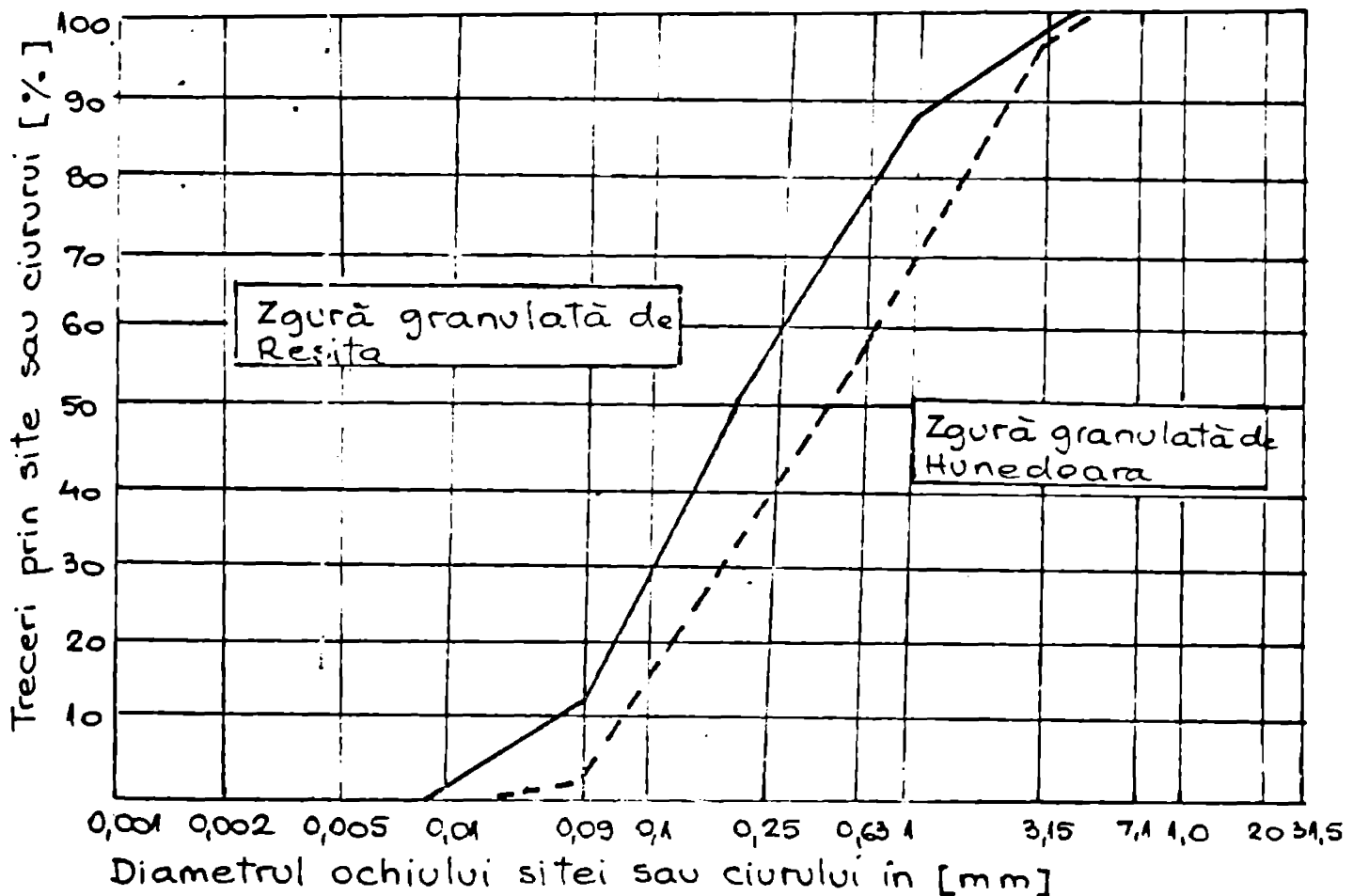


Fig. 2.14. Compoziția granulometrică a zgurei granulate

În fig. 2.13 se prezintă difactograma zgurei de Hunedoara.

Tabelul 2.13

Nr. crt. Caracteristici	U.M	Zgura de la Hunedoara	Zgura de la Reșița
1. Densitatea scheletului	g/cm ³	2,82	2,84
2. Densitatea în stare uscată	g/cm ³	1,56	1,56
3. Echivalent de nisip	%	92	94
4. Umiditatea optimă de compactare	%	4,5	4,5
5. Indice de bazicitate	-	1,37	1,35
6. Modul de bazicitate	-	1,17	1,17

Zgura granulată de furnal înalt, este un material care se utilizează la: stabilizarea materialelor locale în vederea realizării straturilor de fundație și de bază, prepararea amestecurilor asfaltice, prepararea betoanelor de ciment rutiere ca înlocuitor parțial sau total al nisipului.

...//...

De asemenea se menționează că trebuie intensificate cercetările cu privire la stabilizarea pământurilor cu zgură granulată și var, precum și cu privire la stabilizarea deșeurilor de carieră cu zgură granulată și var.

Tabelul 2.14

Nr. crt.	Compoziția chimică	U/M	Zgura de la Hunedoara	Zgura de la Reșița
1.	SiO ₂	%	35,6	36,9
2.	CaO	%	48,6	49,9
3.	MgO	%	5,1	3,4
4.	Al ₂ O ₃	%	10,1	8,6
5.	Fe ₂ O ₃	%	0,2	0,3
6.	SO ₃	%	urze	urze

2.3.3 Zgura expandată

Zgura expandată este un subprodus obținut prin răcirea masei topite de zgură după un procedeu special și prelucrarea ei mecanică după solidificare în stații de condensare și sortare.



Fig.2.12 Difractometrul cu raze X

Zgura expandată este un material granular roșcat sau gri până la negru cu structură alveolară, granula are o formă poliedrică cu muchii rotunjite și se fabrică numai din zguri acide al cărui conținut în CaO este mai mic de 45 %.

La Combinatul Siderurgic Hunedoara se fabrică zgură expandată după următoarea

tehnologie:

- zgura fluidă la temperatura 1450...1500 °C se deversează prin bascularea oalei în cuva de expandare. Cuva de expandare are pereți dubli, iar prin ei circulă apă la o presiune de 3,5...4,0 atm. fundul cuvei este căptușit cu tablă groasă, pe el fiind distribuite uniform o serie de duze.

În timp ce zgura fluidă se deversează în cuvă prin duzele sus menționate se injectează apa sub presiune, operația continuă pînă la umplerea la capacitate a cuvei de expandare.



Fig.2.13 Diffractograma pentru zgură

și are rezistențe mecanice mai bune, densitatea aparentă este de $1,1...1,2 \text{ g/cm}^3$, ea se utilizează mai puțin în domeniul drumurilor.

2.4 Deșeurile de carieră

Deșeurile de carieră sînt materiale rezultate în urma procesului de prelucrare a pietrei brute în cariere, ele au de regulă dimensiunea granulelor cuprinsă între $0...25 \text{ mm}$ și conțin o cantitate apreciabilă de sterl din zăcămint. În cadrul laboratorului ^{colectat DEIC} s-au studiat și cercetat caracteristicile fizico-mecanice ale deșeurilor provenite de la carierele: Băița, Bănița și Virfurii. De asemenea s-au determinat caracteristicile fizico-mecanice ale rocilor de la cariera Mala și Curtea. Natura zăcămintului la carierele *Mala și Curtea* este calcar jurasic alb - cenușiu, alb - galben cu textură compactă. Calcarele sînt roci sedimentare de precipitație chimică și biogenică. În funcție de componenții minerali predominanți (marne, dolomit) culoarea variază : verzuie, cenușie, roșcată, gălbuie etc. [67].

În compoziția calcarelor intră și minerale străine cum ar fi: argila și carbonatul de magneziu, dacă acestea se găsesc într-o cantitate mai mare, roca poartă denumirea de marnă în primul caz și dolomit în al doilea caz. Uneori în masa de calcar se află și cristale de: pirită, cuarț, zircon, turmalin, fluturaș

...//...

mică etc. Din punct de vedere chimic calcarele conțin ca compoziții principale: CaCO_3 maxim 99%, CaO maxim 55%, CO_2 maxim 43,5 %, iar unele mai pot conține, MgO , K_2O , FeO , S și substanțe organice.

Rezistența la compresiune a calcarelor variază în funcție de natura rocii și de densitatea specifică astfel:

Densitatea specifică g/cm ³	1,8	2,0	2,4	2,7
Rezistența la compresiune daN/cm ²	100	150...250	400...1000	1000...1500

Rezistența la solicitări mecanice a calcarelor, depinde de legătura dintre granule, de caracterul stratificației, de cantitatea de fisuri și de conținutul de substanțe organice. Cele mai bune calități le prezintă calcarele cripto și microcristaline urmate calcarele macro și macrocristaline.

Caracteristicile fizico-mecanice ale deșeurilor cercetate sunt prezentate în tabelul 2.15.

Tabelul 2.15

No. crt.	Caracteristici	U.M.	Cariera Măla	Cariera Curbog	Cariera Băița	Cariera Bănița	Cariera Vîrfuri
1.	Densitatea	g/cm ³	2,82	2,84	2,61	2,74	2,74
2.	Densitatea aparentă	g/cm ³	2,71	2,75	2,54	2,68	2,50
3.	Compactitatea	%	95	90	86	97	95
4.	Porozitatea aparentă	%	0,78	0,60	0,72	0,87	0,80
5.	Absorbția de apă	%	0,42	0,20	0,80	0,38	0,30
6.	Coefficient de saturație	-	-	-	-	0,79	-
7.	Rezistența la compresiune stare uscată	daN/cm ²	1020	1500	940	1175	1800
8.	Rezistența la compresiune după ciclu îngheț-dezghet	daN/cm ²	850	1050	760	969	1000
9.	Rezistența la întindere	daN/cm ²	-	-	-	77	-
10.	Rezistența la șoc	%	58	76	50	52	82
11.	Rezistența la uzură	%	53	20	51	45	18
12.	Rezistența la sfărșire prin compresiune	%	51	72	46	48	78

Având în vedere caracteristicile fizico-mecanice ale acestor...

tor materiale (tabelul 2.15) menționăm că deșeurile de carieră pot fi folosite cu rezultate bune la: execuția straturilor de formă și de fundație în complexele rutiere, iar în anumite condiții de calitate a rocii și după o prealabilă sortare, pot fi utilizate și la execuția altor straturi ca: strat de bază (anrobate bituminoase, macadam) și îmbrăcăminte (macadam bituminos, mixtură asfaltică).

2.5. Deșeurii din industria minieră

Deșeurile din industria minieră sunt:

- sterile provenite din lucrările de sădărire
- sterile rezultate din lucrările de sădărire în zonele de sădărire ale minierelor exploatare în cariere.
- sterile obținute în procesul tehnologic de prelucrare a minereurilor utile.

Deșeurile provenite din activitatea extractivă și de prelucrare se caracterizează printr-un conținut ridicat de siliciu și aluminiu. Dintre deșeurile din industria minieră, cele care rezultă din activităților nemetalifere se caracterizează prin conținutul ridicat de oxid de calciu și dioxid de siliciu. Deșeurile din activitatea minierilor ferose, se caracterizează printr-un conținut ridicat de dioxid de siliciu și oxid de fier. Deșeurile din activitatea minierilor ferose, din punct de vedere granulometric, se caracterizează prin fracțiuni fine cuprinse între 0,075 mm și 0,25 mm, densitatea este între 2,60...2,80 g/cm³, iar caracteristicile de compoziție chimică sunt: Wopt = 13 % și Wmax = 1,9...2,0 g/cm³.

În urma extingerii cuprului din minieră se întreprind activitățile miniere Molda Nouă și Iova, activități care sunt de flotatie care este un deșeu ce rămâne în urma procesului de flotatie al minereului de cupru. Acest deșeu este un material granular, de culoare deschisă, cenușie cu albușuri și granule de 0,1...2 mm. Sterilul de flotatie de la Deta provine dintr-o masă de adeziv impregnată cu sulfură de cupru și oxid de fier. Compoziția chimică este următoarea:

- feldspat	18...25 %
- bonafondă	18...25 %
- magnetit	6...8 %
- cuarț	5...6 %
- oligist	1 %
- ilmenit	1 %
- calcoprite	0,5 %
- bornit	0,2 %

Caracteristicile fizico-mecanice ale sterilului de flota-
re de la Mintia sînt următoarele:

- densitatea 2,80...2,85 g/cm³ ;
- densitatea aparentă 1,60...1,70 g/cm³ ;
- unghiul de frecare
interioară . 32... 34 ° ;
- coeziunea 0 ;
- echivalentul de nisip 95 % ;
- modulul edometric 200 daN/cm² ;
- umiditatea optimă de
compactare 15 % ;
- finețea de măcinare 8 %.

Mentionăm că deșeurile din industria minieră sînt utili-
te prea puțin la lucrări de construcția și întreținerea drumuri-
lor, ele putînd fi folosite cu rezultate bune la unele lucrări ca:

- execuția terasamentelor, straturilor de fundație prin stabili-
zarea lor cu lianți puzzolani, ameliorarea granulozității agregate-
lor naturale și material antiderapant.

2.6 Deșeurile din industria chimică

Deșeurile din industria chimică sînt de o mare diversitate
și în același timp în cantități diferite, funcție de produsul finit
care se urmărește să se obțină în procesul de prelucrare al material
prime. În cele ce urmează vom face referiri numai la deșeurile care
s-au studiat și cercetat în cadrul laboratorului și anume : carbona-
tul de calciu precipitat din Timișoara, stearatul de calciu și car-
bonatul de calciu de la Combinatul Chimic Arad, deșeurile de cauciuc
de la Dermatina Timișoara.

Carbonatul de calciu precipitat de la Fabrica de Zahăr
din Timișoara, se prezintă sub forma unui nămol cu o umiditate de
78% care prin uscare devine o pulbere de culoare alb-gălbui cu o
finețe de măcinare de 94 %. Compoziția chimică a acestui deșeu este
următoarea: carbonatul de calciu 98,5 % și materii organice 1,5 %.

Stearatul de calciu este o pulbere de culoare alb-gălbui
cu o densitate aparentă mică, cuprinsă între 0,5...0,6 g/cm³ și o
umiditate naturală de 2,66 %, este insolubil în apă. Prin încălzire
la temperatura de 150 °C, materialul se topește, transformîndu-se
într-o masă compactă, care după răcire devine casantă.

Carbonatul de calciu se prezintă sub forma unei pulberi
de culoare albă cu un miros caracteristic și are următoarea com-
poziție chimică: carbonat de calciu min. 65%, și compuși ai

..//..

azotului maxim 25 %. Umiditatea naturală a acestui deșeu este de 5...8 %. În procesul de fabricație la "Dermatina" rezultă un deșeu de cauciuc care se refolosește parțial în cadrul întreprinderii. Întreprinderea livrează acest deșeu de cauciuc în două sorturi și anume: sort 0 - 3 și sort 0 - 8 cu compoziția granulometrică prezentată în tabelul 2.16.

Tabelul 2.16

Deșeu industria chimică	Resturi pe site și ciururi %						Treceri prin 0,09 %
	8	3	1	0,63	0,20	0,09	
Carbonat de calciu precipitat	-	-	-	-	1,8	4,2	94,0
Stearat de calciu	-	-	-	-	12,0	18,0	70,0
Carbonat de calciu	-	-	-	1,0	1,6	11,4	86,0
Deșeu de cauciuc sort 0 - 8	25,0	72,5	2,1	0,1	0,1	0,2	-
sort 0 - 3	-	0,6	86,7	8,9	3,0	0,4	0,4

Deșeurile din industria chimică se pot utiliza cu rezultate bune la prepararea amestecurilor asfaltice ca înlocuitori ai fillerului și la prepararea masticurilor bituminoase. Îmbrăcămintele bituminoase realizate din amestecuri asfaltice cu deșeu de cauciuc, au un aspect buretos, elastic și pot fi utilizate ca îmbrăcăminte pe poduri, pasaje și trotuare.

Institutul de Cercetări și Proiectări Tehnologice în Transporturi București, a întreprins o acțiune amplă pentru depistarea unor noi surse de filler și studierea caracteristicilor lor. Cercetările întreprinse s-au efectuat asupra următoarelor materiale: talc măcinat (Cluj), roci silicioase (Munții Căliman), roci dolomitice (Voșlobeni), cenușa de termocentrală (Ișalnița), și sturți bituminoase (Anina), praf de electrofiltru (Bicaz), deșeurile de carbonat de calciu (Ocna Mureș, Govora), bentonită (Cluj), var stins (Temelia), comparativ cu fillerul de calcar (Aleșd) și creta măcinată (Murfatlar). Majoritatea materialelor au fost carbonați de calciu (conținut între 68,5...95,75 %), cu excepția rocilor silicioase, cenușe de termocentrală și sturților bituminoase care au un conținut de dioxid de siliciu între 38,6...91,7 %.

Din punct de vedere al finetei de măcinare, creta de Murfatlar, varul stins, deșeurile de carbonat de calciu, praful de electrofiltru, cenușa și sturțul bituminos, sînt corespunzătoare.

În tabelul 2.17 sînt prezentate caracteristicile fillerelor luate în studiu.

Conform tabelului 2.17 în urma cercetărilor s-a ajuns la concluzia că: fierul de calcar, creta măcinată, varul stins, șeul de carbonat de calciu, poate fi utilizat la prepararea amestecurilor asfaltice ca filler, iar cenușa de termocentrală numai înlocuitor parțial.

Tabelul 2.17

Nr. Tipul de filler	Sursa	Compoziția chimică		Finetea de măcinare	OBS.
		$\frac{CaCO_3}{SiO_2}$	Săruri solubile		
1. Fier de calcar	Aleșd	$\frac{95,75}{1,23}$	3,30	90,0	se utilizează la prepararea amestecurilor asfaltice
2. Cretă măcinată	Murfatlar	$\frac{88,90}{4,23}$	0,90	85,0	-
3. Deșeu de carbonat de calciu	Govora	$\frac{91,54}{0,50}$	2,20	92,1	-
4. Deșeu de carbonat de calciu	Giurgiu	$\frac{92,42}{2,20}$	-	90,0	-
5. Cenușe de termocentrală	Ișalnița	$\frac{16,2}{49,8}$	-	90,0	înlocuitor parțial al fierului

Mentionăm că, cercetările trebuie reluate pentru depistarea altor surse și chiar pentru utilizarea cenușei de termocentrală ca înlocuitor total al fierului.

2.7. Concluzii și propuneri

În urma studiului materialelor locale a subproduselor și deșeurilor industriale și determinării caracteristicilor fizico-mecanice ale acestora, se pot formula următoarele concluzii și propuneri:

- în partea de sud-vest a țării se găsesc roci de natură magmatică, sedimentară și calcaroasă, în cantități mari, dar acestea sînt repartizate neuniform din punct de vedere teritorial, județul Timiș beneficiind în mai mică măsură de cantități însemnate;

- menționăm ca zone de perspectivă în vederea deschiderii de noi cariere în această parte a țării; Coșteiul de Sus (tufuri andezitice), Pietroasa (andezit), masivul Poiana Ruscăi, Ocna de Fier, Iablanța, Voislova și Mehadia (calcar);

- caracteristicile fizico-mecanice ale rocilor din zăcămintele de perspectivă, conferă acestor materiale posibilitatea să fie utilizate la realizarea straturilor rutiere;

- în partea de sud-vest a țării predomină cenușile de termocentrală provenite din arderea hulei sau a cărbunelui brun (Mintia, Paroșeni), caracteristicile fizico-mecanice ale acestora $\rho_d = 1,10...1,25 \text{ g/cm}^3$ și $\varphi = 26...35^\circ$ permit utilizarea lor la executarea straturilor rutiere;

- cenușile de haldă au o compoziție granulometrică cuprinsă între 0,02...3,15 mm, iar cenușa de electrofiltru se prezintă ca un material foarte fin cu granulozitatea cuprinsă între 0,01...0,05 mm, datorită acestui fapt cenușile sînt materiale care se pot utiliza pentru îmbunătățirea compoziției granulometrice a agregatelor naturale care au lipsă de parte fină;

- curbele de compactare Proctor atestă faptul că umiditatea optimă de compactare este mai redusă la cenușile provenite din arderea hulei, decît la cenușile provenite din arderea lignitului cu circa 10...15 %, iar densitatea maximă în stare uscată este mai mare cu aproximativ 20 %;

- analizele chimice executate cu ajutorul difractometrului cu raze X au scos în evidență faptul că din punct de vedere chimic, cenușile de termocentrală sînt alcătuite dintr-un amestec de oxizi, între care predomină dioxidul de siliciu (SiO_2) și trioxidul de aluminiu (Al_2O_3), acești oxizi conferind materialului proprietăți liante;

- datorită faptului că cenușile de termocentrală au proprietăți liante, ele pot fi folosite în condiții foarte bune la stabilizarea materialelor locale, prin aceasta se reduce substanțial consumul de var sau ciment (materiale energointensive);

- cantitățile imense de cenușe de termocentrală existente în zona de sud-vest a țării, necesită intensificarea cercetărilor privind lărgirea posibilităților de folosire a acestui subproduct la realizarea tuturor straturilor rutiere din sistemele rutiere rigide și nerigide;

- avînd în vedere că în perioada următoare cantitățile de cenușe vor sporî considerabil în zona de sud-vest prin intrarea în funcțiune a termocentralelor Anina și Timișoara, aprecier că unitățile de drumuri din aceste zone trebuie să adopte cu mai mult curaj tehnologiile de realizare a straturilor rutiere pe bază de cenușe de termocentrală;

- reactivitatea cenușilor de termocentrală pusă în evidență prin indicele de activitate puzzolanică este diferită,

depinzând de natura cărbunelui folosit la ardere, de condiții locale specifice fiecărei termocentrale și de finețea acestora, poate afirma că toate cenușile studiate în lucrare au activitate-puzzolanică corespunzătoare;

- se apreciază că trebuie intensificate eforturile vederea realizării îmbrăcămintelor moderne din materiale pe bază de cenușe de termocentrală ca: amestecuri asfaltice cu cenușe de termocentrală ca înlocuitor parțial al fillerului, betoane de ciment cu adaos de cenușe de termocentrală, macadamuri cimentate cu tar din zgură granulată, cenușe și ciment;

- în cazul utilizării cenușei 1, prepararea betoanelor de ciment. menționăm ca deosebit de utilă determinarea cantității de apă de amestecare pentru obținerea pastei de consistență normală, încercare care nu este prevăzută în prescripțiile în vigoare și în acest sens se propune ca această determinare să fie inclusă în prescripții;

- subprodusele industriale de tipul zgurelor de furnal înalt, rezultă în procesul de elaborare al fontei, iar funcție modul de tratare și depozitare a zgurei lichide, ea se găsește în forme diferite, cu posibilități de utilizare în domeniul rutier fiind zgura de haldă și granulată;

- caracteristicile fizico-mecanice ale zgurei de haldă este faptul că acest material are o densitate mare 2,8...3,0 g/cm³, este compactă, rezistentă la sfărșmare prin șoc 82... 88 %, ceea ce permite utilizarea la realizarea straturilor de fundație din asfalt și beton, iar pentru utilizarea ei pe scară largă trebuie găsită o tehnologie adecvată de obținere a zgurei sparte din zgura de haldă;

- zgura granulată de furnal înalt având o compoziție anionometrică apropiată de a nisipului, poate fi folosită cu rezultate bune la lucrări de terasamente, straturi de formă sau funcție, ca înlocuitor al nisipului și balastului;

- analizele chimice efectuate cu difractoometrul de raze X au scos în evidență faptul că, zgura granulată este un amestec de oxizi dintre care predomină oxidul de calciu (CaO) și bi-oxidul de siliciu (SiO₂), existența acestor oxizi conferă acestui subprodus proprietăți liante;

- determinările efectuate pe zgura granulată de la ^{locul nr. D.F.15} Medoara și Reșița, au evidențiat faptul că aceste zguri sunt active și pot fi utilizate fără rezerve ca lianți puzzolani;

- proprietățile liante evidente ale acestui subprodus reflectate și prin prezența unui procent de circa 50 % CaO, duc la utilizarea acestui subprodus pe scară tot mai largă la executarea straturilor rutiere din materiale locale stabilizate cu zgură granulată și var sau ciment;

- se apreciază că trebuie intensificate eforturile de cercetare în stabilirea posibilităților de utilizare a zgurei granulate și la prepararea betoanelor de ciment rutier și realizarea îmbrăcămintelor rutiere rigide;

- deșeurile de carieră constituie o sursă importantă de materiale de construcție, ele putând fi utilizate în condiții tehnice și economice avantajoase la realizarea straturilor rutiere;

- caracteristicile fizico-mecanice ale deșeurilor cercetate în lucrare, au scos în evidență că acestea pot fi folosite cu rezultate bune la: execuția straturilor de formă și de fundație, iar în anumite condiții și la execuția straturilor de bază și de îmbrăcăminte;

- se apreciază că trebuie intensificate studiile și cercetările în vederea utilizării pe scară mai mare a deșeurilor de carieră în lucrările de realizare a straturilor sistemului rutier;

- steriul de flotație de la Deva este un material care se aseamănă cu nisipul fin, având o granulozitate cuprinsă între 0,2...1,0 mm, un unghi de frecare interioară de 32...34 °, un echivalent de nisip de 95 %, datorită acestor caracteristici el poate fi utilizat cu rezultate bune la execuția terasamentelor, ameliorarea granulozității agregatelor naturale și la stabilizarea cu lianți puzzolanici;

- se apreciază că trebuie intensificate eforturile de cercetare în vederea depistării a cât mai multor subproduse și deșeurii din industria minieră, datorită faptului că aceste materiale pot să înlocuiască cu succes și în condiții tehnice și economice avantajoase materialele tradiționale, care în unele zone se găsesc tot mai greu;

- carbonatul de calciu precipitat fiind un deșeu care are o compoziție granulometrică foarte fină (trece prin sita de 0,09 94 %) și un procent de 98,5 % carbonat de calciu, poate fi utilizat în domeniul rutier în condiții foarte bune ca filler în prepararea amestecurilor asfaltice.

CAP. 3. STUDII SI EXPERIMENTARI EFECTUATE IN
LABORATOR, ASUPRA CARACTERISTICILOR
MATERIALELOR LOCALE SI SUBPRODUSEI
INDUSTRIALE IN VEDEREA UTILIZARII LOR,
LA EXECUTAREA STRATURILOR RUTIERE

Diversitatea mare de mater'ale locale, subproduse și deșeur' industriale impune efectuarea unor studii și experimentări profunde, în vederea stabil'izării caracteristicilor fizico-mecanice ale acestora, iar pe baza lor stabilirea posibilităților de folosire la realizarea straturilor rutiere. Utilizarea pe scară tot mai largă a subproduselor și deșeur'lor industriale în domeniul rutier, duce la reducerea substanțială a prețului de cost și consumului de energie pe kilometru de drum executat sau modernizat.

3.1 Compactarea pământurilor

Pământul se prezintă în natură sub o anumită stare de umiditate, compactitate, porozitate și ca urmare a acesteia prezintă o comportare diferită la sollicitări mecanice.

Din aceste considerente încă din cele mai vechi timpuri pământurile utilizate la executarea unor diguri și baraje se compactau. La executarea terasamentelor la căile de comunicație terestră, executarea terasamentelor este mult mai pretentioasă, condițiile de compactare fiind foarte severe.

După cum se știe pînă acum cîtiva ani, suprastructura căilor de comunicație terestră se executa după 1...2 ani de la executarea rambleului, în care timp pământul se tasea sub masa proprie și sub acțiunea factorilor naturali. Totuși și după această perioadă se manifestau unele tasări, care însă în cazul unor sisteme rutiere nerigide nu conduceau întotdeauna la degradări grave [89] deoarece compactarea naturală a rambleelor prezenta inconveniente și în special datorită dezvoltării rețelei de drumuri moderne, mai ales a sistemelor rutiere rigide, în ultimii 30 de ani s-au dezvoltat foarte mult principiile și metodele de compactare.

În prezent datorită acumulării unei experiențe relativ bogate, obiectivele de studiu și de realizare a compactării

- o cît mai bună cunoaștere a pămînturilor care urmează să fie încorporate în terasamente și a aptitudinii lor de a fi compactate;

- organizarea șantierelor și alegerea cea mai potrivită pentru fiecare lucrare, a atelierelor de compactare;

- adoptarea unor măsuri eficiente de compactare și mai ales de realizare a controlului compactării și al comportării lucrării, nu numai în perioada de execuție, ci și prin intervale îndelungate (10...20 ani) după terminarea lucrării.

Compactarea este procesul prin care agregatele și particulele de pămînt - sub acțiunea unui lucru mecanic - suferă o reșezare, urmare căreia are loc diminuarea volumului de goluri și mărirea contactelor dintre componentele scheletului mineral. Compactitatea pămîntului la același lucru mecanic aplicat variază în raport cu umiditatea pămîntului. Îndesarea maximă corespunde unei anumite umidități cunoscută sub denumirea de umiditate optimă de compactare, pentru care densitatea aparentă a pămîntului în stare uscată este maximă.

În procesul de compactare, umiditatea are rolul de lubrifiant, reducînd frecarea dintre componentele scheletului mineral și înlesnind astfel reșezarea lor într-o structură mai compactă. Densitatea aparentă maximă în stare uscată și umiditatea optimă, reprezintă optimul de compactare a unui pămînt, în raport cu lucrul mecanic aplicat și cu metoda de compactare folosită. Dacă umiditatea scade sub valoarea optimă, frecarea dintre granule crește, deci la același lucru mecanic se obține o îndesare mai redusă și în consecință o densitate aparentă în stare uscată mai mică. În acest caz pentru obținerea unei compactități corespunzătoare umidității optime este necesar să se sporească corespunzător lucrul mecanic. În cazul cînd umiditatea pămîntului crește peste valoarea optimă, compactitate scade sub valoarea maximă, deoarece o parte din lucrul mecanic aplicat este consumat de apa din pori. Peste o anumită limită, creșterea lucrului mecanic de compactare, practic nu mai influențează densitatea aparentă maximă a pămîntului, aerul din pori nu poate fi eliminat decît pînă la o limită de 4...6 %, iar lucrul mecanic consumat de apa din pori determină numai o creștere a presiunii interstițiale [89].

În fig. 3.1 se arată influența lucrului mecanic asupra densității aparente în stare uscată a unui nisip argilos [3]. În general după cum se observă din fig. 3.2 o curbă de compactare aplatizată indică un material cu o granulozitate restrînsă,

În cazul unui material cu o granulozitate continuă, punctul de pe curbă care corespunde optimului de compactare se prezintă sub forma unui vârf pronunțat.

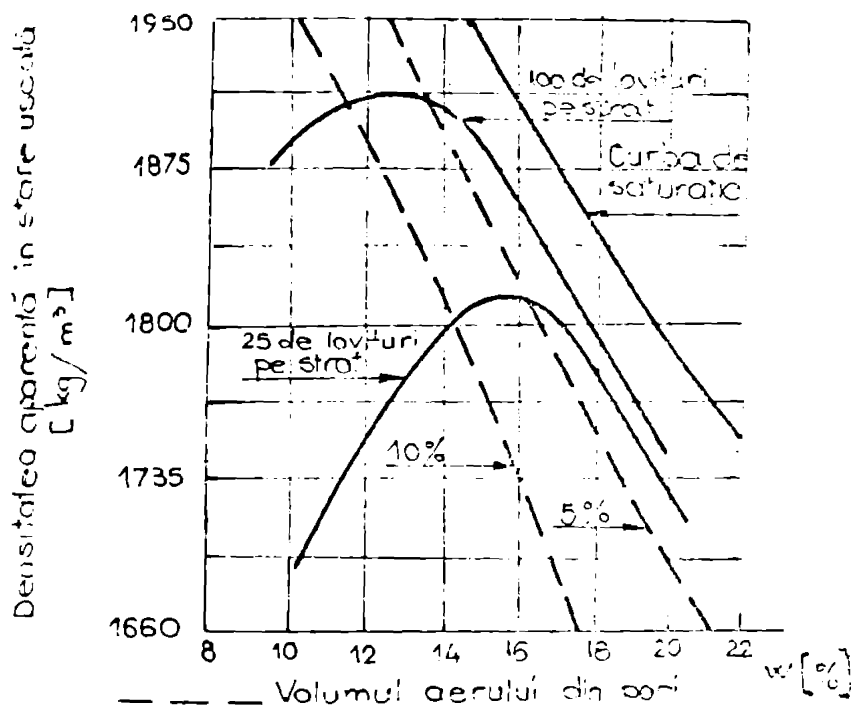


Fig. 3.1. Influența lucrului mecanic asupra densității aparente în stare uscată a unui nisip argilos.

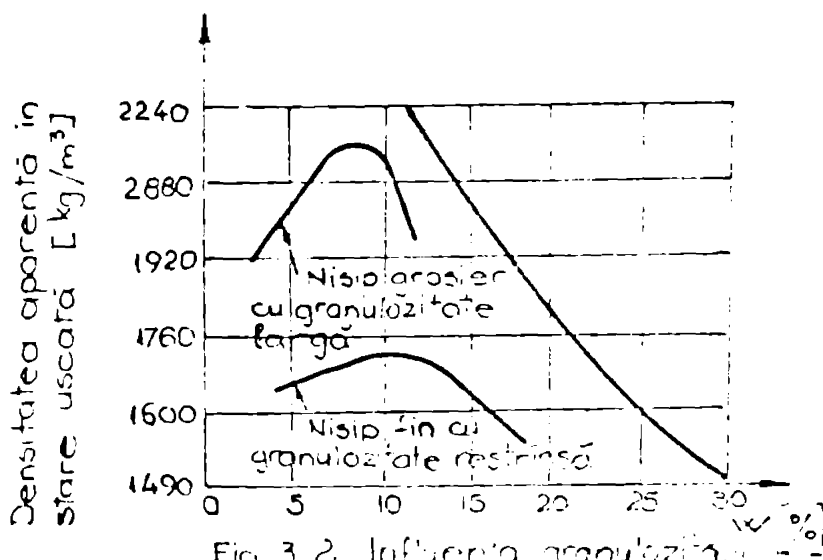


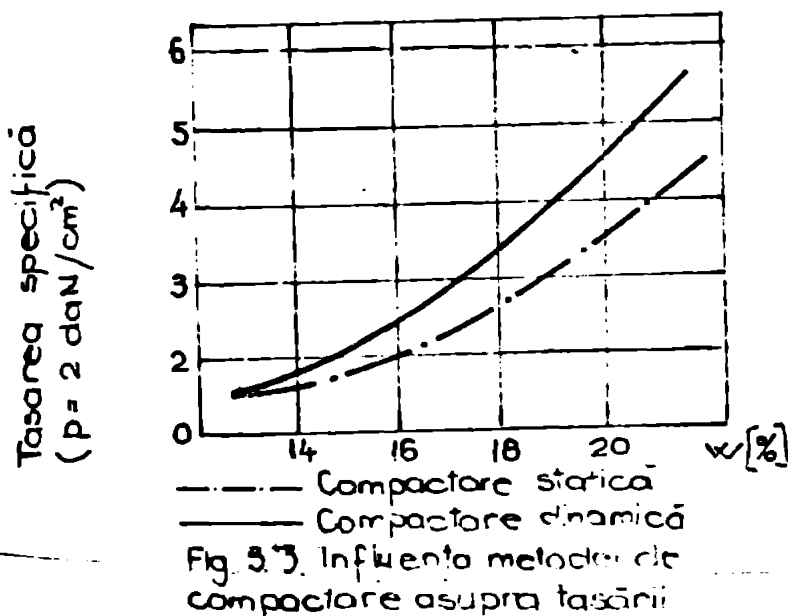
Fig. 3.2. Influența granulozității pământului asupra lucrului mecanic de compactare.

Din fig. 3.1 se observă că măritând lucrul mecanic de la 25 lovituri la 100 lovituri pe strat, energia de compactare crește cu 400 %, umiditatea optimă scade de la 15 % la 12 % iar densitatea aparentă în stare uscată crește de la 1815 kg/m³ la 1915 kg/m³. În țara noastră caracteristicile de compactare se determină pe baza prevederilor STAS 1913-83, folosindu-se încercările Proctor normal și Proctor modificat. În general pentru executarea terasamentelor rutiere se utilizează pământuri de toate categoriile. Este cunoscut faptul că argilele sînt pământuri a căror compactare este anevoioasă și

greu de realizat. După extragerea din pământ, argila ^{se} prezintă sub formă de agregate de diferite dimensiuni, un bulgăre de argilă, nu poate fi compactat prin efectul unor presiuni statice de scurtă durată, deoarece aceste acțiuni conduc la modificări nesemnificative ale umidității pământului. S-a propus ca aptitudinea la compactare a argilelor să fie exprimată prin gradul de umiditate și indicele de consistență. S-a constatat că argilele au comportarea unor perne de cauciuc la o valoare a gradului de umiditate apropiată de 1 și a indicelui de consistență cuprins

între 0,8...1,0. Când indicele de consistență coboară sub 0,8 compactarea devine dificilă, iar pentru valori sub 0,5 compactarea nu mai poate fi efectuată, ut'lajele cufundându-se în masa de pământ. S-a obținut pe mai multe argile, compactare eficiente când indicele de consistență a avut valori cuprinse între 1,0...1,3 [4]. Metodele de compactare influențează formarea structurii argilelor; această influență se datorește, pe de o parte intensității și naturii solicitării exterioare, care determină apariția unor eforturi interioare normale și tangențiale și pe de altă parte, umidității de compactare, care modifică manifestarea fenomenelor de suprafață. S-a ajuns la concluzia că, în funcție de efortul de compactare și de umiditate se dezvoltă structuri diferite. În general, realizând compactarea la o umiditate sub valoarea optimă, are loc o agregare a particulelor minerale, în timp ce prin compactarea aceluiași pământ la o umiditate superioară umidității optime se produce o aranjare dispersă a particulelor.

S-a constatat experimental că, într-o structură dispersă particulele au un grad mare de orientare fiind dispuse aproape paralel unele față de altele, spre deosebire de tendința particulelor de a se așeza după direcții ortogonale într-o structură flocculată sau agregată [93]. S-a constatat că structurile agregate care se formează la umidități $w < w_{opt}$ prezintă rezistențe mecanice și permeabile mai mari și contracții mai mici [4]. De asemenea proprietățile pământurilor argilease diferă în raport cu structura care se formează la compactare.



Dintre cele două tipuri limită de structură, care se pot forma în cursul procesului de compactare a argilelor, structura dispersă (prezentând compresibilitate, tasare, și contracție mai mari) determină o comportare mai slabă a pământului compactat.

Această comportare diferită este ilustrată în fig. 3.3 în care se prezintă variația tasării cu umiditatea

determinată în laborator pe probe alcătuite din același pământ, dar compactate în mod diferit sub acțiune statică și sub efort dinamic la același lucru mecanic de 1000 kNm/m^3 .

Din considerațiile expuse rezultă că în privința sămin-
rilor argiloase, compactarea cu utilaje cu acțiune mecanică
este recomandabilă, numai pentru umidități mai mici sau egale cu
umiditatea optimă de compactare, în caz contrar se vor folosi
compactoare pe pneuri sau rulouri cu crampe. Dacă se urmăreș-
te ca pământul din terasamente, (cazul drumurilor) să prezinte
rezistențe mecanice mai ridicate și contracții reduse, argila se
compacta la o umiditate inferioară umidității optime.

Pentru determinarea capacității portante a pământurilor
compactate, cele mai întâlnite metode sînt:

- metoda C.B.R (California Bearing Ratio);
- determinarea factorului de portanță;
- determinarea indicelui de capacitate portantă;
- determinarea rezistenței la penetrare.

Metoda C.B.R. exprimă procentual raportul între presiu-
unile ce produc o anumită pătrundere - egală - în pământul conside-
rat pe de o parte și într-o probă normalizată din piatră spartă
pe de altă parte:

$$C.B.R. = \frac{p}{p_0} \times 100 \quad [\%] \quad (3.1)$$

în care:

p este presiunea de pătrundere în proba de pământ, în
 daN/cm^2 ;

p_0 - presiunea de pătrundere în proba etalon, în daN/cm^2 ;

Factorul de portanță se determină cu relația:

$$F_p = \frac{4,25}{W_L \times I_p} \quad [-] \quad (3.2)$$

în care:

W_L reprezintă limita de curgere, în %;

I_p - indicele de plasticitate, în %.

În țara noastră indicele de capacitate portantă se determi-
nă pe baza relației:

$$I.C.P. = \frac{p}{19,24 \times 70,3} \times 100 \quad [\%] \quad (3.3)$$

în care:

p și $70,3$ reprezintă presiunile necesare pentru a pătrun-
de cu 2,54 cm în proba de pământ încercat și respectiv în proba
etalon din piatră spartă, un penetrometru cu diametrul de 49,5 mm,
cu o suprafață de contact de $19,24 \text{ cm}^2$, care se deplasează cu o
viteză constantă de 1,27 mm/min.

Pentru determinarea rezistenței la penetrare, experimental s-a stabilit relația:

$$R_p = k \frac{\rho_d \times I_c}{W^2} + M \quad [\text{daN/cm}^2] \quad (3.4)$$

în care:

R_p este rezistența la penetrare, în daN/cm^2 ;

ρ_d - densitatea aparentă în stare uscată, în g/cm^3 ;

I_c - indicele de consistență;

W - umiditatea pământului, în %;

k, M - coeficienți care se determină experimental.

Așa cum rezultă și din fig. 3.4 rezistența la penetrare scade cu creșterea umidității de compactare.

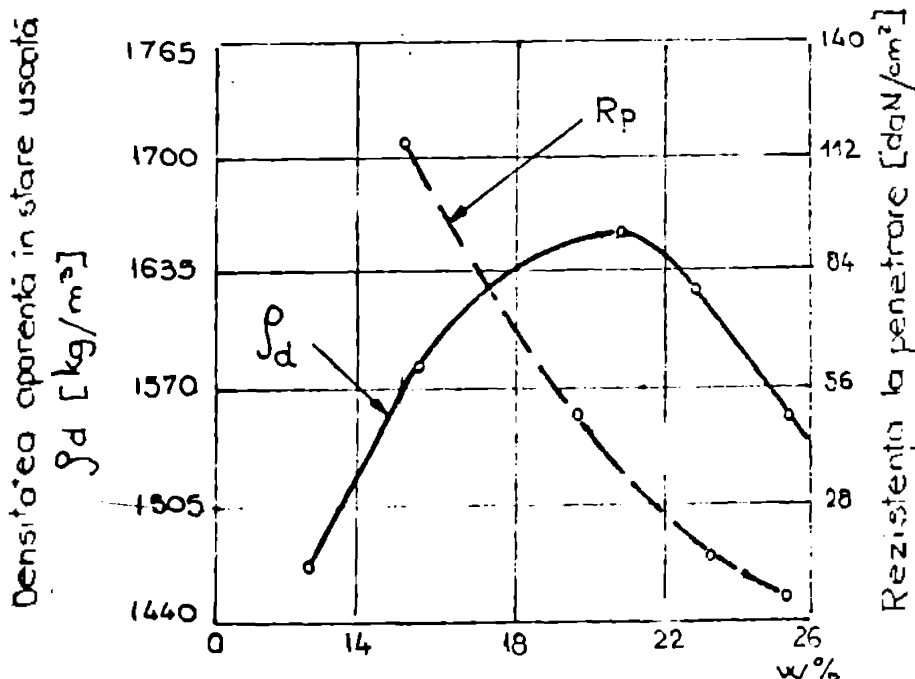


Fig. 3.4. Variația rezistenței la penetrare a unei argile cu umiditatea de compactare.

Din cele prezentate mai sus, rezultă faptul că argilele sînt greu de compactat, iar la executarea terasamentelor rutiere trebuie evitate. În cazul în care sîntem puși în situația de a le folosi, este recomandabil să se ia măsuri de îmbunătățire a caracteristicilor de compactare prin stabilizare mecanică sau stabilizare cu var (în cazul argilelor supraconsistente), sau stabilizarea cu lianți puzzolanici mai ales

pe grosimea necesară realizării stratului de formă.

Spre deosebire de argile, purile și pietrișurile sînt materiale cu permeabilitate mare, caracteristică care le asigură o bună aptitudine de compactare. Permeabilitatea pământurilor (k) nu este o constantă, ea este invers proporțională cu viscozitatea (η) a apei, care variază funcție de temperatură:

$$k = \frac{K}{\eta} \quad [\text{m/sec}] \quad (3.6)$$

unde:

k este permeabilitatea pământului, în m/sec ;

K - o constantă funcție de porozitatea pământului;

η - viscozitatea apei ;

În tabelul 3.1 se prezintă permeabilitatea unor categorii de pământuri.

Tabelul 3.1

Tipul pământului	Permeabilitatea	
	cm/sec.	m/sec.
Pietriș și nisip fără părți fine	$10^2 \dots 10$	$1 \dots 10^{-2}$
Nisip fin, argilă nisipoasă, pietriș și nisip	$10 \dots 10^{-3}$	$10^{-2} \dots 10^{-5}$
Argilă compactă	$10^{-2} \dots 10^{-9}$	$10^{-9} \dots 10^{-11}$

În general la pământurile necoezive se realizează mai greu umiditatea optimă, capacitatea de reținere a apei crește în raport direct cu creșterea procentului de părți fine. Curba de compactare a pământurilor necoezive, monogranulare este aplatizată (fig. 3.2), densitatea aparentă în stare uscată fiind influențată într-o măsură relativ redusă de umiditatea de compactare.

Eficiența compactării materialelor granulare crește sensibil cu gradul de neuniformitate:

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad [-] \quad (3.5)$$

unde:

d_{60} este diametrul ciurului prin care a trecut 60 % din material;

d_{10} - diametrul ciurului sau sitei prin care a trecut 10 % din material.

La compactarea pământurilor necoezive metodele prin vibrare sînt mai eficiente [68,69]. Rezultatele obținute conduc la următoarele concluzii [23,25]:

- compactarea nisipurilor "curate" sau cu conținut redus de fracțiuni fine (maxim 10 %) se poate realiza în stare uscată;

- gradul de compactare obținut în stare uscată este apropiat de cel realizat la umiditatea optimă, diferențele fiind de $\pm 5\%$, fiind influențate de granulozitatea nisipului și de caracteristicile utilajului;

- viteza de deplasare a utilajului influențează eficacitatea compactării, rezultate mai bune se obțin la viteze mai mici, de aproximativ 2...2,5 km/h (fig.3.5) [4].

- compactitatea maximă se obține atât în stare uscată, cât și la umiditatea optimă după același număr de treceri ale utilajului;

- compactarea se poate executa în straturi de grosime mai mare.

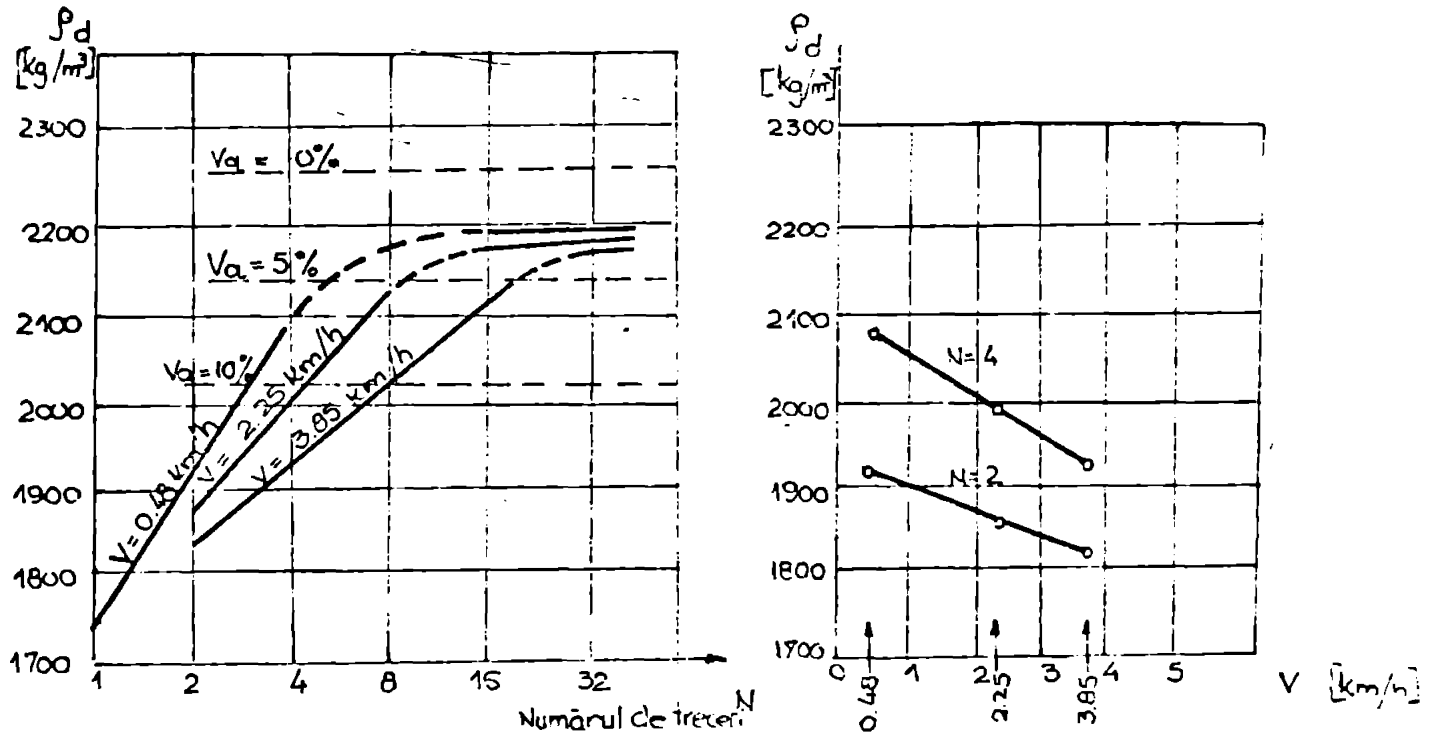


Fig. 3.5. Influența vitezei de compactare asupra densității aparente în stare uscată.

Aceste concluzii nu se confirmă la compactarea unor nisipuri și pietrișuri cu conținut ridicat de fracțiune fină. La un pietriș nisipos cu conținut ridicat de fracțiune fină, pentru același grad de compactare numărul trecerilor ruloului vibrator a fost mai mic la umiditatea optimă, decât în situația în care indesarea a avut loc la o umiditate mai redusă [74].

3.2 Lianți pe bază de materiale puzzolane și var sau ciment

După definiția dată de LEA [60], puzzolanele sînt materiale silicioase lipsite - în amestec cu apa - de capacitate de întărire, dar care conțin compuși ce se combină cu varul, în prezența apei, la temperatura obișnuită și dau naștere unor compuși noi, greu solubili în apă care manifestă proprietăți liante.

Alți cercetători [97] dau definiții similare cu completarea că puzzolanele pot fi și materiale silicoaluminose, precum și că unele puzzolane pot prezenta și slabe proprietăți liante. Puzzolanele pot fi naturale și artificiale.

Dacă am reprezenta într-o diagramă ternară în care pe vârfurile triunghiului am reprezenta cei trei componenți oxidați care reprezintă compoziții cei mai importanți ai unui material pu-
zolanic și anume: oxidul de calciu (CaO), dioxidul de siliciu (SiO_2) și trioxidul de aluminiu (Al_2O_3), materialele cu proprie-
ți liante s-ar încadra în această diagramă ca în fig. 3.6

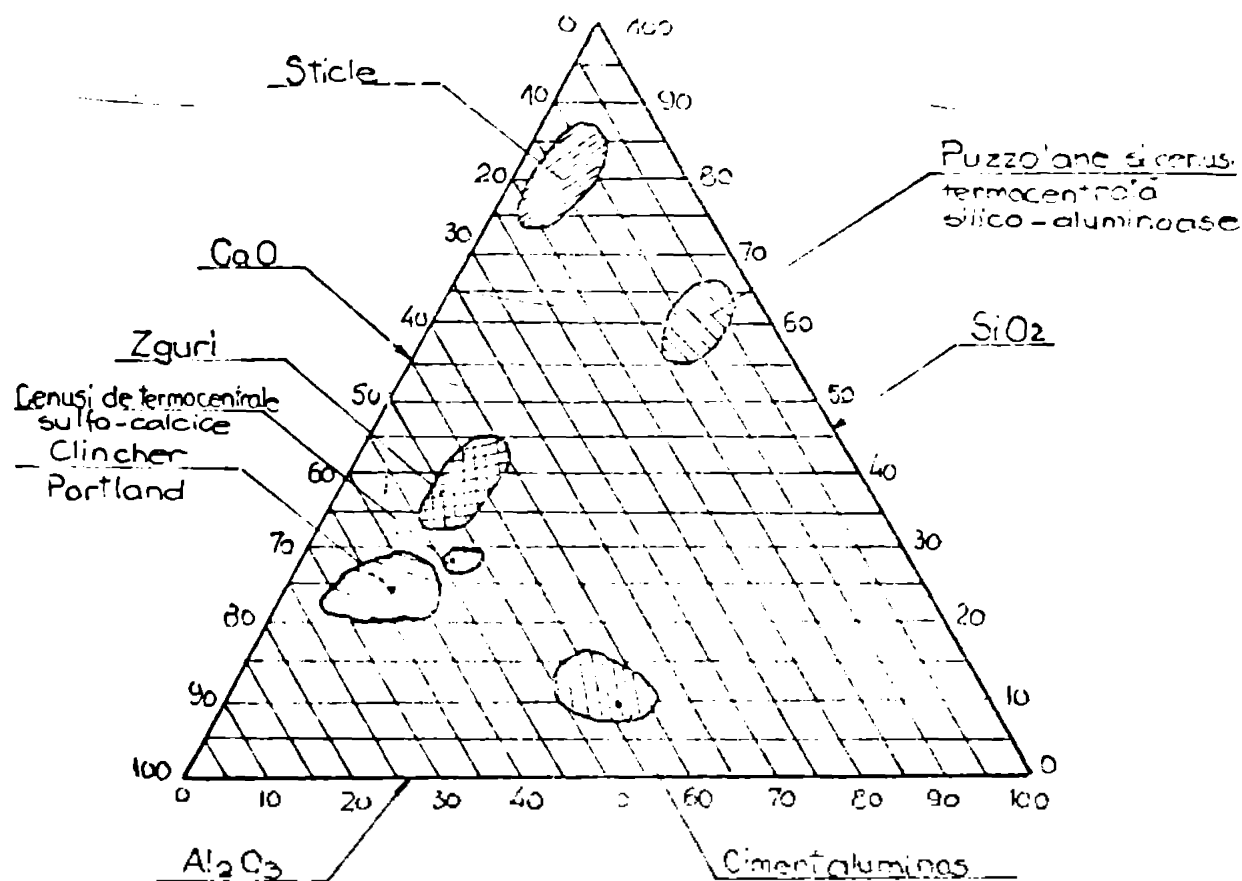


Fig. 3.6. Lianți hidraulici și puozolanici în diagrama ternară cu compoziții chimice cei mai importanți.

Din fig. 3.6 se observă că cenușile sulfo-calcice au o cantitate mult mai mare de oxid de calciu decât cele silico-aluminoase. Cimenturile Portland și zgurile de furnal au un conținut destul de ridicat de oxid de calciu, iar cimentul aluminos are un conținut ridicat de trioxid de aluminiu și oxid de calciu.

Din studii numeroase efectuate asupra materialelor cu caracteristici puozolanice - cenuși de termocentrală și zguri granulate de furnal înalt - s-a ajuns la concluzia că există o relație de legătură între activitatea puozolanică și cantitatea de fază vitroasă existentă în materiale. [26, 70]. Cantitatea fazei vitroase se poate măsura prin difracție cu raze X. S-a constatat că cu cât cantitatea de fază vitroasă este mai mare, cu atât și materialul puozolanic are proprietăți liante mai ridicate [70].

Feldspații care sînt constituenți esențiali ai puozolanilor sînt aluminosilicați alcalini sau alcalino-pămîntoși. Aluminosilicații de potasiu formează grupa feldspaților ortoclazi, iar

aluminosilicații de sodiu și alcalino-pământoși formează grupa feldspaților calcosodici sau plagoclazi.

Din însăși definiția materialelor puzzolane rezultă faptul că procesul de hidratare și formare a hidrosilicaților insolubili în apă se realizează în prezența unui activator care poate să fie varul sau cimentul [28].

Proprietățile liante ale amestecului puzzolane + var sînt incontestabile, explicarea fenomenelor a fost pînă nu de mult mai puțin cunoscută și a fost necesară întreprinderea unor studii ample pentru clasificarea mecanismului de coeziune a acestui liant. Pentru aceasta au fost efectuate o serie de încercări în vederea stabilirii corelației între creșterea caracteristicilor mecanice ale acestui liant și formarea compuşilor cristalini, aluminatul tetraclasic și a silicaților hidratați [52].

3.2.1 Mecanismul de întărire al lianților

Pentru a pune în evidență mecanismul de întărire și transformările chimice care au loc în acest proces, trebuie studiat modul de evoluție în timp a rezistențelor și a raporturilor dintre compuşii chimici ai puzzolanelor. Studiile se efectuează pe epruvete cilindrice preparate dintr-un amestec de material puzzolanic măcinat, var stîns și apă.

Prepararea epruvetelor se realizează prin vibrare, pe o masă vibrantă. După preparare, epruvetele s-au păstrat într-o sală de conservare la 24 °C. După păstrare de 28; 36; 56; 90; 120 și 152 zile epruvetele au fost supuse la rupere la compresiune pe generatoare. Rezultatele obținute (fig. 3.7) arată că rezistențele cresc liniar pînă la 56 de zile, apoi între 56 și 100 de zile viteza de creștere a rezistențelor scade sensibil, iar de la această vîrstă performanțele mecanice continuă să crească liniar, dar cu o viteză scăzută.

Pentru aprecierea vitezei de reacție puzzolanică, s-a recurs la trei determinări:

- cantitatea de var liber rezidual ;
- procentul de alumina și de silice solubilă într-o soluție de acid clorhidric 1/50;
- cantitatea de apă legată chimic, determinată prin diferența între conținutul în apă inițial și pierderea în greutate la 60 °C în vid.

Evoluția acestor parametri în timp este indicată în fig. 8. Se remarcă, că nu există o proporționalitate care să fie

[daN/cm²]

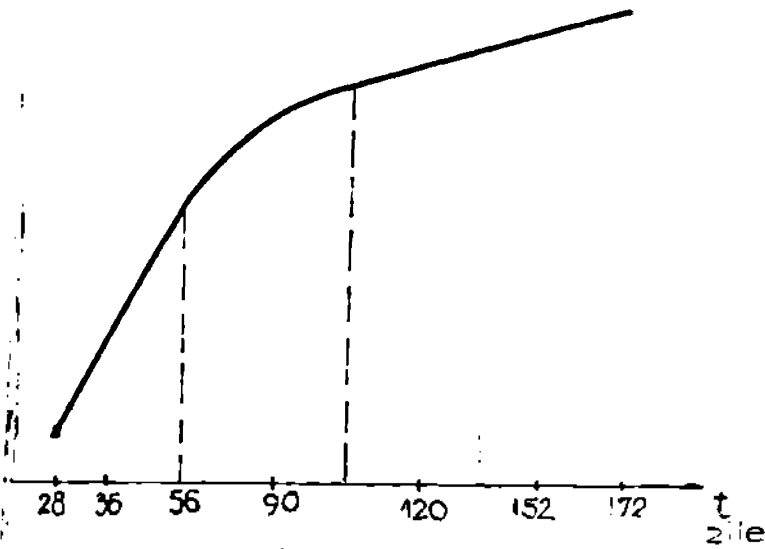


Fig. 3.7. Curba de evoluție a rezistenței la tracțiune „Braziliană” în funcție de vârsta epruvetelor.

respectată între acești parametri. Într-adevăr dacă noi calculăm și reprezentăm (fig.3.9) raportul silice solubilă/alumina solubilă se constată că acest raport are valori cuprinse între 6...17, iar din figură se observă o mobilizare mai mare a silicei solubile la vârste mai tinere, urmând ca de la 50 zile cele două componente să participe aproximativ în aceeași măsură.

Dacă calculăm și reprezentăm raportul var consumat/silice + alumina solubilă (fig. 3.10) se constată o evoluție cuprinsă între 1,3...0,95.

Se remarcă de asemenea valoarea raportului egală cu 1 la vârsta de 93 zile. Dacă determinăm rezistența la tracțiune pentru fiecare din parametri prezentați, obținem curbe cu alură asemănătoare (fig.3.11). Forma curbelor sugerează că fenomenele de hidratare se produc mai încet la început și sfârșit, acestea fiind în final spre valori ale rezistenței la întindere de ordinul 13 daN/cm² care corespund la rezistențe proprii ale fazei hidratate.

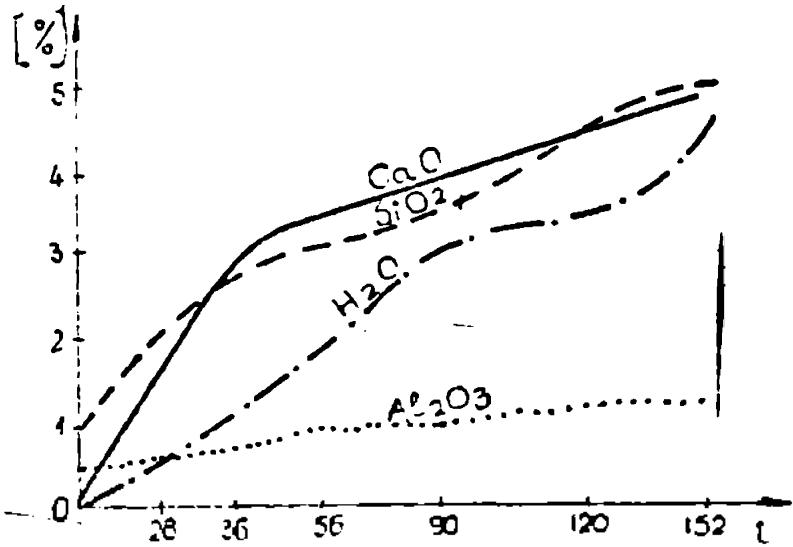


Fig. 3.8. Evoluția chimică a pastei puzzolano + var.

3.2.2 Influența componentilor liantului

Pentru a preciza importanța diferiților parametri care influențează întărirea liantului puzzolano + var s-a urmărit

rezistențele mecanice în timp ale unui amestec de nisip concasat (material puzzolanic) și var nestins în pulbere [52].

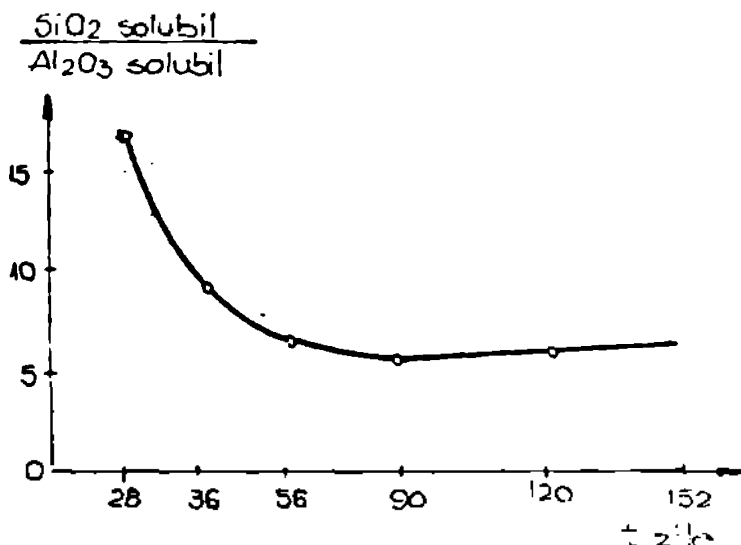


Fig. 3.9 Evoluția raportului silice solubilă/alumină solubilă în funcție de vîrstă.

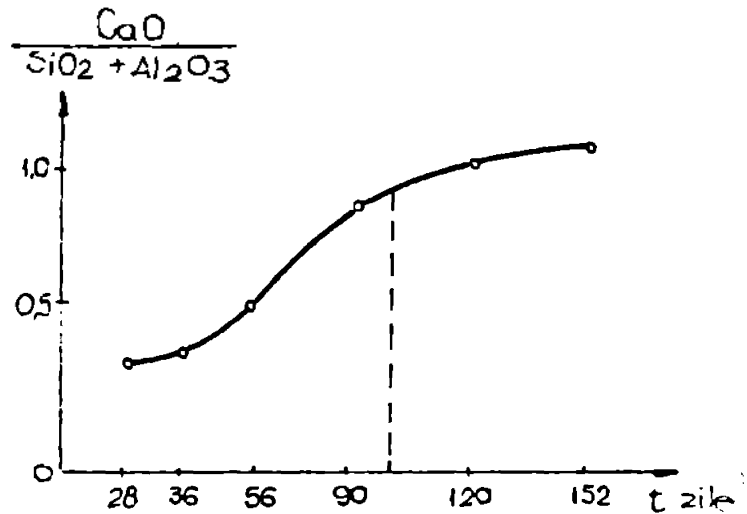


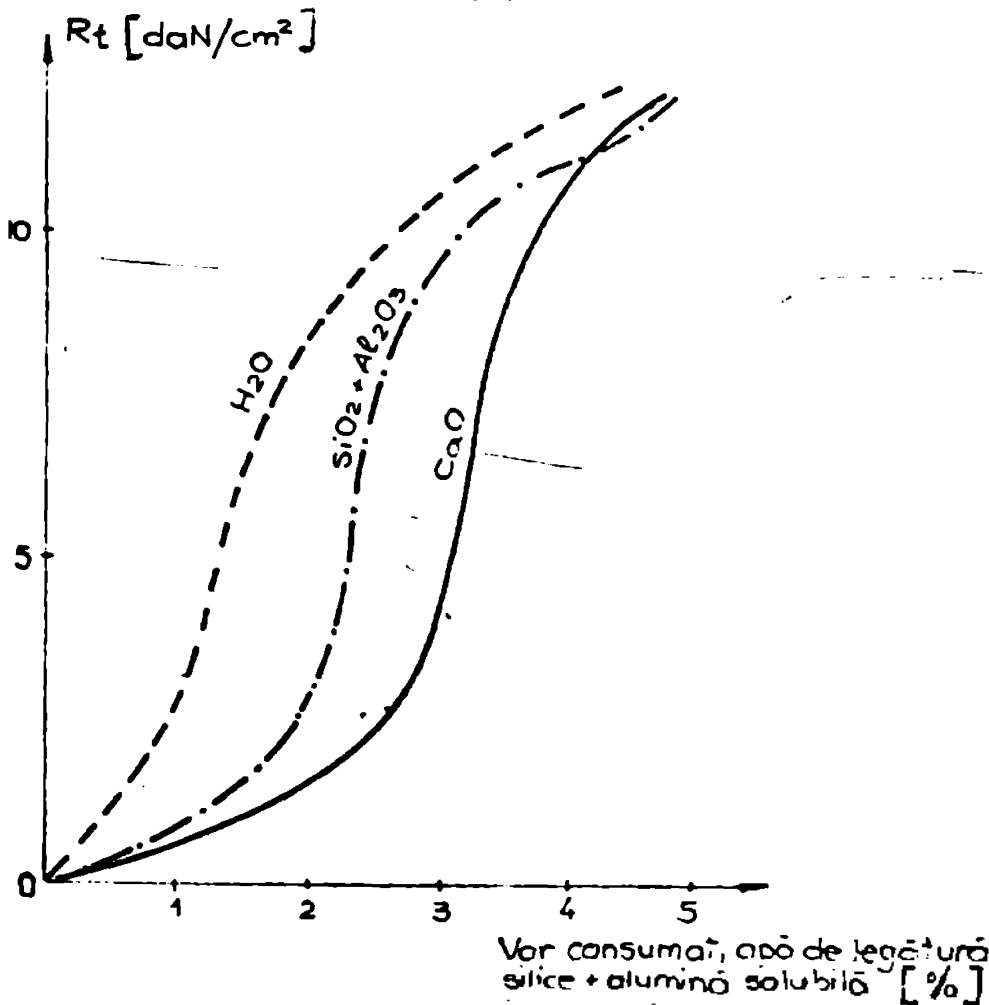
Fig. 3.10. Evoluția raportului var consumat/silice + alumină solubilă în funcție de vîrstă.

Compoziția amestecului a fost următoarea:

- 80 % puzzolană concasată 0...2 mm;
- 20 % var în pulbere nestins;
- 9 % apă.

Granulozitatea puzzolanef concasate 0...2 mm este următoarea:

- ciururi (mm)	3	1	0,63	0,2	0,08
- treceri (%)	100	76	54	28	12



Prepararea epruvetelor s-a efectuat în laborator cu ajutorul preseii hidraulice, epruvetele obținute prezintă următoarele caracteristici geometrice: diametrul 50,5 mm și înălțimea 75,0 mm.

După preparare, epruvetele au fost conservate în atmosferă umedă, după care au fost solicitate la compresiune simplă după 7; 14; 28; 90; 120; 150 și 180 de zile.

Rezistențele la compresiune obținute pe

pruete se înscriu pe o curbă care are alura din fig. 3.12. În
 înă perioadă pînă la 90 de zile rezistențele la compresiune
 esc în mod liniar cu vîrsta, iar a doua perioadă care este

R_c [daN/cm²]

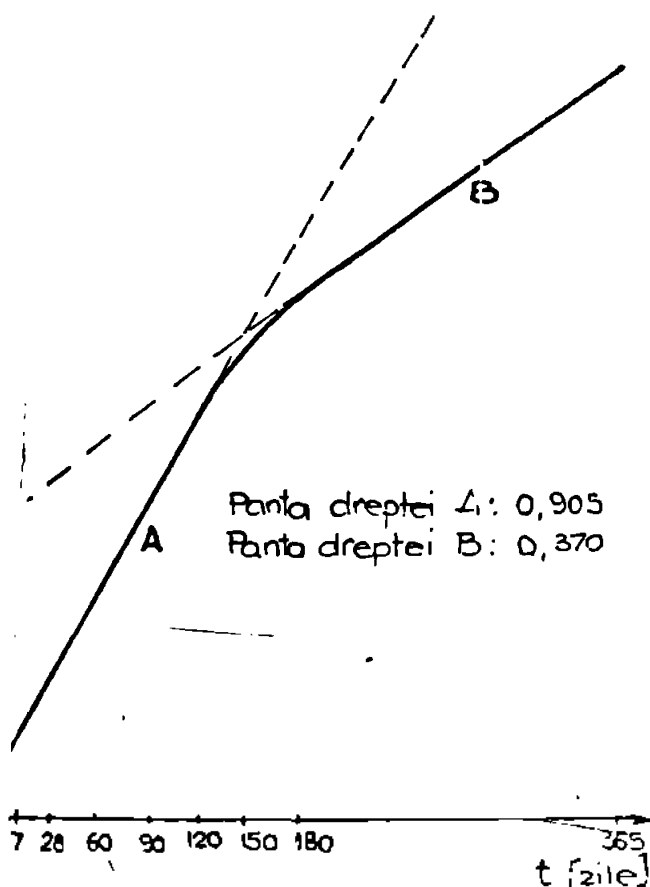


Fig. 3.12 Curba tip de evoluție a rezistențelor
 mecanice (R_c) a liantului puzzolane-van.

cuprinsă între 90...120
 zile rezistențele cresc în-
 că liniar, urmînd apoi pe-
 rioada între 120...180 zi-
 le cînd rezistențele cresc
 lent (porțiunea curbă
 din grafic). După 180 de
 zile pînă la 1 an și chiar
 mai mult, rezistențele
 cresc încă în mod liniar,
 dar în acest timp panta
 dreptei B este cu mult mai
 mică decît cea obținută în
 prima perioadă. Funcție de
 perioadele de întărire și
 de rezistențele la compre-
 siune, puzzolanele pot fi
 împărțite în trei familii
 de materiale:

- puzzolane foarte re-
 active la care rezistența

la compresiune la 180 zile este circa 150 daN/cm² (fig.3.13
 curba A);

- puzzolane reac-
 tive la care rezistența la
 compresiune la 180 de zile
 este mai mare de 100 daN/
 cm² (fig.3.13 curba B);

- puzzolane slab
 reactive la care rezisten-
 ța la compresiune la 180
 de zile este cu mult sub
 100 daN/cm² (fig.3.13
 curba C).

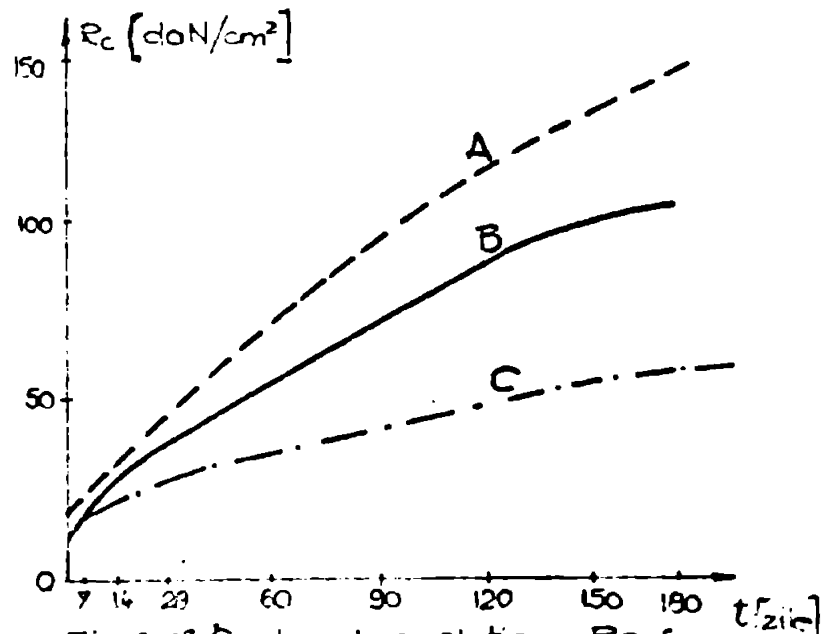


Fig. 3.13 Curba de evoluție a R_c în
 funcție de reactivitatea puzzolanelor

O influență substan-
 țială asupra caracteristicilor mecanice ale liantului e are și con-
 ținutul în părți fine al puzzolanei. Rezultatele obținute în
 momentul încercării la compresiune a epruvetelor conservate de la

o...180 zile (fig. 3.14) arată că:

- în primele zile conținutul în părți fine nu are influențe semnificative;

- prizele diferențe mai semnificative apar la 60 zile;

- influențe semnificative, diferențe mari între rezistența la compresiune apar la vârste înaintate, cele mai bune rezultate se obțin cu puzzolanele cu conținutul cel mai mare în părți fine. Compoziția granulometrică a amestecului liant puzzolanic și

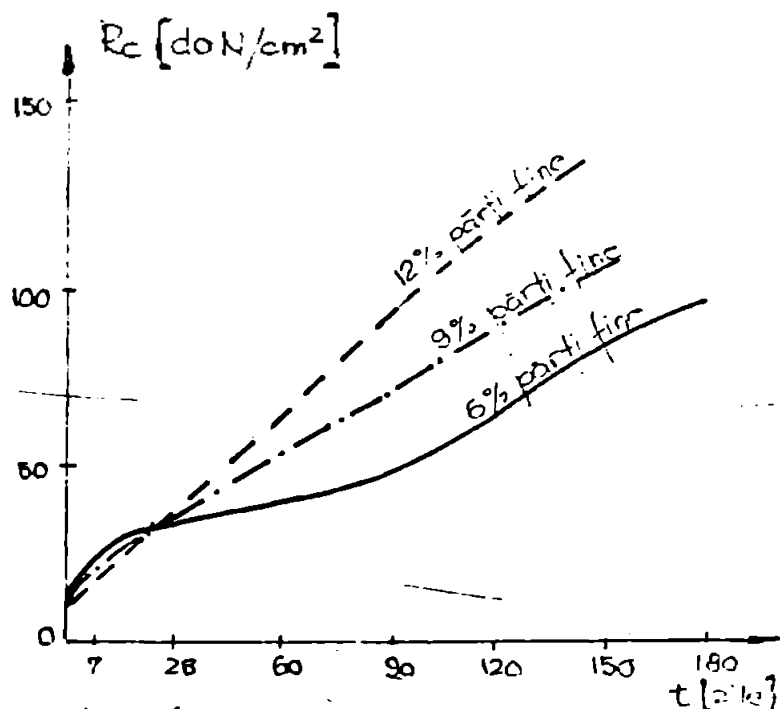


Fig. 3.14. Curbele de evoluție a Rc funcție de vîrstă și de finețea puzzolanelor.

agregat, are și ea o importanță mare la realizarea unor caracteristici fizico-mecanice corespunzătoare ale materialului stabilizat [45]

Din numeroasele formule existente pentru determinarea curbei granulometrice pentru amestecul de material stabilizat, menționăm formula lui Talbot care se pretează cel mai bine și care are și utilitate practică.

Curba granulometrică se determină conform acestei

formule cu următoarea relație:

$$P = \left(\frac{d}{D_m} \right)^n \times 100 \quad [\%] \quad (3.7)$$

în care:

P este procentul de agregat, cu fracțiuni care au diametrul inferior lui d ;

D_m - dimensiunea maximă a agregatelor ;

n - un coeficient cuprins în general între 0,4...0,7.

Avantajul acestei formule constă în faptul că ea ne permite să utilizăm o reprezentare bilogarithmică deoarece ea se poate scrie:

$$\lg P = 2 + n \lg d - n \lg D_m \quad (3.8)$$

Dacă formula este respectată, curba granulometrică obținută în coordonate bilogarithmice este o dreaptă de pantă n care trece prin punctul ($D_m, 100$). Considerînd două cîruri consecutive de diametre d_1 și d_2 putem scrie:

$$P_1 = 100 \left(\frac{d_1}{D_m} \right)^n \quad [\%] \quad (3.9)$$

$$P_2 = 100 \left(\frac{d_2}{D_m} \right)^n \quad [\%] \quad (3.10)$$

$$P_1 - P_2 = 100 \frac{d_1^n - d_2^n}{D_2^n} \quad (3.11)$$

$$P_1 - P_2 = 100 \frac{d_1^n}{D_2^n} \left[1 - \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^n \right] \quad (3.12)$$

Dar diametrele ciururilor sînt în progresie geometrică, deci raportul d_2/d_1 este constant și în consecință putem scrie:

$$P_1 - P_2 = a \cdot d_1^n \quad (3.13)$$

de unde: prin logaritmare obținem:

$$\lg (P_1 - P_2) = \lg a - n \cdot \lg d_1 \quad (3.14)$$

În figurile 3.15 și 3.16 se prezintă influența pe care are cantitatea de var respectiv de apă asupra caracteristicilor mecanice (rezistența la compresune) ale liantului.

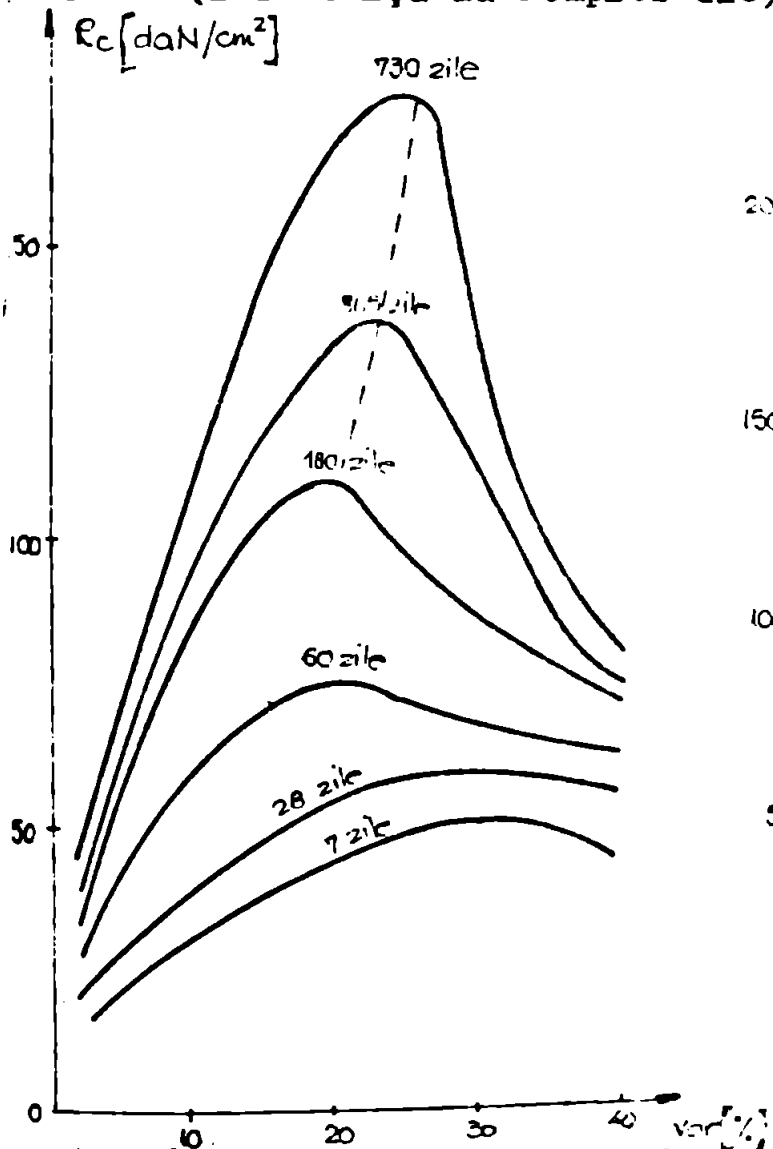


Fig. 3.15. Influența dozajului de var asupra performanțelor mecanice ale liantului

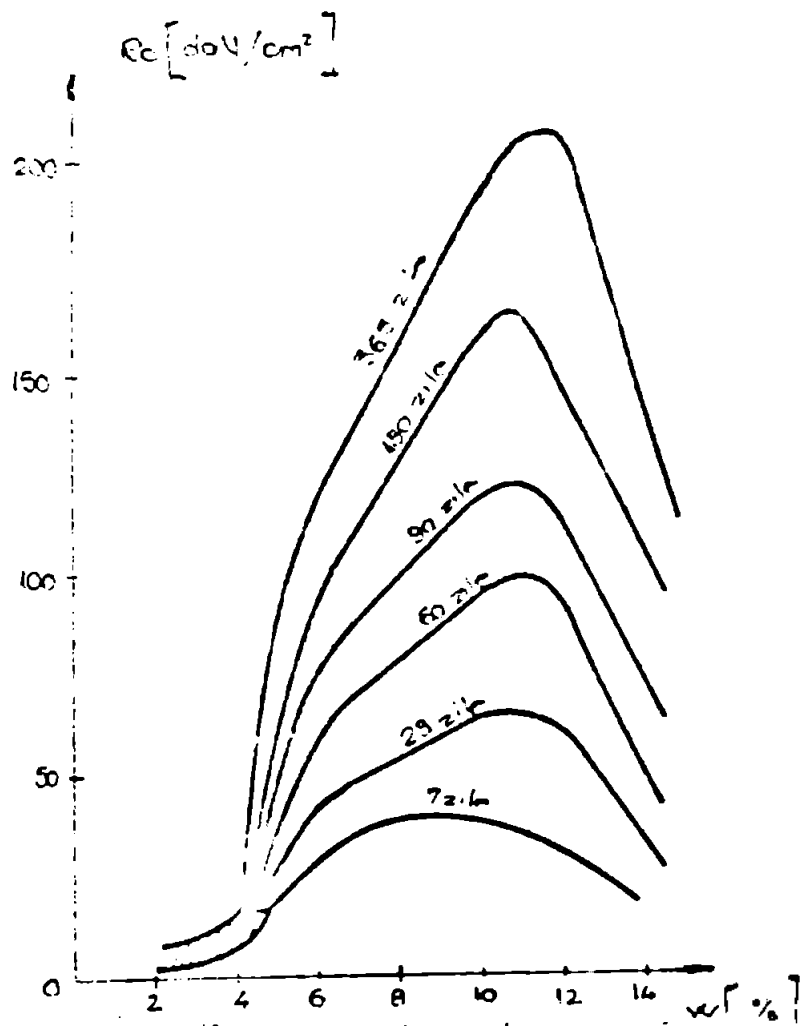


Fig. 3.16. Influența dozajului în apă asupra performanțelor mecanice ale liantului.

Literatura de specialitate [52] prezintă influența conținutului de var asupra rezistenței la compresune a liantului puzzolană + var. În acest sens s-au elaborat dozaje cu procentul de

var cuprins între 2...40 % cu un conținut în apă constant (8 %) urmărindu-se evoluția rezistenței pînă la vîrsta de 2 ani [52].

Rezultatele obținute pun în evidență creșterea rezistenței la compresiune pînă la dozaajul optim și totodată demonstrează că aceste rezistențe cresc și după vîrsta de 1 an [52].

Rezultatele obținute (fig.3.16) arată că nu se produc nici un fel de reacții pentru un conținut în apă inferior lui 4 %, iar performanțele cele mai ridicate se obțin pentru un dozaaj de apă cuprins între 8...13 %, de asemenea precizează rolul important al apei în procesul de întărire al lianților puzzolane + var. Se menționează că evoluția rezistențelor mecanice ale lianților puzzolanici este o funcție complexă de timp, ea depinzînd în același timp de viteza de hidratare și de compoziția chimică a puzzolanelor. Pentru a putea reprezenta curba de evoluție a acestor rezistențe se recurge cel mai adesea la o reprezentare logaritmică care ne permite ca în funcție de timp să reprezentăm curba de variație a acestor rezistențe. Dezavantajul acestor reprezentări este, că nu permite estimarea precisă a rezistențelor finale. Considerăm că utilizarea unei expresii hiperbolice ar reda cel mai bine legea de evoluție a acestor rezistențe mecanice deoarece la $t = 0$ rezistența la compresiune este nulă, deci s-ar putea scrie expresia care ar reprezenta curba de variație a rezistenței la compresiune sub forma următoare:

$$R = R_{\infty} \frac{t}{t + \bar{t}} \quad \left[\frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \right] \quad (3.15)$$

în care:

R este rezistența determinată la o anumită vîrstă (t), în daN/cm^2 ;

R_{∞} - rezistența finală, în daN/cm^2 ;

t - timpul la care se determină R , în zile;

\bar{t} - timpul necesar pentru atingerea rezistenței finale, în zile.

Din relația 3.15 se vede că rezistența determinată la o anumită vîrstă este definită de 2 parametri perfect stabiliți pe plan matematic, R_{∞} și \bar{t} . Această lege de variație se poate scrie și sub forma:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{\infty}} \left(1 + \frac{\bar{t}}{t} \right) \quad (3.16)$$

de unde se observă că $\frac{1}{R}$ este liniar cu $\frac{1}{t}$, iar graficul lui $\frac{1}{R}$ este în general apropiat de o dreaptă.

Valoarea extrapolată a lui $1/t = 0$ dă R_{∞} și panta permisă să calculăm pe $\bar{\sigma}$. Luând două cupluri de valori experimentale R_1 și t_2 , R_2 de exemplu la 28 și 90 zile sînt suficiente pentru face calculul imediat. Se arată ușor că:

$$R_{\infty} = \frac{t_2 - t_1}{\frac{R_2}{R_1} - \frac{t_2}{t_1}} \quad \text{și} \quad \bar{\sigma} = \frac{R_2 - R_1}{\frac{R_2}{t_1} - \frac{R_1}{t_2}} \quad (3.17)$$

În tot cazul, legea de evoluție a rezistențelor va fi totdeauna destul de bine caracterizată de valorile rezistenței finale timpii de evoluție.

În literatura de specialitate [104] este semnalată posibilitatea activării zgurelor de furnal cu silicat de sodiu. Introducerea silicaturii de sodiu în amestecul zgură, apă și var, duce la creșterea rapidă a bazicității sistemului, determinată în principal de hidroliza silicaturii de sodiu. În aceste condiții este favorizată formarea unor structuri de coagulare, care determină rigidizarea într-un timp scurt a sistemului zgură, silicat de sodiu și apă, ceea ce îngreunează mult punerea în operă a unui asemenea liant.

Prelungirea duratei de rigidizare se realizează prin introducerea unor cantități mici de oxid de calciu adăugat sub formă de var, care duce la o frînare a hidrolizei silicaturii de sodiu. Creșterea dozajului de var la 1...5 % determină o creștere continuă a începutului de priză. Cercetări efectuate pe zgura granulară provenită de la Combinatul Siderurgic Hunedoara, activată cu silicat de sodiu ($Na_2O \times nSiO_2$) avînd $n = 1,5...2,55$, adăugat în proporție de 2...11 % în soluția apoasă de aproximativ 40 % concentrație și var în proporție de 1...5 % au determinat factorii de influență a formării structurii de întărire.

Procesul de întărire și proprietățile mecanice ale acestor lianți depind de următorii parametri:

- bazicitatea și proporția silicaturii de sodiu din compoziția amestecului ;
- activitatea și proporția varului din compoziția liantului;
- finețea de măcinare a amestecului zgură + var;
- condițiile de întărire.

Creșterea fineței de măcinare a amestecului zgură + var la 2500...3000 cm^2/g , determină în toate cazurile îmbunătățirea proprietăților mecanice ale liantului întărit (fig.3.17).

Datorită faptului că aptitudinea la măcinare a zgurelor de furnal este redusă, creșterea fineței de măcinare ar implica un

consum energetic sporit, nu intru totul justificat de creșterile suplimentare de rezistență mecanică. Dozajul de var influențează procesul de întărire

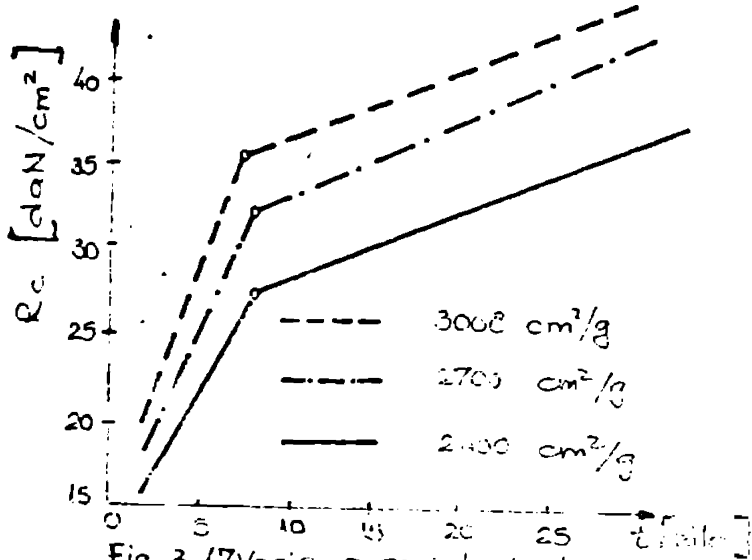


Fig. 3.17 Varierea rezistenței la compresiune de mortar plastic
Compoziția mortarului
90% zgură + 2% var + 8% silicat de sodiu

al amestecului sub aspectul fineții de măcinare a amestecului zgură + var și de dozajul și bazicitatea silicatului de sodiu adăugat (Fig. 3.18). Se constată că, rezistențele mecanice dezvoltate după perioade scurte de întărire s' au dezvoltat la proporții mai mari de var, în timp ce după perioade de întărire mai îndelungate se obțin rezultate mai bune pentru amestecurile cu conțin-

tăți de var mai reduse. Un alt factor care determină structura de întărire a amestecului, îl constituie matura zgurii, un conținut mai ridicat de Al_2O_3 în compoziția zgurii, determină în teste

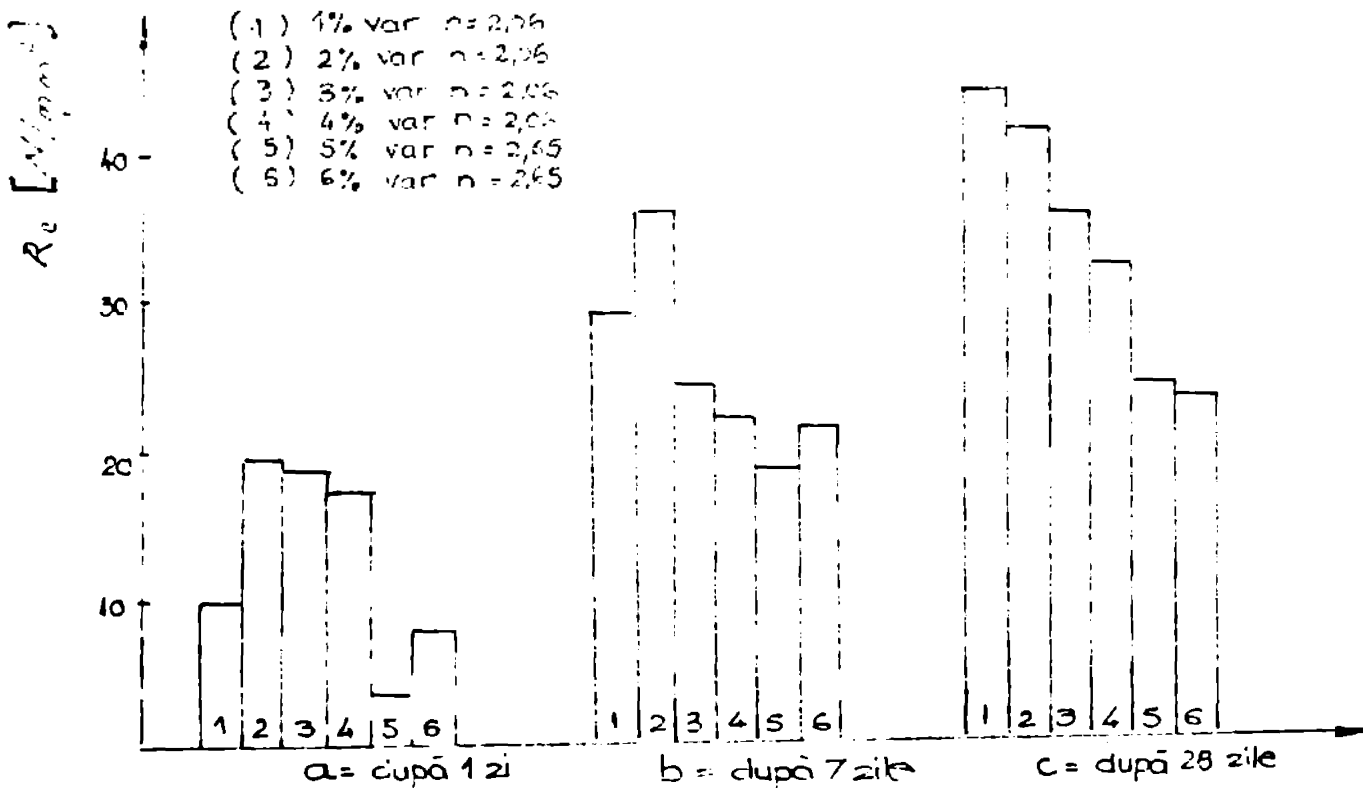


Fig. 3.18. Rezistența la compresiune a unor mortare, funcție de dozajul de var.

cazurile, dezvoltarea unei structuri de întărire cu rezistențe mecanice mari [42]. Introducerea silicatului de sodiu în mortarele cu zgură și var, duce la o întărire mai rapidă a acestor amestecuri, fapt ce în unele cazuri este util în execuția straturilor rutiere (macadamul cimentat), prin faptul că se scurtează perioade de priză și întărire, fapt ce permite darea în exploata-

mai rapidă a acestor tipuri de îmbrăcăminte. Utilizarea acestor lianți pe bază de zgură, silicată de sodiu și var la execuția straturilor, conduc la realizarea unor economii de ciment și energie de aproximativ 40%.

Studiile și cercetările prezentate arată că apariția coeziunii la lianții puzzolane + var se explică prin formarea silicailor de calciu hidratată, aceasta se ilustrează și prin curbele de evoluție în timp a rezistențelor mecanice în funcție de alumina și silicea polubilă, de varul liber și de apa consumată pentru reacțiile de hidratare.

3.3 Stabilizarea pământurilor cu lianți puzzolanici

Pentru realizarea straturilor rutiere (foraj și mandaje) pământurile pot fi utilizate așa cum sînt în general pământurile coezive sau prin îmbunătățirea compoziției granulometrice, prin adăugarea de material cu fracțiunea care lipsește. Pentru stabilirea compoziției granulometrice corespunzătoare pământurilor pentru terasamente, s-au adoptat pe bază experimentală, densități și limite granulometrice.

Dintre relațiile de calcul existente se menționează relația lui Fuller [66] :

$$p = 100 \sqrt{\frac{d}{D}} \quad [\%] \quad (3.18)$$

în care:

p este cantitatea procentuală de material care trece prin cîruri sau sita cu dimensiunea ochiului egală cu d, în %;

D - dimensiunea maximă a granulei, în mm.

Desigur că nu toate pământurile pot fi folosite la executarea terasamentelor prin îmbunătățirea compoziției granulometrice, deci prin stabilizare mecanică, în așa fel încît pentru această compoziție granulometrică să obținem o densitate aparentă în stare uscată maximă. În aceste condiții sîntem puși în situația de a recurge la alte mijloace de îmbunătățire a capacității portante la nivelul stratului, și aceste metode sînt de cele mai multe ori stabilizările cu lianți minerali sau puzzolanici.

3.3.1 Stabilizarea cu var

Stabilizarea cu var se aplică cu eficiență pământurilor care conțin fracțiune argilooasă. Aceste pământuri sînt dificile de compactat și în anumite cazuri - condiții climatice vitreze - ele nu pot fi folosite la execuția terasamentelor rutiere.

Modificările care se produc în structura pământurilor, în urma tratării cu var, se datoresc pe de o parte schimbului de baze care are loc, iar pe de altă parte formării - în urma reacțiilor dintre var și mineralele argilice, a unor nuclee de cimentare difuzate în masa anesteoului. Prezența varului determinând o creștere a pH-ului, are o acțiune solubilizantă asupra silicei cu care se combină în soluție și dă naștere unor neformațiuni gelice de hidrosilicați de calciu, acești compuși noi constituie liantul care în timp se întărește și cristalizează, legând particulele de pământ. Pentru obținerea unui efect optim la stabilizarea cu var, este necesar ca silicia să fie puternic stimulată, pentru aceasta este necesar ca valoarea pH-ului să nu coboare sub 12,4 [18].

În cazul stabilizării pământurilor cu var este foarte important să se stabilească dozajul optim de var, dozaj care să permită obținerea caracteristicilor fizico-mecanice impuse materialului. Dacă luăm ca caracteristică de bază indicele C.B.R. și conținutul de apă naturală, atunci dozajul de var variază după modul arătat în fig. 3.19 [119].

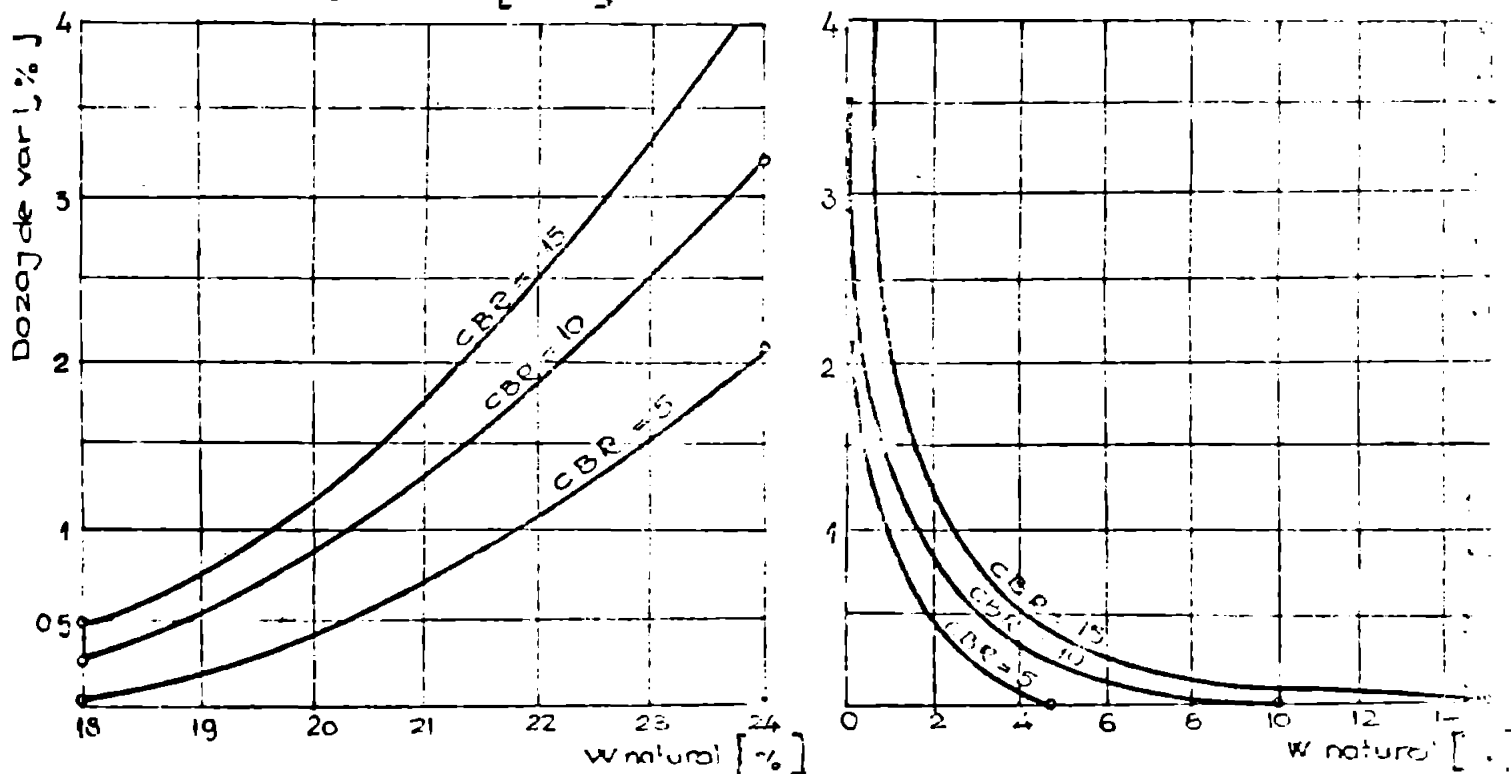


Fig 3.19 Stabilirea dozajului de var în funcție de procentul de apă naturală pentru obținerea unui indice C.B.R. (mediat de 5; 10; 15)

Din fig. 3.19 se constată că, cu cât umiditatea naturală a pământului este mai mare, cu atât și dozajul de var este mai mare, același lucru se petrece și cu indicele C.B.R., dozajul de var variind direct proporțional cu acesta. Indicele C.B.R. care de fapt exprimă capacitatea portantă a pământului stabilizat depinde atât de dozajul de var, cât și de umiditatea pământului (fig.3.20). Din fig. 3.20 rezultă că la umidități

Însușirea dozajului de var este mai redus, iar indicele de capacitate portantă C.B.R. este mai puțin influențat de dozajul de var, pe când la umidități ridicate creșterea capacității portante este în mare măsură influențată de dozajul de var utilizat la stabilizare. Pentru stabilirea dozajului de var se poate utiliza și o metodă simplificată folosind o abecă (fig. 3.21) întocmită pe baza analizei unui număr mare de încercări [83].

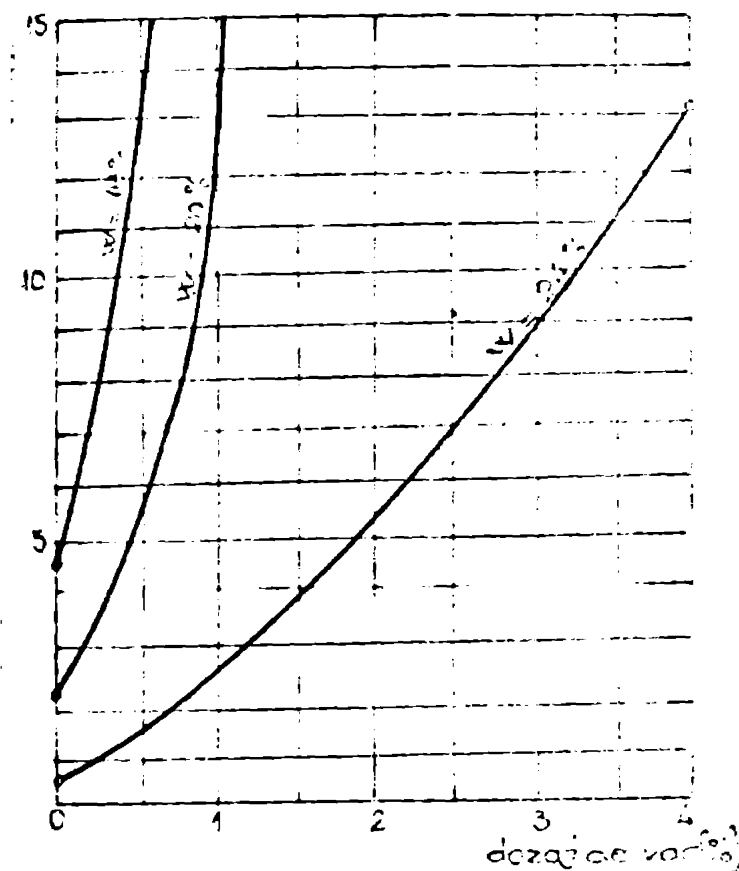


Fig. 3.20 Variația indicelui C.B.R. imediat în funcție de dozajul de var și umiditatea în valori de umidități pămîntului

Parametrii care se iau în considerare la stabilirea dozajului de var sînt:

- umiditatea optimă de compactare Proctor modificat a materialului de stabilizat;
- conținutul în fracțiuni sub 0,075 mm;
- umiditatea suplimentară (W_{supt}) care se determină, cu

relația:

$$W_{supt} = W_{ef} - W_{opt} \quad [\%] \quad (3.19)$$

unde:

W_{ef} este umiditatea naturală a materialului de stabilizat, în %;

W_{opt} - umiditatea optimă de compactare obținută prin încercarea Proctor modificat, în %.

Capacitatea portantă a pămînturilor, în urma stabilizării cu var, crește atât pe termen scurt, cînd creșterile sînt și mici, cît și pe termen lung cînd se manifestă creșteri mai importante. Un pămînt al cărui indice C.B.R. era cuprins între 3...5, după stabilizarea cu var a prezentat la interval de 3...5 ani un indice de capacitate portantă C.B.R. de 10...15, iar la vîrsta de 4...6 ani un indice C.B.R. de 20...40 [121].

Rezistența la compresiune a pămînturilor stabilizate cu var variază atât cu dozajul de var, cît și cu conținutul de umiditate [93], rezultatele prezentate în fig. 3.22 și 3.23 s-au obținut pe pămînturi pămînturi prăcoase stabilizate cu var în doze de 3...7 % și la umidități de 8,5...13,5 %.

...//...

Observând fig. 3.22 și 3.23 se constată următoarele:
 - rezistența la compresie crește în general cu dozajul de var și cu umiditatea între limitele arătate în fig. 3.22 ;

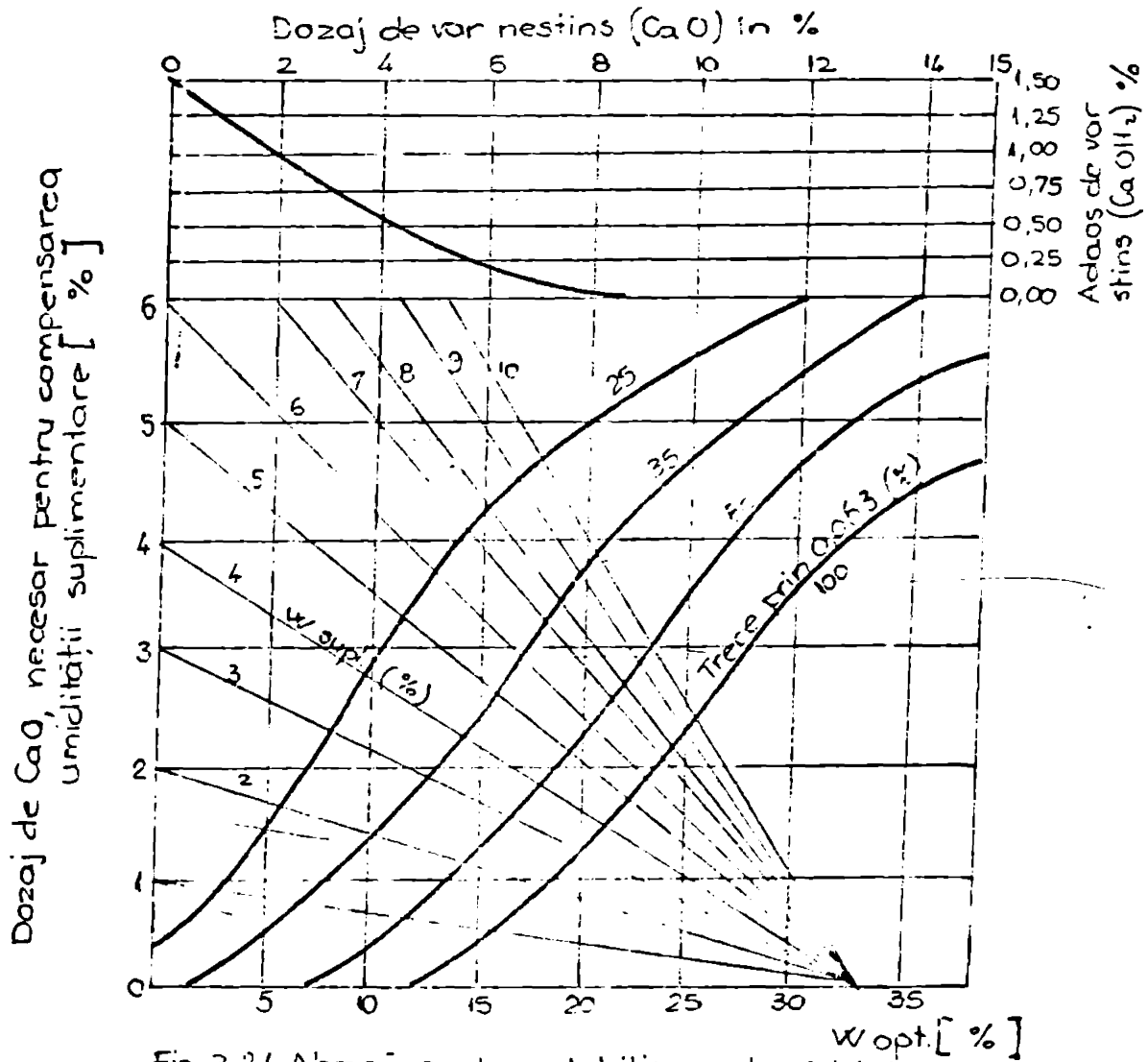


Fig. 3.21 Abacô pentru stabilirea dozajului de var.

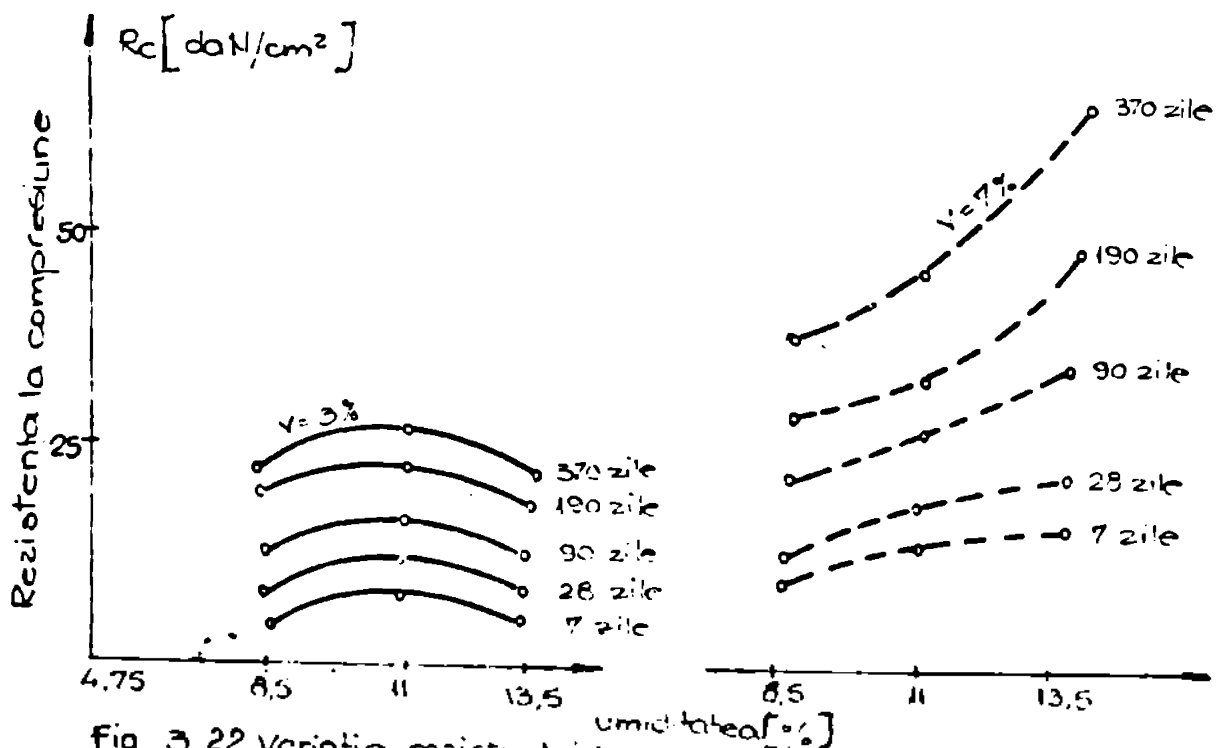


Fig. 3.22 Variația rezistenței la compresie în funcție de umiditate, pentru dozaje de 3% și 7% var.

- pentru un dozaj de var mai mare de 7 % începând de la vîrsta de 7 zile, rezistența la compresiune crește cu umiditatea creșterea accentuîndu-se cu vîrsta amestecului, iar sub vîrsta de 7 zile, variația rezistenței la compresiune cu umiditatea este nesemnificativă;

- prin reducerea dozajului de var cu 3 % scade și umiditatea corespunzătoare rezistenței maxime de la 13...11 % ;

- pentru o anumită umiditate rezistența la compresiune crește cu dozajul de var ;

- mărind umiditatea de la 8,5...13,5 % se înregistrează creșteri ale rezistenței la compresiune pentru același dozaj de var, cu atît mai mari cu cît vîrsta amestecului este mai înaintată.

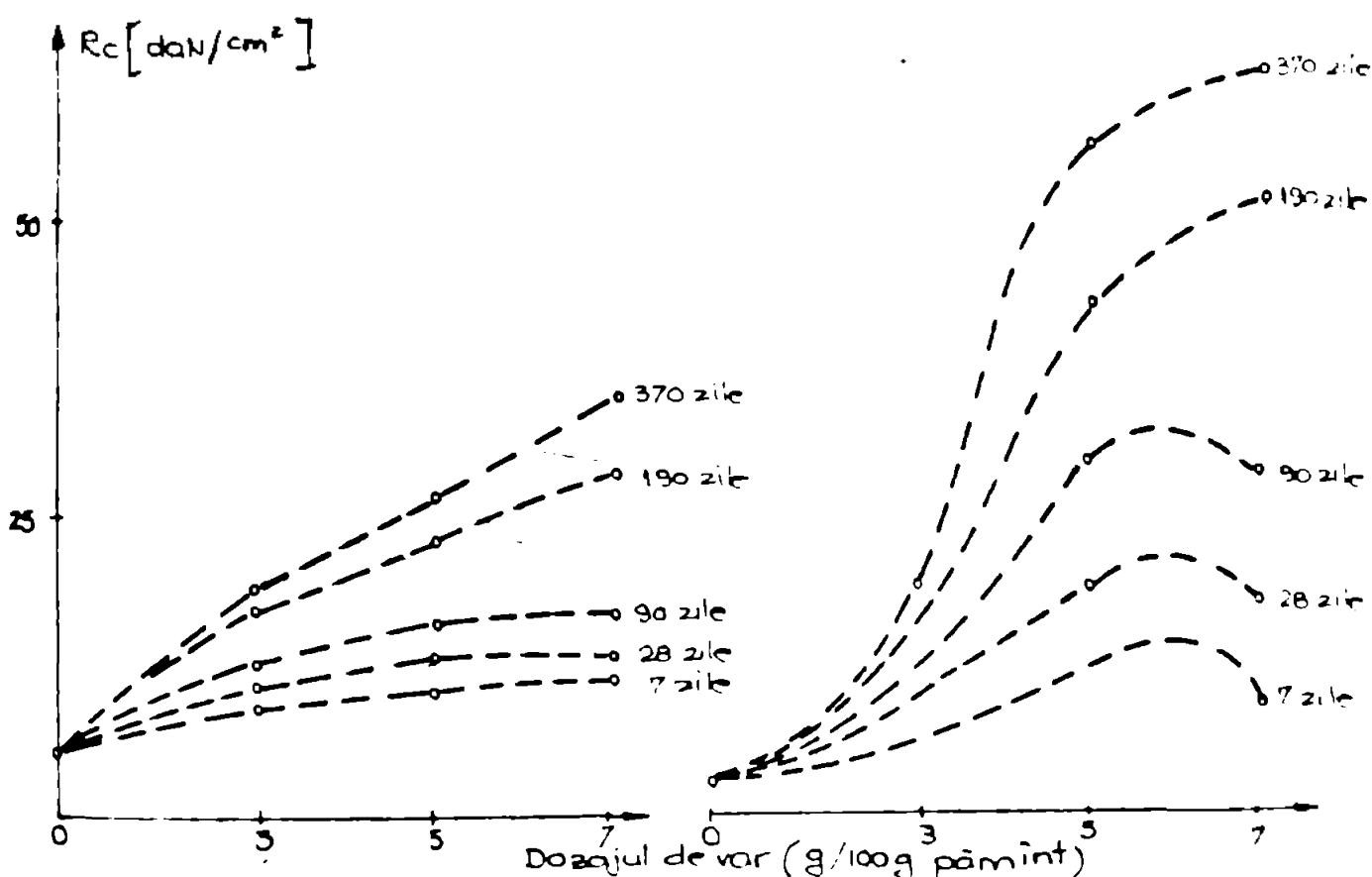


Fig 3.23. Variația rezistenței la compresiune în funcție de dozajul de var, la umidități de 8,5 și 13,5 %

Studii aprofundate [104] au arătat că adăugul de aditiv sodic, determină creșterea pH-ului și totodată grăbește procesul de solubilizare al silicei și implicit reduce durata de întărire a pământurilor stabilizate cu var.

3.3.2 Stabilizarea cu cenuse de termocentrală

Utilizarea cenusei de termocentrală la stabilizarea pământurilor, are efecte favorabile, atât din punct de vedere tehnic, dar mai ales din punct de vedere economic.

Prezența cenușii de termocentrală în materialele stabilizate are o influență favorabilă manifestată prin:

- creșterea gradului de omogenitate a amestecului și a numărului de legături de cimentare între pământ și liant;

- reducerea concentrației și creșterea deformabilității amestecului, modificări care determină micșorarea tendinței de fisurare;

- diminuarea permeabilității la apă ;

- reducerea consumului de ciment ;

Pentru obținerea unui amestec omogen cu aceleași proprietăți fizico-mecanice în întreaga masă de pământ stabilizat, este necesar să se asigure răspândirea uniformă a liantului. Stabilizarea se consideră eficientă dacă se asigură un grad ridicat și uniform de dispersie al liantului în masa pământului. Pe suprafața glomerulelor de pământ se realizează contactele cu granulele de liant și au loc reacții chimice în urma cărora se formează nucleeele de cimentare.

Pământurile stabilizate cu cenușe de termocentrală și ciment manifestă tendință mai redusă de fisurare decât cele stabilizate cu ciment, datorită atât contracției hidraulice mai mici cât și capacității de deformare mai mari [90]. Contracția hidraulică mai redusă se explică prin:

- înlocuirea unei părți din masa pământului de stabilizat cu cenușe de termocentrală care manifestă contracție la uscare foarte redusă;

- umflarea, care are loc în prima perioadă de întărire, ca urmare a dezvoltării unei mase mai mari de geluri, compensează într-o măsură apreciabilă contracția la uscare.

3.3.2.1 Stabilizarea pământurilor coezive cu cenușe de termocentrală

În baza unor contracte și comenzi ale Catedrei de drumuri, fundații și instalații în construcții cu unități economice din zona de sud-vest a țării, prin care se solicita efectuarea unor studii ample privind îmbunătățirea stării de viabilitate a drumurilor agricole, forestiere și publice, prin folosirea la maximum a materialelor locale din zonă și a subproduselor industriale, s-a trecut la studierea posibilităților de execuție a unor straturi rutiere realizate din pământuri stabilizate cu cenușe de termocentrală, activată cu ciment sau var.

Pământurile utilizate în cadrul experimentărilor au fost din zona Recaș și Crucești județul Timiș. Caracteristicile fizico-mecanice ale pământurilor sus menționate sunt prezentate în tabelul 3.2.

Tabelul 3.2

Nr. crt.	Caracteristici fizico-mecanice	Simbol	U.M.	Valori medii	
				Recaș	Crucești
1.	Compoziția granulometrică				
	- argilă	-	%	43	33
	- praf	-	%	55	34
	- nisip	-	%	2	33
2.	Greutatea volumică a scheletului		kN/m ³	26,1	25,3
3.	Densitatea în stare uscată		g/cm ³	1,86	1,68
4.	Limita inferioară de plasticitate	Wp	%	29,4	23
5.	Limita superioară de plasticitate	WL	%	49,9	42
6.	Umiditatea naturală	W	%	19,3	26
7.	Indicele de plasticitate	Ip	%	26,5	19
8.	Indicele de consistență	Ic		0,78	0,84
9.	Umiditatea optimă de compactare Proctor normal	Wopt	%	19	17

Acste caracteristici clasifică pământurile astfel: praf argilos plastic virtos cel din zona Recaș și praf nisipos argilos cel din zona Crucești. Caracteristicile cenușei de termocentrală folosite la stabilizare au fost prezentate în capitolul 2 al acestei lucrări.

La stabilizarea pământului de la Recaș s-a utilizat cenușa de termocentrală de la Turcești, iar la stabilizarea pământului de la Crucești, s-a utilizat cenușa de la Mintia.

Pentru studiu s-au elaborat două tipuri de amestecuri și anume:

- amestecul A₁ din pământ, cenușe de termocentrală și ciment;
- amestecul A₂ din pământ, cenușe de termocentrală și var.

În cazul acestor amestecuri cimentul și varul s-a adăugat cu rol de activant. Caracteristicile de compactare determinate prin încercarea Proctor modificat ale acestor ames-

tecuri sînt cele din tabelul 3.3.

Tabelul 3.3

Tipul amestecului	Pămînt Recaş		Pămînt Crucei	
	ρ_d g/cm ³	Wopt %	ρ_d g/cm ³	Wopt %
A ₁	1,9	1,6	1,8	13
A ₂	1,8	16	1,8	13

Pentru fiecare din cele două tipuri de amestecuri, s-au realizat cîte trei tipuri de dozaje, pentru fiecare dozaj urmărindu-se rezistențele la compresune la 7; 14; 28 și 90 zile, iar rezultatele obținute sînt prezentate în tabelul 3.4 pentru pămîntul de la Recaş și tabelul 3.5 pentru pămîntul de la Crucei.

Tabelul 3.4

Tipul amestecului	Dozaje %		Rezistența la compresune cu păstrarea epruvetelor în atmosferă umedă daN/cm ²			
	Materiale	Apă	7 zile	14 zile	28 zile	90 zile
A ₁	P ₁ = 75 C _T = 17	16	11	18,3	21,6	23,4
	C = 8 P ₁ = 75 C _T = 20	16	9,5	10,2	15,5	17,3
	C = 5 P ₁ = 75 C _T = 22	16	8,2	9,1	13,2	14,3
A ₂	P ₁ = 75 C _T = 17	16	3,0	7,2	9,3	11,2
	V = 8 P ₁ = 75 C _T = 20	16	2,2	4,9	6,1	7,2
	V = 5 P ₁ = 75 C _T = 22	16	2,0	4,6	5,2	5,9
	V = 3					

Tabelul 3.5

Tipul amestecului	Dozaje %		Rezistența la compresiune cu păstrarea epruvetelor în atmosferă umedă $\sigma_{1/2}$			
	Materiale	Apă	7 zile	14 zile	28 zile	90 zile
A ₁	P ₂ = 75 C _M = 17 C = 8	13	21,2	23,2	28,2	33,2
	P ₂ = 75 C _M = 20 C = 5	13	18,0	21,0	23,3	28,6
	P ₂ = 75 C _M = 22 C = 3	13	9,7	11,3	14,1	17,2
A ₂	P ₂ = 75 C _M = 17 V = 8	13	10,7	12,8	15,2	16,1
	P ₂ = 75 C _M = 20 V = 5	13	10,2	11,5	12,1	13,7
	P ₂ = 75 C _M = 22 V = 3	13	7,2	9,1	11,3	12,9

În care P₁ - pământ de Recaş, C_T - cenuşă de la termocentrala Turcoeni, C - ciment, V = var, P₂ - pământ de Cruceşti, C_M - cenuşă de la termocentrala Mîntic.

Din examinarea rezultatelor înscrise în tabelele 3.4 și 3.5 se constată următoarele:

- rezistențele la compresiune obținute pe epruvete cilindrice, sînt mai mari în cazul amestecului de tip A₂ unde s-a utilizat un "praf nisipos argilos" spre deosebire de amestecurile A₁ la care s-a folosit un "praf argilos plastic vîtos";

- stabilizarea pămînturilor cu cenuşă de termocentrală și ciment ca activator, este mai eficientă, atît din punct de vedere tehnic (rezistențe mecanice mari), cît și din punct de vedere

..//..

economic și energetic, varul fiind un consumator de energie mai mare decât cimentul;

- Sporirea dozajului de activant de la 3 la 5 și 8 % în condițiile menținerii dozajului de cenuse de termocentrală conduce la o sporire a rezistențelor mecanice relativ mică, fapt ce nu justifică utilizarea la stabilizarea pământurilor cu cenuse de termocentrală, dozaje ridicate de activator;

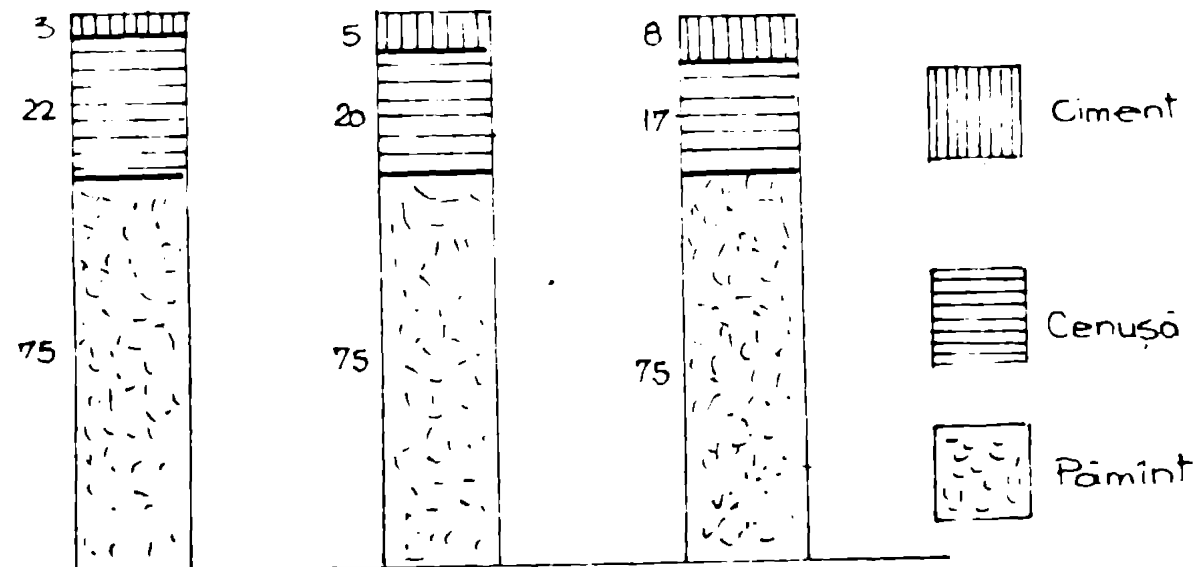


Fig. 3.24 Compoziția procentuală a pământurilor stabilizate cu cenusă de termocentrală.

- procesul de întărire al pământurilor stabilizate cu cenuse de termocentrală și var, decurge mai lent decât în cazul utilizării ca activant cimentul;

- reducerea consumului de ciment cu peste 40 %, în condițiile obținerii unor caracteristici fizico-mecanice corespunzătoare.

În fig. 3.25.a; 3.25.b; 3.25.c; 3.25.d se redă variația rezistențelor la compresiune pentru amestecurile de tipul A₁ și A₂ în cazul utilizării pământului de Recaș, respectiv de Crucești. De asemenea rezultă că rezistențele cresc în timp, creșterea fiind mai substanțială în primele 28 de zile.

Modificările care au loc în structura și compoziția pământului stabilizat cu cenuse de termocentrală, depind și de natura și dozajul de cenuse utilizat. Pentru a ilustra acest lucru, s-au efectuat încercări pe pământuri stabilizate cu dozaje diferite de cenuse și același dozaj de var 5 % (fig. 3.26). Studiile s-au efectuat pe pământuri din zona Crucești, cenusa de la Mântia, iar cimentul folosit a fost un Pa 35.

În urma studiilor s-a constatat că cenusele de termocentrală nu aduc modificări substanțiale în creșterea rezistențelor mecanice, mai ales în dozaje reduse de până la

In afara influenței pe care o are asupra rezistenței mecanice, trebuie reținut faptul că ele au un rol important reducerea tendinței de fisurare.

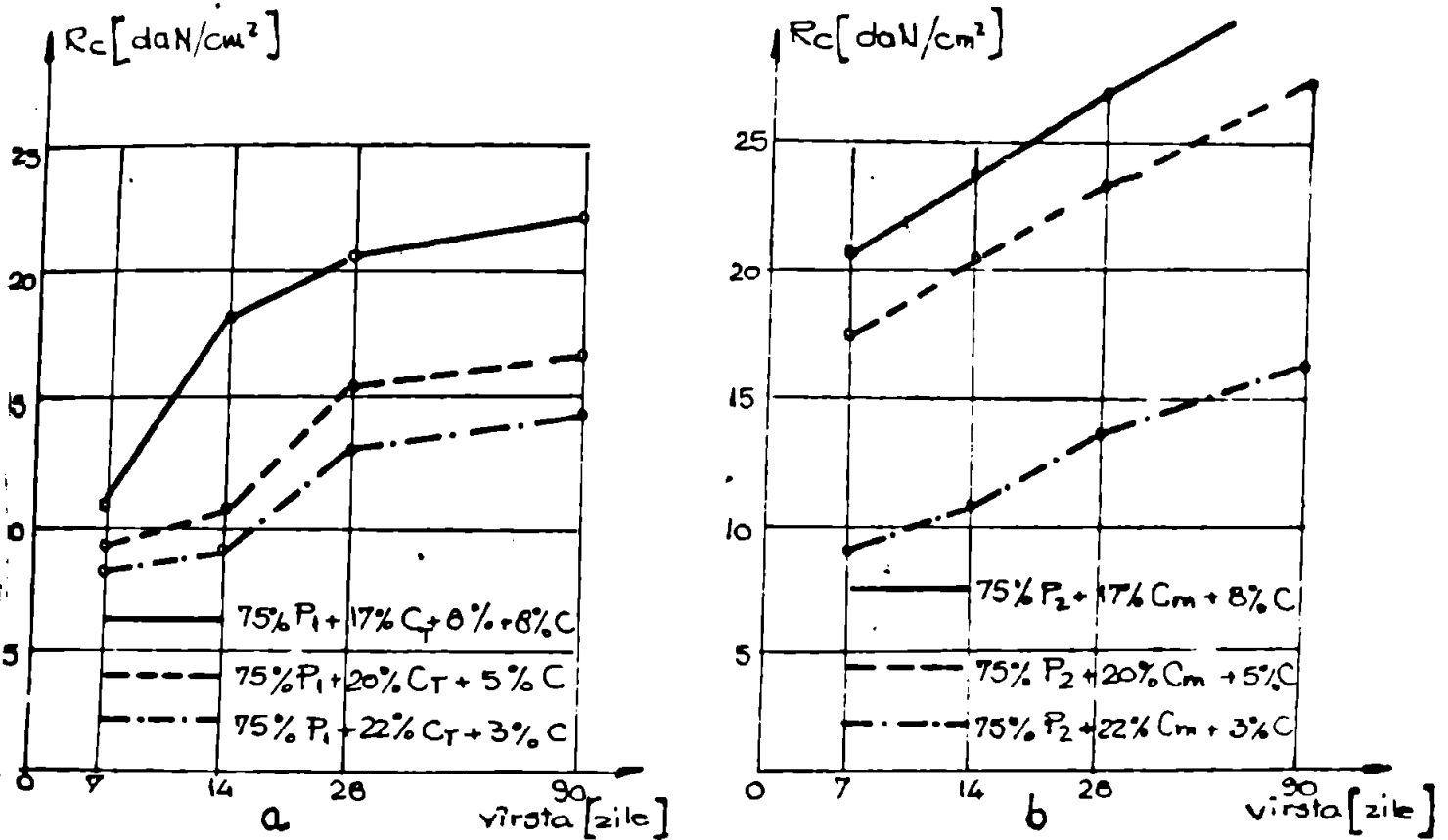


Fig. 3.25 Variația rezistenței la compresiune în funcție de dozajul de ciment

In urma cercetărilor și rezultatelor obținute în laborator la stabilizarea pământurilor coezive cu cenuse de

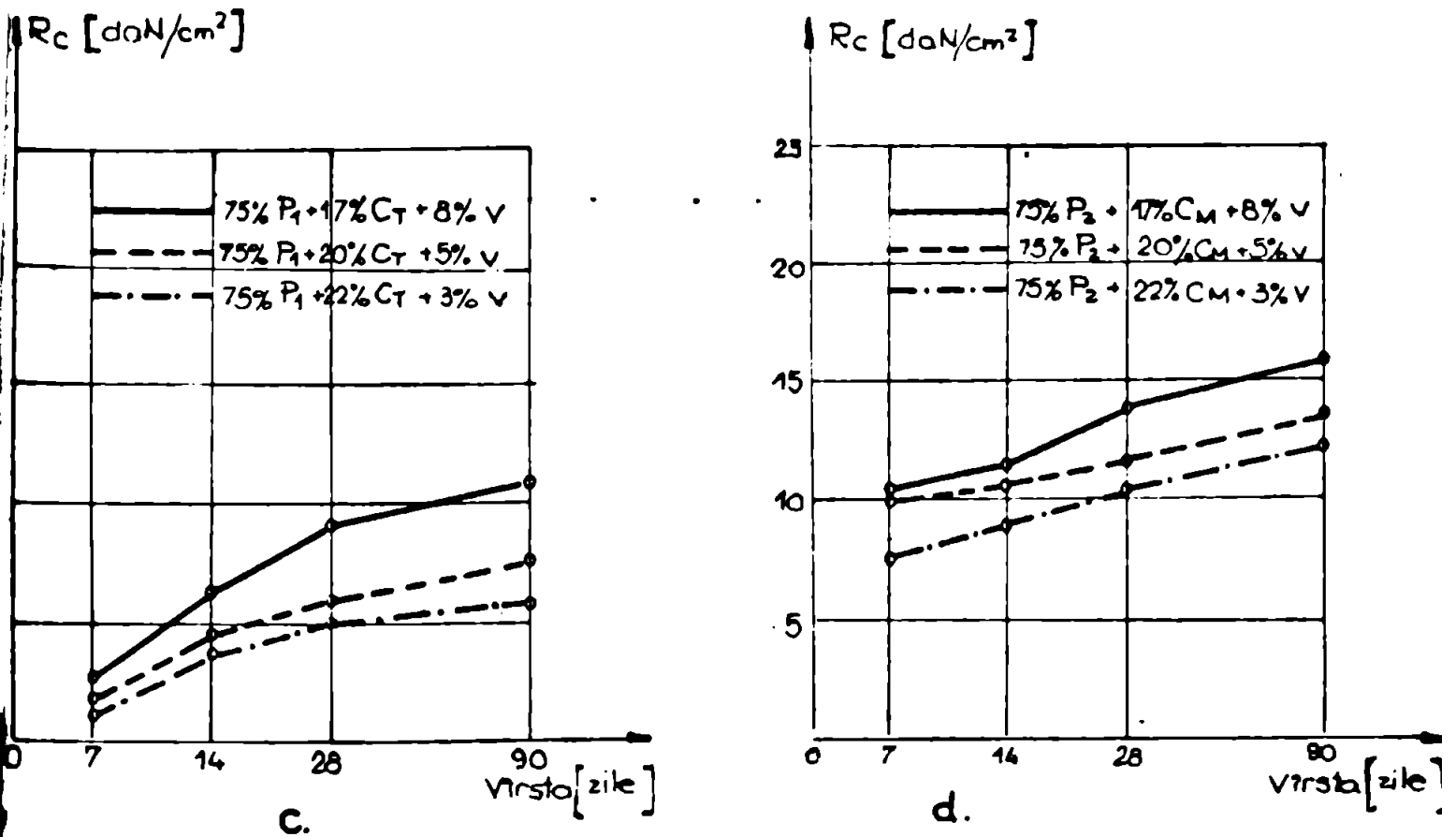


Fig. 3.25 Variația rezistenței la compresiune în funcție de dozajul de var.

termocentrală și lianți minerali, se poate afirma că aceste materiale pot fi utilizate la realizarea straturilor rutiere din sistemul rutier și anume: la executarea stratului de formă și de fundație.

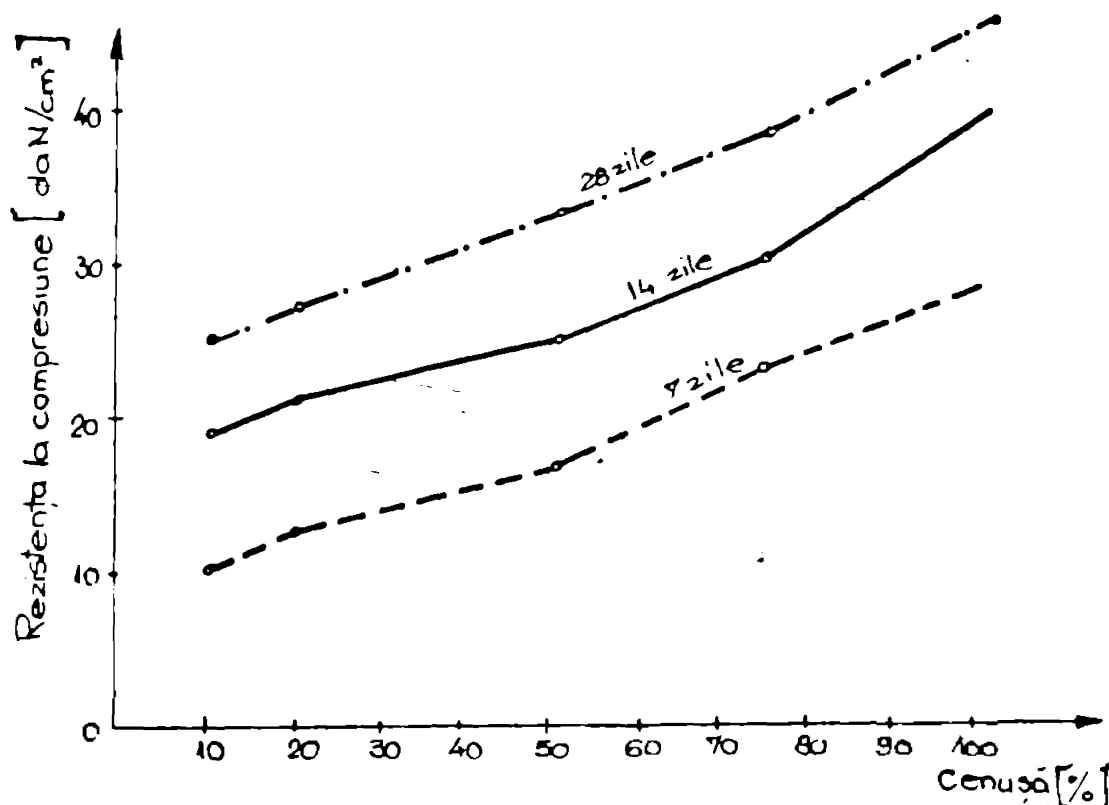


Fig. 3.26. Variația rezistenței la compresiune în funcție de dozajul cenusei la un dozaj de ciment de 5%

Rezistențele la compresiune minime pentru stratul de fundație fiind la 14 zile, 7 daN/cm², iar la 28 zile, 13 daN/cm² [120].

3.3.2.2 Stabilizarea pământurilor necoezive cu cenuse de termocentrală

După cum s-a arătat (Cap.2) materialele granulare locale (balasturi, nisipuri, pietrișuri nisipoase) sînt caracterizate prin absența unui sort granular și mai ales a fracțiunii fine, fapt ce influențează nefavorabil compactitatea stratului realizat din aceste materiale. Compoziția amestecurilor stabilizate se stabilește în condițiile obținerii unei structuri compacte a materialului pus în operă, aceasta depinzînd în mare măsură de compoziția granulometrică și de dozajul de liant folosit. Liantul, prin natura sa și prin dozajul prevăzut, asigură legăturile de cimentare dintre granulele de agregat, cu cît granulozitatea este mai discontinuă, cu atît și volumul de goluri din material este mai mare, iar pentru a se realiza un număr suficient de legături de cimentare la aceste materiale

este nevoie de un dozaj mai mare de liant (fig. 27). In cazul stabilizărilor cu ciment, dozajul de ciment prevăzut necesar obținerii rezistenței la compresune necesare, fiind redus, se realizează un număr redus de legături de cimentare, care în

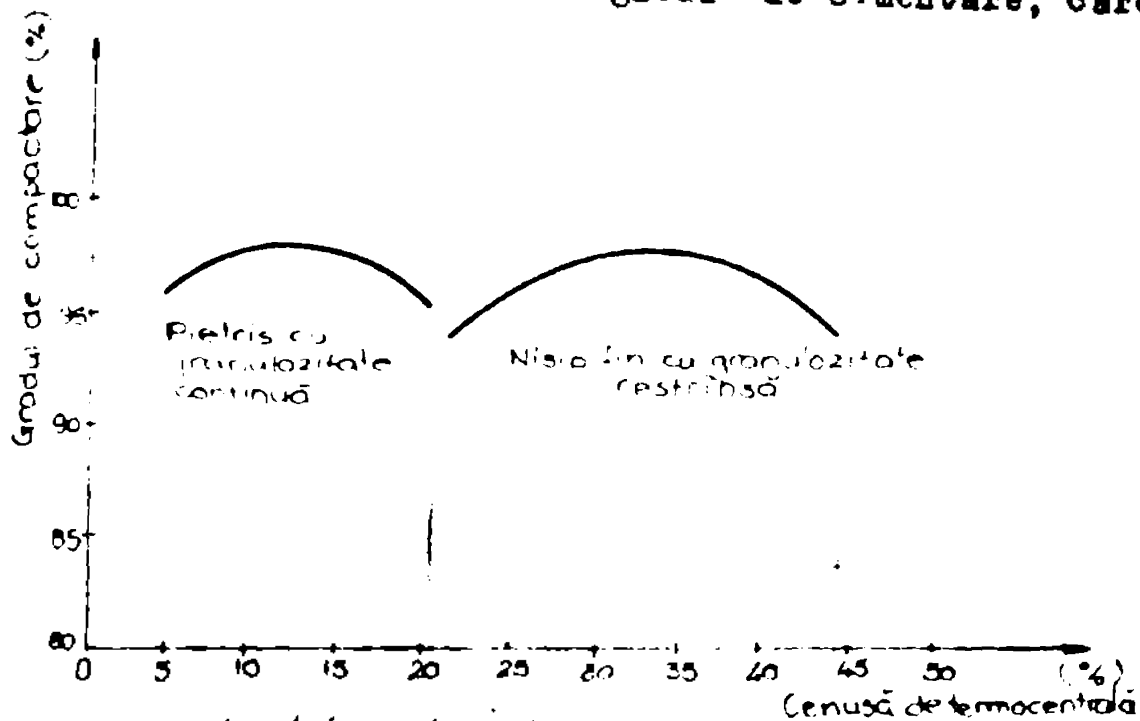


Fig. 327. Conținutul optim de cenușă de termocentrală

timp sub acțiunea solicitărilor, cedează treptat, ceea ce conduce la degradarea sistemului rutier.

Creșterea dozajului de ciment, nu numai că nu este economică, dar sporind efectul de dală determină intensificarea stării de fisurare a materialului din stratul rutier.

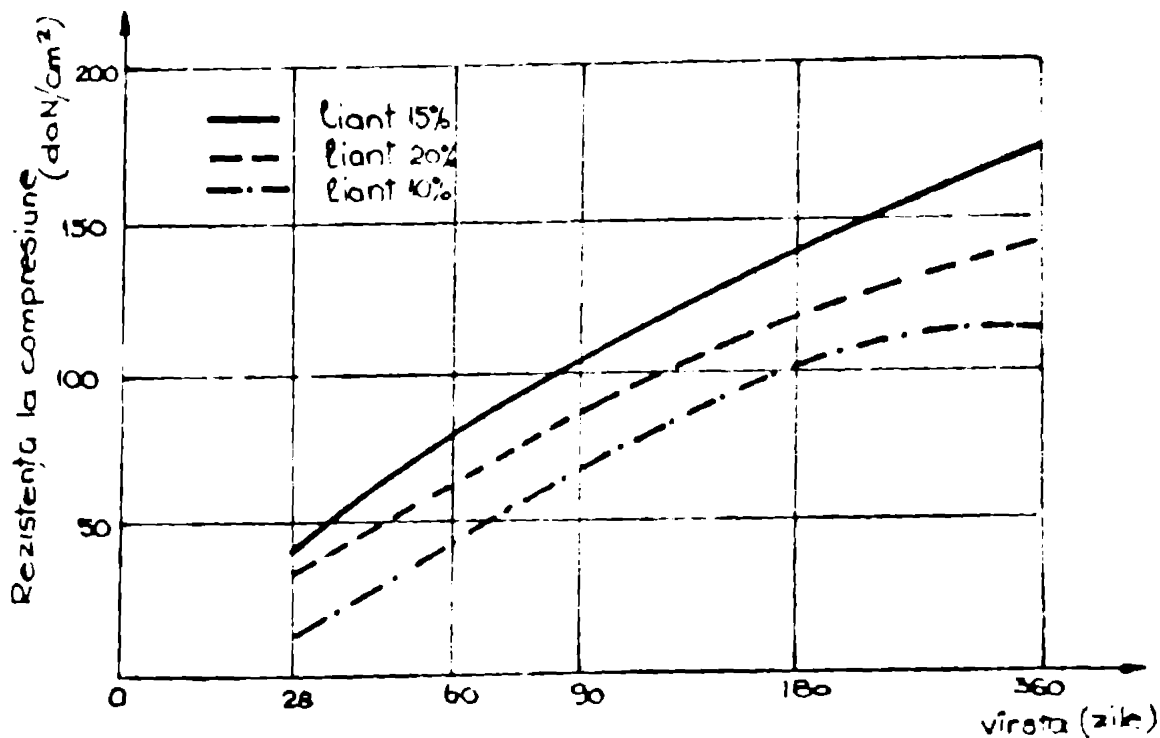


Fig. 328. Variația rezistenței la compresune pentru dozaje de liant diferite.

Aceste efecte nefavorabile sînt sensibil ameliorate prin folosirea cenușei de termocentrală la alcătuirea amestecului.

••//••

Ameliorând granulozitatea agregatului adaosul de cenuse reduce porozitatea materialului, asigurându-l o structură mai compactă și o comportare mai bună la acțiunea traficului, apei și variațiilor de temperatură. De asemenea datorită creșterii numărului legăturilor de cimentare se obține o structură mai stabilă cu comportare superioară în timp.

Este de remarcă faptul că și rezistențele la compresiune depind de dozajul de liant folosit la realizarea amestecului obținându-se rezistențe maxime pentru un dozaj de liant optim fig. 3.28 [28].

3.3.2.2.1 Stabilizarea nisipului de Timiș (Crucești) cu cenuse de termocentrală (Mintia)

Studiul și experimentările de laborator a nisipului de Timiș a fost efectuat în vederea stabilirii unor dozaje optime de stabilizare a acestui material pentru executarea în mod experimental a fundațiilor rutiere la îmbrăcămintele din beton de ciment cu astfel de materiale stabilizate.

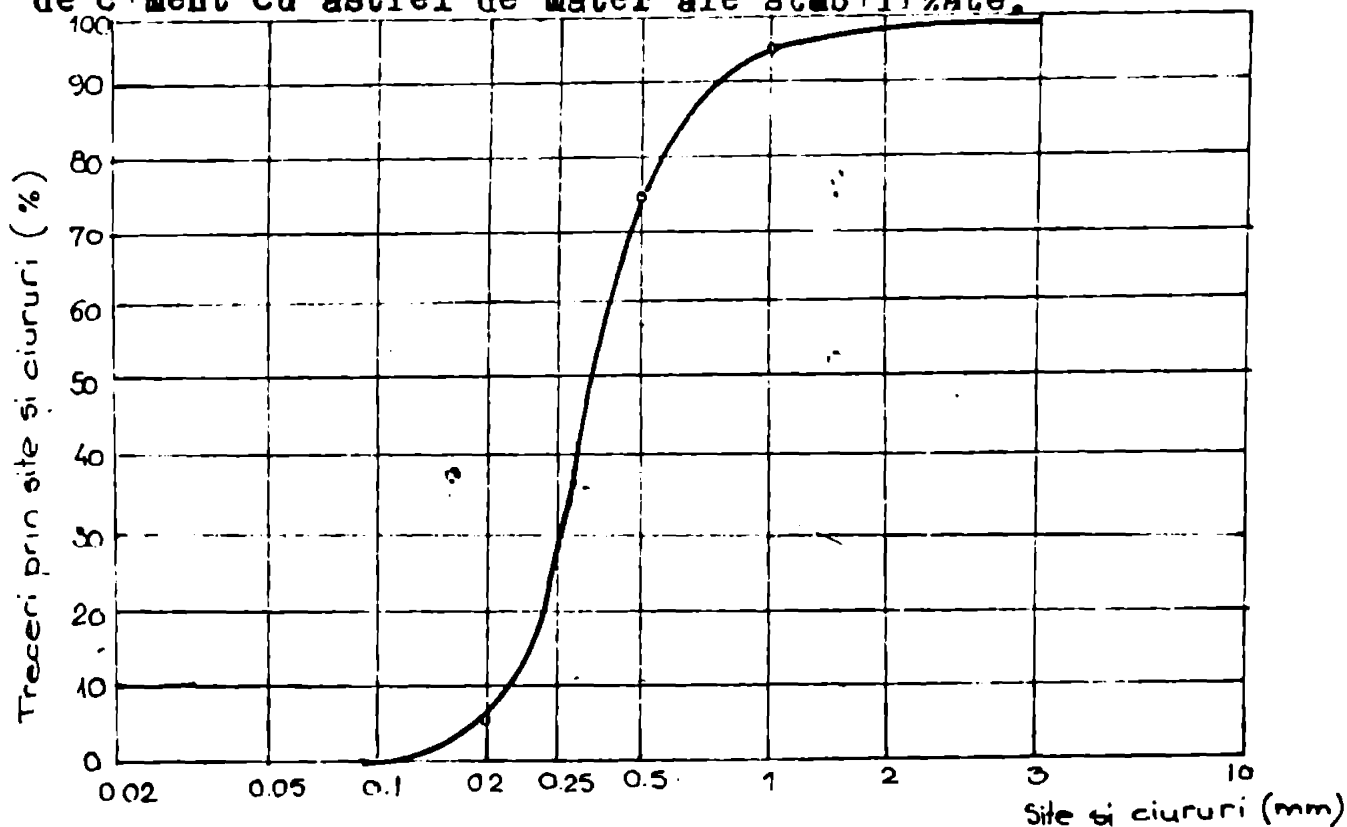


Fig. 3.29. Compoziția granulometrică a nisipului de Timiș.

Compoziția granulometrică a nisipului de Timiș este cea din fig. 3.29 având dimensiunea granulelor cuprinsă între 0...3 mm. Cenusa de termocentrală utilizată la stabilizare, a fost cea de la Mintia cu caracteristicile prezentate în Cap. 2.

Pentru stabilizare s-a folosit ca activator cimentul.

Cimentul utilizat a fost un ciment de tipul Pa35 cu următoarele caracteristici :

- densitatea scheletului $3,9 \text{ g/cm}^3$;
- densitatea în grămadă în stare afînată $1,0 \text{ g/cm}^3$;
- densitatea în grămadă în stare îndesată $1,7 \text{ g/cm}^3$;
- perioada de început de priză 3 ore;
- perioada de sfîrșit de priză 5 ore;
- finetea de măcinare. 11 %

Pentru studiu s-au elaborat dozaje, la care s-a menționat constant dozajul de cenușe de termocentrală variînd doar dozajul de ciment și pămînt. Rezistențele la compresiune obținute pe epruvete cilindrice păstrate în atmosferă umedă sînt prezentate în tabelul 3.6 și fig. 3.30.

Tabelul 3.6

Amestec	Materiale	Dozaj %	Uept %	Rezistența la compresiune cu păstrarea epruvetelor în atmosferă umedă daN/cm^2			
				7 zile	14 zile	28 zile	90 zile
1	Nisip Cenușe Ciment	75 20 4	13	13	21,5	36,0	46,6
2	Nisip Cenușe Ciment	76 20 5	13	20,5	35,3	44,2	54,2
3	Nisip Cenușe Ciment	77 20 3	13	12,1	23,8	34,6	36,7

Din tabelul 3.6 și fig. 3.30 se observă că rezistențele la compresiune cresc odată cu vîrsta epruvetelor, obținîndu-se creșteri substanțiale la vîrsta de 90 zile. De asemenea variația dozajului de ciment nu influențează în mare măsură caracteristicile mecanice ale amestecului la vîrste tinere (7, 14 zile), unde acestea diferă puțin, în schimb la vîrsta de 90 zile diferențele sînt apreciable. Comportarea la îngheț-dezghet a amestecurilor a diferit în raport cu dozajul de ciment. Corpurile de probă preparate cu amestecul 3 au manifestat o bună comportare pînă la 25 cicluri de îngheț-dezghet, cînd au început să piardă

din masă și să li se rotunjească muchiile, iar pierderea de rezistență la compresiune a fost de 20 %. Epruvetele preparate din amestecurile 2 și 3, au fost încercate la compresiune după 35 cicluri de îngheț-dezghet, reducerea rezistenței la compresiune a fost de până 12 %.

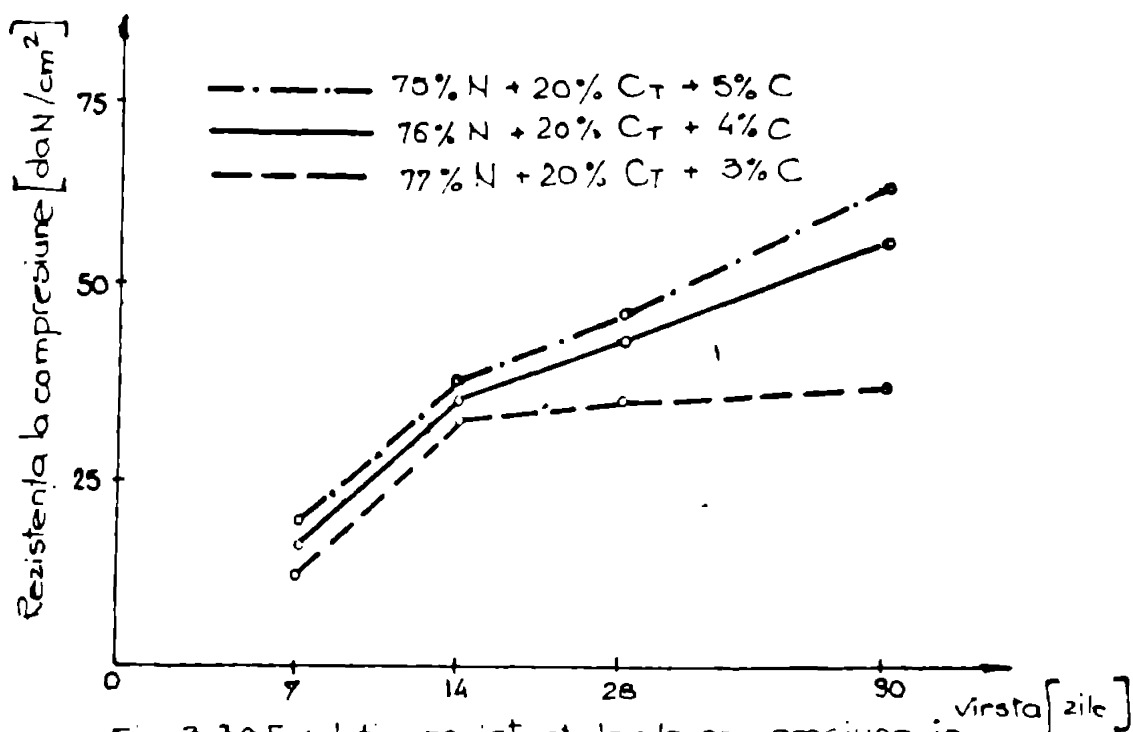


Fig. 3.30 Evoluția rezistențelor la compresiune în timp, funcție de dozajul de ciment.

Introducerea în amestec de 0,5...1 % alcali (NaOH), determină creșterea sensibilă a rezistenței la 7 zile [14]. În studiu s-a folosit nisipul de la Timiș și un liant alcătuit din 15% ciment Portland și 85 % cenuse de termocentrală (tabelul 3.7)

Tabelul 3.7

Amestec	Nisip %	Liant %	NaOH %	Rezistența la compresiune daN/cm ²	
				7 zile	28 zile
(1)	80	20	-	18,2	29,5
(2)	80	20	0,5	31,4	35,3
(3)	80	20	1,0	33,5	36,7

Urmărind rezultatele din tabelul 3.7, se constată următoarele:

- adăosul de NaOH a determinat creșterea rezistenței la compresiune la vârsta de 7 zile, în condiții de păstrare în mediul umed cu aproape 60 %;

- prin majorarea conținutului de NaOH de la 0,5 la 1 %, nu se înregistrează sporuri semnificative de rezistență la compresiune;

- în intervalul de la 7 la 28 zile, rezistențele la compresiune ale amestecurilor cu adaos de NaOH cresc cu aproape 10 %, față de 63 % care reprezintă creșterea corespunzătoare amestecului 1.

3.3.2.2.2. Stabilizarea nisipului de Jiu cu cenuse de termocentrală de la Ișalnița

Studiile și experimentările au fost efectuate în vederea stabilirii unor dozaje optime de material stabilizat pentru executarea straturilor de fundație la trotuare și alei. Compoziția granulometrică a nisipului de Jiu este cea din fig. 3.31, acesta fiind un nisip fin cu o granulometrie continuă.

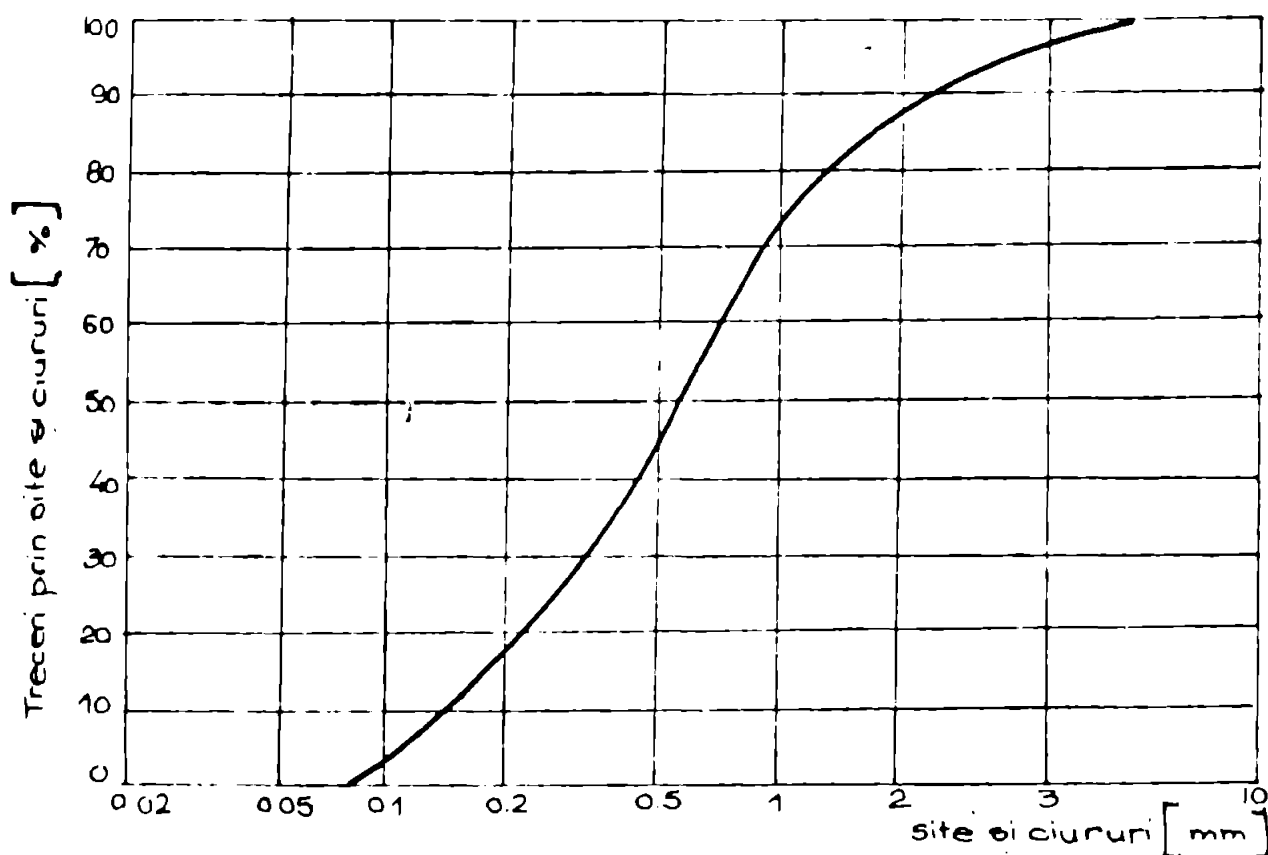


Fig. 3.31. Compoziția granulometrică a nisipului de Jiu.

Cenușa de termocentrală folosită a fost cea de la Ișalnița cu caracteristicile fizico-mecanice prezentate în Cap. 2. Pentru studiu, la stabilizare s-a folosit ca activant cimentul și varul. Dozajele stabilite pentru experimentare și rezistențele fizico-mecanice obținute, sînt cele din tabelul 3.8 și fig. 3.32.

După cum se observă din tabelul 3.8 și fig. 3.32, caracteristicile fizico-mecanice mai mari se obțin pentru dozajul 1 și 3, corespunzătoare unui conținut de 5 % ciment respectiv 4 % var.

De asemenea la dozajele 3 și 4 unde activantul este varul, rezistențele mecanice inițiale sînt mici, urmînd ca în timp să realizeze creșteri importante, care la vîrsta de 90 de zile devin sensibile egale cu ale amestecului cu același conținut de cenușe și adaos de ciment.

Tabelul 3.8

Ames- tec	Materiale	Dozaj %	Wopt %	Rezistența la compresiune pe epruvete păstrate în atmosferă umedă daN/cm ²			
				7 zile	14 zile	28 zile	90 zile
1	Nisip Cenușe Ciment	70 25 5	12,5	33,0	43,0	54,0	61,5
2	Nisip Cenușe Ciment	72 25 3	12,5	13,2	17,1	21,0	25,6
3	Nisip Cenușe Var	71 25 4	13,5	16,3	27,2	38,0	56,0
4	Nisip Cenușe Var	73 25 2	13,5	8,2	12,3	15,0	21,0

Compoziția amestecurilor de nisip, cenușe de termocentrală și var se stabilește pe baza conținutului optim de cenușe și var. Conținutul optim de cenușe reprezintă cantitatea necesară

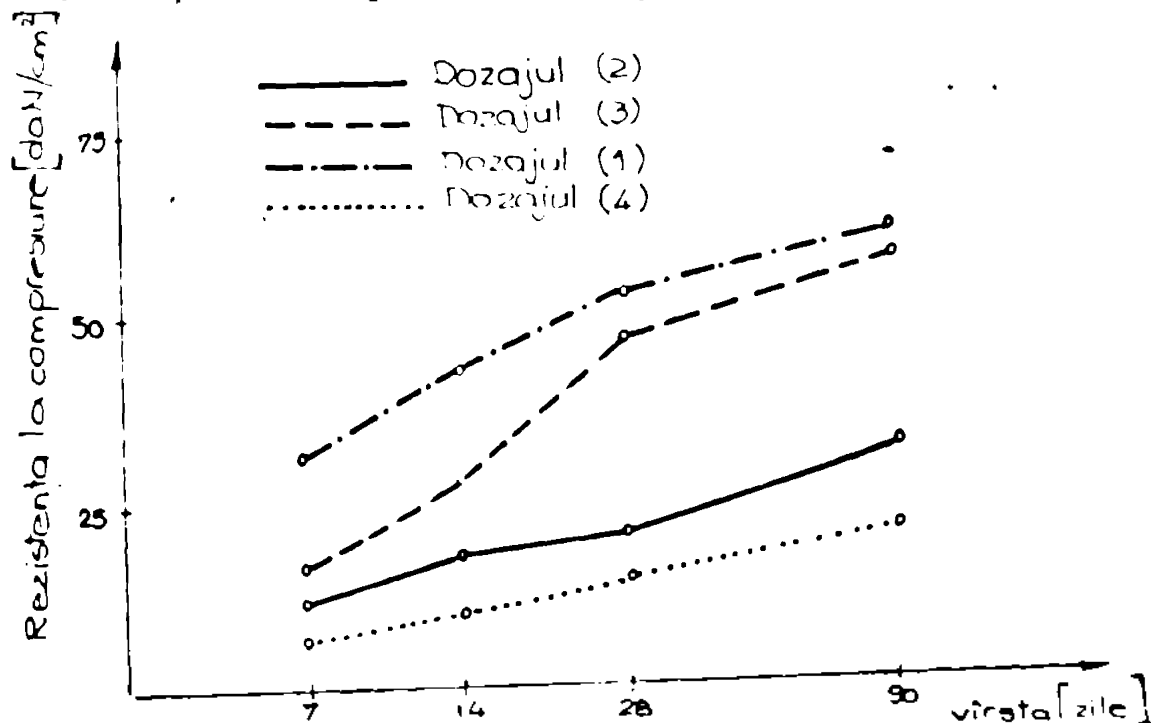


Fig 3.32 Evoluția rezistențelor la compresiune în funcție de dozajul de var sau ciment.

...nerii densității aparține maxime a amestecului compactat. În dozajul optim de var, se înțelege cantitatea minimă corespunzătoare obținerii rezistențelor mecanice maxime. În general, dozajul optim de var corespunde unui raport var/cenușe 1/4. De exemplu, s-au executat straturi de bază alcătuite din 85 % agregat c.v. 20 mm, 12 % cenușe de termocentrală și 3 % var stins în pulbere [2,53], dar s-au aplicat și alte proporții cu rezultate bune și anume 85 % agregat concasat c...20 mm, 5 % cenușe de termocentrală și 2 % var, deci cu un raport/cenușe de 1/6,5 [1].

Influența varului asupra proprietăților fizico-mecanice ale amestecului se manifestă atât prin dozaj, cât și prin calitate [2,71]. Dacă dozajul de var este peste sau sub cel optim rezistențele mecanice scad, diferențele accentuându-se în termen lung [2], reducerea sau creșterea conținutului de var cu 0,75 % față de un dozaj optim de 3 %, determină diminuarea rezistenței la compresie cu 16 % la vârsta de 1 an.

O caracteristică de bază a amestecurilor pe bază de var și cenușe de termocentrală este capacitatea de "auto-limentare" de-a lungul unei fisuri [89] în strat, fenomenul se manifestă în anotimpul în care agenții climaterici stimulează aflarea, închide fisura care ulterior poate să nu mai apară. În cele de mai sus rezultă că în cazul stabilizărilor cu cenușe de termocentrală, raportul var - cenușe este foarte mult controversat în literatura de specialitate [1, 2, 53] mergând de la raportul 1/1,5 la 1/7 [27], rezistențele la compresie pentru limitele extreme sînt apropiate între ele și inferioare celor maxime cu 17...18 %.

3.3.3 Stabilizarea pământurilor cu zgură granulată de furnal înalt

Pământurile stabilizate cu zgură granulată și var sau ciment sînt materiale ce se utilizează cu predilecție la executarea straturilor rutiere (formă, fundație și bază). Caracteristic la acest material, este faptul că poate fi pus în operă sub circulație, circulația aducînd materialului din strat un plus de compactare. Față de materialele stabilizate cu ciment, unde liantul intervine în proporție de pînă la 12 %, la stabilizările cu zgură conținutul de liant variază între 15...30 % acesta contribuind și la corectarea compoziției granulometrice a materialului [120].

...//...

Caracteristica cea mai reprezentativă a materialelor stabilizate cu zgură granulată, este viteza lentă a prizei și evoluția întăririi amestecului. Astfel, în primele 48 ore de la fabricarea amestecului, acesta se comportă ca un agregat netratat, rezistențele mecanice care se dezvoltă sînt neînsemnate, între 2...12 zile amestecul dezvoltă circa 1/4 din rezistențe, iar între 15...180 zile restul de 3/4 din rezistențe [83]. Acest lucru permite ca materialele stabilizate cu zgură pot să fie puse în operă într-o perioadă de cîteva zile (maxim 14) de la fabricare, fără ca rezistențele mecanice finale să fie influențate. De asemenea în această perioadă agregatul poate suferi operații de reamestecare și repunere în operă. Rezistențele mecanice ale materialelor stabilizate cu zgură granulată și var, sînt influențate în mare măsură de calitatea zgurei, prin coeficientul " α " care exprimă puterea de hidraulicitate a zgurei. Pentru a pune în evidență variația rezistenței la compresiune funcție de puterea de hidraulicitate a zgurei s-a stabilizat un material cu fracțiunea 0...20 mm cu zgură de hidraulicitate diferită [94].

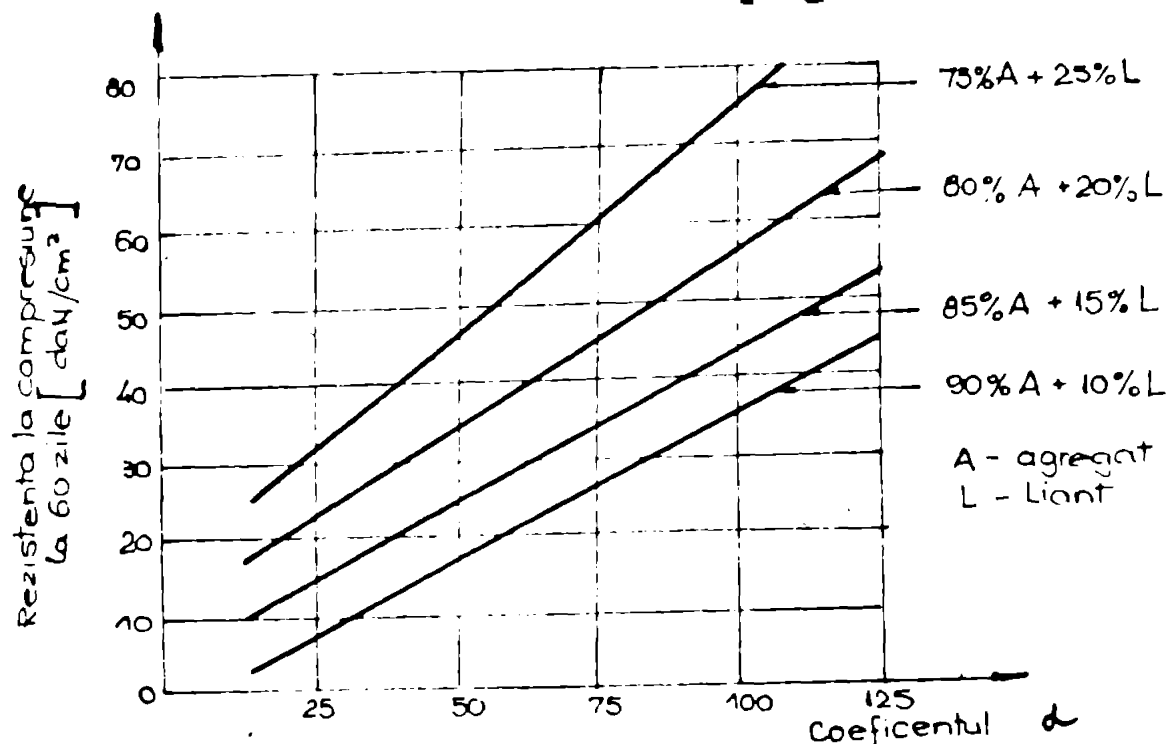


Fig. 3.33. Variația rezistenței la compresiune, funcție de diferite dozaje de zgură cu hidraulicitate diferită.

Variația rezistenței la compresiune pentru aceste amestecuri se prezintă în fig. 3.33. Din figură se remarcă faptul că pentru același dozaj de zgură rezistența crește substanțial, funcție de coeficientul (α), ca de altfel și pentru același coeficient (α) dar dozaje diferite de zgură.

3.3.3.1 Stabilizarea pământurilor coezive cu zgură granulată de furnal înalt

Studiul s-a executat în cadrul contractului nr.82/84 și a comenzi nr. 412/84. Pentru experimentări a fost folosit pământul de la Crucești a cărui caracteristici au fost prezentate la paragraful 3.3.2.1 din lucrare. Zgura granulată de furnal înalt utilizată, a fost cea de la Reșița și Hunedoara, caracteristicile acestor zguri fiind prezentate în Cap. 2.

Liantul mineral folosit cu rol de activator a fost gipsul stins în pulbere și cimentul Pa35. Dozajele folosite în experimentările de laborator, precum și rezistențele mecanice obținute sînt cele prezentate în tabelul 3.9 și fig. 3.34.

Tabelul 3.9

Nr-	Materiale	Dozaj %	Uopt %	Rezistențe la compresune cu păstrarea epruvetelor în atmosferă umedă daN/cm ²			
				7 zile	14 zile	28 zile	90 zile
0	1	2	3	4	5	6	7
1	Pământ Zgură Reșița Ciment	75 20 5	14	25,2	26,1	27,2	29,6
2	Pământ Zgură Reșița Ciment	75 22 3	14	10,2	12,0	13,0	14,1
3	Pământ Zgură Reșița Var	75 20 5	14	19,8	21,2	23,0	24,3
4	Pământ Zgură Reșița Var	75 20 3	14	14,7	16,7	17,8	18,3
5	Pământ Zgură Hunedoara Ciment	75 20 5	14	31,2	34,8	45,4	52,2
6	Pământ Zgură Hunedoara Ciment	75 22 3	14	25,2	26,1	28,6	32,4

..//..

0	1	2	3	4	5	6	7
7	Pământ	75					
	Zgură Hunedoara	20	14	13,0	28,0	32,0	44,8
	Var	5					
8	Pământ	75					
	Zgură Hunedoara	22	14	12,7	14,1	17,9	19,5
	Var	3					

Urmărind rezistențele obținute pentru amestecurile din tabelul 3.9 și fig. 3.34 se constată următoarele:

- rezistențele la compresiune obținute sînt mai mari, în cazul folosirii zgurei de Hunedoara care are o putere de hidraulicitate mai mare decît cea de la Reșița;

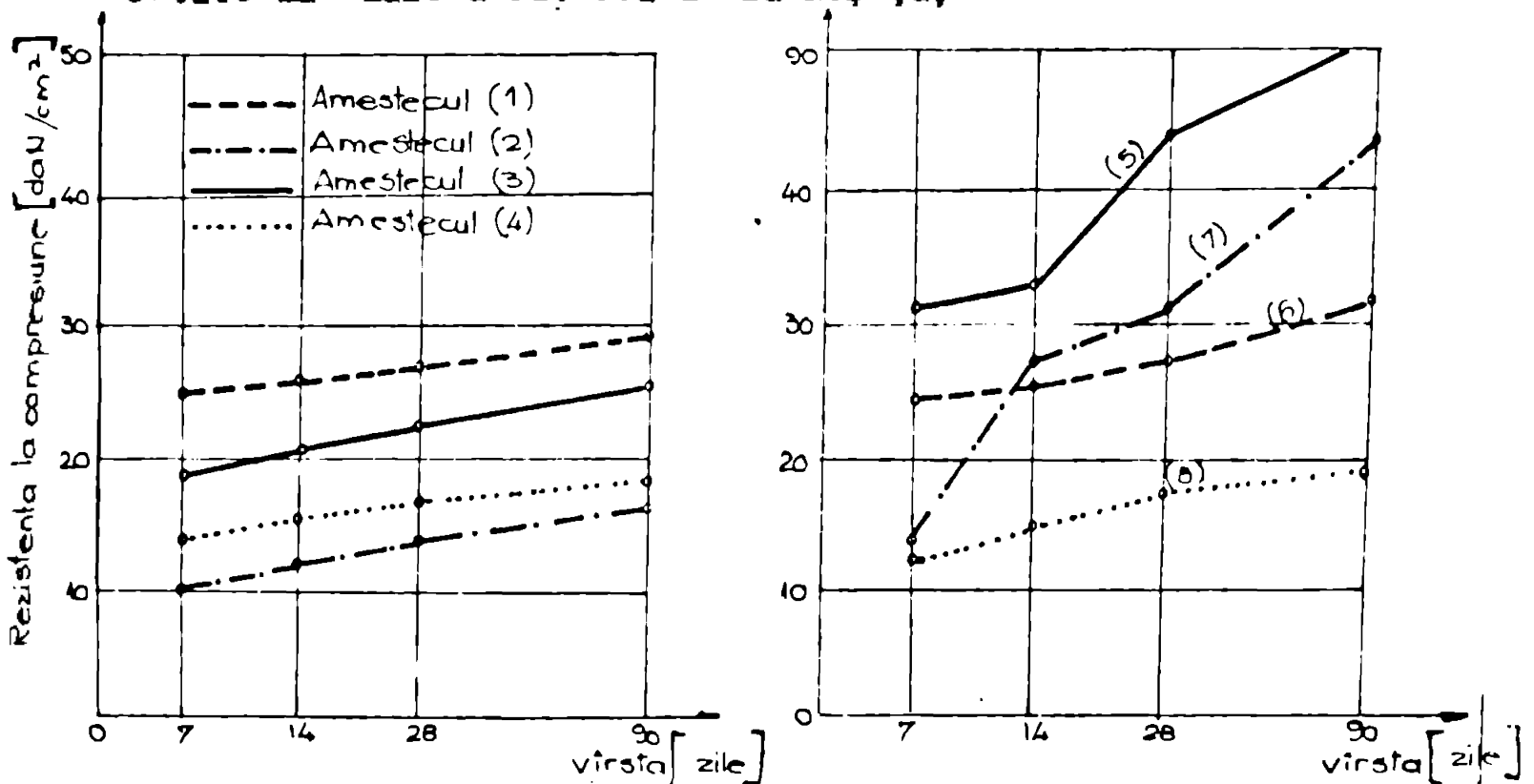


Fig. 3.34. Variația rezistenței la compresiune funcție de tipul zgurei și dozajul de activant.

- Sporirea dozajului de var sau ciment de la 3...5 % duce la o sporire a rezistențelor mecanice cu circa 100 %;

- prin utilizarea ca activator a cimentului rezistențele obținute sînt cu mult mai mari în primele 14 zile, urmînd ca la vîrsta de 90 zile ele să fie sensibil egale. De asemenea, în cazul utilizării cimentului ca activant rezistențele obținute la vîrsta de 90 zile, sînt cu puțin superioare celor în cazul cînd s-a utilizat varul ca activant;

- reducerea consumului de ciment cu 10...50 % în condițiile obținerii unor caracteristici fizico-mecanice corespunzătoare.

Se remarcă faptul că toate aceste amestecuri îndeplinesc condițiile impuse de normele noastre în vigoare [120] pentru realizarea de straturi rutiere de tipul stratului de formă și de fundație.

3.3.3.2 Stabilizarea pământurilor necoezive cu zgură granulată de furnal înalt

În cadrul proiectelor de execuție, elaborate în activitatea de integrare a învățământului cu cercetarea și producția, s-au pus de nenumărate ori, din cauza lipsei de materiale tradiționale (balast), să găsim noi soluții tehnice de realizare a straturilor de fundație din sistemele rutiere. În această direcție s-au efectuat o gamă largă de experimentări de laborator asupra stabilizării nisipurilor și balasturilor locale cu zgură granulată de furnal înalt activată cu var. Compoziția granulometrică a materialelor stabilizate cu zgură granulată de furnal înalt, este cea din fig. 3.35.

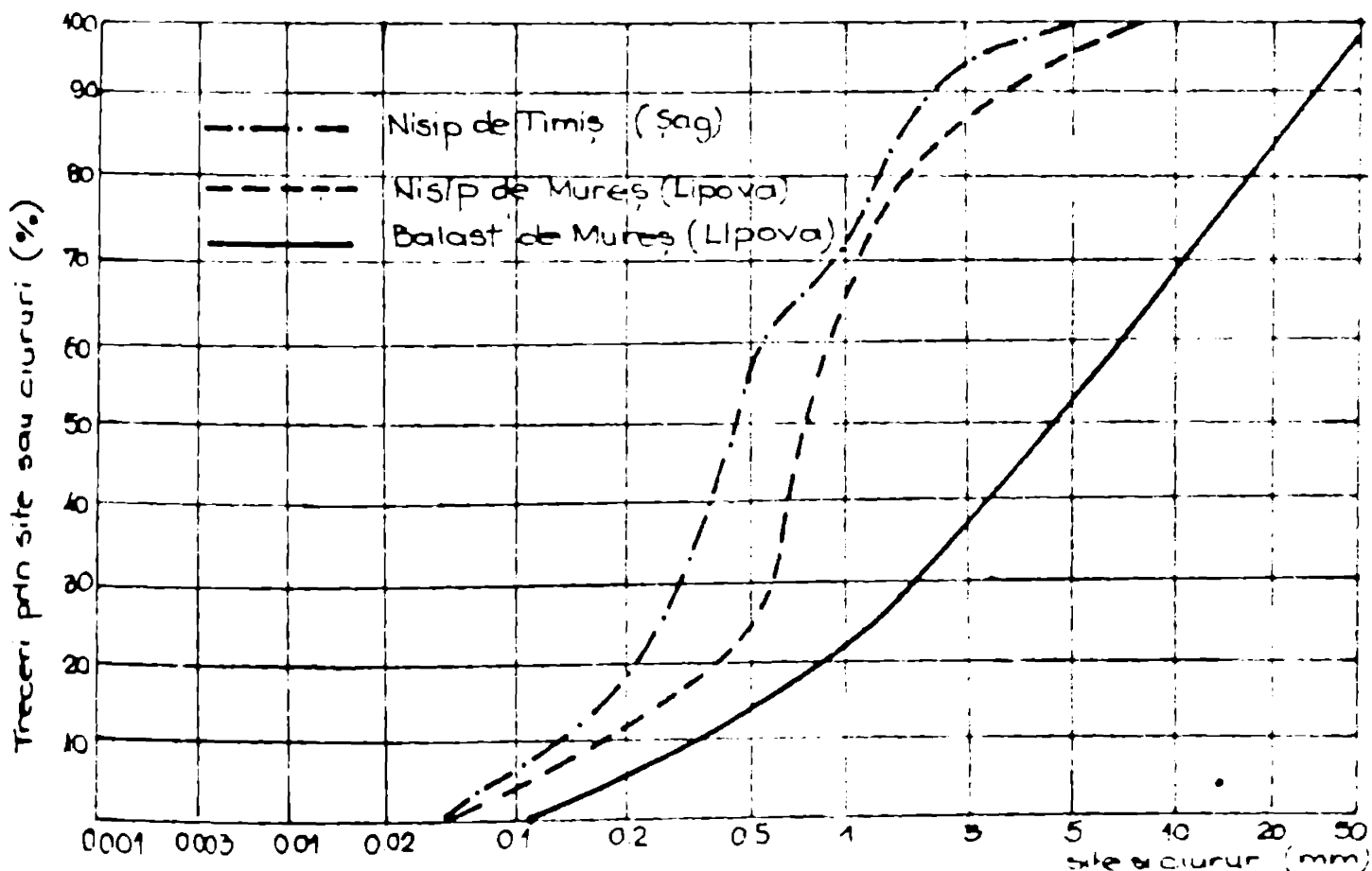


Fig. 3.35. Compoziția granulometrică a materialelor locale stabilizate cu zgură granulată.

Zgura granulată utilizată în cadrul experimentărilor a fost cea de la Hunedoara. Pentru studiu s-au elaborat dozaje, la care s-a menținut constant dozajul de var de 2 %, variându-se dozajul de zgură de la 15...30 %, rezistențele mecanice obținute pe aceste amestecuri sînt cele din tabelul 3.10.

Tabelul 3.10

Ames- tec	Materiale	Dozaje %	Wopt %	Rezistența la compresiune pe epruvete cilindrice păstrate în atmosferă umedă daN/cm^2			
				7 zile	14 zile	28 zile	90 zile
0	1	2	3	4	5	6	7
1	Nisip Timiș Zgură Var	78 20 2	12,5	4,2	8,2	10,3	19,5
2	Nisip Timiș Zgură Var	73 25 2	12,5	5,2	9,3	10,8	21,5
3	Nisip Timiș Zgură Var	68 30 2	12,5	7,4	11,0	13,1	24,6
4	Nisip Timiș Zgură Var	63 35 2	12,5	9,3	14,1	16,2	30,1
5	Nisip Mureș Zgură Var	78 20 2	12,0	3,5	7,1	9,3	17,4
6	Nisip Mureș Zgură Var	73 25 2	12,0	6,9	10,0	12,8	22,5
7	Nisip Mureș Zgură Var	68 30 2	12,0	7,1	8,7	13,2	24,5
8	Nisip Mureș Zgură Var	63 35 2	12,0	8,2	11,2	15,1	28,2
9	Balast Zgură Var	83 15 2	11,0	11,0	12,8	17,0	26,1

	1	2	3	4	5	6	7
Balast		78					
Zgură		20	11,0	12,3	13,1	18,8	29,0
Var		2					
Balast		73					
Zgură		25	11,0	14,5	18,5	22,4	41,5
Var		2					

Rezistențele mecanice cresc odată cu creșterea doza-ului de zgură granulată și cu vârsta epruvetelor, creșterea rezistenței la compresiune este înceată în primele zile, urmând ca la vârsta de 90 zile ele să crească cu circa 100 % față de vârsta de 28 zile. În cazul stabilizării balastului s-a obținut rezistențe la compresiune cu mult mai mari decât la stabilizarea nisipului, datorită faptului că balastul a avut și circa 10 % granule

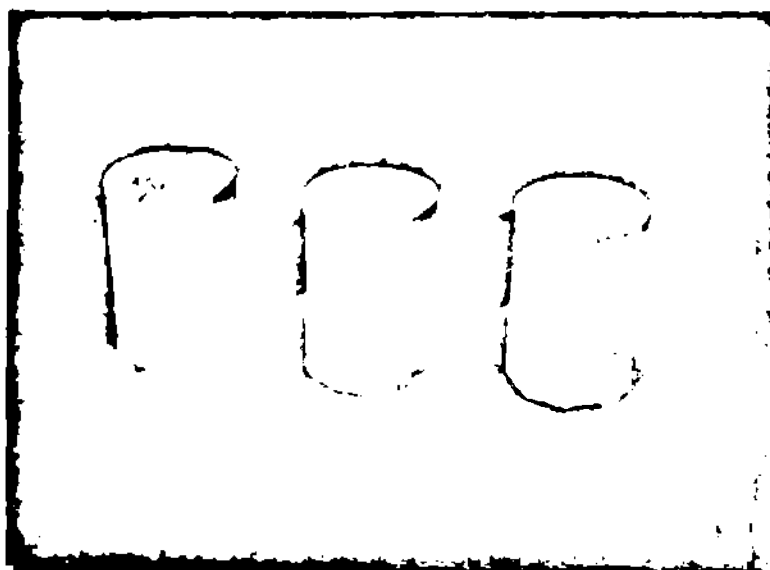


Fig.3.36. Epruvete din materiale stabilizate

În capitolul 4 se vor prezenta secțiunile experimentale executate cu aceste amestecuri de materiale stabilizate. Încercările efectuate privind comportarea la îngheț-dezghet [98] a nisipurilor stabilizate cu zgură granulată și var pe epruvete cilin-

drate, iar în cazul utilizării de agregate concasate la stabilizare, rezistențele mecanice ale materialelor stabilizate cresc cu circa 80 % [28]. De asemenea se remarcă faptul că în cazul stabilizării nisipului de Timiș, rezistențele la compresiune sînt sensibil mai ridicate decât în cazul stabilizării nisipului de Mureș.



Fig.3.37 Încercarea la compresiune

drice supuse la 30 cicluri îngheț-dezghet au stabilit că reducerea

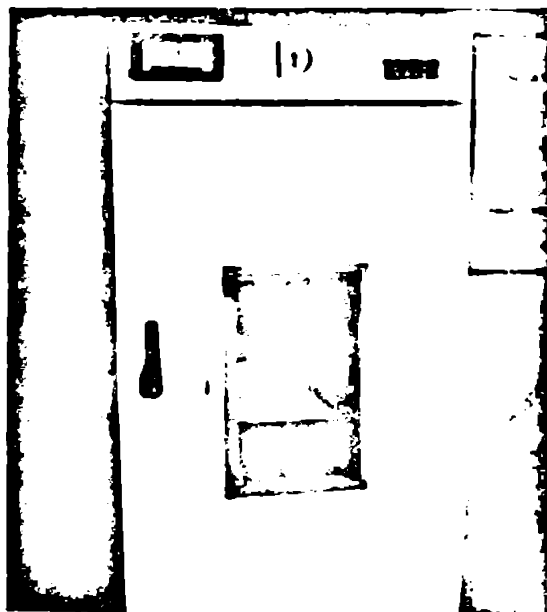


Fig. 3.38 Dulapurile frigorifice

granulate.

rezistenței la compresiune este de circa 5 %, deci se poate afirma că aceste amestecuri au o bună comportare la îngheț-dezghet (fig.3.38 și 3.39). Studii efectuate [89] au arătat că rezistențele mecanice ale amestecurilor pământ necoeziv și zgură granulată depind în mare măsură de conținutul în părți fine ale zgurei

3.3.3.3 Stabilizarea pământurilor necoezive cu zgură măcinată

În ultimii ani în unele țări [122, 123, 124] a început să se folosească la stabilizarea pământurilor necoezive din ce în ce mai mult zgura măcinată. Acest material se obține din măcinarea zgurei granulate la fracțiuni cu dimensiuni până la 0,6 mm, iar conținutul în parte fină cuprins între 10...20 %. Acest nou

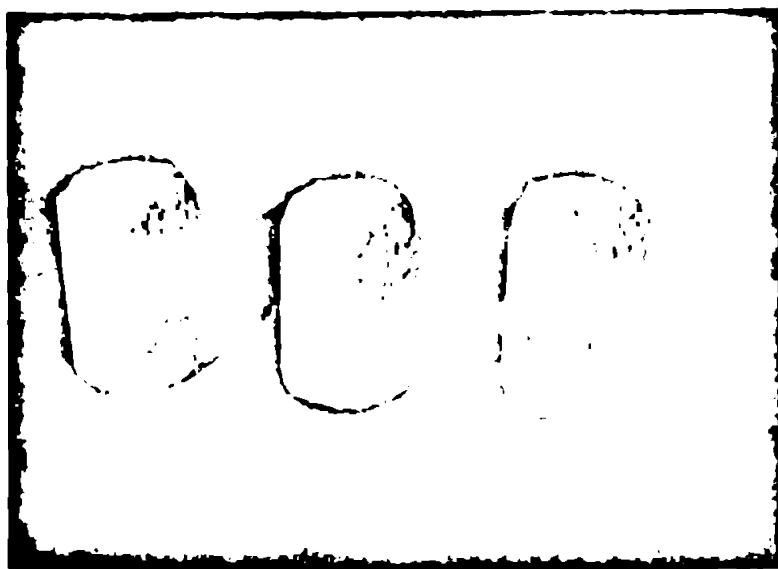


Fig. 3.39 Epruvete supuse la cicluri îngheț-dezghet

liant obținut este mai omogen, iar la stabilizarea nisipurilor și balasturilor se obțin rezistențe mecanice mai ridicate, decât la stabilizările clasice și totodată permit o creștere a compactității materialului în stratul rutier [17]. Utilizarea zgurei măcinate, în locul zgurei granulate, este o soluție interesantă atât pe plan tehnic, cât și financiar, și totodată permite o economie de zgură. Obținerea zgurei măcinate pentru efectuarea studiului în laborator, s-a efectuat cu ajutorul mașinii din fig. 3.40 care este o mașină pentru mojarat pământ.

liant obținut este mai omogen, iar la stabilizarea nisipurilor și balasturilor se obțin rezistențe mecanice mai ridicate, decât la stabilizările clasice și totodată permit o creștere a compactității materialului în stratul rutier [17]. Utilizarea zgurei măcinate, în locul zgurei granulate, este o soluție interesantă atât

Productivitatea acestuia este scăzută, dar pentru realizarea studiului de laborator s-a putut obține cantități suficiente de zgură măcinată și la un conținut de părți fine variabil, acesta fiind funcție de timpul de măcinare al zgurei granulate. Pentru obținerea zgurei măcinată s-a folosit zgura granulată de furnal înalt de la Hunedoara și zgura de furnal înalt de la Reșița. Studiul de laborator s-a axat în principal pe două aspecte:



Fig.3.40 Mașina de măcinat zgură

granulată de furnal înalt de la Hunedoara și zgura de furnal înalt de la Reșița. Studiul de laborator s-a axat în principal pe două aspecte:

- performanțele mecanice obținute în cazul stabilizării cu zgură măcinată în raport cu stabilizarea cu zgură granulată;
- influența dozajului

de zgură măcinată asupra caracteristicilor mecanice ale amestecurilor de material stabilizat. În fig. 3.41 sunt prezentate rezistențele mecanice obținute pe amestecuri de nisip, zgură măcinată și zgură granulată și 1% var. Urmărind fig.3.41 se constată următoarele:

- la 7 și 28 zile rezistențele la compresiune sunt comparabile între ele, indiferent de tipul zgurei,

- la vîrsta de 90 zile rezistențele sunt invers proporționale cu puterea de hidraulicitate a zgurelor (α).

Dacă la 7 zile zgura de Reșița dă rezistențe mai mari, la 90 de zile rezistențele la compresiune sunt mai mari pentru zgura de la Hunedoara.

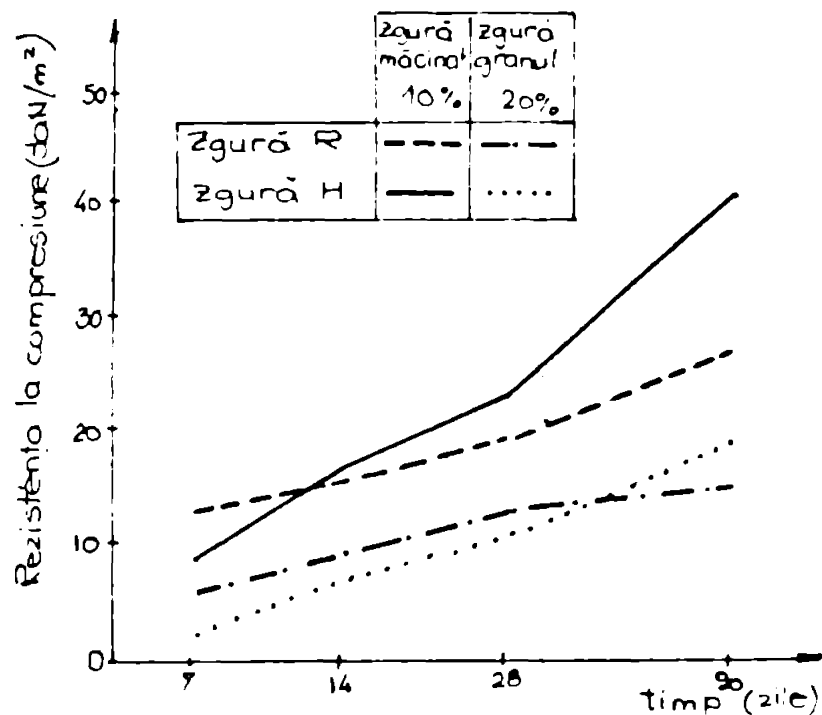


Fig. 3.41. Influența zgurei măcinată asupra R_c

- rezistențele la compresiune cresc în cazul în care utilizăm zgură măcinată, această creștere fiind în primele zile mai mică, ca la 90 de zile să fie substanțial mai mare;

- atunci creșterea rezistenței la compresiune, este asemănătoare pentru același tip de zgură. Influența dozajului de

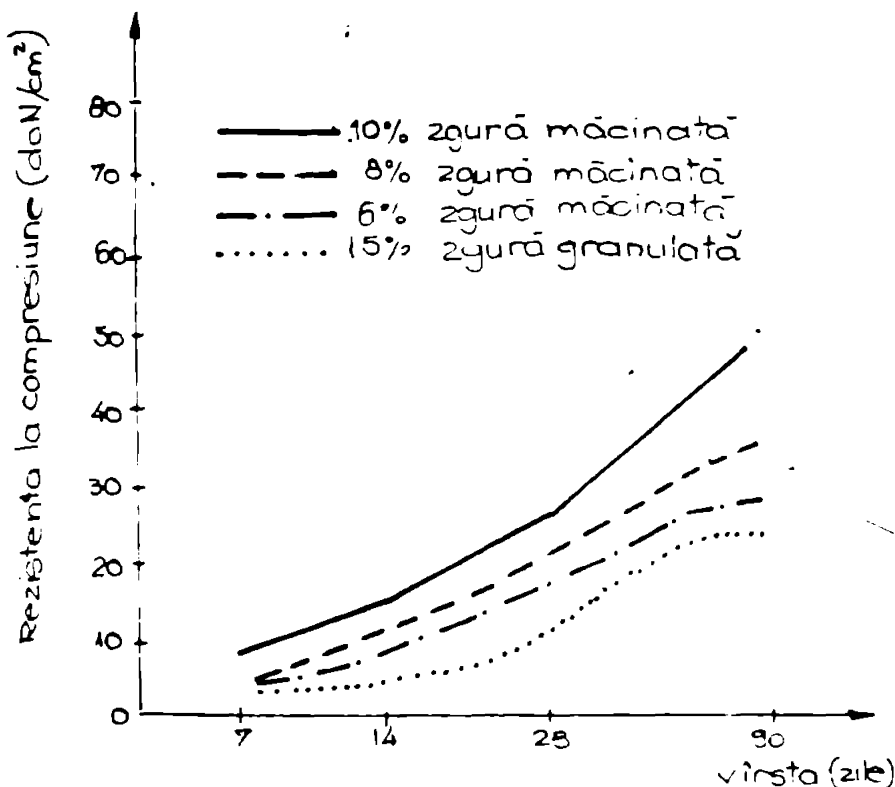


Fig. 3.42. Influența dozajului de zgură măcinată asupra rezistenței la compresiune.

zgură măcinată a fost studiat pe amestecuri efectuate cu zgură măcinată cu procentul de părți fine 10 %, în proporție de 6; 8 și 10 %, comparat cu un dozaj de 15 % zgură granulată (fig. 3.42) Urmărind fig. 3.42 constatăm următoarele:

- rezistențele la compresiune cresc cu creșterea dozajului de zgură măcinată; la dozajele de 6 și 8 % la vîrste înaintate de 180 zile nu mai cresc [17] ;

- pentru dozajul de 10 % zgură granulată, rezistențele mecanice cresc continuu pînă la vîrsta de 360 zile;

- rezistențele mecanice sînt mai mari în cazul utilizării zgurei măcinate, decît în cazul folosirii zgurei granulată, în condițiile unui dozaj mult scăzut;

- dozajul optim la stabilizare este de 8...10 % zgură măcinată cu un dozaj de părți fine de 10 %.

Literatura de specialitate [122] arată că un rol foarte important în stabilizarea agregatelor naturale cu zgură măcinată, îl are finețea de măcinare a zgurei. Pentru studiu s-a stabilit un agregat de natură calcaroasă (fracțiune 0...20 mm) cu zgură măcinată cu un conținut de părți fine de 10 și 20 % dozajul de zgură măcinată fiind de 8; 10; 15 și 20 % (fig.3.43)

Se remarcă faptul că, cu cît conținutul în părți fine este mai mare, cu atît rezistențele mecanice sînt mai ridicate, chiar dacă dozajul de zgură măcinată este mai redus.

În cazul în care stabilizările se efectuează cu zgură măcinată, nu trebuie pierdut din vedere faptul că pentru concasarea și măcinarea zgurei se consumă o cantitate apreciable de timp și energie, deci la aceste stabilizări trebuie luat în calcul costul acestor materiale.

3.4 Possibilități de utilizare la execuția straturilor rutiere a pietrei naturale de la Mala și Curtea

În sectorul rutier în etapa actuală sînt preocupări deosebite pe plan mondial și național de găsire a noi surse de materiale, care să înlocuiască materialele tradiționale, dar care să aibă caracteristicile fizico-mecanice, corespunzătoare unei comportări bune în exploatare. [29]. Pe baza unor contrac-

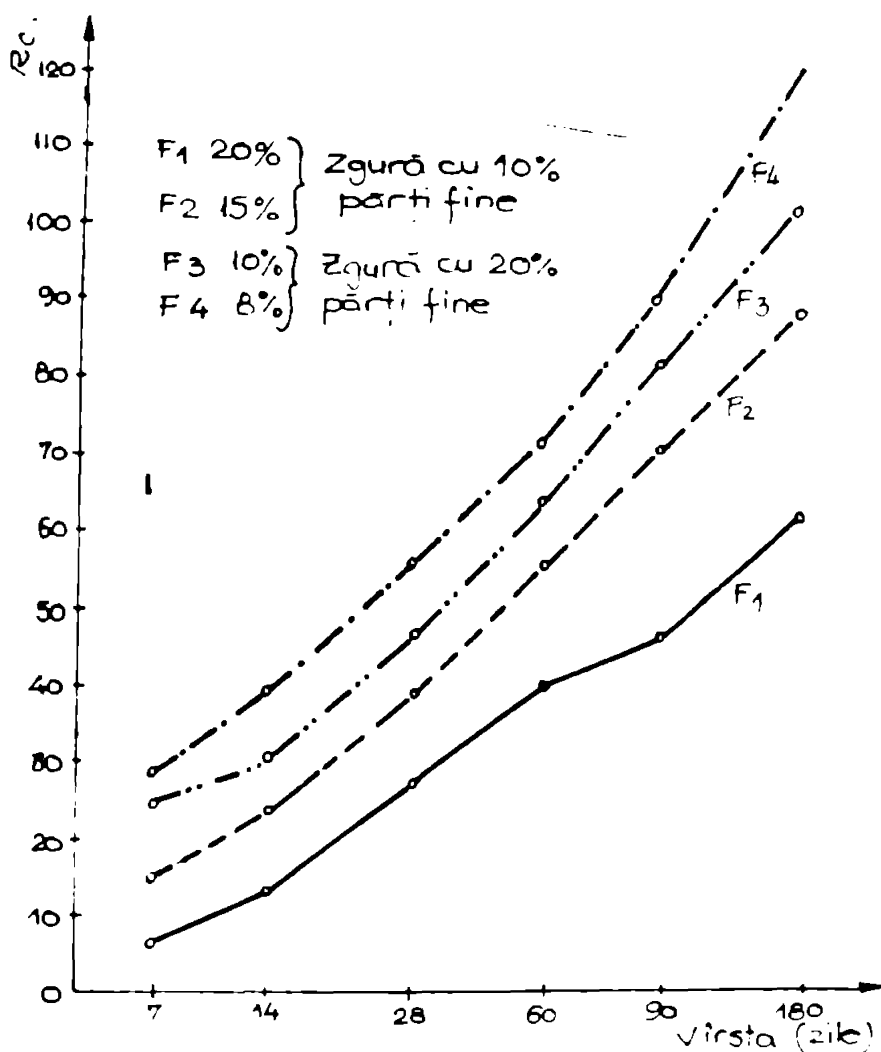


Fig. 3.43. Variația Rc funcție de conținutul în părți fine a zgurei măcinată

te de cercetare științifică [127, 129], s-a trecut la efectuarea de studii și cercetări în laborator asupra posibilităților de folosire a acestor materiale în structurile rutiere. Caracteristicile fizico-mecanice ale rocilor de la cele două cariere, au fost prezentate în Cap. 2.

Studiile și cercetările în laborator s-au referit în principal la posibilitățile de folosire a acestor materiale în straturile de îmbrăcăminte a sistemelor

rutiere rigide și nerigide.

3.4.1 Piatra naturală de la cariera Mala

Cariera Mala este situată pe D.N. 57 km. 13+500 pe

malul stîng al Dunării între Orşova şi Moldova Nouă. Din analiza caracteristicilor fizico-mecanice ale rocii, din tabelul 2.14 se pot afirma următoarele:

- roca este grea avînd densitatea aparentă $2,69 \text{ g/cm}^3$;
- roca este puţin poroasă, porozitatea aparentă fiind $0,78$;
- roca are o rezistenţă mijlocie la compresie pe epruvete în stare uscată 1020 daN/cm^2 ;
- capacitatea de absorbţie a rocii este redusă, putînd fi calificată ca o rocă puţin absorbantă, motiv pentru care nu au fost efectuate încercări privind comportarea la îngheţ-dezghet;
- piatra spartă este corespunzătoare din punct de vedere al dimensiunilor şi formei, dar are o rezistenţă la sfărşare prin şoc de numai 58% , care este sub limita admisă de 80% ;
- criblurile sort 3- 8 şi 8 - 16 din punct de vedere al compoziţiei granulometrice au în sort numai 50 respectiv 58% , iar rezistenţa la uzură este de 53% , adezivitatea bitumului este de 98% .

Avînd în vedere caracteristicile acestui material, în laborator s-au efectuat experimentări asupra posibilităţilor de realizare de mixturi asfaltice şi de betoane de ciment clutate. S-au preparat în laborator mixturi asfaltice de tipul betoanelor asfaltice bogate şi sărace în criblură, B_{16} , cu cribluri provenite din această rocă (fig.3.45 şi 3.46).

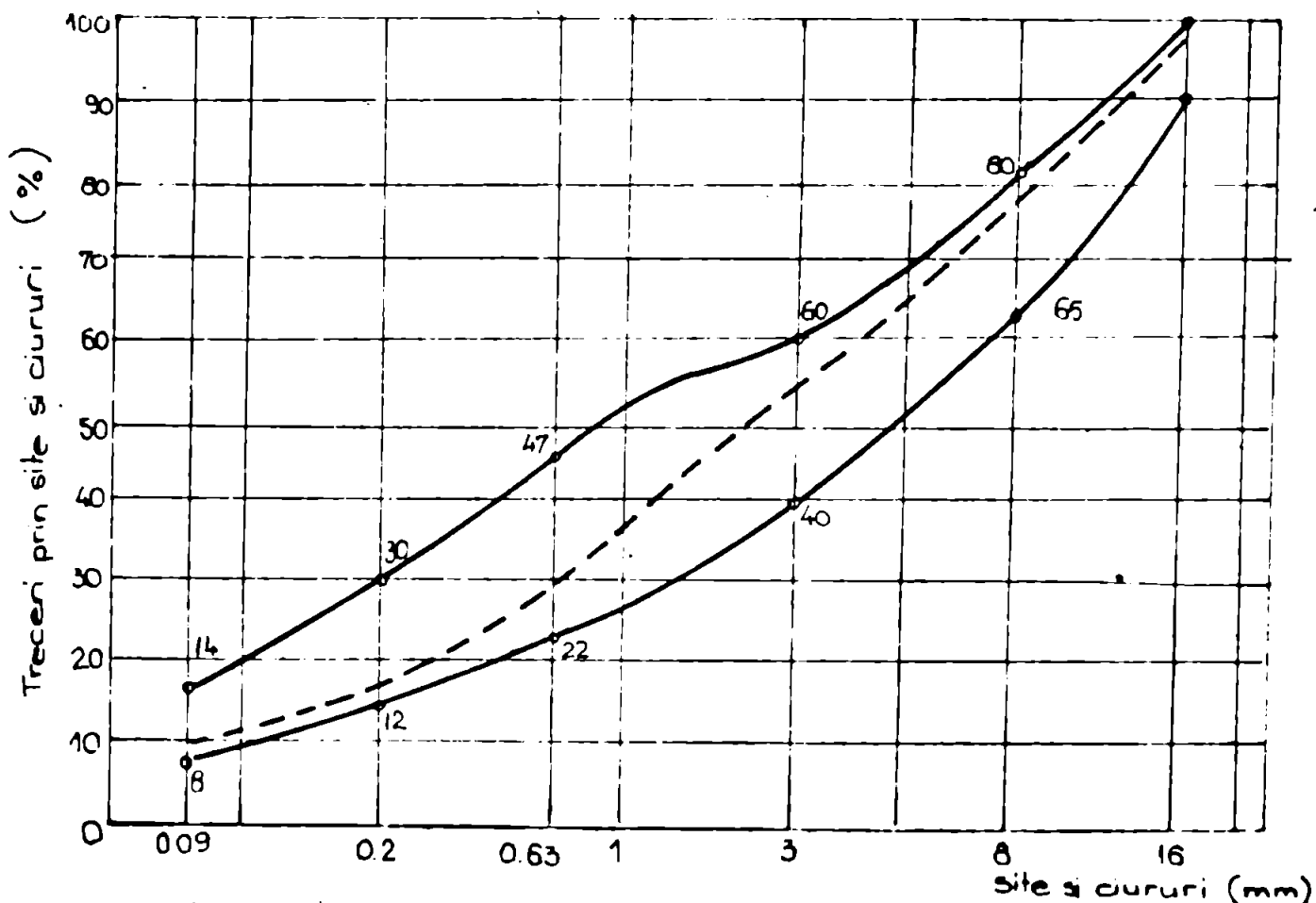


Fig.3.45. Curba granulometrică pentru B.a. 16.60

Urmărind figurile 3.45 și 3.46 se observă că, compoziția granulometrică a amesturilor realizate în laborator este corespunzătoare și se înscrie în zonele granulometrice prescrise. Caracteristicile fizico-mecanice obținute pe epruvete cu-

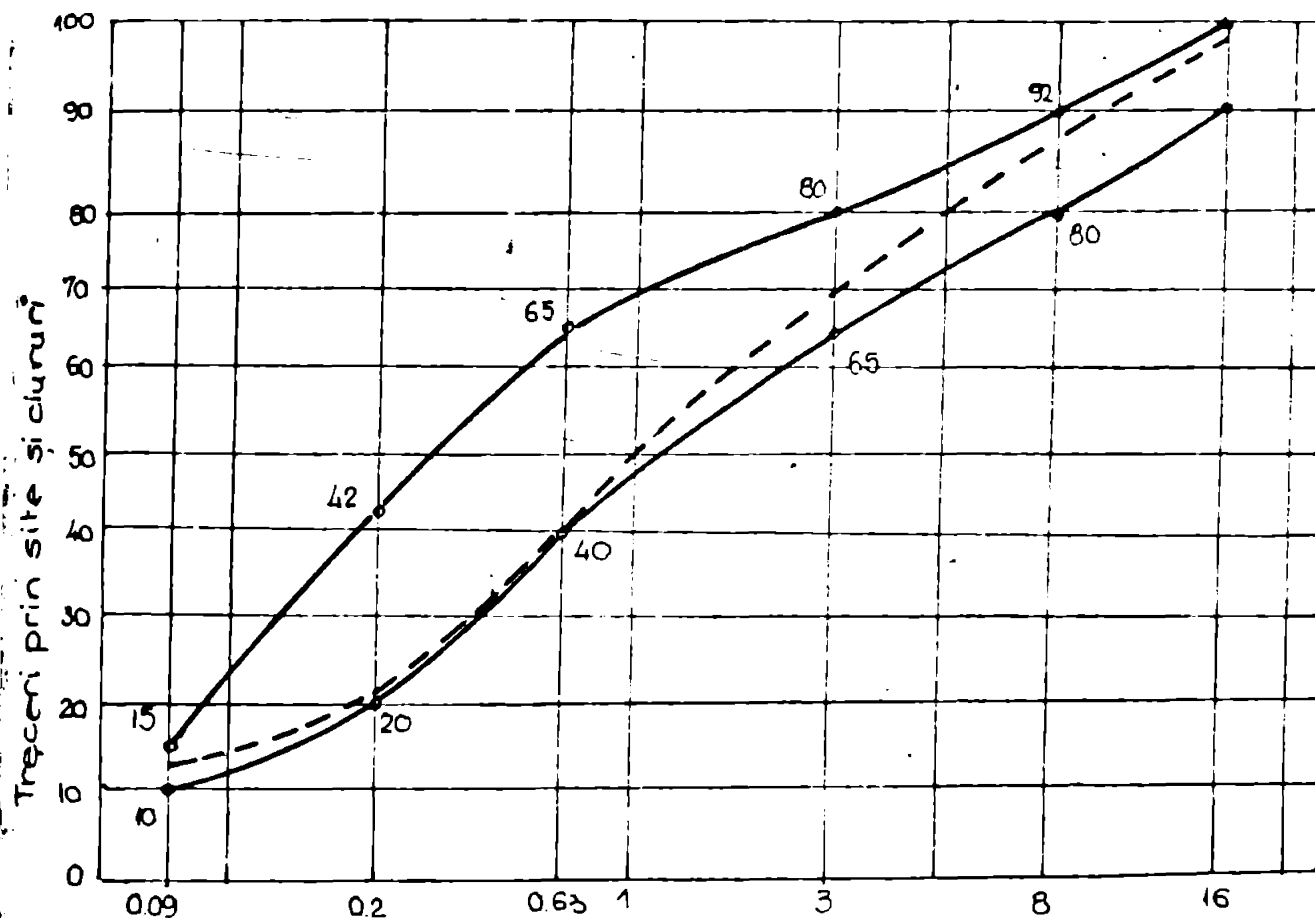


Fig. 3.46. Curba granulometrică pentru B.a. 16.40.

bice și tip Marshall sînt cele din tabelul 3.11. Analizînd caracteristicile fizico-mecanice ale amesturii asfaltice din tabelul 3.11 se constată:

Tabelul 3.11

Nr. crt.	Caracteristici	U.M.	Tipul amesturii	
			B _a 16 60	B _a 16 40
1.	Densitatea aparentă	g/cm ³	2,18	2,15
2.	Rezistența la compresie la 22°C	daN/cm ²	40	34
3.	Rezistența la compresie la 50°C	daN/cm ²	14	11
4.	Stabilitatea Marshall	daN	1000	950
5.	Indicele de fluaj	1/10 mm	30	24
6.	Absorbția de apă	%	6,4	4,8
7.	Umflarea	%	2,5	2,2

- rezistența la compresie la temperatura de 22°C este corespunzătoare ceea ce indică o comportare bună a amesturii la

...//...

acțiunea traficului;

- absorbția de apă și umflarea sînt la limite sau depășesc cu puțin valorile stabilite convențional prin prescripții de 5 % respectiv 2 %, aceasta datorîndu-se și faptului că, criblurile care se produc la cariera Mala nu sînt prea curate ele avînd cantități apreciable de praf de piatră;

- în ansamblu caracteristicile fizico-mecanice ale acestor mîxturi se pot considera corespunzătoare fapt ce a

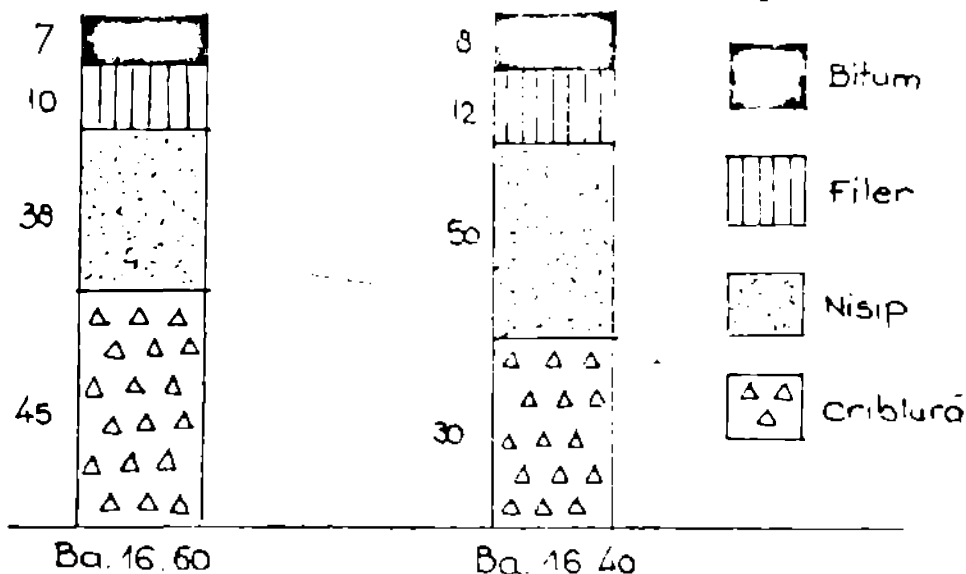


Fig. 3.47 Compoziția mîxturi asfaltice cu criblură de la Mala.

determinat Direcția de drumuri și poduri Timișoara să execute un sector de drum cu o îmbrăcămînte bituminoasă din Ba₁₆, execuția sectorului precum și comportarea în exploatare a acestuia se va prezenta la Cap. 4 al lucrării.

3.4.2 Beton de ciment cu cenuse de termocentrala clutat

Datorită crizei energetice actuale și a penuriei de bitum în sectorul rutier, în ultimii ani s-a trecut tot mai mult la executarea îmbrăcămîntilor din beton de ciment în locul celor bituminoase. Îmbrăcămîntile din beton de ciment au un consum de energie mai redus și un cost de întreținere mai scăzut și o durată de exploatare de circa 3 ori mai mare decît îmbrăcămîntile bituminoase [79] .

Avînd în vedere faptul că în zona Orșova - Moldova Nouă nu se găsesc materiale de balastieră, iar posibilitățile de aprovizionare sînt anevoioase, s-a trecut la efectuarea de cercetări privind executarea betoanelor de ciment clutate, preparate cu agregate provenite de la cariera Mala. Totodată la prepararea acestor betoane de ciment în laborator s-a utilizat

și cenuse de termocentrală de la Mintia. Betoanele de ciment cu cenuse de termocentrală au aplicabilitate destul de mare în executarea construcțiilor în general, la lucrările rutiere au fost utilizate mai puțin, dar în ultimul timp s-au efectuat cercetări vaste în acest domeniu, ajungându-se la rezultate promițătoare. S-a constatat că adaosul de cenuse de termocentrală conduce în general la îmbunătățirea proprietăților betoanelor, obținându-se următoarele avantaje: compactitate mai mare, lucrabilitate mai bună, căldură de hidratare mai mică, impermeabilitate sporită față de apă, absorbție de apă mai redusă, rezistențe mecanice pe termen lung mai mari, contracție hidraulică mai mică [90]. Dintre dezavantajele cele mai importante se

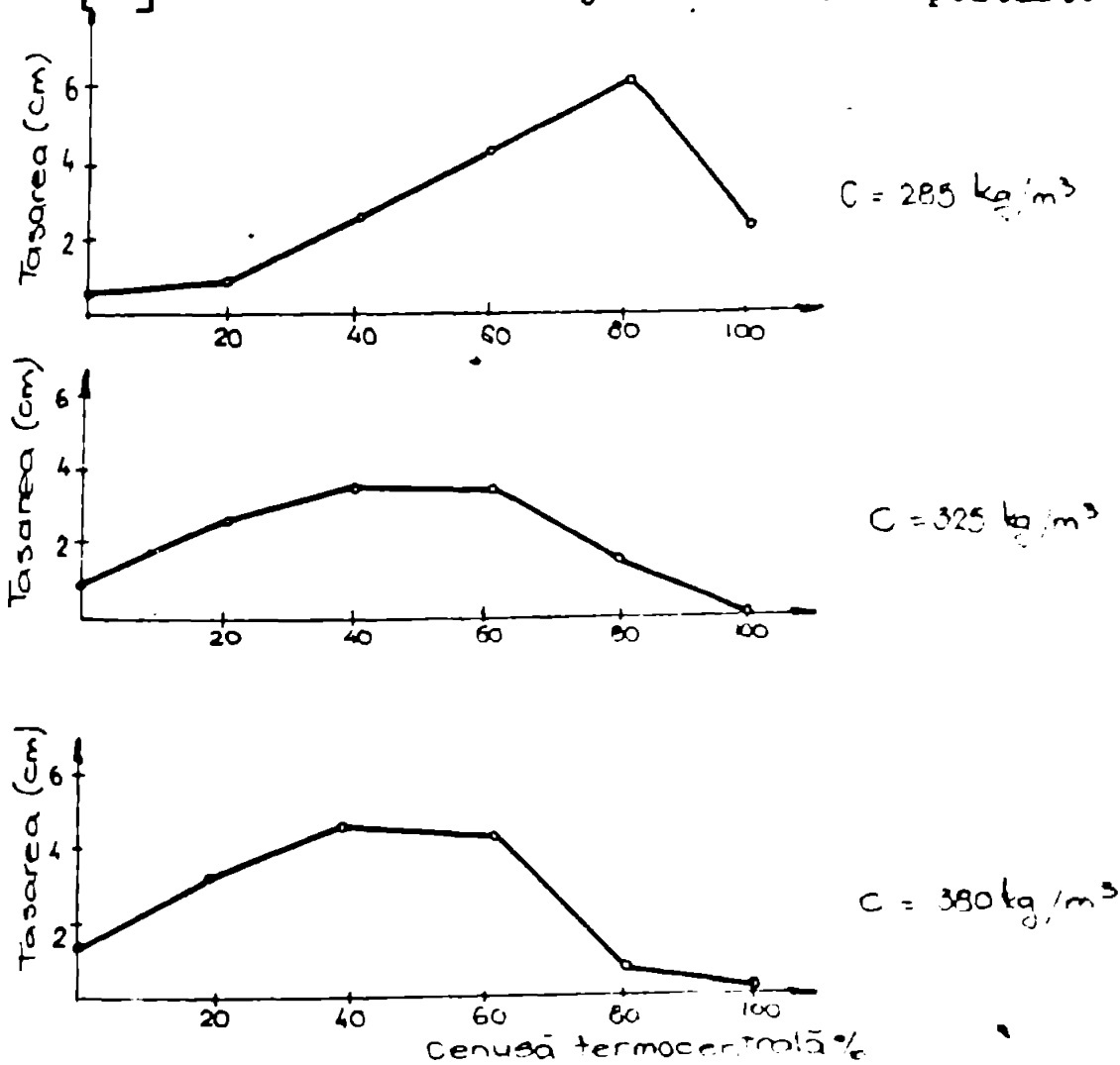


Fig. 3.48 Variația consistenței betonului proaspăt în funcție de conținutul de cenură de Mintia.

semnalează : dozarea suplimentară a încă unui component, rezistențe mecanice timpurii mai reduse, durabilitate mai mică la îngheț-dezghet. Cercetări efectuate asupra betoanelor realizate cu cenuse de termocentrală [90] arată că, consistența și lucrabilitatea betonului proaspăt depinde de cantitatea de cenuse de termocentrală adăugată și natura cenusei folosite la preparare (fig. 3.48).

Consistența betonului proaspăt s-a determinat prin metoda tasării. Din figura 3.49 se observă că tasarea maximă pentru un dozaj constant de ciment se obține pentru o anumită cantitate de cenuse, cu cât cantitatea de ciment este mai mare, cu atât și adaosul de cenuse corespunzător tasării maxime este mai mic.

Introducerea cenușei de termocentrală în betonul de ciment conduce și la creșterea rezistențelor mecanice, fapt explicat prin formarea unei mase de cimentare suplimentare, ca efect a reacțiilor cu caracter puzzolanic. Ca urmare a modului în care decurg reacțiile puzzolanice, efectul cenușii pe termen scurt

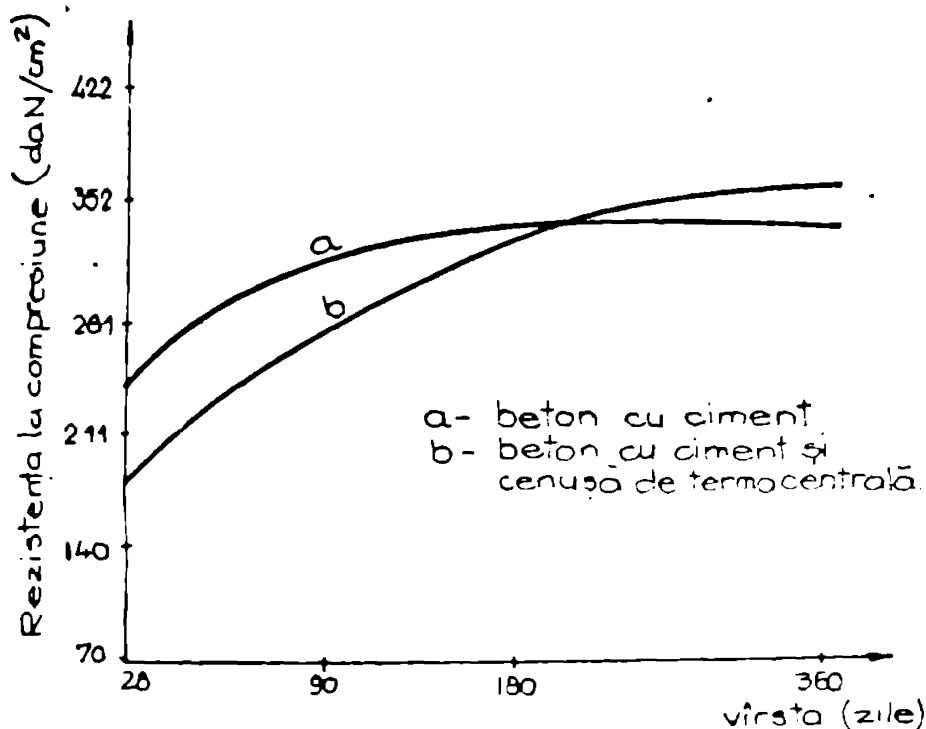


Fig. 3.49 Variația rezistenței la compresiune beton cu ciment și beton cu ciment și cenușă de termocentrală.

este relativ redus, pe termen lung însă se obțin efecte remarcabile. Variația rezistențelor la compresiune determinată pe beton de ciment și beton obținut prin reducerea dozajului de ciment cu 30 % și înlocuirea lui cu o masă egală de cenuse (fig. 3.49), arată că la vârsta de 180 de zile rezistențele la compresiune a celor două betoane sînt egale, iar după această vîrstă

betonul cu adaos de cenuse de termocentrală prezintă rezistențe la compresiune mai mari [46]. Rezistențele la compresiune sînt influențate în mare măsură de adaosul procentual de cenuse de termocentrală.

În fig. 3.50 și 3.51 sînt reprezentate variația rezistenței la compresiune a betonului la 28 și 90 de zile cu adaosul, procentual de cenuse de termocentrală de la Mintia, pentru o cantitate de ciment $C = 325 \text{ kg/m}^3$ respectiv $C = 380 \text{ kg/m}^3$ [38].

Din examinarea fig. 3.50 și 3.51 se reține influența remarcabilă pe care o are cenusa asupra rezistențelor la compresiune a betoanelor la vîrsta de 90 zile. După cum este cunoscut betoanele de ciment rutiere, spre deosebire de betoanele de ciment, pentru construcții trebuie să îndeplinească anumite caracteristici dintre care cele mai importante sînt: să aibe contracții mici, rezistențele mecanice să fie ridicate și să aibe

...//...

comportare bună la acțiunea îngheț-dezghet [79].

Literatura de specialitate [90], arată că betoanele de ciment cu adaos de cenuse de termocentrală conduc la un beton cu o mai bună lucrabilitate, rezistențe la compresiune ridicate și contractii mai mici. Având în vedere acest fapt s-a trecut la prepararea în laborator ^{la câmpul de lucru} a unui beton de ciment rutier cu adaos de cenuse de termocentrală în vederea

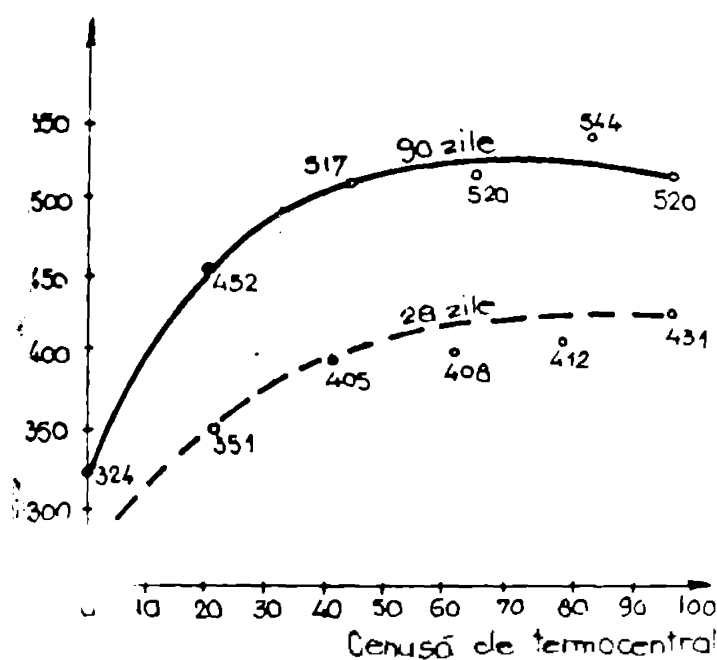


Fig. 3.50 Variația rezistenței la compresiune, în funcție de adaosul procentual de cenusă (C = 325 kg/m³)

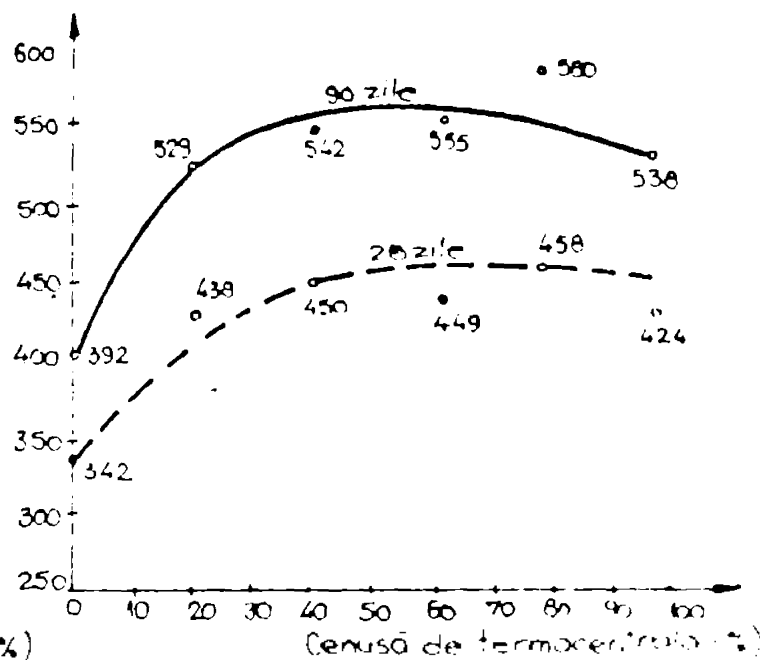


Fig. 3.51 Variația rezistenței la compresiune în funcție de adaosul procentual de cenusă (C = 380 kg/m³)

executării unor sectoare experimentale de sisteme rutiere cu fabricămintele din beton de ciment clutat pe D.N. 57.

Pentru prepararea betonului de ciment s-a utilizat materialele locale existente în zonă:

- pietriș sort 7 - 16 și 16 - 31 de la balastiera Liborajdia;
- nisip sort 0 - 7 provenit de la balastiera Naidas;
- criblură sort 8 - 16 și 16 - 25 provenite de la cariera Mala.

Compoziția granulometrică a acestor materiale este prezentată în tabelul 3.12. Cu aceste materiale s-a trecut la stabilirea compoziției granulometrice a amestecului de agregate și elaborarea dozajului pentru un beton de ciment rutier de marcă B350. Compozițiile granulometrice ale amestecurilor de agregate (tabelul 3.13) s-au determinat pentru betoane preparate cu pietriș (I) și pentru betoane preparate cu cribluri de la cariera Mala (II) tabelul 3.13.

Pentru studiu s-au elaborat trei tipuri de dozaje A, B și C. Dozajele A și B au fost elaborate pentru un beton B350 cu amestec de agregate de tipul I, unde dozajul A este fără

Tabelul 3.12

Agregate	Treceri prin site și ciururi					%
	31,5	16,0	7,1	3,15	1,0	
Nisip	100	100	100	93	65,6	4,3
Pietriș 7-16	100	54	20	0,4	-	-
Pietriș 16-31	100	-	-	-	-	-
Cr'blură 8-16	100	98	18,1	0,2	-	-
Cr'blură 16-25	100	46,4	1,8	-	-	-

Disan, iar dozajul B este cu Disan și ciment Pa35. Dozajul C s-a elaborat pentru un beton de ciment cluat de marcă B350, la care s-a utilizat ca liant un ciment P45 și cenuse de termocentrală de la Mintia, aceste dozaje sînt prezentate în tabelul 3.14.

Tabelul 3.13

Amestec	Treceri prin site și ciururi					%
	31,5	16,0	7,1	3,15	1,0	
I	100	57	40	27,9	19,7	1,3
II	100	72,8	35	28,0	19,7	1,3
Limite STAS 662/82	100	55	40	22	8	1
	100	85	70	36	38	10

La dozajul de tip C, adaosul de cenuse de termocentrală a fost de 25 % din cantitatea de ciment. Urmărind dozajele din

Tabelul 3.14

Materiale	Dozaj A kg / m ³	Dozaj B kg / m ³	Dozaj C kg / m ³
Nisip	568	568	549
Pietriș 8 - 16	946	946	-
Pietriș 16 - 31	378	378	-
Cr'blură 8 - 16	-	-	366
Cr'blură 16- 25	-	-	915
Ciment Pa35	350	350	-
Ciment P45	-	-	275
Cenuse Mintia	-	-	95
Apă	158	137	198
Disan	-	5,25	-

tabelul 3.14 se remarcă faptul că, cantitatea de apă necesară pentru betonul cu cenuse de termocentrală este mai mare, ea corespunde unui raport $A/L = 0,55$ față de betoanele de ciment care au acest raport de $0,43$ pentru betonul fără Disan și $0,40$ pentru betonul cu Disan. Caracteristicile fizico-mecanice ale acestor betoane sînt cele din tabelul 3.15.

Tabelul 3.15

Dozaj	Rezistența la compresune daN/m ²				Lucrabilitatea		Densitatea kg/m ³
	3 zile	7 zile	14 zile	28 zile	Tasa- re cm	Grad de compactare	
A	146	220	305	359	1	1,23	2400
B	122	203	286	333	1	1,10	2420
C	144	192	245	330	1	1,20	2370

După cum se observă din tabelul 3.15 maroa betonului la 28 zile a fost obținută numai la dozajul A. La dozajul C nu s-a obținut maroa betonului, deoarece ruperea betonului s-a produs prin agregat (fig. 3.52), criblura provenită din roca de la Mala avînd o rezistență la compresune scăzută. Comportarea

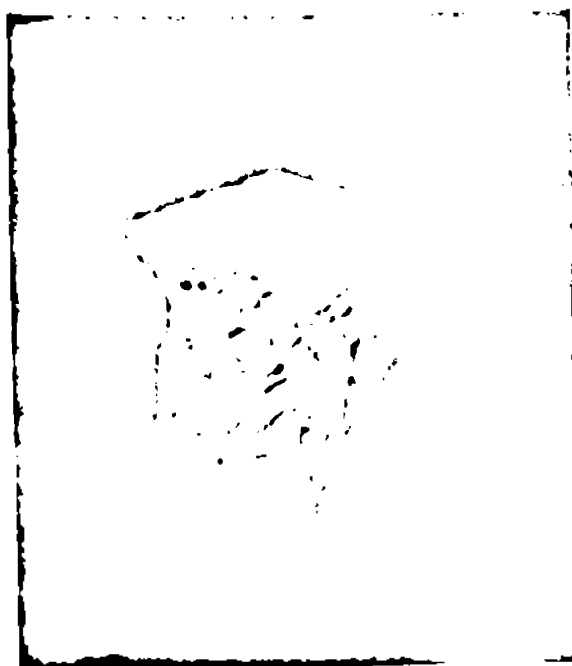


Fig. 3.52 Epruvetă supusă la compresune

la îngheț-dezghet, a betoanelor rutiere cu adaos de cenuse de termocentrală este destul de controversată în literatura de specialitate [57,90], ea fiind în general caracterizată printr-o rezistență mai mică, față de betoanele de ciment de aceeași marcă. După unii autori [57] betoanele care conțin cenuse pînă la 15 % din masa cimentului, nu

manifestă sensibilitate însemnată la îngheț-dezghet, efecte nefavorabile evidente încep să apară cînd adaosul de cenuse de termocentrală depășește 30...40 % din dozajul de ciment. De asemenea rezistența la îngheț-dezghet se ameliorează sensibil cu preșterea vîrstei de la care betonul este supus încercării de gelivitate, dacă întărirea are loc la temperatura ordinară în atmosferă umedă, dimpotrivă dacă betonul este conservat în mediu

uscă, rezistența la îngheț-dezghet scade, iar vîrsta betonului încetează să mai manifeste influență favorabilă [46].

Avînd în vedere rezultatele obținute în cercetările efectuate pe betoane de ciment cu cenuse de termocentrală și criblură de natură calcaroasă, precum și studiile efectuate în literatura de specialitate [46,57,90] se poate formula următoarele concluzii:

- prepararea betoanelor cu cenuse de termocentrală poate fi efectuată cu adaosuri de pînă la 25 % cenuse de termocentrală din cantitatea de ciment, cu observația ca procesul de întărire al betonului să se realizeze în atmosferă umedă cel puțin 14 zile, fapt ce ar conduce la o comportare mai bună a betonului la acțiunea îngheț-dezghet;

- punerea în operă a acestor betoane în zonele cu condiții climatice mai blînde, o astfel de zonă fiind și zona Dunării;

- executarea îmbrăcămintelor rutiere rigide pe drumurile locale unde există agregate de natură calcaroasă, iar traficul este un trafic ușor sau mijlociu, iar pentru sporirea siguranței și asigurarea unei rugozități corespunzătoare clutarea acestor betoane cu criblură dură în perioada de priză a betonului.

3.4.3 Piatra naturală de la caniera Curtea

Din analiza caracteristicilor fizico-mecanice ale rocii (tabelul 2.14) se pot afirma următoarele:

- roca este un cuarț care se include în clasa rocilor metamorfice;

- roca are o rezistență la compresune mare de 1500 daN/cm² fiind considerată o rocă dură;

- absorbția de apă este redusă, ea fiind o rocă puțin absorbantă;

- piatra spartă este corespunzătoare avînd rezistența la uzură de 20 %, iar rezistența la soc de 76 %;

- criblurile manifestă o adezivitate mai scăzută la bitum [30], aceasta situndu-se la limita inferioară a prescripțiilor, de asemenea din punct de vedere al formei se poate spune că, criblurile au predilecție spre forma lamelară.

Avînd în vedere caracteristicile prezentate mai sus și datorită faptului că beneficiarul a solicitat cercetarea posibilităților de realizare a amestecurilor asfaltice [125] cu acest material, s-a trecut la elaborarea unui dozaj pentru un

beton asfaltic cu agregat mare Ba₂₅ (fig. 3.53). In laborator s-au preparat două tipuri de beton asfaltic cu agregat mare,

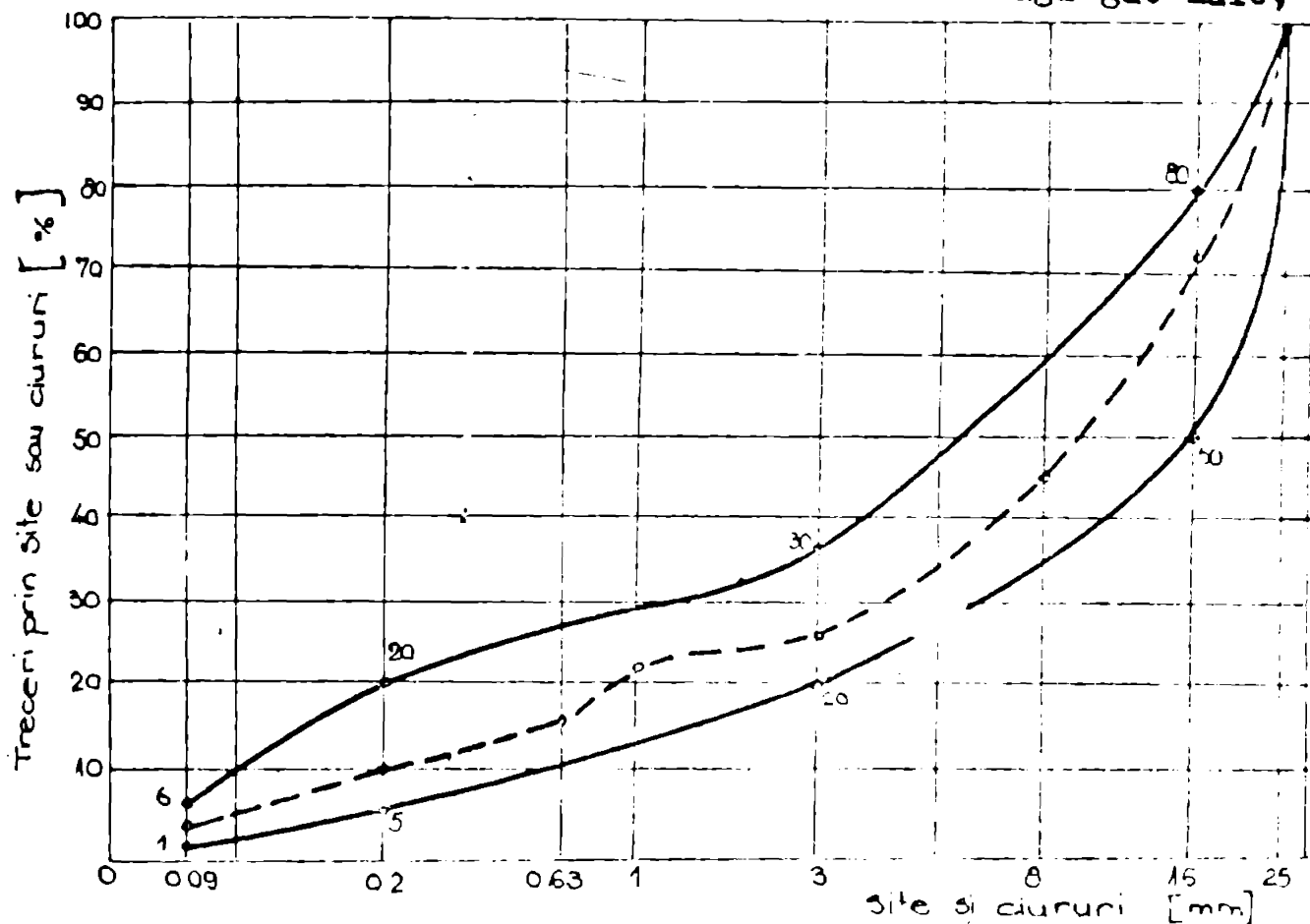


Fig. 3.53 Curba granulometrică pentru Ba 25. A0.

datorită adhezivității necorespunzătoare a bitului s-a elaborat tipul B cu agregate tratate cu lapte de var, iar tipul A cu agregate netratate, scheletul mineral a fost același pentru ambele tipuri de mixtură (fig. 3.53)

Tabelul 3.16

Caracteristici	U.M.	Mixtură Ba ₂₅	
		tip A	tip B
Densitate aparentă	g/cm ³	2,210	2,190
Rezistența la compresiune la 22 °C	daN/cm ²	22,1	23,8
Rezistența la compresiune la 50 °C	daN/cm ²	9,40	10,10
Stabilitatea Marshall	daN	350	420
Fluajul Marshall	1/10 mm	40	25
Absorbția de apă	%	3,7	3,4
Umflarea	%	1,7	1,5

Din tabelul 3.16 rezultă că rezistența la compresiune la 22 °C este mult sub limita admisă, iar roca nu poate fi utilizată la prepararea mixturilor asfaltice, datorită adhezivității necorespunzătoare.

...//...

**3.5 Stabilizarea pământurilor necoezive
cu carbonat de calciu precipitat**

Carbonatul de calciu precipitat este un deșeu ce rezultă în procesul de fabricare al zahărului la fabrica de zahăr din Timișoara. După cum s-a văzut în capitolul 2, carbonatul de calciu precipitat conține 98,5% carbonat de calciu și 1,5 % materii organice. Datorită compoziției chimice și faptului că acest deșeu nu are nici-o întrebuințare practică ne-am propus să utilizăm acest material în procesul de stabilizare al pământurilor. În procesul de stabilizare al pământurilor carbonatul de calciu precipitat a fost utilizat ca înlocuitor al varului sau cimentului. Pentru studiul de laborator, la stabilizare a fost utilizat nisipul de Timiș, cenușa de termocentrală de la Mintia și zgura granulată de la Hunedoara. De asemenea s-au elaborat mai multe dozaje, iar media rezultatelor obținute este prezentată în tabelul 3.17 și fig. 3.54.

Tabelul 3.17

Ames- tec	Materiale	Dozaj %	Wopt %	Rezistența la compres'une pe epruvete păstrate în atmosferă umedă daN/cm^2			
				7 zile	14 zile	28 zile	90 zile
0	1	2	3	4	5	6	7
1	Nisip Carbonat de calciu	85 15	9,0	3,90	3,95	4,10	4,50
2	Nisip Carbonat de calciu	70 30	9,0	6,70	7,80	7,80	7,90
3	Nisip Cenușe Carbonat de calciu	70 15 15	10,0	7,0	7,10	7,20	8,10
4	Nisip Cenușe Carbonat de calciu	50 25 25	11,0	8,40	9,10	9,30	9,40
5	Nisip Cenușe Carbonat de calciu	55 15 30	10,0	10,00	10,10	10,50	10,60
6	Nisip Cenușe Carbonat de calciu	40 30 30	12,0	7,80	8,50	9,60	10,30

0	1	2	3	4	5	6	7
7	Nisip Zgură Carbonat de calciu	55 30 15	8,5	7,10	9,90	11,3	12,8
8	Nisip Zgură Carbonat de calciu	77,5 15 7,5	8,0	3,00	3,10	3,50	4,10
9	Nisip Zgură Carbonat de calciu	60 20 20	9,0	6,20	6,30	7,30	8,00
10	Nisip Zgură Carbonat de calciu	55 15 30	8,5	9,50	12,40	12,80	13,00
11	Nisip Zgură Carbonat de calciu	40 30 30	9,5	6,70	7,30	8,40	8,60
12	Nisip Zgură Carbonat de calciu	62 30 8	8,0	4,0	4,10	5,00	5,30

Din tabelul 3.17 și fig. 3.54 se observă că, caracteristicile fizico-mecanice obținute în cazul stabilizării nisipului cu carbonat de calciu precipitat sînt influențate în mică măsură de cantitatea de carbonat de calciu, creșterile fiind influențate mai ales de faptul că acest deșeu are o mare cantitate de părți fine, fapt ce conduce la o creștere a rezistențelor la compresiune.

Deșeul comportîndu-se ca un material fără proprietăți liante lucru reușit și din dozajele 1...12 care sînt influențate foarte puțin de cantitățile diferite de lianți (puzzolanici).

O altă concluzie care se desprinde din experimentările efectuate, este faptul că rezistențele mecanice cresc foarte puțin în timp, acest lucru explicîndu-se prin faptul că,

carbonatul de calciu precipitat, nu are în compoziția sa nici-un fel de oxizi care să favorizeze reacțiile chimice de hidratare și de formare a hidrosilicaților insolubili la acțiunea apei.

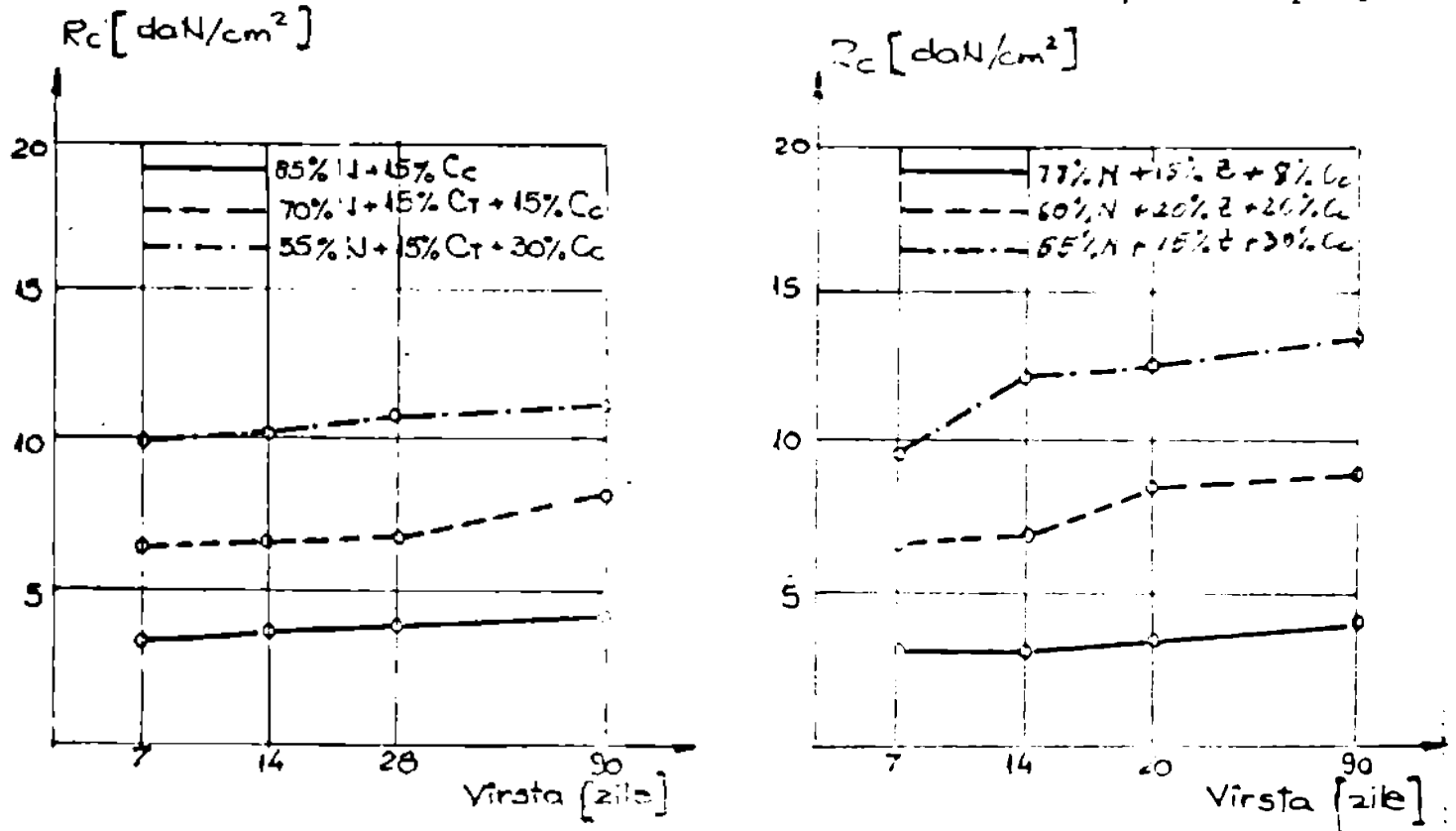


Fig. 3.54 Variația rezistenței la compresie în funcție de dozajul de carbonat de calciu precipitat.

Datorită faptului că acest deșeu este un material inert, s-a trecut la efectuarea unor studii și cercetări asupra transformărilor care au loc prin supunerea lui la un proces de calcinare (fig. 3.55).

Din fig. 3.55 se remarcă că prin calcinare carbonatul de calciu precipitat pierde aproximativ 10 % din masă la temperatura de 500°C, iar la 900 °C pierderile de masă ajung la 45,5 %, diferența de 54,5 % din masă devenind oxid de calciu (CaO) care poate să înlocuiască varul și cimentul în procesul stabilizării materialelor.

3.6 Cercetări asupra utilizării deșeurilor din industria minieră la execuția structurilor auticore

Cercetările în laborator s-au efectuat pe sticlul de flotație de la Mintia cu caracteristicile fizico-mecanice prezentate în capitolul 2 și care are compoziția granulometrică (fig. 3.56) corespunzătoare unui nisip fin de granulație 0,2 mm.

În laborator s-au experimentat posibilitățile de stabilizare a acestui subprodus industrial cu cenuse de termocentrală

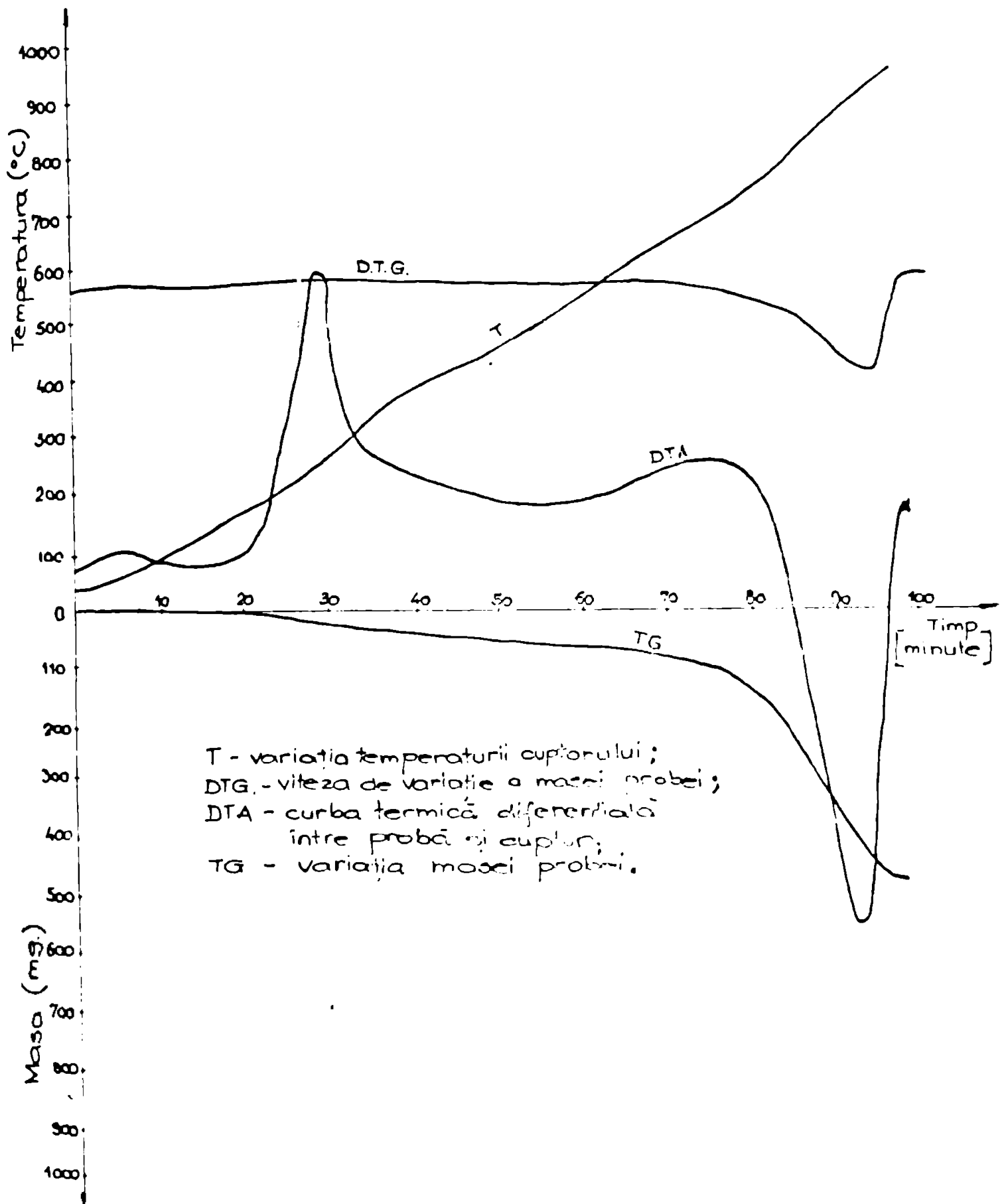


Fig.3.55 Transformările carbonatului de calciu precipitat în procesul de calcinare.

și zgură granulată de furnal înalt. Cenușa de termocentrală utilizată a fost cea de la Mintia, iar zgura granulată de la Hunedoara. Ca activator al acestor materiale puzzolane s-a folosit cimentul pentru cenușa de termocentrală și varul pentru zgura granulată de furnal înalt.

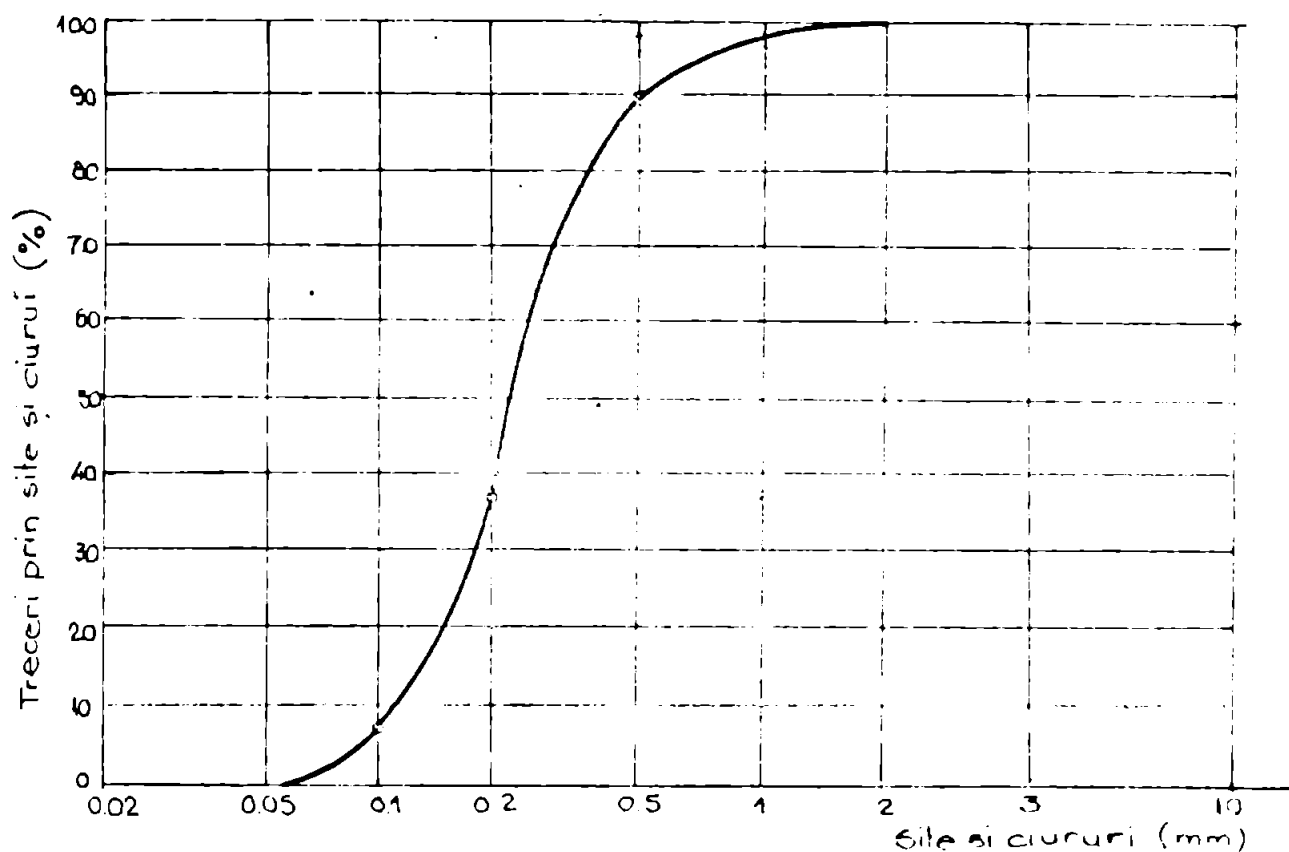


Fig 3.56. Compoziția granulometrică a sterilului de la Mintia.

Caracteristicile de compactare determinate prin încercarea Proctor modificat ale acestor amestecuri sînt următoarele:

- pentru amestecul steril de flotație, zgură granulată și var, $\rho_d = 1,62 \text{ g/cm}^3$, $W_{opt} = 9,3 \%$;

- pentru amestecul steril de flotație, cenușe de termocentrală și ciment, $\rho_d = 1,51 \text{ g/cm}^3$, $W_{opt} = 12,5 \%$.

Pentru fiecare din aceste amestecuri s-au elaborat dozaaje, urmărindu-se rezistențele la compresiune la 7; 14; 28 zile (tabelul 3.18)

Tabelul 3.18

Ames- tec	Materiale	Dozaj %	Wopt %	Rezistența la compresiune d_{cm}/cm^2		
				7 zile	14 zile	28 zile
0	I	2	3	4	5	6
1	Steril flotație Cenușe Mintia Ciment	77 20 3	12,0	9,1	17,0	20,2
2	Steril flotație Cenușe Mintia Ciment	67 30 3	12,5	9,5	18,1	23,5

...//...

0	1	2	3	4	5	6
3	Steril flotație Cenușe Mintia Ciment	75 20 5	12,0	13,5	21,2	30,4
4	Steril flotație Cenușe Mintia Ciment	65 30 5	12,5	11,7	22,4	35,6
5	Steril flotație Zgură Hunedoara Var	73 25 2	9,3	6,2	10,1	14,5
6	Steril flotație Zgură Hunedoara Var	68 30 2	9,3	6,5	11,2	15,3
7	Steril flotație Zgură Hunedoara Var	72 25 3	9,3	7,6	15,2	18,2
8	Steril flotație Zgură Hunedoara Var	67 30 3	9,3	8,0	17,1	19,3

Variația rezistenței la compresune pentru amestecurile 1, 2, 3 și 4 se prezintă în fig. 3.57. Examinând tabelul 3.18

și fig. 3.57 se constată următoarele:

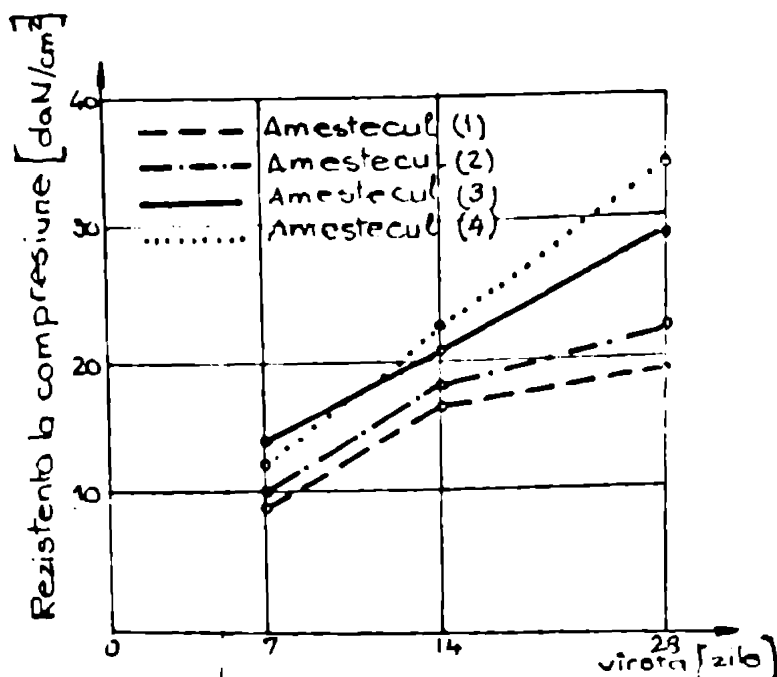


Fig. 3.57 Variația rezistenței la compresune

- toate cele opt dozaje satisfac din punct de vedere al rezistenței la compresune condițiile impuse de normele noastre în vigoare, ca să se realizeze straturi rutiere de tipul straturilor de fundație sau de bază;

- rezistențele la compresune sînt mai ridicate în cazul stabilizării nisipului de flotație cu cenușe de termocentrală și ciment,

decît stabilizarea cu zgură granulată și var;

...//...

- sporirea dozajului de cenuse de termocentrală și de zgură granulată la același dozaj de activant, duce la o creștere relativ mică a rezistențelor la compresiune;

- sporirea dozajului de activator la aceleași doze de cenuse de termocentrală și zgură granulată, conduce la o creștere substanțială a rezistențelor mecanice ale amestecurilor.

3.7 Unele subproduse industriale ca filere în mixturile asfaltice

Din diversitatea mare a deșeurilor și subproduselor industriale prezentate în capitolul 2, pentru studiu în laborator la prepararea mixturilor asfaltice, s-a folosit ca filer următoarele subproduse: cenusa de termocentrală de la Mintia, cenusa de termocentrală de la Ișalnița, carbonatul de calciu de la Combinatul chimic Arad și carbonatul de calciu precipitat de la Fabrica de zahăr Timișoara. Caracteristicile fizico-mecanice ale acestor materiale au fost prezentate în capitolul 2. De menționat este faptul că toate aceste materiale au o finețe de măcinare corespunzătoare filerului de calcar și în consecință ar putea să-l înlocuiască la prepararea mixturilor asfaltice.

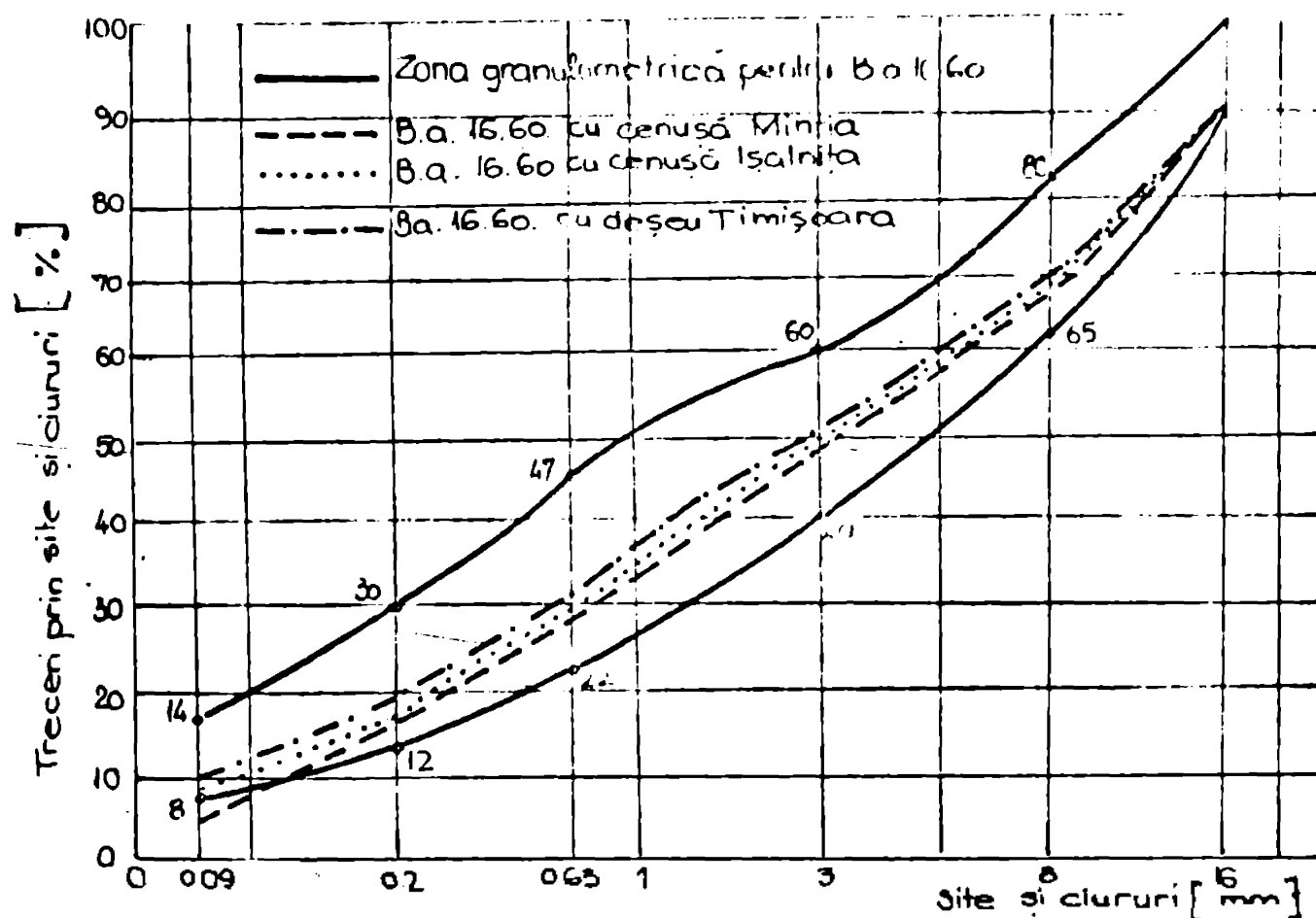


Fig. 3.55. Compoziția granulometrică a betoanelor asfaltice.

Experimentările în laborator s-au efectuat pe betoane asfaltice bogate în oriblură (Ba₁₆) preparate cu filere din

...//...

INSTITUTUL POLITEHNIC
TIMIȘOARA
BIBLIOTECA CENTRALĂ

materiallele sus menționate. La prepararea amixturilor asphaltice s-a utilizat agregate naturale corespunzătoare, iar ca liant bitumul D80/120. Compoziția granulometrică a amixturilor ^{asfaltice} preparate se prezintă în fig. 3.58, de unde se poate observa că nu toate filerele încercate conduc la o curbă granulometrică care să se încadreze în curba granulometrică prescrisă, mai ales cu partea fină. Caracteristicile fizico-mecanice ale amixturilor obținute pe epruvete cubice și tip Marshall sînt cele din tabelul 3.19.

Tabelul 3.19

Caracteristici mătură	U.M	Cenușe Mintia	Cenușe Ișalnița	Carbonat de cal- ciuzărd	Carbonat de cal- ciu pre- cipitat
Densitatea aparentă	kg/m ³	1950	2150	2210	2290
Absorbția de apă	%	8	5,4	3,7	2,4
Rezistența la compresi- une la 22 °C	daN/cm ²	23	35	31	31
Rezistența la compres- iune la 50 °C	daN/cm ²	6	9,5	10,5	9,5
Coeficient de termo- stabilitate	-	3,8	1,8	2,9	3,1
Stabilitatea Marshall	daN	450	1360	950	780
Indice de fluaj	mm	3,1	3,1	3,4	4,1
Umflarea	%	1	-	-	0,3

Urmărind compoziția granulometrică a amixturii ^{asfaltice} din fig. 3.58 și caracteristicile fizico-mecanice din tabelul 3.19 constatăm următoarele:

- cenușa de la Ișalnița, carbonatul de calciu de la Arad, carbonatul de calciu precipitat de la Timișoara, sînt filere bune, toate caracteristicile fizico-mecanice încadrîndu-se în prescripțiile în vigoare [135], și deci pot fi folosite la prepararea amixturilor asphaltice ca înlocuitori ai filerului;

- cenușa de la Mintia, conduce la o amătură asphaltică cu unele caracteristici necorespunzătoare, absorbția de apă și rezistența la compresiune, totodată compoziția granulometrică nu se încadrează în zonă granulometrică corespunzătoare cu partea fină, datorită faptului că finețea de măcinare a acestui material este mult sub limita admisă de 80 %;

- din punct de vedere economic, toate aceste materiale folosite ca înlocuitori de filer, sînt avantajoase, tona de amătură asphaltică fiind mai ieftină depinzînd de distanțele de

..//..

transport pentru aducerea subproduselor la instalația de preparat mixturi asfaltice.

În concluzie, considerăm că în zonele unde aceste materiale se găsesc la o distanță de circa 30 km, ca transportul să se poată efectua auto și economic, ele pot fi utilizate fără nici o rezervă la prepararea mixturilor asfaltice.

3.9 Concluzii și propuneri

În urma cercetărilor și experimentărilor de laborator privind posibilitățile de folosire a materialelor locale, subproduselor și deșeurilor industriale, se pot formula următoarele concluzii și propuneri:

- cu caracter general:

. pământul coeziv, material local în toate zonele și pe toate drumurile, după o analiză temeinică a caracteristicilor fizico-mecanice și stabilirea categoriei, poate fi utilizat la realizarea straturilor de formă și fundație în sistemele rutiere prin stabilizare cu var și lianți puzzolanici;

. stabilizarea cu var este eficientă pentru pământurile coezive și supraamezite, umiditatea având un rol determinant în stabilirea dozajului de var și capacității portante a straturilor executate.

. pentru stabilirea compactității straturilor și determinarea capacității lor portante să se generalizeze și să se folosească în toate zonele metoda C.B.R.;

. lianții de natura materialelor puzzolane + var sau ciment, au proprietăți cimentofide foarte bune, care depind în mare măsură de compoziția chimică a puzzolanei (SiO_2 , Al_2O_3 solubili) și la care fenomenele de hidratare se produc mai încet la începutul perioadei de întărire, lucru avantajos în anumite cazuri în realizarea straturilor rutiere;

. stabilizarea cu cenuse de termocentrală, este economică pentru toate tipurile de pământuri, prin faptul că se reduce cantitatea de ciment sau var (materiale energointensive), rezultate mai bune obținându-se prin activarea amestecului pământ cenuse de termocentrală cu ciment;

. realizarea straturilor rutiere de fundație și de bază din agregate naturale stabilizate cu cenuse de termocentrală este avantajoasă, atât din punct de vedere tehnic, dar mai ales economic în zonele în care există cenuse de termocentrală,

se realizează economii la prețul de cost de pînă la 20...25 % față de stabilizarea cu ciment, iar economiile de ciment ajung pînă la 40...50 %;

. rezultate corespunzătoare se obțin la stabilizările cu cenuse de termocentrală, cînd raportul var/ cenuse are valori de la 1/4 la 1/6, cu aceste raporturi obținindu-se caracteristici fizico-mecanice bune pentru materialele stabilizate;

. prin adăugarea de substanțe chimice (alcali) în cazul stabilizării materialelor cu cenuse de termocentrală și ciment, cresc foarte mult rezistențele mecanice în primele 7 zile, iar rezistențele finale obținute sînt de asemenea superioare;

. o caracteristică importantă a stabilizărilor cu zgură granulată de furnal înalt, este aceea că, aceste materiale pot fi puse în operă sub circulație, circulația realizînd un spor de compactare al materialului stabilizat, iar rezistențele mecanice obținute în primele 15 zile sînt relativ reduse 1/4 din rezistențele finale;

. coeficientul de activitate al zgurelor de furnal înalt, influențează hotărîtor rezistențele mecanice obținute în cazul stabilizării materialelor, iar dozaajul de activator depinde în principal de compoziția granulometrică a materialelor de stabilizat, cu cît fracțiunea fină este mai mare, cu atît și cantitatea de activant este mai mare;

. stabilizarea pămînturilor și agregatelor naturale cu zgură granulată și var sau ciment, duce la obținerea unor materiale cu caracteristici fizico-mecanice superioare, care le recomandă pentru executarea straturilor rutiere de fundație și de bază în cadrul sistemelor rutiere nerigide și rigide;

. se menționează faptul că realizarea acestor straturi în zonele unde nu se găsesc materiale de masă, duce la obținerea unor economii de ciment de pînă la 30...40 %, iar prețul de cost pe kilometru de drum realizat se reduce cu 20...30 %, de asemenea se obțin importante economii de energie;

. prin utilizarea în procesul de stabilizare al zgurei granulate de furnal înalt măcinată, se realizează avantaje tehnice și economice evidente, se reduce dozaajul de zgură cu 30...50 %, iar a celui de var cu 100 %, în aceste condiții realizîndu-se și reducerea prețului de cost considerabil. Avînd în vedere faptul că finetea de măcinare a zgurelor granulate are un rol hotărîtor în obținerea unor caracteristici mecanice

superioare și în stabilirea dozajului de zgură, considerăm util folosirea din ce în ce mai mult a zgurei măcinate în procesul de stabilizare și materialelor;

. rezultate bune obținute asupra amestecurilor asfaltice realizate cu agregate naturale de natură calcaroasă, recomandă utilizarea acestora la execuția îmbrăcămintelor bituminose pe drumuri locale cu trafic ușor sau mijlociu;

. apreciem că realizarea betonelor de ciment cu agregate de natură calcaroasă și cu cenuse de termocentrală (15...25 % din dozajul de ciment) pot fi utilizate la execuția îmbrăcămintelor rigide pe drumuri cu trafic ușor și mijlociu, dar pentru sporirea rugozității și a rezistenței la șlefuire, aceste îmbrăcăminte pot fi clătate cu criblură dură;

- cu privire la materialele studiate:

. stabilizarea pământului de la Crucea și Recaș cu lianți puzzolanici (cenuse de termocentrală și zgură granulată de furnal înalt și activator (var sau ciment) a condus la obținerea unor materiale stabilizate cu caracteristici mecanice corespunzătoare ($R_{c28z} = 5,2...28,3 \text{ daN/cm}^2$) care pot fi utilizate la realizarea straturilor de formă și de fundație în sistemele rutiere;

. stabilizarea nisipului de Timiș și Jiu cu cenuse de termocentrală de la Mintia și ciment 3...5 % a dus la obținerea unor rezistențe la compresiune cuprinse între 21...61 caN/cm^2 , fapt ce le recomandă pentru executarea straturilor de fundație și de bază în sistemele rutiere;

. stabilizarea nisipului de Timiș, a nisipului și balastului de Mureș cu zgură granulată de furnal înalt și var 1...2 % a condus la obținerea unor materiale stabilizate cu caracteristici fizico-mecanice bune, fapt ce a permis ca aceste materiale să fie folosite la executarea unor straturi de fundație în sistemele rutiere nerigide între anii 1973...1980 pe D.N. 79 A și D.N. 69 B;

. studiile și experimentările efectuate cu piatra de la cariera Mala, au evidențiat faptul că această rocă poate fi utilizată la prepararea amestecurilor asfaltice și a betonelor de ciment, ceea ce a condus la executarea unor sectoare experimentale pe D.N. 57 în perioada 1981...1984;

. carbonatul de calciu precipitat este un deșeu care în procesul de stabilizare al pământului și agregatelor naturale nu poate fi folosit, datorită faptului că nu are

proprietăți liante, dar el poate fi un excelent filler în procesul de preparare al amestecurilor asfaltice, iar pentru utilizarea sa la scară industrială în acest scop este necesar să se găsească o tehnologie eficientă de uscare a acestuia, având în vedere că umiditatea naturală este de circa 70 %. Se menționează ca o tehnologie posibilă utilizarea energiei solare;

• sterilul de flotație de la Mîntiu poate fi folosit la stabilizarea cu cenușe de termocentrală, zgură granulată de furnal înalt și var sau ciment, și utilizat în condiții mecanice la realizarea straturilor de fundație și de bază ale drumurilor rutiere.

CAP. 4 EXECUȚIA SECȚIUNILOR EXPERIMENTALE ȘI COMPORTAREA LOR ÎN EXPLOATARE

Îmbunătățirea viabilității drumurilor are o influență hotărâtoare asupra economiilor ce pot fi aduse de traficul rutier, datorită efectuării transporturilor pe costuri reduse. Avanzarea tehnică a îmbrăcămintelor rutiere influențează direct și indirect costul transporturilor auto, întrucât modul de prezentare al suprafeței de rulare determină nivelul consumului de carburanți, lubrifiți, anvelope, piese de schimb, confortul utilizatorilor și siguranța circulației. Studiile și cercetările efectuate asupra stabilirii caracteristicilor fizico-mecanice ale unei game largi de materiale locale, subproduse și deșeuri industriale din zona de sud-vest a țării, au dus la stabilirea posibilităților de folosire a acestor materiale în lucrările de îmbunătățire a stării de viabilitate a drumurilor locale din această parte a țării. Studiile și experimentările de laborator efectuate, au permis să se treacă la execuția experimentală a unor sisteme rutiere cu straturi de fundație sau îmbrăcăminte din materiale energoeficiente pe drumurile locale cu trafic mijlociu și ușor, precum și urmărirea comportării în exploatare a acestora.

De asemenea actuala criză mondială manifestată și prin penuria de bitum a pus problema promovării unor tehnologii rutiere noi, bazate pe utilizarea cu precădere a materialelor netraditionale. În această direcție se situează cercetările realizate în străinătate [8, 130, 131, 132], în țara noastră

[11, 78, 141, 85] și în lucrarea de față.

4.1. Stratouri rutiere cu consum redus de energie și materiale energointensive la sistemele rutiere nerigide

Sistemul rutier este alcătuit dintr-un ansamblu de straturi așezate pe terasament, destinate suportării sarcinilor dinamice provenite din trafic.

Straturile rutiere sînt realizate din materiale cu caracteristici fizico-mecanice diferite, iar capacitatea portantă a acestor straturi este funcție de rolul pe care îl îndeplinesc în alcătuirea ansamblului.

Un rol important, în cazul unui sistem rutier nerigid, modern, îl are stratul de bază, care trebuie realizat din materiale rezistente, apte să preia solicitările de întindere și de forfecare date de autovehicule.

Sistemele rutiere nerigide au lărate largi de deformabilitate, ele putîndu-se adapta ușor tasărilor neuniforme ale patului drumului, fără să fisureze [80].

Un sistem rutier flexibil, cu rezistență omogenă, se comportă cu atît mai bine la șocuri, cu cît energia potențială de deformare este mai mare și deci sub aceeași încărcare se deformează mai ușor. Aceste sisteme rutiere pot fi consolidate treptat, în etape succesive pe măsura creșterii traficului. În India consolidarea sistemelor rutiere nerigide se face din 5 în 5 ani [140].

4.1.1 Stratouri de fundație din pământuri reactive stabilizate cu lianți puzzolanici

Straturile de fundație în sistemele rutiere nerigide clasice s-au executat de cele mai multe ori din balast sau piatră spartă, deci materiale tradiționale.

Lipsa acestor materiale în unele zone, precum și existența subproduselor și deșeurilor industriale, a dus la înlocuirea straturilor de fundație din materiale tradiționale cu straturi realizate din materiale stabilizate cu lianți minerali sau puzzolanici.

În această direcție în cadrul contractelor de proiectare încheiate cu Direcția de drumuri și poduri Timișoara, la stabilirea soluțiilor de realizare a sistemelor rutiere noi, s-au propus și executat pe D.N. 59 B Foeni - Cărpiniș (contract nr 10113-77) și D.N. 79 A Ineu - Chișinău Criș straturile de fundație din materiale granulare (nisip, balast) stabilizate cu zgură granulată de furnal înalt în anul 1979 respectiv 1978.

În baza studiilor și cercetărilor de laborator prezentate în capitolul 3, pe aceste secțiuni de drum au fost realizate sistemele rutiere prezentate în fig. 4.1 și 4.2

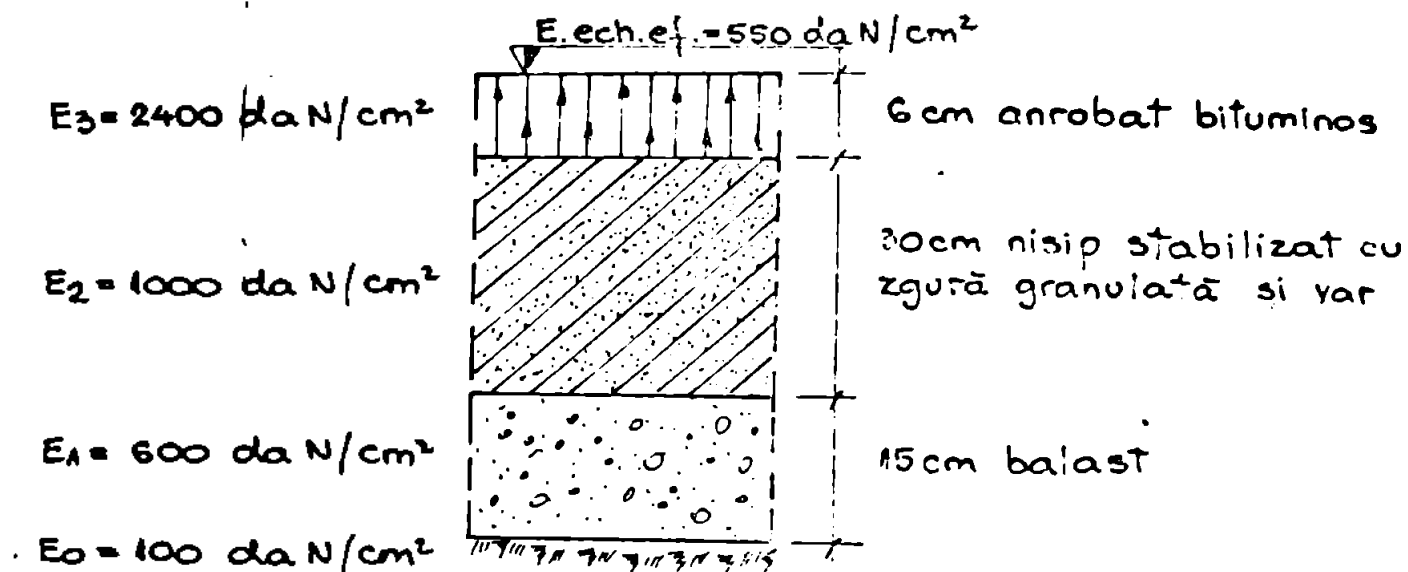


Fig. 4.1. Sistem rutier realizat pe D.N. 59 B.

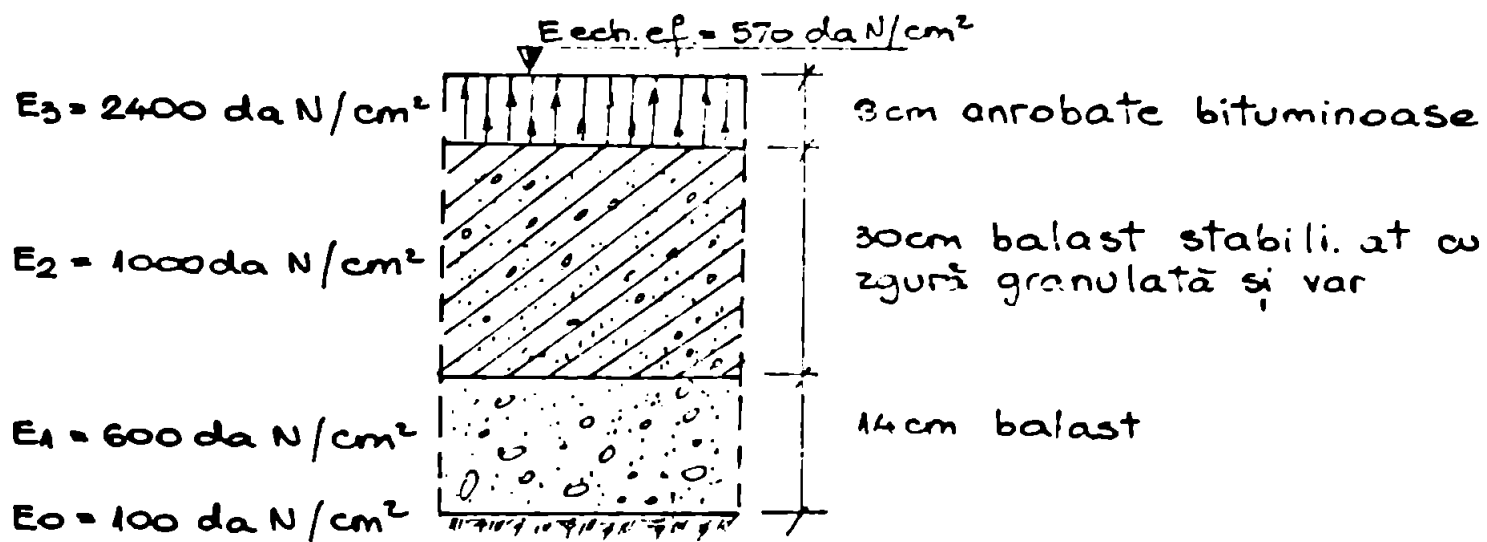


Fig. 4.2. Sistem rutier realizat pe D.N. 79 A

Dozajele utilizate la stabilizarea nisipului și balastului au fost următoarele:

- pe D.N. 59 B:

- nisip de Timiș 68 %;
- zgură granulată 30 %;
- var hidratat 2 %;
- apă de amestec 12,5% .

..//..

- pe D.N. 79 A:

- . balast de Mureş 73 %;
- . zgură granulată 25 %;
- . var hidratat 2 %;
- . apă de amestec 11 %.

Caracteristicile fizico-mecanice obținute pe aceste amestecuri, respectiv rezistențe la compresune la 28 zile, la stabilizarea nisipului este de 17,1 daN/cm² iar la stabilizarea balastului este de 22,4 daN/cm². Condițiile tehnice impuse acestor materiale pentru a putea fi utilizate la realizarea straturilor de fundație sînt prezentate în tabelul 4.1.

Tabelul 4.1

Nr. crt. Caracteristici	Tipul stratului material	
	Strat de fundație	Strat de bază
1. Rezistența la compresune daN/cm ²		
- la 14 zile atmosferă umedă	minim 5	minim 7
- la 28 zile atmosferă umedă	minim 8	minim 13
2. Scăderea rezistenței prin imersare în apă timp de 7 zile %	maxim 25	

4.1.1.1 Tehnologia de execuție a stratului stabilizat cu zgură granulată de furnal înalt

Pentru ambele sectoare executate cu straturi de fundație din balast și nisip stabilizat cu zgură granulată de furnal înalt și var, a fost folosită tehnologia de realizare a materialului stabilizat prin procedeul de amestecare pe loc.

Datorită faptului că, grosimea stratului de fundație a fost mai mare de 20 cm, el a fost realizat în două reprize, fiecare strat avînd grosimea de 15 cm.

Materialele necesare au fost depozitate în grămezi în așa fel, încît după înprăștiere să avem pe unitatea de suprafață cantitatea necesară:

$$M_{ag} = \rho_{amax} \cdot h \cdot x \cdot \frac{P_{ag}}{100} \left(1 + \frac{W_{ag}}{100} \right) \left[\text{kg/m}^2 \right] \quad (4.1)$$

$$M_{zg} = \rho_{amax} \cdot h \cdot x \cdot \frac{P_{zg}}{100} \left(1 + \frac{W_{zg}}{100} \right) \left[\text{kg/m}^2 \right] \quad (4.2)$$

$$M_v = \rho_{amax} \cdot h \cdot x \cdot \frac{P_v}{100} \left[\text{kg/m}^2 \right] \quad (4.3)$$

unde:

M_{ag} este cantitatea de balast sau nisip, în kg/m^2 ;

ρ_{amax} - densitatea aparentă în stare uscată maximă a amestecului, în kg/m^3 ;

h - grosimea stratului după compactare, în m;

P_{ag} - procentul de nisip sau balast în amestecul uscat, în %;

W_{ag} - umiditatea naturală a balastului sau a nisipului, în %;

M_{zg} - cantitatea de zgură granulată, în kg/m^2 ;

P_{zg} - procentul de zgură granulată în amestecul uscat, în %;

W_{zg} - umiditatea zgurei granulate, în %;

M_v - cantitatea de var, în kg/m^2 ;

P_v - procentul de var în amestecul uscat, în %;



Fig. 4.3 D.N.79 A
înainte de modernizare

Imprăștierea și amestecarea materialelor s-a făcut cu autogrederul prin treceri succesive ale acestuia până la omogenizarea amestecului. Umiditatea optimă de compactare a fost asigurată prin stropiri succesive cu apă, concomitent cu operația de amestecare. Compactarea s-a realizat după nivelarea stratului de material

stabilizat, cu compactorul pe pneuri în prima etapă, iar în etapa doua cu compactorul cu ruloare netede. Gradul de compactare realizat a fost de 96...97 %. După realizarea primului strat în grosime de 15 cm, acesta a fost stropit zilnic

cu apa necesară hidratării, iar după 7 zile timp cât pe drum s-a circulat s-a trecut la execuția celui de al doilea strat, care s-a realizat la fel ca primul strat.



Fig.4.4 D.N.79 A Stabilizarea cu zgură granulată pe loc

Acoperirea stratului stabilizat cu anrobate bituminoase s-a efectuat după 14 zile de la execuția primului strat de material stabilizat. În această perioadă de la execuția stratului stabilizat și până la acoperirea lui cu anrobat bituminos, circulația rutieră s-a desfășurat normal, fără nici-o restricție. Aceste sectoare executate cu sistemele rutiere prezentate în fig. 4.1 și 4.2 având straturile de fundație realizate din agregate naturale stabilizate cu zgură granulată de furnal înalt și var, se prezintă bine după o durată de exploatare de 5 respectiv 6 ani. Prin folosirea materialelor stabilizate cu zgură granulată de furnal înalt la realizarea straturilor de fundație în sistemele rutiere nerigide în locul fundațiilor din materiale stabilizate cu ciment, se economisește cimentul cu 100 % și se reduce prețul de cost la metrul cub de material stabilizat cu 25 %, conform tabelului 4.2 și



Fig. 4.5 D.N. 79 A După execuția stratului de fundație

4.3. Utilizarea la sistemele rutiere nerigide în straturi de fundație și de bază a materialelor stabilizate cu zgură granulată de furnal înalt, poate contribui și la reducerea consumului de bitum prin faptul că se reduce considerabil grosimea straturilor bituminoase.

În urma executării și urmăririi în exploatare a acestor straturi, realizate din agregate granulare stabilizate cu zgură granulată de furnal înalt, se pot formula următoarele

concluzii și propunerii:

- utilizarea pe scară tot mai mare a zgurelor granulate la furnal înalt la lucrările de drumuri conduce la folosirea rațională a terenurilor prin reducerea spațiilor aferente depozitării acestora;

Tabelul 4.2

Materiale	U.M.	Necesar pentru 1 m ³		Economie
		balast sta- bilizat cu ciment	balast sta- bilizat cu zgură gra- nulată	
Balast	kg	1700	1241	459
Zgură granulată	kg	-	425	-
Ciment	kg	85	-	85
Var	kg	-	34	-
Apă	kg	136	136	-
Prețul de cost	lei/m ³	82,8	60,4	22,4
	%	-	-	25
Consum energetic	kgcc/m ³	30,5	17,3	13,2
	%	-	-	40

Tabelul 4.3

Materiale	U.M.	Necesar pentru 1 m ³		Economie
		nisp sta- bilizat cu ciment	nisp sta- bilizat cu zgură gra- nulată	
Nisp	kg	1650	1122	538
Zgură granulată	kg	-	525	-
Ciment	kg	100	-	100
Var	kg	-	48	-
Apă	kg	152	152	-
Prețul de cost	lei/m ³	113,1	81,3	31,8
	%	-	-	27
Consum energetic	kgcc/m ³	32,8	19,0	13,8
	%	-	-	40

- reducerea substanțială a cantităților de ma-
teriale tradiționale cu până 30 %, concomitent cu creșterea

...//...

capacității portante a straturilor executate;

- realizarea unor importante economii de lianți hidraulici și reducerea prețului de cost pentru aceeași unitate de măsură;

- se măresc posibilitățile de folosire a materialelor locale prin îmbunătățirea caracteristicilor fizico-mecanice obținute prin procesul de stabilizare;

- punerea în operă a acestor materiale stabilizate se face direct sub circulație, traficul rutier participând la desăvârșirea procesului de compactare;

- straturile stabilizate din materiale granulare și zgură granulată de furnal înalt, au contracții mai reduse în exploatare și o creștere substanțială a rezistențelor mecanice în timp;

- se apreciază că pentru realizarea unui amestec omogen și a unui strat cu aceeași capacitate portantă pe toată suprafața, amestecul pe loc al materialelor trebuie realizat cu utilaje adecvate, iar procesul de omogenizare să fie realizat complet;

- menționăm faptul că ar fi absolut necesar să se efectueze un studiu amplu privind stabilirea zonelor, în care se poate folosi cu eficiență maximă acest subprodus industrial de o deosebită importanță pentru domeniul rutier.

4.1.2 Macadamuri penetrate la rece cu emulsie bituminoasă

În perioada actuală în domeniul construcției drumurilor se fac eforturi deosebite de a se găsi noi tehnologii de realizarea straturilor rutiere și mai ales a îmbrăcămintelor drumurilor cu un consum redus de energie și materiale energointensive.

În acest sens se caută să se experimenteze tot mai multe tehnologii care să conducă la consum redus de bitum (material energointensiv) pe kilometru de drum executat. Una din tehnologiile care răspunde acestei deziderat este realizarea macadamurilor penetrate la rece cu emulsie bituminoasă cationică.

Între anii 1980...1982 s-au executat sectoare experimentale de macadam bituminos realizat la rece în cadrul

Direcției județene de drumuri și poduri Timiș și Direcției de drumuri și poduri Timișoara. Condițiile de execuție precum și soluțiile aplicate au fost diferite, prin aceasta urmărindu-se utilizarea cât mai largă a materialelor locale existente în zonele respective.

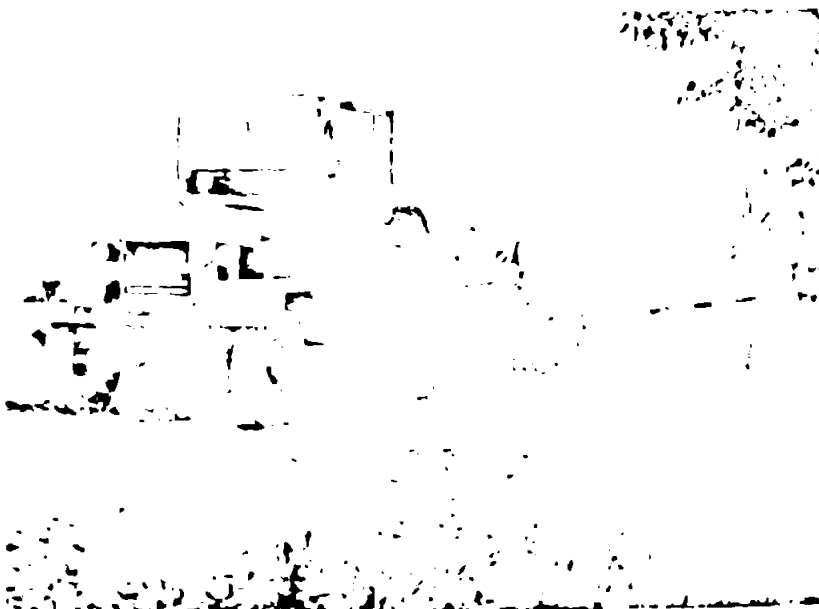
Capacitatea portantă la care au fost dimensionate sistemele rutiere executate este pentru un modul de deformație liniară echivalent necesar de 450 daN/cm^2 , corespunzător îmbrăcămintei provizorii. Sectoarele experimentale s-au executat în zone climatice diferite, pe D.C. 215 între Cărpiniș și Checea într-o zonă de șes, pe D.N. 7 A lângă Petroșani într-o zonă muntoasă cu precipitații abundente și pe D.N. 57 pe malul Dunării.

Materialele utilizate la executarea sectoarelor experimentale, au fost următoarele:

- piatra spartă normală sort 40 - 63 sursele fiind diferite, funcție de zona unde s-a executat sectorul;
- splitul sort 8 - 16 și 16 - 25;
- criblura sort 3 - 8 ;
- emulsia bituminoasă cationică, cu rupere rapidă de la rafinăria Ploiești.

4.1.2.1 Tehnologia de execuție

Peste pietruirea existentă reprofilată și compactată s-a așternut în două reprize piatră spartă normală sort 40 - 63, fiecare repriză fiind compactată cu compactorul cu rulouri nete de pînă la fixare. Așternerea pietrei sparte s-a efectuat mecanic



cu ajutorul autogrederului sau grederului cu acționare hidraulică (fig. 46). La împănșterea pietrei sparte s-a urmărit realizarea unei texturi corespunzătoare a materialului din strat. Consumul de piatră spartă a fost cuprins între $150 \dots 170 \text{ kg/m}^2$. Grosimea stratului de piatră spartă după compactare a

Fig. 4.6 Așternerea pietrei sparte

fost de 8 cm. După executarea stratului de piatră spartă s-a trecut la împănare, operație realizată în mai multe soluții, cantitatea de material pe metru patrat fiind funcție de materialele utilizate pentru această operație.

Penetrarea stratului de piatră spartă s-a efectuat cu emulsie bituminoasă cationică (fig. 4.7) în două reprize, după fiecare repriză împrăștiindu-se split sau criblură urmată de cilindrare.

Inchiderea macadamului penetrat s-a realizat cu tra-

tamente bituminoase simple sau duble executate cu emulsie bituminoasă și criblură sort 3 - 8. Sistemele rutiere executate pe sectoarele experimentale sînt cele din fig. 4.8 aplicat pe D.C. 215, fig. 4.9 aplicat pe D.C. 57 și fig. 4.10 aplicat pe D.N. 7 A. Pe D.N. 57 macadamul penetrat cu emulsie bituminoasă, a fost executat cu piatră

Fig. 4.7 Penetrarea cu emulsie bituminoasă

spartă și criblură de la cariera Mala, material care după cum am văzut în capitolul 2 este de natură calcaroasă. Piatra spartă sort 40 - 63 a fost curată și bine calibrată.

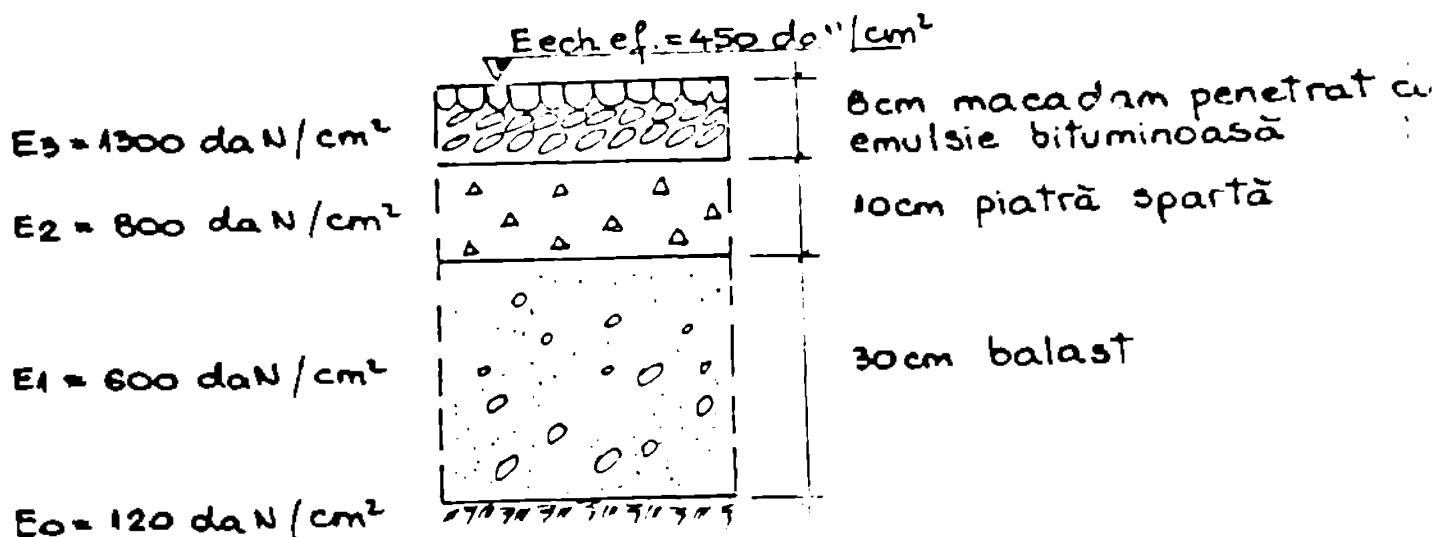


Fig. 4.8. Sistem rutier executat pe D.C. 215

Tehnologia de execuție a macadamului penetrat pe sectoarele experimentale, s-a diferențiat în soluțiile aplicate la împănare și penetrare, această operație realizându-se cu

..//..

materialele existente în zonă. Sectoarele experimentale s-au executat în anul 1980 pe D.C. 215, în anul 1981 pe D.N. 7 A și în anul 1982 pe D.N. 57.

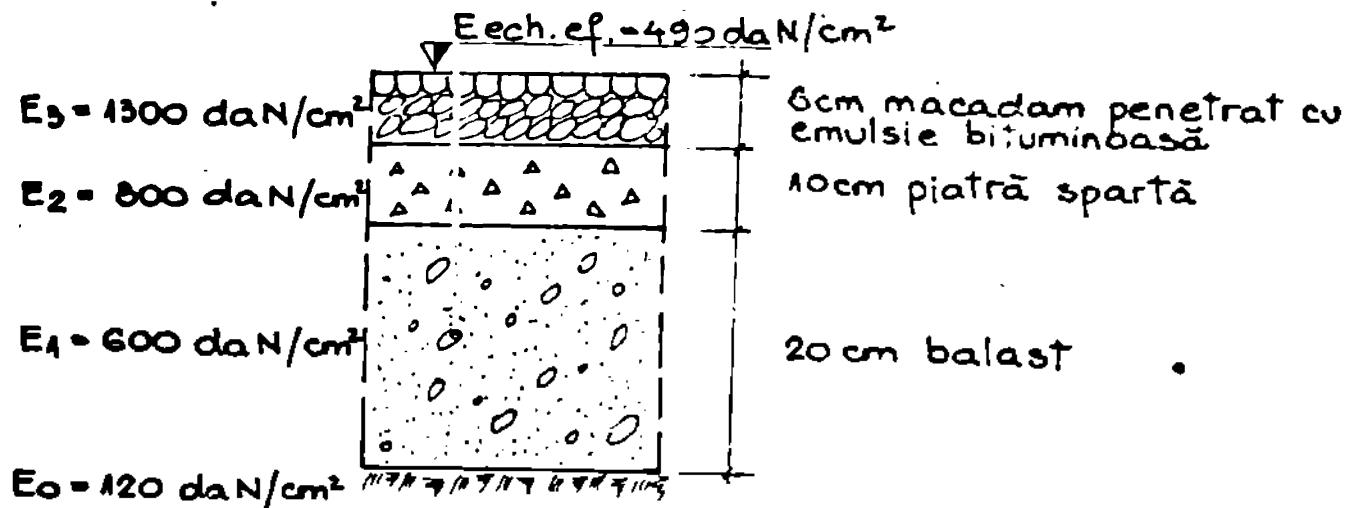


Fig. 4.9. Sistem rutier executat pe D.N. 57

Sistemele rutiere din fig. 4.8; 4.9 și 4.10, sînt diferite ca alcătuire, dar au aceeași capacitate portantă, lucru posibil deoarece capacitatea portantă la nivelul patului drumului este de 90 daN/cm^2 pe D.C. 215, 120 daN/cm^2 pe D.N. 57 și 150 daN/cm^2 pe D.N. 7 A.

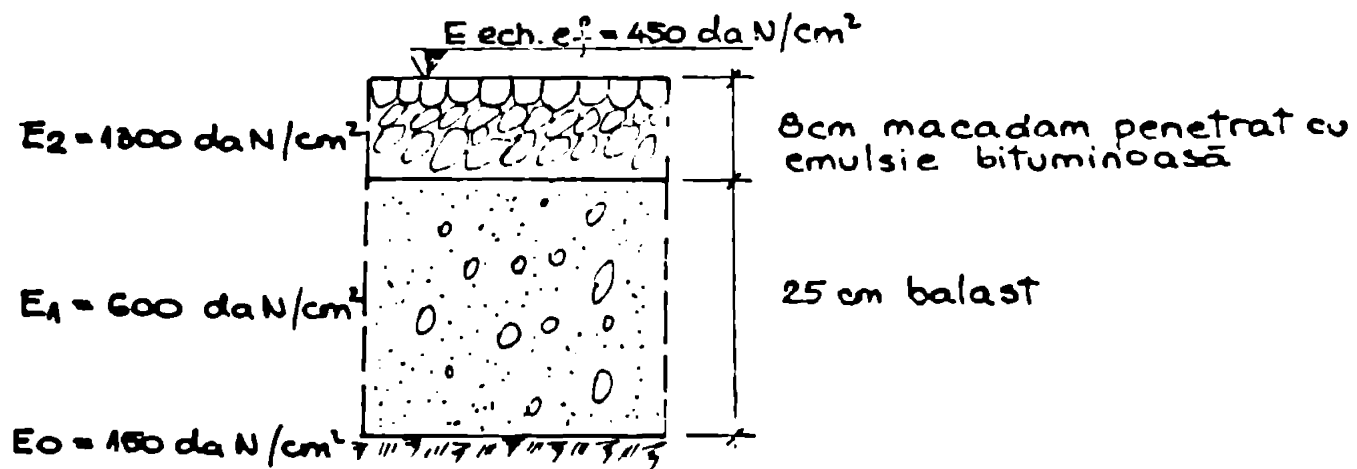


Fig. 4.10. Sistem rutier executat pe D.N. 7A

Soluțiile tehnice de împănare și penetrare aplicate pe sectoarele experimentale executate, au fost următoarele: pe D.C. 215 km. 4 + 600 - 4 + 750 împănarea pietrei sparte s-a efectuat cu split sortul 16 - 25 în cantitate de $9...10 \text{ kg/m}^2$, apoi s-a trecut la penetrarea cu emulsie bituminosă în două reprize în cantitate de $1,9...2,0 \text{ kg/m}^2$ la prima penetrare și $1,6...1,8 \text{ kg/m}^2$ la a doua penetrare. După fiecare penetrare s-a răspîndit split în cantitate de $10...11 \text{ kg/m}^2$. Închiderea macadamului s-a realizat cu un tratament bituminos simplu cu criblură sort 3...8. Sectorul

...//...

terminat se prezintă în fig. 4.11.

Pe o lungime de 430 m. pe D.N. 7 A km. 99 + 000 - 99 + 500 împănarea pietrei sparte s-a executat cu criblură sort 16 - 25 preanrobata cu bitum, dozajul de bitum fiind de 1,5 %. Preanrobarea criblurii s-a făcut în instalația I.P.M.A., iar cantitatea de material utilizat a fost de 20 kg/m². După așternerea criblurii anrobate cu bitum s-a trecut la compactarea acesteia până la fixare în stratul de piatră spartă. Impermeabilizarea imbrăcămintei s-a realizat printr-un tratament bituminos dublu, primul tratament făcându-se cu emulsie bituminoasă în cantitate de 2,1 kg/m² și criblură sort 16 - 25 în cantitate de 20 kg/m², iar la al doilea tratament bituminos cantitatea de emulsie bituminoasă a fost de 1,2 kg/m², iar cea de criblură sort 3 - 8 de 16 kg/m².

Intre km. 99 + 500 - 99 + 600 și 99 + 900 - 99 + 980 împănarea pietrei sparte s-a efectuat cu zgură granulată de Huedoara pe primul tronson și zgură granulată de la Călan pe al doilea sector, sort 0 - 8 în cantitate de 12...14 kg/m², în continuare execuția sectorului s-a realizat ca pe D.C. 215.

Fig. 4.11 Macadam penetrat la rece pe D.C. 215

De la km. 99 + 980 - 100 + 070 stratul de macadam

s-a împănăat cu anrobat bituminos preparat din agregate locale (balast), anrobate cu bitum în dozaj de 3,0...3,5 %. Balastul utilizat a avut dimensiunea maximă a granulelor de 30 mm. Cantitatea de anrobat bituminos folosită la împănare a fost de 30...35 kg/m². Impermeabilizarea macadamului penetrat s-a realizat cu un tratament bituminos.

Intre km. 99 + 600 - 99 + 800 împănarea macadamului s-a executat cu beton asfaltic cu agregat mare (20d₂₅) în cantitate de 50 kg/m². Impermeabilizarea s-a realizat cu un tratament bituminos simplu cu criblură sort 3 - 8.

Pe D.N. 57 soluțiile de împănare au fost cu criblură sort 8 - 16 pe o lungime de 500 m la km. 25 + 100 - 25 + 600 iar penetrarea și închiderea macadamului s-a executat ca pe D.C. 215.

...//...

A doua soluție de execuție a fost ca pe D.N. 7 A km. 99 + 600 - 99 + 800 [35].

La executarea macadamurilor penetrate la rece o atenție sporită trebuie acordată penetrării emulsiei bituminoase, aceasta realizându-se uniform și în cantitatea prevăzută, porțiunile nereușite refăcându-se.

4.1.2.2 Comportarea în exploatare

După o perioadă de exploatare de 2...4 ani suprafața de rulare a îmbrăcămintei din macadam penetrat la rece este corespunzătoare din punct de vedere al planității și uniformității. Singurele defecțiuni apărute pe aceste sectoare au fost cele de tipul gropilor care au fost izolate. Pentru a determina cauzele care au dus la apariția acestor defecțiuni, s-au efectuat studii în laborator și s-a ajuns la concluzia că acestea se datoresc în principal unor imperfecțiuni în tehnologia de execuție și în special nereușita penetrării sub aspectul uniformității acesteia și a tratamentului de închidere.

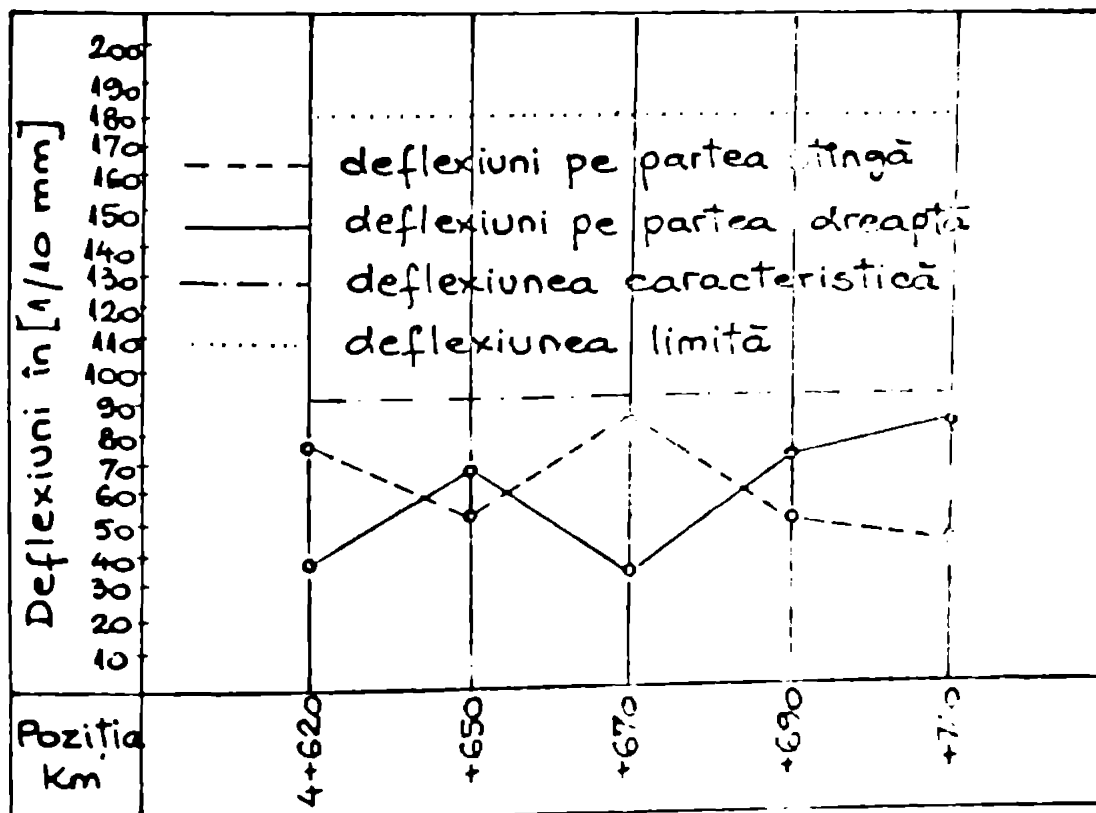


Fig. 4.12. Deflexiuni pe D.C. 215 după 1 an de exploatare

În procesul de stropire al emulsiei bituminoase din cauza impurităților din emulsia bituminoasă se infundă duzele autostropitorului. Acest lucru se poate evita ușor

prin folosirea unei emulsii bituminoase corespunzătoare.

Urmărirea comportării în exploatare a sectoarelor experimentale s-a efectuat prin observații directe și prin determinarea capacității portante a sistemelor rutiere cu ajutorul deflexiunilor elastice măsurate cu deflectometrul cu pîrghie Benkelmann [128].

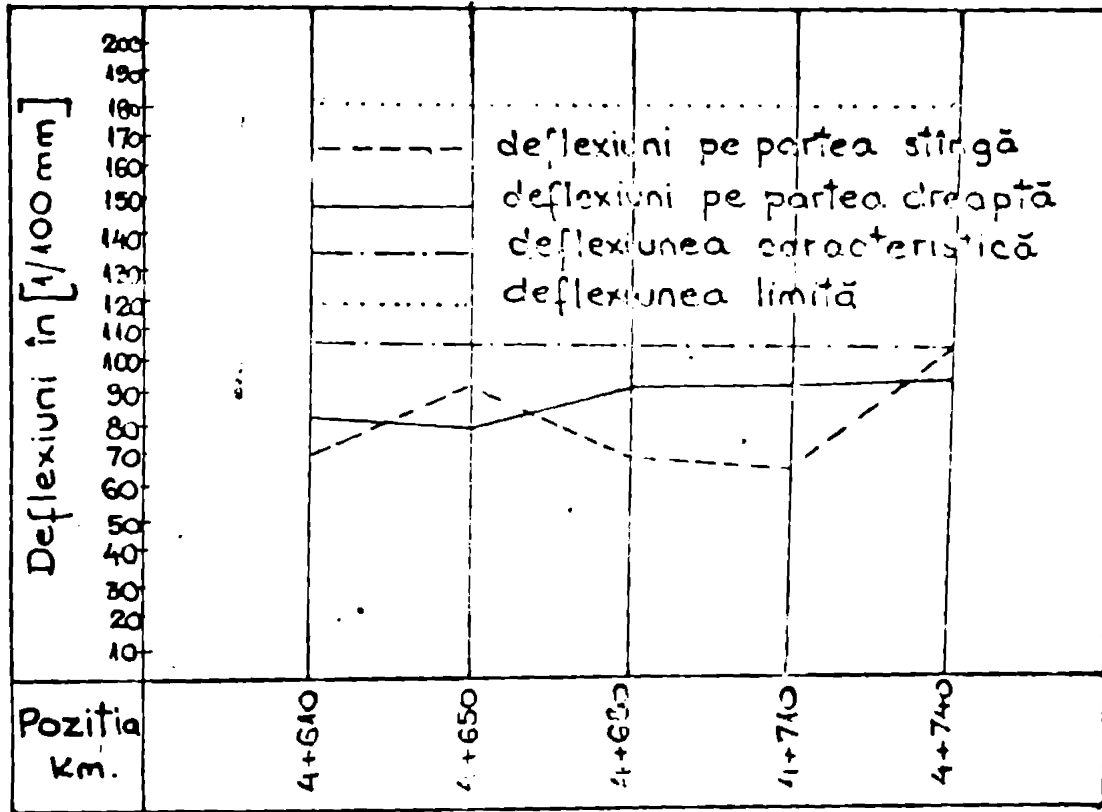


Fig. 4.13 Deflexiuni pe D.C. 215 după 3 ani de exploatare.

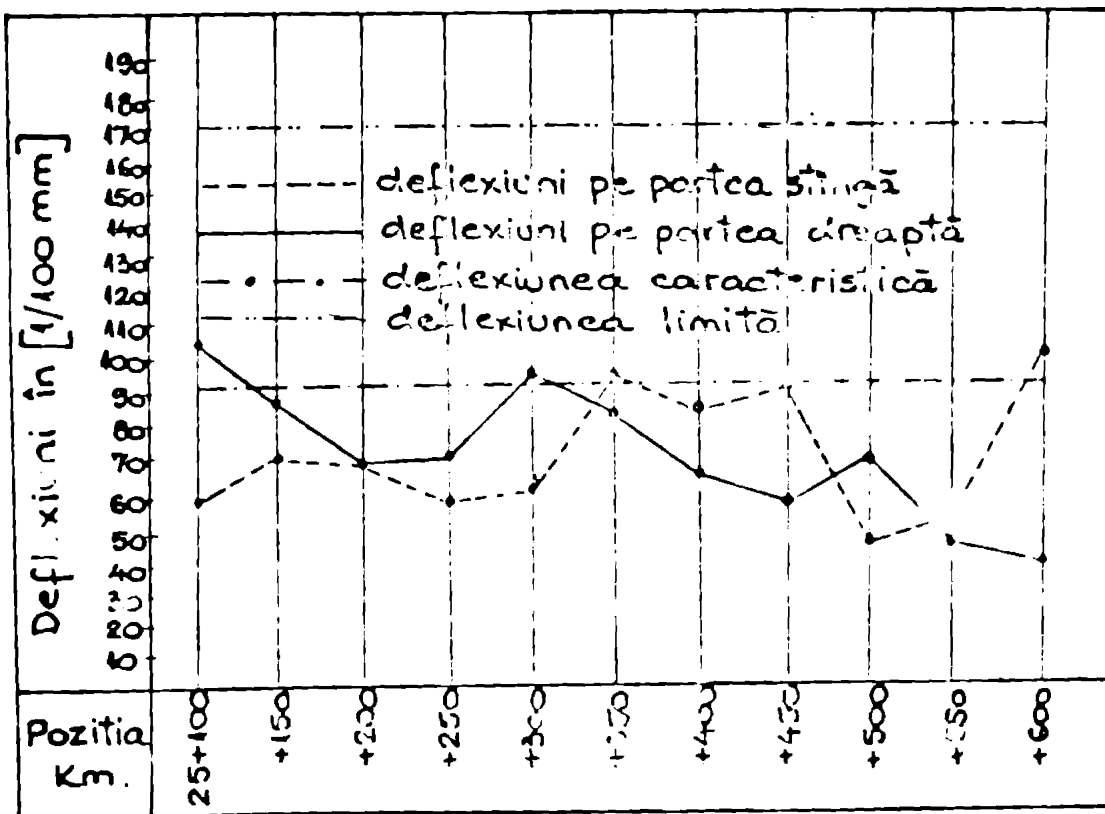


Fig. 4.14. Deflexiuni pe D.N. 57 după 1 an de exploatare

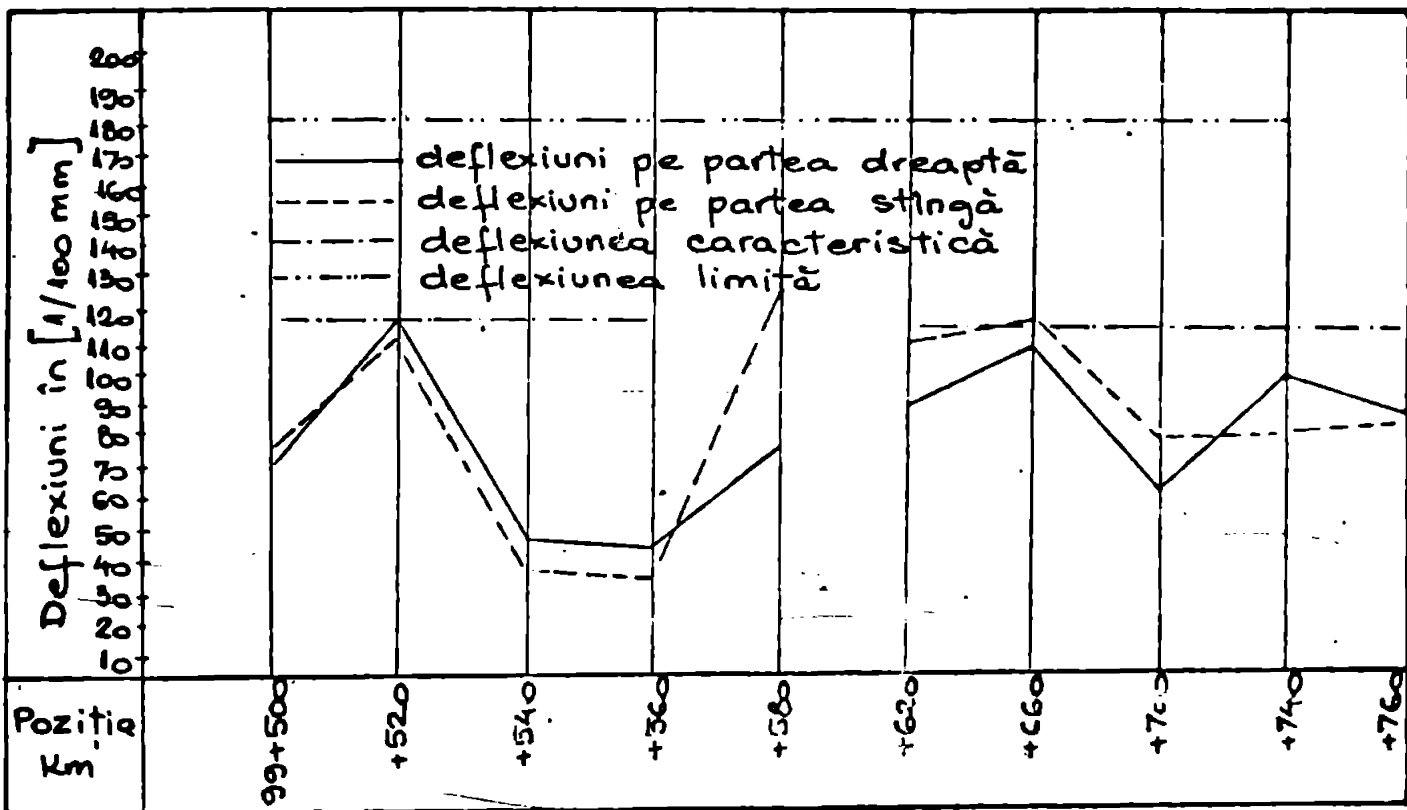


Fig. 4.15. Deflexiuni pe D.N. 7A Km 99+500 ÷ 99+800 după 2 ani de exploatare

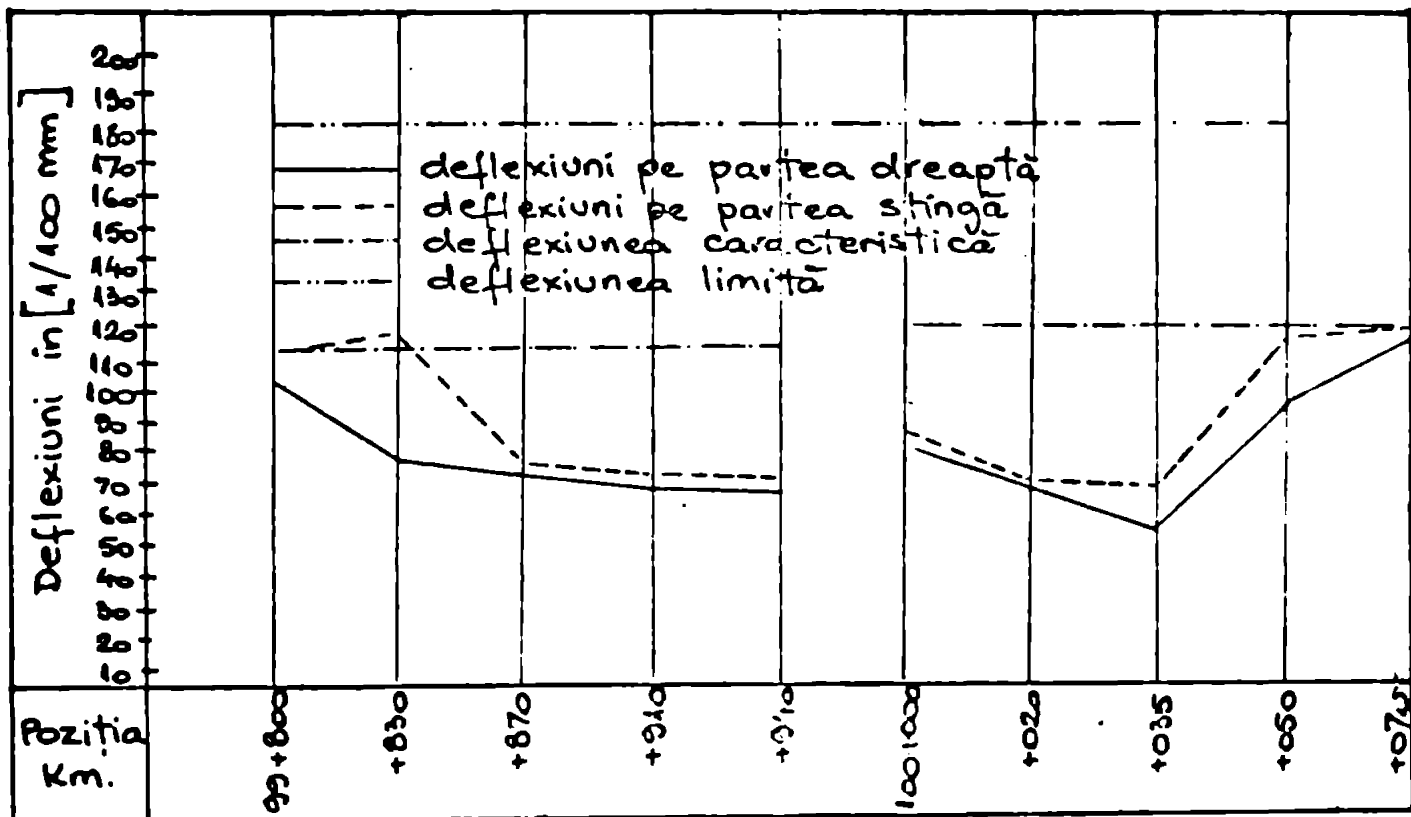


Fig. 4.16 Deflexiuni pe DN 7A Km 99+800 ÷ 100+070 după 2 ani de exploatare.

Pe sectorul de pe D.N. 7 A km. 99 + 500 - 99 + 600 unde împănarea pietrei sparte s-a realizat cu zgură granulată de furnal înalt, au apărut cele mai multe defectuni de tipul gropilor. Acest fapt s-a datorat și fenomenului că zgura granulată de furnal înalt a fost spartă în urma trecerii ruloului compactor pentru cilindrare, datorită acestui lucru penetrarea pietrei sparte cu emulsie bituminosă a fost necorespunzătoare. Pe toate sectoarele experimentale executate măsurarea deflexiunilor elastice s-a efectuat cu deflectometrul cu pîrghie (Benkelmann) în perioade nefavorabile ale anului, primăvara sau toamna cînd complexul rutier lucrează cel mai defavorabil [128].

Deflexiunile măsurate s-au prelucrat statistic determinîndu-se:

$$d_M = \frac{\sum d_i}{n} \quad \left[\frac{1}{100} \text{ mm} \right] \quad (4.4)$$

în care:

d_M este deflexiunea medie, în 1/100 mm

d_i - valorile individuale ale deflexiunilor, în 1/100

mm.

n - numărul valorilor individuale luate în calcul,

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum d_i^2 - n \times d_M^2}{n}} \quad (4.5)$$

în care:

σ este abaterea medie pătratică a șirului de valori.

$$C_v = \frac{\sigma}{d_M} \times 100 \quad (4.6)$$

unde:

C_v este coeficientul de variație.

$$d_{M20} = d_M + k (20 - t) \text{ și} \quad (4.7)$$

$$d_c = d_{M20} + t_d \sigma \quad \left[\frac{1}{100} \text{ mm} \right] \quad (4.8)$$

unde:

k este coeficientul care ține seama de temperatură;

t - temperatura la care s-au măsurat deflexiunile în

oC;

d_{M20} - deflexiunea elastică medie normală, în 1/100 mm;

t_d - coeficient care depinde de suprafața admisă a fi subdimensionată (d) și numărul de valori individuale luate

...//...

în calculul (5) prezentate în tabelul 4.4;

d_0 - deflexiunea caracteristică, în 1/100 mm.

Tabelul 4.4

	50	25	20	15	10	5	2,5	1	0,5
$n \leq 20$	0	0,69	0,86	1,07	1,33	1,73	2,09	2,54	2,86
$n > 20$	0	0,67	0,84	1,04	1,28	1,65	1,96	2,33	2,58

După prelucrarea statistică a tuturor deflexiunilor măsurate după durate de exploatare diferite a sectoarelor experimentale, s-a obținut deflexiunile caracteristice din fig. 4.13; 4.14; 4.15 și 4.16.

Prin interpretarea deflexiunilor din figurile de mai sus se constată următoarele:

- capacitatea portantă a sistemului rutier executat pe sectoarele experimentale este corespunzătoare;

- deflexiunile caracteristice sînt mult sub deflexiunea limită admisă corespunzătoare unei îmbrăcămîți provizorii, ca urmare sistemele rutiere executate cu încă multe rezerve de capacitate portantă;

- soluțiile de împănare și penetrare aplicate influențează în mică măsură capacitatea portantă a complexului rutier, deflexiunile caracteristice avînd valori apropiate;

- soluția de realizare a îmbrăcămîților bituminoase de tipul macadamurilor penetrate la rece se poate executa pe drumuri locale cu trafic ușor sau mijlociu, acestea fiind considerate de tip provizoriu.

În urma executării și urmăririi în exploatare a sectoarelor experimentale realizate din macadam penetrat la rece, se pot formula următoarele concluzii și propuneri:

- sectoarele experimentale se prezintă corespunzător după 2...4 ani de exploatare din punct de vedere al suprafeței de rulare, elementelor geometrice și al capacității portante;

- pentru reușita lucrării, se necesită utilizarea unor materiale corespunzătoare din punct de vedere calitativ, piatra spartă sort 40-63 să fie bine calibrată, în emulsia bituminoasă să fie fluidă și fără impurități;

- se recomandă ca operația de așternere a pietrei sparte să se realizeze cu multă precauție, în așa fel încît suprafața macadamului să aibe aspectul de mozaic, care să-i

permite o împănare și o penetrare corespunzătoare. De asemenea un punct sensibil și deosebit de important, este operația de penetrare a pietrei sparte cu emulsie bituminoasă, care trebuie să realizeze o stropire totală a suprafeței stratului de piatră spartă și în cantitatea stabilită pentru unitatea de suprafață;

- în procesul tehnologic de realizare a îmbrăcămintei trebuie respectate cu strictețe dozajele de emulsie bituminoasă care nu trebuie să depășească cantitatea totală de 6...7 kg/m², iar splitul cantitatea de 25...30 kg/m²;

- soluțiile de împănare a stratului de piatră spartă cu criblură preanrobată și cu anrobat bituminos sînt avantajoase, datorită faptului că aceste materiale realizează o împănare bună a stratului de piatră spartă și în același timp se obține și o bună planitate a suprafeței de rulare;

- soluția de împănare a stratului de piatră spartă cu zgură granulată nu este recomandată, datorită faptului că zgura granulată se sparge sub tamburii rulourii compactor, iar operația de împănare este compromisă;

- capacitatea portantă a complexelor rutiere nu este influențată de soluțiile aplicate la împănarea și penetrarea stratului de piatră spartă;

- datorită condițiilor climatice diferite la care sînt supuse în exploatare sistemele rutiere, procesul de asfaltizare și etanșare a suprafeței de rulare se desfășoară diferit. De aceea macadamurile bituminoase penetrate trebuie executate înainte de începerea sezonului rece și pe cît posibil pe timp frumos și cald;

- energia înglobată în realizarea acestei îmbrăcăminți bituminoase rutiere, precum și costul pe kilometru este inferioară îmbrăcăminților tradiționale și este funcție de distanțele de transport la care se găsesc materialele (tabelul 4.5)

- aceste îmbrăcăminți prezintă avantajul unei tehnologii ușoare, cu posibilități largi de mecanizare a tuturor operațiilor;

- se constată necesitatea executării unui tratament de închidere după un an de exploatare și înaintea sezonului rece și umed pentru prevenirea degradărilor suprafeței de rulare și etanșarea acestora;

- se menționează extinderea acestei tehnologii în condiții specifice (existența pietrei sparte, trafic rutier de intensitate mijlocie etc) pe drumurile locale, deoarece prezintă

tă avantaje tehnico-economice evidente. Consumul de bitum se reduce cu 40 % față de macadamul penetrat cu bitum. De asemenea

Tabelul 4.5

Materiale	U.M.	Necesar la m ² (8 cm gros.)		Economie
		macadam penetrat la cald	macadam penetrat la rece	
Piatră spartă	kg	112...116	150...155	-
Split sort 8-16 și 16-25	kg	45... 60	30... 36	15...16
Pr'blură sort 3-8	kg	10... 15	8... 10	2... 5
Bitum	kg	6... 7	-	3... 3,5
Emulsie bituminoasă (conținut de bitum)	kg	-	6... 7 (3... 3,5)	-
Prețul de cost	lei/m ²	126,3	103,0	23,3
	%	-	-	20
Consum energetic	kgcc/m ²	12,7	7,0	5,7
	%	-	-	40

se elimină pierderile bănești produse economiei de traficul rutier, funcție de starea tehnică necorespunzătoare a suprafeței de rulare a drumurilor, problemă tratată în capitoul 1 al lucrării. Totodată acest tip de îmbrăcăminte bituminoasă se încadrează în principiu în ameliorări progresive prin consolidări succesive", urmând ca pe drumurile locale unde după câțiva ani de exploatare intensitatea traficului crește, să se execute renforșarea acestor sisteme rutiere cu soluțiile clasice [79].

4.1.3 Îmbrăcăminte bituminoasă din beton asfaltic cu agregate naturale calcinate locale

La prepararea mixturilor asfaltice poate fi folosită o gamă largă de materiale locale prelucrate și tratate corespunzător, ceea ce conduce la obținerea unor mixturi asfaltice cu calități tehnice satisfăcătoare și la un preț de cost mult mai redus. Mixturile asfaltice sînt materiale de construcție realizate din amestecuri obținute pe baza unor doze justificabil stabilite, din agregate naturale sau artificiale și filler aglomerate cu bitum printr-o tehnologie adecvată [80].

..//..

În vederea realizării unor sisteme rutiere durabile și în condiții cât mai economice, este evident necesar a se lua în considerare la execuția straturilor acestora într-o mare măsură posibilitatea utilizării materialelor existente în zonă și imediată apropiere. De asemenea se impune ca pentru straturile bituminoase, să se utilizeze cât mai rațional materialele locale, proiectându-se în acest scop mături asfaltice care să reziste solicitărilor traficului și să se comporte corespunzător în condițiile climatice specifice de exploatare.

Având în vedere caracteristicile fizico-mecanice bune ale măturilor asfaltice preparate în laborator (capitolul 3) cu criblură provenită de la cariera Mala, s-a executat în anul 1981 un sector de drum cu o îmbrăcămintă bituminoasă din beton asfaltic bogat în criblură (Ba₁₆) pe D.N. 57 km 15 + 500 - 18 + 000. (Orșova - Moldova - Noua)

Sistemul rutier executat a fost cel din fig. 4.17.

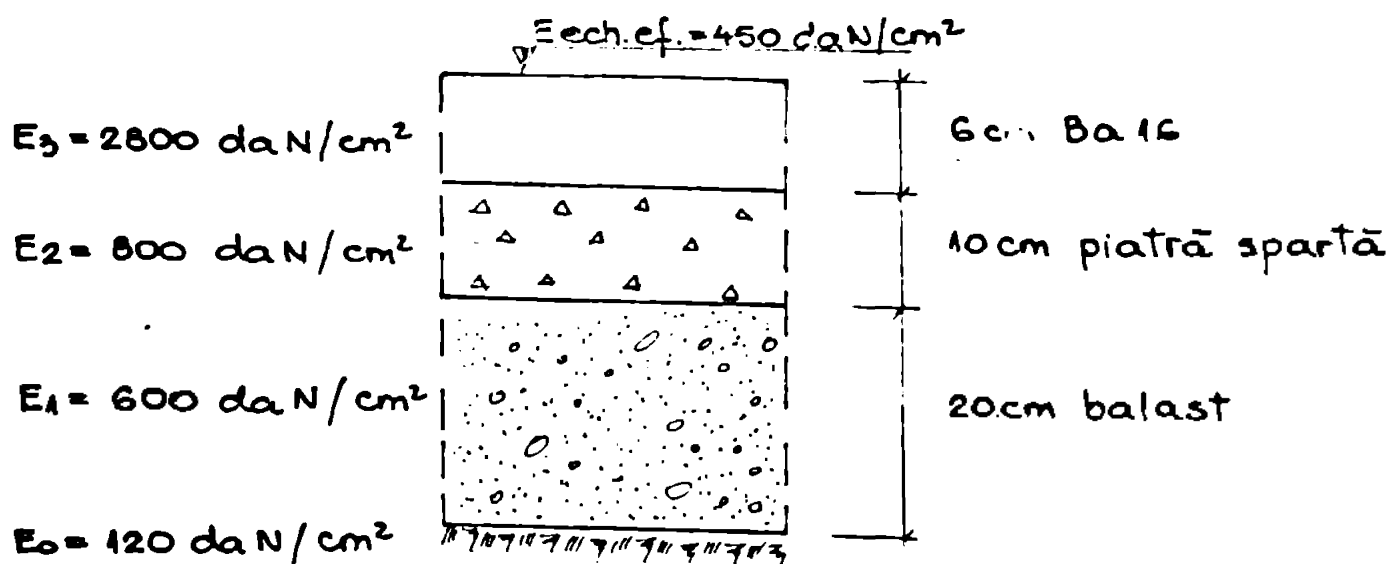


Fig. 4.17 Sistem rutier cu îmbrăcămintea bituminoasă

Betonul asfaltic cu agregat mărunt bogat în criblură a fost preparat în instalația de preparat mături asfaltice de tipul A.N.G. Compoziția granulometrică a amestecului de agregate este cea din fig. 3.45 și corespunde următorului dozaj:

- | | |
|---------------------------|--------|
| - criblură sort 3 - 8 | 30 % ; |
| - criblură sort 8 - 16 | 30 % ; |
| - nisip natural 0 - 7 | 15 % ; |
| - nisip de concasaj 0 - 3 | 15 % ; |
| - filer de calcar | 10 % . |

Pentru calculul dozajului de liant s-a utilizat metoda suprafeței specifice a agregatului :

..//..

$$b = \alpha \times k \sqrt[5]{S} \quad [\%] \quad (4.9)$$

unde:

b este procentul de bitum raportat la masa m'x-turii asfaltice, în %;

α - un coeficient de obicei egal cu 1;

S - Suprafața specifică a amestecului de agregate, în cm^2/g .

Pentru calculul suprafeței specifice s-a folosit relația:

$$100S = 0,17 A + 0,32 N + 2,30 a + 12 n + 135 f \quad (4.10)$$

unde:

A este cantitatea de materiale cu fracțiunea mai mare de 10 mm, în %;

N - cantitatea de agregate cu dimensiunea cuprinsă între 5...10 mm, în %;

a - cantitatea de agregate cu dimensiunea cuprinsă între 0,315...5 mm, în %;

n - cantitatea de agregate cu dimensiunea cuprinsă între 0,09...0,315 mm, în %;

f - cantitatea de filer cu dimensiunea sub 0,09, în %.

Calculul dozajului de bitum s-a efectuat cu relația:

$$b' = \frac{b}{100 + b} \cdot 100 \quad [\%] \quad (4.11)$$

unde:

b' este cantitatea de bitum raportată la 100 părți agregate, în %.

Aplicând relațiile 4.9; 4.10 și 4.11, la compoziția granulometrică a amestecului din fig. 3.45 s-a obținut un procent de bitum de 6,7%.

Transportul m'xturii asfaltice s-a efectuat cu autobasculante de 70 kN la o distanță de circa 20 km. Funerea în operă a fost realizată cu repartizatorul de m'xturi asfaltice, iar compactarea s-a efectuat cu compactorul cu rulouri netede de 100...120 kN. Gradul de compactare obținut a fost de 98%.

După execuția sectorului pentru a vedea compoziția granulometrică și caracteristicile fizico-mecanice ale m'xturii asfaltice realizate pe șantier, în îmbrăcămintea exe-

cutată, s-au prelevat mai multe carote, iar acestea au fost analizate în laboratorul de drumuri al Catedrei de drumuri, fundații și instalații în construcții. În fig. 4.20 sînt prezentate curbele granulometrice ale scheletului mineral obținut pe carotele prelevate din îmbrăcăminte.



Fig.4.18 Prepararea mixturii asfaltice

Caracteristicile fizico-mecanice medii ale mixturii asfaltice, determinate pe epruvete

cubice și tip Marshall sînt cele din tabelul 4.6.

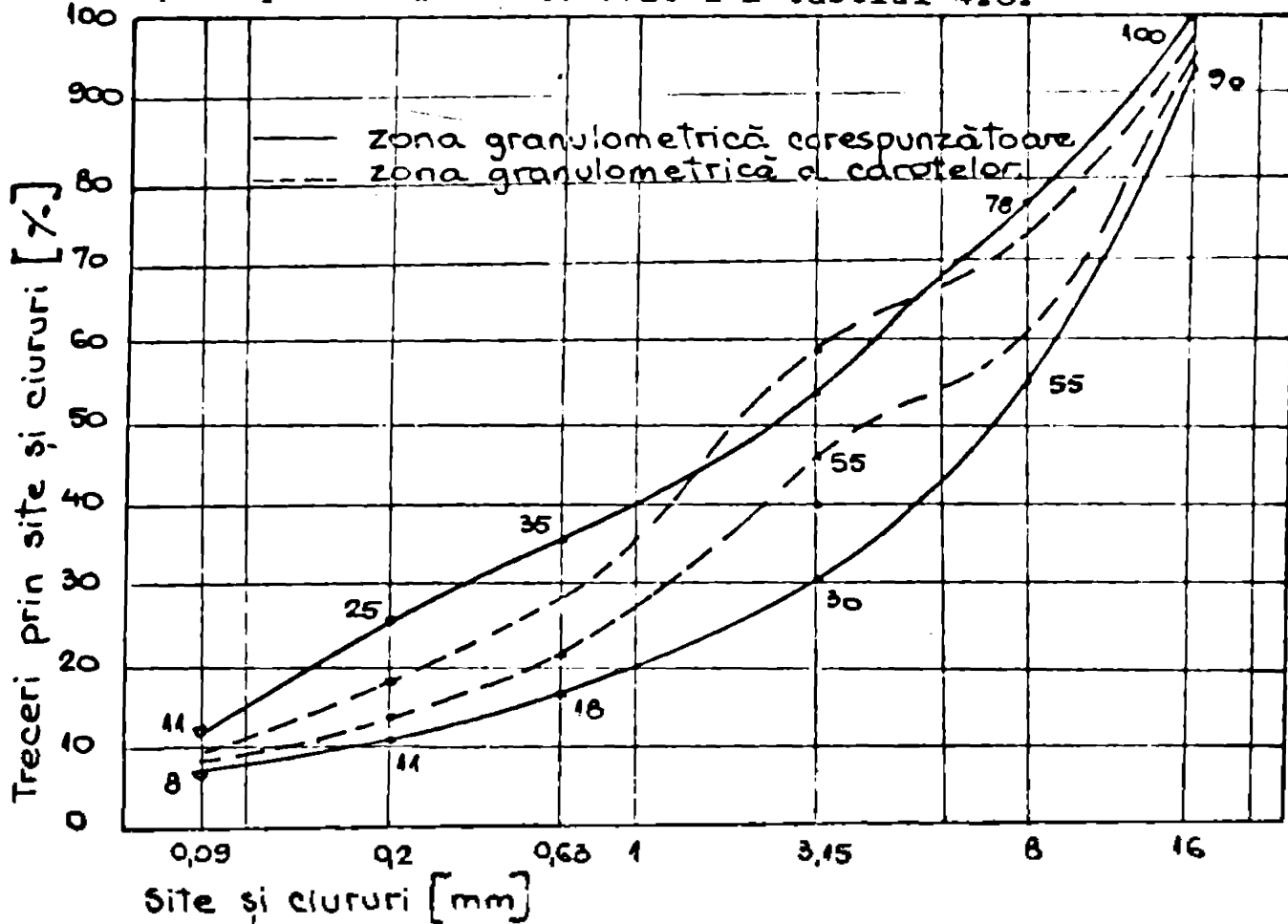


Fig. 4.20 Curbele granulometrice pentru B.a. 16. Tabelul 4.6

Nr. ord.	Caracteristici	U.M	Mixtură Ba ₁₆
			media pe carote
0	1	2	3
1.	Densitatea aparentă	g/cm ³	2,23

...//...

0	1	2	3
	2. Rezistența la compresiune la 22 °C	daN/cm ²	30
	3. Rezistența la compresiune la 50 °C	daN/cm ²	8,0
	4. Stabilitatea Marshall	daN	555
	5. Indicele de fluaj	mm	6,6
	6. Absorbția de apă	%	1
	7. Umflarea	%	0

Conținutul de bitum determinat cu aparatul Soxhlet a rezultat între 7,0...7,5 %, el fiind peste limitele prescrise în normative [135], unde pentru Ba₁₆ procentul de bitum maxim este de 6,7 %.

Urmărind fig. 4.20 și tabelul 4.6 s-au putut formula următoarele constatări:

- compoziția granulometrică a agregatului natural la carotele extrase din îmbărcămîntea executată nu s-a încadrat în zona corespunzătoare, amestecul avînd lipsă fracțiunea de criblură sort 3 - 8;

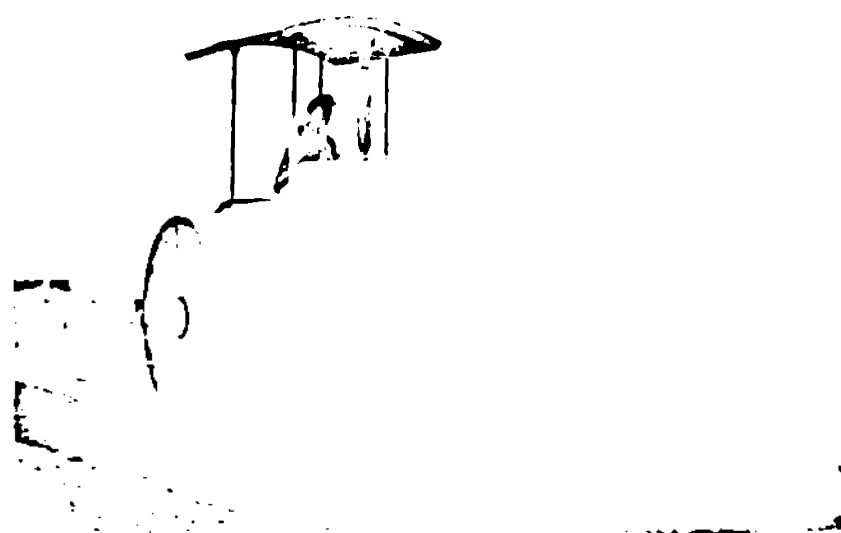


Fig. 4.19 Compactarea mîxturii asfaltice

- caracteristicile fizico-mecanice ale mîxturii sînt corespunzătoare;

- absorbția de apă și umflarea sînt bune, mîxtura fiind bine compactată în strat, iar agregatele folosite la prepararea ei au fost curate;

- avînd în vedere faptul că roca de natu-

ră calcaroasă în procesul de concasare realizează o criblură sort 3 - 8 necorespunzătoare, este necesar ca pentru aceste cazuri compoziția granulometrică a amestecului de agregate să se înscrie în zona de granulozitate propusă în fig. 4.21;

- caracteristicile fizico-mecanice ca: rezistența la compresiune, stabilitatea Marshall și indicele de fluaj

au valori la limita celor admise, din cauza excesului de bitum în mixturile preparate pe șantier, acesta avînd valori de 7,0...7,7 % .

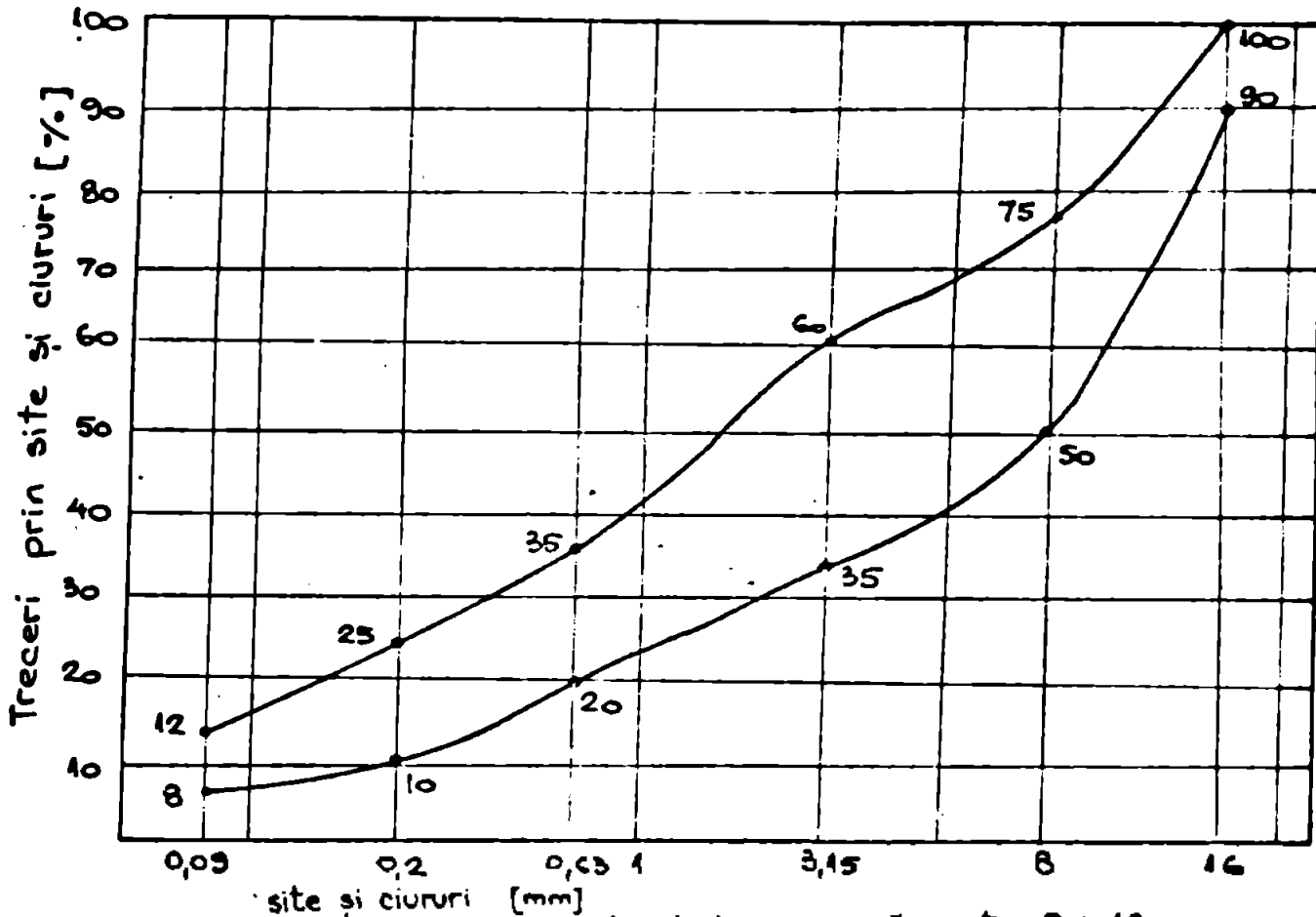


Fig 4.21 Zona de granulozitate propusă pentru B.a.16

Comportarea în exploatare a acestui sector este corespunzătoare, singurele defecțiuni caracteristice îmbrăcămintilor bituminoase care au apărut pe porțiuni relativ scurte, au fost suprafețele exudate. Acestea au fost remediate prin tratarea lor cu nisip de concasaj. De asemenea s-a urmărit și evoluția capacității portante a complexului rutier, prin măsurarea deflexiunilor elastice cu deflectometrul cu pîrghie.

În fig. 4.22 se prezintă valorile deflexiunilor elastice măsurate după 2 ani de exploatare a complexului rutier.

Deflexiunile obținute și ilustrate în fig. 4.22 arată o comportare bună a acestor îmbrăcămîți bituminoase, executate cu mixtură asfaltică preparată cu criblură de la cariera Măla, desigur trebuie urmărit și în continuare comportarea sectorului experimental pentru a se putea concluziona asupra acestuia.

Menționăm că pe drumurile locale cu trafic ușor și mijlociu și mai ales în zonele unde există acest material local se poate executa astfel de îmbrăcăminti bituminoase.

Executarea celor 2,5 kilometri de îmbrăcăminte bituminosă cu acest tip de mixtură ^(Ball) a condus la o economie

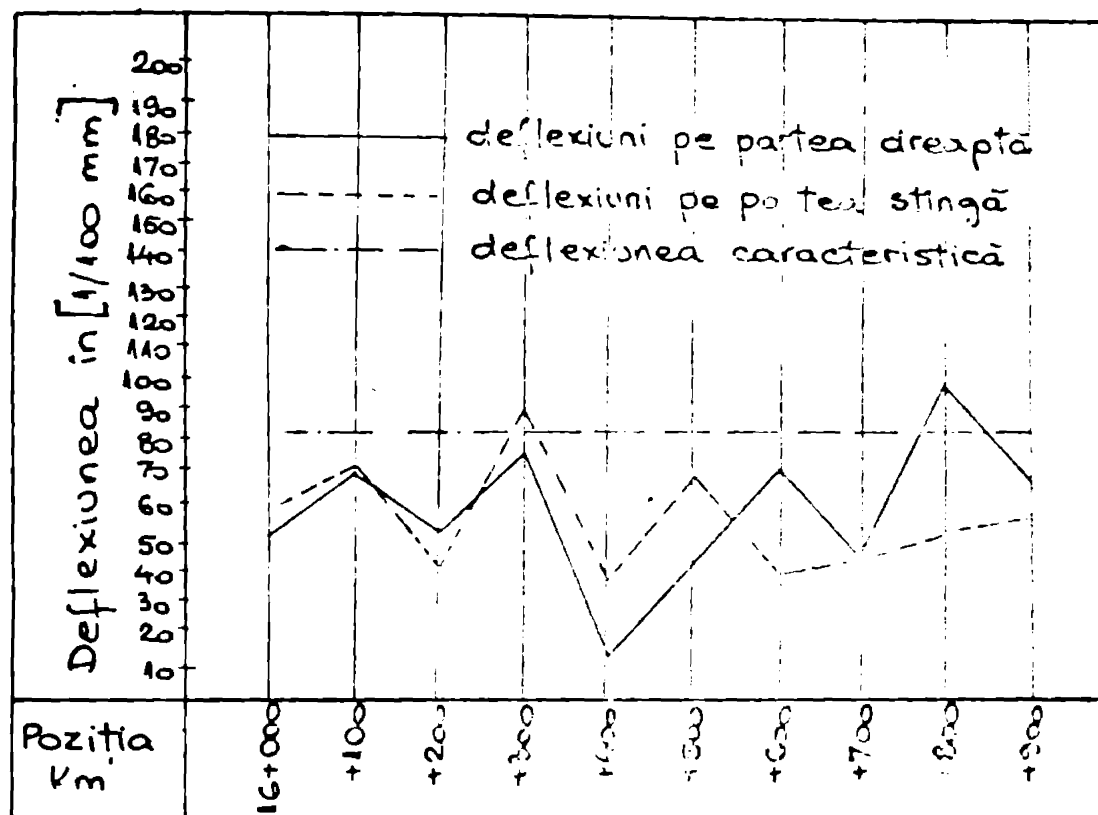


Fig. 4.22. Deflexiuni după 2 ani de exploatare pe D.N. 57 Km 16+000 - 16+900

de 50.000 lei față de executarea aceluiași sector cu criblură transportată pe calea ferată de la carierele care produc cribluri cu caracteristici corespunzătoare pentru prepararea mixturilor asfaltice.

7

4.2 Noi tehnologii de realizarea a sistemelor rutiere rigide

În cazul sistemelor rutiere rigide îmbrăcămintea constituie elementul principal de rezistență și în consecință, comportarea sistemului rutier în exploatare se confundă cu comportarea îmbrăcămintei.

În țara noastră construcția drumurilor din beton de ciment a început în anul 1932 executându-se un sector pe D.N. 1 lângă Predeal. La 1 ianuarie 1984, din totalul de drumuri publice modernizate la noi în țară, 1959 kilometri (circa 5 %) erau drumuri cu îmbrăcămintă din beton de ciment.

Având în vedere durata de exploatare relativ mare a acestor îmbrăcămintă rutiere (20...30 ani) se impune

...//...

cunoașterea tuturor aspectelor care se referă la dimensionarea și alcătuirea sistemului rutier și în primul rând stabilirea compoziției betonului și rezolvarea tehnologiilor de execuție. În această perioadă a crizei de energie, este pe deplin justificată orientarea administrației drumurilor spre aplicarea în cazul modernizării, a îmbrăcămintelor rigide, bitumul urzind a fi utilizat, în primul rând pentru întreținerea îmbrăcămintelor bituminoase.

Se menționează faptul că la ultimele congrese mondiale și la diferite simpozioane internaționale [139, 140] s-a accentuat tot mai mult problema utilizării materialelor locale stabilizate cu lianți hidraulici la realizarea stratului suport (fundatie) al îmbrăcămintelor din beton de ciment. Aceste structuri asigură un suport uniform și stabil pentru îmbrăcămintele din beton de ciment, împiedecând tasarea inegală a dalelor și măriind durata de exploatare a lucrărilor.

4.2.1 Fundații din pământuri stabilizate cu lianți rușolanici pentru sistemele rutiere rigide

În baza experimentărilor de laborator prezentate în capitolul 3 paragraful 3.3.2 s-a trecut la realizarea unor sectoare experimentale de sisteme rutiere rigide alcătuite dintr-o dală de beton de ciment în grosime de 17 sau 18 cm, așezată pe o fundație realizată în una din variantele din fig. 4.23.

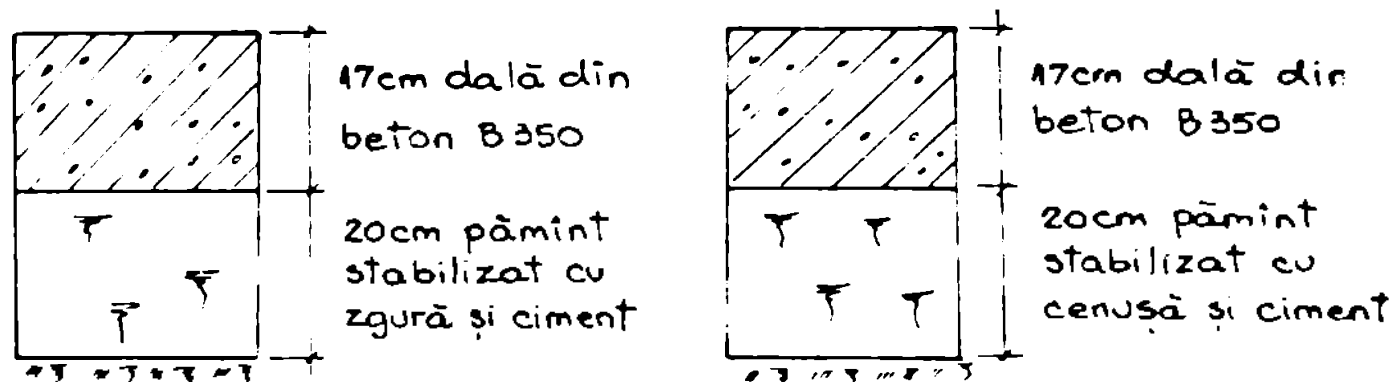


Fig. 4.23. Sisteme rutiere experimentate pe D.N. 59B.

Sectoarele experimentale s-au executat pe D.N.59 B km. 45 + 700 - 46 + 100. (Cruceni - Grăniceri)

La prepararea materialelor stabilizate necesare executării straturilor de fundație s-a utilizat următoarele

...//...

dozaje:

- pământ stabilizat cu cenușe de termocentrală:
 - . pământ 75 %;
 - . cenușe de termocentrală de la Mintia 20 %;
 - . ciment 5 %;
 - . apă de amestec 16 %.
- pământ stabilizat cu zgură granulată:
 - pământ 75 %;
 - zgură granulată de la Reșița 22 %;
 - ciment 3 %;
 - apă de amestec 14 %.

4.2.1.1 Tehnologia de execuție a fundațiilor rutiere executate din pământ stabilizat

Realizarea fundațiilor s-a făcut în două variante tehnologice de execuție și anume:

- prepararea amestecului pe loc (în situ) folosind utilaje adecvate;
- prepararea amestecului în stații fixe.

4.2.1.1.1 Tehnologia de execuție pe loc

Execuția straturilor de fundație a sistemelor rutiere rigide s-a realizat din pământ stabilizat cu zgură granulată de furnal înalt și cenușe de termocentrală activate cu ciment.

Evacuarea și drenarea apelor de suprafață, respectiv de adâncime, s-a realizat prin rigole de scurgere a apelor de suprafață, îndepărtarea pământului suprafețit, executarea unor drenuri longitudinale de acostament care să ducă la scăderea nivelului apelor subterane când acesta este ridicat.

Aducerea stratului de pământ la cota necesară încât după compactare pământul stabilizat să fie la cota prevăzută în proiect, s-a realizat prin lucrări de rambleu și debleu. Scarificarea pământului pe adâncimea de 20...25 cm. (dacă aducerea la cotă s-a făcut prin lucrări de debleu) s-a realizat cu autogrederul. Fărășitarea pământului s-a efectuat cu grape cu

...//...

discuri. Pământul s-a fărâmițat pînă cînd bulgării de pământ au fost aduși la dimensiunea de aproximativ 5 mm iar gradul de fărâmițare (relația 4.12) obținut a fost de 82 %.

$$G_f = \frac{G_2}{G_1 + G_2} \times 100 \quad [\%] \quad (4.12)$$

în care:

G_f este gradul de fărâmițare al pământului, în % ;

G_2 - masa pământului care a trecut prin ciururi de 5 mm, în g;

G_1 - masa materialului rămas pe ciurul de 5 mm, în g.

Amestecarea pământului fărâmițat cu materialele de adaos s-a realizat în situ cu ajutorul autogrederului (fig.

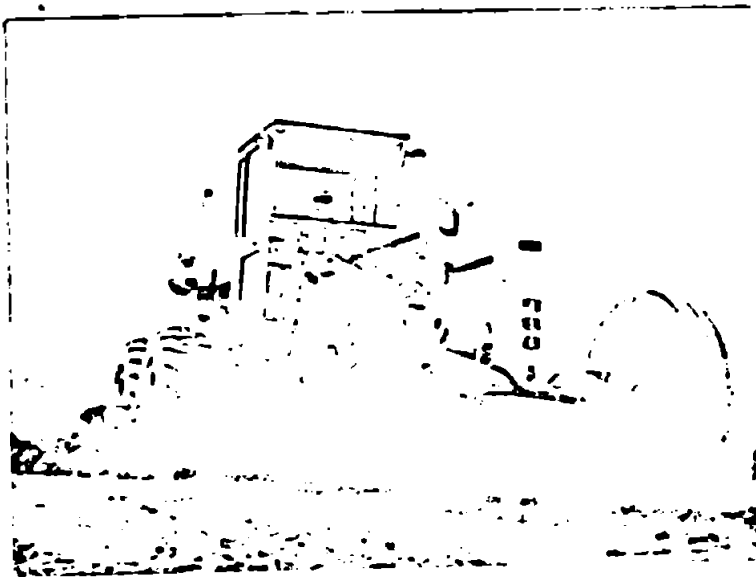


Fig. 4.24 Realizarea stabilizării în situ

4.24). Cantitatea de materiale de adaos prescrisă a fost repartizată uniform pe suprafața pământului fărâmițat, astfel încît în urma amestecării s-a obținut un material omogen. Materialele stabilizatoare (zgura granulată sau cenușa de termocentrală) și activante (cimentul)

s-au așezat în grămezi la distanțe stabilite prin calcul. Distanța dintre grămezi în sens longitudinal s-a calculat cu relația:

$$d = \frac{n \times G_1}{M_{stab} \times L_1} \quad [m] \quad (4.13)$$

unde:

d este distanța dintre grămezi în sens longitudinal, în m ;

n - numărul rîndurilor de grămezi;

G_1 - cantitatea de material dintr-o grămadă, în kg ;

L_1 - lățimea suprafeței de stabilizat, în m.

..//..

Materialele aprovizionate în grămezi la distanțele de 15...20 m în cantități de 1...5 t, au fost repartizate uniform peste stratul de pământ fărâmițat, apoi au fost amestecate cu ajutorul autogrederului prin scarificare și aducerea materialului în cordon și reîmpănșterea lui până s-a obținut un material omogen și uniform. Umiditatea amestecului a fost cea corespunzătoare umidității optime de compactare determinată prin metoda Proctor modificat, fiind de 14 %. Apa necesară pentru obținerea umidității optime de compactare s-a stropit uniform cu ajutorul autocisternei.

În vederea obținerii grosimii impuse de proiect a stratului din material stabilizat, în condițiile realizării densității în stare uscată maximă a fost necesar ca înălțimea stratului așternut să aibe o valoare inițială mai mare cu circa 20 %, aceasta s-a calculat cu relația:

$$h_1 = \frac{h_f}{h_s + h_{ad} + h_{wreal} + h_{pf}} \quad [cm] \quad (4.14)$$

în care:

h_1 este grosimea materialului stabilizat așternut înaintea compactării; în cm;

h_f - grosimea finală a stratului stabilizat, compactat în condițiile obținerii lui ρ_{max} , în cm;

h_s - înălțimea aferentă fazei solide din volumul de pământ luat în considerare (fig. 4.26), în cm;

h_{ad} - înălțimea aferentă materialelor de adaos (stabilizatoare și activante), funcție de procentul prevăzut raportat la volumul unitar, în cm;

h_{wreal} - înălțimea aferentă volumului de apă de adaos ce se introduce în amestec, raportată la volumul unitar, în cm;

h_{pf} - înălțimea volumului de goluri rămase în pământul stabilizat compactat, adus la grosimea finală, în cm.

Pentru determinarea parametrilor ce intră în relația 4.14 a fost necesar să se determine în laborator porozitatea (n), umiditatea (w) și densitatea specifică a pământului (ρ_s), putându-se determina înălțimile volumelor fazelor constituente ale pământului în stare afînată (fig. 4.26 a) și anume:

$$h_{s1} = 1 - n \quad [cm] \quad (4.15)$$

$$h_{w1} = w \times h_{s1} \times \frac{\rho_s'}{\rho_w} \quad [\text{cm}] \quad (4.16)$$

$$h_{p1} = 1 - (h_{s1} + h_{w1}) \quad [\text{cm}] \quad (4.17)$$

Putem determina densitatea aparentă în stare uscată a pământului cu relația:

$$\rho_d' = h_{s1} \times \rho_s' \quad [\text{g/cm}^2] \quad (4.18)$$

Cunoscând densitatea specifică a materialelor de adaos, cât și procentul de adaos, se pot determina înălțimile volumelor de material de adaos raportate la volumul unitar (fig. 4.26 b) și anume:

$$h_{ci} = \frac{p_{ci}}{100} \times \frac{\rho_s'}{\rho_s^{ci}} \quad [\text{cm}] \quad (4.19)$$

$$h_{ce} = \frac{p_{ce}}{100} \times \frac{\rho_s'}{\rho_s^{ce}} \quad [\text{cm}] \quad (4.20)$$

$$h_z = \frac{p_z}{100} \times \frac{\rho_s'}{\rho_s^z} \quad [\text{cm}] \quad (4.21)$$

$$h_v = \frac{p_v}{100} \times \frac{\rho_s'}{\rho_s^v} \quad [\text{cm}] \quad (4.22)$$

de unde:

$$h_{ed} = h_{ce} + h_{ci} \quad \text{sau} \quad (4.23)$$

$$h_{ed} = h_z + h_v \quad (4.24)$$

Valoarea lui h_{wreal} se obține cu relația:

$$h_{wreal} = W_{real} \times h_{s1} \times \frac{\rho_s'}{\rho_w} \quad [\text{cm}] \quad (4.25)$$

unde:

h_{s1}, ρ_s', ρ_w au semnificațiile prezentate mai sus.

Înălțimea volumului de goluri rămase în pământul stabilizat după compactare (h_{pf}) se obține cunoscându-se gradul de umiditate al materialului compactat în condițiile umidității reale (W_{real}) care permite obținerea lui ρ_{dmax} și anume:

$$S_r = \frac{\rho_s' \times W_{real}}{e \times \rho_w} \quad (4.26)$$

în care:

e este indicele porilor pământului stabilizat compactat, determinat în laborator;

$W_{real}, \rho_s', \rho_w$, au semnificațiile prezentate mai sus;

...//...

S_r - gradul de umiditate al materialului stabilizat compactat.

Cunoscându-se valoarea lui S_r se poate determina h_{pf} cu relația :

$$h_{pf} = h_{wreal} \times \frac{1 - S_r}{S_r} \quad [cm] \quad (4.27)$$

După stabilirea grosimii inițiale (h_1) a pământului stabilizat care a rezultat de 24 cm față de 20 cm grosimea finală și așternerea lui s-a trecut la operația de compactare.

Compactarea s-a realizat cu compactoare pe pneuri și compactoare cu ruloare netede, numărul de treceri a fost stabilit astfel încât să obținem pentru pământul stabilizat o densitate în stare uscată maximă, și un grad de compactare de minim 98 %. După compactare, pământul stabilizat cu cenure de

terrocenurală și ciment s-a tratat împotriva pierderii apei din amestec prin evaporare. Tratarea s-a făcut prin menținerea suprafeței stratului umedă timp de 7 zile de la execuție. În timpul protejării stratului de fundație, traficul greu a fost dirijat pe cealaltă bandă de circulație.



Fig. 4.25 Stratul de fundație executat

După 7 zile, stratul stabilizat a fost acoperit cu înbrăcămințea din beton de ciment.

4.2.1.1.2 Tehnologia de preparare a amestecului în stații fixe

Prepararea materialului stabilizat s-a realizat în betoniere sau amestec forțat cu capacitatea de 500 litri [83]. Transportul s-a efectuat cu ajutorul autobasculantelor la distanța de 5 km. Așternerea materialului stabilizat s-a realizat cu ajutorul autogrederului. Compactarea și tratarea

...//...

ultimă a stratului executat s-a făcut ca la paragraful 4.2.1.1.2.

Menționăm că pentru mărirea productivității instalațiilor fixe, s-ar putea realiza o instalație de preparare în flux continuu, se propune pentru acest lucru instalația din fig. 4.27.

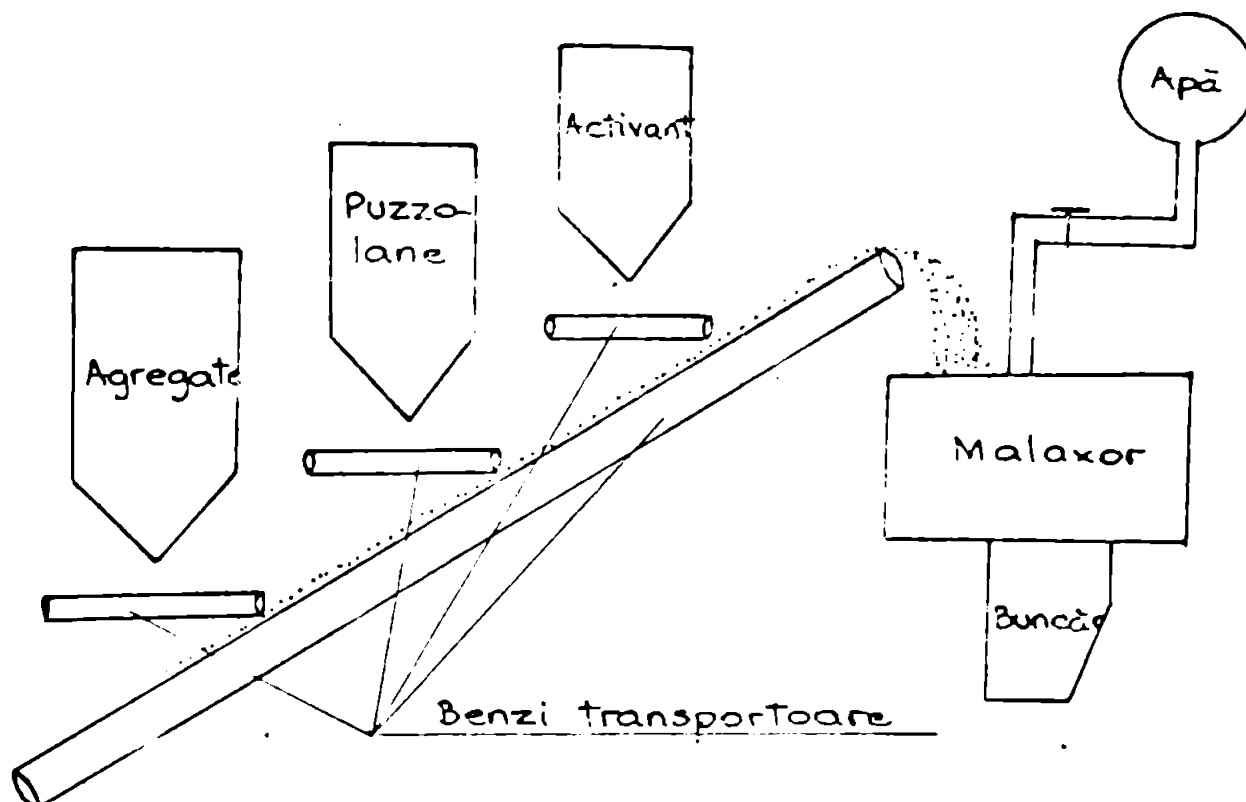


Fig. 4.27. Prepararea amestecului stabilizat în instalație fixă în flux continuu

Sectoarele experimentale s-au executat în primăvara anului 1985, urmînd ca să se urmărească în continuare comportarea lor în exploatare și să se elaboreze instrucțiuni de execuție a acestor noi tipuri de fundații rutiere.

Tabelul 4.7

Materiale	U.M.	Necesar pentru 1 m ² (grosime 20 cm)		Economii
		pământ stabilizat cu ciment	pământ stabilizat cu zgură granulată	
1	2	3	4	5
Pământ	kg	1900	1480	-
Zgură granulată de la Reșița	kg	-	420	-
Ciment	kg	150	75	75
Apă	kg	266	266	-

...//..

1	2	3	4	5
Prețul de cost	lei/m ²	74,6	57,4	17,2
	%	-	-	23
Consum energetic	kgcc/m ²	41,4	25,4	16,0
	%	-	-	35

Economii realizate prin folosirea tehnologiei de realizare a straturilor de fundație din pământuri stabilizate sunt prezentate în tabelul 4.7.

4.2.2 Noi tehnologii de realizare a macadamurilor cimentate

Macadamul cimentat este o îmbrăcămintă rigidă de tip semipermanent care, construită pe o fundație corespunzător executată, suportă un trafic de intensitate mijlocie. Macadamul cimentat se realizează asemenea macadamului clasic [79] cu deosebirea că materialul de agregare este înlocuit cu mortar de ciment. Dozajul de ciment utilizat la prepararea mortarului de ciment, este de 500...800 kg ciment la 1 m³ nisip.

Având în vedere consumul mare de ciment la prepararea mortarului de ciment, ne-am propus să utilizăm un alt tip de mortar, care să reducă considerabil consumul de ciment.

4.2.2.1 Macadam cimentat cu mortar din zgură și ciment

Mortarul din zgură și ciment folosit la penetrarea stratului de piatră spartă în vederea realizării cimentării întregului strat, s-a preparat cu următorul dozaj:

- zgură granulată de furnal înalt de la Hunedoara 95 %;
- ciment P40 5 %;
- apă 16 %.

Prepararea mortarului s-a făcut în betonieră de 500 litri, iar transportul la șantier cu autobasculante.

În anul 1983, pe D.N. 7 la km. 98 + 600 - 98 + 650 s-a realizat un sector de 50 m de macadam cimentat cu rez-

tar de zgură și ciment.

Sistemul rutier existent pe D.N. 7 A km. 98 + 600 - 98 + 650 era alcătuit din 15 cm. balast și 10 cm. piatră spartă. Sistemul rutier realizat în final a fost cel din fig. 4.26.

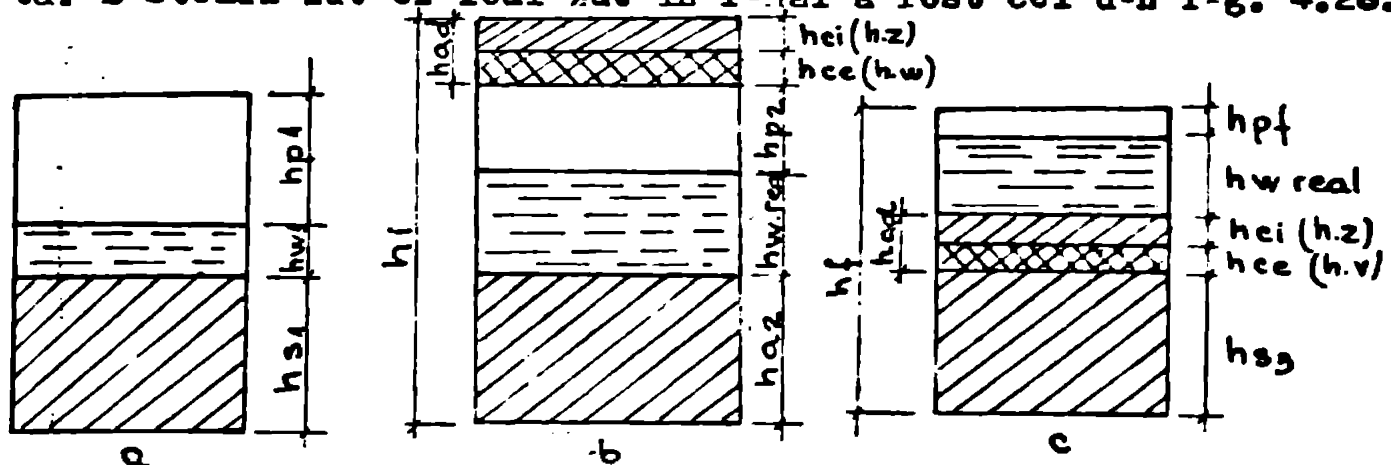


Fig. 4.26. Modificarea înălțimii stratului de pământ stabilizat
 a - pământ natural; b - pământ stabilizat înainte de compactare; c - pământ stabilizat după compactare.

Peste stratul de piatră spartă pregătit, s-a așternut piatră spartă sort 40 - 63 în grosime de 12 cm. Stratul de piatră spartă s-a compactat energetic cu compactorul cu ruloare netede cu sarcina de 100...120 kN, executându-se 60...70 treceri pe același loc.

Prepararea mortarului de zgură granulată și ciment s-a realizat în betoniere de 500 litri.

Răspîndirea mortarului s-a efectuat mecanic cu lama autogrederului pe suprafața stratului de piatră spartă în cantitate de 40...60 kg/m² în două reprize. După fiecare repriză mortarul s-a compactat pînă cînd a pătruns în golurile straturilor de piatră spartă, apoi peste el s-a așternut split sort 16 - 25 în cantitate de 20...30 kg/m², după care s-a compactat din nou.

După execuția stratului, îmbrăcămintea s-a păstrat umedă 7 zile și s-a dat în circulație după 2 săptămîni. Pață de macadamul cimentat aplicat pînă în prezent în țara noastră și care pentru penetrare utilizează mortarul de ciment care consumă o cantitate de 400...600 kg/m³ de ciment, macadamul penetrat cu mortar din zgură granulată și ciment, are următoarele avantaje:

- utilizarea la prepararea mortarului de penetrare a zgurei granulate de furnal înalt care este un subprodus industrial;

- utilizarea unei cantități mult mai reduse de ciment cu o economie de 75 %, datorită utilizării zgurei gra-

nulate de furnal înalt care este un material puzzolanic cu proprietăți înainte;

- se realizează o economie la prețul de cost de 144 lei/m³ mortar pus în operă, respectiv 24.000 lei/km;

- se realizează o economie de energie de 66 kg combustibil convențional/m³ de mortar, respectiv 282.000 kg cc/km.

Tabelul 4.8

Materiale	U.M.	Necesar la m ³ de mortar		Economie
		cu mortar de ciment	cu mortar de zgură și ciment	
Nisip	kg	1650	-	-
Zgură granulată	kg	-	1450	-
Ciment	kg	400	100	300
Apă	kg	200	240	-
Prețul de cost			80	144
	%	-	-	50
Consum energetic	kgcc/m ³	100,2	34,2	66
	%	-	-	60

În tabelul 4.8 se prezintă avantajele economice, consum de energie și consum de materiale energointensive pe care le aduce această tehnologie, față de tehnologia clasică.

4.2.3 Îmbrăcăminte din beton de ciment cu agregate de natură calcaroasă clutată

Betoanele de ciment sînt amestecuri bine omogenizate de agregate naturale, ciment și apă care după întărirea dau un material cu aspectul conglomeratului.

Avînd în vedere faptul că pe D.N. 57 traseul Orșova - Moldova Nouă, posibilitățile de aprovizionare cu materiale de carieră și balastieră sînt anevoioase, pe acest traseu neexistînd cale ferată, s-a trecut la executarea unui sector experimental de îmbrăcăminte rigidă executată din beton de ciment realizat cu agregate de natură calcaroase existente

în zonă. La prepararea betonului de ciment s-a utilizat doza-
jul de tip C din tabelul 3.14 (capitolul 3):

- nisip	549 kg/m ³ ;
- criblură sort 8 - 16	366 kg/m ³ ;
- criblură sort 16 - 25	915 kg/m ³ ;
- ciment P45	275 kg/m ³ ;
- cenușe de termocentrală	95 kg/m ³ ;
- apă	198 kg/m ³ .

Prepararea betonului de ciment cu dozajul de mai
sus s-a făcut în betonieră cu capacitatea de 500 litri. În
timpul preparării s-a acordat o atenție sporită dozării agre-
gatelor și mai ales a liantului și apei. Caracteristicile
mecanice obținute pentru betonul preparat sînt cele din ta-
belul 3.15. Transportul betonului la punctul de lucru, la
distanța de 30 km s-a efectuat cu autobasculante de 50 kN
și respectiv 70 kN.

Pentru stabilirea grosimei de realizare a da-
lei de beton de ciment s-a efectuat dimensionarea sistemului
rutier pentru o intensitate a traficului de calcul mai mare
de 300 autovehicule etalon A13.

Valorile modulului de elasticitate și de re-
zistență la întindere prin încovoiere ale betonului luate în
calcul au fost:

$$E = 280.000 \text{ daN/cm}^2$$
$$R_{t28} = 50 \text{ daN/cm}^2$$

Avînd în vedere că numărul de vehicule etalon
A13 este mai mare de 300, rezistența la întindere prin în-
covoiere s-a redus cu un coeficient de reducere $n = 0,60$.

$$R_{tadm} = n \times R_{t28} \quad [\text{daN/cm}^2] \quad (4.28)$$

dec:

$$R_{tadm} = 0,60 \times 50 = 30 \text{ daN/cm}^2$$

Modulul de deformație liniară, al mediului de-
formabil sub nivelul inferior al dalei din beton de ciment
este $E_0 = 525 \text{ daN/cm}^2$.

Calculul grosimii dalei s-a făcut în ipoteza
de acționare repetată a vehiculului de calcul A13 și solici-
tarea medie din temperatură. Calculul dalei s-a efectuat cu

formula lui Westergard:

$$h = \sqrt{\frac{\alpha \cdot \psi \cdot P}{R_{tadm}}} \quad [\text{cm}] \quad (4.29)$$

unde:

h este grosimea dalei, în cm;

α - coeficient care ține seama de poziția sarcinii P în planul dalei;

ψ - coeficient de impact;

P - sarcina pe roată a vehiculului de calcul, în daN;

R_{tadm} - rezistența admisibilă a betonului la întindere prin încovășire, în daN/cm².

Cea mai defavorabilă poziție pentru forța P a fost cea de la margine. Pentru calculul grosimii dalei s-a impus $h = 18$ cm. cel care a rezultat din poziția forței P a fost la mijloc, iar pentru s-a obținut $\alpha = 1,64$.

$$h = \frac{1,64 \times 1,201 \times 4550}{30} = 18,3 \text{ cm.}$$

deci: prin rotunjire $h = 19$ cm.

Verificarea la solicitări combinate s-a efectuat prin luarea în considerare a secțiunii vehiculului de calcul A13 și a variațiilor de temperatură.

Determinarea eforturilor unitare de întindere date de diferențele de temperatură dintre fețele dalei, s-a efectuat cu relațiile:

$$\sigma_{t1} = \frac{\alpha \cdot t \cdot E'}{2} \times \frac{C_x + \mu C_y}{1 - \mu} \quad [\text{daN/cm}^2] \quad (4.30)$$

$$\sigma_{t2} = \frac{\alpha \cdot t \cdot E'}{2} \times C_x \quad [\text{daN/cm}^2] \quad (4.31)$$

$$\sigma_{t3} = \frac{\alpha \cdot t \cdot E'}{3(1 - \mu)} \sqrt{\frac{a}{l}} \quad [\text{daN/cm}^2] \quad (4.32)$$

în care:

σ_{t1} ; σ_{t2} ; σ_{t3} este efortul unitar de întindere din diferența de temperatură la mijlocul dalei, la marginea dalei, respectiv la colțul dalei, în daN/cm².

t - diferențele de temperatură între fețele dalei, în °C;

...//...

α - coeficientul de dilatare termică al betonului;
 E' - modulul de elasticitate al betonului pentru încărcări de lungă durată, în daN/cm^2 ;
 μ - coeficientul lui Poisson;
 a - distanța dintre centrul suprafeței de încărcare și colțul dalei, în cm;
 $C_x; C_y$ - coeficienți în funcție de L_x/l respectiv L_y/l ;
 L_x - lungimea dalei cuprinsă între rosturile de contracție, în cm;
 L_y - lățimea dalei, în cm;
 l - raza rigidității relative a plăcii, în funcție de relația:

$$l = 0,6 h \sqrt{\frac{E}{E_0}} \quad [\text{cm}] \quad (4.33)$$

Verificarea dalei la solicitări combinate din trafic și variații de temperatură s-a făcut cu relația:

$$\sigma_{\max} = \sigma_1 + 0,8 c \times \sigma_t \leq R_{\text{tada}} \quad [\text{daN/cm}^2] \quad (4.34)$$

în care:

σ_1 este efortul unitar de întindere dat de încărcările din trafic, în daN/cm^2 ;

σ_t - efortul unitar de întindere dat de diferențele de temperatură dintre fețele dalei, în daN/cm^2 ;

c - factor de corecție.

Aplicând formulele 4.31; 4.32; 4.33 și 4.34, a rezultat o grosime a dalei $h = 20$ cm. care a fost luată în considerare la execuția tronsonului experimental.

Punerea în operă a betonului s-a efectuat cu ajutorul unei grânzi vibratoare și a unei plăci finisoare.

După executarea dalei de beton de ciment în grosime de 20 cm. s-a trecut la clutarea suprafeței îmbrăcămintei. Clutarea s-a realizat cu criblură dură sort 16 - 25, în cantitate de 5...6 kg/m^2 în perioada de priză și întărire a betonului, după 45 minute de la execuția îmbrăcămintei.

După împrăștierea criblurii dure, aceasta a fost olinădrată cu un compactor ușor cu rulouri netede.

Sistemul rutier realizat pe sectorul experimental pe D.N. 57 este cel din fig. 4.29.

Față de betonul de ciment rutier aplicat până în prezent, betonul de ciment clutat prezintă următoarele avantaje tehnico-economice:

- utilizarea la prepararea betoanelor de ciment rutiere a materialelor locale provenite din roci de natură calcaroasă;

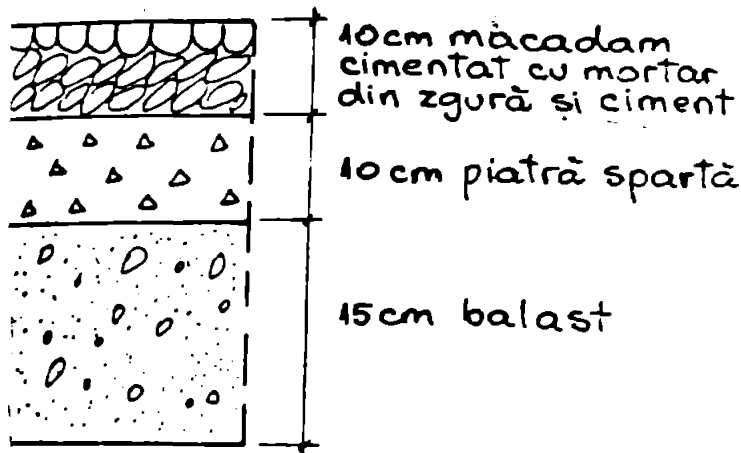


Fig. 4.28 Sistemul rutier realizat pe D.N. 7A

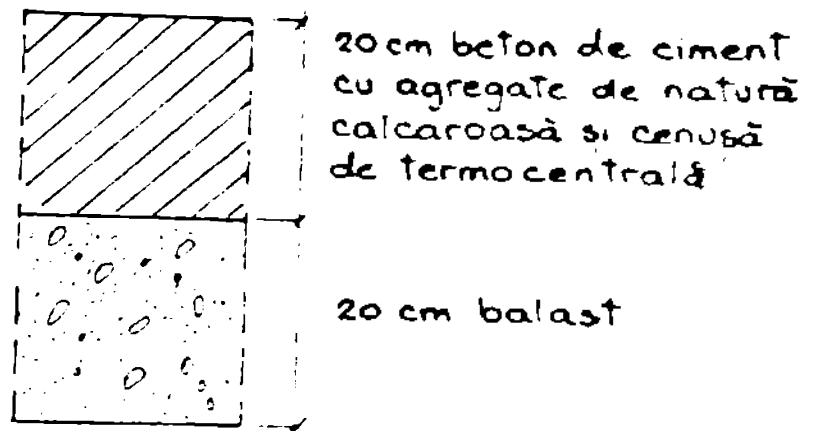


Fig. 4.29 Sistemul rutier realizat pe D.N. 57

- utilizarea cenușilor de termocentrală de electro-filtru în dozaj de 20...25 % din masa cimentului; prin aceasta reducându-se dozajul de ciment cu aceeași cantitate;

- prepararea unui beton de ciment mai lucrabil cu caracteristici fizico-mecanice bune pe timp îndelungat;

- utilizarea unui liant mai lent (cenușa de termocentrală) duce la evitarea apariției fisurilor în termen scurt, ceea ce permite tăierea rosturilor la un interval mai mare de timp;

- se realizează o economie la prețul de cost de 20,4 lei/m³ de beton, la care se mai adaugă și utilizarea materialului local, care depinde de distanțele de transport;

- realizarea unei economii de energie de 14,0 kgcc/m³ de beton de ciment.

În tabelul 4.9 se prezintă avantajele economice, consumul de energie, preț de cost pe care le aduce această tehnologie, față de tehnologia clasică.

Tabelul 4.9

Materiale	U.M.	Necesar la m ³ de beton		Economie
		beton de ciment clasic	beton de ciment clutat	
1	2	3	4	5
1. Nisip	kg	560	560	-

...//...

1	2	3	4	5
Criblură	kg	1332	1332	-
Ciment	kg	350	275	75
Cenușe de termocentrală	kg	-	95	-
Plastifiant	kg	5,2	5,2	-
Apă	kg	157	198	-
Prețul de cost	lei/m ³	268,8	248,4	20,4
	%	-	-	8
Consum energetic	kgcc/m ³	92,9	78,9	14,0
	%	-	-	15

4.3. Concluzii și propuneri

Având în vedere experimentarea la scara 1/1 a soluțiilor propuse privind posibilitățile de folosire a materialelor locale, subproduselor și deșeurilor industriale în straturile rutiere (tabelul 4.10) se pot formula următoarele concluzii și propuneri:

- executarea sistemelor rutiere nerigide cu straturi de fundație și bază din materiale de construcție de tipul agregatelor naturale neprelucrate stabilizate cu zgură granulată de furnal înalt și var, constituie o preocupare permanentă a unităților de drumuri din partea de sud-vest a țării, având în vedere faptul că zgura granulată de furnal înalt este asigurată de combinatele siderurgice Hunedoara și Reșița printre cele mai mari din țară;

- sectoarele experimentale executate în 1978 și 1979 de sisteme rutiere nerigide cu straturi de fundație din balast și nisip stabilizate cu zgură granulată de furnal înalt de la Hunedoara, atestă o comportare foarte bună în exploatare până în prezent;

- pe drumurile locale cu trafic ușor și mijlociu, realizarea îmbrăcămintelor bituminoase de tipul meadadamurilor penetrante la rece constituie o soluție avantajoasă din punct de vedere energetic și economic, precum și al posibilităților largi de utilizare al materialelor pietroase existente în zonă;

- în condițiile existenței în anumite zone a unor

roci de natură calcaroasă cu caracteristici mecanice medii,
Tabelul 4.10

Nr. crt.	Tehnologia experimentată	Avantaje			
		Reducerea consumului de mater. ale energo-intensive		Reducerea consumului de energie	Reducerea costurilor
		ciment kg/km	bitum kg/km	kgcc/km	lei/km
1.	Beton de ciment realizat cu agregate calcaroase, ciment și cenuse clutată D.N. 57 km 30+250-30+300	105.000	-	19.600	285.600
2.	Macadam cimentat cu mortar de zgură granulată și ciment D.N. 7 A km. 98+500-98+550	55.800	-	282.000	24.000
3.	Macadam penetrat la rece cu emulsie bituminoasă D.J.215; D.N.7 A; D.N.57.	-	21.000	39.900	163.100
4.	Strat de fundație din pământ stabilizat cu lianți puzzolantici D.N. 59 B km. 45+700-46+100	525.000	-	172.000	120.400
5.	Strat de fundație din balast stabilizat cu zgură granulată D.N. 79 A km. 103+000-108+000	225.000	-	92.000	75.000
6.	Strat de fundație din nisip stabilizat cu zgură granulată D.N.59 B km. 11+500-12+500	350.000	-	93.200	111.300
7.	Imbrăcămintă bituminoasă din beton asfaltic cu agregate de natură calcaroasă D.N.57 km. 15+500-18+000	-	-	-	20.000

acestea pot fi folosite pe scară largă la realizarea îmbrăcămintelor bituminoase ușoare în vederea modernizării drumurilor locale, pietruite, precum și îmbunătățirii viabilității acestora, prin aceasta realizându-se importante economii la prețul de cost și reduceri considerabile de carburanți, lubrifianți și anvelope;

- comportarea în exploatare a sectorului experimental cu îmbrăcăminte din mîxtură asfaltică cu agregate de natură calcaroasă este corespunzătoare, pe acest sector după o durată de exploatare de 4 ani au apărut numai defecțiuni de natura suprafețelor exudate pe unele porțiuni, care s-au datorat excesului de bitum din mîxtura asfaltică, în condițiile unui trafic mijlociu;

- executarea îmbrăcămintelor rigide cu fundații din pămînturi stabilizate cu materiale puzzolane este o tehnologie nouă, care pe lângă avantajele economice și energetice aduse, reduce complet utilizarea în straturile de fundație a agregatelor naturale neprelucrate (nisip și balast) materiale care sînt deficitare în unele zone ale țării;

- se apreciază că printr-o analiză profundă a caracteristicilor fizico-mecanice ale pămînturilor, acestea pot fi folosite în exclusivitate la realizarea straturilor de fundație în sistemele rutiere rigide prin stabilizarea lor cu cenușă și zgură și prin luarea unor măsuri severe de colectare și evacuare a apelor subterane și de suprafață;

- în condițiile existenței pietrei sparte, și a zgurei granulate de furnal înalt, considerăm că tehnologia de realizare a îmbrăcămintelor rutiere din macadam stabilizat cu mortar de zgură și ciment, poate fi folosită tot mai mult, avînd în vedere avantajele economice și energetice evidente pe care le aduce;

- se menționează că în zonele în care există roci de natură calcaroasă, se poate executa pe drumurile locale cu trafic mediu, îmbrăcăminte rigide din betoane de ciment realizate cu aceste agregate naturale, iar pentru sporirea rezistenței la șlefuire și a rugozității, aceste îmbrăcăminte rutiere rigide pot fi clutate la suprafață cu agregate dure;

- se apreciază că în zonele unde se găsește cenușe de termocentrală, la elaborarea dozajelor pentru betoanele de ciment, dozajul de ciment poate să fie redus cu 15...20 %, iar în locul cimentului să se utilizeze cenușa de termocentrală;

În concluzie, se poate afirma că toate tehnologiile experimentate au o comportare corespunzătoare în exploatare și totodată aduc evidente economice la prețul de cost și energetice.

CAP. 5. CONCLUZII FINALE

Cercetările efectuate ^{și prezentate} în teza de doctorat au un pronunțat caracter aplicativ, având la bază și contractele de cercetare și proiectare încheiate cu unități de producție, la care autorul a participat direct ca responsabil de temă [125, 126, 127, 129], sau ca autor și a avut posibilitatea ca rezultatele bune obținute să fie aplicate în producție prin realizarea unor proiecte tehnice.

Lucrarea de față s-a realizat în condiții care și sectorul rutier a fost afectat de criza energetică actuală care este o problemă mondială în plină desfășurare.

Bitumul, liantul de bază, în realizarea suprastructurilor bituminoase utilizate la construcția și întreținerea drumurilor, s-a redus ca repartiție la unitățile de drumuri de la an la an, acest fapt a determinat specialiștii din domeniu să găsească noi soluții și tehnologii de realizare a suprastructurii drumurilor, care să fie eficiente din punct de vedere economic și energetic.

Având în vedere acest lucru lucrarea de față și-a propus să-și aducă contribuții la următoarele probleme:

- studierea stării tehnice a drumurilor din partea de sud-vest a țării și modul cum aceasta influențează utilizatorul prin sporirea cheltuielilor financiare, a consumului de carburanți, lubrifianți, anvelope și uzura prezaturii autovehiculelor;
- cercetarea materialelor locale a subproduselor și deșeurilor industriale din zona de sud-vest a țării;
- stabilirea posibilităților de utilizare la reconstituirea straturilor rutiere cu unor agregate naturale, subproduse și deșeurii industriale noi;
- stabilirea unor noi tehnologii de realizarea straturilor rutiere eficiente din punct de vedere economic, energetic și experimentarea acestora pe șantierele de drumuri din zona de sud-vest a țării.

Concluziile desprinse din realizarea fiecăruia din obiectivele propuse au fost prezentate în detaliu la capitolele respective. În continuare se vor prezenta doar câteva concluzii generale și contribuțiile originale ale autorului.

5.1 Cu privire la starea tehnică a drumurilor și modul cum aceasta acționează asupra autovehiculelor

Pe baza bibliografiei studiate și a cercetărilor proprii rezultă că:

- starea tehnică a drumurilor influențează hotărâtor consumul de combustibil, iar pentru reducerea cheltuielilor de transport și a consumului de energie și combustibil trebuie acționat în permanență pentru îmbunătățirea stării tehnice a drumurilor existente. Trebuie avut în vedere faptul că încă din perioada de proiectare să se ia măsură în așa fel încât, traseele cu declivități mari să se stabilească numai după ce în prealabil s-au efectuat calcule comparative privind eficiența cu soluția de lungire a traseului;

- ridicarea stării tehnice a drumurilor este o cerință obligatorie în condițiile actuale ale crizei energetice, iar pentru aceasta în contextul lipsei bitumului trebuie să se utilizeze cât mai eficient fondurile alocate și realizarea unor straturi rutiere cu ajutorul unor tehnologii energoconștiente care au avantaje economice și energetice evidente. Din cauza diversității materialelor locale, soluțiile tehnice aplicabile pentru ridicarea stării tehnice a drumurilor se stabilesc de la caz la caz după ce în prealabil se efectuează și un calcul economic;

- pentru menținerea drumurilor într-o stare de viabilitate bună, fapt care duce la economii de bani și energie, este necesar să se efectueze permanent o întreținere preventivă și curativă a drumurilor existente, această întreținere efectuată la timp împiedică apariția degradărilor în strălucirea ceea ce conduce la reducerea cheltuielilor de exploatare și de întreținere;

- prin sportizarea rapidă circa 2 ani a investițiilor alocate pentru executarea viaductelor, la trecerea la nivel a drumului peste calea ferată, constatăm că realizarea acestora este eficientă din punct de vedere economic, energetic,

cit și al timpului de parcurs.

5.2 Cu privire la materialele din sud-vestul țării studiate

Studiile și cercetările efectuate au stabilit următoarele:

- studiile au pornit de la ideea de a se utiliza materialele locale și subprodusele industriale care aduc economii la transport și care se găsesc în cantități apreciabile și ocupă însemnate suprafețe productive;

- în partea de sud-vest a țării există roci natură diferită (magmatică, sedimentară și calcaroasă) în cantități mari, însă acestea sînt repartizate neuniform în această zonă, studiile și cercetările efectuate au dus la stabilirea unor zone de perspectivă cu materiale corespunzătoare, mai ales în zonele în care materialele tradiționale nu existau sau erau în cantități mici, pentru acestea stabilindu-se caracteristicile fizico-mecanice și posibilitățile de utilizare în domeniul rutier;

- studiile, cercetările și experimentările efectuate asupra cenusei de termocentrală au scos în evidență faptul că acest subprodus industrial poate fi utilizat în condiții eficiente la următoarele lucrări:

. prepararea mîxturilor asfaltice cu înlocuirea parțială a fillerului clasic cu cenuse de termocentrală;

. realizarea betoanelor de ciment rutiere cu înlocuirea parțială a cimentului (circa 20%) cu cenuse de termocentrală;

. execuția macadamurilor cimentate cu mortar din zgură granulată, cenuse de termocentrală și ciment;

. execuția straturilor de formă, ^{de} fundație și bază din materiale locale stabilizate cu cenuse de termocentrală și un activant.

- reactivitatea cenusilor de termocentrală pusă în evidență prin determinarea indicelui de activitate pozolanică, depinde în mare măsură de natura cărbunilor folosiți la ardere, de finețea de măcinare a cenusei și de condițiile locale specifice fiecărei termocentrale;

...//...

- se apreciază că cenușa de termocentrală poate fi utilizată în mai mare măsură la realizarea straturilor rutiere, dacă se găsește o metodă eficientă de captare și transport de la termocentrală la șantiere;

- studiile și experimentările efectuate au scos în evidență faptul că zgura de furnal înalt poate fi folosită în domeniul rutier sub formă de: zgură concasată, zgură granulată, zgură expandată și zgură măcinată. Cu zgura de furnal înalt în amestec cu alte materiale, se pot realiza: straturi de formă, straturi de fundație, straturi de bază și straturi de îmbrăcăminte;

- zgura granulată de furnal înalt (Reșița și Hunedoara) este un material puzzolanic cu proprietăți liante foarte bune și poate fi folosită cu rezultate bune în domeniul rutier la următoarele lucrări:

. stabilizarea materialelor locale (pământ, balast și nisip) prin utilizarea unui activant (var sau ciment), cantitatea de zgură optimă fiind cuprinsă între 15...25 % din masa amestecului;

. prepararea betoanelor de ciment rutiere cu înlocuirea nisipului cu zgură granulată de furnal înalt, cu preponderență în zonele în care aducerea la șantier a acestui subprodus industrial este mai ieftină decât aducerea nisipului;

. realizarea macadamurilor cimentate cu mortar din zgură granulată de furnal înalt și ciment.

- deșeurile de carieră studiate și cercetate în lucrare (Băița, Bănița și Vîrfurile), pot fi folosite cu rezultate bune la executia straturilor rutiere începînd cu stratul de formă și terminînd cu straturile din îmbrăcăminte, utilizarea acestora conducînd la obținerea unor avantaje economice și energetice evidente în lucrările de construcție și întreținere a drumurilor;

- subprodusele industriale din industria minieră de tipul sterilelor de flotație (Mîntia) pot fi utilizate cu rezultate bune în domeniul rutier prin înlocuirea cu succes și în condiții tehnice și economice avantajoase materialele tradiționale, mai ales în zonele în care acestea se găsesc tot mai greu;

- subprodusele industriale din industria chimică (carbonatul de calciu precipitat și combinatul de calciu de la combi-

natele chimice) sînt materiale care pot fi utilizate în condiții tehnice și economice corespunzătoare la înlocuirea fillerelor de calcar în procesul de preparare al mîxturilor asfaltice.

5.3 Cu privire la posibilitățile de utilizare la executarea straturilor rutiere a materialelor locale și subproduselor industriale

În urma experimentărilor de laborator s-a constatat:

- pămînturile coezive analizate din punct de vedere al caracteristicilor fizico-mecanice și stabilirii categoriei pot fi utilizate în condiții tehnice și economice corespunzătoare la realizarea straturilor de formă și fundație în sistemele rutiere, dacă sînt stabilizate cu var sau lianți puzzolanici. În cazul pămînturilor supraumezite este indicat să se realizeze stabilizarea cu var nehidratat;

- se menționează că pentru a se stabili modul cum s-a realizat compactarea straturilor și a se determina capacitățile lor portanță se propune să se generalizeze și la noi în țară metoda C.B.R.;

- compoziții chimice ai lianților puzzolanici ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ solubili) influențează hotărîtor proprietățile cimentoidale ale materialelor de natura lianților puzzolane + var, la aceste materiale fenomenele de hidratare se produc mai încet la începutul perioadei de întărire;

- la stabilizarea pămînturilor cu cenuse de termocentrală rezultate mai bune se obțin prin activarea amestecului cu ciment, iar prin utilizarea cenusei se reduce consumul de ciment cu circa 40 %;

- realizarea straturilor rutiere din agregate naturale stabilizate cu cenuse de termocentrală, duce la obținerea unor economii la prețul de cost de circa 25 %, iar economiile de ciment ajung pînă la circa 50 % față de stabilizarea cu ciment. S-a constatat că la stabilizările cu cenuse de termocentrală, rezultate bune pentru materialele stabilizate se obțin atunci cînd raportul activant / cenuse are valori de 1/4...1/6;

- studiile și experimentările efectuate au

scoș în evidență faptul că prin adăugarea de substanțe chimice (alcali) în materialele stabilizate cu lianți puzzolanici se obțin rezistențe mecanice superioare în final, iar în primele 7 zile rezistențele cresc foarte mult, acestea atingând aproximativ 70 % din rezistențele finale;

- experimentările efectuate au scos în evidență faptul că în cazul stabilizării materialelor cu zgură granulată un rol hotărâtor în obținerea unor rezistențe mecanice ridicate îl are puterea de hidraulicitate a zgurelor (α). Dozajul de zgură granulată și activator depinde în principal de compoziția granulometrică a materialului de stabilizat, cu cât fracțiunea fină este mai mare, cu atât și cantitatea de liant este mai mare;

- studiile și cercetările efectuate asupra utilizării în procesul de stabilizare a materialelor, a zgurei măcinată, au scos în evidență faptul că folosirea zgurei de furnal înalt măcinată (fracțiuni mai mici de 0,09 circa 20 %) conduce la obținerea unor avantaje tehnice și economice evidente, se reduce dozajul de zgură cu circa 30...50 %, iar a celui de var cu 100 %, acestea ducând și la reducerea prețului de cost cu circa 40 %;

- studiile și experimentările efectuate asupra agregatelor naturale calcaroase, recomandă utilizarea acestora la executarea îmbrăcămintilor rutiere pe drumuri cu trafic ușor sau mijlociu la:

. mixturi asfaltice preparate în exclusivitate cu cribluri din rocă de natură calcaroasă;

. macadamuri penetrate la rece din piatră spartă provenită din rocă de natură calcaroasă;

. betoane de ciment din agregate de natură calcaroasă cu posibilități de înlocuire a cimentului cu cenușe de termocentrală (15...20 % din cantitatea de ciment), iar pentru sporirea rugozității și a rezistenței la șlefuire aceste îmbrăcăminti pot fi clutate cu criblură dură;

- carbonatul de calciu precipitat este un subprodus industrial care poate fi un excelent filler în procesul de preparare al mixturilor asfaltice, însă pentru a putea fi utilizat pe scară industrială este necesar să se găsească o tehnologie eficientă de uscare a acestuia, o astfel de tehnologie ar putea fi utilizarea energiei solare.

5.4 Cu privire la tehnologiile experimentate și comportarea lor în exploatare

Tehnologiile experimentale aplicate au condus la următoarele:

- realizarea straturilor de fundație în sistemele rutiere nerigide din balast și nisip stabilizat cu zgură granulată de furnal înalt de la Hunedoara și Reșița și var, constituie o soluție tehnică și economică bună, având în vedere comportarea corespunzătoare în exploatare. Sectoarele experimentale executate în anii 1978 și 1979, au o comportare în exploatare bună până în prezent;

- îmbrăcămintile bituminoase de tipul macadamurilor penetrate la rece, sînt soluții avantajoase din punct de vedere economic și energetic, în condițiile existenței materialului pietros în zonă și a traficului ușor sau mijlociu. Sectoarele experimentale executate prezintă o comportare corespunzătoare în exploatare după o durată de circa 4...5 ani, aceste îmbrăcăminti rutiere avînd și o rezervă însemnată de capacitate portantă;

- experimentările de laborator și pe teren, au scos în evidență faptul că în anumite condiții (trafic ușor sau mijlociu, material pietros, etc), agregatele naturale calcaroase pot fi utilizate pe scară largă la realizarea îmbrăcămintilor bituminoase ușoare, în vederea modernizării drumurilor pietruite locale, fapt ce conduce la realizarea unor importante economii la prețul de cost și reduceri considerabile a consumului de carburanți, lubrifianti și anvelope. Comportarea în exploatare a sectorului experimental executat pe D.N. 57, după o durată de 4 ani, este corespunzătoare, pe sector nu au apărut defecțiuni grave;

- studiile și experimentările efectuate au reliefat faptul că la îmbrăcămintile rutiere rigide realizarea straturilor de fundație din pămînturi stabilizate cu lianți puzzolanici și var sau ciment, este o soluție corespunzătoare din punct de vedere tehnic, economic și energetic. De asemenea prin utilizarea acestei tehnologii se reduce complet consumul de agregate naturale (nisip, balast) folosite la realizarea straturilor rutiere, iar aceste materiale sînt deficitare în unele părți din zona de sud-vest a țării. Trebuie menționat faptul că în cazul executării straturilor de fundație din pămînturi stabilizate cu lianți puzzolanici, este necesar să

sunt luate măsuri severe pentru colectarea și evacuarea apelor subterane și de suprafață;

- îmbrăcămintele rutiere din macadamuri cimentate penetrate cu mortar de zgură granulată și ciment, sînt soluții tehnice și economice corespunzătoare, de îmbunătățire a stării de viabilitate a drumurilor pietruite, mai ales în condițiile existenței materialelor necesare în zonă și aproape de șantier;

- din experimentările efectuate pe betoane de ciment realizate cu agregate de natură calcaroasă și cenușe de termocentrală, a rezultat că aceste betoane pot fi utilizate la executarea îmbrăcămintelor rutiere rigide pe drumuri cu trafic ușor și mijlociu, iar pentru a îmbunătăți rugozitatea și rezistența la șlefuire este necesar ca îmbrăcămintea să fie ciurcită cu criblură dură. De asemenea s-a constatat că dozaajul de ciment poate fi redus cu 15... 20 % prin înlocuirea cimentului cu cenușe de termocentrală.

5.5. Contribuțiile originale ale autorului și valorificarea cercetărilor.

Pe baza studiilor, cercetărilor și experimentărilor prezentate în lucrare, se poate considera că principalele contribuții ale autorului sînt:

- stabilirea economiilor la nivelul unităților, al cheltuielilor de transport, consumului de carburanți, lubrifianti și anvelope, prin trecerea drumurilor pietruite și de pământ la drumuri cu îmbrăcămintă moderne în zona de sud-vest a țării;

- stabilirea modului de influență al factorilor care duc la sporirea consumurilor de combustibil în procesul de exploatare al drumurilor de către autovehicule și precizarea modului prin care se poate interveni pentru menținerea unei stări de viabilitate corespunzătoare;

- studiile și experimentările efectuate asupra materialelor locale și subproduselor industriale din zona de sud-vest a țării, au condus la determinarea caracteristicilor fizico-mecanice ale acestora și stabilirea unor noi zone de perspectivă în vederea deschiderii de noi cariere;

- stabilirea reactivității cenușilor de termocentrală studiate prin determinarea experimentală a indicelui

le activitate puzzolanică;

- studiile și experimentările efectuate asupra utilizării cenusei de termocentrală la prepararea betoanelor de ciment, a scos în evidență ca deosebit de utilă determinarea cantității de apă de amestecare necesară pentru obținerea pastei de consistență normală, încercare care se propune să fie introdusă în prescripțiile în vigoare;

- efectuarea analizelor chimice cu Difractometrul cu raze X asupra zgurelor de furnal înalt și a cenusilor de termocentrală, au scos în evidență faptul că în aceste materiale predomină bioxidul de siliciu, trioxidul de aluminiu și oxidul de calciu, aceștia conferind subproduselor proprietăți liante;

- determinarea caracteristicilor fizico-mecanice ale deșeurilor de carieră (Băița, Bănița și Virfurii) au dus la stabilirea posibilităților de folosire a acestora în domeniul rutier;

- studiile și experimentările efectuate asupra unor subproduse din industria chimică și minieră, au scos în evidență faptul că aceste materiale pot fi utilizate cu rezultate bune la execuția terasamentelor, stabilizarea cu lianți puzzolanici și la prepararea amestecurilor asfaltice ca înlocuitori ai materialelor tradiționale;

- s-a propus ca pentru determinarea curbei granulometrice a materialului de stabilizat, să se utilizeze și la noi în țară formula lui Talbot care are și cea mai mare utilitate practică;

- pentru estimarea precisă a rezistențelor finale ale lianților puzzolanici s-a stabilit și propus utilizarea unei expresii hiperbolice (formula 3.11) care redă cel mai bine legea de evoluție a rezistențelor mecanice ale acestor materiale;

- precizarea faptului că pentru stabilirea capacității portante a straturilor realizate din pământ stabilizat, se propune să se generalizeze și la noi în țară metoda indicelui de determinare a capacității portante C.B.R.;

- studiile și experimentările efectuate asupra pământurilor de la Becăș și Cruceni și a nisipurilor de la Timiș și Mureș stabilizate cu lianți puzzolanici, au arătat că aceste materiale pot fi folosite cu rezultate bune pentru execuția straturilor de formă și de fundație în complexe

rutiere. Pentru aceste materiale s-au stabilit dozajele care au dus la obținerea celor mai bune caracteristici fizico-mecanice;

- utilizarea în procesul de stabilizare a zgurei măcinată a scos în evidență faptul că folosirea zgurei sub această formă, reduce substanțial cantitatea de zgură necesară pentru stabilizare în condițiile obținerii unor caracteristici fizico-mecanice superioare;

- determinarea caracteristicilor fizico-mecanice ale agregatelor de natură calcaroasă (cariera Mala) au dus la stabilirea posibilităților de utilizare a acestora, la executarea îmbrăcămintelor rutiere pe drumuri cu trafic ușor sau mijlociu;

- s-a obținut rezultate apreciable în procesul de preparare al amestecurilor asfaltice cu unele subproduse industriale (carbonat de calciu precipitat, carbonat de calciu de la combinatele chimice, cenuse de termocentrală) ca înlocuitoare totale sau parțiale al fillerului clasic;

- s-a stabilit că în procesul de calcinare, carbonatul de calciu precipitat la temperatura de 900 °C pierde 45,5 % din masă, restul de 54,5 % din masă transformându-se în oxid de calciu (CaO);

- betoanele de ciment rutiere preparate cu agregate naturale calcaroase și cenuse de termocentrală, pot fi utilizate pentru executarea îmbrăcămintelor rutiere rigide pe drumurile locale cu trafic ușor și mijlociu, dacă se iau măsuri pentru sporirea rugozității și a rezistenței la șlefuire;

- stabilirea dozajelor pentru stabilizarea nisipului de Timiș și a balastului de Mureș cu lianți puzzolanici în vederea executării straturilor de fundație din aceste materiale pe D.N. 59 B și D.N. 79 A în anul 1979 respectiv 1978;

- stabilirea tehnologiei de realizare a macadamurilor penetrate la rece cu emulsii bituminoase cationice și executarea unor sectoare experimentale în zone cu condiții climatice deosebite din partea de sud-vest a țării;

- stabilirea zonei granulometrice a amestecului de agregate naturale în cazul în care la prepararea amestecurilor asfaltice, se utilizează cribluri din agregate de natură calcaroasă și introducerea acesteia în standardul 174-83 când acesta se revizuieste;

- experimentările de laborator și teren efectuate asupra pământurilor stabilizate cu lianți puzzolanici, au

evidențiat faptul că aceste materiale pot fi utilizate în condiții tehnice corespunzătoare la realizarea straturilor de fundație pentru sistemele rutiere rigide;

- stabilirea tehnologiei de execuție a macadamurilor cimentate penetrate cu mortar de zgură granulată de furnal înalt și ciment și execuția unor sectoare experimentale;

- s-a propus introducerea în tehnica rutieră a unei noi scheme tehnologice în procesul de stabilizare al materialelor locale cu lianți puzzolani și anume o instalație de preparare fixă în flux continuu.

X

X

X

Studiul bibliografic, cercetările teoretice și experimentale întreprinse pentru întocmirea tezei de doctorat, au fost valorificate astfel:

- publicarea și prezentarea lor la diverse întruniri cu caracter tehnico-științific din țară;

- executarea unor sectoare experimentale pe diverse drumuri din partea de sud-vest a țării;

- introducerea tehnologiilor propuse ca eficiente în activitatea curentă a unităților de drumuri din partea de sud-vest a țării;

- executarea pentru prima dată în țară a macadamurilor penetrate la rece cu emulsie bituminoasă și elaborarea "Instrucțiunilor tehnice provizorii de proiectare și execuție a îmbrăcămintelor bituminoase din macadam penetrat la rece";

- realizarea pentru prima dată în țară a etoanelor de ciment cu agregate de natură calcaroasă, clutate și elaborarea propunerii de inovație "Metodă de asigurare rugozității îmbrăcămintelor rigide prin clutaj";

- realizarea pentru prima dată în țară a îmbrăcămintei de macadam cimentat cu mortar din zgură granulată de furnal înalt și ciment și elaborarea unei inovații

..//..



" Macadam penetrat cu mortar din zgură granulată de furnal înalt și ciment " ;

- experimentarea straturilor de fundație din pământuri stabilizate cu lianți puzzolanici în sistemele rutiere rigide pe drumurile locale cu trafic ușor și mijlociu;

- utilizarea cercetărilor la elaborarea unor contracte [196, 197, 198] și instrucțiuni [199, 200];

- realizarea unor studii de teren privind deschiderile de noșcare și de trecere a vehiculelor pe gârlă și pe șosele, precum și studiul caracteristicilor fizice și chimice ale materialelor locale și a condițiilor de lucru în țară;

- realizarea unor studii privind necesitatea de transport, carburanți, lubrifianți și anvelope pe drumurile sud-vest a țării, în cazul în care întreaga rețea rutieră ar avea o viabilitate corespunzătoare;

- stabilirea posibilităților de utilizare a subproduselor și deșeurilor industriale studiate din industria minieră și chimică în domeniul rutier;

- punerea la dispoziția proiectanților și executanților a unui vast material documentar asupra principalelor aspecte privind stabilizarea materialelor locale cu lianți minerali și puzzolanici și realizarea unor tehnologii rutiere noi;

- tehnologiile experimentate au fost tratate și sub aspectul economic și energetic, acordându-se o atenție deosebită reducerii consumului de materiale energointensive.

În teză se prezintă pentru fiecare tehnologie experimentată un calcul al eficienței economice și energetice în comparație cu soluțiile clasice înlocuite.

În concluzie, se poate afirma că, toate tehnologiile experimentale și tratate în teză pot fi aplicate în producție cu rezultate bune, din punct de vedere tehnic și economic.

BIBLIOGRAFIE

1. Allauche, C. Chantier experimental de traitement aux cendres volantes et a la chaux de graves concassées. Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées. nr.60.1972
2. Andreeux, P., Colombel, H. Utilization des cendres volantes en technique routière. Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts, et Chaussées. nr.54.1972
3. Arquie, G. Le compactage^{des} routes et^{des} pistes, Eyrolles Edition Paris 1970.
4. Arquie, G. Les dix commandements du compactage. Revue générale des routes et des aérodromes, nr.457.1970
5. Astesan, A. Etude des principaux paramètres influençant les caractéristiques mécaniques des graves-laitiers. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées. nr. 92.1977
6. Avram, C., Bob, C. Noi tîpuri de betoane speciale. Editura tehnică, Bucureşti 1980
7. Antret, P. Evolution du deflectographe La Croix. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées. nr. 60.1972
8. Baleev, V. Routes et autoroutes interurbaines. Raport național U.R.S.S. Al XVI-lea Congres Mondial al drumurilor Viena. 1979
9. Bickad, R., Zwingelstein, R. Dimensionnement des couches de forme non traitées. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées. nr.124 1983
10. Barenberg, I. E. Utilisation of ashes in stabilized base construction. Symposium Pittsburg 1973.
11. Bilițiu, A. Contribuții la studierea și realizarea unor tipuri de mixturi asfaltice eficiente pentru îmbrăcămintă rutiere bituminoase. Teză de doctorat. 1982.
12. Bilițiu, A., Năcoară, L. Indrumător pentru laboratorul șantierului de drumuri. Ediția 2. București, Editura tehnică, 1971

13. Blumer, M. Praktischer Strassenbau, Zurich Banfachverlag A. G., 1977
14. Boicu, M. Considerații privind fundamentarea tehnico-economică a direcțiilor de dezvoltare a rețelei de drumuri publice în România, în perioada 1971 - 1980. Referat doctorat 1980.
15. Boicu, M. Contribuții la introducerea unor metode și tehnologii rutiere în condițiile economisirii materialelor energointensive. Teză de doctorat. 1983
16. Bob, C., Velica, P. Materiale de construcții. București, Editura didactică și pedagogică. 1978
17. Bonot, I. Fabrication et stockage des laitiers prebroyés. Mise en oeuvre de grave-laitier prebroyé. Bulletin des liaisons des laboratoires des ponts et chaussées. nr.99 1979
18. Boynton, R.S. Experiența stabilizărilor cu var în S.U.A. (traducere) Zement Kalk Gips. nr.11.1970
19. Bruno, K. Fehler und Fehlerquellen Strassenbace.
20. Castan, M., Gerbod, A. ș.a. Renforcement sous circulation en grave-ciment à prise retardée chantier experimental. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées. nr. 94.1978.
21. Cebuc, Al., Mocanu, C. Din istoria transporturilor de călători în România. București, Editura științifică, 1967
22. Coquand, R. Routes, vol. I și II. Editions Eyrolles Paris, 1964
23. Chaigne, P., Elivet, I. Compactage par vibration a teneur en eau nul. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et des chaussées. nr. 54. 1971
24. Chirițescu, Gh., Brener, A.ș.a. Evoluția transporturilor în R.S.R. și unele țări europene. A. VI-a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri. 1982. //

25. Cîssé, A. Le compactage à sec. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées nr.105.1980
26. Costa, U., Massazza, F. Factors affecting the reaction with lime of puzzolans. VI-a Congrés international. Chimie du ciment. Moscou. 1974
27. Costescu, I., Ionescu, N., Lazie, I. Considerații asupra eficienței transporturilor auto în funcție de starea drumurilor. Buletinul științific și tehnic al Institutului Politehnic "Traian Vuia" Timișoara, 1980
28. Costescu, I. Studiul surselor de materiale locale pentru drumuri din Banat. Referat doctorat 1980
29. Costescu, I., Nanu, P. Considerații asupra comportării în exploatare a unor îmbrăcăminti bituminoase executate cu agregate locale. Comportarea în situ a construcțiilor. Piatra Neamț, 1984
30. Costescu, I. Considerații asupra caracteristicilor fizico-mecanice ale mîxturilor asfaltice. Referat doctorat 1980
31. Costescu, I., Lucaci, Gh., Stelea, I. Considerații asupra realizării unor straturi rutiere cu consum redus de energie. Creația tehnico-științifică. Timișoara 1984
32. Costescu, I., Stelea, I. Observații cu privire la modul de comportare în exploatare al macadamurilor bituminoase la rece. Comportarea în situ a construcțiilor. Piatra Neamț, 1984
33. Costescu, I., Szabo, L. Observații asupra unui sector experimental de macadam penetrat cu emulsie bituminoasă cationică. Sesiunea de comunicări I.C.P.T.T. București, 1981
34. Costescu, I., Szabo, L. Comportarea în exploatare a unui sector experimental de macadam

penetrat cu emulsie bituminoasă cat'onică.
Comportarea în situ a construcțiilor.
Tulcea, 1982

35. Costescu, I., Stelea, I., Brînzan, Gh. Considerații asupra execuției macadamurilor bituminoase la rece. A VI-a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri. Tușnad, 1982
36. Costescu, I., Iacaci, Gh. Considerații privind apariția defectiunilor sub forme de fâgașe, băluriri și refulări la îmbrăcămintele rutiere bituminoase. Revista transporturilor și telecomunicațiilor nr. 1. 1981
37. Crăciunescu, L., Ghîrdea, E., Gheorghe, M. Posibilități de utilizare a unor cenuși de terocentrală cu substituenți parțiali ai cimentului în betoane întărite normal. Materiale de construcții nr. 3. 1983
38. Dăcilă, I., Costescu, I. Despre tehnologia acoperirii pavajelor de piatră c'oplită cu straturi bituminoase. Institutul Pol'tehnic Oluj Napoca, 1978
39. Dorobanțu, S. ș.a. Drumuri. Calcul și proiectare. București. Editura tehnică, 1980
40. Dorobanțu, S., Jercan, S. Pista de încercări auto pentru viteze mari. A V-a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri. Timișoara, 1980
41. Dorobanțu, S., Jercan, S., Romanescu, C. Introducerea gudronului în tehnica rutieră. A VI-a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri. Tușnad, 1982
42. Dorobanțu, S., Dîrli, N., Todea, A. Tehnologia lucrărilor de drumuri, căi ferate, poduri și tuneluri. București, Editura tehnică, 1980
43. Duriez, M., Arrambide, I. Nouveau traité de matériaux de construction. Paris. Édition Dunod, 1962

44. Dron, R., Vautrin, I.C., Verhée, F. Les différents liants hydrauliques et pouzzolaniques. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées nr.94. 1978
45. Dron, R., Brivot, F. Bases minéralogiques de sélection des pouzzolanes. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées. nr. 92. 1977
46. Elfert, J.R. Bureau of reclamation experiences with fly ash and other puzzolans in concrete. Third international ash. Utilization symposium Pittsburgh, 1973
47. Eminet, R. Construcția drumurilor. București, Editura militară, 1973
48. Ferdy, F., Lahet, Y. Traitement des graves aux cendres volantes, de Gardonne. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées. nr. 74.1974
49. Fodor, G., Angheluță, C. Reducerea consumului de ciment și de agregate de balastieră prin utilizarea materialelor pouzolanice ce au proprietăți liante în prezența unui activant.. Referat I.C.P.T.T. 1980
50. Filimon, I., Nîcoară, L. Perspective și posibilități de aplicare a îmbrăcămintelor rutiere din beton armat. A V-a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri, Timișoara, 1978
51. Frenderberg, G. Routes économiques à faible circulation. Rapport national R.D.G. Al XVI-lea Congres Mondial al drumurilor, Viena 1979
52. Furnier, M., Geoffray, M.I. Le liant pouzolanés-chaux. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées. nr. 93.1978
53. Gaspar, L. Les cendres volantes et le laitier granulé en construction routière. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées. nr. 86. 1976
54. Guy, M. Etude en laboratoire du traitement à la chaux et

..//..

au ciment des sols fins. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées. nr. 133. 1984

55. Gheorghiu, Gh., Untu, B. Prefabricate din mîxturi asfaltice, Bucureşti, Editura tehnică 1980
56. Iepureanu, A., Baubec, C., s.a. Utilizarea cimenturilor rutiere fabricate în țara noastră la executarea îmbrăcămintelor din beton de ciment. I.S.C.T. Sesiunea de comunicare, Bucureşti 1973
57. Jarrige, A. Les cendres volantes. Eyrolles, Paris 1971
58. Jeuffroy, G. Conception et construction des chaussées Paris, Edition Eyrolles, 1978
59. Jercan, S. Suprastructura și întreținerea drumurilor. Bucureşti, Editura didactică și pedagogică, 1980
60. Lea, F.M. The chemistry of cement and concrete. Edward Arnold 1970.
61. Lamate, I., Browet, T. Action des acides, sur la prise d'une grave-laitier. Leur dosage dans un sable. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées. nr. 91. 1977
62. Largent, L. Estimation de l'activité pouzzolanique. Recherche d'un essai. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées. nr. 93. 1978
63. Legrand, T., Bonot, I. Quelques resultates d'études en laboratoire sur l'utilisation des cendres volantes dans la réalisation d'assises de chaussées. Revue générale des routes et des aérodrômes nr. 428. 1968
64. Legea, Ph. Mesures à grande cadence sur chaussées: buts et moyens. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées. Special X, Paris, 1975
65. Lepădat, M., Filimon, T. Stabilizarea materialelor necoezive cu zgură granulată pentru fundații rutiere. Construcții în transporturi nr. 21. 1970

66. Mătăsar, T. Construcția drumurilor. București, Editura didactică și pedagogică, 1966
67. Mocanu, C., Hibromsch, C., Grecescu, A. Rocă utile din România. Editura tehnică, 1977
68. Machet, J. Etude sur compactage par vibration. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées. nr. 87. 1977
69. Machet, J. Interprétation de l'efficacité des compacteurs vibrants. Laboratoire Central des ponts et chaussées, 1976
70. Millet, J., Hommey, R. Etude minéralogique des pâtes pouzzolans - chaux. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées, 1974
71. Millet, J., s.a. Rôle des chaux industrielles dans leur emploi avec les matériaux à caractère pouzzolanique. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées, nr. 83. 1976
72. Millet, J., Hommey, F. Dosage de la phase vitreuse dans les matériaux pouzzolaniques. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées, nr. 92. 1977
73. Meyers, F., Kappls, S., Digioia, M. Guide for the design and construction of cement. Fourth international ash utilization symposium, Pittsburgh, 1973
74. Morel, G., Chaigne, P. Essais de compactage d'un matériel de terrassement en grande épaisseur. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées. nr. 54. 1971
75. Madeloir, P., Franceschat, M. Traitement du sable de Fontainebleau à l'aide de cendres volantes. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées. nr. 83. 1976
76. Nemesdy, E. Utak es autópalyák tervezési alapjai. Budapest, Műszaki kinyvkiado, 1974
77. Nguyen, D., Mulders, J. Comportement en fatigue des sols fins traités à la chaux et au ciment. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées. nr. 133. 1984

78. Nîcoară, L., Bîlțiu, A. Rezultate obținute în executarea îmbrăcămintelor bituminoase în Banat. Construcții în transporturi, 1976
79. Nîcoară, L., Munteanu, V., Ionescu, N. Intreținerea și exploatarea drumurilor. București, Editura tehnică, 1979
80. Nîcoară, L., Bîlțiu, A. Imbrăcămîți rutiere moderne, București, Editura tehnică, 1983
81. Nîcoară, L. Imbrăcămîți rutiere moderne. Institutul Politehnic "Traian Vuia" Timișoara, 1975
82. Nîcoară, L. Instrucțiunile pentru prevenirea și remedierea defectăunilor la îmbrăcămintele rutiere moderne. Indicat'v C.D 98-1976
83. Nîcoară, L. Sisteme rutiere, Institutul Politehnic "Traian Vuia" Timișoara, 1975
84. Nîcoară, L., Filimon, I. Tehnologii moderne pentru construcția, întreținerea și ranforsarea sistemelor rutiere rigide. Conferința a VII-a de betoane, Cluj-Napoca, 1977
85. Nîcoară, L., Schein, T., Suhăreanu, Gh. Preocupări pentru îmbunătățirea viabilității drumurilor de exploatare din pământ. A VI-a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri, Tușnad, 1982
86. Nîcoară, L., Udvardy, L. Unele considerații privind evaluarea eficienței economice sociale a construcției și întreținerii drumurilor. A VI-a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri, Tușnad, 1982
87. Nîcoară, L. Zgura de furnal înalt și cenușa de termocentrală în construcția straturilor rutiere. Referat doctorat, 1972
88. Nîcoară, L., Păunescu, M., Bob, C., Bîlțiu, A. Indrumătorul laboratorului de drumuri. Editura tehnică, București, 1985
89. Nîcolescu, L. Consolidarea și stabilizarea pământurilor. Editura Ceres, Cluj, 1981

90. Nicolescu, L. Cenușa de termocentrală în construcții .
Editura Ceres, Cluj, 1978
91. Nicolau, M., Dobrescu, M. Sistemul informațional
pentru urmărirea evoluției traficului
pe rețeaua rutieră. A V^I-a Consfătuire
pe țară a lucrătorilor de drumuri și
poduri, Tușnad, 1982
92. Perret, P. Application pratique des nouvelles données
expérimentales relatives à la stabilisation
des sols fins par la chaux. Bulletin de
liaison des laboratoires des ponts et
chaussées. nr. 49. 1970
93. Perret, P. Application pratique des nouvelles données
expérimentales relatives à la stabilisation
de sols fins par le chaux. Bulletin des
liaison des laboratoires des ponts et
chaussées. nr. 99. 1979
94. Prandl, E. Stabilisation au laitier granulé. Revue
générale des routes et des aérodromes.
nr. 380. 1963
95. Radu, A. Metode statistice aplicate la drumuri. București,
Editura tehnică, 1983
96. Sachse, H. Der moderne strassendeckenbau, Köln,
Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, 1964
97. Sautesey, R. Les cendres volantes et le laitier granulé
en construction routière. Bulletin de
liaison des laboratoires des ponts et
chaussées. nr. 86. 1976
98. Steyaert, W. Utilisation du sable calcaire concassé et
traité en technique routière. Revue générale
des routes et des aérodromes nr. 583 | 1982
99. Simenov, S., Dinova, E.R. Routes et autoroutes interurbaine.
Raport național R.P. Bulgarie. Al XV^I-a
Congres Mondial al drumurilor, Viena, 1979
100. Sauterey, R., Autret, P. Guide d'auscultation des chaussées
souples. Paris, Editions Eyrolles, 1977
101. Al servizio della collettività. Autostrade nr.

102. Teoreanu, I. Bazele tehnologiei lianților. București, Editura tehnică, 1975
103. Torjescu, N., Gîuscă, G., Mocanu, V. Cercetări privind realizarea îmbrăcămintelor rugoase, Revista transporturilor, 1971
104. Teoreanu, I., Purî, A. Proprietățile de întărire ale lianților de zgură activate cu silicată de sodiu. Materiale de construcție nr.1 1983
105. Turcu, M. Utilizarea cenușii de termocentrală la execuția straturilor rutiere. Construcții în transporturi, 1969
106. Tăutu, N., Gîdioi, I., Cososchi, B. Utilizarea zgurei siderurgice la lucrările de drumuri. Buletin rutier nr.2, 1978
107. Voina, I.N. Materiale de construcții, București Editura tehnică, 1974
108. Voina, I.N. Teoria și practica utilizării cenușilor de la centralele termoelectrice, București, Editura tehnică, 1981
109. Voinovitch, I.A., Dron, R. Action des différents actifs sur l'hydratation du laitier granulé. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées, nr. 83. 1976
110. Villemagne, M. Couturier, I. Les bétons compactés, le cendrosim. Construction et entretien des chaussées, économie d'énergie. Revue générale des routes et des aérodromes, nr. 574. 1981
111. Zignoli, V. Raportul național, Italia. Al XV-lea Congres Mondial al drumurilor, Mexic, 1975
112. Zarojanu, H. Drumuri. Suprastructură. Institutul Politehnic Iași, 1973
113. Zarojanu, H. Utilizarea folosirii indicelui de grosime la dimensionarea sistemelor rutiere nerigidă. Construcții în transporturi nr.20, 1970

..//..

114. Zarojanu, H. Preocupări pentru determinarea unui indice de grosime în cadrul diverselor metode de dimensionare a sistemelor rutiere nerigide. Construcții în transporturi, nr. 25, 1971
115. Whner, B., Siedek, P., Schulze, H. Handbuch des Strassenbaus, Berlin - Heidelberg Springer Verlag, 1979
116. XXX Instrucțiuni tehnice departamentale pentru dimensionarea sistemelor rutiere rigide și nerigide. Indicativ P.D. 177-76
117. XXX Program de dezvoltare a rețelei rutiere în perioada 1976 - 1980. M.T.Tc. P.S.D. 1977
118. XXX Directive pour la réalisation des assises de chaussées en graves - laitiers et sables-laitier SETRA - L.C.P.C., 1973
119. XXX Recommandation pour le traitement en place des sols fins à la chaux. Service d'Etudes Techniques des routes et autoroutes, SETRA, 1972
120. XXX Instrucțiuni tehnice departamentale de proiectare și execuție a straturilor rutiere din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici. Buletinul construcțiilor vol. 10. 1983
121. XXX Rapport sur le traitement des sols à la chaux, Revue générale des routes et des aérodromes, nr. 472, 1972
122. XXX Réalisation et suivi d'une chaussées en sable laitier prébroyé. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées nr. 101.1979
123. XXX Emploi du laitier à hauts teneurs en fines pour le traitement des assises. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées. nr. 101.1979

124. XII Les laitiers granulés prébroyés.
Bulletin de liaison des laboratoires
des ports et chaussées. nr. 83.1976
125. XII Referat asupra posibilităților de
utilizare a pietrei naturale de la
Curtea la execuția straturilor rutie-
re. Catedra drumuri, fundații și ins-
talări în construcții, 1980
126. XII Studii privind executarea unui sector
experimental de macadam penetrat cu
emulsie bituminosă pe D.C. 215
Cămpineș-Checea contract nr.173/1980
127. XII Studii privind executarea unei înbrăcă-
mînti rutiere moderne din macadam bitu-
nos, realizat cu piatră locală. Contract
nr. 33/1962
128. XII Instrucțiuni tehnice departamentale
pentru determinarea deformabilității
drumurilor cu ajutorul deflectometre-
lor. Indicativ C.D. 31-77
129. XII Studiul și proiectarea lucrărilor de in-
bușărire a stării de viabilitate a
drumului Deta-Grăniceri-Poieni.
Contract nr. 10113/1977
130. XII Réalisation des assises de chaussées en
graves-cendres volantes-chaux, et sables
-cendres volantes-chaux. Direction des
routes et de la circulation routière,
1978
131. XII Directive pour la réalisation des assises
en graves laitier et sable-laitier.
SETRA 1973
132. XII Directive pour la réalisation des assises
et chaussées en graves-ciment, SETRA 1975
133. XII Contenu énergétique des matériaux et
des structures des chaussées. Revue
générale des routes et des aérodrômes

nr. 577. 1981

134. XXX Voies nouvelles concernant les bétons et les matériaux traités aux liants hydrauliques. Revue générale des routes et des aérodromes. nr. 577, 1981
135. XXX Lucrări de drumuri. Colecția STAS 1980
136. XXX Utilisation de cendres volantes dans les travaux routières. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées. 1968
137. XXX L'emploi des cendres volantes dans les travaux routiers en Grande-Bretagne. Revue générale des routes et des aérodromes. nr.448. 1969
138. XXX Folosirea zgurelor de furnal înalt la construcția drumurilor. M.T.Tc. 1963
139. XXX Congresul Mondial de drumuri. Raport general. Viena, 1979
140. XXX Congresul Mondial de drumuri. Raport general, Sydney, 1983
141. XXX Colecția Revista transporturilor, auto, navale și aeriene, 1980 - 1983